

Ermittlung von Mindestgrundwasserständen in Feuchtgebieten

MICHAEL DENNEBORG, BERNHARD MOHS, RICHARD RASKIN *

Grundlage für die Steuerung einer Grundwasserentnahme zum Schutz von Feuchtgebieten ist die Einhaltung ökologisch begründeter Mindestgrundwasserstände. Diese wurden bei einem Wasserwerk im südlichen Vogelsberg anhand hydrogeologischer, vegetationskundlicher und bodenkundlicher Untersuchungen ermittelt.

1. Aufgabenstellung

Feuchtgebiete gehören nach BNatSchutzG § 20c zu den besonders geschützten Lebensräumen. Durch den zunehmenden Nutzungsdruck (Besiedlung, Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Verkehr etc.) und durch atmosphärische Stickstoffeinträge beeinträchtigt, gehören sie europaweit

zu den bedrohtesten Landschaftsbestandteilen. Eine wichtige Einflußgröße sind vor allem die Grundwasserentnahmen, die über komplexe Wirkungsketten negative Veränderungen im Natur- und Wasserhaushalt der Feuchtgebiete verursachen. Die wichtigsten Wirkungszusammenhänge sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Wirkungszusammenhänge bei der Grundwasserentnahme in Feuchtgebieten

Direkte Auswirkung der Grundwasserentnahme	indirekte Auswirkungen der Grundwasserentnahme	weitere Folgewirkungen
Zusammenbruch des Korngerüstes durch Wasserentzug	kurzfristige primäre Setzungen und Bodensenkung	Bodenverdichtungen und Staunässebildung, Verdrängung grundwasserabhängiger Flora und Fauna
Sauerstoffzutritt und Humusabbau durch Mineralisation des Bodens	langfristige sekundäre Setzungen und Bodensenkung durch Massenverlust und langfristige Mineralisation des Bodens	Bodenverdichtungen und Staunässebildung, Verdrängung grundwasserabhängiger Flora und Fauna und Nährstofffreisetzung durch Humusabbau, Euthrophierung und Verdrängung von Arten nährstoffarmer Standorte

Bei langjährigen Einfluß durch Grundwasserentnahmen werden die Feuchtgebiete irreversibel verändert und letztlich zerstört. Bei Feuchtgebieten, die nicht dauerhaft oder erst seit kurzem im Einflußbereich einer Grundwasserentnahme

liegen, ist es jedoch möglich, durch eine Steuerung der Grundwasserentnahme weitere Beeinträchtigungen zu vermeiden bzw. Feuchtgebiete wieder zu regenerieren. Hierzu ist es erforderlich, den ökologisch begründeten Mindestgrund-

* Dr. Richard Raskin, raskin Büro für Landschaftsplanung und angewandte Ökologie, Kirberichshofer Weg 6, 52066 Aachen

wasserstand des grundwasserabhängigen Biotops zu ermitteln und im Förderbetrieb einzuhalten. Es sind zwei Herangehensweisen möglich:

- (1) Ermittlung eines von der Grundwasserentnahme unbeeinflussten Zustandes (statistische Ableitung auf der Grundlage mehrjähriger Langzeitganglinien vor Aufnahme der Förderung¹).
- (2) Ableitung der wasserhaushaltlichen Anforderungen eines Feuchtgebietes anhand vegetationskundlicher, bodenkundlicher und hydrogeologischer Untersuchungen (falls keine mehrjährigen Langzeitganglinien vorliegen).

In den Grundwasserentnahmegebieten des Vogelsberges wird im Rahmen der Umsetzung einer umweltschonenden Grundwassergewinnung eine Kombination aus beiden Vorgehensweisen angewandt. Im folgenden werden die vegetationskundlichen, bodenkundlichen und hydrogeologischen Untersuchungen beschrieben, anhand derer ökologisch begründete Mindestgrundwasserstände in einem Fördergebiet im südlichen Vogelsberg abgeleitet wurden².

Der Ableitung ökologischer Mindestgrundwasserstände liegen die folgenden Zielvorstellungen zugrunde:

Der kapillare Anschluß der überlagernden Deckschichten an den Grundwasserleiter muß bis auf kurze Zeiträume grundsätzlich gegeben sein. Sinkt das Grundwasser zeitweise bis in den Grundwasserleiter ab, so hängt die Wasserversorgung der Vegetation vom Vorrat an nutzbarem Wasser in den Deckschichten ab (nutzbare Feldkapazität). Der kapillare Aufstieg im sandigen Grundwasserleiter ist im Rahmen einer

worst-case-Abschätzung vernachlässigbar klein (KLÖTZLI 1969).

In bezug auf die in den untersuchten Feuchtgebieten vorkommenden Vegetationseinheiten sind bislang keine genaueren Angaben über die tolerierbare Dauer einer fehlenden kapillaren Wassernachlieferung aus dem Grundwasser verfügbar. Nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen erscheint es nicht sehr wahrscheinlich, daß solche Fälle bisher eingetreten sind. Aus Gründen der Vorsorge gegenüber möglichen Beeinträchtigungen der Vegetation wird daher vorläufig davon ausgegangen, daß die kapillare Nachlieferung von Wasser aus dem Grundwasser nicht abreißen darf.

Neben der Wasserversorgung der Vegetation ist die Wassersättigung der Torfschichten in Hinblick auf die Verhinderung möglicher Setzungen von Bedeutung. In setzungsempfindlichen Bereichen sind daher neben einer ausreichenden Wasserversorgung der Pflanzen besondere Anforderungen an die Erhaltung der natürlichen Dynamik der Wasserstände in den Torfschichten zu stellen.

2. Datengrundlage

Tabelle 2 zeigt die Datengrundlage, die zur Ermittlung der ökologischen Mindestgrundwasserstände benötigt werden:

¹ Diese Vorgehensweise wird vom Erftverband im Rahmen des Monitorings beim Tagebau Garzweiler II angewandt. Das statistische Verfahren basiert auf dem Wiener Mehrkanalfilter.

² Die Faktoren Grundwasserfließrichtung und Grundwasserbeschaffenheit sind in den vorliegenden Fällen nicht relevant.

Tab. 2: Datengrundlage zur Ermittlung der Mindestgrundwasserstände

Datenquelle	Untersuchungsprogramm	Art der Information
vegetationskundliche Untersuchungen	Schürfgruben, Profilaufnahme	Durchwurzelungstiefe
bodenkundliche Untersuchungen	Schürfgruben, detaillierte bodenkundliche Profilaufnahmen, Sieb- und Schlämmanalysen, Humusgehaltsbestimmungen	Charakterisierung des Bodenwasserhaushaltes u.a. durch Ermittlung von kapillarer Aufstiegshöhe, MsNGW und MsHGW usw.
hydrogeologische Untersuchungen	Grundwasserganglinien und Niederschläge an Meßstellen im Feuchtgebiet (Tageswerte mit ein- bis zweijährigen Meßreihen), Nivellement von Profilen in den Feuchtgebieten	Abhängigkeit des Wasserhaushaltes von Niederschlag, Grundwasser und Fördereinfluß, Auslauftypkurven
Literaturlauswertung	Klassifikation überwiegend grundwasserbeeinflusster Vegetationstypen	<ul style="list-style-type: none"> - Schwankungsbreite der Grundwasserstände in Feuchtgebieten - Wasserhaushaltsdynamik im Jahresverlauf - Überflutungs- und Staunäseeinfluß

2.1 Vegetationskundliche Untersuchungen

In den untersuchten Schürfgruben wurzeln die Pflanzen in den Feuchtgebieten überwiegend in der obersten Bodenschicht. Die Hauptwurzelmasse wurde in einer maximalen Bodentiefe von 5 bis 20 cm angetroffen. In allen stark grundwasserabhängigen Vegetationsbeständen kommen zudem nasse- und feuchtezeigende Arten vor, die zum Typ der Oberflächen- und Flachwurzler gehören, welche lediglich maximale Wurzeltiefen von 10 bis 20 cm erreichen³ und besonders empfindlich gegenüber Absenkungen sind. Aus diesen Gründen sind bei der Festlegung ökologischer Mindestgrundwasserstände effektive

Wurzlräume von lediglich 10 bis 20 cm zugrunde zu legen.

2.2 Bodenkundliche Untersuchungen

In den Schürfgruben und in Laboruntersuchungen wurden der Bodenaufbau und bodenkundliche Kenngrößen ermittelt (Tab. 2). Eine Übersicht über den Untergrundaufbau in den untersuchten Feuchtgebieten zeigt die Tabelle 3.

³ Im Gegensatz zu der verbreiteten Annahme, daß die Durchwurzelungstiefe i.d.R. am Reduktionshorizont (G_r -Horizont) endet, zeigen die untersuchten Wurzelprofile, daß etliche Arten auf Naßböden den gesamten Reduktionshorizont durchwurzeln und z.T. weit in das Ausgangsgestein hineinreichen. Die Durchwurzelungsdichte nimmt im Reduktionshorizont mit zunehmender Bodentiefe kontinuierlich ab. Die Hauptwurzelmasse ist an die humusreichen oder torfigen Oberbodenhorizonte gebunden.

Tab. 3: Untergrundaufbau in den Feuchtgebieten

Mächtigkeit	Bodenart	kapillarer Aufstieg	Bemerkung
0,25 bis 0,7 m DECKSCHICHTEN	sandig-lehmiger Schluff, teilweise schwach toniger Schluff, lehmiger Feinsand	kapillarer Aufstieg bis an die Geländeoberkante möglich; kapillare Aufstiegsrate meist > 5 mm/d	z.T. hohe Humusgehalte (Niedermoor und Niedermoorogley, Anmoorgley), setzungsempfindlich bei Entwässerung
ab max. 0,7 m GRUNDWASSERLEITER	schwach lehmiger oder schluffiger Mittel- und Grobsand, feinkiesig, teilweise Gerölle	kapillarer Aufstieg stark verringert im Vergleich zu den Deckschichten	bei Absenkung der Grundwasseroberfläche unter das Niveau der Liegendgrenze der Deckschichten wirken die Sande wie eine Kapillarsperre

2.3 Hydrogeologische Untersuchungen

Der Wasserhaushalt in den Feuchtgebieten und die Beeinflussung durch die Grundwasserentnahme wurden in Auslauftypkurven der flachen Meßstellen im Feuchtgebiet beschrieben (Tiefe 2 bis 3 m). Die Auslauftypkurve zeigt die Zunahme der Flurabstände nach einem Niederschlagsereignis. Sie ist ein Maß dafür, wie stark die Grundwasserstände vom Niederschlag (schnelles und deutliches Absinken der Grundwasserstände) oder von der Grundwasseraussickerung (langsameres und geringfügiges Absinken) abhängig sind.

3. Ableitung ökologischer Mindestgrundwasserstände

Die Ableitung des ökologischen Mindestgrundwasserstandes für die untersuchten Feuchtgebiete erfolgt in einer Einzelfallbewertung unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Datenquellen (Boden, Vegetation, Wasserhaushalt) beispielhaft für zwei Feuchtgebiete im Absenkungsbereich der Wassergewinnung.

Bei den Feuchtgebieten handelt es sich um brachliegende Feucht- und Naßwiesen auf Gleyen und Niedermoorböden. Vorherrschende Pflanzengesellschaften sind "Waldsimen-Sümpfe" (*Scirpetum sylvatici*) und "Seggenriede" (v.a. *Caricetum gracilis*, aber auch *C. vesicariae* und *C. rostratae*), die zumindest im Frühjahr überschwemmt sind (s. Abb. 6).

Kleinflächig sind die Niedermoorgesellschaften "Torfmoos-Flutterbinsenried" (*Junco effusi-Sphagnetum*) und "Waldbinsen-Sumpf" (*Junco acutiflori*) ausgebildet. Die genannten Pflanzengesellschaften sind im Untersuchungsgebiet mosaikartig miteinander verzahnt.

Das ausgedehnte Feuchtgebiet A liegt wahrscheinlich im Bereich eines schwebenden Grundwasserleiters. Aufgrund seiner hohen landschaftsökologischen Empfindlichkeit und naturschutzfachlichen Wertigkeit ist die Festlegung von Mindestgrundwasserständen und die Einbeziehung in das Monitoring erforderlich. Das Feuchtgebiet B liegt in Brunnennähe. Der Förderhorizont ist an den Auengrundwasserleiter hydraulisch angebunden.

3.1 Feuchtgebiet A

Das Profil A-B in Abbildung 1 zeigt, daß die Flurabstände im Feuchtgebiet zwischen 0,5 und 0 m liegen. Der feuchteste Bereich mit zeitweise offenen Wasserflächen liegt unmittelbar an der Hangkante. Den charakteristischen Grundwasserstand für das Feuchtgebiet zeigt die Meßstelle 121F. Die Meßstelle liegt ca. 10 m von der Hangkante, an der das Feuchtgebiet beginnt, entfernt, um keine Trittschäden im Feuchtgebiet zu verursachen. Der Wasserstand in der Meßstelle liegt im Beobachtungszeitraum (2/96 - 11/97) immer deutlich über der Geländeoberfläche des Feuchtgebietes (gespannte Grundwasserhältnisse).

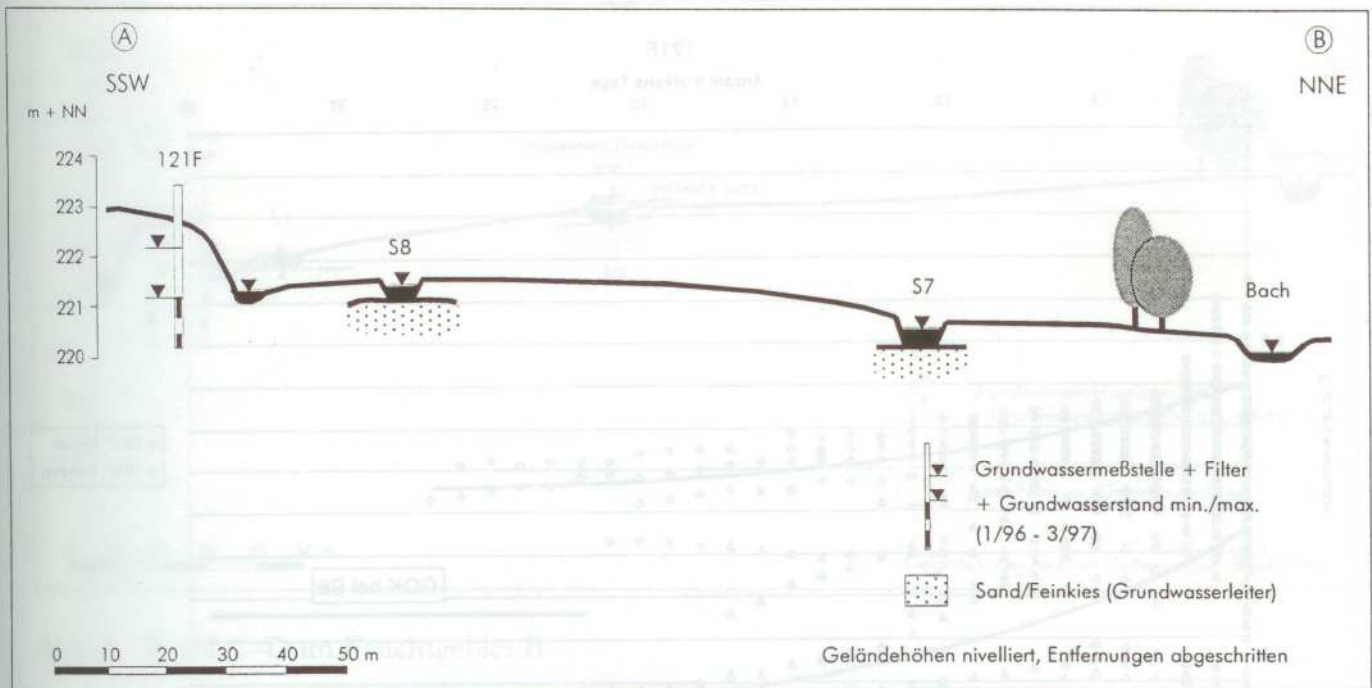


Abb. 1: Profil A–B im Feuchtgebiet A

Die Abbildung 2 zeigt am Beispiel der Meßstelle 121F den typischen Verlauf der Auslauftypkurven einer Meßstelle in einem unbeeinflussten Feuchtgebiet im Sommer- und Winterhalbjahr. Der Wasserstand in der Meßstelle sinkt im Winter auch nach 27 Tagen Trockenheit (Tagesniederschlag < 2 mm) nur unwesentlich ab. Im Feuchtgebiet bleiben die Grundwasserverhältnisse deutlich gespannt. Im Sommer (6/96) sinkt der Wasserstand in der Meßstelle zwar deutlich schneller ab, dennoch liegt die Grundwasseroberfläche immer noch im Bereich des Bodenaufbaus im Feuchtgebiet, so daß die gespannten Grundwasserverhältnisse und der kapillare Aufstieg im Feuchtgebiet erhalten bleiben. Der Flurabstand im Feuchtgebiet sinkt nicht unter 20 cm.

In Mitteleuropa zählt das in diesem Feuchtgebiet vorherrschende Schlangenseggenried zu den dauernassen Pflanzengesellschaften. Die Grundwasserabhängigkeit ist hoch; die Wasserstandsschwankungen sind gering. Die mittlere Schwankungsamplitude liegt wie im betrachteten Feuchtgebiet A meistens zwischen 1 dm Überflutungshöhe und 2 dm Flurabstand (DVWK 1996)

Der ökologische Mindestgrundwasserstand für dieses Feuchtgebiet ist 221,2 m + NN (= 1,4 m Flurabstand) an der Meßstelle. Bei diesem Wasserstand ist immer noch eine annähernd vollständige Wassersättigung des Feuchtgebietes gegeben.

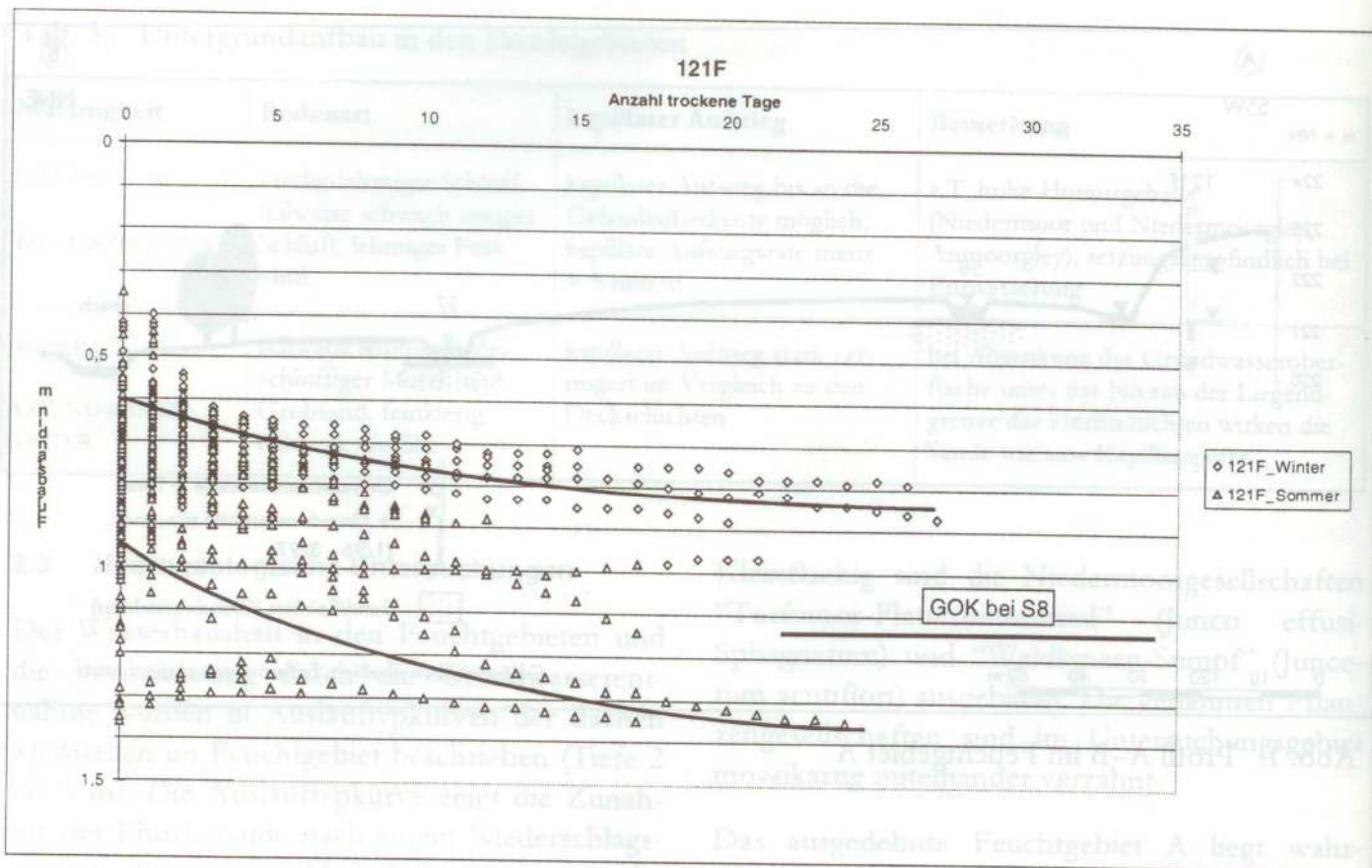


Abb. 2: Sommerliche und winterliche Auslauftypkurven der Meßstelle 121F

3.2 Feuchtgebiet B

Die feuchtesten und aus landschaftsökologischer Sicht empfindlichsten Bereiche liegen vor einem quer zum Tal verlaufenden Absperrdamm (Profil C-D, in Abb. 3). Den charakteristischen Grundwasserstand im Feuchtgebiet zeigen die Meßstellen MF22 (auf dem Damm) und MF25 im Feuchtgebiet. Ein Flurabstand von ca. 0,6 m (ca. 188 m +NN) in der Meßstelle MF22 entspricht einem Flurabstand von ca. 0 m im Feuchtgebiet vor dem Absperrdamm.

Die 27,5 m tiefe Meßstelle MT23 zeigt den Grundwasserstand im Förderhorizont. Er liegt

zeitweise 3 m tiefer, aber auch bis zu 0,8 m über der Grundwasseroberfläche im Auengrundwasserleiter, so daß eine hydraulische Leakageanbindung besteht. Den Ganglinienverlauf von Mai 1995 bis Februar 1998 der Meßstellen MF22 und MT23 zeigt die Abbildung 4. Während die Meßstelle MT23 noch deutlich einen Fördereinfluß zeigt, ist an den Meßstellen MF22 und MF25 nur ein schwacher Einfluß bei der derzeitigen Förderkonstellation zu erkennen. So zeigen die flachen Meßstellen gegenläufige Trends zur tiefen Meßstelle (abfallende Wasserstände Ende 1996 und zu Beginn 1997 bei gleichzeitig hohen Grundwasserständen im Förderhorizont).

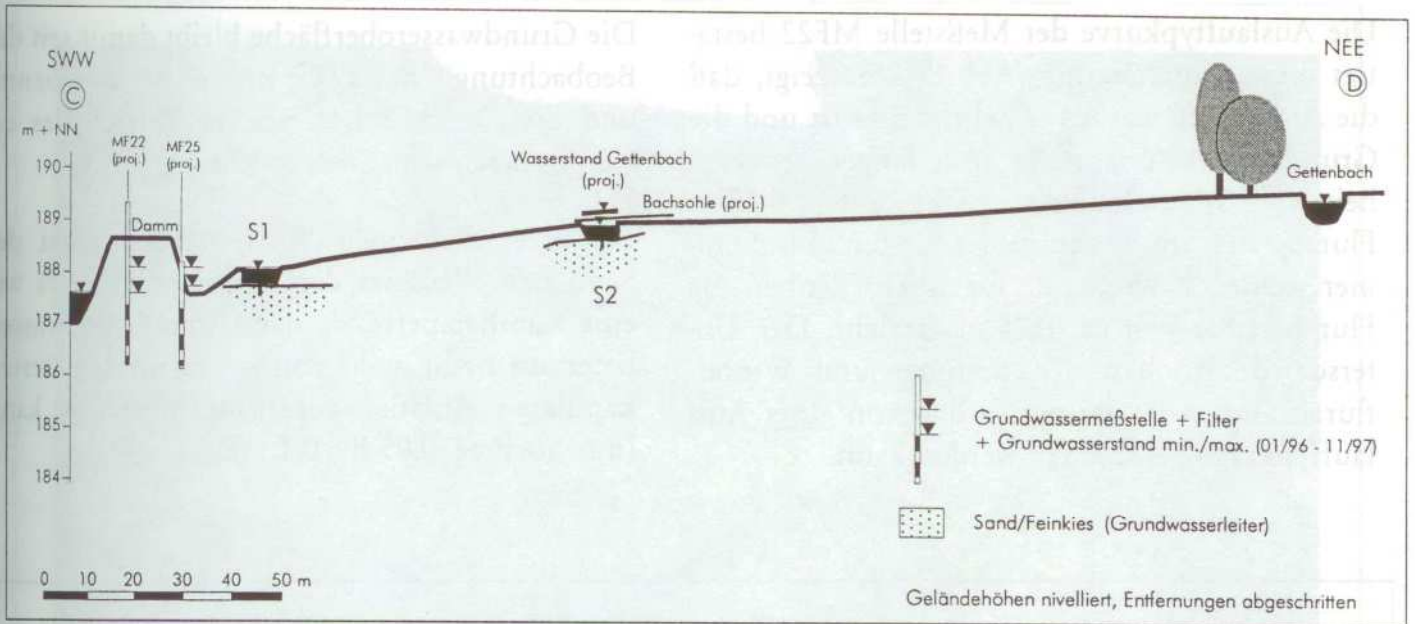


Abb. 3: Profil C-D im Feuchtgebiet B

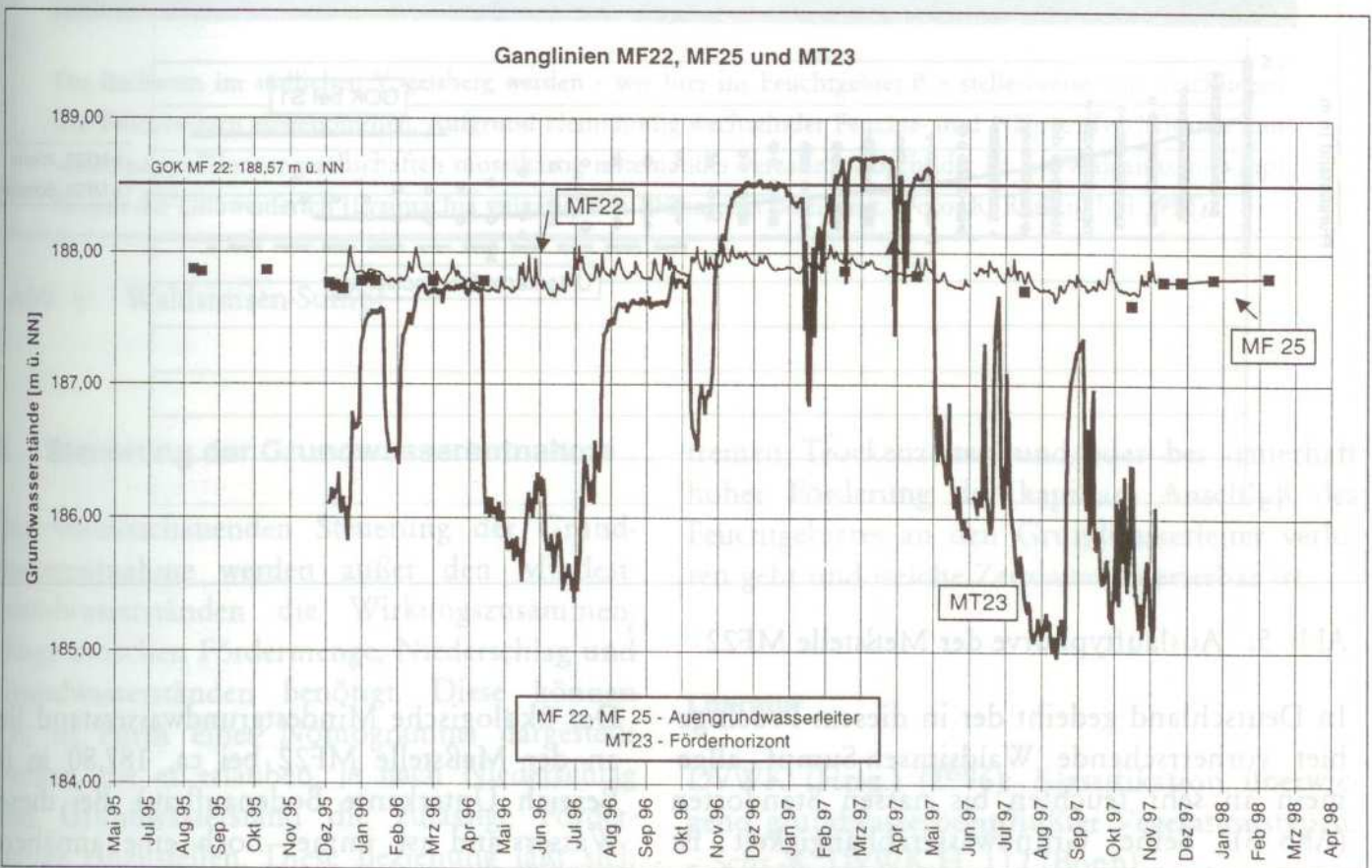


Abb. 4: Grundwasserstandsganglinien der Meßstellen MF22, MF25 und MT23

Die Auslauftypkurve der Meßstelle MF22 bestätigt diese Einschätzung (Abb. 5). Sie zeigt, daß die Amplitude mit 0,4 m sehr gering ist und die Grundwasserstände auch nach langer Trockenheit im Winterhalbjahr nicht unter 0,25 m Flurabstand im Feuchtgebiet sinken. Im Sommer werden nach ca. 20 Tagen Trockenheit die Flurabstände von ca. 0,25 m erreicht. Der Unterschied zwischen den Sommer und Winterflurabständen ist gering, so daß von einer Auslauftypkurve gesprochen werden kann.

Die Grundwasseroberfläche bleibt damit seit der Beobachtung (Mai 1995) immer noch gespannt, und die Druckfläche liegt im Bereich des ca. 0,25 m mächtigen Bodenaufbaus.

Bei tiefer sinkenden Wasserständen wirkt der Sand bzw. Feinkies des Grundwasserleiters wie eine Kapillarsperre, da dann vom Grundwasserleiter aus nicht mehr von einem nennenswerten kapillaren Aufstieg ausgegangen werden kann (nur noch ca. 0,05 bis 0,1 m).

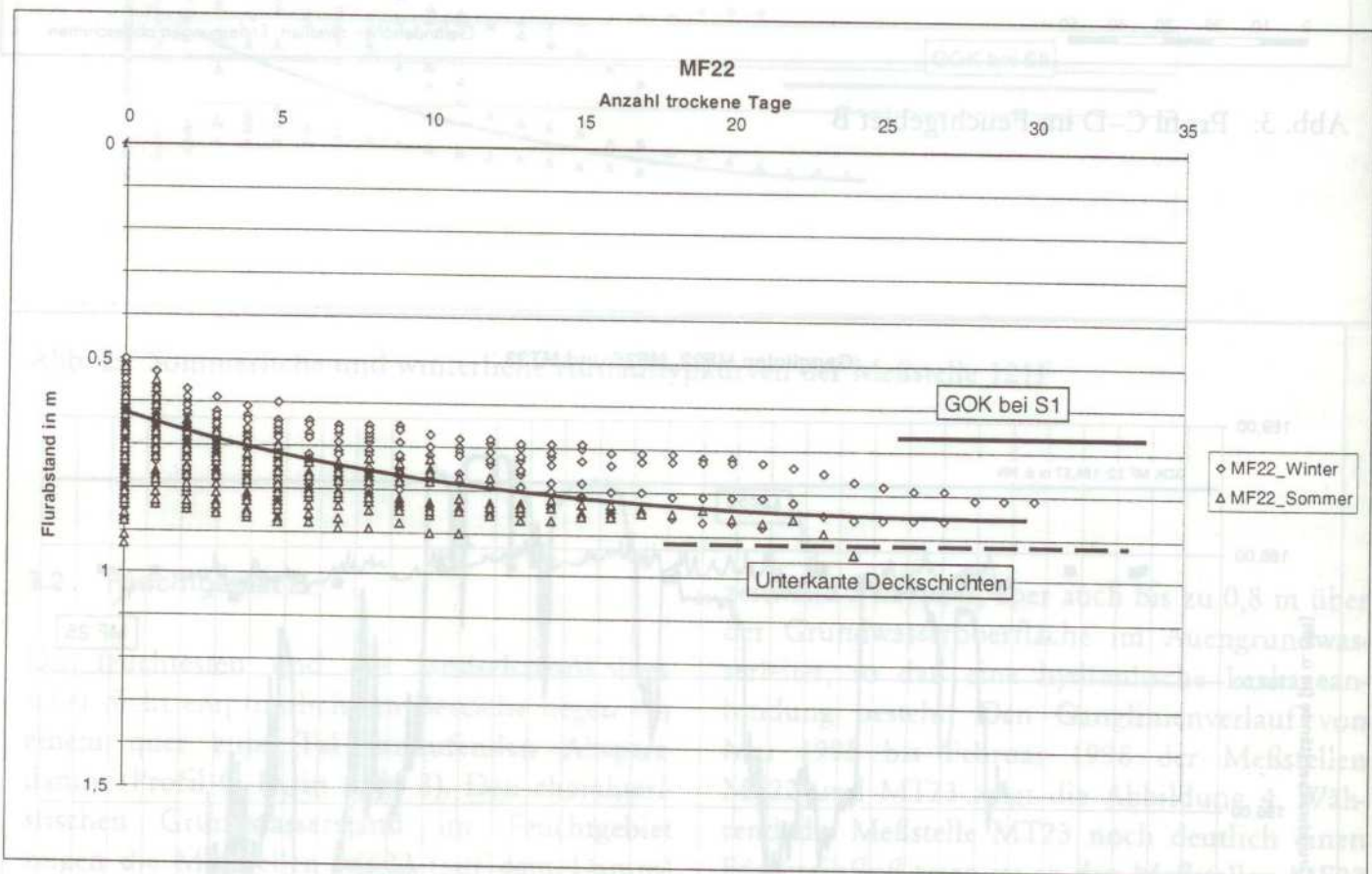


Abb. 5: Auslauftypkurve der Meßstelle MF22

In Deutschland gedeiht der in diesem Feuchtgebiet vorherrschende Waldsimsen-Sumpf allgemein an sehr feuchten bis nassen Standorten (Abb. 6). Seine Grundwasserabhängigkeit ist sehr stark. Die mittleren Grundwasserstände liegen bei 0 bis 2 dm. Vor allem im Winter und Frühjahr ist der Waldsimsen-Sumpf sehr flach (etwa 1 dm) und lang andauernd überflutet (DVWK 1996).

Der ökologische Mindestgrundwasserstand liegt an der Meßstelle MF22 bei ca. 187,80 m (⇒ Bereich Unterkante Bodenaufbau). Bei diesem Wasserstand ist immer noch eine annähernd vollständige Wassersättigung des Feuchtgebietes gegeben.



Die Bachauen im südlichen Vogelsberg werden - wie hier im Feuchtgebiet B - stellenweise von brachliegenden Feuchtwiesen eingenommen. Aufgrund kleinräumig wechselnder Feuchte- und Nährstoffverhältnisse sind verschiedene Pflanzengesellschaften mosaikartig miteinander verzahnt. Abgebildet ist ein Waldsimsen-Sumpf, in dem der Gilbweiderich (*Lysimachia vulgaris*) den Blühaspekt bestimmt. (Foto: R. Raskin, Juli 1995)

Abb. 6: Waldsimsen-Sumpf

4. Steuerung der Grundwasserentnahme

Zur vorausschauenden Steuerung der Grundwasserentnahme werden außer den Mindestgrundwasserständen die Wirkungszusammenhänge zwischen Fördermenge, Niederschlag und Grundwasserständen benötigt. Diese können z.B. in Form eines Nomogramms dargestellt werden, die es erlauben, je nach Niederschlag und Grundwasserstand die zulässige Fördermenge einzustellen. Diese Beziehung läßt sich aus längeren Datenreihen oder einem Betriebspumpversuch ableiten. Im Rahmen des Pumpversuchs kann auch über Tensiometer (Bodenwasserspannung) und TDR-Sonde (Bodenwassergehalt) untersucht werden, ob in ex-

tremer Trockenzeiten und/oder bei dauerhaft hoher Förderung der kapillare Anschluß des Feuchtgebietes an den Grundwasserleiter verloren geht und welche Zeitdauer tolerierbar ist.

Literatur

- DVWK (Hrsg.) (1996): Klassifikation überwiegend grundwasserbeeinflusster Vegetationstypen. - Schr.-R. DVWK H. 112 (Bonn).
- KLÖTZLI, F. (1969): Die Grundwasserbeziehungen der Streu- und Moorwiesen im nördlichen Schweizer Mittelland. - Beitr. Geobotanische Landesaufnahme Schweiz H. 52.