

3 INFORMATIONEN- UND DATENGRUNDLAGEN

3.1 Überblick über den Untersuchungsraum

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Donauniederung ca. 15 km nordöstlich von Ulm und stellt den baden-württembergischen Anteil des Gesamtökotops Donauniederung dar, welches sich von Neu-Ulm bis Donauwörth entlang der Donau erstreckt. (HAAKH & SCHMID, 1996; ZETTLER et al., 1998). Es gilt zusammen mit dem südöstlich daran anschließenden, bayerischen Teil (dort Donaumoos genannt) als das größte geschlossene Niedermoorgebiet im süddeutschen Raum (HAAKH & SCHMID, 1996).

Nach Nordwesten hin wird das Untersuchungsgebiet durch die Ausläufer der Schwäbischen Alb begrenzt, insgesamt umfasst das Untersuchungsgebiet eine Fläche von 55,84 km². Die mittlere Höhe beträgt ca. 450 m ü. NN.

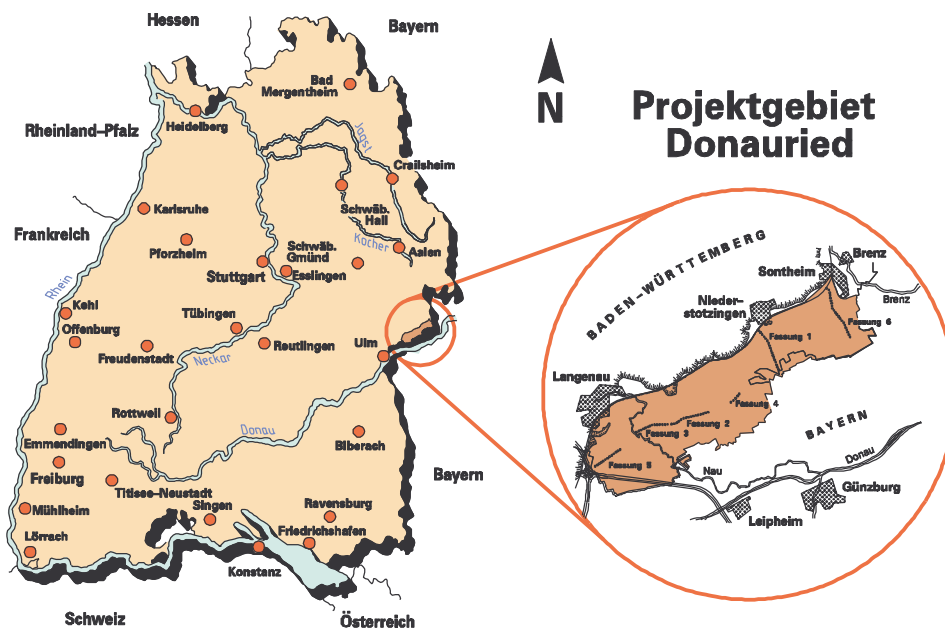


Abb. 3.1: Lage des Projektgebiets

Das Grundwassereinzugsgebiet des Untersuchungsgebiets von über 400 km² erstreckt sich vom Donauniederung bis zur Karstwasserscheide auf der Hochfläche der Schwäbischen Alb (Abb. 3.2). Das Wasserdargebot stammt vor allem aus unterirdischen Zuflüssen der Schwäbischen Alb (Karstwasser) sowie dem im Donauniederung versickernden Niederschlagswasser. Das jährliche Wasserdargebot beträgt im Mittel rund 130 Mio. m³ (Abb. 3.3).

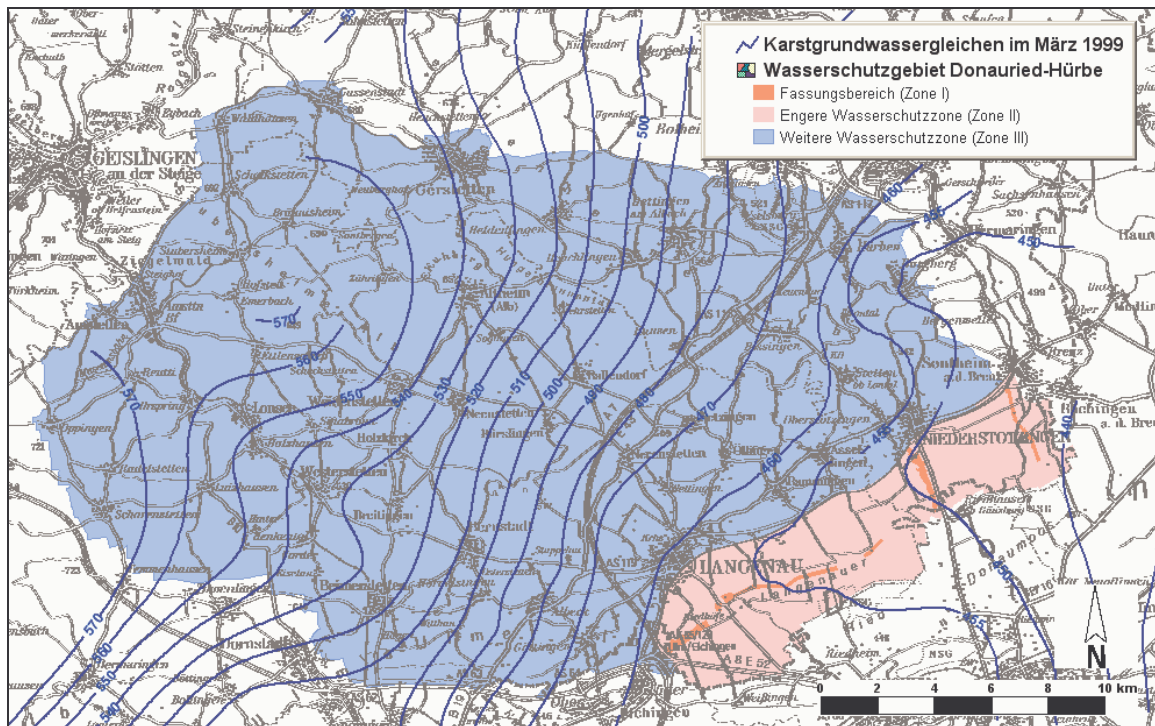


Abb. 3.2: Das Wasserschutzgebiet Donauried-Hürbe

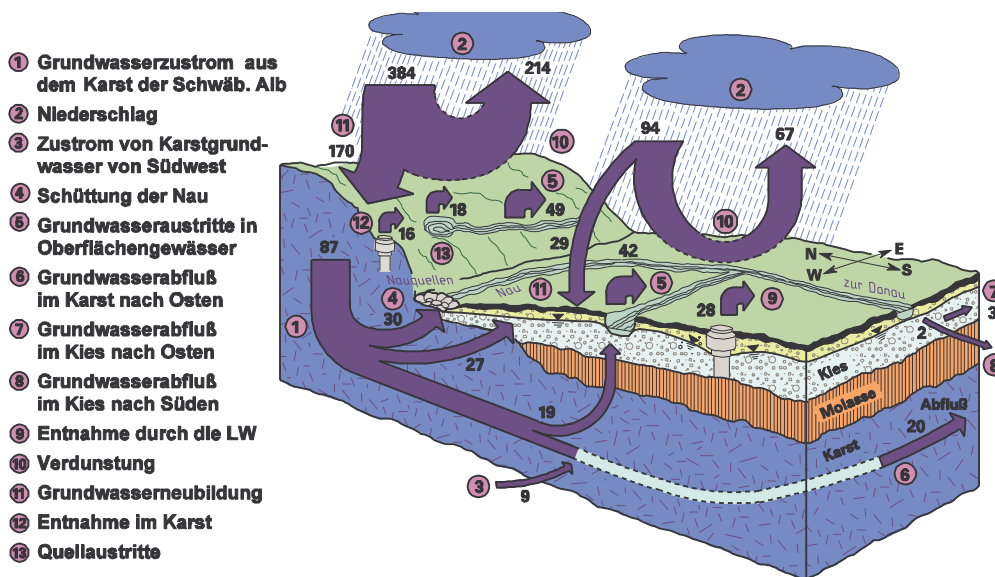


Abb. 3.3: Wasserbilanz des Donaurieds

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Fassungsbereiche und die engere Wasserschutzzone des Wasserschutzgebiets Donauried-Hürbe sowie das südlich daran anschließende, auf bayrischer Seite liegende Naturschutzgebiet „Leipheimer Moos“ (Abb. 3.4). Im folgenden wird für das Untersuchungsgebiet der Einfachheit halber auch der Begriff „Donauried“ verwendet.

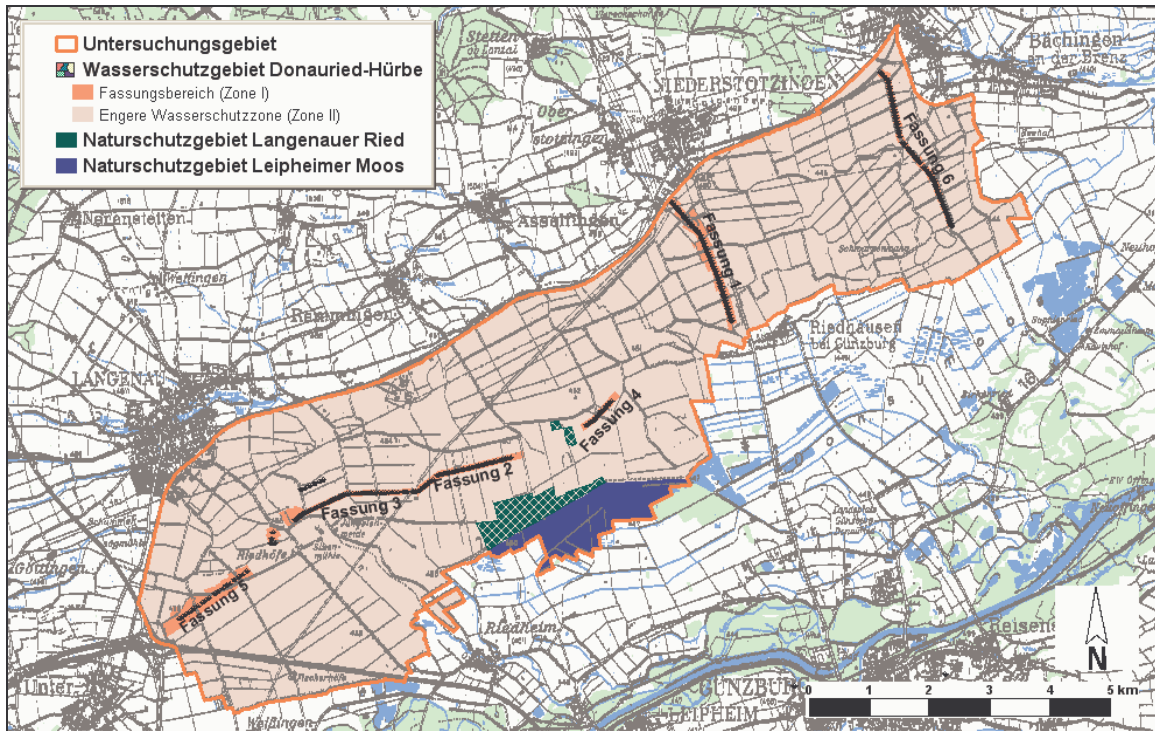


Abb. 3.4: Übersicht über das Untersuchungsgebiet

3.1.1 Klima

Der Niederschlag nimmt im Wassereinzugsgebiet des Donaurieds von Nordwesten (Schwäbische Alb: gebietsweise über 1000 mm jährlich) nach Südosten (Klimastation Langenau: 751 mm jährlich (1977-2003)) ab. Aufgrund der Verteilung der mittleren Monatsniederschläge im Jahresverlauf handelt es sich um einen Sommerregentypus (HAAKH & SCHMID, 1996) mit hohen Sommer- und geringen Winterniederschlägen.

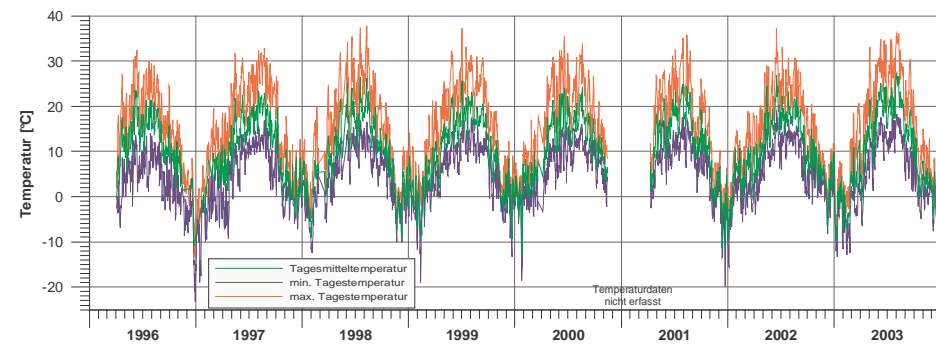


Abb. 3.1: Verlauf der Lufttemperatur am Wasserwerk Langenau

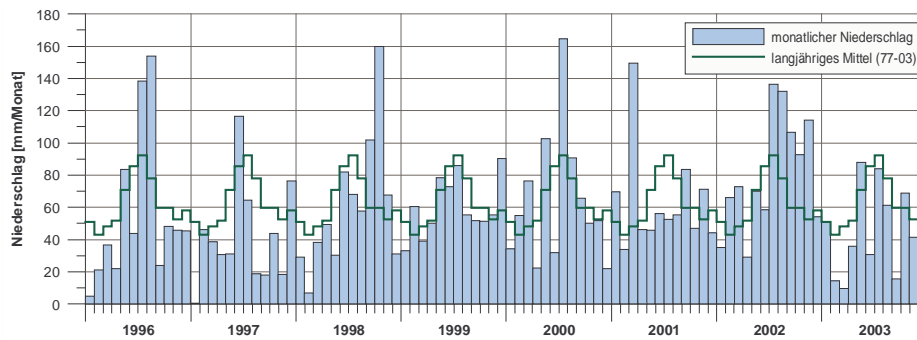


Abb. 3.2: Niederschlagsverteilung am Wasserwerk Langenau (westliches Donauried)

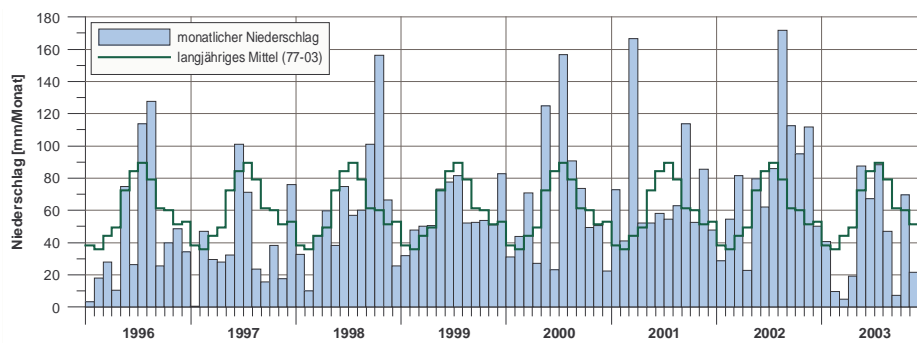


Abb. 3.3: Niederschlagsverteilung am Vorpumpwerk Niederstotzingen (östliches Donauried)

Zwischen dem westlichen und östlichen Donauried gibt es bezüglich der Niederschlagsverteilung und -intensität praktisch keinen Unterschied. Abb. 3.2 und Abb. 3.3 zeigen die charakteristischen Jahrgänge an den Niederschlagsmessstationen Wasserwerk Langenau (im Mittel 751 mm/a) und Vorpumpwerk Niederstotzingen (im Mittel 720 mm/a). Deutlich zu erkennen sind die relativ hohen Niederschläge in den Monaten Mai bis August.

Überlagert man der Niederschlagsverteilung die potenzielle Evapotranspiration (berechnet nach dem Penman-Wendling-Verfahren; EMMERT et al., 2000), so wird weiterhin deutlich, dass das Donauried (mit Ausnahme der extrem trockenen Jahre 1997 und 2003) in den meisten Jahren eine positive klimatische Wasserbilanz aufweist (im Zeitraum 1993 bis 2003 im Mittel +171 mm/a). Aus dem langjährigen Mittel wird zudem ersichtlich, dass v.a. in den Wintermonaten ein Wasserüberschuss herrscht, der zur Grundwasserneubildung aus Niederschlag beiträgt (Abb. 3.4).

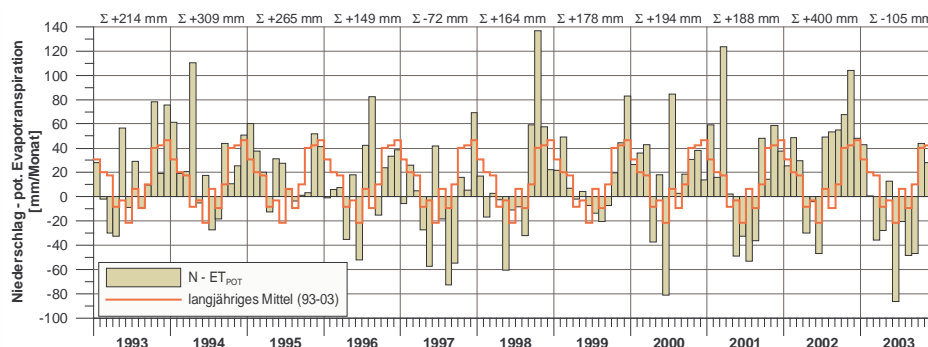


Abb. 3.4: Klimatische Wasserbilanz für das Donauried

3.1.2 Geologie

Der Kiesgrundwasserleiter des Donaurieds wird durch mächtige Weißjuraschichten unterlagert, die den ergiebigen Kiesgrundwasserleiter mit Grundwasser speisen. Im Weißjurakarst übernimmt der Kimmeridge-Mergel (ki1) die Funktion einer Sohlschicht unter den verkarstungsfähigen Weißjura-Kalken (Verkarstungsbasis). Er besteht teilweise aus verschwammten, aber insgesamt deutlich geschichteten Mergel-, Kalkmergel- und Kalksteinen und weist eine Mächtigkeit von 40 – 45 m auf. Die darüber lagernde Schicht des Mittelkimmeridge-Kalk (ki2) besteht aus geschichteten Felsenkalken mit einer Mächtigkeit 40 – 60 m. Die Unteren Felsenkalke (ki2) werden großflächig von aus Algen- und Schwammriffen entstandenen Massenkalk überlagert, der eine Mächtigkeit von 30 bis zu 200 m hat und bis an die Fazies des Thitons (tiZ/tiH) heranreicht. Während des Thitons entstanden zwischen den weiterwachsenden Riffen der Massenkalkfazies ausgedehnte Ablagerungsräume geschichteter Fazies (Mächtigkeiten bis zu 160 m), in denen kalkige und tonig-mergelige Schichten zur Ablagerung kamen:

- tiZ: Zementmergelschichten mit Zwischenkalken
- tiH: Hangende Bankkalke
- tiL: Liegende Bankkalke.

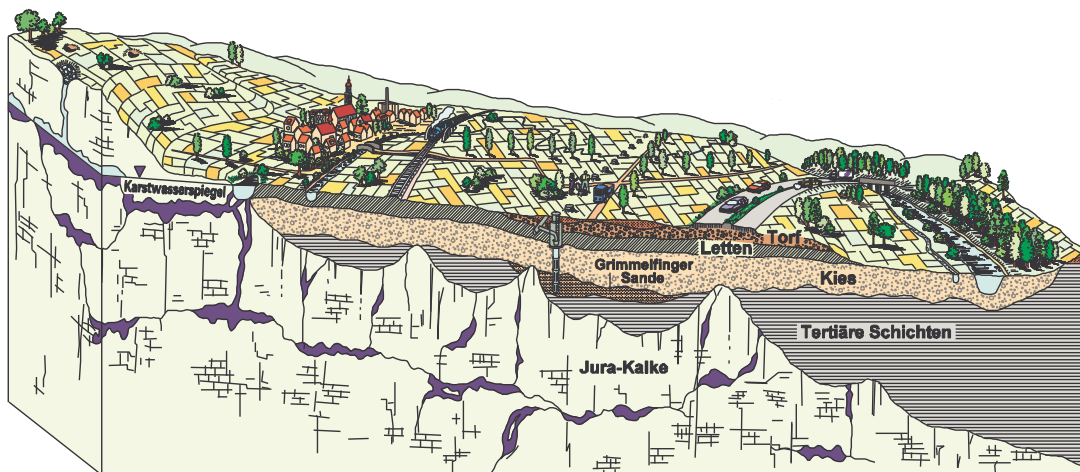


Abb. 3.1: Schematischer geologischer Schnitt durch das Donauried (N-S)

Während im Norden bis Nordosten der Hochflächen der Schwäbischen Alb die Weißjura-Kalkgesteine teilweise offenliegen (Offener Karst) oder von geringmächtigen Lehmschichten bedeckt sind, werden sie nach Südosten hin zunehmend von Resten der tertiären Molasse (tertiäre Sedimentablagerungen aus der Zeit der Gebirgsfaltung der Alpen) überlagert (Überdeckter/Tiefer Karst). Darüber liegt der Kieskörper des Donaurieds. In südlicher und südöstlicher Richtung nimmt die Mächtigkeit der Molasse zu und unterlagert den Kieskörper der Donau. Die Molasseschicht bildet mit zunehmender Mächtigkeit eine hydraulische Trennschicht zwischen dem unterlagernden Weißjurakarst und dem überlagernden Kiesaquifer. Auf den wasserundurchlässigen Auenlehmschichten über dem Kiesgrundwasserleiter des Donautals konnte sich infolge hoher Grundwasserstände in der Nach-Würmeiszeit ein Niedermoor entwickeln.

3.1.3 Hydrogeologie

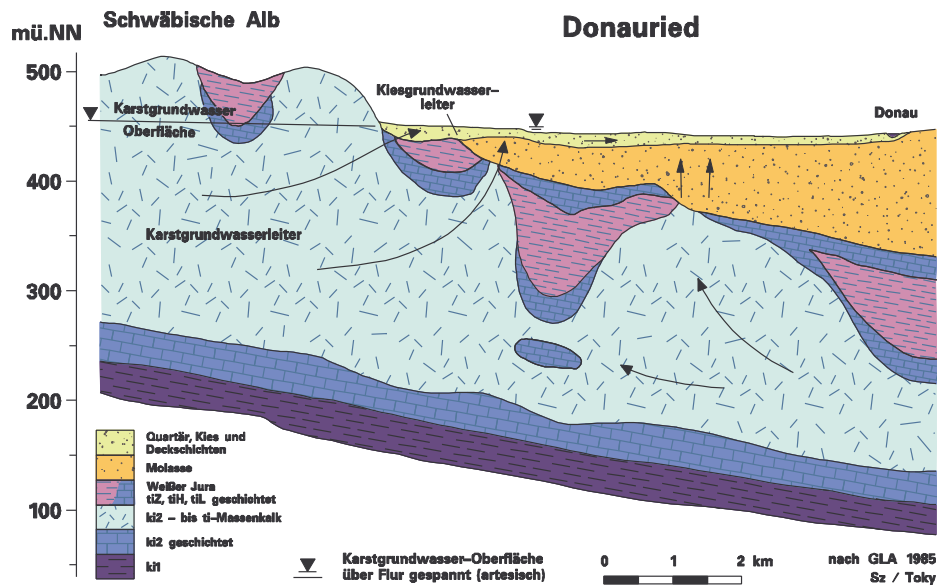


Abb. 3.1: Hydrogeologischer Schnitt durch das Donauried von der Schwäbischen Alb bis zur Donau (N-S)

Bedingt durch den geologischen Aufbau sind die Grundwasserströmungsverhältnisse im Donauried und dessen Einzugsgebiet sehr komplex (EMMERT et al., 2000). Am Fließsystem sind quartäre Ablagerungen (Niedermoortorf, schluffig-tonige Deckschichten unterschiedlicher Genese und großflächige Ablagerungen sandiger Kiese), Ablagerungen der tertiären Molasse sowie die verkarsteten Bank- und Massenkalk der Schwäbischen Alb beteiligt (Abb. 3.1).

- **Karst:** Die Kalksteine der Weißjuraschichten sind grundsätzlich verkarstungsfähig. Basis der Verkarstung ist die Grenze zwischen geschichteter und massiger Fazies (ki2). In der Regel sind die Massenkalke stark verkarstet, da sie eine besonders hohe Reinheit aufweisen (örtlich bis zu 99 % Karbonatgestein). Die Grenzfläche ki1/ki2 repräsentiert die Schichtlagerung der Oberjuratafel und fällt von Nordwesten nach Südosten relativ gleichmäßig mit 1-2% Gefälle ein. Der Karst stellt einen ergiebigen Grundwasserleiter mit einem jährlichen Zustrom von etwa 87 Mio. m³ dar (vgl. Abb. 3.3). Die Landeswasserversorgung entnimmt seit 2003 im Bereich der Fassung 5 aus zwei Tiefbrunnen Karstgrundwasser zum Zwecke der Trinkwasserversorgung.
- **Molasse:** Etwa ab der Donau bei Ulm, ab dem westlichen Riedrand und unter dem Ried ab 1 bis 2 km südlich der Grenze Schwäbische Alb/Donauried werden die Oberjuragesteine großflächig mit nach Süden keilartig bis auf etwa 150 m unter der Donau zunehmender Mächtigkeit an Molasse überlagert. Die Molasse setzt sich aus verschiedenen Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse, der Brackwassermolasse sowie der Unteren Süßwassermolasse zusammen und bewirkt mit zunehmender Mächtigkeit eine verstärkte bis vollständige hydraulische Trennung des Karstaquifers vom übergelagerten Kiesaquifer. Die Molasseablagerungen können daher als Gering- bis Nichtleiter bezeichnet werden.

- **Kies:** Der Kiesaquifer wird aus sandigen Kiesen vorwiegend alpiner Herkunft mit einer Mächtigkeit von meist 4 bis 8 m, teilweise auch unter 2 m und über 10 m Mächtigkeit aufgebaut. Die Ablagerung erfolgte in drei Phasen, die auch morphologisch und nach den Deckschichten über den Kiesen meist deutlich abgegrenzt sind:
 - Hochterrasse im Norden des Rieds, nach Süden begrenzt durch die Terrassenkante
 - Niederterrasse mit mineralischen und organischen Deckschichten aus Anmoor und Niedermoor-Torf
 - Donau-Aue (holozäner Auenbereich entlang der Donau mit umgelagerten Kiesen und feinsandig-schluffiger Überdeckung)
- Am Nordrand des Donaurieds lagern die Kiese der Hochterrasse in schwach rinnenartigen Strukturen teils direkt auf Oberjura, teils auf Resten der Molasse. Nach Süden hin in eher weitgespannten, flachen, zur Donau führenden Senken durchgehend auf Molasse. Mit Ausnahme der beiden Karstbrunnen sind alle Brunnen in dem sehr ergiebigen Kiesgrundwasserleiter (Hochterrasse und Niederterrasse) verfiltert.
- **Torf:** Im Bereich der Niederterrasse wird der Kiesaquifer teilweise von einem im Mittel ca. 2 m, maximal bis 5 m mächtigen Torfaquifer überlagert. Zwischen Kies und Torf liegen bereichsweise gering durchlässige mineralische Deckschichten, die den Wasserhaushalt des Torfs vom Kies abkoppeln.

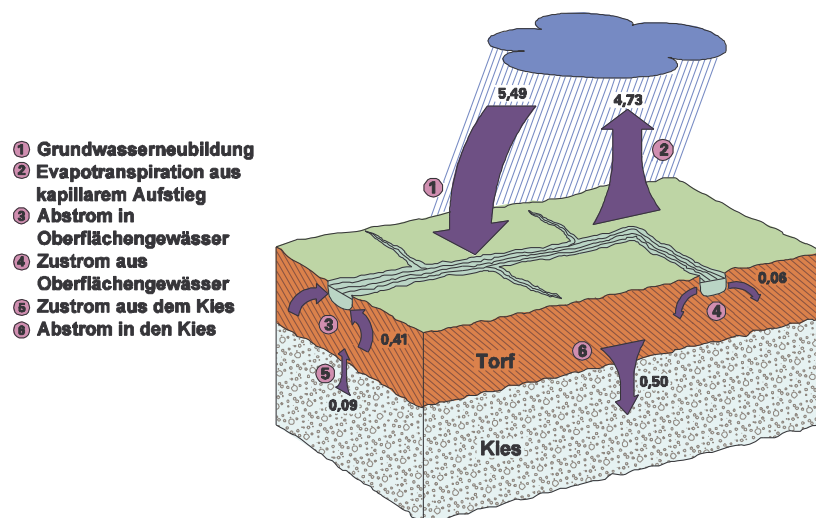


Abb. 3.2: Wasserbilanz des Torfaquifers

Der Kiesaquifer im Donauried wird hauptsächlich von Karstgrundwasser gespeist, das im Bereich der Schwäbischen Alb aus Niederschlag neu gebildet wird, dem Schichtfallen nach SO folgend Richtung Vorflut (Donau) fließt und am Nordrand des Rieds teilweise direkt, teilweise durch geringmächtige Molasse in den Kiesaquifer aufsteigt und in diesem abströmt. Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag und versickerndes Oberflächenwasser im Ried selbst stellen weitere Zuflusskomponenten zum Kies dar. Die Vorflut bilden die Gewässer und Entwässerungsgräben im Donauried. Die Entnahme von Grundwasser ist eine weitere Abflusskomponente. Im Torfaquifer ist die vorwiegend vertikale Strömung vom Niederschlag und vom Austausch von Grundwasser mit dem darunter liegenden Kiesaquifer geprägt (Abb. 3.2; EMMERT et al., 2000).

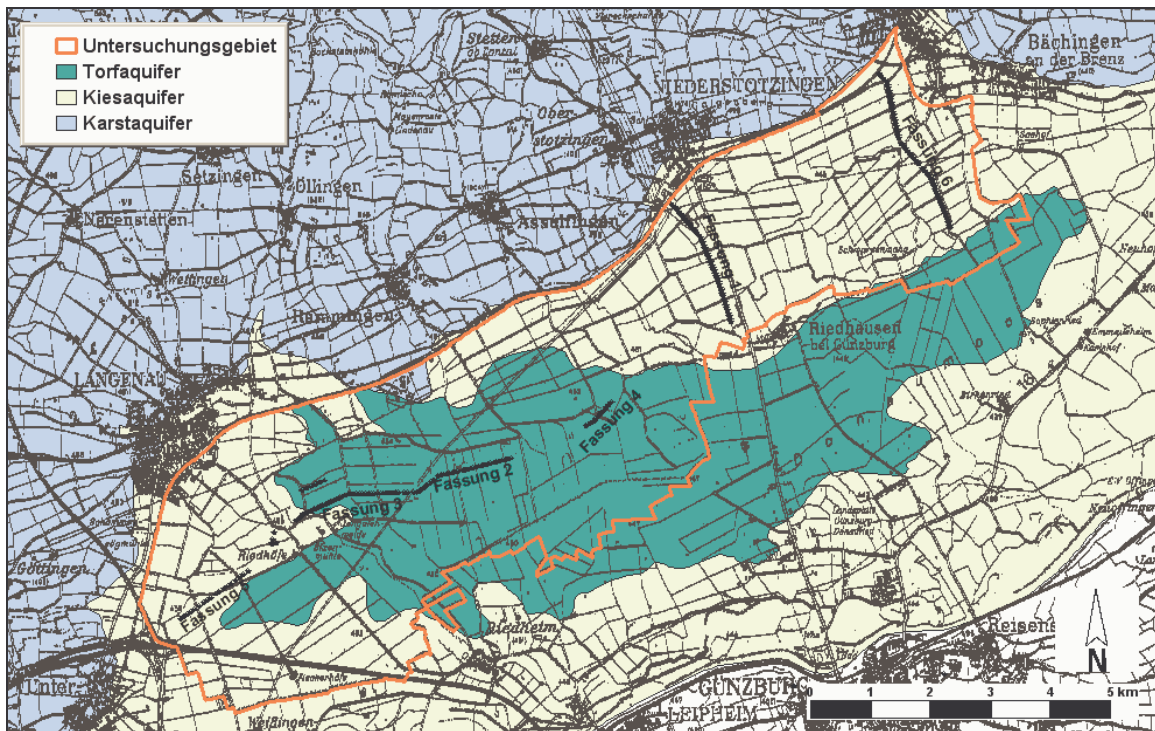


Abb. 3.3: Verbreitung der hydrogeologischen Einheiten im Untersuchungsgebiet (Q: kup)

3.1.4 Böden

Die Böden und die mineralischen Deckschichten über dem Kiesaquifer des baden-württembergischen Donaurieds wurden 1989 vom Geologischen Landesamt im Maßstab 1:10.000 kartiert (WEINZIERS, 1989). Dabei wurden die Bodentypen und die Bodenarten von 28 Bodenformationen (Kartiereinheiten) bestimmt (Abb. 3.1).

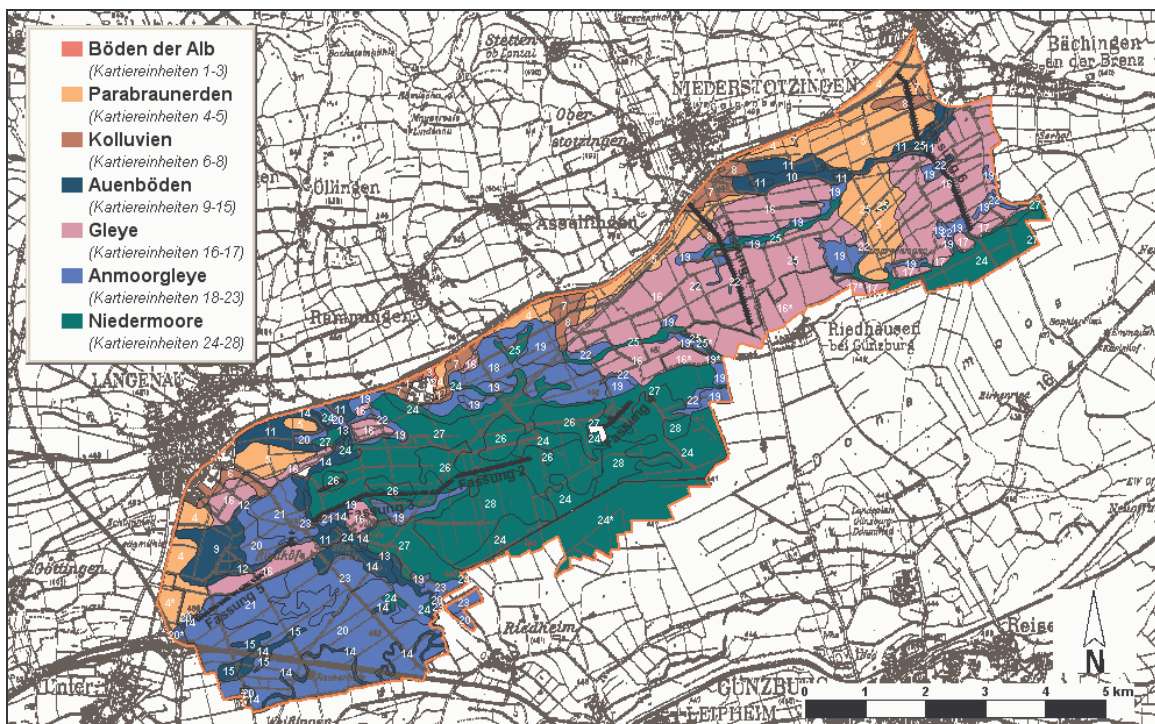


Abb. 3.1: Bodenkarte des Untersuchungsgebiets (* = vermutete Bodentypen)

Die Korngröße und damit auch die Durchlässigkeit der Deckschichten im Donauried nimmt von Norden nach Süden zu. Im Norden überwiegen Schluffe (kalkhaltiger Löß), im Süden sind die Deckschichten vorrangig von Feinsand geprägt. Nördlich der Fassungen 2 und 3 wurden tonige Sedimente abgelagert. Diese praktisch undurchlässige Tonschicht trennt die Torfschicht vom Kiesaquifer. Im östlichen sowie auch im westlichen Donauried versickert Niederschlagswasser in die schluffigen Deckschichten und Niedermoorböden und steht für die Grundwasserneubildung zur Verfügung. Die einzelnen Bodenformationen sind in Kap. 15.1 detailliert beschrieben.

Über die Hälfte des Gebietes ist den torreichen Anmoor- (Kartiereinheiten 18 bis 23) und Niedermoorböden (Kartiereinheiten 24 bis 28) zuzuordnen, der Rest den Mineralböden. 64,2 ha (rund 1% der Gesamtfläche) sind Auffüllungen oder bebaute Flächen.

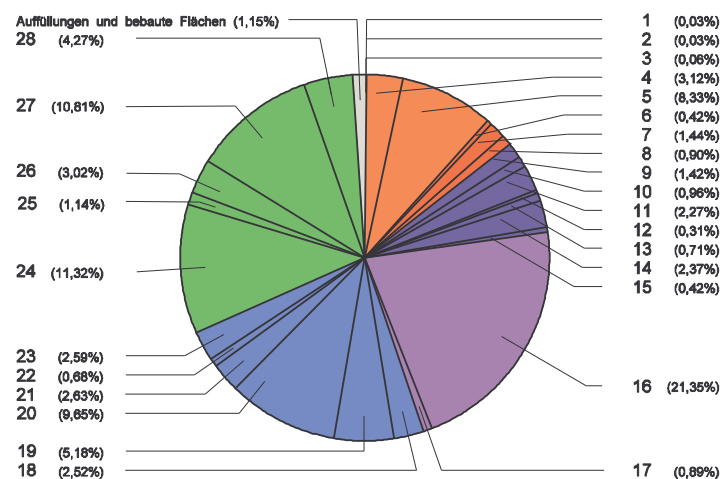


Abb. 3.2: Prozentuale Verteilung der Böden im Untersuchungsgebiet (Erläuterungen s. 15.1)

Die Bodenkarte des Geologischen Landesamts 1:10.000 (WEINZIERL, 1989) deckt nur den baden-württembergischen Teil des Untersuchungsgebiets ab. Da die Böden, wie sich später noch zeigen wird, eine zentrale Rolle bei der Festlegung der Zielfunktionen für das Bewertungssystem spielen, musste die existierende Bodenkarte in den Bereichen mit fehlender Boden-Information (Bayern) ergänzt werden.

Für die bayrische Seite liegt von Seiten des Landesvermessungsamts bislang keine Bodenkarte vor. Aus diesem Grund wurde die württembergische Karte mit Hilfe der folgenden Informationen auf die bayrische Seite erweitert:

- Ausschnitt aus einer Bodenkonzeptkarte des LVA Bayern für den Bereich nördlich des Autobahnkreuzes
- Das NSG Leipheimer Moos liegt vollständig innerhalb des Torfkörpers (Moorkarte nach Göttlich). Diesem Bereich wurde die auf baden-württembergischer Seite überwiegend anschließende Boden-Kartiereinheit „24“ zugewiesen.
- Der Bereich nördlich und westlich von Riedhausen besteht zum größten Teil aus mineralischem Bodensubstrat. Dies wird durch die N_{\min} -Probeflächen der LW in diesem Bereich bestätigt. In den tiefer liegenden Rinnen (Isolinien der Geländehöhe) wurden die An- und Niedermoorböden bis zur Grenze des WSG extrapoliert.

Die Bodenkarte wurde vom LGRB bezüglich verschiedener wasserrelevanter Größen ausgewertet. Dabei wurden die nutzbaren Feldkapazitäten (nFK) der Böden bis 1 m Tiefe bestimmt (WEINZIERL, 1991). Weiterhin wurden vom LGRB für das Forschungsvorhaben die Grenzflurabstände für verschiedene kapillare Aufstiegsraten (5, 2 und 0,2 mm/d) unter Acker- und Grünlandnutzung bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tab. 3.1 zusammengestellt.

Tab. 3.1: Auswertung der Bodenkarte für bodenwasserrelevante Größen (Bearb: Dr. Weinzierl)

Kartiereinheit gemäß Abb. 3.1	nFK [mm/m]	Grenzflurabstand für verschiedene kapillare Aufstiegsraten bis zur Unterkante des effektiven Wurzelraums [dm unter GOK]					
		Acker 5 mm/d	Acker 2 mm/d	Acker 0,2 mm/d	Grünland 5 mm/d	Grünland 2 mm/d	Grünland 0,2 mm/d
1	50 - 90						
2	140 - 200						
3	140 - 200						
4	140 - 200	11 - 15	12 - 19	14 - 27	9 - 11	10 - 15	14 - 23
5	140 - 200	15	17 - 19	19 - 27	11	15	19 - 23
6	90 - 140	6 - 10	7 - 11	9 - 13	6 - 9	7 - 10	9 - 14
7	140 - 200	9 - 15	10 - 16	16 - 18	9 - 11	10 - 15	16 - 23
8	140 - 200	15	16 - 19	18 - 27	11	15	19 - 23
9	140 - 200	9 - 15	10 - 16	16 - 18	9 - 11	10 - 15	16 - 23
10	>200	13 - 15	14 - 19	16 - 23	11	15	16
11	>200	11 - 15	12 - 16	14 - 18	9 - 11	10 - 15	14 - 18
12	>200	11 - 15	12 - 16	14 - 18	9 - 11	10 - 15	14 - 18
13	>200	9 - 15	10 - 16	16 - 18	9 - 11	10 - 15	16 - 23
14	140 - 200	16	17 - 19	19 - 27	11	15	19 - 23
15	>200	11 - 15	12 - 18	14 - 20	9 - 11	10 - 15	14 - 20
16	>200	15	19	20 - 27	11	15	19 - 23
17	>200	15	19	27	11	15	23
18	>200	15	17 - 19	19 - 27	11	15	19 - 23
19	>200	15	17 - 19	19 - 27	11	15	19 - 23
20	>200	11 - 15	12 - 17	14 - 19	9 - 11	10 - 15	14 - 19
21	>200	11 - 15	12 - 19	14 - 23	9 - 11	10 - 15	14 - 23
22	>200	9 - 15	10 - 19	12 - 27	9 - 11	10 - 15	12 - 23
23	>200	10 - 15	11 - 19	13 - 25	9 - 11	10 - 15	12 - 23
24	>200	6 - 7	7 - 8	9 - 11	6 - 7	7 - 8	9 - 11
25	>200	6 - 7	7 - 8	9 - 11	6 - 7	7 - 8	9 - 11
26	140 - 200	6 - 7	7 - 8	9 - 11	6 - 7	7 - 8	9 - 11
27	>200	6 - 7	7 - 8	9 - 11	6 - 7	7 - 8	9 - 11
28	>200	6 - 7	7 - 8	9 - 11	6 - 7	7 - 8	9 - 11

Anmerkungen:

Zu den Kartiereinheiten 1-3 waren aufgrund der standörtlichen Gegebenheiten keine Angaben zum Grenzflurabstand möglich.

Effektiver Wurzelraum (W_e): Kartiereinheiten 4-23: Acker = 10 dm, Grünland = 6 dm; Kartiereinheiten 24-28 (Niedermoore): Acker & Grünland = 4-5 dm

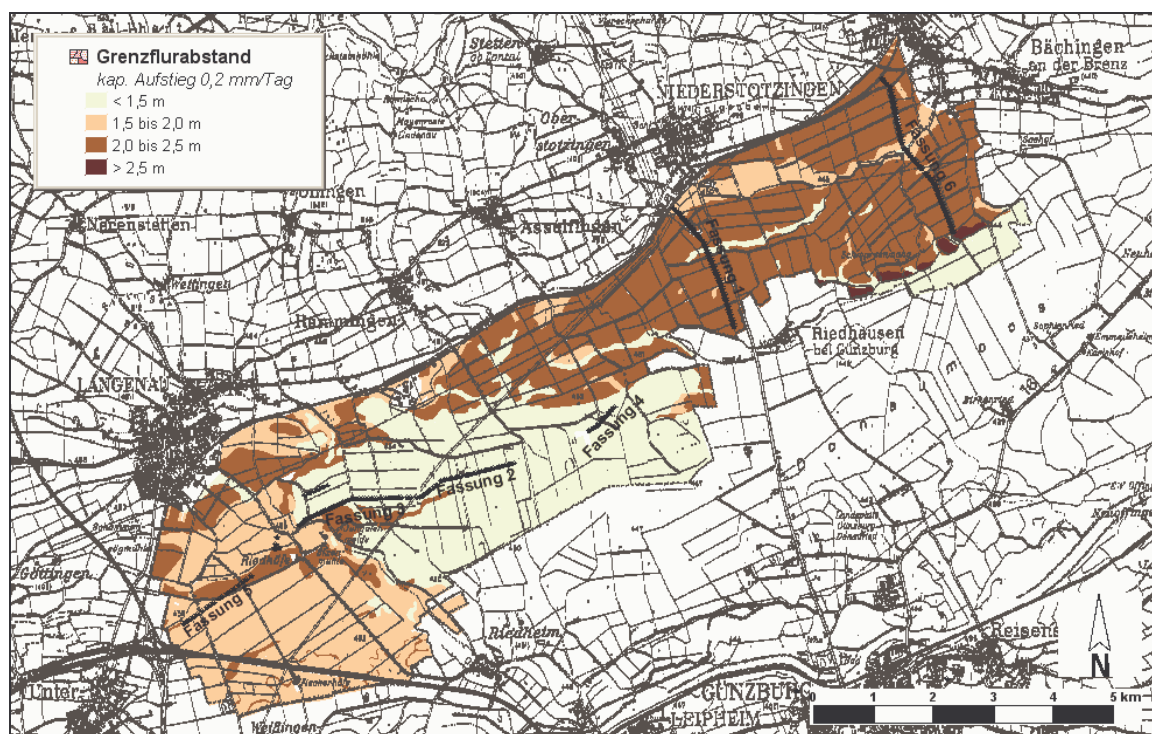


Abb. 3.3: Grenzflurabstand bei einer kapillaren Aufstiegsrate von 0,2 mm/d (Nutzung entspr. Abb. 3.1)

3.1.5 Rohstoffnutzung im Donauried

Das Donauried hat seine heutige Ausprägung erst durch die Nutzung des Menschen entwickelt. Die entscheidenden Eingriffe in den Naturhaushalt des Donaurieds und die damit verbundene Entwicklung zum heutigen Siedlungs- und Produktionsstandort sollen im folgenden geschildert werden (KAATZ, 2002).

3.1.5.1 Torfabbau

Torf diente bereits im 6. Jahrhundert als kostengünstiges Heizmaterial der Landbevölkerung. Um 1820 ging mit der aufstrebenden Hüttenindustrie der Beginn einer gewerblichen und industriellen Nutzung des Torfs einher. Anfang des 20. Jahrhunderts wurde Torf als Brennstoff in der Hüttenindustrie durch Kohle ersetzt. Dieser Bedeutungsverlust hatte den Rückgang des Torfabbaus zur Folge. Mitte der 60er Jahre wurde auch die private Nutzung eingestellt.

3.1.5.2 Landwirtschaft

Impulse für eine immer weitreichendere landwirtschaftliche Erschließung des Donaurieds geben im Besonderen Jahre nach einschneidenden geschichtlichen Ereignissen sowie neue wissenschaftliche Erkenntnisse und der technische Fortschritt. Die ersten Grünlandumbrüche im 17. Jahrhundert waren notwendig, um Ackerflächen für den Haferanbau zu gewinnen, der die Ernährung der in der Landwirtschaft verstärkt eingesetzten Pferde sicherte. In der Zeit des Dreißigjährigen Krieges (1618 – 1648) fanden weitere Umbrüche des Weidelandes statt. Die Sicherstellung der Ernährung der anwachsenden Bevölkerung führte in der Viehhaltung zu einer Umstellung der Weidewirtschaft auf Stallfütterung. Der Bedarf an nahrhaften

Wiesen wuchs und mit ihm die Notwendigkeit einer weitreichenden Kultivierung des Donaurieds. Die für das Donauried charakteristischen Grünlandflächen und der Torfabbau nahmen 1910 noch über 60 Prozent der gesamten Fläche ein. Nur an der nördlichen Grenze konnte Ackerbau betrieben werden. Eine landwirtschaftliche Nutzung im südlichen Teil des Rieds war wegen den periodischen Überschwemmungen der Donau und der Nässe des Moorbodens nur bedingt möglich. Durch Eingriffe in den Wasserhaushalt (Entwässerung, Begradigung der Donau, Wassergewinnung, Kiesabbau, s.u.) konnten ehemals karge Schafweiden zu fruchtbarem Ackerland umgewidmet werden und der Ackerbau auf Nieder- und Anmoorböden sowie im Auenbereich der Donau wurde möglich. Mit der Ausbringung von wirtschaftseigenem Dünger auf die Ackerflächen wurde eine intensivere Landbewirtschaftung möglich.

Mit Beginn der 50er Jahre hat sich durch die Intensivierung der Landwirtschaft und der Umwandlung von Grünland in Ackerland unter dem Druck der kritischen Ernährungssituation nach dem Krieg der Einsatz von Dünge- und Pflanzenbehandlungsmitteln stark erhöht. Die Anzahl der Betriebe schrumpfte und die ackerbaulich bewirtschaftete Fläche und deren Nutzungsintensität nahm zu. Ende des 20. Jahrhunderts waren mehr als 60 Prozent Ackerland und der Grünlandanteil ist auf 35 Prozent gesunken (Realnutzungskartierung 1999).

3.1.5.3 Eingriffe in den Wasserhaushalt

Entwässerung

Die Erschließung des Großteils der Flächen im Donauried begann Anfang des 19. Jahrhunderts. Das Anlegen eines Grabensystems zur Entwässerung sowie der Ausbau eines Wegenetzes machte eine nahezu flächendeckende Landbewirtschaftung möglich. Die Regulierung der Entwässerung kam 1853 im Westerried zum Abschluss. Ab 1913 wurden Entwässerungsmaßnahmen im Sinne einer verbesserten landwirtschaftlichen Nutzung durchgeführt, die nach dem Ersten Weltkrieg infolge des zu bekämpfenden Ernährungsnotstandes großflächig ausgeweitet wurden. In den 60er Jahren wurden die Entwässerungsgräben bis unter die Stauschicht in den Kieskörper des Donaurieds hinein vertieft.

Begradigung der Donau

Mit der Begradigung der Donau (1806 – 1871) und ihrer Eindeichung ab 1890 war die Hoffnung verbunden, die Hochwasser- und Überschwemmungsgefahr zu verringern. Mit dieser Maßnahme ging eine Eintiefung des Flussbetts um stellenweise ein bis drei Meter einher, da durch die Flussbegradigung das Fließgefälle erhöht wurde. Um eine fortwährende Eintiefung der Donau und die dadurch hervorgerufene Absenkung des Grundwasserspiegels in der Donauaue zu unterbinden, wurden in den Jahren 1961 – 1965 sowie 1979 – 1984 insgesamt elf Staustufen, mit Wasserkraftanlagen und Stauwehren, gebaut. Die Lauflänge des einst weit mäandrierten Flusses wurde verkürzt und der Charakter eines naturnahen Fließgewässers ging mit dem Erreichen der Schiffbarmachung verloren.

Sand- und Kiesabbau

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts werden hauptsächlich die Sand- und Kiesvorkommen auf der bayrischen Seite des Donaurieds zur Baustoffgewinnung abgebaut. Ehemalige und bestehende Kiesabbauflächen nehmen eine Fläche von 2.000 ha ein.

Wassergewinnung

Die Ungleichverteilung der Niederschläge in Baden-Württemberg und das damit in unterschiedlichem Maße verfügbare Wasserdargebot machten bei steigenden Bevölkerungszahlen und zunehmender Industrialisierung die Umstellung auf eine überregionale Trinkwasserversorgung notwendig. Im Jahr 1912 wurde die Landeswasserversorgung Stuttgart gegründet. Seit 1915 werden die Grundwasservorkommen im Donauried für die Trinkwasserversorgung genutzt. Im Donauried werden jährlich circa 30 Mio. m³ Grundwasser gefördert.

Insgesamt wurden mit dem geförderten Karstquellwasser aus der Schwäbischen Alb und dem aufbereiteten Donauwasser im Jahr 2002 rund 94 Mio. m³ Trinkwasser für die Verbraucher in 250 Städten und Gemeinden in Baden-Württemberg (Abb. 3.1) und Bayern bereitgestellt. Die Abbildung verdeutlicht außerdem die extreme Situation im Jahr 2003. Aufgrund der langanhaltenden Trockenheit stieg die Gesamtwasserbereitstellung binnen eines Jahres um 8,3 Mio. m³ an und erreichte mit 102,3 Mio. m³ die höchste jemals notwendige Bereitstellung in der über 90-jährigen Geschichte der Landeswasserversorgung.

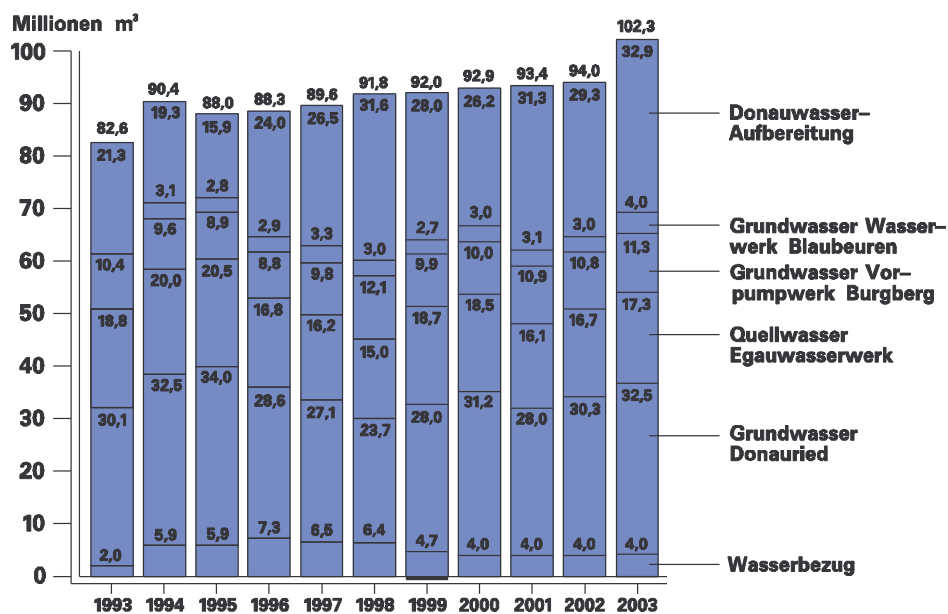


Abb. 3.1: Wasserbereitstellung aus den Gewinnungsanlagen der Landeswasserversorgung 1993-2003

3.1.5.4 Auswirkungen der Eingriffe auf das Donauried

Nieder- und Anmoorböden sind auf einen hohen Grundwasserzufluss und gleichzeitig geringen Grundwasserabfluss angewiesen und reagieren auf Entwässerungsmaßnahmen sehr empfindlich. Die Anlage von Entwässerungsgräben, der Kiesabbau im unterstromigen Bereich der Donau sowie oberstromige Trinkwasserentnahmen führten zum Absinken des Grundwasserspiegels. Die Entwässerung der Niedermoore hatte die Sackung des Moorkörpers und einen kontinuierlichen mikrobiellen Torfabbau und die damit verbundene Stickstofffreisetzung zur Folge. Insbesondere die ackerbauliche Nutzung (Pflügen) sorgt für eine gute Belüftung der Böden. Die damit verbundene Sauerstoffzufuhr erhöht die mikrobielle Aktivität und beschleunigt so den Torfabbau. Mit dieser Mineralisierung gehen eine Nährstoff- und

CO₂-Freisetzung sowie der Verlust der Speicherfähigkeit und eine zunehmende Durchlässigkeit einher. Die jährliche Mineralisationsrate liegt bei 1 – 2 % des N_{org}-Gehaltes. So betrug der mittlere jährliche Höhenverlust bei wechselnder Acker- und Grünlandnutzung in den letzten 50 Jahren 7,2 mm/a.

Durch die vielfältige Einflussnahme des Menschen sind geringe Flurabstände in der Regel nur noch in abgetorften Bereichen, bzw. in Phasen höheren Wasserdargebots (niederschlagreiche Perioden, Außerbetriebnahme der Grundwasserförderung) vorhanden. Durch die Absenkung der Grundwasserstände wurden die Voraussetzungen für eine intensive landwirtschaftliche Nutzung der Niedermoore geschaffen.

3.2 Datenerfassung von 1900 bis heute

Das erste Grundwassermessnetz im Donauried wurde im Rahmen der Vorerkundung des Grundwasservorkommens bereits in den Jahren 1900 bis 1910 eingerichtet (ZWECKVERBAND LANDESWASSERVERSORGUNG, 1997). Mit dem Ausbau der Wassergewinnungsanlagen wurde auch der Ausbau der Grundwassermessstellen kontinuierlich vorangetrieben. Heute betreibt die LW im WSG Donauried-Hürbe ca. 800 Grundwassermessstellen, die in den unterschiedlichen Grundwasserstockwerken verfiltert sind, und 218 Brunnen.

Die Brunnen sind in sechs Fassungsanlagen zusammengefasst. Die meisten Brunnen sind im ergiebigen Kiesgrundwasserleiter verfiltert. Zwei Brunnen, die zur Fassung 5 gehören, fördern seit Januar 2003 Wasser aus dem Karst.

Tab. 3.1: Übersicht über die Fassungsanlagen der Landeswasserversorgung

Fassung	Gemarkung	Inbetriebnahme (Dauerbetrieb)	Anzahl der Brunnen	wasserrechtlich bewilligte Entnahmemenge
1	Niederstotzingen	Juli 1917	46	750 l/s
2	Langenau	Juli 1918	42	750 l/s
3	Langenau	Dezember 1927	42	650 l/s
4	Asselfingen	Januar 1951	12	160 l/s
5 Kies	Langenau	April 1955	18	345 l/s (davon max. 100 l/s aus dem Karst)
5 Karst	Langenau	Januar 2003	2	
6	Sontheim/Brenz	September 1936	54	350 l/s

Die aktuellen Förderraten der Fassungen werden mittels magnetisch-induktiven Durchflussmessern kontinuierlich registriert und aufgezeichnet. Mehrmals monatlich wird das Rohwasser zudem chemisch und mikrobiologisch untersucht, sodass eine sehr gute Datenbasis bezüglich der Quantität und der Qualität der Rohwasserentnahmen gegeben ist.

Einige der Grundwassermessstellen sind mittlerweile mit elektronisch aufzeichnenden Datenloggern ausgerüstet, die den Grundwasserstand nahezu kontinuierlich aufzeichnen. Die meisten Grundwassermessstellen werden heute nur noch zu bestimmten Stichtagen abgelesen, da sich gezeigt hatte, dass sich viele Grundwasserstände im Gebiet aus sogenannten Leitmessstellen mit geringem Fehler mathematisch generieren lassen (EHLERT, 1996).

Das Grundwassermessnetz wird durch weitere hydrologische Messstellen ergänzt. So wird beispielsweise der Abfluss in der Nau monatlich gemessen. Auf dem Gelände des Wasserwerks Langenau befindet sich zudem eine Klimastation, an der Temperatur, Niederschlag, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit gemessen werden. Sieben weitere Hellmann-Niederschlagsmesser befinden sich im Donauried, die u.a. dazu bestimmt sind, Eingangsdaten für zehn Lysimeter zu messen.

Neben den rein hydrologischen Messgrößen werden zudem weitere wasserrelevante Größen erfasst. Bis 2003 wurden an 15 Standorten im Donauried pflanzensoziologische Untersuchungen u.a. zu den Wasserverhältnissen durchgeführt. Im Herbst jedes Jahres werden außerdem N_{\min} -Kontrollen durchgeführt, die Aufschluss über die Menge an nach der Ernte im Boden verbliebenen Stickstoff geben und somit einen Rückschluss erlauben, wie hoch die Gefährdung der Nitrat-Belastung des Grundwassers während der Grundwasserneubildungsphase ist.

Alle Daten werden bei der LW zentral in Datenbanken vorgehalten und stehen somit für weitere Auswertungen zur Verfügung.

3.2.1 Analyse historischer Daten

3.2.1.1 Quantitative Aspekte

Die Grundwassergewinnung aus dem Donauried unterlag in den Jahren 1917 bis Ende der vierziger Jahre einem rasanten Anstieg (Abb. 3.1). Dieser ist auf den kontinuierlich wachsenden Wasserbedarf der Bevölkerung und Industrie zurückzuführen. Der Anstieg verlangsamte sich in den Nachkriegsjahren etwas. Im Jahre 1957 ging das Egauwasserwerk der LW in Dischingen in Betrieb, zehn Jahre später folgte das Wasserwerk Burgberg im Hürbetal. 1973 schließlich nahm das Wasserwerk Langenau seinen Betrieb auf, das nun auch die Möglichkeit bot, Oberflächenwasser aus der Donau zu Trinkwasser aufzubereiten.

Diese weiteren Wassergewinnungsanlagen der LW entlasteten die Wassergewinnung im Donauried, so dass bis zum Jahr 1975 die mittlere Wassergewinnung bis auf ca. 650 l/s zurückgefahren wurde. In den Folgejahren bis Anfang der achtziger Jahren kam es zu einem deutlichen Anstieg bei der Gesamtwasserbereitstellung der LW und damit auch der Wassergewinnung aus dem Donauried. Im Jahr 1981 wurde mit einer mittleren Förderrate von 1.284 l/s die höchste Wassermenge aus dem Donauried entnommen. Seit dieser Zeit ist die Wassergewinnung aus dem Donauried wieder rückläufig, was insbesondere in dem steigenden Anteil der Donauwasseraufbereitung begründet liegt.

Im Zeitraum 1951 bis 1989 betrieb die LW eine eigene, aus drei Brunnen bestehende Grundwasserfassung für die Wasserversorgung der Stadt Langenau. Diese Fassung musste wegen kritischer Nitratwerte im Rohwasser außer Betrieb genommen werden. Seit 1990 wird Langenau aus der Hauptleitung 3 der LW mit Trinkwasser versorgt.

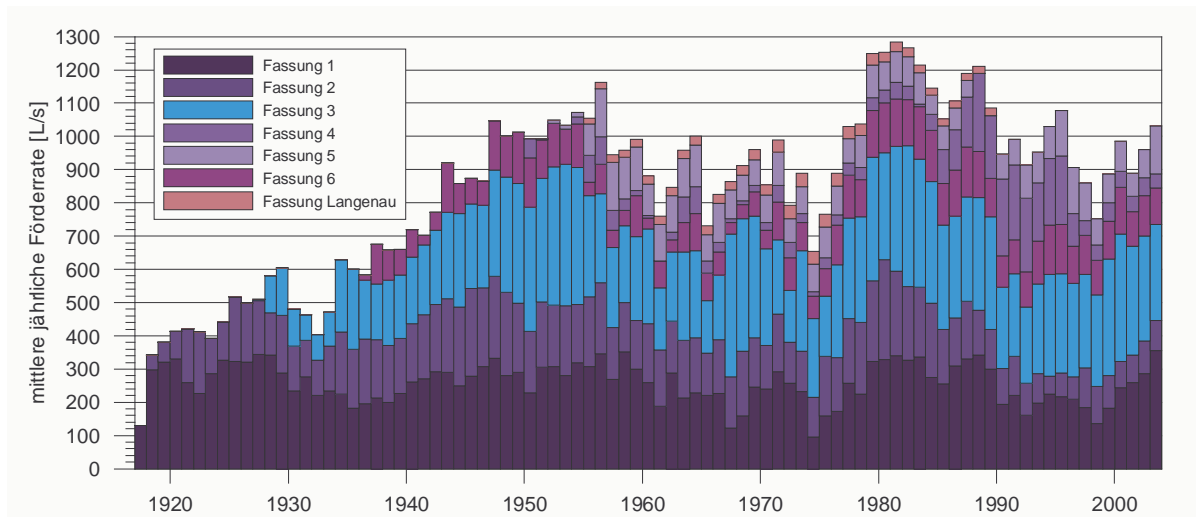


Abb. 3.1: Jährliche Wassergewinnung aus den Fassungsanlagen im Donauried seit 1917

Die sechs Grundwasserfassungen im Donauried tragen in unterschiedlichem Maße zur Wassergewinnung aus dem Grundwasserleiter bei (Abb. 3.2). Die Fassungen 2, 4, 5 und 6 wurden in den vergangenen 15 Jahren vergleichsweise konstant betrieben, während der schwankende Trinkwasserbedarf hauptsächlich mit Rohwasser aus den Fassungen 1 und 3 ausgeglichen wurde.

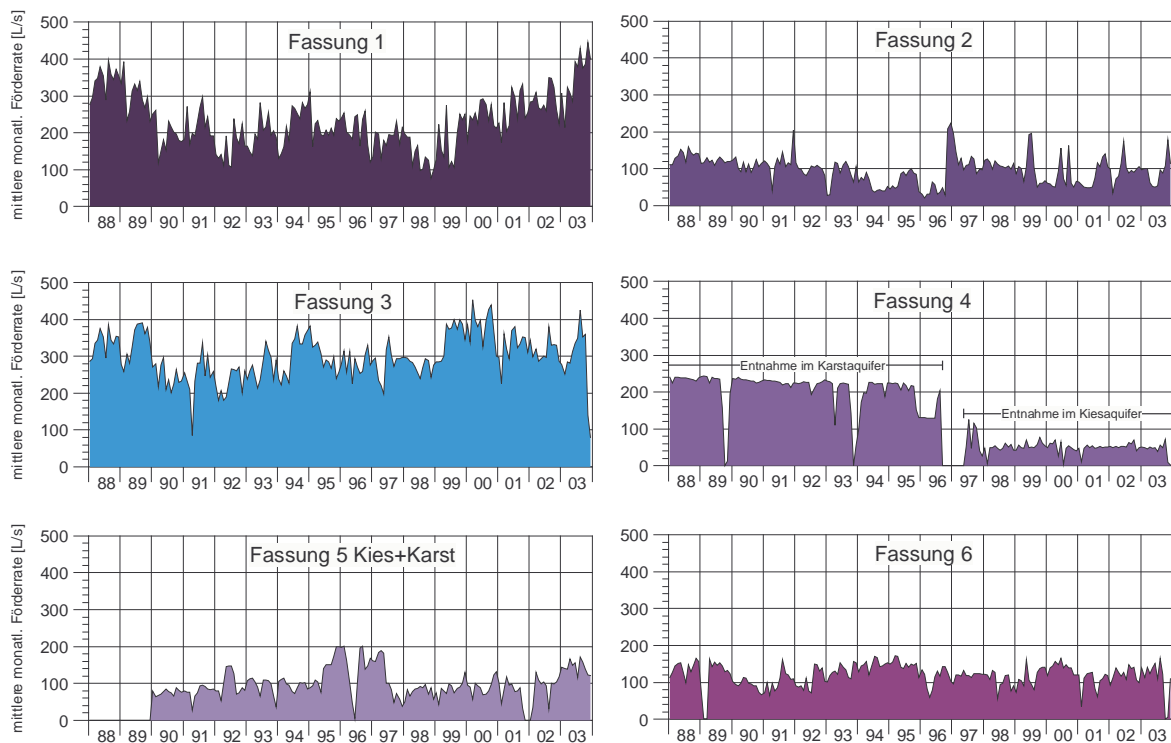


Abb. 3.2: Mittlere monatliche Förderraten aus den Fassungen im Donauried (Zeitraum 1988 – 2003)

An der Fassung 4 wurde die Entnahme von Oktober 1987 bis August 1996 versuchsweise von Kies- auf Karstgrundwasser umgestellt. Nach Ende des Versuchsbetriebs wurde die Karstgrundwasserentnahme aufgegeben und seitdem wird das Wasser dieser Fassung wieder aus dem Kiesaquifer gewonnen.

An der Fassung 5 wurde von Juni 1995 bis Mai 1997 ein Karstpumpversuch durchgeführt. In diesem Zeitraum wurde sowohl Wasser aus dem Karst als auch aus dem Kies gewonnen. Für die Karstgrundwasserentnahme liegt seit Januar 2003 eine wasserrechtliche Bewilligung vor, sodass seither wieder Grundwasser aus beiden Grundwasserstockwerken entnommen wird. Zu Beginn der Forschungsarbeiten war die Bewilligung jedoch noch nicht absehbar, sodass sich die Bewertungen und Optimierungen in diesem Bericht ausschließlich auf die Kiesgrundwasserentnahmen im Donauried beziehen.

Die hydrogeologischen Verhältnisse im Donauried erlauben eine Unterscheidung des Untersuchungsgebiets in westliches (Fassungen 2 und 3) und östliches (Fassungen 1 und 6) Donauried. Die Zustrombereiche im Kiesaquifer sind weitestgehend voneinander getrennt und beeinflussen sich gegenseitig kaum. Die Trennstromlinie zwischen westlichem und östlichem Donauried verläuft grob entlang einer Achse Wasserwerk Langenau – Fassung 4. Die Fassung 4 selbst lässt sich keinem Bereich zuordnen. Dies hängt damit zusammen, dass der Kiesgrundwasserleiter im Umfeld dieser Fassung überwiegend aus aufsteigendem Karstgrundwasser gespeist wird. Die Kiesbrunnen der Fassung 5 werden von Westen her angeströmt, so dass auch hier keine Abhängigkeiten von den anderen Fassungen bestehen.

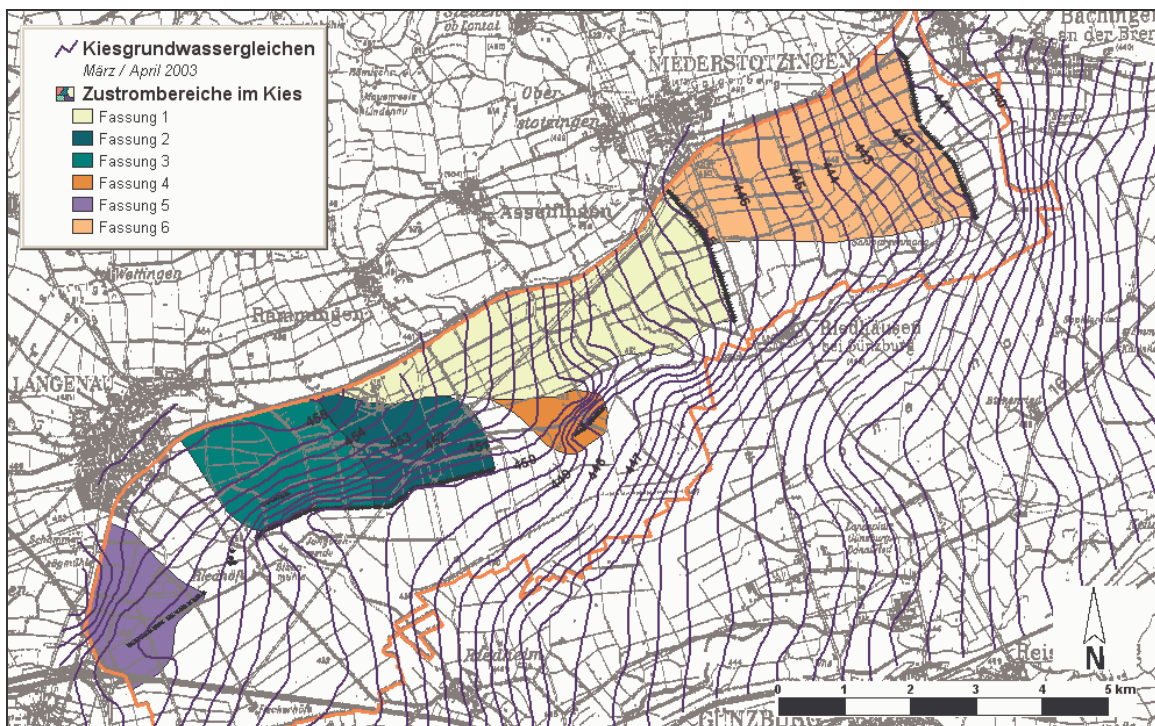


Abb. 3.3: Kiesgrundwassergleichen und Zustrombereiche zu den Fassungen im Frühjahr 2003 (Hochwasserverhältnisse)

3.2.1.2 Rohwasserqualität im Donauried

Die Entwicklung der Nitratkonzentration im Grund- und Rohwasser wird von der LW seit langem mit großer Aufmerksamkeit und Sorge beobachtet (ZWECKVERBAND LANDESWASSERVERSORGUNG, 1987; ZWECKVERBAND LANDESWASSERVERSORGUNG, 1997). Ebenso wie in vielen anderen Wassergewinnungsgebieten konnte im Donauried in den vergangenen Jahrzehnten ein stetiger Anstieg der Nitratkonzentration im Grundwasser beob-

achtet werden, den auch die 1988 eingeführte Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) bislang noch nicht nachhaltig umkehren konnte.

Hauptsächlich für den Nitratanstieg verantwortlich ist die intensive landwirtschaftliche Nutzung der Böden auf der Schwäbischen Alb und im Donauried. Diese führte dazu, dass die Nitratwerte seit den 30 Jahren von damals ca. 10 mg/l bis heute auf 35 bis 45 mg/l angestiegen sind (Abb. 3.1). Zeitweise wird an einzelnen Fassungen im westlichen Donauried auch der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg/l überschritten.

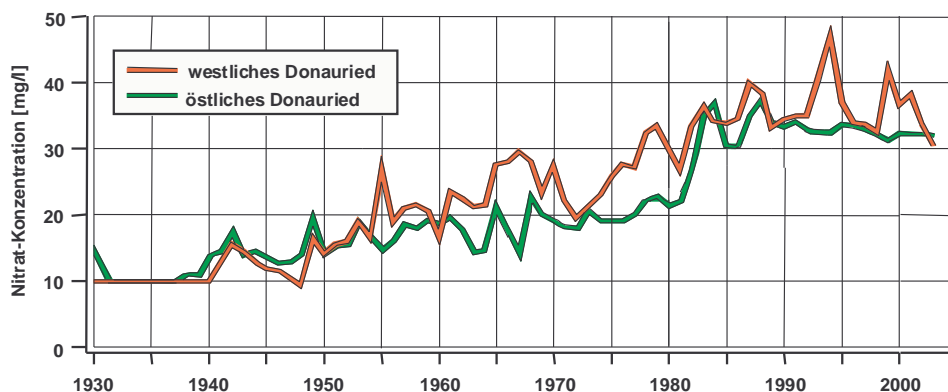


Abb. 3.1: Entwicklung der Nitratkonzentration im westlichen und östlichen Donauried seit 1930

Da die beiden Kurven für das westliche und das östliche Donauried nicht deckungsgleich sind, liegt die Vermutung nahe, dass verschiedene Aspekte einen Einfluss auf die Nitratkonzentration im Kiesgrundwasser des Donaurieds ausüben. HAAKH (1994) zeigte, dass prinzipiell zwischen der Nitratfracht aus dem zuströmenden Karstgrundwasser der Schwäbischen Alb und dem Nitratintrag durch die örtliche Grundwasserneubildung in der Wasserschutzzone II zu unterscheiden ist. Der Nitratgehalt des zuströmenden Karstgrundwassers lag Mitte der neunziger Jahre bei etwa 33 mg/l (HAAKH, 1994). Im Donauried selbst ist neben der Art der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung der Grundwasserstand selbst ausschlaggebend für den Nitratintrag (HAAKH & SCHMID, 1995). Wie in Kap. 3.1.4 gezeigt wurde, besteht das westliche Donauried überwiegend aus Anmoor- und Niedermoorböden. Solange diese nicht wassergesättigt sind, laufen verstärkt Mineralisationsprozesse in den Böden ab und die Denitrifikation des im Sickerwasser enthaltenen Nitrats ist reduziert. Dadurch kommt es zu einer Anreicherung von Nitrat in der ungesättigten Zone, das durch starke Neubildungsereignisse oder schnell ansteigende Grundwasserstände ausgewaschen und in das Grundwasser eingetragen werden kann (HAAKH & SCHMID, 1996). Der Zusammenhang ist exemplarisch in Abb. 3.2 dargestellt.

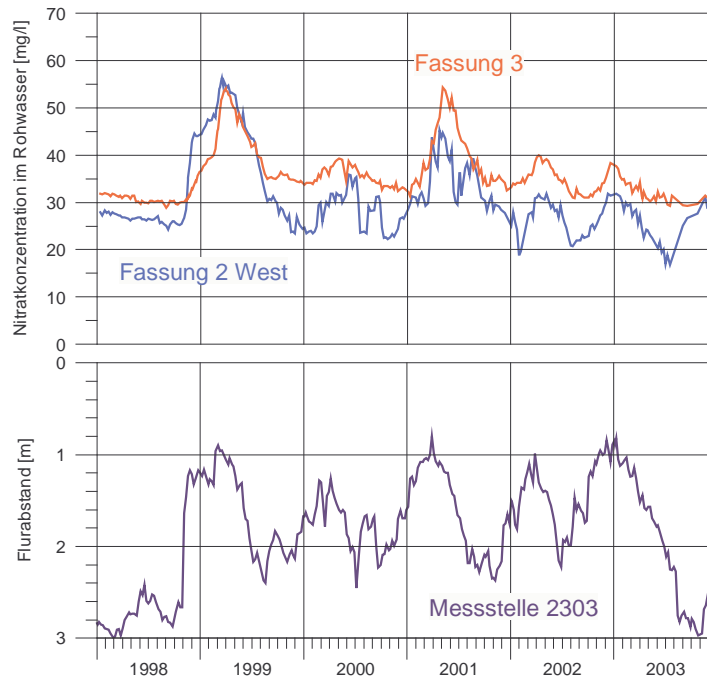


Abb. 3.2: Nitrat auswaschungseffekte bei schnell steigenden Grundwasserständen

Die Nitratkonzentrationen in den Rohwässern der Grundwasserfassungen im Donauried weisen nicht nur zeitlich sondern auch untereinander eine große Streuung auf (Abb. 3.3). Tendenziell ist an allen Fassungen in den letzten Jahren eine Stabilisierung auf hohem Niveau festzustellen. Die Nitratkonzentration in der Donau zeigt eine starke Abhängigkeit von der Jahreszeit. Im Winterhalbjahr, wenn der grundwasserbürtige Zustrom vergleichsweise hoch ist, steigt die Nitratkonzentration in der Donau an.

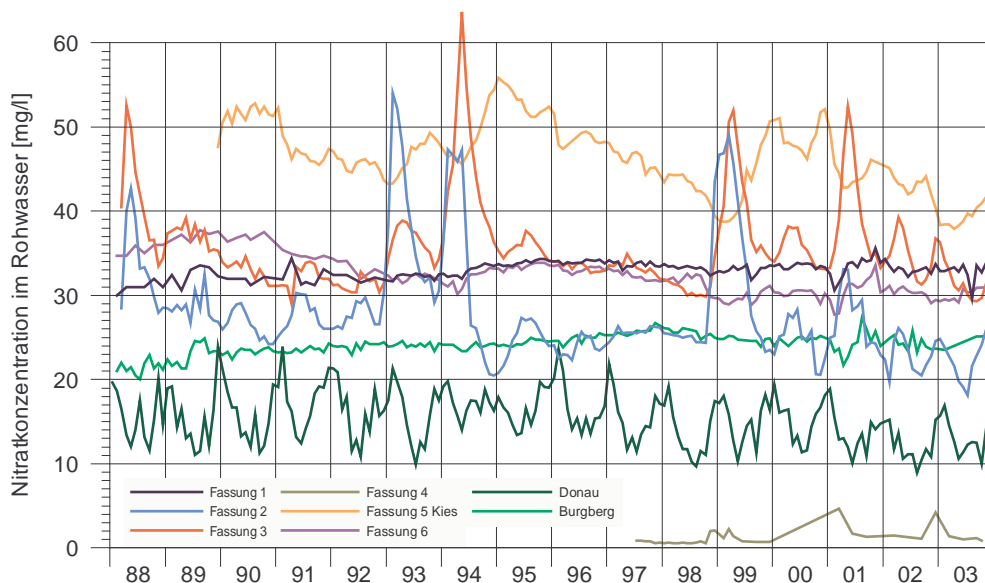


Abb. 3.3: Nitratkonzentration in den Rohwässern der Wassergewinnungsanlagen

Die von der LW genutzten Grundwasservorkommen werden aus dem Karst der Schwäbischen Alb gespeist und sind dem Typus der harten Hydrogencarbonatwässer zuzuordnen

(ZWECKVERBAND LANDESWASSERVERSORGUNG, 1987). Während seiner Passage durch den Untergrund löst das Wasser Salze aus dem umgebenden Gestein. Bei Temperatur- oder Druckänderung werden diese Salze wieder ausgeschieden und abgelagert. Unter der Gesamthärte des Wassers (GH) werden alle Erdalkalimetalle – im wesentlichen sind dies Calcium- und Magnesium-Ionen – erfasst. Ein Teil dieser Ionen kann man durch Kochen des Wassers aus dem Wasser entfernen. Dieser Anteil wird als Carbonathärte (KH) bezeichnet. Im Donauried besteht die Gesamthärte zu mehr als 80 % aus Calciumhärte, weshalb man sich bei der Landeswasserversorgung schon früh Gedanken über die Möglichkeiten der Herabsetzung dieser Härte machte (ZWECKVERBAND LANDESWASSERVERSORGUNG, 1997; ZWECKVERBAND LANDESWASSERVERSORGUNG, 1987).

Die Härte des Wassers kann nicht losgelöst von der Nitratkonzentration betrachtet werden. Dies verdeutlicht Abb. 3.4. Obwohl beispielsweise die Kiesbrunnen der Fassung 5 praktisch keinen Zustrom von Karstgrundwasser besitzen (das Wasser wird im Gebiet neu gebildet und strömt aus der Molasse zu; LANG & SANZENBACHER, 2004), weist das Rohwasser dieser Fassung die höchste Gesamthärte aller Fassungen auf. Grund dafür ist das Ionenungleichgewicht, das immer ein relativ konstantes Verhältnis von Anionen zu Kationen erzwingt. Steigt der Nitratgehalt (NO_3^-) im Grundwasser, so wird der Anionen-Überschuss durch die Lösung weiterer Salze ausgeglichen und die Gesamthärte steigt an.

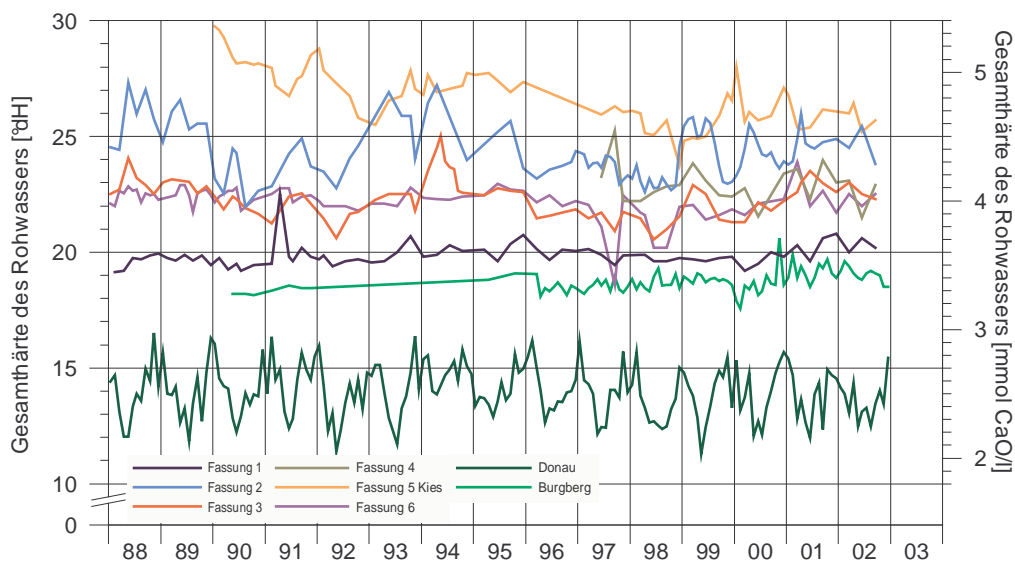


Abb. 3.4: Gesamthärte der Rohwässer der Wassergewinnungsanlagen

3.2.1.3 Wasseraufbereitung im Wasserwerk Langenau

Das Wasserwerk Langenau ging im Jahr 1973 in Betrieb. Ursprünglich nur zur Aufbereitung von Oberflächenwasser aus der Donau zu Trinkwasser gedacht, wurde 1989 zusätzlich eine Entcarbonisierungsanlage zur Reduzierung der Härte des Grundwassers in Betrieb genommen. Obwohl das Grundwasser aus dem Donauried von ausgezeichneter Qualität ist und ohne Aufbereitung abgegeben werden kann, wurde unter den Kunden der LW der Wunsch nach weicherem Wasser immer größer. Mit der Inbetriebnahme der Entcarbonisierungsan-

ge konnte nun durchgehend Trinkwasser der Härtestufe 2 ($< 14^\circ \text{dH}$) an die Kunden abgegeben werden.

Das Wasserwerk Langenau ist heute das wichtigste Wasserwerk der Landeswasserversorgung. 2003 wurden $\frac{3}{4}$ des insgesamt bereitgestellten Trinkwassers der LW im Wasserwerk Langenau aufbereitet und über die drei Hauptleitungen im Verbandsgebiet verteilt. Das Wasserwerk bezieht sein Wasser dabei aus drei Ressourcen (Abb. 3.1):

- Grundwassergewinnung im Donauried
- Donauwasserentnahme
- Karst-Grundwassergewinnung in Burgberg

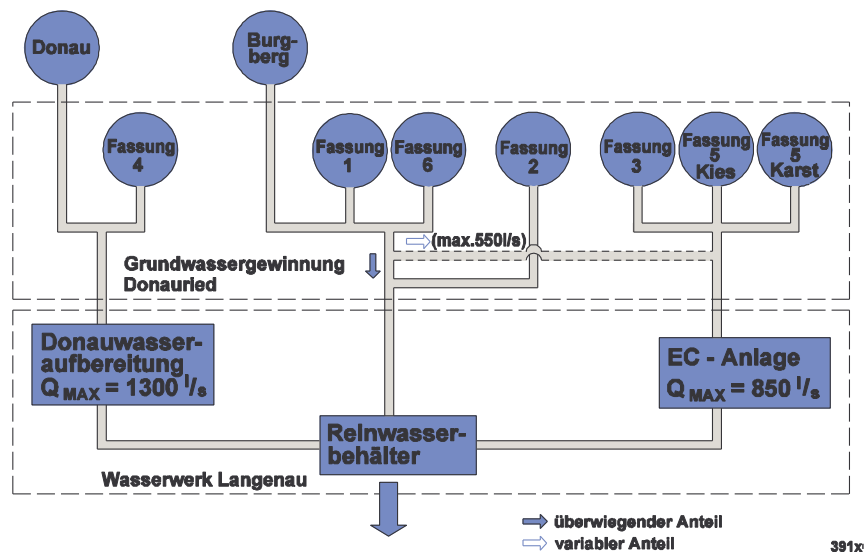


Abb. 3.1: Prinzipbild der Wassergewinnung und Wasseraufbereitung im Wasserwerk Langenau

Die Ressourcen Donauwasserentnahme und Karst-Grundwassergewinnung Burgberg liegen außerhalb des Untersuchungsgebietes. Sie werden daher nicht in die im Forschungsprojekt durchgeführten Optimierungen miteinbezogen. Dennoch müssen sie bei der Ermittlung der wasserwirtschaftlichen Bewertungsgrößen berücksichtigt werden, da sie einen Einfluss auf die Wasserqualität des abgegebenen Trinkwassers haben (siehe Kap. 5.3.2).

3.2.2 Entwicklung der Wasserstände und des Grundwasserdargebots

Das Grundwasservorkommen im Donauried hängt direkt vom Grundwasserdargebot im Karst der Schwäbischen Alb ab. Zur Charakterisierung der jeweils vorherrschenden hydrologischen Gesamtsituation wird bei der Landeswasserversorgung der Karst-Grundwasserpegel Langenau-Simontal herangezogen (EMMERT, 1997; Abb. 3.1). Grundwasserstände über dem 75%-Perzentil repräsentieren dabei die Hochwassersituation, Werte unter dem 25%-Perzentil Niedrigwassersituationen. Der Median der Messwerte liegt bei 462,44 m ü. NN.

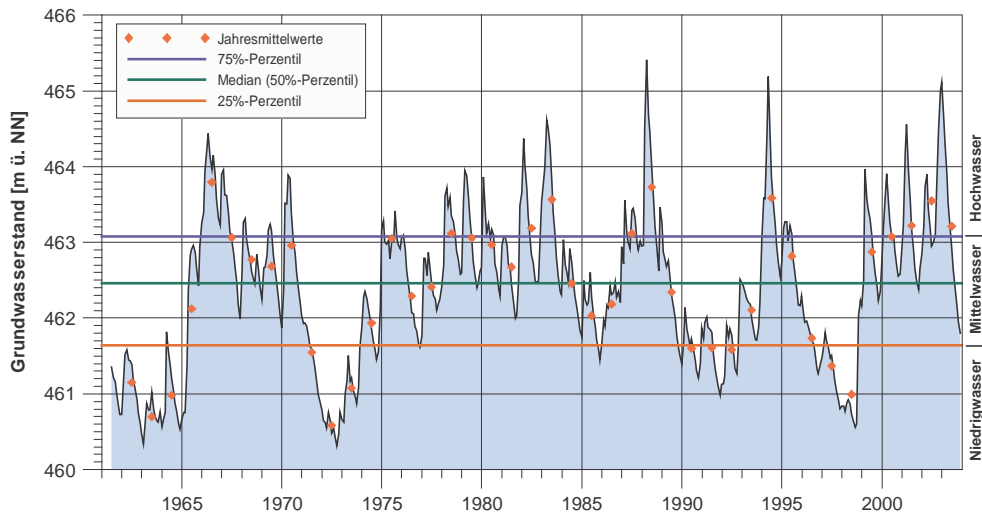


Abb. 3.1: Ganglinie der Karst-Grundwasserstände an der Messstelle Langenau-Simontal

Die Grundwassermessstelle Langenau-Simontal liegt nordwestlich von Langenau im direkten Zustrombereich zu den Fassungen der LW. Ihr Grundwasserstand wird jedoch durch die Entnahmen an den Fassungen nicht beeinflusst. Die Gegenüberstellung der Jahresmittelwerte des Grundwasserstands und des Grundwasserdargebots im Donauried (nach HAAKH, 1997) zeigt eine sehr enge Korrelation ($r^2 = 0,8834$; Abb. 3.2). Dies verdeutlicht, dass das Dargebot im bewirtschafteten Aquifer (Kies) in erster Linie vom Zustrom aus dem Karst der Schwäbischen Alb abhängt. Die weiteren Zustromkomponenten wie lokale Neubildung und Zustrom aus dem südlichen, tiefen Karst spielen eine untergeordnete Rolle.

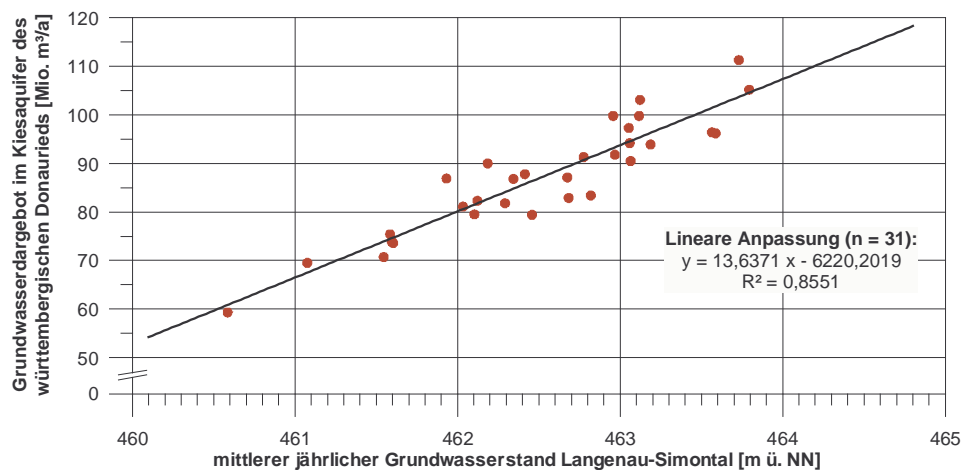


Abb. 3.2: Zusammenhang Grundwasserstand Langenau-Simontal – Grundwasserdargebot (Grundwasserdargebot im Kies nach HAAKH, 1997)

3.2.3 Ganglinien Grundwassermessstellen

Der Grundwasserstand im Kies ist eng an den Grundwasserstand im Karst gebunden, dies verdeutlichen die Darstellungen der Kiesgrundwasserstände in Abb. 3.2 im Vergleich mit den Grundwasserständen in der Messstelle Simontal. Die saisonalen und insbesondere mehrjährigen Grundwasserstandsschwankungen des Karstaquifers sind auch im Kiesgrundwasser-

leiter zu beobachten. Weiterhin wird der Grundwasserstand durch die Entnahmen an den Grundwasserfassungen beeinflusst.

Einen von den langjährigen Schwankungen im Kiesaquifer losgelösten Wasserhaushalt weist bereichsweise der Torfaquifer auf, wie die Torfgrundwassermessstellen in Abb. 3.2 verdeutlichen. Das starke Abfallen der Grundwasserstände zwischen 1994 und 1998 im Karst und Kies ist in den Torf-Grundwassermessstellen nicht zu beobachten. Dies weist darauf hin, dass hier der Niederschlag die dominante Rolle für den Grundwasserstand spielt.

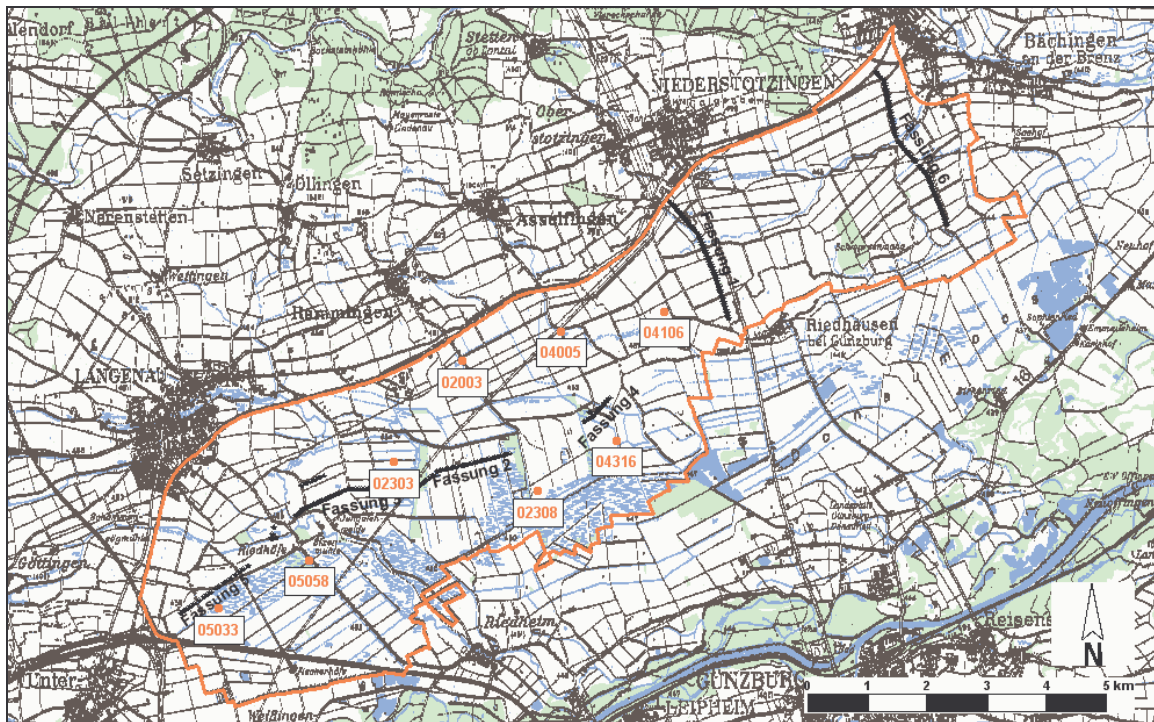
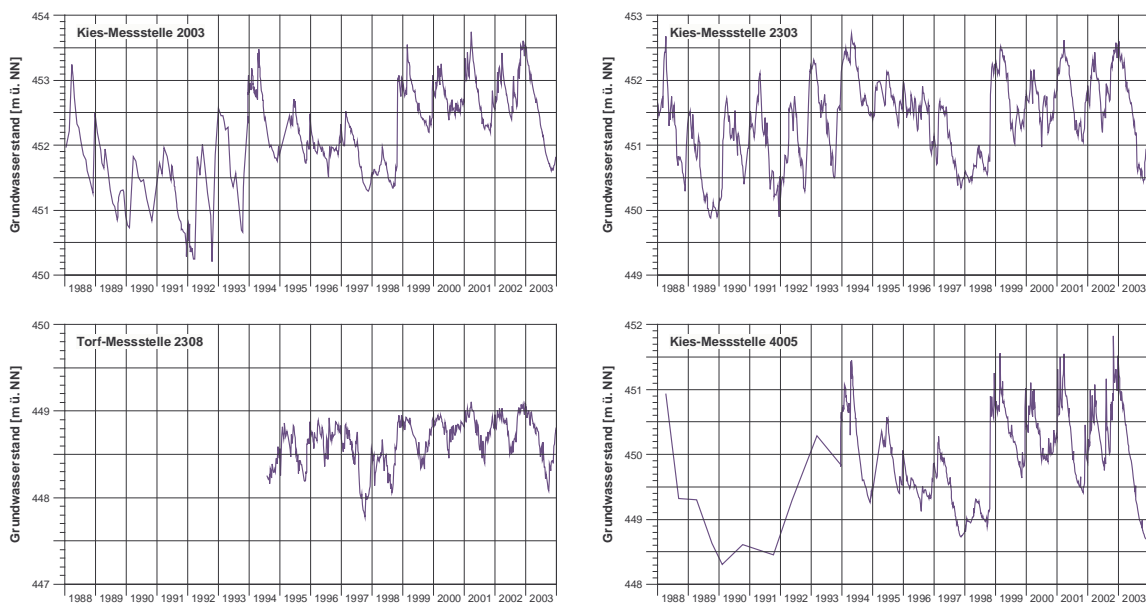


Abb. 3.1: Ausgewählte Grundwassermessstellen im Donauried



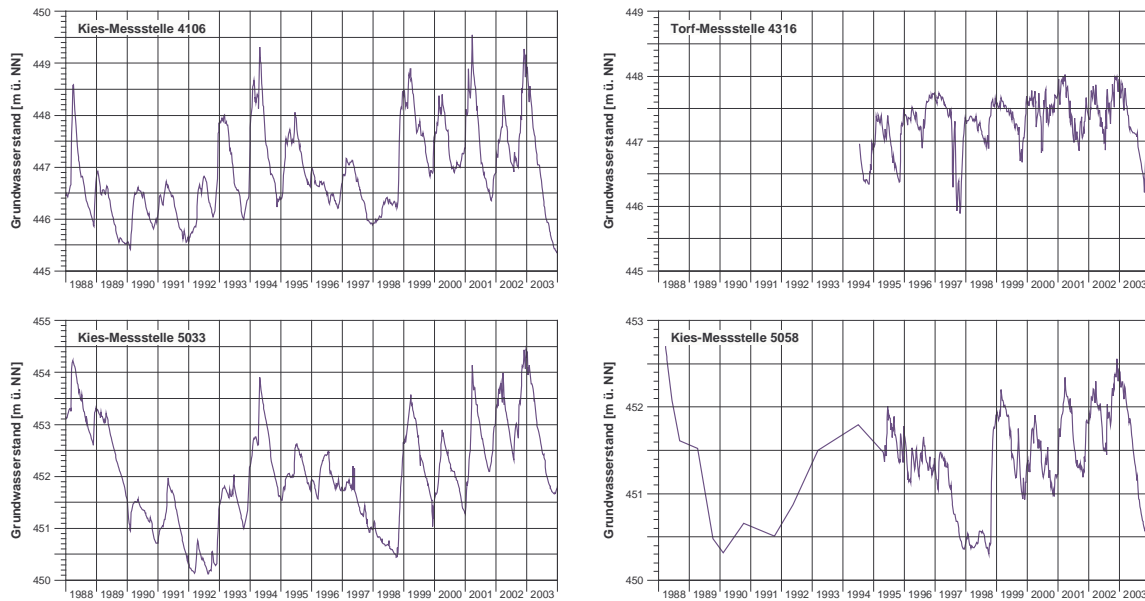


Abb. 3.2: Grundwasserganglinien im Donauried

3.2.4 Ganglinien Oberflächengewässer

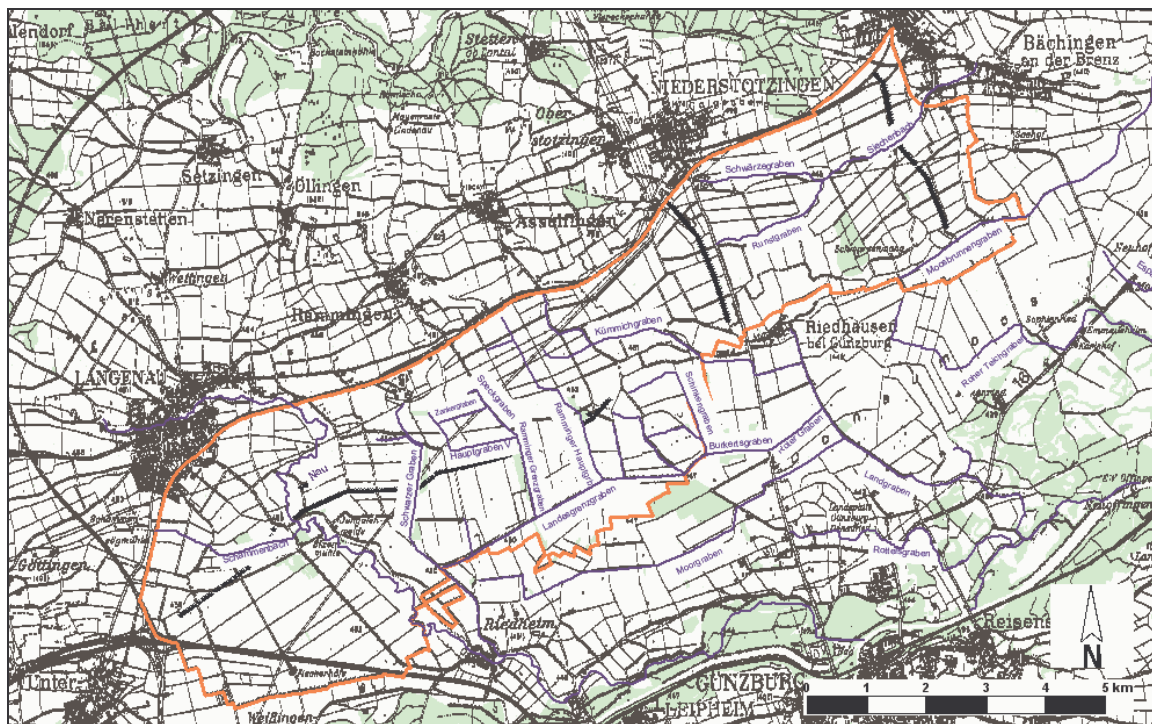


Abb. 3.1: Das Oberflächengewässernetz im Donauried (Nau und Hauptgräben)

Nau

Das Abflussgeschehen in den Oberflächengewässern des Donaurieds ist eng mit der Grundwasserhydraulik verknüpft. Die Nau, die das westliche Donauried von Nord nach Süd durchfließt, ist in ihrem zeitlichen Gang an die jeweiligen Karstgrundwasserstände auf der Albhochfläche angekoppelt (ZWECKVERBAND LANDESWASSERVERSORGUNG, 1997;

Abb. 3.2). Der niedrigste Abfluss der Nau am Pegel Mussismühle wurde im extrem trockenen Jahr 1950 mit gerade einmal noch 165 l/s gemessen. Der höchste Abfluss (2.499 l/s) wurde im November 2002 registriert.

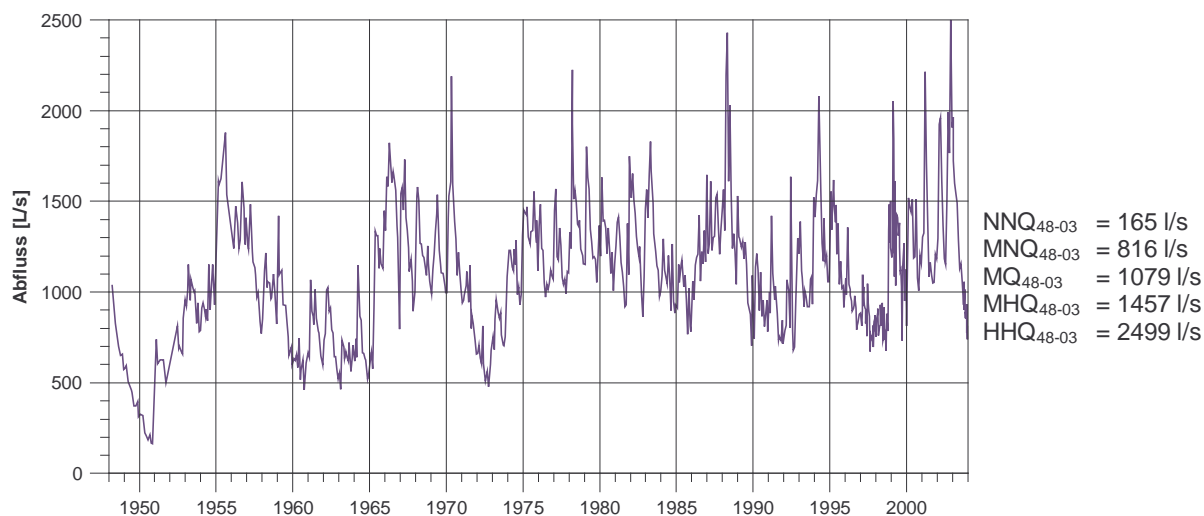


Abb. 3.2: Nau-Abfluss an der Messstelle Mussismühle

Die Nau schneidet im Bereich des Untersuchungsgebietes teilweise in den Kiesaquifer ein bzw. wird dort nur von einer geringmächtigen (<0,5 m) Letten-Schicht unterlagert. Dies führt zu einer Infiltration von Oberflächenwasser aus der Nau in das Grundwasser, wenngleich diese heute durch Selbstabdichtungsprozesse der Nausohle (durch Kolmation) im Vergleich zu früher erheblich reduziert ist (STRAYLE et al., 1990). Leckagemessungen an der Nausohle ergaben Infiltrationsraten von maximal $2 \cdot 10^{-6}$ m/s, größtenteils lagen diese aber um ein bis zwei Größenordnungen niedriger (LANG & BURKERT, 1997).

Die infiltrierende Wassermenge stabilisiert einerseits die Grundwasserstände im Zustrombereich zu den Fassungen 3 und 5 bis zu einem gewissen Grad. Andererseits sind mit der Infiltration aber auch Gefahren für die Grundwasserqualität gegeben, da die Kläranlage Langebau unmittelbar vor dem Eintritt der Nau in das Donauried in diese entwässert. Damit sind besonders nach Starkniederschlägen, die zu einem Überlauf der RÜB führen, verstärkt mikrobiologische Belastungen des Grundwassers zu befürchten.

Gräben im Donauried

Das Grabensystem im Donauried wurde zur Entwässerung und Urbarmachung des Niedermoors angelegt.

Von Bedeutung sind:

- der Schammenbach, der nördlich der Sixenmühle in die Nau mündet,
- der Schwarze Graben, der das aufsteigende Karstgrundwasser des Grimmensees abführt und bei Riedheim in die Nau mündet,
- der Ramminger Grenzgraben, dem das Wasser der Zankerquelle zuströmt
- der Ramminger Hauptgraben, der den zentralen Bereich des Donaurieds von Nord nach Süd durchschneidet,

- der Landesgrenzgraben, der die Hauptvorflut für viele andere Gräben im Donauried bildet (u.a. Ramminger Grenz- und Hauptgraben) sowie
- der Siechenbach, der das Untersuchungsgebiet in östlicher Richtung verlässt.

Allein die Hauptgräben im Donauried besitzen eine Länge von über 40 km, hinzu kommen weitere Nebengräben entlang von privaten Grundstücken, deren Gesamtlänge nochmals ca. 46 km beträgt.

Aus hydrologischer Sicht hat der Landesgrenzgraben eine zentrale Bedeutung, da er den Kernbereich des Niedermoorkörpers entwässert. Zuletzt wurde er 1972 verbreitert und deutlich eingetieft (ZWECKVERBAND LANDESWASSERVERSORGUNG, 1997).

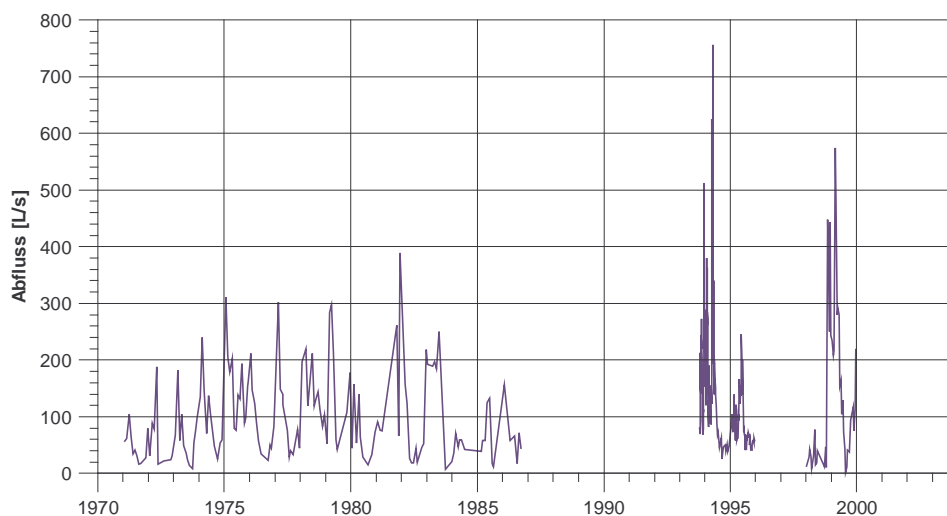


Abb. 3.3: Abfluss im Landesgrenzgraben (Messstelle 20220)

3.3 Nutzung und Vegetation

Im Rahmen der Arbeiten zum Nutzungskonzept württembergisches Donauried (siehe Kap. 3.4) wurde 1999 die Realnutzung im Gebiet kartiert. Die Kartierung erfasste jedoch nicht das gesamte Untersuchungsgebiet, sondern nur die auf baden-württembergischer Seite liegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen. Die Kartierung wurde daher für die Forschungsarbeiten auf der Grundlage von Luftbildaufnahmen und Erhebungen der Landeswasserversorgung (N_{\min} -Flächen) für das gesamte Untersuchungsgebiet ergänzt.

Landwirtschaftliche Nutzung

Wie Abb. 3.1 zeigt, wird das Donauried heute überwiegend intensiv landwirtschaftlich genutzt (Ackerbau: 53,8 % der Gesamtfläche des Untersuchungsgebiets). Die Grünlandnutzung beschränkt sich im wesentlichen auf die Nahbereiche um die Grundwasserfassungen und die aufgrund periodisch auftretender Vernässungen schwierig zu bewirtschaftenden Flächen (z.B. entlang der Nau, nördlich der Naturschutzgebiete).

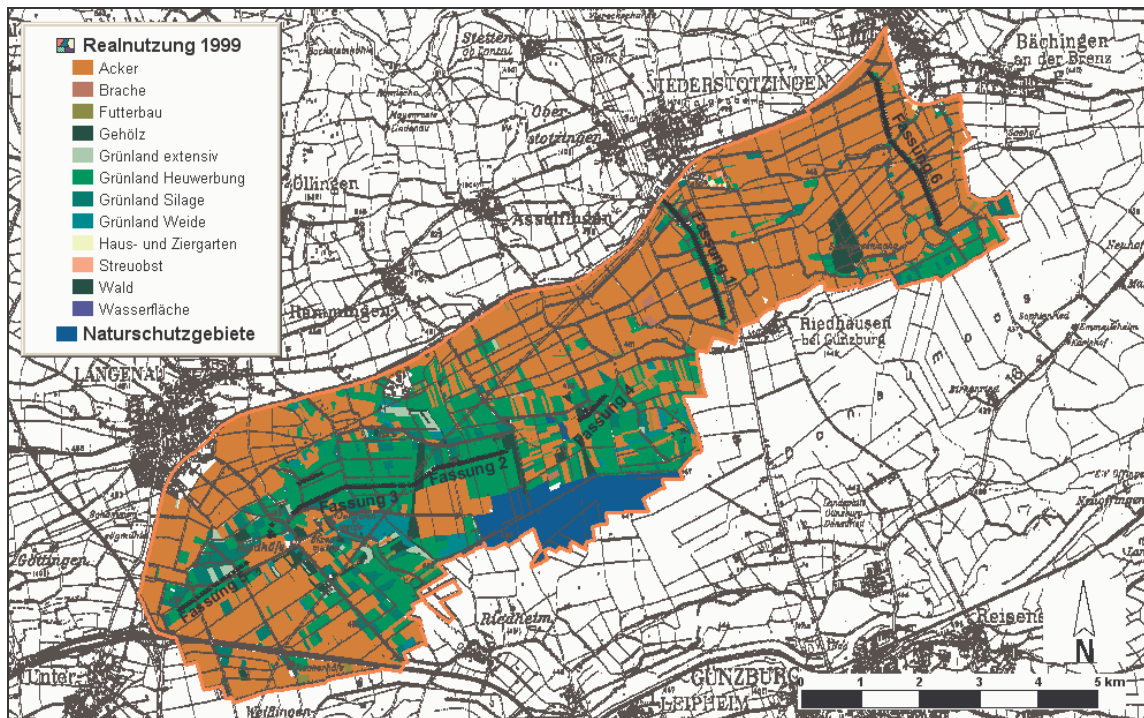


Abb. 3.1: Realnutzungskartierung 1999

Tab. 3.1: Flächenbilanz des Untersuchungsgebiets nach der Realnutzungskartierung 1999 [ha]

Gesamtgebiet (100%)		5.584,27
Landwirtschaftlich genutzte Fläche (90%)	Acker	3.004,87
	Brache	11,13
	Futterbau	41,21
	extensive Grünlandnutzung	44,96
	2-3-schürige Grünlandnutzung (Heuwerbung)	1.184,65
	3-4-schürige Grünlandnutzung (Silageflächen)	351,04
	Weide (Rinder bzw. Schafe)	132,96
	Wald	148,96
	Gehölz	35,88
	Streuobst	15,09
	Haus- /Ziergarten	9,78
	Wasserfläche	12,07
	Sonstige Nutzung	37,95
	<i>Summe landwirtschaftlich genutzte Fläche</i>	<i>5.030,55</i>
Naturschutzgebiete (5%)	Leipheimer Moos	186,23
	Langenauer Ried	79,73
	<i>Summe Fläche Naturschutzgebiete</i>	<i>265,96</i>
Rest (5%)	bebaute Flächen, Straßen, Wege, Wasserwerk Langenau	287,76

Eine Unterscheidung der Ackernutzung nach Fruchtarten wurde im Rahmen der Realnutzungskartierung nicht vorgenommen. Einen Hinweis geben aber die Bodennutzungshaupterhebungen der Gemarkungen Langenau, Rammingen, Asselfingen, Niederstotzingen und Sontheim. Demnach sind Weizen, Wintergerste, Winterraps sowie Grün- und Silomais die am häufigsten angebaute Kulturen.

Tab. 3.2: Bodennutzungshaupterhebung 1999 (Q: STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG)

Fruchtart	Anteil am Ackerland 1999 in %				
	Langenau	Rammingen	Asselfingen	Niederstotzingen	Sontheim/Br.
Weizen insgesamt	37,5	32,8	32,6	30,0	32,6
Roggen	0,4	-	-	-	-
Dinkel	-	-	-	1,5	-
Triticale	2,0	1,2	6,1	2,7	6,2
Wintergerste	12,4	8,6	12,8	24,3	12,8
Sommergerste	7,9	10,5	9,1	7,8	9,1
Hafer	1,7	5,4	1,8	2,3	1,8
Kartoffeln	1,6	0,1	0,2	2,3	0,2
Zuckerrüben	3,6	-	-	4,5	-
Winterraps	8,9	17,0	15,8	16,1	15,8
Sommerraps, Winter- und Sommerrüben	2,0	-	1,9	1,3	1,9
Grün- und Silomais	10,8	14,2	11,1	4,0	11,1

Wald und Feldgehölze spielen im Donauried eine untergeordnete Rolle: ihr Anteil am Gesamtgebiet beträgt lediglich 3,3 %. Ebenfalls ohne Bedeutung für das Untersuchungsgebiet ist die Siedlungstätigkeit: das Gebiet ist praktisch unbebaut. Die einzigen Bebauungen, die in das Gebiet hineinreichen, sind die Südzipfel von Langenau und Niederstotzingen sowie das Wasserwerk Langenau der LW. Diese liegen alle in Bereichen mit natürlicherweise großen Grundwasserflurabständen, so dass sie im hier dargelegten Optimierungsverfahren nicht berücksichtigt werden müssen.

Naturschutzgebiete

Weiterhin existieren im Untersuchungsgebiet zwei Naturschutzgebiete: das NSG „Langenauer Ried“ auf baden-württembergischer und das NSG „Leipheimer Moos“ auf bayrischer Seite (vgl. auch Abb. 3.4). Das NSG „Langenauer Ried“ besteht aus insgesamt drei Teilflächen: dem Feuchtgebiet nördlich des Landesgrenzgrabens und zwei kleineren Exklaven im Tuffsteingebiet westlich der Fassung 4. Für die Naturschutzgebiete wurden von den Ländern Naturschutzgebietsverordnungen erlassen.

- *Naturschutzgebietsverordnung „Langenauer Ried“* (Gesetzblatt Baden-Württemberg, 29.12.1981, S. 619 ff.):
Schutzzweck: Erhaltung des Restes einer Flachmoorformation unterschiedlichster hydrologischer Verhältnisse mit Quellkalkhügeln, Pfeifengraswiesen und Bult-Schlenken-Komplexen als Lebensraum der an Feuchtgebiete gebundenen Tier- und Pflanzenarten, besonders von Vögeln.
⇒ Nach §4 Abs.2 Nr.4 sind alle Entwässerungs- oder andere Maßnahmen verboten, „die den Wasserhaushalt des Gebietes entgegen dem Schutzzweck ändern“. Die Grundwasserentnahmen der Landeswasserversorgung in ihrem wasserrechtlich genehmigten Umfang, die Beobachtung des Wasservorkommens sowie die Überwachung der Entwicklung und der Schutzvorschriften in den Fassungsbereichen und der engeren Wasserschutzzone sind hiervon ausdrücklich ausgenommen (§5 Nr. 3).

- *Naturschutzgebietsverordnung „Leipheimer Moos“* (Amtsblatt der Regierung von Schwaben Nr.22/1992, 06.11.1992, S. 145 ff.):

Schutzzweck: „(...) die standörtlichen Voraussetzungen für die Regeneration und Weiterentwicklung des Niedermoores, insbesondere einen intakten Wasserhaushalt wiederherzustellen, (...) den moortypischen Arten und Lebensgemeinschaften die Lebensbereiche und Lebensvoraussetzungen zu sichern, (...) insbesondere die Moor- und Streuwiesenbereiche als Lebensräume (Brut- und Rastbiotope) für seltene Arten und Lebensgemeinschaften zu fördern, u.a. für die Sumpf- und Watvögel sowie Wiesenvogelarten.“

⇒ Hinsichtlich des Wasserhaushaltes ist nach §4 Nr. 4 verboten, „(...) oberirdisch oder unterirdisch Wasser zu entnehmen, oberirdische Gewässer einschließlich der vernässten Torfstiche und Geländemulden, sowie ihrer Ufer, den Grundwasserstand oder den Zu- und Ablauf des Wassers zu verändern oder neue Gewässer anzulegen.“

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die verfügbaren Vegetationskartierungen (Vegetationskartierung UVP Fassung 4, 1994; Vegetationskartierung Leipheimer Moos, 2001) des Gebietes zusammengetragen, digitalisiert und im GIS verschnitten (Abb. 3.2). Dort, wo es nötig war, wurden die vorhandenen Kartierungen durch eine neu durchgeführte Vegetationsökologische Kartierung (EGLSEER, 2002) ergänzt. Als Kartierschlüssel wurde eine Auflistung der Vegetationsstrukturen im Untersuchungsgebiet verwendet (MÄCK, 2002). Die Ergebnisse der Vegetationskartierung UVP Fassung 4 wurden aufgrund ihres Alters bei der Vegetationsökologischen Kartierung stichprobenhaft überprüft und ggf. korrigiert.

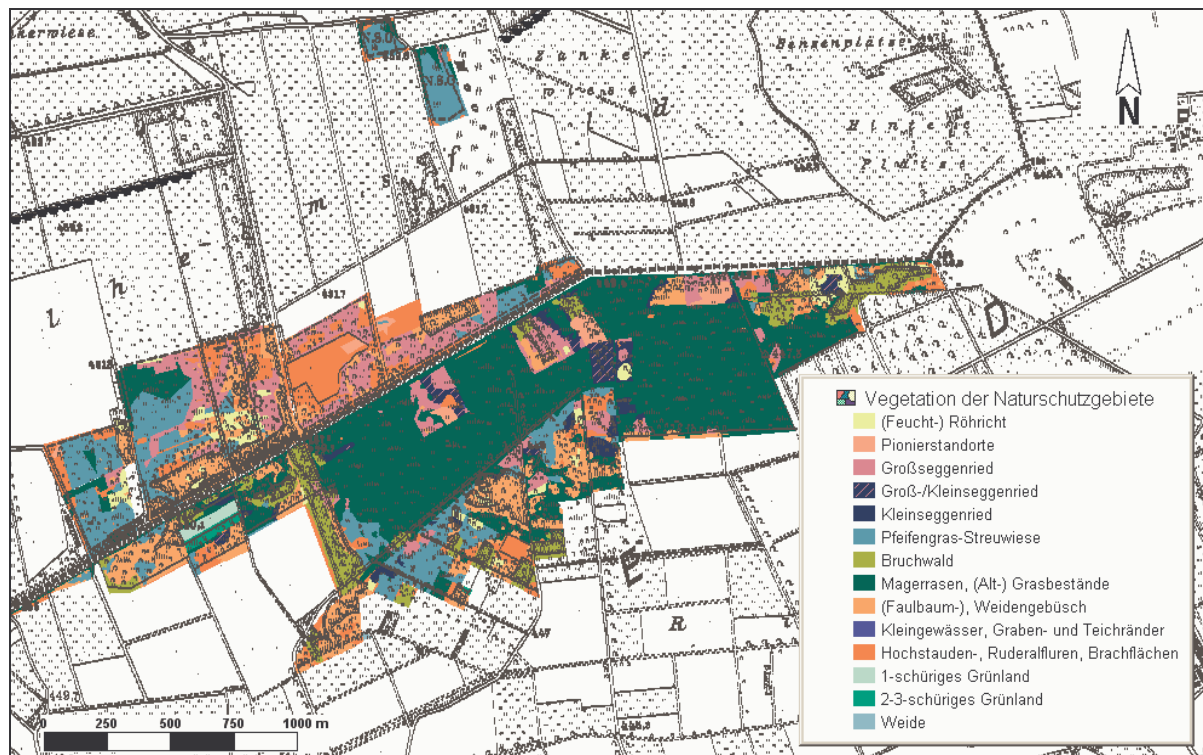


Abb. 3.2: Vegetation der Naturschutzgebiete (Q: Vegetationskartierung UVP Fassung 4, 1994; Vegetationskartierung Leipheimer Moos, 2001)

Tab. 3.3: Zuordnung der Vegetationsstrukturen nach MÄCK (2002) zu Biotoptypen gem. BfN-Standardbiotoptypenliste (Q: LENKENHOFF & ROSE, 2003)

Vegetationsstruktur	Standardbiotoptyp (RIECKEN et al., 2003)	BfN-Code*
(Feucht-) Röhricht	Röhrichte	38.
Großseggenried	Großseggenriede	37.
Kleinseggenried	waldfreie, oligo- bis mesotrophe Niedermoore und Sümpfe	35.01.02
Pfeifengras-Streuwiese	Pfeifengraswiesen	35.02.01
Bruchwald	Bruchwälder	43.02
Magerrasen, (Alt-)Grasbestände	artenreiches Grünland frischer Standorte	34.07.01
(Faulbaum-), Weidengebüsch	Gebüsch nasser bis feuchter organischer Standorte	41.01.03
Kleingewässer, Graben- und Teichränder	zeitweilig trockenfallende Lebensräume unterhalb des Mittelwasserbereichs	23.08
Hochstauden-, Ruderalfluren, Brachflächen	frische und nasse Ruderalstandorte	39.06.03

* Codierung der Biotoptypen nach der Standardbiotoptypenliste des Bundesamtes für Naturschutz

Ein wertbestimmendes Kriterium im Naturschutz ist der Grad der Natürlichkeit. Der Begriff der Natürlichkeit ist bei verschiedenen Autoren unterschiedlich definiert. Manchmal bemisst sich der Grad der Naturnähe aus der Übereinstimmung der realen mit einer gedachten ursprünglichen (= unbeeinflussten) Vegetation, manchmal ist er auf die Entstehungsgeschichte bezogen, manchmal auf das Ausmaß der Veränderung der abiotischen Verhältnisse (PLACHTER, 1991).

Der Hemerobiegrad kennzeichnet das Ausmaß menschlicher Eingriffe in Bezug auf Vegetationszusammensetzung und Standorteigenschaften (DIERSSEN & DIERSSEN, 2001). Angaben zur Hemerobie erlauben die Charakterisierung einer Landschaft bezüglich Veränderungen der Vegetation, der Böden, der Hydrologie etc. und lassen darauf aufbauend Zielaussagen ableiten. Durch menschliche Nutzung und indirekte atmosphärische Stoffeinträge verändern sich die Zusammensetzung der Vegetation und die Eigenschaften der Torfe. Entwässerungen führen u.a. dazu, dass torfbildende Vegetationsgesellschaften durch andere nicht torfbildende Vegetationsgemeinschaften ersetzt werden.

Nachfolgend werden die im Untersuchungsgebiet kartierten Vegetationseinheiten hinsichtlich des Grades des menschlichen Einflusses auf die Niedermoorlandschaft in die Hemerobie-stufen für Torflandschaften nach DIERSSEN & DIERSSEN (2001) eingeordnet (EGLSEER, 2002). Daneben wird eine vereinfachte Einordnung in die drei Kategorien „niedermoortypisch“, „bedingt niedermoortypisch“ und „niedermoorfremd“ vorgenommen. Die Kategorie „niedermoortypisch“ meint dabei allerdings nicht „unbeeinflusst“ im Sinne des Hemerobie-konzeptes, da es solche Standorte in Mitteleuropa nicht mehr gibt (siehe obige Definition). Auch findet derzeit keine Torfbildung statt, so dass „niedermoortypisch“ maximal mit der Stufe „oligo- bis mesohemerob“ gleichzusetzen ist. „Bedingt niedermoortypisch“: durch extensive Nutzung entstanden.

Tab. 3.4: Hemerobie („Naturnähe“) nach EGLSEER (2002)

Bezeichnung	Hemerobiestufe	niedermoor typisch - niedermoor fremd
Röhrichte	oligo- bis mesohemerob bzw. mesohemerob	niedermoor typisch (Verlandungsröhrichte) bzw. bedingt niedermoor typisch bis niedermoor fremd (Landröhrichte)
Großseggenried	oligo- bis mesohemerob	niedermoor typisch bzw. bedingt niedermoor typisch (sekundäre Großseggenriede)
Kleinseggenried	oligo- bis mesohemerob	bedingt niedermoor typisch (sekundäre Kleinseggenriede) (bis niedermoor typisch)
Pfeifengraswiese	oligo- bis mesohemerob	bedingt niedermoor typisch
Bruchwald	oligo- bis mesohemerob	niedermoor typisch
Magerrasen, Altgrasbestände	meso bis euhemerob / euhemerob	niedermoor fremd
(Faulbaum-, Weiden-) Gebüsch	mesohemerob	bedingt niedermoor typisch bis niedermoor typisch
Kleingewässer, Graben-, Teichränder	oligo bis mesohemerob (Kleingewässer) euhemerob (ausgetrocknete Grabenränder)	niedermoor typisch bis bedingt niedermoor typisch / niedermoor fremd
Hochstauden, Ruderalfluren, Brachflächen	euhemerob	niedermoor fremd bzw. bedingt niedermoor typisch (feuchte Hochstaudenfluren)
Pionierstandorte (nach Entbuschung)	euhemerob	niedermoor fremd

Die landwirtschaftliche Nutzung auf Niedermoorflächen im Umfeld der Naturschutzgebiete ist als generell niedermoorfremd einzustufen.

Damit ergibt sich für das Pflanzeninventar der beiden Naturschutzgebiete, dass gerade einmal 47 % der Fläche als niedermoor typisch, niedermoor typisch bis bedingt niedermoor typisch oder bedingt niedermoor typisch eingestuft werden können (Abb. 3.3). 53 % der Fläche bestehen aus bedingt niedermoor typisch bis niedermoor fremden bzw. niedermoor fremden Biotoptypen. Dabei fallen insbesondere die großflächigen Magerrasen- und Altgrasbestände im Leipheimer Moos ins Gewicht, die zwar für Niedermooare nicht typisch sind, jedoch eine hohe naturschutzfachliche Wertigkeit für seltene Tierarten besitzen.

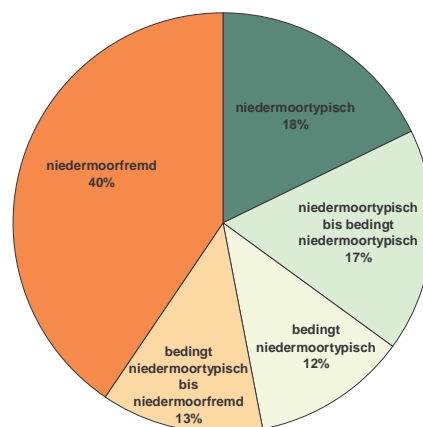


Abb. 3.3: Standortgerechtigkeit der Vegetation in den Naturschutzgebieten Langenauer Ried und Leipheimer Moos

3.4 Nutzungskonzept württembergisches Donauried

Neben der herausragenden Bedeutung als Wassergewinnungsgebiet für die Landeswasserversorgung ist das Donauried auch für die Landwirtschaft und den Naturschutz von hohem Wert. Die räumliche Allokation von Wasserversorgung, Landwirtschaft und Naturschutz birgt gleichzeitig ein hohes Konfliktpotenzial, da sich die Interessen der drei Gruppen teilweise widersprechen und nur schwerlich vereinbaren lassen (Abb. 3.1). In der Vergangenheit kam es daher immer wieder zu spannungsgeladenen Konfliktsituationen um das Wasser im Donauried (SCHNECK, 2002).



Abb. 3.1: Interessens- und Konfliktbereiche im Donauried (HAAKH, 1998)

Im Jahr 1996 wurde das „Nutzungskonzept württembergisches Donauried“ ins Leben gerufen, eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe unter dem Vorsitz des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg. Das Ziel der Arbeitsgruppe besteht darin, Entwicklungsperspektiven, Nutzungskonzepte und Maßnahmen für das Donauried unter Berücksichtigung der naturschutzfachlichen, landwirtschaftlichen und wasserwirtschaftlichen Interessen zu erarbeiten. Die Interessen von Naturschutz, Landwirtschaft, Wasserwirtschaft und Trinkwasserversorgung werden dabei von jeweiligen Vertretern bzw. Organisationen und den zuständigen Behörden vertreten. Schon früh bestand innerhalb der Arbeitsgruppe Einigkeit über die Ziele der Gesamtentwicklung des Donaurieds (HAAKH, 1998):

- Optimierung und Neuordnung der vorhandenen Nutzungsinteressen
- Erhaltung ökologisch wertvoller, naturnaher Strukturen und Bereiche
- Entwicklung naturnaher Bereiche auf ökologisch verarmten Flächen
- Naturnahe, ökologisch orientierte Umgestaltung des bestehenden Entwässerungsnetzes
- Erhaltung des Donaurieds als landesweit bedeutsames Trinkwassergewinnungsgebiet und Ausweisung von wasserwirtschaftlichen Schwerpunktbereichen
- Erhaltung der umweltverträglichen landwirtschaftlichen Nutzung und Ausweisung produktionsorientierter landwirtschaftlicher Schwerpunktbereiche

Als wesentliches Ergebnis der Arbeit dieser Arbeitsgruppe ist der Kompromissvorschlag zur Nutzungsentflechtung im Donauried zu nennen. Es wurden Schwerpunktbereiche für die

Landwirtschaft, den Naturschutz und die Wasserwirtschaft festgelegt, innerhalb derer sich die Interessen jeweils eines Nutzers möglichst unbeeinträchtigt von denen der anderen Nutzer verwirklichen lassen sollen. Dazu wurde das Gebiet von den drei Gruppen zunächst in Bezug auf den Nutzungsanspruch und die Wertigkeit hin bewertet. So entstanden drei Karten mit Schwerpunktbereichen, die die Grundlage für den Kompromissfindungsprozess bildeten (Abb. 3.2, Abb. 3.3 und Abb. 3.4; HAAKH, 1998) .

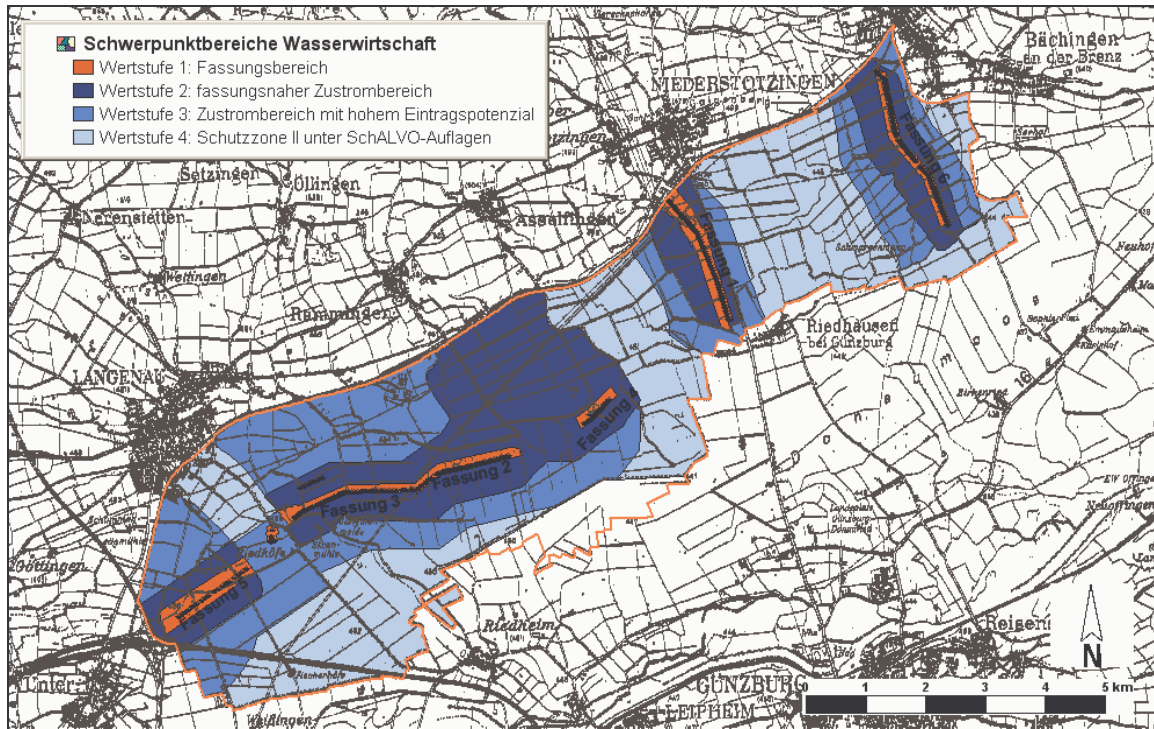


Abb. 3.2: Wasserwirtschaftliche Schwerpunktbereiche

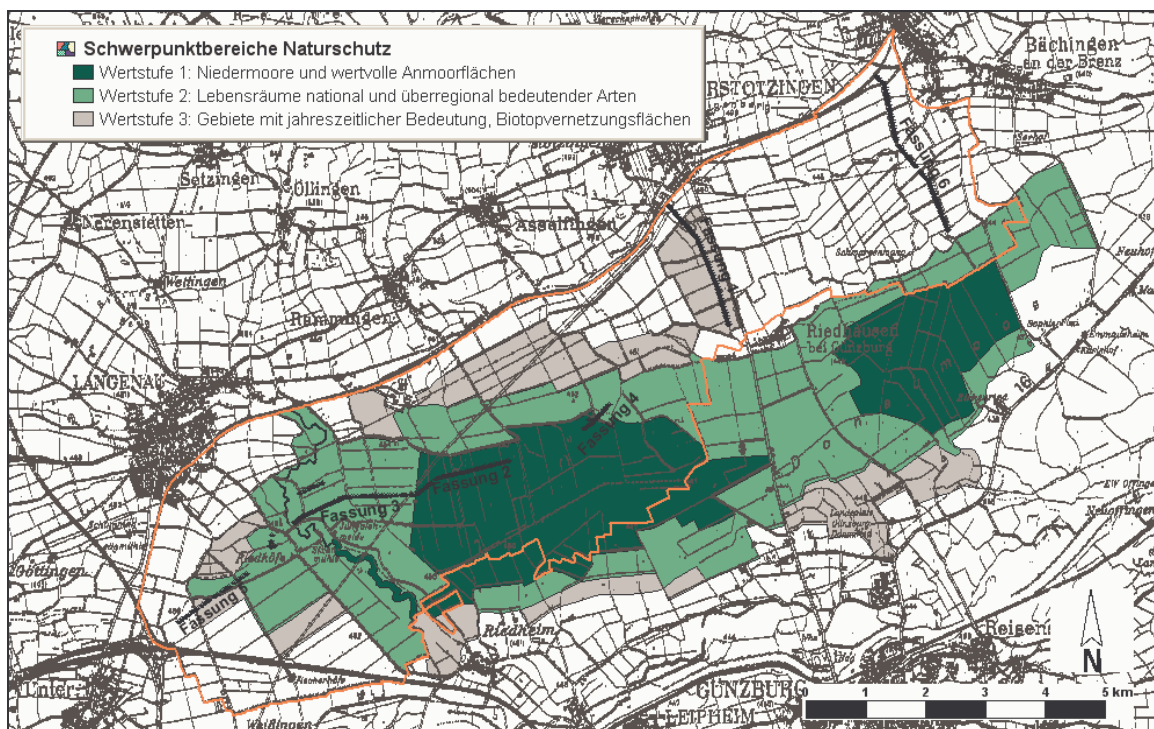


Abb. 3.3: Schwerpunktbereiche des Naturschutzes

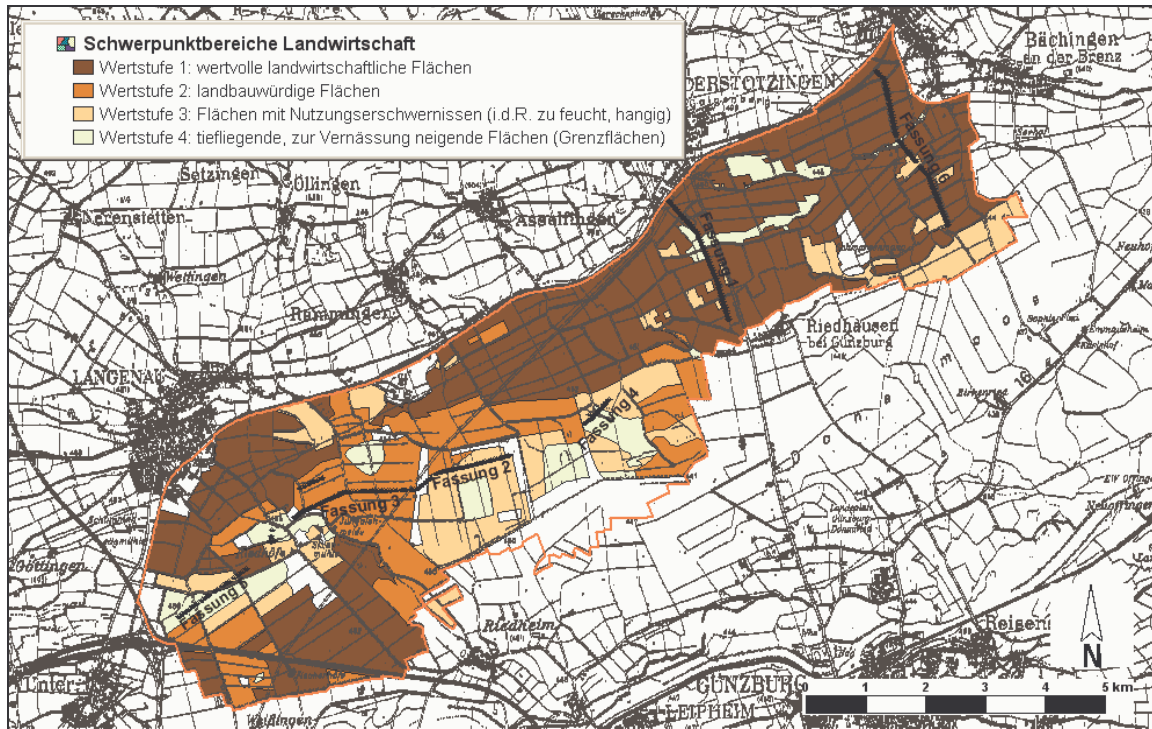


Abb. 3.4: Landwirtschaftliche Schwerpunktbereiche

Die Nutzungsanforderungen der drei Interessensgruppen innerhalb der Schwerpunktbereiche sowie die mögliche Vereinbarkeit mit den Nutzungsanforderungen der anderen Gruppen ist in Tab. 3.1 dargestellt. Die einzelnen Schwerpunktbereiche der Gruppen wurden überlagert und in einem Konsensfindungsprozess das Gebiet vollständig in Schwerpunktbereiche unterteilt (Abb. 3.5).

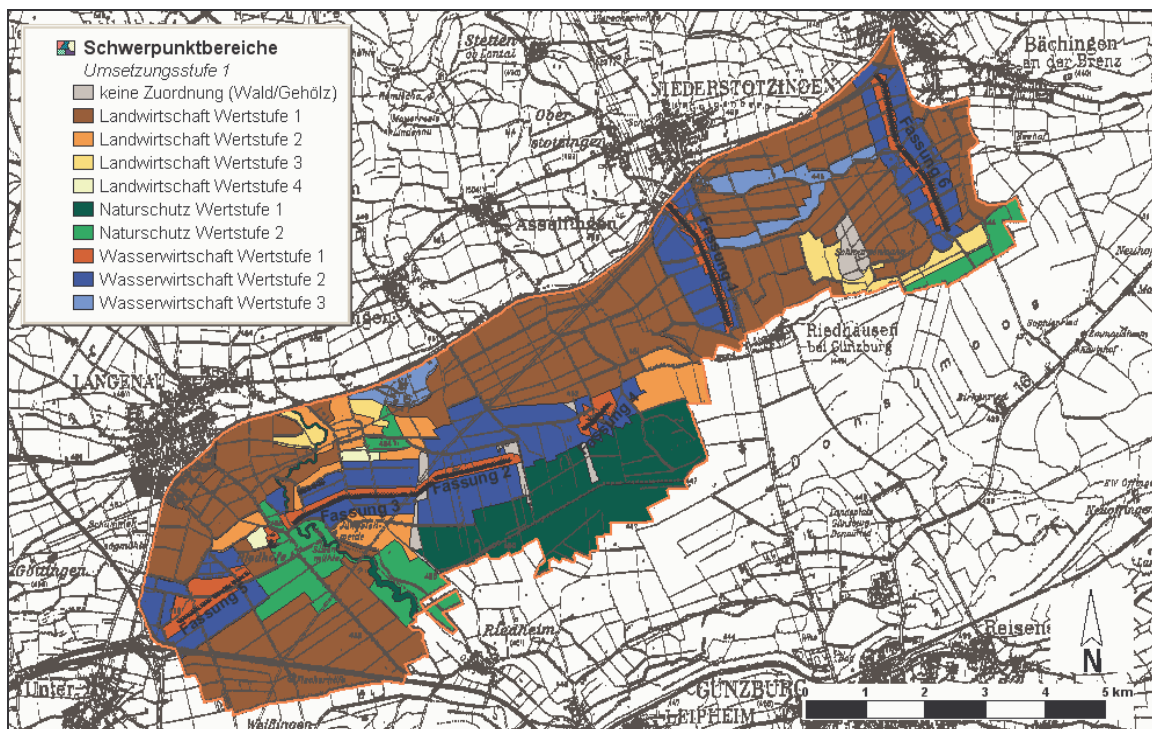


Abb. 3.5: Kompromissvorschlag zur Nutzungsentflechtung im Donauried – Umsetzungsstufe 1

Tab. 3.1: Nutzungsanforderungen und Schwerpunktbereiche, gegliedert nach Wertstufen (HAAKH, 98)

	Wertstufe 1	Wertstufe 2	Wertstufe 3	Wertstufe 4
Landwirtschaft	wertvolle landwirtschaftliche Flächen <ul style="list-style-type: none"> vorrangig Ackernutzung <p><u>Wasserwirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> gebietszutragliche Grundwasserbewirtschaftung 	landbauwürdige Flächen <ul style="list-style-type: none"> überwiegend Grünlandnutzung mit 3-4 Schnitten Silagegewinnung, Weide <p><u>Wasserwirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> gebietszutragliche Grundwasserbewirtschaftung 	Flächen mit Nutzungsschwernissen (in der Regel zu feucht) <ul style="list-style-type: none"> Heuwerbung 	Grenzflächen (tiefliegend und zur Vernässung neigend) <ul style="list-style-type: none"> Grünland, Heuwerbung
Wasserwirtschaft	Fassungsbereich <ul style="list-style-type: none"> keinerlei weitere Nutzungen keine Düngung (Phosphat und Kali nur zum Erhalt der geschlossenen Grünlanddeckung) extensive Grünlandbewirtschaftung (2maliger Grünschnitt) <p><u>landwirtschaftliche Nutzungsform:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> extensive Grünlandnutzung <p><u>Naturschutz:</u> Wertstufe 2</p> <ul style="list-style-type: none"> Ausschluss von oberflächennahen Vernässungen 	unmittelbarer Zustrombereich in Fassungsnähe (< 500m Entfernung) <ul style="list-style-type: none"> unter Deckschichten mit hohem Eintragspotential (Flurabständen < 1,0 m unter An- und Niedermoorflächen) Zustrombereich in Trockenjahren bis 500 m Entfernung zur Fassungssreihe Bereiche bis zur mittleren unteren Scheitelung unter Mineralbodenflächen (ca. 200m östlich der Fassungen 1 und 6) Gebiete mit außergewöhnlicher Grundwasserhöffigkeit Absenkungsbereiche ($\Delta h \approx 2-3m$) mit Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt. <p><u>landwirtschaftliche Nutzungsform:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> (extensive) Grünlandnutzung Ausbringung von mineralischem Stickstoffdünger in geringen Mengen 2- bis 3-maliger Grünschnitt keine Weidehaltung Ausschluss von intensiver Landwirtschaft, insbesondere Ackerbau auf Anmoor- und Niedermoor <p><u>Naturschutz:</u> Wertstufe 2</p> <ul style="list-style-type: none"> Ausschluss von oberflächennahen Vernässungen Ausschluss von Naturschutzflächen mit oberflächennahem Wasseranspruch und erforderlich hohen Kapillaraufstiegsraten 	Zustrombereich mit einem Abstand > 500 m von der Fassungssreihe (bis zum Rand der Zone II bzw. 1000m unterstrom) <ul style="list-style-type: none"> Zustrombereich unter Deckschichten mit hohem Eintragspotential <p><u>landwirtschaftliche Nutzungsform:</u></p> <p>Bereiche >500 m Entfernung zu den Fassungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Intensive Grünlandnutzung, Bewirtschaftung/Düngung unter SchALVO-Auflagen 3-4-maliger Grünschnitt Weidewirtschaft bei entsprechender Flächenpflege bzw. geringem Viehbesatz <p><u>Naturschutz:</u></p> <p>Naturschutzfläche der Wertstufen 1-3 möglich</p>	übrige Flächen innerhalb der engeren Schutzzone <p><u>landwirtschaftliche Nutzungsform:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Bewirtschaftung unter den SchALVO-Auflagen der engeren Wasserschutzzone <p><u>Naturschutz:</u></p> <p>Nutzungskonform mit NSG-Flächen der Wertstufen 1-3</p>
Naturschutz	Niedermoorflächen und wertvolle Anmoorbereiche <p><u>Wasserwirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ganzjähriger oberflächennaher Grundwasserstand Schaffung und Erhalt von Überschwemmungsflächen Schaffung von Bereichen mit oberflächennahem Grundwasserstand Umbau der Entwässerungsgräben in ein Kulturgrabensystem mit zeitweiliger Bewässerungsfunktion Grabennutzungskonzept Verlegung abwasserführender Gräben aus der WSG-Zone I gebietszutragliche Grundwasserbewirtschaftung <p><u>Landwirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Schaffung und Erhalt großflächiger naturnaher Bereiche zur Habitatsicherung bedrohter Tierarten nationaler und europäischer Bedeutung keine Ackernutzung extensive Grünlandnutzung (2-schürige Heumahd bzw. Nachweiden) artenreiche Streuwiesen kein chem. Pflanzenschutz Sonderauflagen bei bes. Biotopelementen 	Lebensräume auf anmoorigen, moorigen und mineralischen Standorten national und überregional bedeutender Arten <p><u>Wasserwirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> gebietszutraglicher Grund- und Oberflächenwasserhaushalt Flurabstände 0-50 cm angepasste Grabenpflege <p><u>Landwirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Ackernutzung auf mineral. Standorten möglich 2-3-schürige gebietsübliche Grünlandnutzung auf Moorstandorten bei Vorkommen bes. geschützter Arten ggf. Sonderregelungen 	Gebiete mit jahreszeitlicher Bedeutung für seltene Tierarten; Biotopvernetzungsflächen <p><u>Wasserwirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> gebietszutraglicher Grund- und Oberflächenwasserhaushalt <p><u>Landwirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ordnungsgemäße, ressourcenschonende Landwirtschaft bei Vorkommen besonders geschützter, seltener Arten oder zum Schutz besonders wertvoller Biotopelemente Sonderregelungen wie bei Wertstufe 1 oder 2 	

3.5 Numerisches Grundwassermodell Donauried

Wie aus der geologischen und hydrogeologischen Übersicht in Kap. 3.1.2 und 3.1.3 ersichtlich ist, sind die geologischen Verhältnisse durch die Kombination von mehreren Grundwasserstockwerken am Rand der Schwäbischen Alb sehr komplex. Eine Voraussage der Auswirkungen einer Wasserentnahme durch eine geschlossene analytische Berechnung ist nicht möglich. Deshalb wurde schon in den 70er Jahren ein erstes numerisches Grundwassermodell erstellt. Damals waren die Möglichkeiten der Modellierung durch die Rechenleistung der damaligen Computer stark begrenzt, deshalb wurde nur der Kiesaquifer, aus dem damals die alleinige Grundwasserentnahme erfolgte, modelliert. Dennoch konnten die Strömungsverhältnisse gut nachgebildet werden. Allerdings wurden die Interaktionen zwischen dem Karst- und dem Kiesaquifer durch eine festgelegte Zuströmung in die einzelnen Modellzellen abgebildet. Zu Beginn der 90er Jahre wurden mehrere Pumpversuche durchgeführt, bei denen Grundwasser aus dem tief liegenden Karstaquifer entnommen wurde. Ein mehrdimensionales, instationäres Grundwassermodell wurde Mitte der 90er Jahre aufgebaut und für stationäre und instationäre Strömungsprozesse geeicht. Das Grundwassermodell umfasst die Einzugsgebiete im Karst-, Kies- und Torfaquifer des Rieds links der Donau zwischen Ulm und Gundelfingen

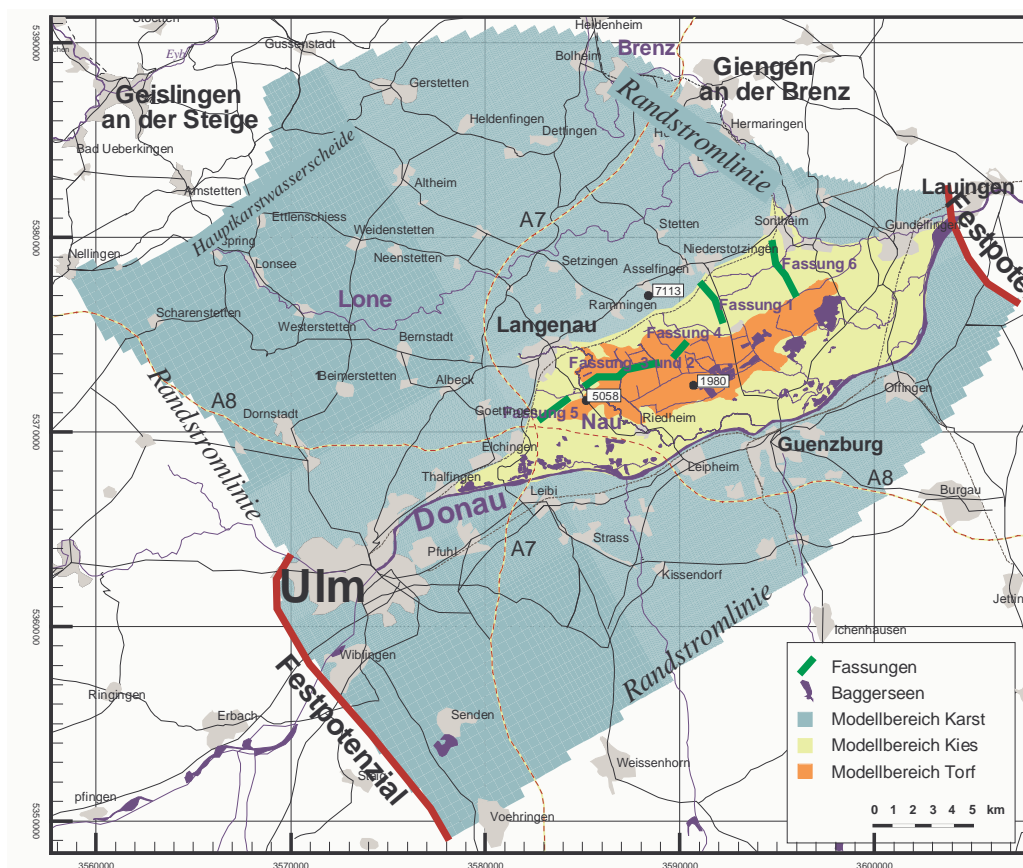


Abb. 3.1: Modellbereich mit Randbedingungen, sowie Lage einiger Grundwassermessstellen

Die horizontale Ausdehnung (siehe Abb. 3.1) wurde entsprechend den natürlichen Randbedingungen gewählt. Die nördliche Grenze des Karstaquifers bildet die Hauptkarstwasserscheide. Die Grenzen im Osten und Westen werden durch eine Randstromlinie gebildet, die

jeweils im Bereich der Donau auf eine Festpotentialrandbedingung übergeht. Im Süden wurde der Modellrand wiederum auf eine Randstromlinie gelegt. Die Grundwasserströmungsverhältnisse nördlich der Donau können aufgrund einer großen Zahl von Aufschlüssen vergleichsweise genau abgeleitet werden. Südlich der Donau nimmt die Informationsdichte ab, da der Karstaquifer hier von der Molasse überlagert ist und sich dadurch nach Süden in Tiefen größer 100 Meter unter der Geländeoberkante befindet.

Das Grundwasserbilanz- und Strömungsmodell für das Gesamteinzugsgebiet dient der Bearbeitung folgender Aufgabenstellungen:

- Die Nachbildung und Prognose von Grundwasserständen im Nah- und Fernfeld der Entnahmen.
- Bewertung und Quantifizierung der Austauschraten zwischen Karst- und Kiesaquifer
- Bewertung und Quantifizierung der Austauschraten zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern (Grabensystem, Baggerseen sowie Brenz, Lone, Donau)
- Nachbildung der hydrologischen Schwankungen
- Abgrenzung der Einzugsgebiete der einzelnen Fassungen im Kiesaquifer
- Ermittlung der 50-Tage Linien für unterschiedliche hydrologische Verhältnisse im Kiesaquifer und Ermittlung der Gebietswasserbilanz
- Langfristige Modellierung der Grundwasserverhältnisse
- Prognose unterschiedlicher Entnahmeverteilungen im Donauried
- Untersuchung der Auswirkungen durch Verlagerung der Grundwasserentnahmen (z.B. in den Karstaquifer)

Die hauptsächliche Grundwasserentnahme erfolgt aus dem Kiesaquifer zwischen der Alb und der Donau. Er hat eine mittlere Breite von knapp 10 km und erstreckt sich über 30 km Länge nördlich der Donau von West nach Ost. Der Kiesaquifer wird neben der Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch vertikale Aufstiege aus dem Karstaquifer von der Hochfläche der Schwäbischen Alb gespeist. Die generellen Strömungsverhältnisse sind in einem vertikalen Prinzipschnitt in Kap. 3.1.3, Abb. 3.1 dargestellt. Zwischen Karst- und Kiesaquifer befinden sich lokal zerklüftete Molasse und Zementmergelschichten, die die vertikale Interaktion stark beeinflussen. Der Kiesaquifer ist dazu noch von einem bis zu 6 Meter mächtigen Torfaquifer überlagert, der die wertvollen Ökosysteme mit Wasser versorgt. Die geologischen Schichtgrenzen der einzelnen Aquifere wurden zusammen mit dem LGRB (GLA, 1995) erarbeitet. Die vertikale Diskretisierung des numerischen Modells folgt den relevanten hydrogeologischen Einheiten. Dadurch ergeben sich 5 Modellschichten.

Die oberste Modellschicht bildet der Torfaquifer. Er ist gekennzeichnet durch ein ausgehntes Grabensystem und Moorbereiche. Die Fläche des modellierten Torfkörpers beträgt ca. 40 km². Ein horizontaler Grundwasserfluss ist kaum vorhanden. Die mittlere Mächtigkeit beträgt nur wenige Meter. Teilweise ist der Torf gut an den Kiesaquifer angeschlossen, es gibt aber auch dichte Strukturen, die eine hydraulische Interaktion verhindern. Die Basis des Torfaquifers wurde aus den Schichtgrenzen an den Grundwassermessstellen interpoliert. Sie entspricht nicht der Kiesoberkante, da mineralische Trennschichten zwischen Torf- und Kiesaquifer mit Mächtigkeiten zwischen 0 und 2 Metern liegen.

Der hauptsächlich zur Grundwasserentnahme genutzte Kiesaquifer erstreckt sich über 120 km². Er ist zwischen einem und 20 Meter mächtig. Die Kiesbasis wurde aus den Bohrinformationen vom LGRB erstellt. Südlich der Entnahmestellen gibt es eine große Zahl von Baggerseen, die im numerischen Modell berücksichtigt sind. Viele Gräben schneiden in den Kies- und Torfaquifer ein. Sie werden anhand einer Leakagerandbedingung im Modell berücksichtigt. Die Leakagehöhen werden mit dem Grundwassermodell gekoppelt über eine Wasserspiegellagenberechnung bestimmt. Unter dem Kiesaquifer folgt die Molasse.

Die Durchlässigkeiten der Molasse sind bei großen Mächtigkeiten (> 20 m) vergleichsweise gering. Bei geringen Mächtigkeiten nimmt die hydraulische Trennwirkung zwischen Kies- und Karstaquifer ab. Hier finden sich die größten Aufstiege aus dem Karstaquifer in den Kiesaquifer. Generell nimmt die Mächtigkeit von Nord nach Süd zu. Im Norden des Kiesaquifers fehlt die Molasse vollständig.

Zwischen Karst und Molasse liegen auch sehr gering durchlässige Zementmergel. Eine durchgehende Mächtigkeitsverteilung wie bei den anderen Schichten konnte nicht erstellt werden, da die Zementmergel nicht konsistent vorhanden sind und das Vorkommen unstrukturiert ist. Die Verteilung wurde anhand der Bohrprofile abgeschätzt.

Die größte Ausdehnung mit ca. 800 km² hat das Einzugsgebiet des Karstaquifers. Die Mächtigkeit des Karstaquifers nimmt von Norden nach Süden zu. In weiten Teilen im Norden des Donaurieds sind die Grundwasserverhältnisse im Karstaquifer ungespannt. Die in der Modellanpassung ermittelte Durchlässigkeitsverteilung nimmt bis in den Bereich des Donaurieds zu. Im tiefen Karst insbesondere südlich der Donau sind deutlich geringere Durchlässigkeiten zu finden als auf der Albhochfläche. Hier strömt tritiumfreies Karstwasser aus dem Molassebecken dem Donauried zu und vermischt sich mit dem vergleichsweise jungen Karstwasser von der Albhochfläche. Auf der Albhochfläche und am Rand des Donaurieds befinden sich mehrere Quellen mit zum Teil großen Schüttungen. Die wichtigsten sind die Lone- und die Nauquelle.

Als Programmcode wurde das vom USGS (MCDONALD, 1985 ff.) entwickelte Programmsystem MODFLOW verwendet. MODFLOW basiert auf dem Finite-Differenzen-Verfahren. Dabei wird der Betrachtungsraum in Rechtecke unterteilt, die auf der Schwäbischen Alb 500·500 Meter und im Nahbereich der Fassungen im Donauried 50·50 Meter Kantenlänge besitzen.

Das numerische Modell wurde einer stationären Modellkalibrierung unterzogen. Im Rahmen der stationären Modellbetrachtung wurden die Durchlässigkeitsverhältnisse und die Leakagekoeffizienten für alle Modellschichten bestimmt. Die Güte der Modellanpassung wurde anhand von gemessenen Piezometerhöhen und Abflüssen in den Gräben überprüft. Dazu wurden drei Stichtage bei mittleren, niedrigen und hohen Grundwasserständen verwendet. Auf der stationären Modelleichung aufbauend wurde das Modell für den Zeitraum 18.3.1993 bis 15.5.1999 instationär geeicht. Die zeitliche Auflösung des Berechnungszeitraumes ist auf der Basis von 10 Tagen erfolgt. Instationär veränderliche Randbedingungen bleiben inner-

halb dieser 10 Tage konstant. Die wichtigste instationäre Randbedingung ist die Grundwasserneubildung aus Niederschlag, die anhand von Klimadaten der Wetterstation Ulm sowie über die Niederschläge in Langenau und Etlenschieß bestimmt wurde. Dabei wurde die potentielle Verdunstung nach dem modifizierten Penman-Wendling-Verfahren zunächst berechnet. Anschließend erfolgt eine Bestimmung der Bodenwasserbilanz nach Pfau, die die Grundwasserneubildung und die tatsächliche Verdunstung liefert. Die sich so ergebende Neubildung, die potentielle Verdunstung und der Niederschlag in Langenau sind in Abb. 3.2 dargestellt.

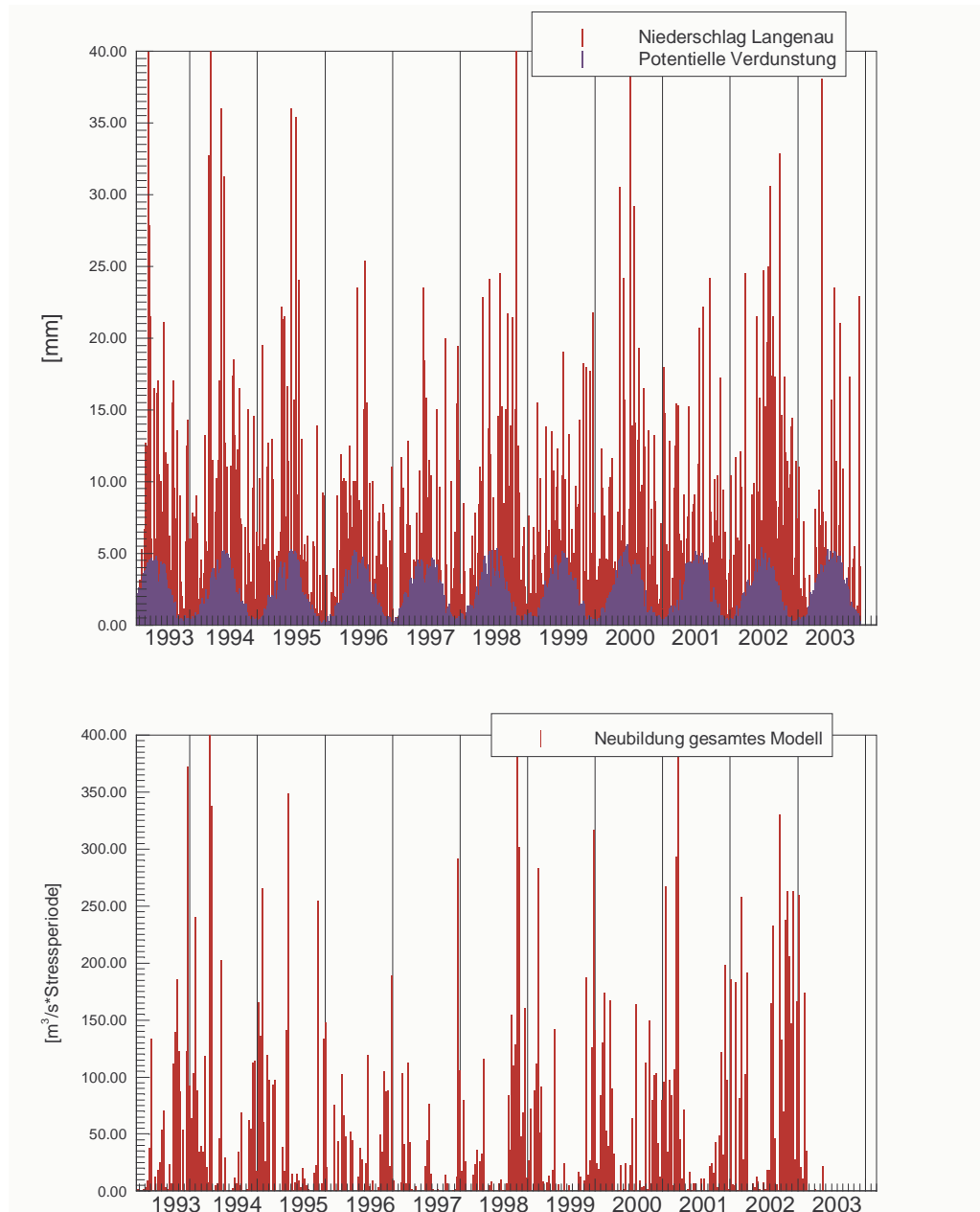


Abb. 3.2: Grundwasserneubildung im gesamten Modellbereich, potentielle Verdunstung und Niederschlag in Langenau

In Abb. 3.3 sind die maßgeblichen Bilanzgrößen des gesamten Systems dargestellt. Treibende Kraft und hauptsächliche Bilanzgröße ist die Grundwasserneubildung. Im Mittel liegt die Neubildung auf dem gesamten Modell bei $7 \text{ m}^3/\text{s}$. In Trockenzeiten sinkt die Neubildung

fast auf Null. Der Zustrom in den Kiesaquifer erfolgt fast zu gleichen Teilen aus Neubildung und Aufstieg aus dem Karstaquifer. Der Aufstieg von unten ist dabei in etwa zeitlich konstant und trägt so zur Vergleichmäßigung der Grundwasserstände bei. Die Entnahmen und der Abstrom in das Grabensystem sind mit Werten zwischen 0,8 und 3 m³/s die wichtigsten Abstromgrößen des Kiesaquifers. Der Austausch mit dem übergelagertem Torfaquifer ist dagegen gering.

Da in dem hier dokumentierten Forschungsprojekt die Nachbildung der realen Grundwasserstände eine wichtige Grundlage für die Ermittlung abgesicherter Aussagen ist, ist die Güte der Modellanpassung exemplarisch in Abb. 3.4 bis Abb. 3.6 anhand von gemessenen und berechneten Piezometerhöhenganglinien exemplarisch dargestellt.

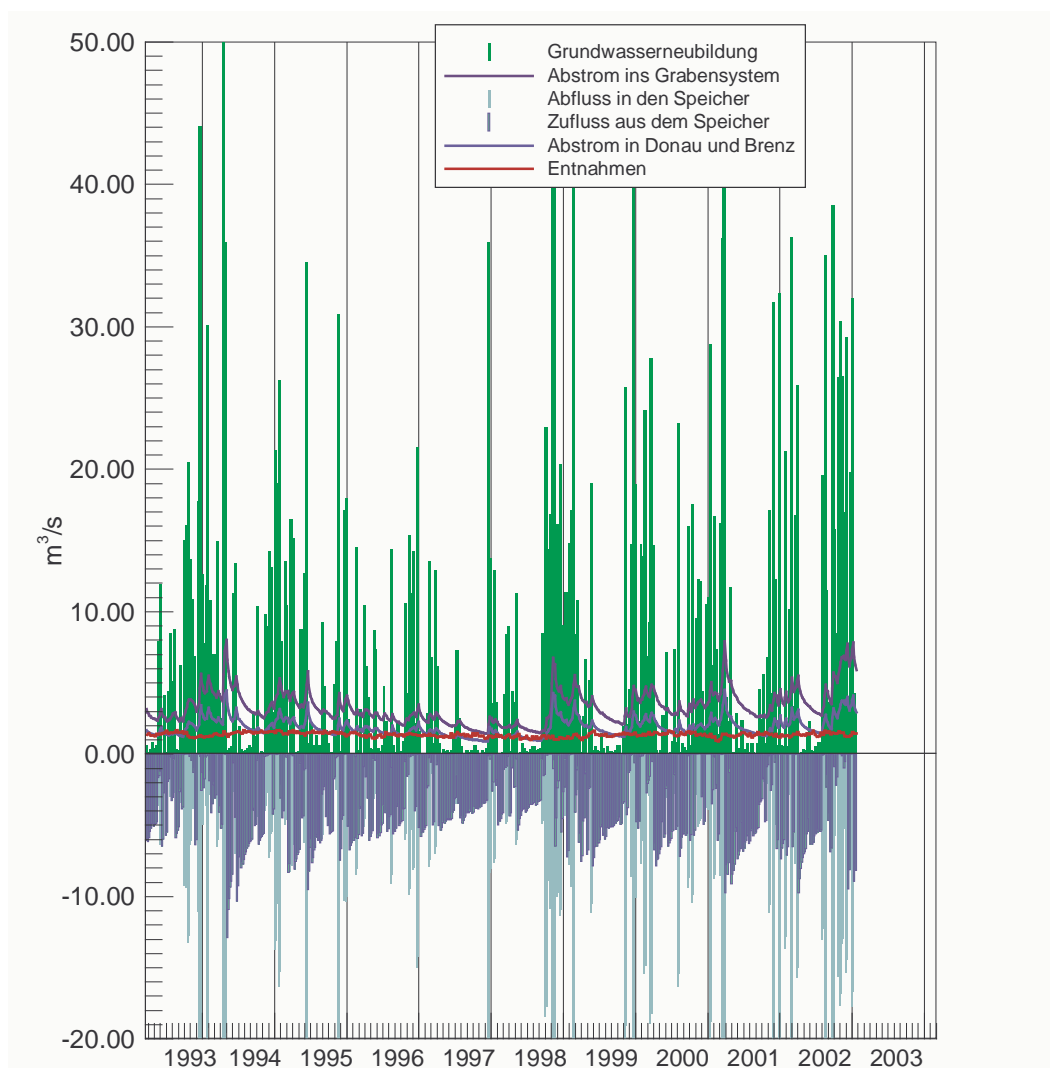


Abb. 3.3: Maßgebliche Bilanzgrößen des Grundwassermodells

Ausgewählt wurden Ganglinien aus Karst-, Kies- und Torfaquifer aus verschiedenen Bereichen mit unterschiedlichen Charakteristiken. Bei der Modelleichung wurde eine maximale Abweichung zwischen berechneten und gemessenen Piezometerhöhen von 1 % der maximalen Piezometerhöhendifferenz im jeweiligen Aquifer angestrebt, bei Piezometerhöhen zwischen 470 und 420 m+NN im Kiesaquifer bedeutet dies maximal 50 cm Differenz. Diese

Anpassung konnte für den Zeitraum 1993 bis 1999 fast durchgängig erreicht werden. Im Anschluss an die instationäre Eichung erfolgte die Validierung für den Zeitraum 1976 bis 1979. Auch hier zeigte sich eine gute Anpassung. Es ist somit davon auszugehen, dass das Grundwassermodell die wirklichen Verhältnisse bestmöglich nachbildet und auch prognosefähig im Hinblick auf die veränderten Entnahmesituationen ist.

Mit dem instationär geeichten Grundwassermodell wurden bereits mehrere Aufgabenstellungen erfolgreich bearbeitet. Dabei wurden z.B. die Auswirkungen im Hinblick auf die Gebietswasserbilanz oder Absenkungen bereits vor dem Forschungsprojekt erarbeitet. Das Grundwassermodell bildet somit eine wichtige Grundlage für die Ermittlung des Optimierungs- und Managementsystems im Rahmen des Forschungsprojekts.

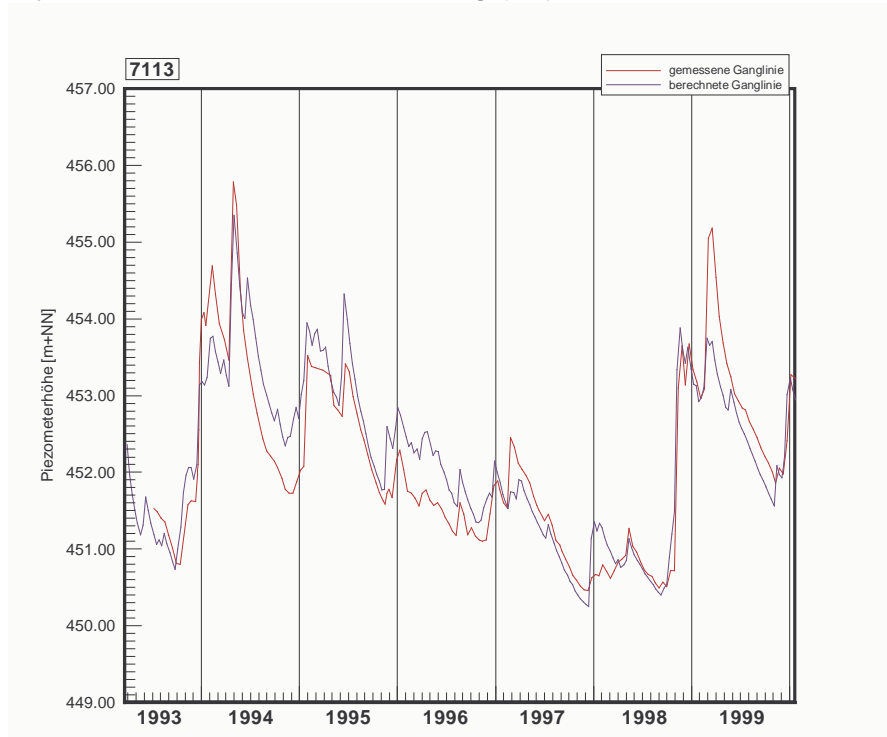


Abb. 3.4: Gemessene und berechnete Ganglinie an der Grundwassermessstelle 7113 mit Verfilterung im Karstaquifer

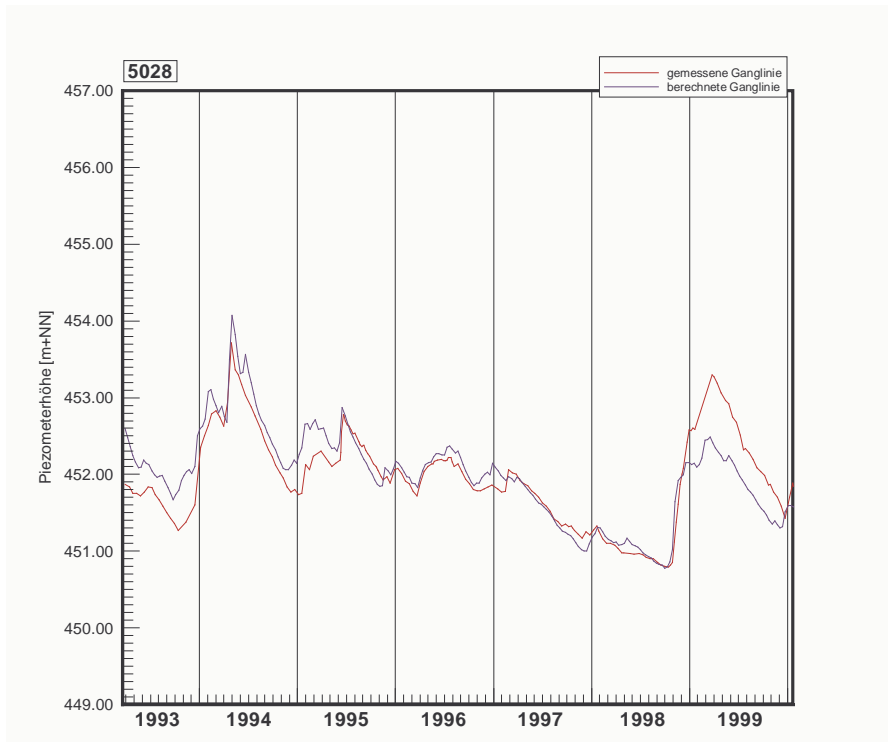


Abb. 3.5: Gemessene und berechnete Ganglinie an der Grundwassermessstelle 5028 mit Verfilterung im Kiesaquifer

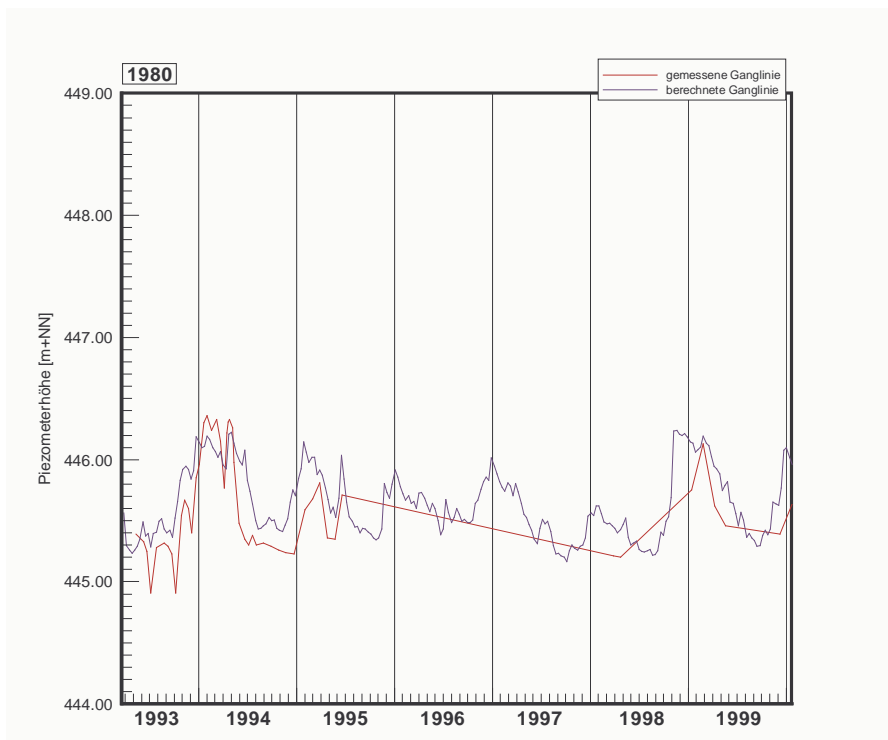
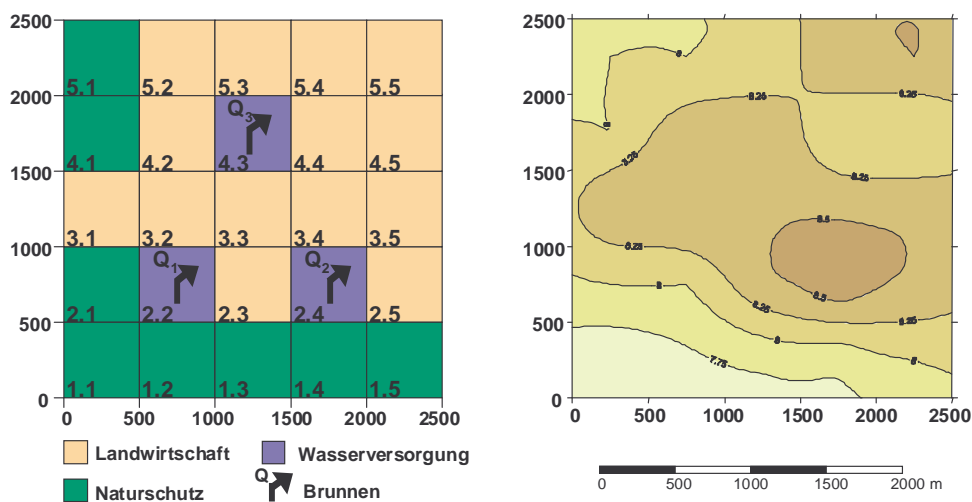


Abb. 3.6: Gemessene und berechnete Ganglinie an der Grundwassermessstelle 1980 mit Verfilterung im Torfaquifer

Berechnungsbeispiel I/IV

Annahmen zum Modellraum

Das Bewertungsverfahren soll an einem einfachen Berechnungsbeispiel verdeutlicht werden. Ausgangsbasis ist ein Modellraum mit 2500 · 2500 m², unterteilt in 25 Quadrate. Das Gelände weist ein relativ gleichförmiges Relief auf, die Geländehöhen schwanken zwischen 8,69 und 7,56 m ü. NN. Der Modellraum sei von seiner Entwicklung so entstanden, dass sich in einem früheren Feuchtgebiet zunächst die Landwirtschaft und später die Trinkwassergewinnung angesiedelt haben. Für die Quadrate soll eine nutzungsprioriäre Flächenzuordnung vorliegen („Nutzungskonzept“).



Prioritäre Flächennutzung und GOK des Modellraums

Hydraulik der Grundwasserströmung

Für die Modellbetrachtungen wird von folgenden Aquiferkennwerten eines freien Grundwasserleiters ausgegangen: $k_f = 6,6 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s}$, $h_0 = 8 m$, $r_0 = 3000 m$.

Die Kenndaten der drei Brunnen gehen aus der Tabelle hervor. Die Piezometerhöhen im Modellgebiet werden gemäß der „Mehrbrunnenformel“ berechnet:

$$h^2 = h_0^2 + \frac{1}{\pi k_f} \sum_{i=1}^3 Q_i \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}{r_0} \right)$$

	Brunnen 1	Brunnen 2	Brunnen 3
x [m]	751	1755	1251
y [m]	751	755	1755
C_{Nitrat} [mg/L]	10	20	40

Fortsetzung auf S. 123