

Inhalt

Vorwort	3
Verfasserinnen und Verfasser	6
Bilderverzeichnis	10
Tabellenverzeichnis	11
Hinweis für die Benutzung	13
Einleitung	13
1 Anwendungsbereich	14
2 Berechnung der Verdunstung von Landoberflächen mit täglicher oder höherer zeitlicher Auflösung	15
2.1 Grundlegende methodische Aspekte	15
2.2 Meteorologische Eingangsgrößen und Parameter	19
2.2.1 Übersicht über erforderliche Größen und Parameter	19
2.2.2 Strahlungsbilanz ebener und geneigter Flächen	22
2.2.3 Verdunstungswärme	24
2.2.4 Luftfeuchte	25
2.2.5 Windgeschwindigkeit	26
2.3 Der Penman-Monteith-Ansatz	29
2.3.1 Mathematische Formulierung	29
2.3.2 Bestandswiderstand	32
2.3.3 Aerodynamischer Widerstand	34
2.4 Der FAO-Ansatz zur Berechnung der Gras-Referenzverdunstung ET_0 als Standardwert	37
2.4.1 Bedarf an einem Referenzverfahren	37
2.4.2 Definition der Referenzbedingungen	38
2.4.3 Zeitschrittweite der Berechnung und meteorologische Eingangsgrößen	40
2.4.4 Mathematische Formulierung	42
2.4.5 Vereinfachter Ansatz als Ersatz für die Gras-Referenzverdunstung	46
2.5 Ansätze zur Berechnung der potenziellen Verdunstung ET_p	48
2.5.1 Einordnung der Berechnungsverfahren	48
2.5.2 Kombinationsverfahren von Penman	50
2.5.3 Verfahren mit Betonung des Strahlungsglieds	52
2.5.4 Weitere empirische Verfahren	54
2.5.5 Ergebnisvergleich verschiedener Verfahren	57
2.6 Umrechnung von ET_0 oder ET_p in die maximal mögliche Verdunstung ET_{pc} anderer Pflanzenbestände durch Bestandskoeffizienten	58
2.6.1 Ermittlung von Bestandskoeffizienten	58
2.6.2 Einflussgrößen auf Bestandskoeffizient und Bestandsentwicklung	60
2.6.3 Übertragbarkeit von Bestandskoeffizienten	63
2.6.4 Bestandskoeffizienten für landwirtschaftliche Nutzflächen	64
2.6.5 Bestandskoeffizienten von Wald	65
2.6.6 Maximal mögliche Verdunstung in Einzugsgebieten der Kammlagen	66

2.6.7	Abweichungen von den Standardbedingungen	66
2.7	Ermittlung der tatsächlichen Verdunstung ET_a aus ET_{p_c}	67
2.7.1	Einflussgrößen	67
2.7.2	Reduktionsfunktionen zur Berechnung der tatsächlichen Verdunstung	69
2.7.3	Berücksichtigung von Kapillaraufstieg.....	72
2.8	Besonderheiten von unbewachsenen und teilweise bewachsenen Böden	73
2.8.1	Berücksichtigung von unbewachsenen Flächenanteilen (Schwarzbrachen)	73
2.8.2	Berechnungsmöglichkeiten	75
2.9	Verdunstung von Schnee und Eis.....	77
2.10	Interzeptionsverdunstung	78
2.11	Verdunstung von Hängen	86
2.12	Verdunstung von urbanen Gebieten.....	88
3	Berechnung der Verdunstung von Landoberflächen mit geringer zeitlicher Auflösung	91
3.1	Berechnung von Jahresmittelwerten mittels BAGLUVA-Verfahren	91
3.1.1	Berechnungsansatz und Eingangsgrößen.....	91
3.1.2	Ermittlung des Effektivitätsparameters n	98
3.1.3	Berücksichtigung von flurnahem Grundwasser und Beregnung.....	101
3.1.4	Anwendung und Berechnungsbeispiele	103
3.2	Berechnung von Jahreswerten mittels Hydro-Pedo-Transferfunktionen (HPTF) nach Wessolek & Duijnisveld	104
3.2.1	Anlass für die Weiterentwicklung der Ursprungsversion	104
3.2.2	Methodisches Grundkonzept.....	106
3.2.3	Datengrundlagen und Modellentwicklung	107
3.2.4	Berücksichtigung von flurnahem Grundwasser	110
3.2.5	Modifikation unter Hangbedingungen	111
3.2.6	Verdunstung urbaner Gebiete	112
3.2.7	Validierung des Verfahrens	113
3.3	Berechnung von Monatswerten	114
3.3.1	Berechnung auf Grundlage des Penman-Monteith-Ansatzes	114
3.3.2	Berechnung mit dem Disse-Modell.....	120
4	Bereitstellung und Verfügbarkeit von Eingangsgrößen und Parametern.....	123
4.1	Meteorologische Eingangsgrößen	123
4.2	Bodenkundliche Daten	125
4.3	Landnutzungsdaten	126
4.3.1	Allgemeines.....	126
4.3.2	Amtliches Topografisch-Kartografisches Informationssystem (ATKIS)	127
4.3.3	Color-Infrarot-(CIR)-Biotopkartierung	128
4.3.4	CORINE Land Cover	129
4.3.5	Ableitung von Parametern.....	131
5	Einfluss von Klimaänderungen.....	135
5.1	Bisherige Beobachtungen zu verdunstungsrelevanten Klimagrößen und Klimaprojektionen für die Zukunft.....	135
5.2	Beobachtete Auswirkungen des Klimawandels auf die Verdunstung	137

5.3	Globale Projektionen zur künftigen Veränderung der Verdunstung	139
5.4	Methodische Aspekte der Berücksichtigung des Klimawandels bei der Verdunstungsberechnung	140
Anhang A Abkürzungen und Symbole		141
A.1	Abkürzungen	141
A.2	Symbole	142
Anhang B Landnutzungsabhängige Parameter bzw. Berechnungsgleichungen		148
B.1	Algorithmen zur Berechnung des Parameters $\bar{f} = \overline{ET_{max}}/\overline{ET_0}$, θ_{nFK} in Vol.-%	148
B.2	Algorithmen zur Berechnung der Ausschöpfungstiefe $\overline{We}$ in dm mit $\overline{We} \geq 0$, θ_{nFK} in Vol.-%	149
B.3	Algorithmen zur Berechnung des Effektivitätsparameters n der BAGROV-Gleichung, $n > 0$, θ_{nFK} in Vol.-%	151
Anhang C Mittlere kapillare Aufstiegsrate KR aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraums für verschiedene Böden und Torfarten in $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$		152
Anhang D Berechnung der mittleren jährlichen Verdunstung $\overline{ETa}$ und des Gesamtabflusses $\bar{R}$ für ausgewählte Berechnungsvarianten (Varianten 1 bis 9) nach dem Wasserhaushaltsverfahren BAGLUVA		153
Anhang E Bodenparameter als Grundlage für die Berechnung von Jahreswerten der Verdunstung nach Wessolek und Duijnsveld		156
E.1	Luftkapazität, Feldkapazität und nutzbare Feldkapazität in Volumen-% in Abhängigkeit von der Bodenart und Trockenrohdichte für Böden mit Humusgehalten kleiner 1 %	156
E.2	Zu- und Abschlüsse zur Luftkapazität, nutzbaren Feldkapazität und Feldkapazität in Volumen-% in Abhängigkeit von der Bodenart und vom Gehalt an organischer Substanz	158
E.3	Effektive Durchwurzelungstiefe für Ackerkulturen auf homogenen Böden in Abhängigkeit von der Bodenart und effektiven Lagerungsdichte	160
Anhang F Parameterliste zu den aus den CORINE-Daten abgeleiteten 12 Landnutzungsklassen und für Verhältnisse unter Schneebedeckung (Sommer-, Winterhalbjahr)		161
Quellen und Literaturhinweise		162