

Unsere Geschäftszahl
471-250/01 Tö
Sachbearbeiter
Dipl.-Ing. Dr. E. Stenitzer
Ing. L. Gassner

Petzenkirchen, am 6. Juni 2001

INTERREG II c / 97005/A

**Auswirkung von Aufforstungen freiwerdender
landwirtschaftlich genutzter Flächen auf den
Wasserhaushalt eines Trockengebietes:**

Abschlussbericht

Der Institutsleiter:

Dipl.-Ing. F. Feichtinger i.V.

Inhalt:

1.	Allgemeines.....	3
2.	Durchgeführte Arbeiten.....	4
2.1	Bodenfeuchtemessstellen	4
2.1.1	Lage und Klima	4
2.1.2	Boden.....	5
2.1.3	Messprogramm	7
2.1.3.1	„Bodenfeuchtemessstelle BFS“ in Obersiebenbrunn.....	7
2.1.3.2	Messpunkt „Neuaufforstung NAF“ in Ollersdorf.....	8
2.1.3.3	Messpunkt „Kiefernbestand KB“ in der „Großen Remise“	9
2.1.3.4	Messpunkt „Eichenbestand EB“ in der „Großen Remise“.....	10
2.2	Messdatenauswertung	11
2.2.1	Niederschläge und Klimatische Wasserbilanz	11
2.2.2	Bodentemperaturen	14
2.2.3	Saugspannungsmessungen	17
2.2.4	Wassergehaltsmessungen	21
2.2.5	Grundwasserstandsmessungen	22
2.3	Messdatenauswertung	23
2.3.1	Wasserbilanz.....	23
2.3.1.1	Niederschlag.....	23
2.3.1.2	Grundwasserneubildung.....	23
2.3.1.3	Evapotranspiration.....	25
3.	Geplante Arbeiten.....	26
	Literaturverzeichnis.....	27

Anhang

1. Allgemeines

Das Projekt „Auswirkung von Aufforstungen frei werdender landwirtschaftlich genutzter Flächen auf den Wasserhaushalt eines Trockengebietes“ ist Teil des INTERREG II C – Projektes Nr. 97005/A „Länderübergreifende Sicherung und Verbesserung der Nachhaltigkeit natürlicher Ressourcen der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft unter Einsatz gemeinsamer Raumplanung mit Schwerpunkten in unterbewaldeten Bereichen des Flach- und Hügellandes in Mittel- und Südost-Europa“. Ziel des gegenständlichen Teilprojektes ist die Abschätzung der Änderung der Wasserbilanz im Marchfeld infolge von Neuaufforstungen ehemals landwirtschaftlich genutzter Flächen.

Das Grundwasservorkommen des Marchfeldes unterliegt einer zunehmenden Konkurrenz unterschiedlicher Verbraucher (Bewässerungslandwirtschaft, Trinkwasserversorgung, Industrie- und Gewerbebedarf) und wird derzeit übernutzt (VOLLHOFER, 1995). Durch eine Aufforstung von bisher landwirtschaftlich genutzten Grenzertragsböden, die im Zuge einer Strukturanpassung zu erwarten sind, könnte sich die mengenmäßige Situation in diesem Trockengebiet wegen des höheren Pflanzenwasserverbrauches eines Waldbestandes gegenüber einer extensiven (dh. unbewässerten) Ackernutzung weiter verschlechtern.

Mit dem vorliegenden Teilprojekt sollen durch die Anwendung von Modellsimulationen quantifizierbare und flächenbezogene Grundlagen für eine umweltverträgliche und nachhaltige Raumplanung in einem Trockengebiet zur Verfügung gestellt werden. Die dazu verwendeten Simulations-Modelle SIMWASER (STENITZER, 1988) und SIMWASER_WALD (STENITZER, 1997) sind bei einer Reihe von Forschungsprojekten und Fachgutachten des Institutes für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt herangezogen und für diese Fälle durch Feldmessungen verifiziert worden. Auch für das gegenständliche Projekt müssen daher parallel zur Aufbereitung bereits vorhandener Messdaten über Klima, Boden und Landnutzung für die Modellrechnungen mit unterschiedlichen Nutzungsszenarien zusätzliche Felduntersuchungen zur Modellvalidierung durchgeführt werden.

Die nachfolgend beschriebenen Arbeiten und Ergebnisse gliedern sich daher in die Abschnitte

- Felduntersuchungen,
- Modellbeschreibung und -validierung
- Simulationsstudie

Durch die zeitliche Beschränkung des Projektes standen für eine ausreichende Modell-Überprüfung nur ungenügende Messreihen zur Verfügung; die vorgestellten Ergebnisse können deshalb nur als eine erste, jedoch realistische Annäherung an die tatsächlichen

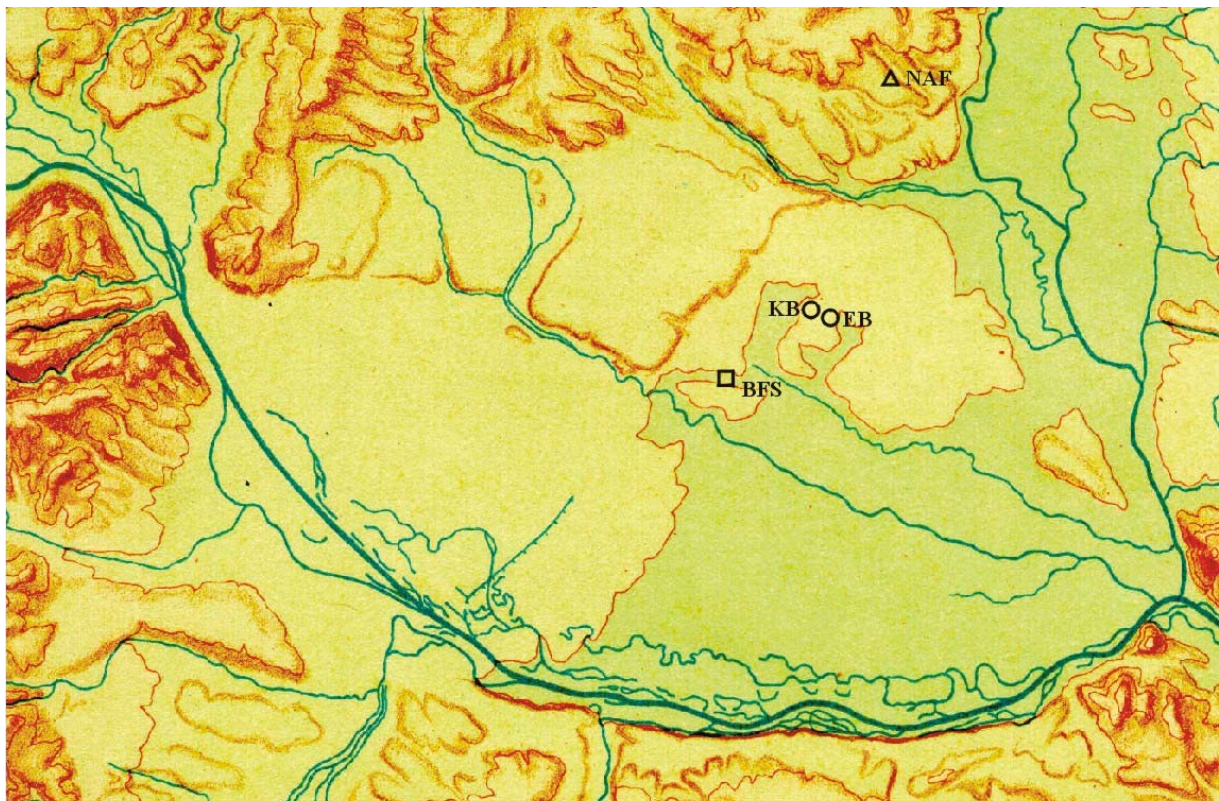
Verhältnisse gesehen werden. Erst bei Vorliegen von weiteren Messergebnissen der vom IKT in Eigenregie fortgeführten Untersuchungen wird eine besser abgesicherte Aussagen getroffen werden können.

2. FELDUNTERSUCHUNGEN

2.1 Bodenfeuchtemessstellen

2.1.1 Lage und Klima

Die Lage der vier Bodenfeuchtemessstellen ist in Abb. 1 ersichtlich: die „Bodenfeuchtestation **BFS**“ zur Erfassung des Wasserhaushaltes eines Ackers auf dem Versuchsfeld der Landwirtschaftlichen Fachschule in Obersiebenbrunn liegt auf der Praterterrasse, während sich die Messstationen „Kiefernbestand **KB**“ (in einer etwa 50-jährigen Schwarzkiefernplantation des Erzbistums Wien) und „Eichenbestand **EB**“ (in einem etwa 70-jährigen Bestand des Gutsbetriebes Hiller, Untersiebenbrunn) in der „Großen Remise“ bereits auf der Hochterrasse des Marchfeldes befinden. Die Messstelle „Neuaufforstung **NAF**“ schließlich wurde am Hangfuss der Versuchsfläche „Viehweide“ des Waldbau-Institutes der Universität für Bodenkultur in Ollersdorf eingerichtet; sie befindet sich am Südrand des Weinviertler Hügellandes und ist mit verschiedenen Laubbaumarten neu aufgeforstet worden.



□ BFS = Bodenfeuchte- und Klimastation Obersiebenbrunn

○ KB = Kiefernbestand, EB = Eichenbestand (Große Remise)

△ NAF = Neuaufforstung „Viehweide“ bei Ollersdorf

Abb. 1: Lage der Messpunkte

Der langjährige Niederschlag im zentralen Marchfeld, in dem sich die Stationen BFS, KB und EB befinden, beträgt rund 480 mm (Gänsersdorf: 479 mm); der Niederschlag am Nordrand des Marchfeldes, an dem die Station NAF liegt, beträgt rund 600 mm (Matzen: 599 mm). Die mittlere Jahres-Lufttemperatur beträgt 10° C. Die mittlere Klimatische Wasserbilanz der Jahresreihe 1978-1999 für das zentrale Marchfeld (Abb. 2) zeigt den hohen Wasserbedarf der Vegetation auf.

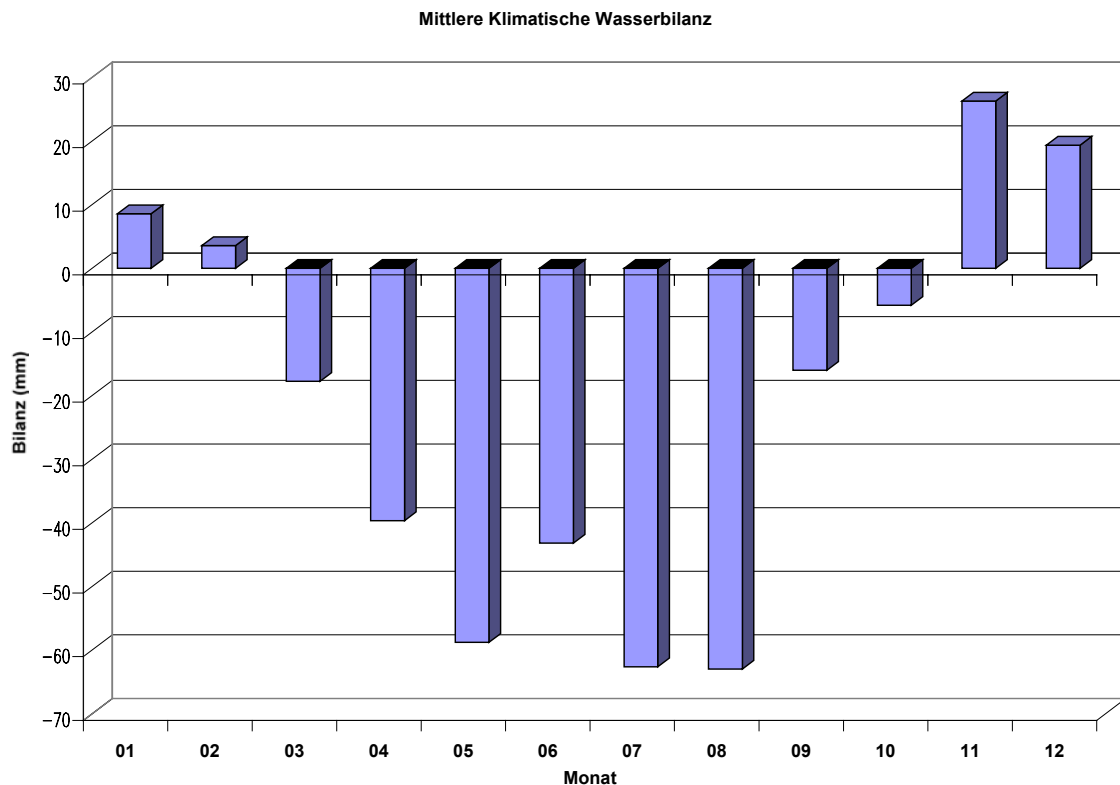


Abb. 2: Klimatische Wasserbilanz für das zentrale Marchfeld

2.1.2 Boden

Der Bodenaufbau der vier Messstellen wird schematisch in Abb. 3 dargestellt: dabei wird die unterschiedliche Wasserhaltekapazität aufgrund der unterschiedlichen Mächtigkeit des Feinbodens deutlich erkennbar: beim Standort „Neuaufforstung NAF“ in Ollersdorf handelt es sich um eine extrem tiefgründige kolluviale Schwarzerde aus schluffigem Erosionsmaterial, das bei der Messstelleneinrichtung bis in 260 cm Tiefe durchwurzelt war. Die tiefgründige Schwarzerde beim Messpunkt „Bodenfeuchte-Station BFS“ in Obersiebenbrunn ist von den einjährigen Kulturpflanzen nur noch bis etwa 90 cm durchwurzelbar. Beim Kiefernstandort handelt es sich um einen sehr seichtgründigen

Paratschernosem mit geringer Wasserhaltekraft im Unterboden: obgleich beim Einbau der Messfühler eine vergleichsweise tiefreichende Durchwurzelung (rund 150 cm) festgestellt wurde, kann der kiesig-schottrige Untergrund nur wenig Wasser speichern. Beim Eichenstandort liegt ebenfalls ein Paratschernosem auf sandig-kiesigem Untergrund vor, welcher bis 140 cm Tiefe durchwurzelt ist und eine deutlich höhere Wasserhaltekraft als beim Kiefernstandort aufweist.

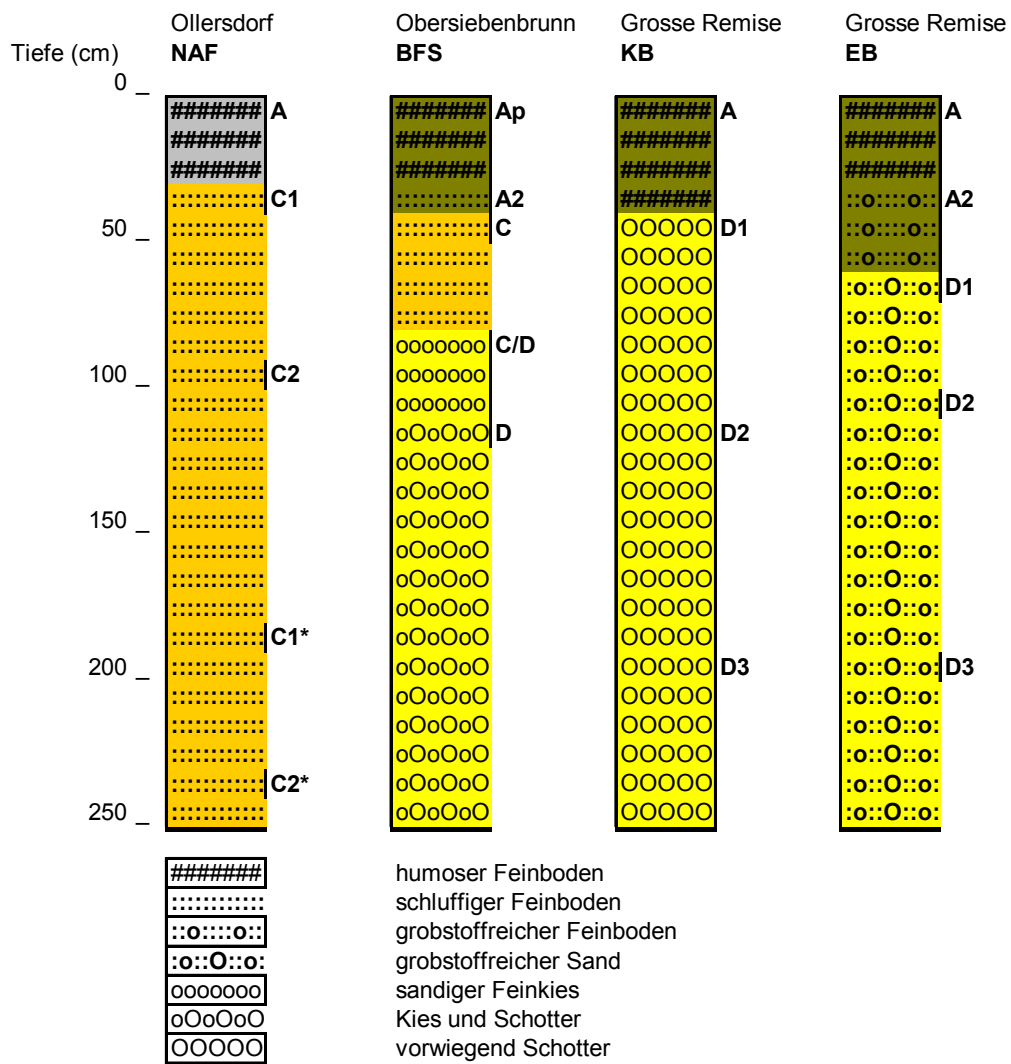


Abb 3: Schematische Bodenprofile an den Messstellen

Aus den bisherigen Feldmessungen an den vier Standorten ergibt sich für den Standort Neuaufforstung Ollersdorf eine Wasserspeicherfähigkeit von rund 300 mm; beim Eichenstandort beträgt sie zirka 220 mm, beim Ackerstandort 140 mm und beim Kiefernstandort nur rund 90 mm.

2.1.3 Messprogramm

2.1.3.1 Bodenfeuchtemessstelle BFS in Obersiebenbrunn

Hier werden nach dem in Abb. 4 dargestellten Schema die Saugspannung im Boden mittels „BECKMAN CEL-WFD“-Gipsblöcken bzw. „WATERMARK Granulated Matric Sensors“ (s. STENITZER, 2000) und der Wassergehalt mittels TDR-Fühlern mit automatischen Datenloggern (GASSNER, 1998) stündlich erfasst.

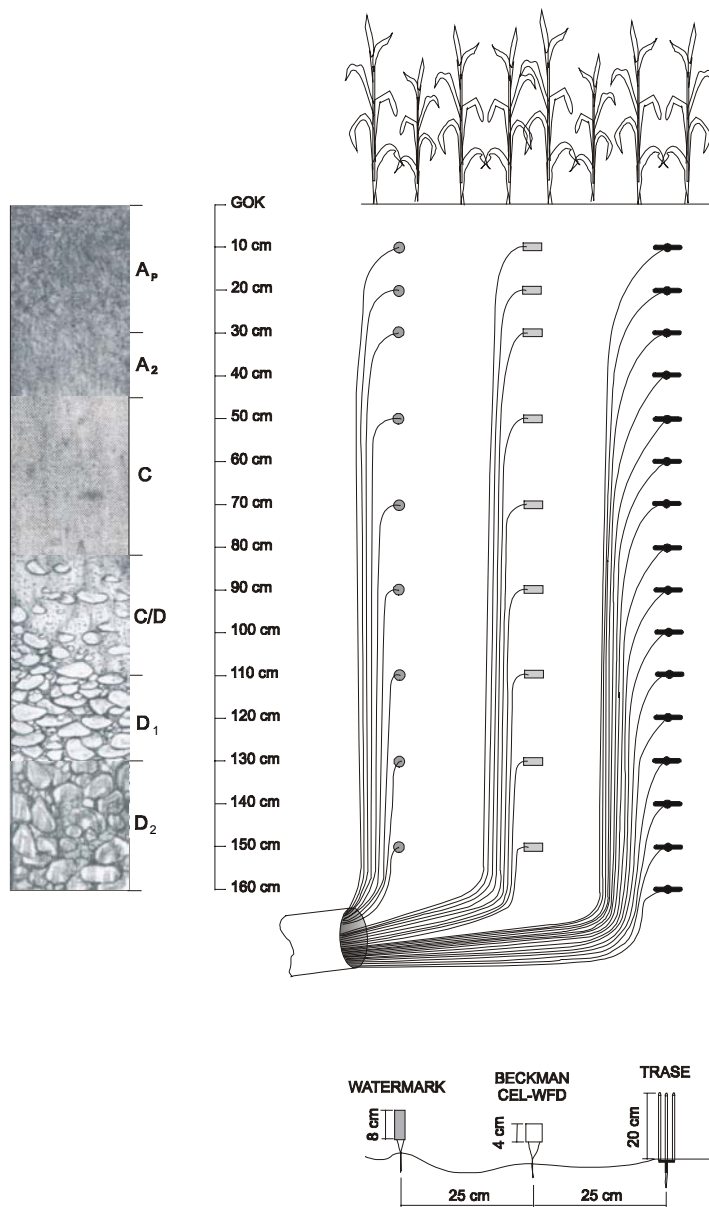


Abb. 4: Installation der Messfühler am Messpunkt „Bodenfeuchtestation BFS“ in Obersiebenbrunn

Zur Auswertung der Gipsblock- bzw. WATERMARK-Messungen werden zusätzlich die Bodentemperaturen in 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100 und 150 cm Tiefe gemessen. Die Erhebung der Wetterdaten erfolgt minütlich mit einer automatischen Wetterstation der Firma SALBABA, Unterwaltersdorf, mit welcher die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchte und die Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe, sowie die Globalstrahlung, die Nettostrahlung und der Niederschlag in 1 m Höhe gemessen und als Stundenmittelwerte abgespeichert werden. Für die Niederschlagsmessung wird ein mit einer elektronischen Waage ausgestatteter Totalisator der Firma KRONEIS, Wien, verwendet und damit die Fehler, die bei im Winter beheizten Niederschlagswippen durch thermische Effekte entstehen, vermieden. Zur Erfassung von allfälligen Beregnungsmengen wird am Messpunkt BFS zusätzlich ein automatischer Niederschlagsmesser vom Typ NIFIS der Firma SALBABA aufgestellt. Der Grundwassergang wird kontinuierlich mittels eines mechanischen Grundwasserschreibers der Firma SEBA, Kaufbeuren, BRD erfasst; der Pegelschreiber wird durch ein elektronisches Aufzeichnungsgerät ergänzt. Das Messprogramm läuft im vollen Umfang seit Projektbeginn.

2.1.3.2 Messpunkt „Neuaufforstung NAF“ in Ollersdorf

Im tiefgründigen, ebenen Bereich der Neuaufforstung (vgl. STENITZER, 2000) wurde die Messstation zur Erfassung der Saugspannungsverhältnisse eingerichtet: es handelt sich dabei um eine automatische Messanlage vom Typ „Soilmaster“ der Firma Josef SALBABA, Microcomputer Solutions in Unterwaltersdorf, mit 16 Eingängen für Gipsblock-Sensoren und 4 Eingängen für Bodentemperaturfühler, sowie einem Messkanal für eine Niederschlagswippe. Die Messfühler wurden analog zu dem in Abb. 4 dargestellten Schema bis in eine Tiefe von 250 cm eingebracht.



Abb 5: Neuaufforstung „Viehweide Ollersdorf“: Messpunkt in einer Eschensgruppe

Die Messungen wurden im Spätsommer 1999 aufgenommen. Zur Kontrolle werden in größeren Zeitabständen zusätzliche Bohrstockmessungen vorgenommen.

2.1.3.3 Messpunkt „Kiefernbestand KB“ in der „Großen Remise“

An dieser Station werden wie bei der Bodenfeuchtestation in Obersiebenbrunn (s.o.) sowohl die Saugspannungen, als auch der Wassergehalt bis zu einer Tiefe von 200 cm erfasst. Saugspannungen, Bodentemperaturen und Niederschläge werden mit einer „Soilmaster“-Station gemessen, der Wassergehalt wird mit einer automatischen Bodenfeuchtestation vom Typ „TRASE“ der Firma SOIL MOISTURE EQUIPMENT, (Santa Barbara, Kalifornien) laufend erfasst. Der Messpunkt selbst wurde etwa 20 m von einem Forstweg entfernt im Bestand nach dem in Abb. 4 dargestellten Schema eingerichtet. Zusätzlich wurde ein Grundwasserpegelrohr gesetzt und mit einem automatischen elektronischen Aufzeichnungsgerät der Marke „DIVER“ der Firma VAN ESSEN INSTRUMENTS, Delft (Holland) bestückt. Diese Daten werden durch monatliche Kontrollmessungen mit einem Lichtlot ergänzt; zusätzlich werden bei dieser Gelegenheit Grundwasserproben zur Nitratanalyse gewonnen und ins chemische Labor des IKT in Petzenkirchen verbracht.



Abb. 6: Messpunkt „Kiefernbestand“ mit Niederschlagsrinnen des Institutes für Waldbau

Das Messprogramm der „Soilmaster-Station“ und des Grundwasserpegels wurde mit Anfang November 1999 gestartet; die Wassergehaltsmessungen wurden im Dezember 1999 begonnen. Zusätzlich wurden vom Institut für Waldbau Regensammelrinnen aufgestellt.

2.1.3.4 Messpunkt „Eichenbestand EB“ in der „Großen Remise“

Diese Messstelle wurde innerhalb einer Versuchsfläche des Institutes für Waldbau der Universität für Bodenkultur eingerichtet und entspricht sowohl bezüglich der Instrumentierung als auch bezüglich der Anordnung der Messfühler dem Messpunkt „Neuaufforstung Ollersdorf“. Zusätzlich wurde an dieser Messstelle ein Führungsrohr zur Messung des Wassergehaltes mit einer Neutronensonde installiert.



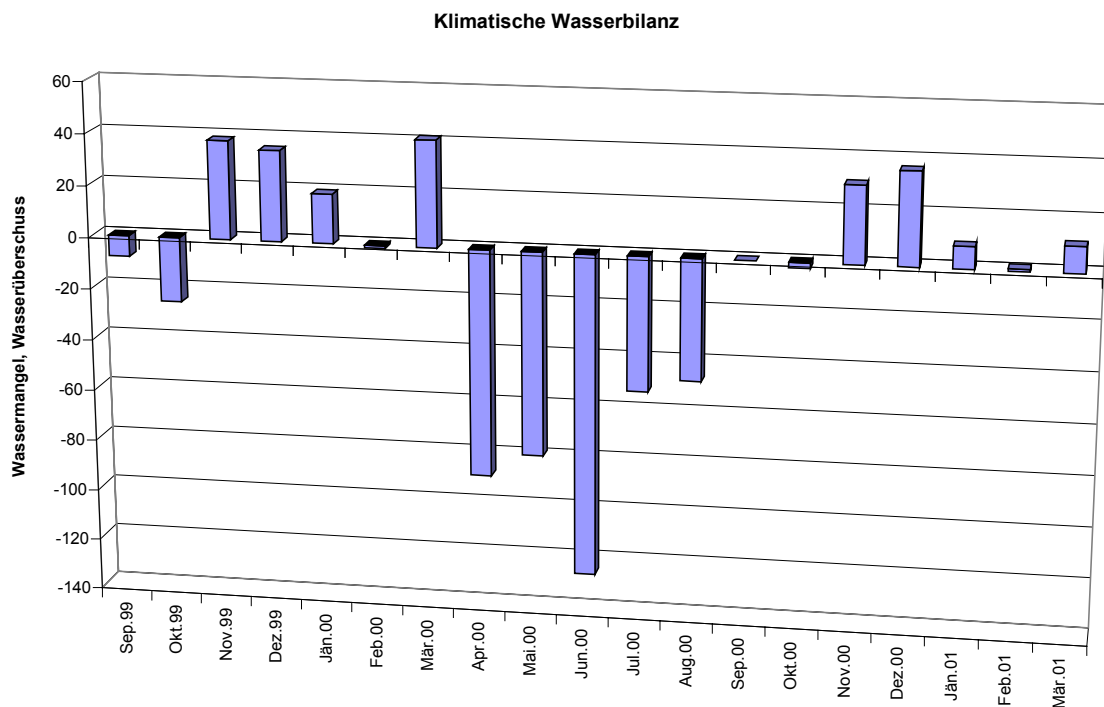
Abb. 7: Messpunkt „Eichenbestand“ mit Niederschlagsrinnen des Institutes für Waldbau

Das Messprogramm mit der „Soilmaster“-Station läuft seit Ende November 1999; für die zur Kontrolle der Gipsblockmessungen notwendigen Wassergehaltsmessungen wurden vertikale TDR-Fühler (mit 15, 30, 45 und 60 cm Länge) installiert, die anlässlich des monatlichen Datenträgerwechsels bei der „Soilmaster“-Station durchgemessen werden. Auf der Versuchsfläche befinden sich ebenfalls Niederschlagssammelrinnen des Institutes für Waldbau.

2.2 Messdatenauswertung

2.2.1 Niederschläge und Klimatische Wasserbilanz

Die Tageswerte der Witterungsdaten werden im Anhang aufgelistet; für die Beurteilung der Wettersituation aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist vor allem die klimatische Wasserbilanz von Bedeutung, die sich aus der Differenz zwischen den Niederschlägen und der „potentiellen Evapotranspiration einer Referenzoberfläche“ ergibt. Diese wird im vorliegenden Fall nach den von der FAO empfohlenen Regeln (s. ALLEN et al., 1998) mit den in Obersiebenbrunn gemessenen Wetterdaten berechnet. Das Ergebnis wird in Abb. 8 dargestellt und zeigt, dass bis Ende Oktober noch eine negative Bilanz gegeben ist, während ab der zweiten November-Dekade 1999 bis Ende März 2000 praktisch durchgehend eine positive klimatische Wasserbilanz mit einem Überschuss von insgesamt rund 110 mm vorliegt. Von März bis Oktober 2000 ergibt die Bilanz ein Minus von insgesamt 390 mm; erst ab November 2000 gibt es wieder einen Niederschlagsüberschuss von 86 mm.



b. 8: Monatliche Klimatische Wasserbilanz seit September 1999

Ab

Dieser (theoretische) Wasserüberschuss steht für die Auffüllung des Bodenspeichers bzw. im weiteren Verlauf zur Grundwasserneubildung zur Verfügung. Im Waldbestand steht jedoch deutlich weniger Wasserüberschuss wegen des geringeren Bestandsniederschlages zur Verfügung: wie Abb. 9 für die bisher vorliegenden Parallelmessungen des Niederschlages zeigt, ist die Interzeption im Kiefernbestand am

höchsten; aber auch im Eichenwald ist eine deutliche Verminderung des Niederschlages gegenüber dem Freiland-Niederschlag festzustellen.

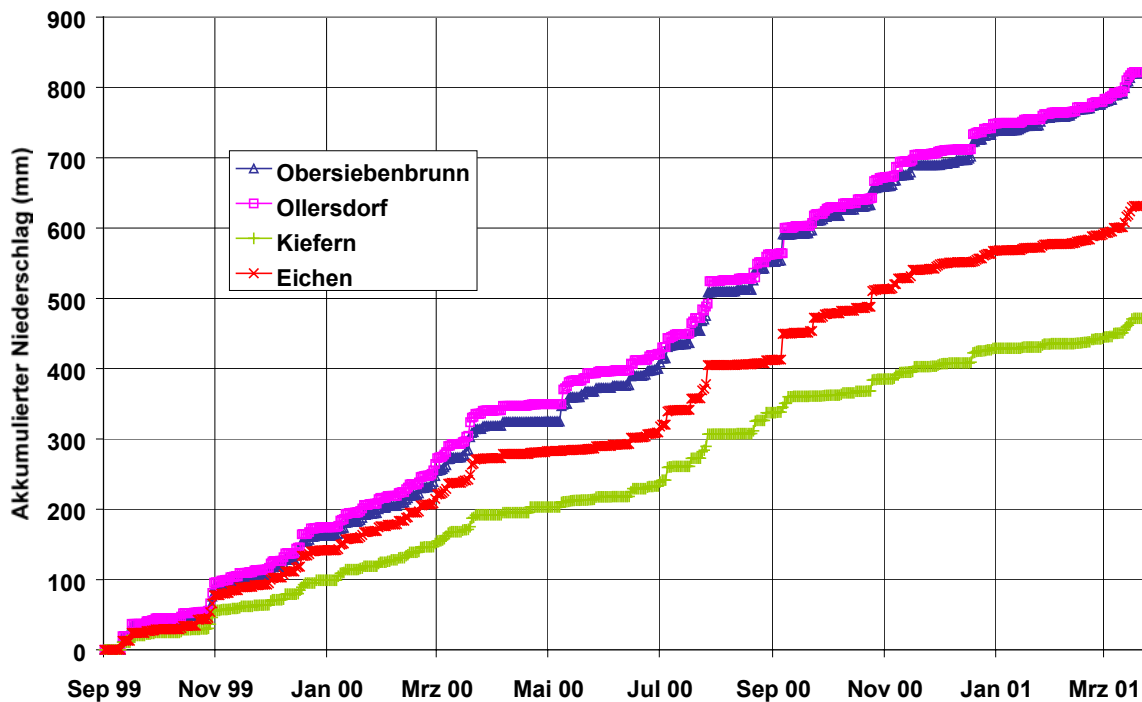


Abb. 9: Vergleich der Bestandsniederschläge mit dem Freiland-Niederschlag in Obersiebenbrunn und Ollersdorf

Mit dem Doppelsummenverfahren wurde die Konsistenz und Homogenität der Bestandesniederschläge untersucht. Wie Abb. 10 zeigt, verlaufen die Niederschlagsmessungen im Kiefernbestand homogen, während im Eichenbestand deutliche Abweichungen von der Ausgleichsgeraden festzustellen sind.

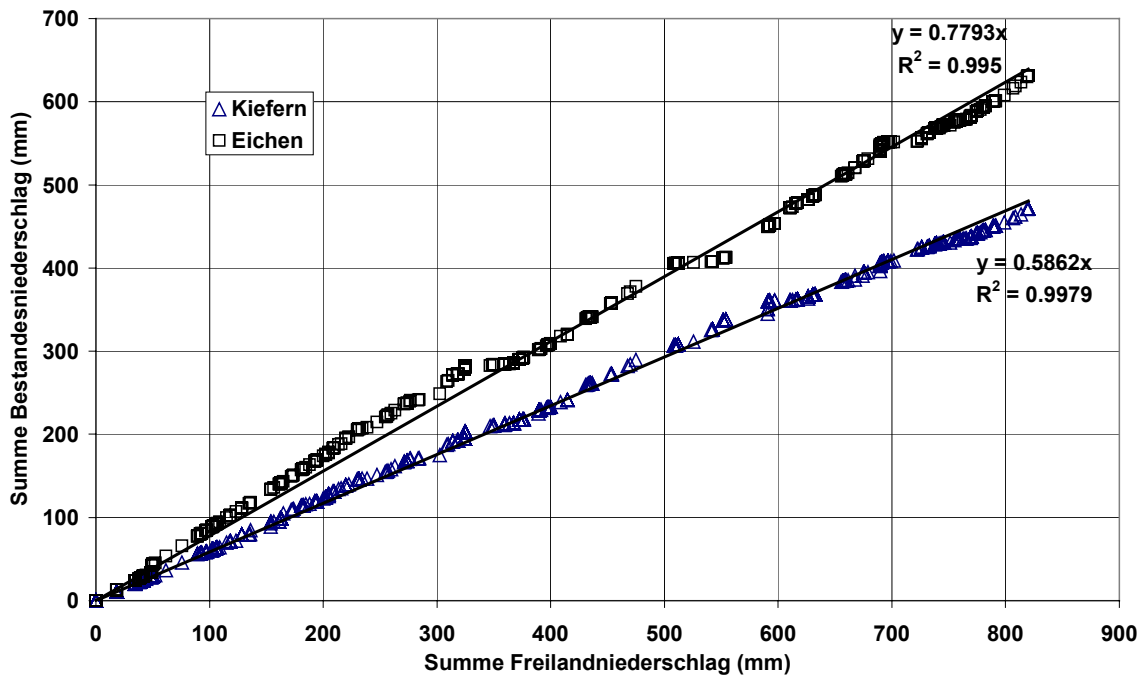


Abb. 10: Doppelsummenkurven auf Basis von Tageswerten Sept. 1999 - März 2001

Diese Inhomogenitäten ergeben sich durch den winterlichen Laubfall: eine getrennte Doppelsummenanalyse für das Winter- und Sommerhalbjahr (Abb. 11 und 12) zeigt,

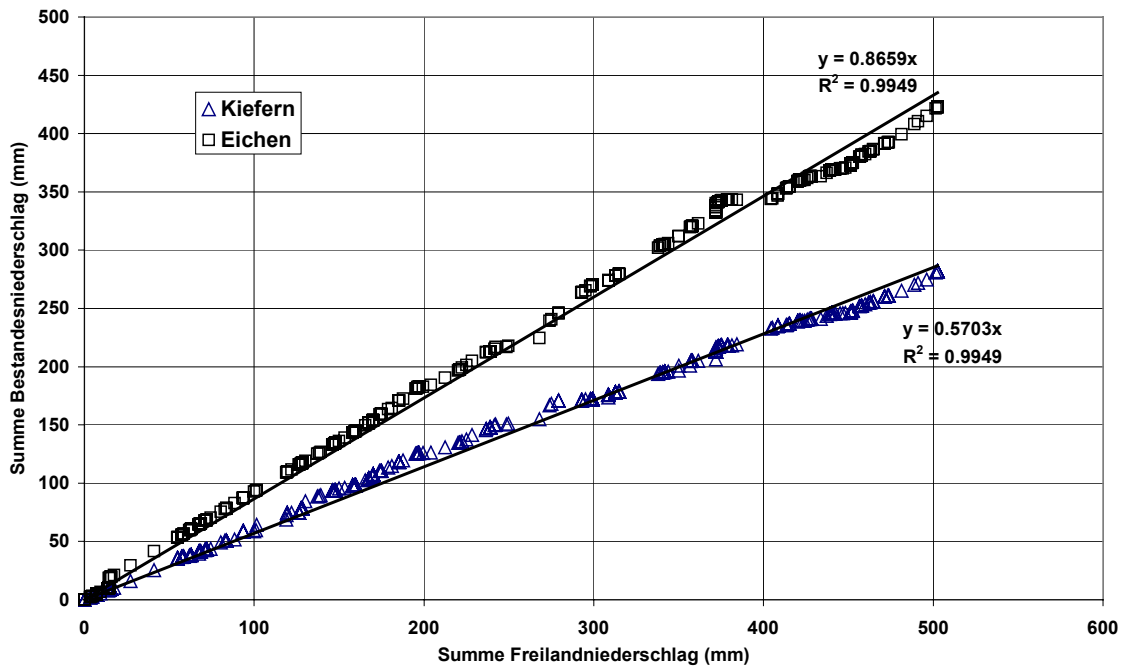


Abb. 11: Doppelsummenanalyse des Bestandesniederschlages der Winterhalbjahre (Oktober/März) 1999/2000 und 2000/2001

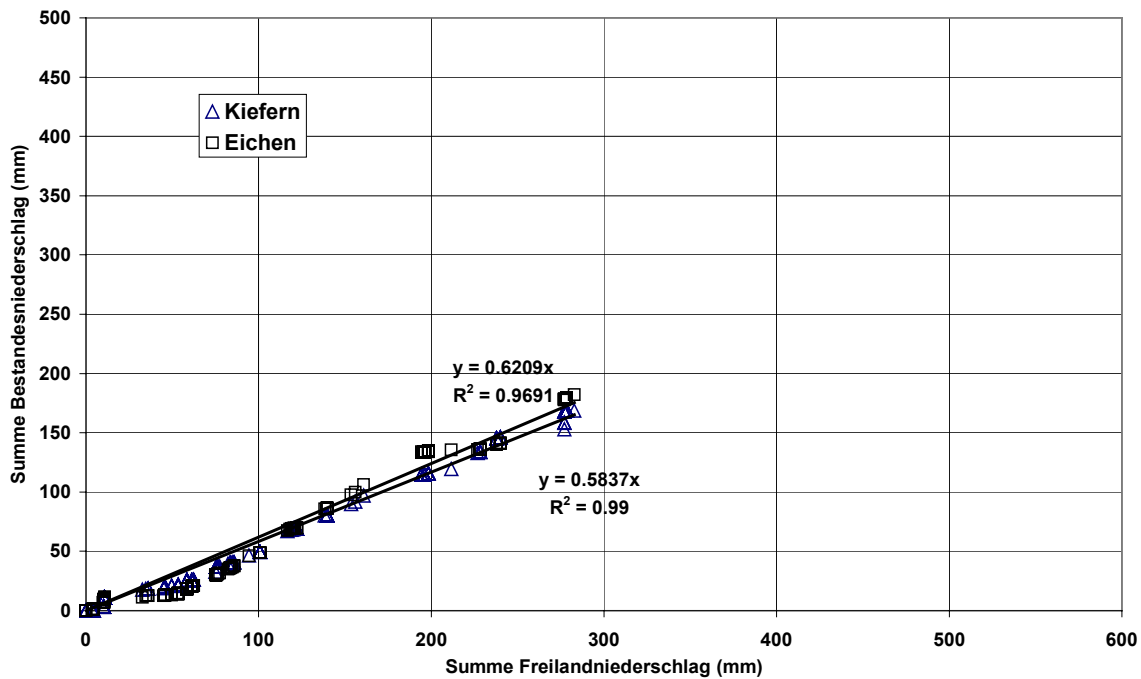


Abb. 12: Doppelsummenanalyse des Bestandesniederschlages des Sommerhalbjahrs (April – September) 2000

dass im Sommer die Interzeption beider Bestände vergleichbar ist (38 % bei Eiche, 42% bei Kiefer), während im Winter die Interzeption im winterkahlen Eichenbestand lediglich 13 % beträgt, bei Kiefer mit 43% auf gleicher Höhe wie im Sommer liegt.

2.2.2 Bodentemperaturen

Die Bodentemperaturmessungen sind einerseits für die Auswertung der Saugspannungsmessungen mit Gipsblöcken bzw. WATERMARK-Sensoren erforderlich (STENITZER, 1993), andererseits aber zeigen sie die Dauer der Schneebedeckung an: dies ist deutlich anhand der Bodentemperaturen in 10, 20 und 30 cm zu erkennen (Abb. 13 bis 18): von Ende Dezember 1999 bis 25. Januar 2000 bleiben die Temperaturen in Obersiebenbrunn, in Ollersdorf und im Eichenbestand infolge der isolierenden Wirkung der Schneedecke auf nahezu konstanter Höhe; im Kiefernbestand ist dies wegen der hohen Interzeption lediglich kurzzeitig der Fall. Weiters zeigen die Temperaturmessungen die Eindringtiefe des Frostes an: sie liegt bei allen Standorten im Winter 1999/2000 bei etwa 20 cm Tiefe, im Winter 2000/2001 jedoch nur bei 10 cm Tiefe. Die mittlere Bodentemperatur (s. Tab. 1) liegt am Ackerstandort am höchsten und im Kiefern- und Eichenbestand am niedrigsten.

Tab 1: Mittlere Bodentemperaturen (°C) von Januar 2000 – März 2001

Tiefe (cm)	OBSG	OLLDF	KIEFERN	EICHEN
10	4,5	3,5	3,0	3,0
20	4,0	3,0	2,5	2,5
30	3,5	2,5	2,0	2,0

10	9.6	10.2	10.0	10.0
20	10.4	10.6	10.4	10.4
30	10.9	10.8	10.6	10.6
50	11.1	10.7	10.7	10.7
100	11.2	10.9	10.8	10.7
150	11.3	11.2	10.8	10.9
Mittel	10.8	10.7	10.6	10.6

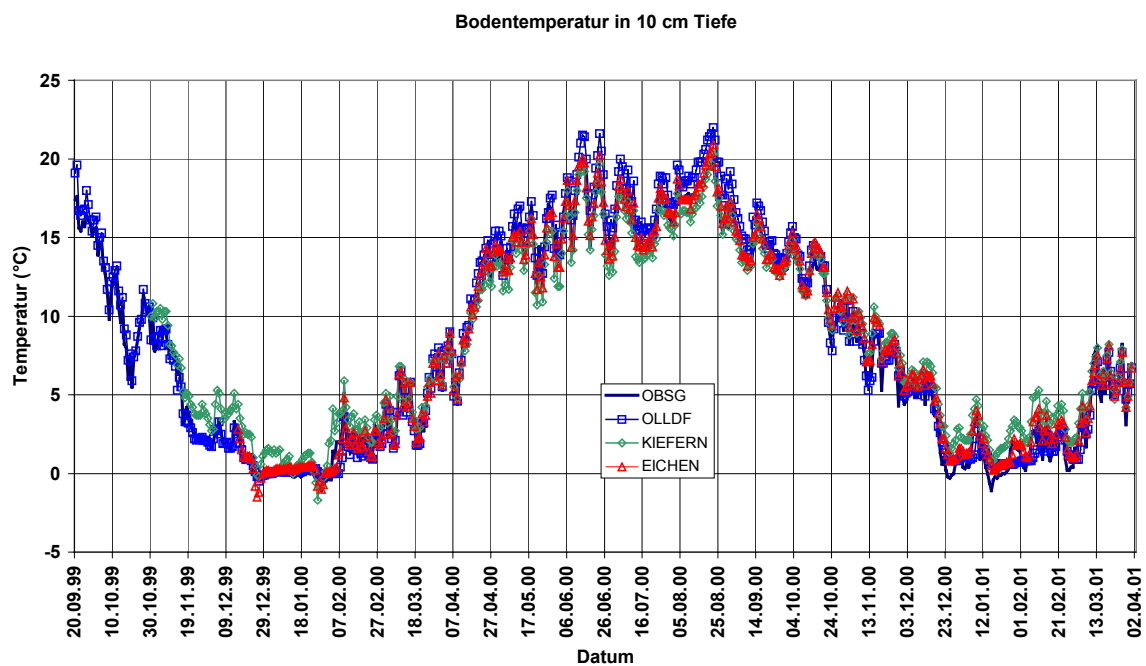


Abb.13: Vergleich der Bodentemperaturen in 10 cm Tiefe

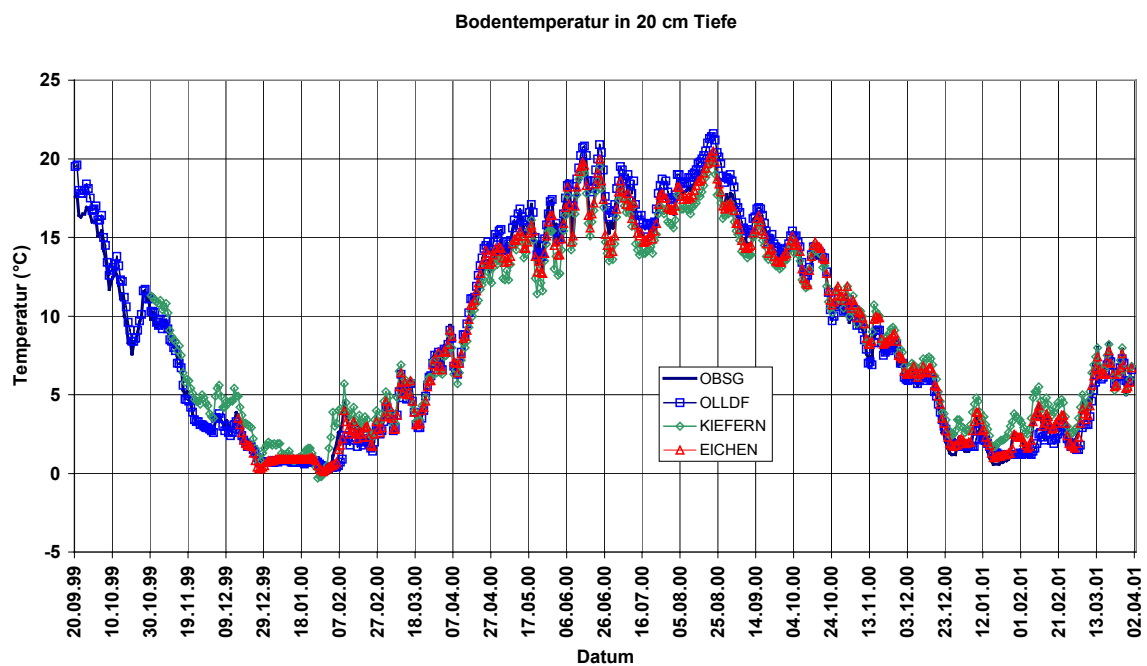


Abb. 14: Vergleich der Bodentemperaturen in 20 cm Tiefe

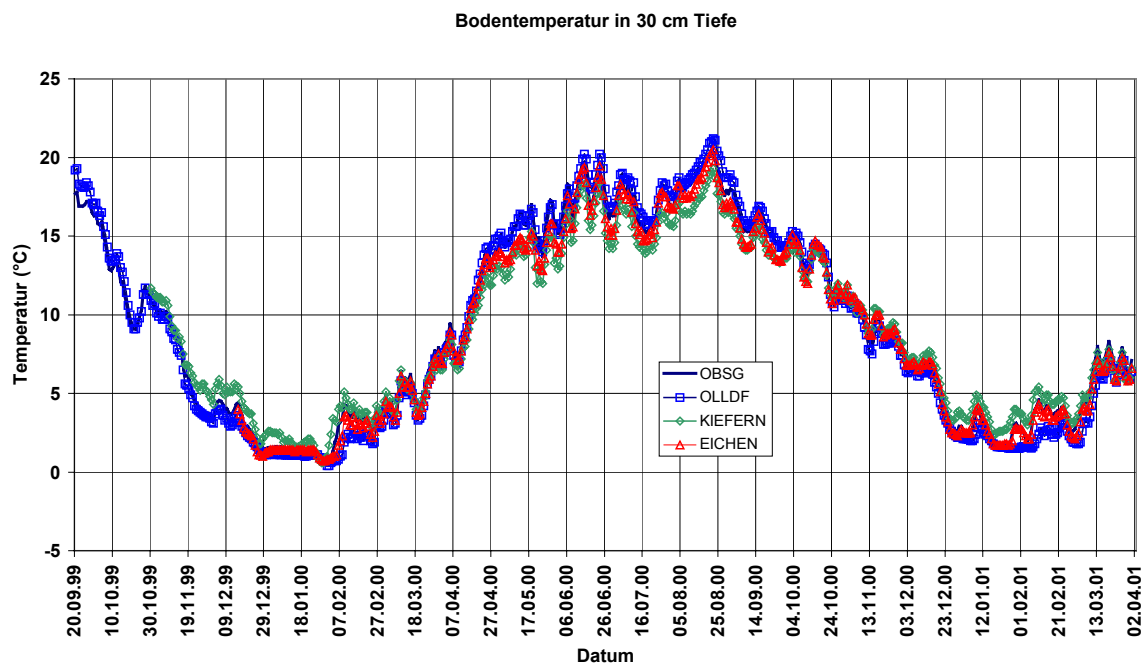


Abb. 15: Vergleich der Bodentemperaturen in 30 cm Tiefe

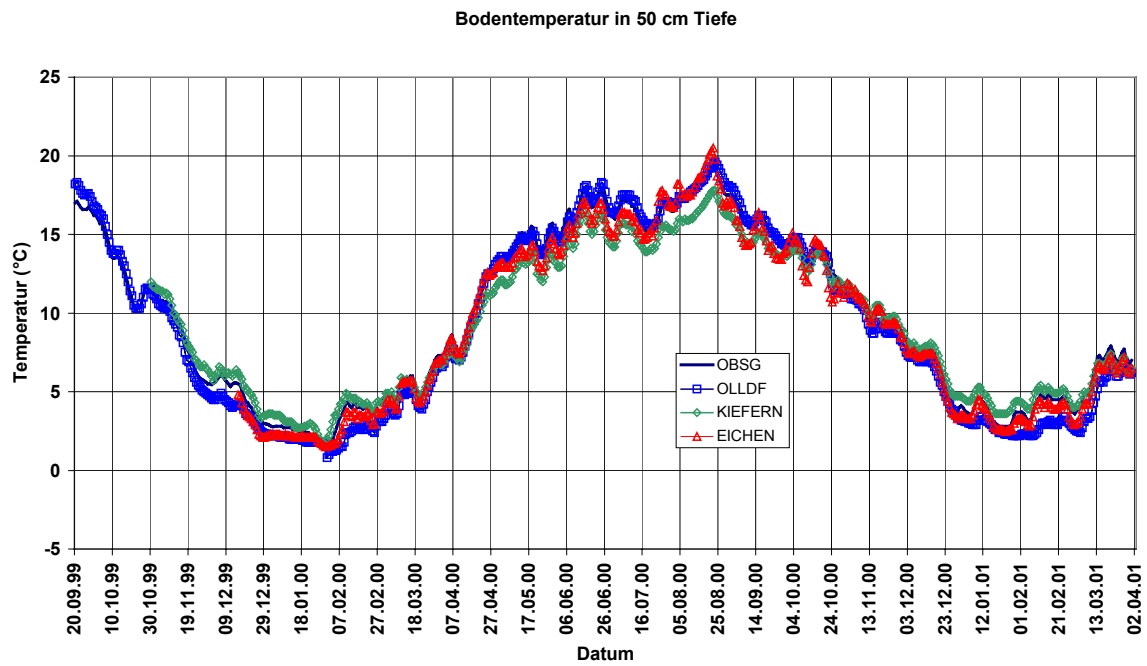


Abb. 16: Vergleich der Bodentemperaturen in 50 cm Tiefe

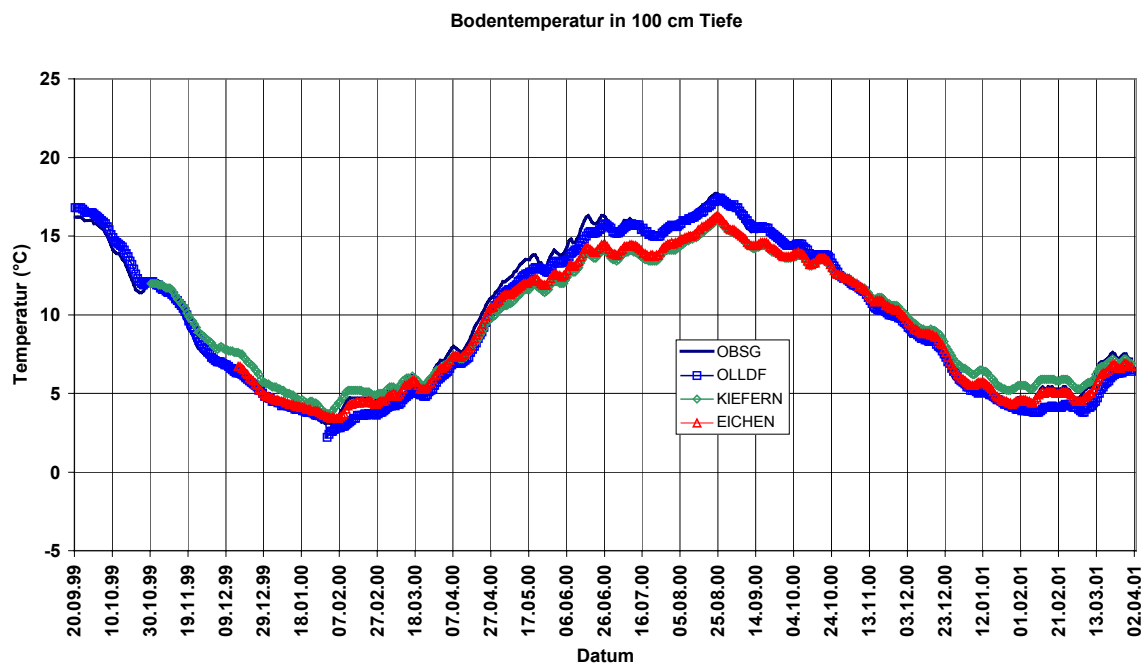


Abb. 17: Vergleich der Bodentemperaturen in 100 cm Tiefe

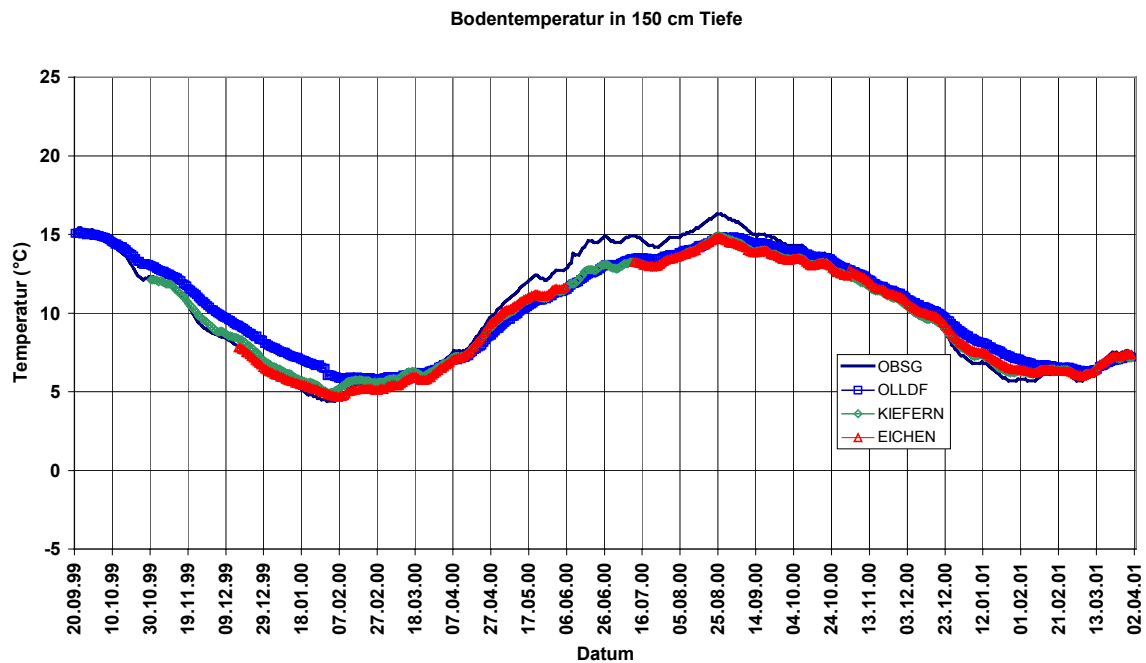
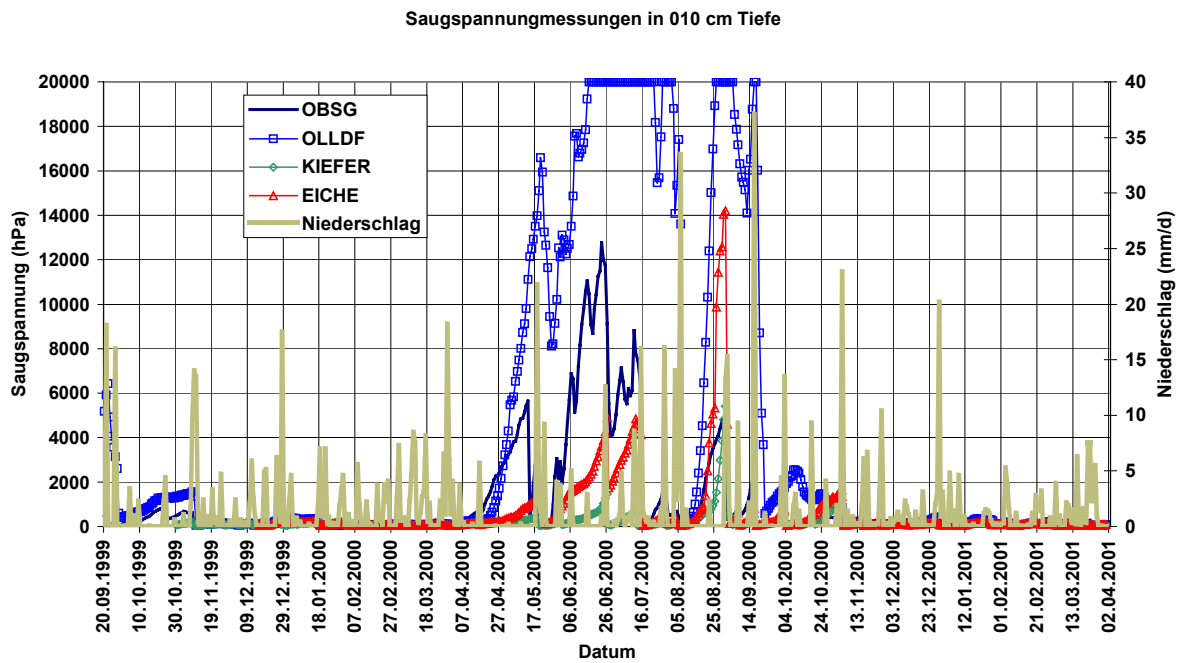


Abb. 18: Vergleich der Bodentemperaturen in 150 cm Tiefe

2.2.3 Saugspannungsmessungen

In den folgenden Abbildungen 19 bis 23 werden beispielhaft die zeitlichen Verläufe der Saugspannung in vergleichbaren Bodentiefen der untersuchten Standorte zusammen mit dem in Obersiebenbrunn gemessenen Niederschlag dargestellt: dabei ist deutlich die zeitlich verschobene Anfeuchtung der tieferen Bodenschichten sowie die tiefere Durchwurzelung der Standorte Neuaufforstung Ollersdorf und des Eichenbestandes erkennbar.



b. 19: Saugspannungsverlauf in 10 cm Tiefe

Ab

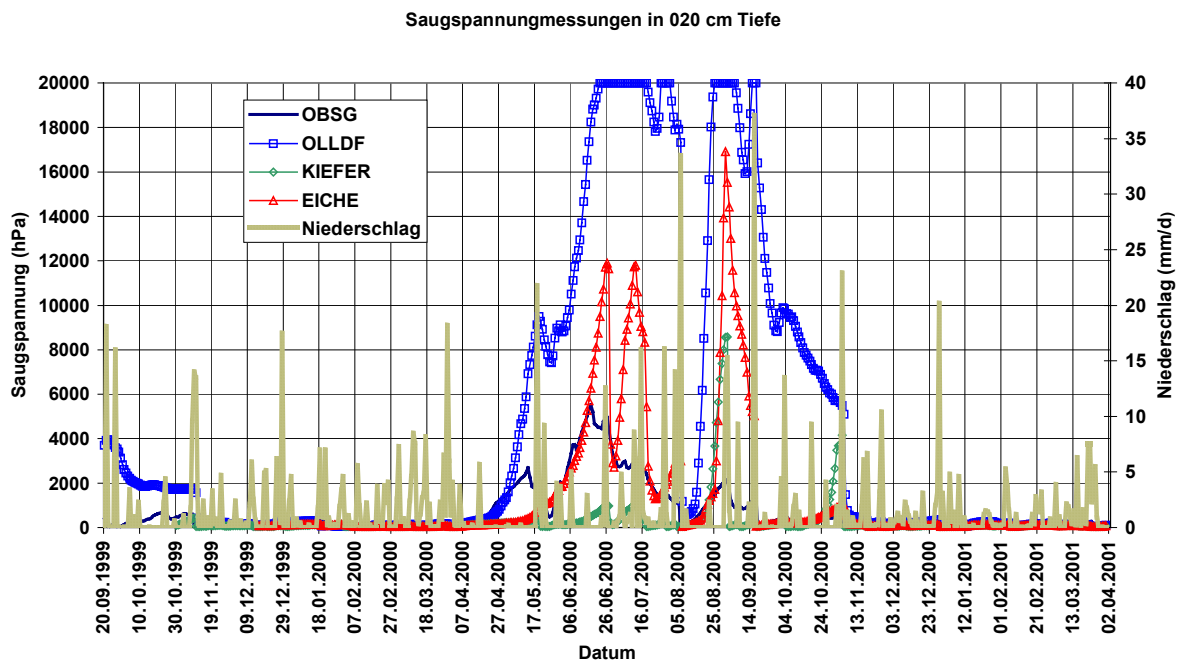


Abb. 20: Saugspannungsverlauf in 20 cm Tiefe

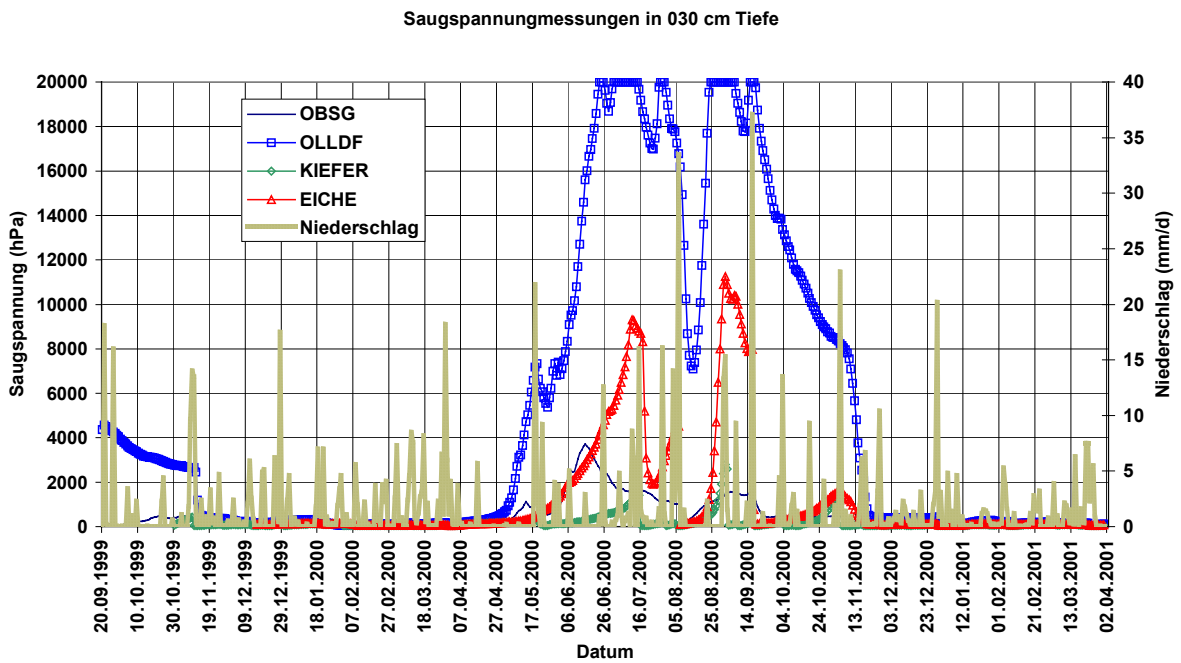


Abb. 21: Saugspannungsverlauf in 30 cm Tiefe

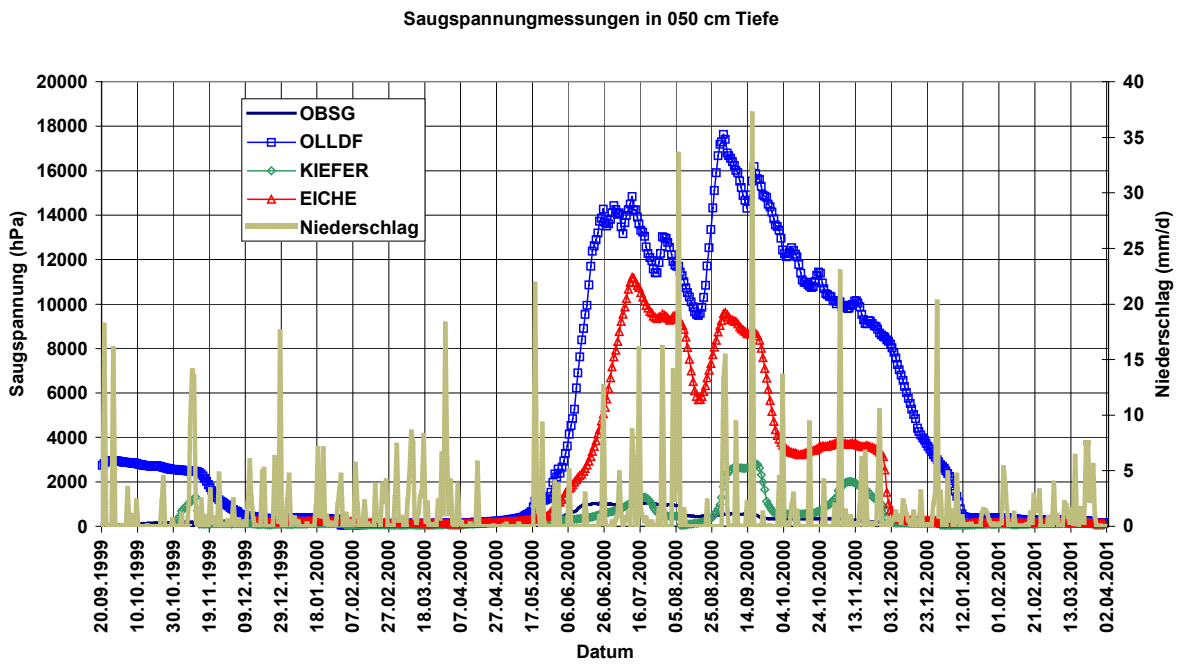


Abb. 22: Saugspannungsverlauf in 50 cm Tiefe

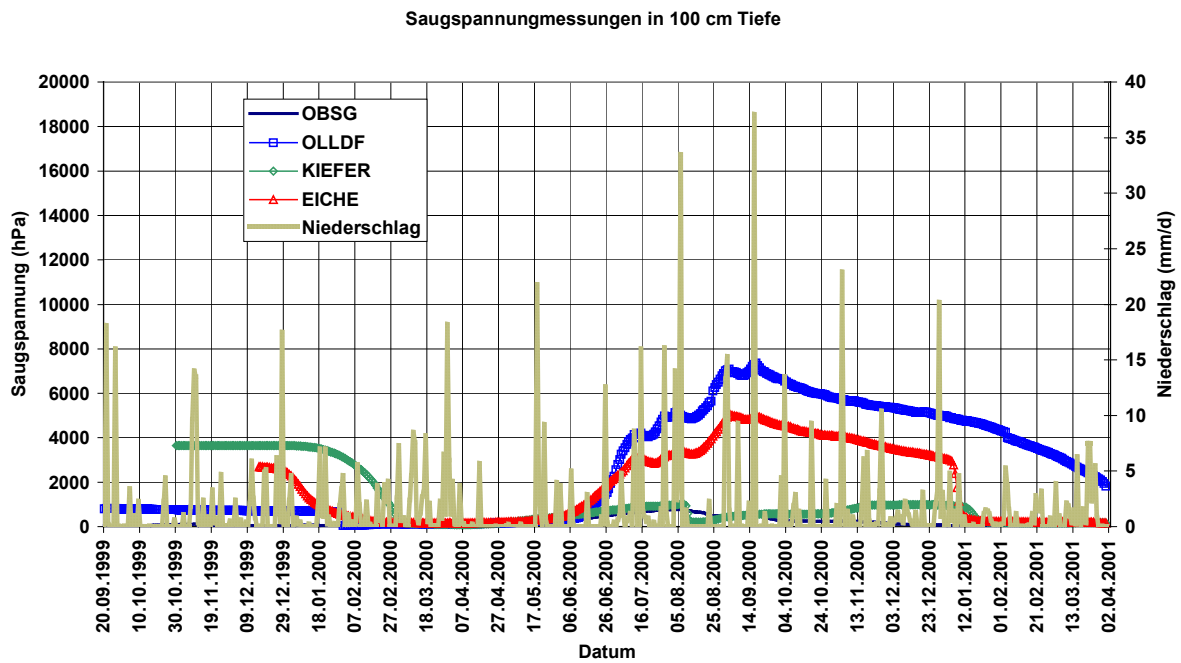


Abb. 23: Saugspannungsverlauf in 100 cm Tiefe

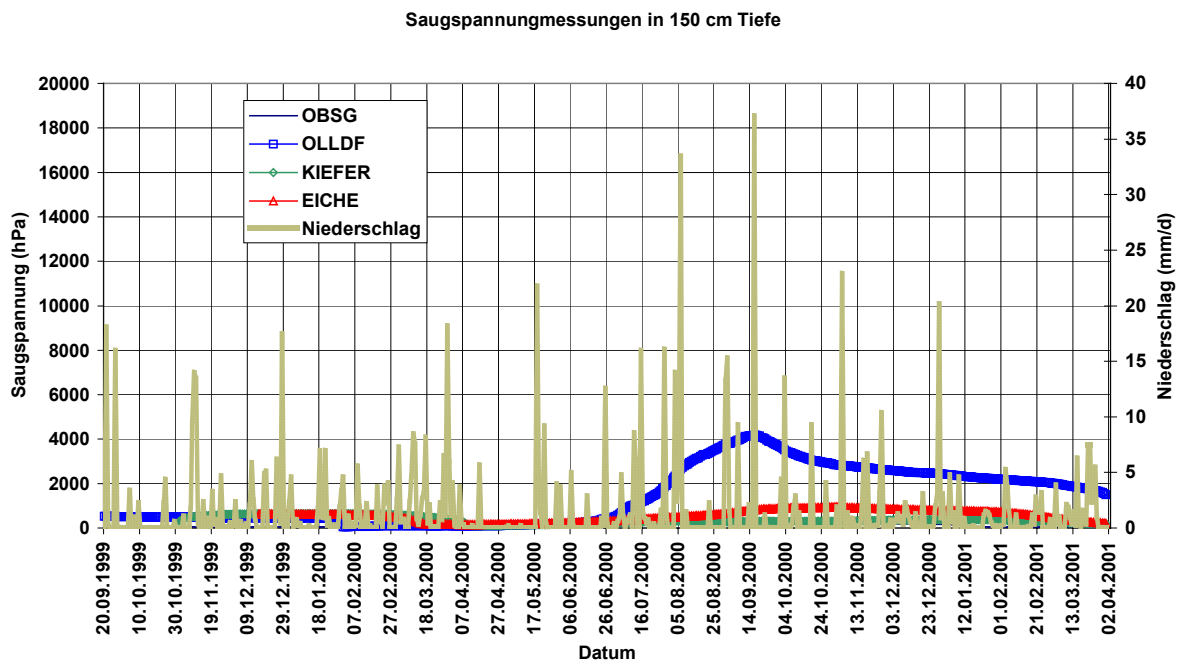


Abb. 24: Saugspannungsverlauf in 150 cm Tiefe

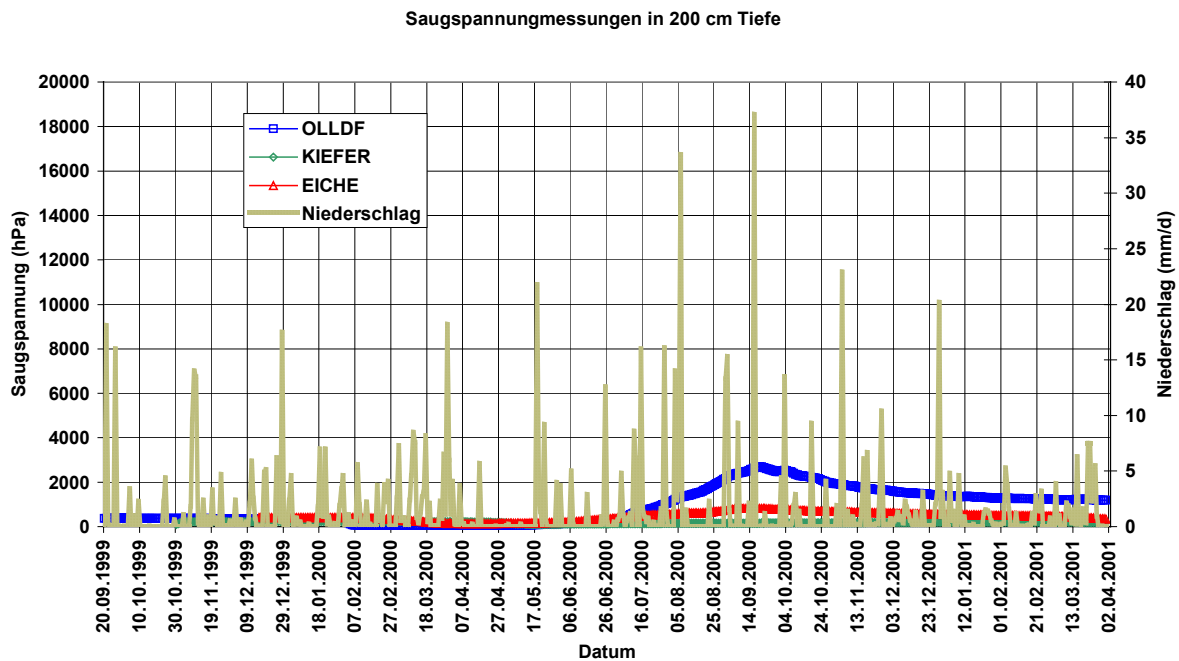


Abb. 25: Saugspannungsverlauf in 200 cm Tiefe

Die Saugspannungsmesswerte sind im Anhang aufgelistet.

2.2.4 Wassergehaltsmessungen

An den Messstellen OMSG und KIEFERN werden die Wassergehalte mit der TDR-Methode laufend gemessen, während an den Messpunkten OLLDF und EICHEN der Bodenfeuchteverlauf aus den Saugspannungen und sporadischen Kontrollmessungen des Wassergehaltes nach dem im Anhang des 4. Zwischenberichtes beschriebenen Verfahren abgeleitet wird. Die folgende Abb. 26 zeigt den zeitlichen Verlauf der am jeweiligen Standort bis in eine Tiefe von 250 cm vorhandene Wassermenge. Deutlich erkennbar ist das sehr hohe Wasserspeichervermögen des Standortes OLLERSDORF mit der Eschenaufforstung. Auffällig ist auch die vergleichsweise geringe Wasserentnahme am Ackerstandort, welche auf einen schlecht entwickelten und früh räumenden Erbsenbestand zurückzuführen ist.

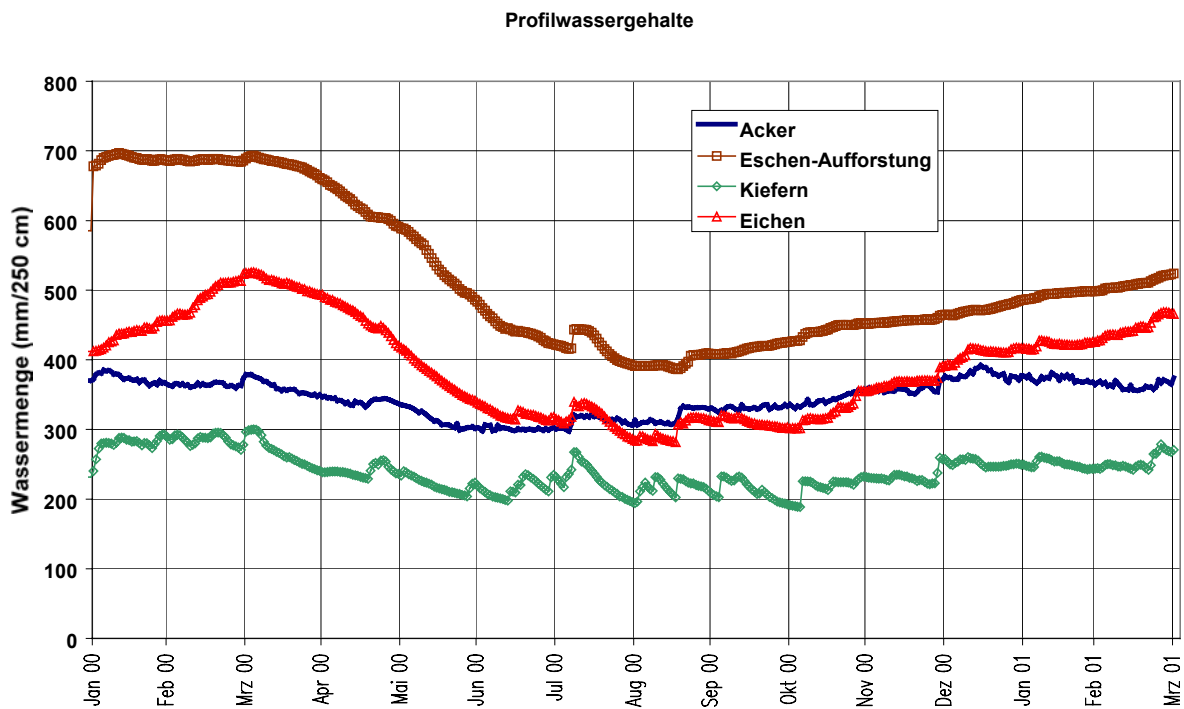


Abb. 26: Verlauf der Wassermengen in den Bodenprofilen der Messpunkte

Die Messwerte des Wassergehaltes bzw. die abgeleiteten Werte der Bodenfeuchte sind im Anhang aufgelistet.

2.2.5 Grundwasserstandsmessungen

In Abb. 27 werden die Grundwasserstände an der Messstelle OBGS in Obersiebenbrunn mit den Grundwasserständen im Kiefernbestand verglichen: an beiden Standorten ist ein Grundwasseranstieg etwa ab Mitte Januar 2000 festzustellen, der bis etwa Mitte April 2000 anhält. Danach beginnt der Grundwasserstand wieder zu sinken, wobei in

Obersiebenbrunn durch die Entnahmen für Beregnungen der Grundwasserstand stärker absinkt als im Kiefernbestand. Anfang Oktober 2000 erhöht sich der Grundwasserstand in Obersiebenbrunn durch seitlichen Zufluss wieder. Ab Dezember 2000 steigt der Grundwasserspiegel an beiden Messpunkten gleichermaßen an, wobei der Anstieg deutlich unter dem des Winters 1999/2000 bleibt. Die Messdaten werden im Anhang aufgelistet.

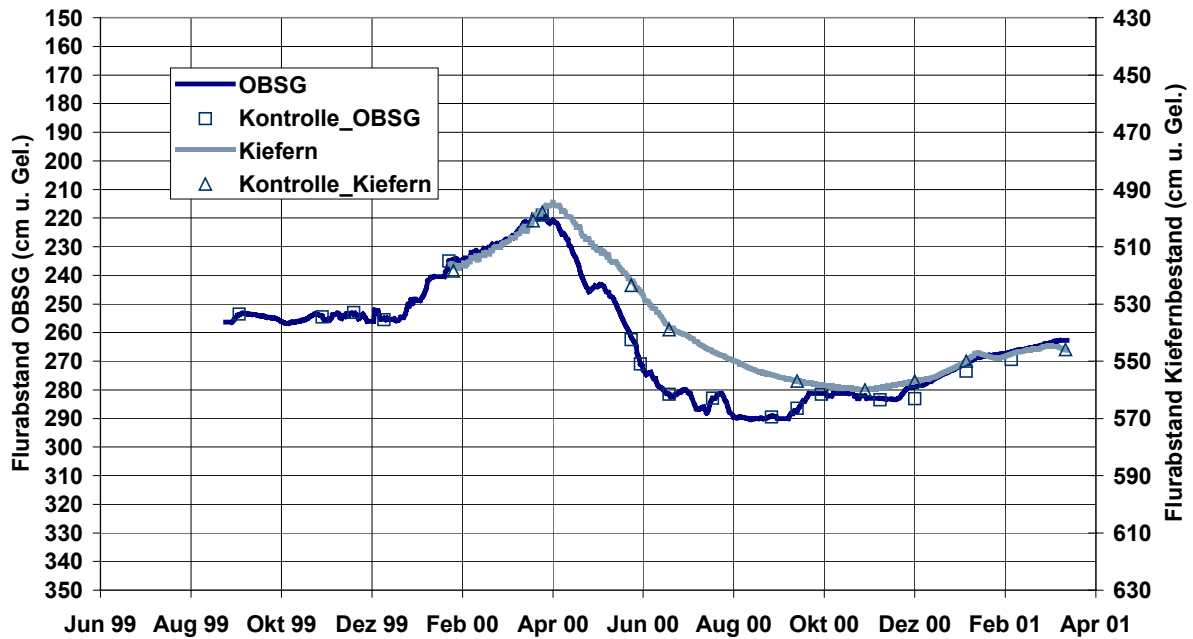


Abb. 27: Grundwasserstände am Versuchsfeld in Obersiebenbrunn und im Kiefern-bestand

2.3 Messdatenauswertung

2.3.1 Wasserbilanz

Durch die zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Wassergehaltsmessungen an den einzelnen Standorten kann bei Kenntnis der Niederschläge und der Grundwasserneubildung eine Wasserbilanz aufgestellt werden, denn unter den gegebenen Umständen ist mit keinem Oberflächenabfluss zu rechnen.

2.3.1.1 Niederschlag

Die Niederschläge der Ackerfläche werden in unmittelbarer Nähe der Bodenfeuchte-Messstelle gemessen, bei den Waldstandorten erfolgen die Messungen direkt über dem Messpunkt und ergeben den dort durchfallenden Niederschlag.

2.3.1.2 Grundwasserneubildung

Während sowohl am sehr tiefgründigen Standort „Aufforstung Viehweide“ als auch im tief durchwurzelten Eichenbestand keine Tiefensickerung zu erwarten ist, muß die Grundwasserneubildung am Ackerstandort und unter dem Messpunkt „Kiefernbestand“ aus dem Grundwassergang abgeleitet werden.

Die dabei zur Anwendung kommende Methode ist ausführlich im 2. Zwischenbericht zu diesem Projekt (STENITZER, 2000) am Beispiel der Forschungsstation WAGNA -des Institutes für Hydrogeologie und Geothermie der Joanneum Forschungsgesellschaft, Graz - im Leibnitzer Feld beschrieben. Die Auswertung des Grundwasserganges an der Messstelle OBSG wird durch den Pumpbetrieb für die Bewässerung des Versuchsfeldes, weiters durch die Auswirkung der Wasserentnahmen durch die Zuckerfabrik in Leopoldsdorf sowie durch den allgemeinen, sich über mehrere Jahre ziehenden Absenkungstrend erschwert, sodass die „natürliche“ Trockenwetterauslaufkurve nur anhand weniger Anhaltspunkte geschätzt werden kann. Die im 4. Zwischenbericht dargestellte Schätzung des nutzbaren Porenvolumens ergab mit den Messdaten des letzten Winters nunmehr einen Wert von 27 Vol-% für den Pegel am Versuchsfeld OBGS. Für den Pegel im Kiefernbestand wurde auf Basis von groben Schätzwerten ein nutzbares Porenvolumen von 14,5 Vol-% angenommen. Damit errechnete sich der in Abb. 28 dargestellte Verlauf der Sickerwassermenge unter den beiden genannten Messpunkten; die jeweiligen Monatssummen sind in Abb. 29 ersichtlich.

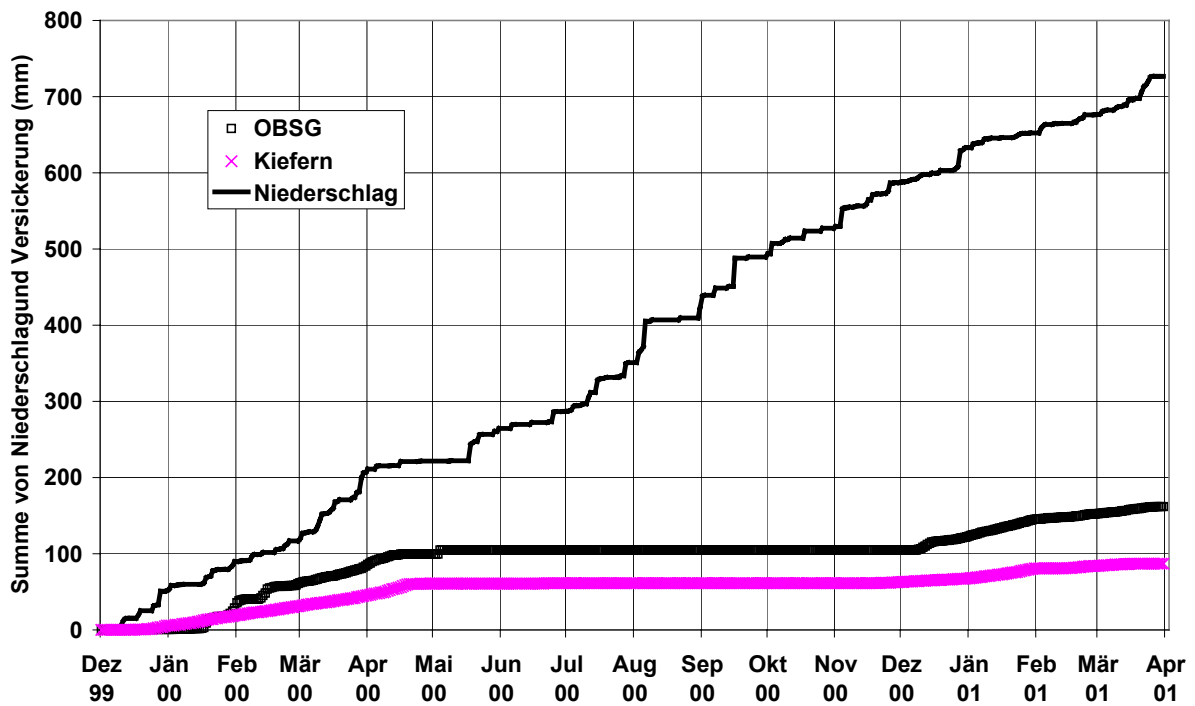


Abb. 28: Akkumulierte abgeleitete Grundwasserneubildung an den Standorten OBSG und KIEFERN

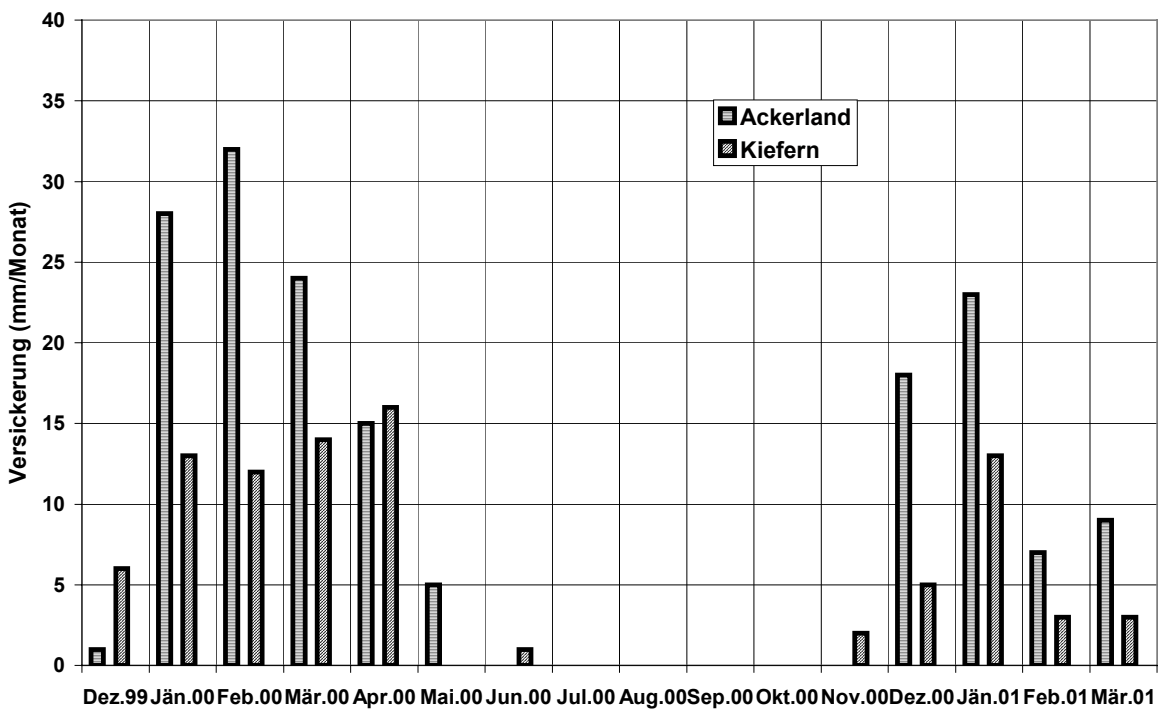


Abb. 29: Monatssummen der Grundwasserneubildung an den Standorten OBSG und KIEFERN

2.3.1.3 Evapotranspiration

Die aus der Bilanz zwischen Niederschlag, Bodenfeuchteänderung und Sickerwasserbildung errechnete aktuelle Evapotranspiration wird für die vier Standorte in Abb. 30 als Summenkurve gemeinsam mit der „potentiellen Verdunstung ET POT einer Referenzvegetation“ dargestellt.

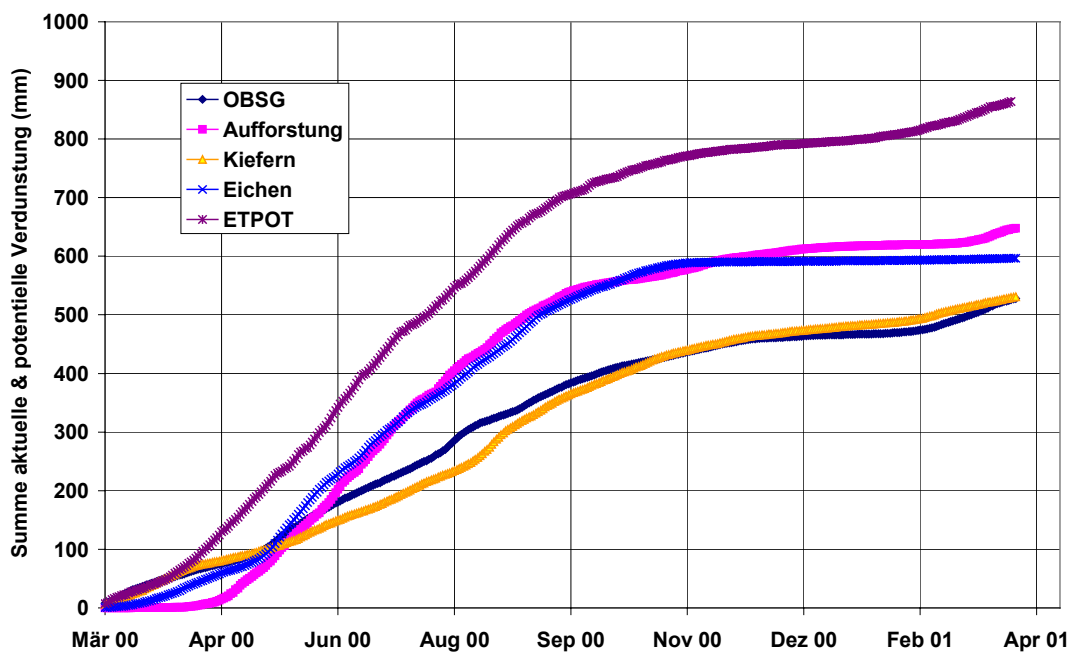


Abb. 30: Akkumulierte aktuelle Evapotranspiration an den Messpunkten, verglichen mit der potentiellen Evapotranspiration ET POT einer Grasfläche

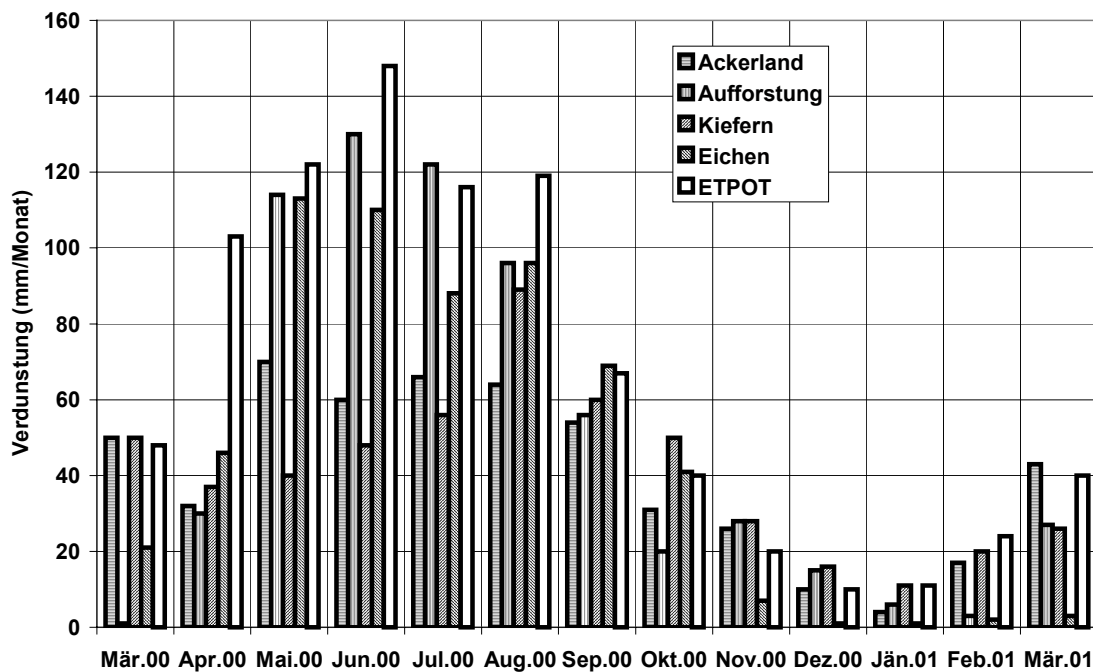


Abb. 31: Monatswerte der potentiellen und aktuellen Evapotranspiration

Der Vergleich sowohl der Gesamtsumme als auch der Monatswerte der aktuellen Verdunstung mit dem potentiellen Wasserbedarf zeigt, dass auf dem Ackerstandort und auch auf dem Kiefernstandort die aktuelle Evapotranspiration deutlich hinter der Referenzverdunstung ET POT zurückbleibt. Während beim Ackerstandort die geringe Verdunstung darauf zurückzuführen ist, der Messpunkt in einem schlecht entwickelten Erbsenbestand mit einer lediglich kurzen Vegetationsperiode lag, ist beim Kiefernstandort die aktuelle Verdunstung durch die geringen verfügbaren Bodenwasservorräte beschränkt. Auf dem Aufforstungsstandort mit dem sehr tiefen durchwurzelbaren Bodenprofil mit sehr hohem Speicherungsvermögen war die Deckung des Wasserbedarfes in den Monaten Mai bis inklusive Juli weitestgehend möglich. Bei insgesamt gleicher Gesamtverdunstung konnte auch der Eichenbestand mit vergleichsweise tiefer Durchwurzelung (siehe auch den Verlauf der Saugspannungen in 100 und 150 cm Tiefe) in den Monaten Mai und September den Wasserbedarf weitgehend decken, während die aktuelle Verdunstung in den übrigen Monaten der Vegetationszeit bei etwa 70 % der potentiellen Referenzverdunstung lag.

3) SIMULATIONSMODELLE

2.2.1) Kurzbeschreibung des Modells SIMWASER

Mit dem Modell SIMWASER werden die naturgesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen dem Bodenwasserhaushalt und dem Pflanzenwachstum mit den zugrundeliegenden Abhängigkeiten von Klima-, Pflanzen- und Bodenfaktoren mathematisch beschrieben und miteinander verknüpft. Bei der Aufnahme des Kohlendioxids über die Spaltöffnungen der Blätter eines Pflanzenbestandes wird durch die austrocknende Kraft der wasserungesättigten Luft laufend Wasserdampf aus dem Blattinneren entzogen. Dieser als „Transpiration“ bezeichnete Wasserverlust muß von den Pflanzenwurzeln aus dem Boden nachgeliefert werden. Der dazu erforderliche tägliche Wasserbedarf (potentielle Transpiration) hängt einerseits von der jeweiligen Witterung, andererseits von der jeweilig aktiven Blattfläche des Pflanzenbestandes ab. Die tatsächlich von den Wurzeln nachlieferbare Wassermenge, die sogenannte aktuelle Transpiration, hängt vom jeweils vorhandenen Wasservorrat im durchwurzelten Bodenraum ab. Sind die Wurzeln infolge der zunehmenden Ausschöpfung der Bodenwasservorräte nicht mehr in der Lage, den durch die Witterung vorgegebenen Wasserbedarf zu decken, so schließen sich die Spaltöffnungen, um einen übermäßigen Wasserverlust zu vermeiden. Dadurch wird jedoch gleichzeitig die Assimilation eingestellt, was eine entsprechende Wachstumseinschränkung zur Folge hat.

Die tägliche Bilanz zwischen Niederschlag, Evaporation von der Bodenoberfläche und Transpiration durch die Blätter ergibt die Randbedingung für die Wasserbewegung an der Profilogobergrenze bzw. für den Wasserentzug durch die Wurzeln in den einzelnen jeweils durchwurzelten Bodenschichten. Die Randbedingungen an der Untergrenze des betrachteten Profils werden von den Grundwasserverhältnissen bestimmt: Bei grundwasserbeeinflussten Standorten werden die Berechnungen über das gesamte Bodenprofil bis zur Grundwasseroberfläche durchgeführt, während bei einem grundwasserfernen Standort die letzte Schicht des Bodenmodells in einer Tiefe angesetzt wird, in welcher kein Einfluß des Wurzelentzuges zu erwarten ist.

Mit SIMWASER können grundsätzlich beliebige Fruchtfolgen über einen beliebig langen Zeitraum hindurch simuliert werden. Dabei wird nach dem in Abb. 6 dargestellten Schema generell zwischen den Zeitabschnitten von der Aussaat bis zur Ernte einer FRUCHTART „C“ und dem nach der Ernte bis zur Aussaat des nächsten FRUCHTFOLGEELEMENTES liegenden Abschnittes der „BRACHE“ unterschieden. Der Simulationsablauf wird als stark vereinfachtes Flußdiagramm in der Abb. 7 schematisch angedeutet. Das Schema zur Berechnung des täglichen Wasserverbrauches und des Pflanzenwachstums wird in Abb. 8 dargestellt; die dort angeführten Teilmodelle (=Unterprogramme) enthalten die wesentlichen Modellannahmen und werden nachfolgend näher erläutert. Eine ausführliche Erläuterung und Dokumentation ist bei

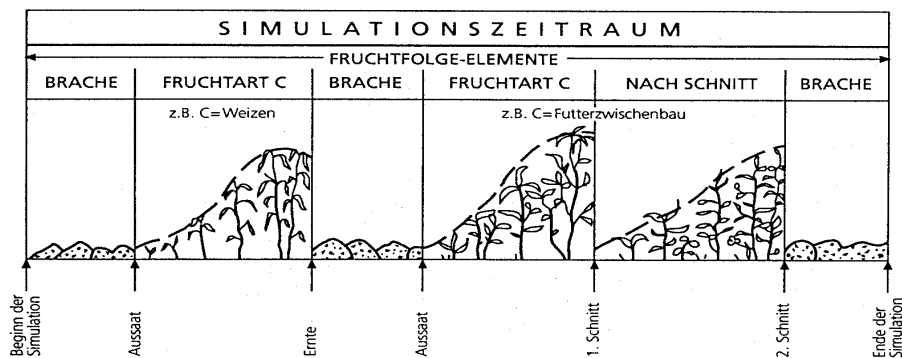


Abb. 6: Beispiel für die Unterteilung des Simulationszeitraumes in die Fruchtfolge-Elemente BRACHE, FRUCHTART C und NACH SCHNITT DER FRUCHTART C

STENITZER (1988) zu finden.

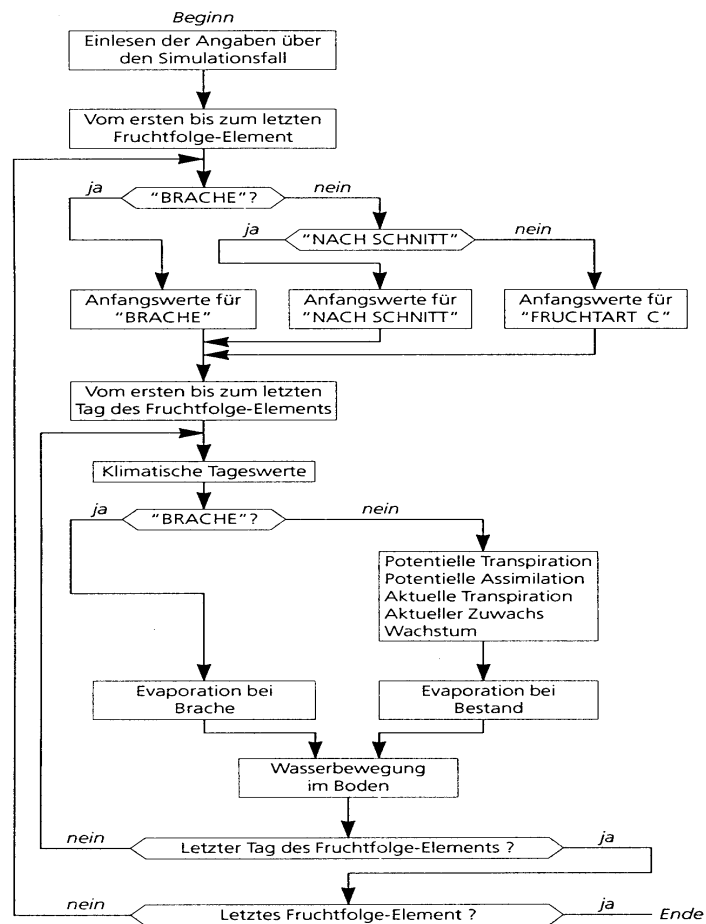


Abb. 7: Flußdiagramm des Berechnungsablaufes von SIMWASER bei der Simulation eines aus mehreren Fruchtfolge-Elementen zusammengesetzten Zeitabschnittes

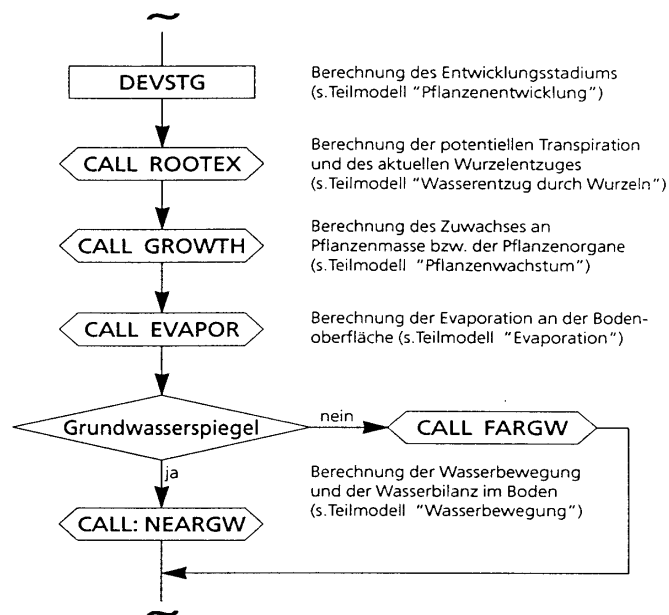


Abb. 8: Schema der Berechnung des täglichen Wasserverbrauchs und Pflanzenwachstums

Teilmodell "Pflanzenentwicklung"

Die Aufteilung der täglichen Assimilatbildung in ober- und unterirdische Pflanzenmasse bzw. zwischen den oberirdischen Pflanzenorganen hängt vom jeweiligen Entwicklungsstand der Pflanzen ab. Der Übergang von der vegetativen zur reproduktiven Pflanzenentwicklung ist für die Simulation von wesentlicher Bedeutung, weil damit die Ausbildung der Blattflächen beendet und das Tiefenwachstum der Wurzeln abgeschlossen wird. Erhöhte Empfindlichkeit für Wassermangel während der "Blüte" wird durch einen Stressfaktor berücksichtigt, der sich aus der durchschnittlichen "Relativen Transpiration" während dieser Periode ergibt. Der aktuelle Entwicklungsstand wird über die Ermittlung der aktuellen akkumulierten Summe der Wachstumstemperatur und ihrem Vergleich mit der entsprechenden, für die Reife erforderliche Summe („Riping-Faktoren“) ermittelt. Die zum Wachstum notwendige Basistemperatur und die zur Reife benötigte Wachstumstemperatursumme sind pflanzenspezifische Kenngrößen, die als Konstanten vorgegeben werden.

$$\text{Riping} = \sum (T_i - T_o) \cdot \text{DAYLG}$$

Gleichung 1

T_i

= mittlere Tagestemperatur $= (T_{\text{max}} + T_{\text{min}}) / 2$

T_o

= Basistemperatur

DAYLG

Tageslichtlänge

=

Bei SIMWASER wird die Pflanzenentwicklung in 10 Stadien unterteilt, wobei die Entwicklungsstadien

- 0.5 = "Auflaufen der Pflanzen",
- 5.0 = "Blüte" (= Beginn der reproduktiven Phase) und
- 10.0 = "Reife" (und damit das Ende der Transpiration)

bedeuten.

Teilmodell "potentielle Transpiration"

Die potentielle Transpiration eines Pflanzenbestandes wird aus der (aus Klimadaten abgeschätzten) potentiellen Evapotranspiration wie folgt abgeleitet:

$$ET_p = \frac{f_t \cdot Q + 0,864 \cdot H_o / r_a}{F_t + 1 + r_c / r_a}$$

ET_p = potentielle Evapotranspiration

F_t = Temperaturfaktor

Q = Strahlungsbilanz, ausgedrückt als Verdunstungsäquivalent

0.864 = Dimensionsfaktor

H_o = Sättigungsdefizit

r_a = aerodynamischer Widerstand

r_c = Bestandeswiderstand

Teilmodell "aktuelle Transpiration"

Die aktuelle Transpiration hängt von der Durchwurzelungstiefe, der Wurzellängendichte und dem Wassergehalt in den einzelnen Schichten des Wurzelbereiches ab. Für den Wurzelentzug in einer dieser Schichten gilt allgemein

$$WE = \frac{(\Psi_{Pfl} - \Psi_{Bod})}{(r_{Pfl} - r_{Bod})} \cdot WD \cdot H \cdot VF$$

- WE = Wurzelentzug
 Ψ_{Pfl} = Wasserpotential in der Pflanze
 Ψ_{Bod} = Potential des Bodenwassers
 r_{Pfl} = Widerstand der Pflanze
 r_{Bod} = Widerstand des Bodens
 WD = Wurzellängendichte in der Bodenschicht
 H = Höhe der Bodenschicht
 VF = Vernässungsfaktor

Der Vernässungsfaktor VF schwächt die Wurzelfunktion bei Sauerstoffmangel ab. Er ergibt sich aus dem Verhältnis des tatsächlich vorhandenen luftgefüllten Porenraums zu dem für die jeweilige Pflanzenart erforderlichen Luftgehalt in der jeweils betrachteten Bodenschicht:

$$VF(i) = \text{Funktion von } ((WSAT(i) - W(i)) / AIRMIN)$$

- $VF(i)$ = Abminderung infolge Vernässung in Schicht (i)
 $WSAT(i)$ = Sättigungswassergehalt (Vol%) in Schicht (i)
 $W(i)$ = aktueller Wassergehalt (Vol%) in Schicht (i)
 AIRMIN = für Pflanzenwachstum erforderlicher Mindestluftgehalt

Die tägliche Assimilation wird durch das Gewichtsmittel aller $VF(i)$ in der durchwurzelten Bodenzone beeinflusst:

$$VFM = \text{SUMME}(WLOGF(i) \cdot RDM(i)) / \text{SUMMERDM}$$

- VFM = durchschnittlicher Vernässungsfaktor im gesamten Profil
 $VF(i)$ = Vernässungsfaktor in Schicht (i)
 $RDM(i)$ = Wurzelmasse in Bodenschicht (i)
 SUMMERDM = gesamte Wurzelmasse im Profil

Die Wurzellängendichte hängt weiterhin ab von Eindringwiderstand als Funktion von Bodenart, Lagerungsdichte und Wassergehalt. Der maximale Wasserentzug durch die Wurzeln (WE) wird für jede Schicht gemäß angegebener Beziehung berechnet. Ist die

potentielle Transpiration geringer als der Wasserentzug, so wird der Wasserentzug schichtanteilig auf diese Menge reduziert.

Teilmodell "Assimilation und Pflanzenwachstum"

Die Assimilation pro Flächeneinheit eines bestimmten Pflanzenbestandes lässt sich aus der typischen "Lichtkurve eines Blattes" der betreffenden Pflanzenart als Funktion der Sonnenstrahlungsintensität und der Umgebungstemperatur unter Berücksichtigung der Lichtabschwächung innerhalb des Bestandes abschätzen. Die Aufteilung der neugebildeten Assimilate zwischen Wurzeln und Restpflanze, die Fläche der neugebildeten Blätter pro Gewichtseinheit des Blattzuwachses und der Anteil der abgestorbenen Blätter an der gesamten Blattfläche hängen vom jeweiligen Entwicklungsstadium ab. Der Stressfaktor für das empfindliche Entwicklungsstadium 4-6 errechnet sich aus der relativen Transpiration (ET_p / ET_a) in dieser Periode. Die Ermittlung der Pflanzenentwicklung, des Assimilathaushaltes (Photosynthese, Assimilation, Veratmung) und die Aufteilung der Assimilate zwischen Wurzeln und Restpflanzen ist bei STENITZER (1988) detailliert dargestellt.

Teilmodell "Evaporation des Bodens"

Im Falle einer Bracheperiode bzw. bis zu einem Entwicklungsstand von 0.5 ist der Boden direkt der Sonnenstrahlung ausgesetzt, so dass für die potentielle Bodenverdunstung gilt:

$$E_p = \frac{f_t \cdot Q + 0,864 \cdot H_o / r_a}{f_t + 1,0 + r_{ss} / r_a}$$

- E_p =potentielle Bodenverdunstung
- f_t =Temperaturfaktor
- Q =Nettoenergie, ausgedrückt als Verdunstungsäquivalent
- 0.864 =Dimensionsfaktor
- H_o =Sättigungsdefizit der Luft
- r_{ss} = Bodewiderstand
- r_a =aerodynamischer Widerstand

Die aktuelle Verdunstung von der Bodenoberfläche verringert sich gegenüber ihrem potentiellen Wert, wenn die oberste Bodenschicht austrocknet; sie wird als Funktion des Wassergehaltes der obersten Bodenschicht abgeschätzt.

Teilmodell "Interzeptionsverdunstung"

Fällt Niederschlag auf einen Pflanzenbestand, so wird nur ein Teil als durchfallender oder abtraufender Niederschlag die Bodenoberfläche erreichen. Der Rest verdunstet direkt von der Pflanzenoberfläche ohne Aufnahme durch die Pflanzen. Diese Interzeption ist bei dem hier verwendeten Ansatz abhängig von der Regenmenge und der jeweils gegebenen effektiven Blattfläche.

$$\text{effektive Blattfläche } \text{efflai} = 0.5 \cdot \text{BF}$$

$$\text{max. Interzeption } I_{\text{max}} = \frac{1.2 \times \text{efflai} \times 12}{1.2 \times \text{efflai} + 12}$$

$$\text{Kurvesteigung } I_{\text{kurv}} = 0.75 \times 0.1 \times \text{efflai}$$

$$\text{Interzeption } I = \frac{I_{\text{kurv}} \times N \times I_{\text{max}}}{I_{\text{kurv}} \times N + I_{\text{max}}}$$

BF=Blattflächenindex (m²/m²)

N=Niederschlag (mm/d)

Teilmodell "Wasserbewegung"

Bei der Berechnung der Wasserbewegung innerhalb des betrachteten Bodenprofils (s. Abb. 9) wird generell zwischen „grundwasserfernen“ und „grundwassernahen“ Standorten unterschieden, wobei im ersten Fall angenommen wird, daß infolge eines grobporigen Untergrundes eine Versickerung in diesen stattfindet, jedoch kein kapillarer Aufstieg aus diesem in das Bodenprofil möglich ist.

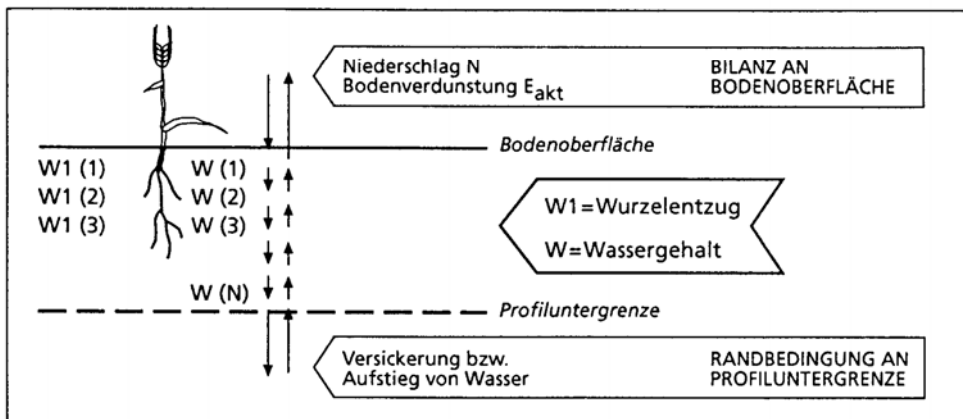


Abb. 9: Schema der Wasserbewegung und ihrer Bestimmungsgrößen

Die Wasserbewegung zwischen den einzelnen Schichten des Profils wird nach dem Ansatz von DARCY als Funktion der kapillaren Leitfähigkeit und des Potentialgefälles für Zeitschritte berechnet, die derart gewählt werden, daß eine Wassergehaltsänderung in einer Schicht 0.1 Vol-% nicht überschreitet. Die Anwendung der DARCY-Gleichung zur Erfassung der instationären Wasserbewegung im ungesättigten Boden führt zu einer partiellen Differentialgleichung, die durch analytische Ansätze oder durch numerische Näherungen mit der Differenzenmethode gelöst werden kann. Bei SIMWASER wird der folgende vereinfachende Lösungsansatz verwendet: ausgehend von einer (im Gleichgewichtszustand befindlichen) Anfangswassergehaltsverteilung im Bodenprofil wird zunächst die dabei zwischen den einzelnen Schichten gegebene Filtergeschwindigkeit bestimmt.

$$V_i = \frac{(K_i + K_{i+1})}{2} \cdot \left(\frac{\Psi_{i+1} - \Psi_i}{Z_i} + 1 \right)$$

V_i = Filtergeschwindigkeit
 K_i, K_{i+1} = kapillare Wasserleitfähigkeit in den Schichten i, i+1
 Ψ_i, Ψ_{i+1} = Matrixpotential in den Schichten i, i+1
 Z_i = Abstand der Schichtmitte i von Schichtmitte i+1

Dabei stellt V_i , die Filtergeschwindigkeit der an der unteren Begrenzung der Schicht i abfließenden oder aufsteigenden Wassermenge dar, welche gleichzeitig die an der oberen Begrenzung der nächsten Schicht i + 1 zu- oder abfließende Wassermenge ist. Mit der Bedingung, daß die Wassergehaltsänderung pro "Zeitschritt" in einer Schicht 0,1 Vol.-% nicht überschreiten darf, wird für jede Schicht der dort zulässige Zeitschritt berechnet:

$$t_i = 0,1 \cdot (\text{ABS}(X - V_i) / h_i)$$

t_i = zulässiger Zeitschritt bei Schicht i (Tag)
 X = Wasserbewegung an Obergrenze der Schicht i (mm/Tag)
 V_i = Wasserbewegung an Untergrenze der Schicht i (mm/Tag)
 h_i = Mächtigkeit der Schicht i (dm)

Von allen "zulässigen" Zeitschritten $t_i = 1$ bis $t_i = n$ wird der kleinste Zeitschritt Δt ausgewählt, mit welchem die Berechnung der Wassergehaltsänderung in den einzelnen Schichten durchgeführt wird. Dabei gilt für die Wasserbilanz Q_o an der Bodenoberfläche

$$Q_o = N - E_{\text{akt}}$$

Q_o = Wasserbilanz
 N = Niederschlag
 E_{akt} = Bodenverdunstung

und weiter für die oberste Bodenschicht $i = 1$

$$q_o(i=1) = Q_o \cdot \Delta t$$

$$q_u(i=1) = V_i \cdot \Delta t$$

q_o =Wasserbewegung an Obergrenze der Schicht i

q_u =Wasserbewegung an Untergrenze der Schicht i

V_i =Filterschwindigkeit an Untergrenze der Schicht i

Für die weiteren Schichten gilt dann

$$q_o(i) = q_u(i-1)$$

$$q_u(i) = V_i \cdot \Delta t$$

Der „neue“ Wassergehalt am Ende des betrachteten Zeitabschnittes Δt ergibt sich mit

$$W_{i,\text{neu}} = W_{i,\text{alt}} + (q_o(i))/h_i$$

Die „neuen“ Werte des Matrix-Potentials und der kapillaren Leitfähigkeit, die sich aufgrund des geänderten Wassergehaltes ergeben, werden aus den zugeordneten Tabellen der Bodenkennwerte interpoliert und bei den im nächsten Zeitschritt durchgeführten Berechnungen verwendet. Diese werden jedoch nur solange durchgeführt, als die akkumulierte Summe der bisher berechneten Zeitabschnitte $\sum \Delta t \leq 1.0$ ist. Die genannten Berechnungen werden sowohl für den „grundwasserfernen“ als auch für den „grundwasserbeeinflussten“ Standort in gleicher Weise durchgeführt. Dabei wird der Umstand berücksichtigt, dass z.B. bei einem Wasserüberstau an der Bodenoberfläche infolge einer hohen Niederschlagsintensität der rechnerische Wassergehalt in den obersten Bodenschichten höher werden kann als das Porenvolumen in diesen Schichten: damit wird der Wassergehalt der Überstauschicht berücksichtigt. Das Matrix-Potential und die kapillare Leitfähigkeit werden dabei für den Fall der „Wassersättigung“ angenommen.

Bei der Berechnung der Wasserbewegung an der Untergrenze des betrachteten Profils bei einem „grundwasserfernen“ Standort ist nur eine Wasserversickerung in den Untergrund möglich. Dabei gilt für den Wasserfluss an der Profiluntergrenze während eines Zeitschrittes

$$v_o = K(n)$$

$$q = V_o \cdot \Delta t$$

V_o =Filtergeschwindigkeit an der Untergrenze der letzten Schicht

$K(n)$ =Kapillare Leitfähigkeit an der Untergrenze der letzten Schicht

2.2.2) Kurzbeschreibung des Modells SIMWASER_WALD

Mit dem Modell SIMWASER_WALD wird der Wasserhaushalt eines Waldbestandes als Funktion der täglichen Witterung, der gegebenen Boden- und Durchwurzelungsverhältnisse und der jeweils gegebenen Bestandesstruktur errechnet. Die tägliche Bilanz zwischen Niederschlag, Interzeption, Evaporation von der Bodenoberfläche und Transpiration durch die Blätter ergibt die Randbedingung für die Wasserbewegung an der Profilobergrenze bzw. für den Wasserentzug durch die Wurzeln. Die Randbedingungen an der Untergrenze des betrachteten Profils werden von den Grundwasserverhältnissen bestimmt: bei grundwasserbeeinflussten Standorten werden die Berechnungen über das gesamte Bodenprofil bis zur Grundwasseroberfläche durchgeführt, während bei einem grundwasserfernen Standort die letzte Schicht des Bodenmodells in einer Tiefe angesetzt wird, in welcher ein relativ geringer Einfluss durch den Wurzelentzug der Bäume anzunehmen ist.

Mit SIMWASER_WALD können beliebig lange Zeiträume simuliert werden, sofern die dafür benötigten täglichen Wetterdaten (Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung und Niederschläge) und bei grundwasserbeeinflussten Standorten die täglichen Flurabstände verfügbar sind. Dabei wird der Simulationszeitraum nach dem in Abb. 10 dargestellten Schema in Abhängigkeit vom jeweiligen Alter des untersuchten Waldbestandes in Entwicklungsabschnitte mit etwa gleichen Bestandeskennwerten (insbesondere Baumhöhe, Blattfläche und Wurzeltiefe) unterteilt.

Die typischen „Bestandeskennwerte“ der jeweiligen Entwicklungsabschnitte werden für eine (derzeit noch begrenzte) Anzahl unterschiedlicher Baumarten in einer Datei bereitgehalten bzw. laufend verbessert und ergänzt. Der Simulationsablauf erfolgt nach dem in Abb. 11 dargestellten Schema entsprechend der Vorgaben in einer „Projektsdatei“, welche die Angaben über die Bezeichnung des Standortes und die jeweiligen Kennziffern für die zu simulierenden Entwicklungsabschnitte sowie die Kalenderdaten des ersten und des letzten Tages der einzelnen Entwicklungsabschnitte enthält.

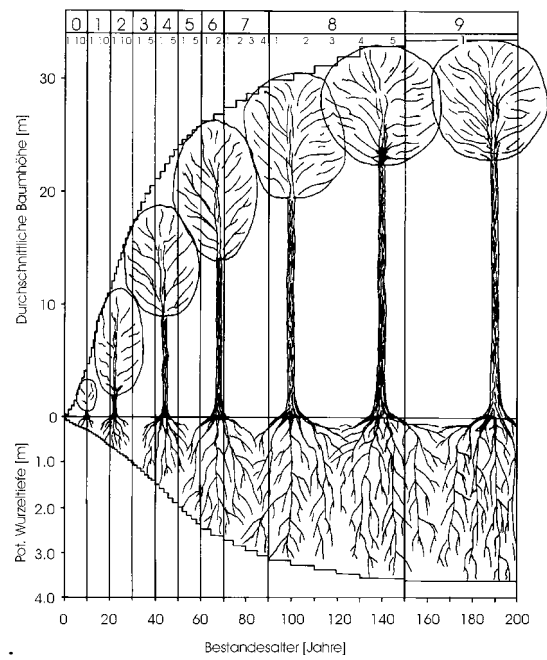


Abb. 10: Unterteilung des Simulations-Zeitraumes entsprechend der Entwicklungsabschnitte

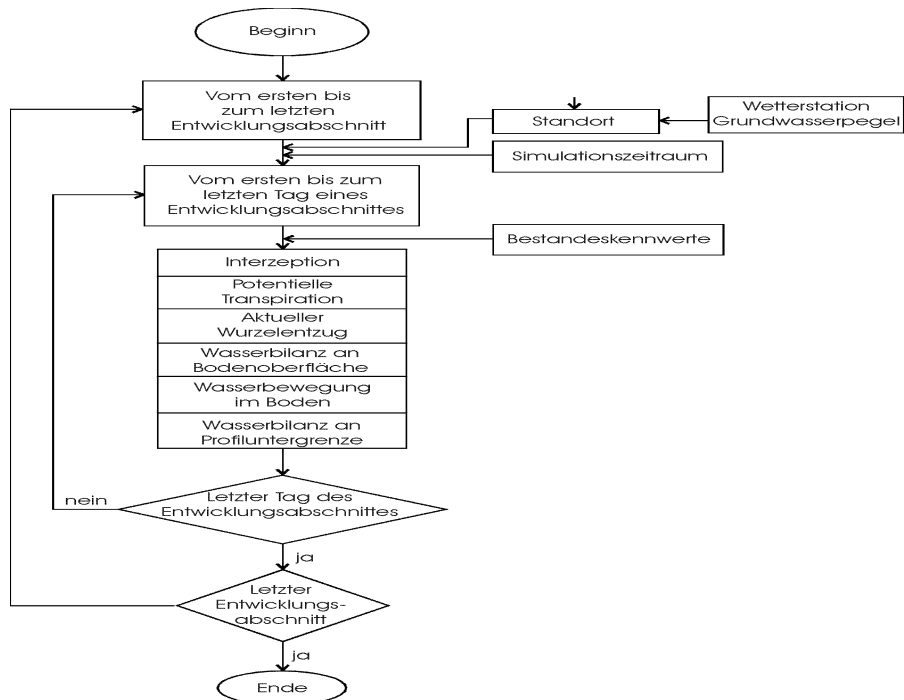


Abb. 11: Ablaufschema SIMWASER_WALD

Die vereinfachte Wasserbilanz beim Modell SIMWASER_WALD ist in Abb. 12 schematisch dargestellt. Die aktuelle Transpiration wird als Funktion der potentiellen Transpiration und der jeweiligen Bodenwasserverhältnisse ermittelt, wobei die potentielle Transpiration einen vom Ausmaß der grünen Blattfläche abhängigen Anteil der potentiellen Evapotranspiration des Waldbestandes beträgt. Die potentielle Evapotranspiration ET_p wird wie im Modell SIMWASER mit den täglichen Wetterdaten nach der PENMAN-MONTEITH-Formel abgeschätzt. Die potentielle Transpiration T_p wird entsprechend der Strahlungsabsorption durch die Blattfläche des Bestandes anteilmäßig wie folgt angesetzt:

$$T_p = ET_p \cdot (1 - E_{tot})$$

Gleichung 18

T_p = potentielle Transpiration
 ET_p = potentielle Evapotranspiration
 E_{tot} = Strahlungsabschwächungskoeffizient

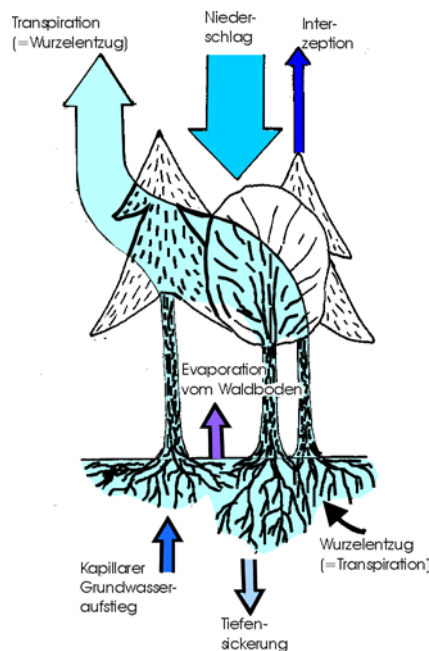


Abb. 12: Wasserbilanz bei SIMWASER_WALD

Die aktuelle Transpiration T_a ergibt sich aus dem Vergleich der potentiellen Transpiration mit dem potentiellen Wasserentzug durch die Baumwurzeln $SPWE$, der sich aus der

Summe der in den einzelnen durchwurzelten Bodenschichten (aufgrund der gegebenen Wurzelichte und des jeweiligen Wassergehaltes) möglichen Wurzelentzüge WE ergibt. Der Quotient aus dem möglichen Wurzelentzug und der potentiellen Transpiration ergibt die relative Transpiration R:

$$R = SPWE / T_p$$

Bei $R < 1$ entspricht der tatsächliche Wurzelentzug (und damit die aktuelle Transpiration T_a) dem möglichen Wurzelentzug; die aktuelle Transpiration bleibt unter dem potentiellen Wert. Ist jedoch (bei hohem Bodenwassergehalt und bei geringem Verdunstungsanspruch der Luft) die potentielle Transpiration kleiner als der mögliche Wurzelentzug, so muss der tatsächlich in Rechnung zu stellende Wurzelentzug entsprechend und schicht-anteilig verringert werden. Die potentielle Evaporation vom Waldboden wird als Funktion des bis zum Waldboden gelangenden Strahlungsanteiles geschätzt und mit dem durch die Diffusivität der obersten Bodenschicht gegebenen Nachlieferungsvermögen verglichen. Der jeweils kleinere Wert wird als aktuelle Evaporation angesehen. Die Interzeption wird in Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe und der Blattfläche nach den in Abb. 13 dargestellten Funktionen abgeschätzt; wobei jedoch die jeweils gegebene potentielle Evaporation von den Baumkronen PE nicht überschritten werden darf:

$$PE = \frac{f_t \cdot Q + 0,864 \cdot H_o / r_a}{f_t + 1 + 0,5 / r_a}$$

- PE = potentielle Interzeptionsverdunstung
- f_t = Temperaturfaktor
- Q = Strahlungsbilanz, ausgedrückt als Verdunstungsäquivalent
- 0.864 = Dimensionsfaktor
- H_o = Sättigungsdefizit
- r_a = aerodynamischer Widerstand
- 0.5 = Schätzwert

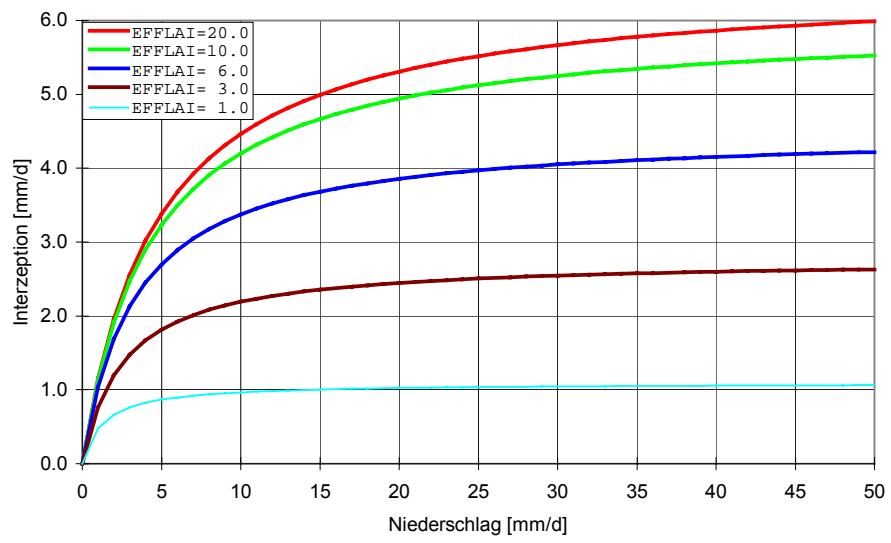


Abb. 13: Zusammenhang zwischen Niederschlag und Interzeption bei

unterschiedlichen Blattflächen (auszugsweise)

Die Berechnung der Wasserbewegung im Boden erfolgt analog wie beim Original SIMWASER-Modell (s. Kap. 2.2.1) nach dem Ansatz von Darcy als Funktion des Potentialgefälles zwischen zwei benachbarten Schichten und deren mittlerer kapillarer Leitfähigkeit.