

Berechnungsbeispiel Bewässerungsbedarf

Als Ergänzung zu ÖWAV-Regelblatt 407-2



Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesamt für Wasserwirtschaft

Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt

Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen, Österreich

baw.at/wasser-boden-ikt.at

Autorinnen und Autoren: Thomas Weninger, Reinhard Nolz, Florian Deißberger

Titelfoto: R. Nolz

Version: 1.1

Petzenkirchen, 24.4.2025

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgeifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an ikt@baw.at.

Inhalt

1 Einleitung.....	4
2 Vorgehensweise	5
2.1 Grundzüge des Verfahrens.....	5
2.2 Meteorologische Ausgangsdaten.....	5
2.3 Festlegen der Kulturen, der entsprechenden K_c -Werte und Zeitpunkte im K_c -Verlauf	7
2.4 Berechnen des kulturspezifischen Pflanzenwasserbedarfs ET_c	9
2.5 Berechnen des Bewässerungsbedarfs	10
2.6 Festlegen des Bemessungswertes für die Ermittlung des Bewässerungsbedarfs	12
3 Modifikationsmöglichkeiten und Limitierungen.....	15
4 Literatur.....	16

1 Einleitung

In der Folge wird eine mögliche Anwendung des Berechnungsverfahrens zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfs von landwirtschaftlichen Kulturen wie im ÖWAV Regelblatt 407-2, Kapitel 6.1 bis 6.4 erläutert, schrittweise abgehandelt. Hier wird die monatliche Berechnung auf der Basis von öffentlich verfügbaren meteorologischen Daten der GeoSphere Austria erklärt. Dafür wurde ein Beispielstandort in Kleinmutschen im Burgenland angenommen und die Berechnung wird für drei Kulturen – Mais, Zwiebel und Apfel – dargelegt.

Diese Beispielberechnung wird gegebenenfalls aktualisiert, vor allem um eventuelle neue Datengrundlagen einzuarbeiten. Die aktuelle Version ist unter <https://doi.org/10.5281/zenodo.13890875> frei verfügbar.

Die hier dargelegte Berechnung dient als Vorlage, keinerlei Daten können direkt in etwaige Einreichprojekte übernommen werden! Auch ein direkter Bezug auf die hier präsentierten Zahlenwerte in Anträgen oder Gutachten ist nicht zulässig.

2 Vorgehensweise

2.1 Grundzüge des Verfahrens

Der Bewässerungsbedarf einer landwirtschaftlichen Kultur ist der Anteil des Pflanzenwasserbedarfs, der nicht durch Niederschlag abgedeckt wird. Der Pflanzenwasserbedarf ergibt sich aus den meteorologischen Bedingungen am Standort und der Kulturart bzw. deren Entwicklungsstadium. Als Standardmethode zur Ermittlung des Pflanzenwasserbedarfs ET_c gilt die von der FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) empfohlene Methode (Allen et al. 1998). Die Berechnung basiert auf folgender Gleichung:

$$ET_c = ET_0 * K_c,$$

wobei die Referenzverdunstung ET_0 aus Wetterdaten berechnet wird und K_c die Pflanzenentwicklung repräsentiert. Die Differenz aus ET_c und Niederschlag ist der Bewässerungsbedarf, die Berechnung kann grundsätzlich in täglichen oder monatlichen Zeitschritten erfolgen, dementsprechend sind die Eingangsdaten und Ergebnisse aufzubereiten.

2.2 Meteorologische Ausgangsdaten

Die Referenzverdunstung ET_0 kann nach dem Verfahren nach FAO Irrigation and Drainage paper no. 56 (Allen et al. 1998; <https://www.fao.org/4/X0490E/X0490E00.htm>) aus Messdaten zu Temperatur, Windgeschwindigkeit, relative Luftfeuchte (oder Dampfdruckdefizit) und Globalstrahlung errechnet werden. Stehen dazu keine Messdaten über mindestens die letzten 30 Jahre zur Verfügung, kann ein entsprechender Datensatz der Geosphere Austria, WINFORE v2.1 (<https://data.hub.geosphere.at/dataset/winfore-v2-1d-1km>), auf Monatsbasis herangezogen werden. In diesem Beispiel wurde die zweite Variante gewählt. Eventuelle Anpassungen an örtliche Gegebenheiten können in begründeten Fällen zielführend sein; Anleitungen dazu finden sich zum Beispiel im Merkblatt DWA-M 504-2.

Herunterladen der Verdunstungsdaten

Aufrufen von <https://data.hub.geosphere.at/>

-> Räumliche Daten -> WINFORE v2.1 -> Ressourcen -> Web User Interface -> Gehe zum Datensatz -> Punkt in Web-Karte auswählen (Abb. 1):

Weiter -> Ausgewählte Parameter: ET_0 auswählen -> Datensatz (rechts oben) ->

Start- und Enddatum, Dateiformat CSV auswählen -> Downloaden

Wir erhalten eine .csv-Datei mit Tageswerten der berechneten ET_0 .

Import in Datenverarbeitungssoftware z.B. *LibreOffice Calc* oder *MS Excel*

MS Excel-Tipp:

„Start - Einfügen - Textkonvertierungsassistenten verwenden“ oder „Daten – Text in Spalten“;
Option zu Dezimaltrennzeichen findet sich im Schritt 3 von 3, Schaltfläche „Erweitert...“

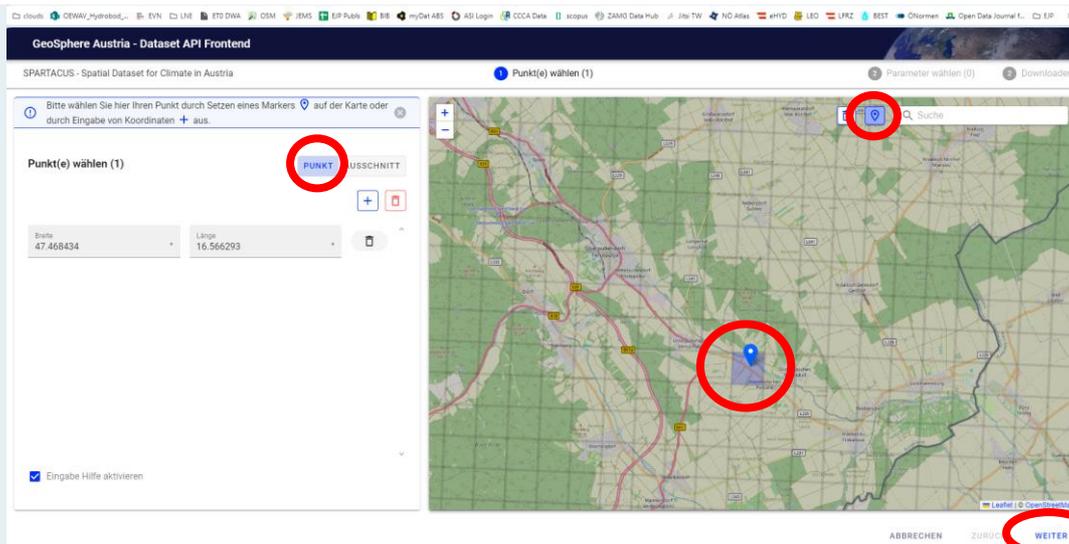


Abbildung 1: Anleitung zur Auswahl des Projektstandorts im Datahub der Geosphere Austria.

Aggregieren auf Monatssummen

In *LibreOffice Calc*, *MS Excel* oder anderen Datenverarbeitungsapplikationen.

In diesem Beispiel wurde die Berechnung auf Monatsbasis gewählt, um die Berechnung von täglichen K_c -Werten und die folgende Zuweisung zu einer langjährigen Zeitreihe aus Tagesdaten zu umgehen, da dieser Schritt in Tabellenverarbeitungsprogrammen anspruchsvoll ist. Sind die erforderlichen Fähigkeiten jedoch gegeben, ist eine tagesweise Berechnung vorzuziehen. Bei Berechnung auf Tagesbasis entfällt also dieser Schritt des Aggregierens, es müssen in diesem Fall die K_c -Werte aus Kapitel 2.2 in der Tabellenkalkulation den einzelnen Tagen zugewiesen werden. Dies kann durch lineare oder stufenweise Interpolation zwischen den jeweiligen Stützpunkten geschehen (vgl. Abb. 3).

MS Excel-Tipp:

Neue Spalten aus Datumsspalte erstellen mit Jahr und Datum
(z.B. mit Funktionen LINKS, RECHTS und/oder VERKETTEN);
Anwendung „Einfügen – PivotTable“;
Jahr -> Zeilen; Monat -> Spalten; ET_0 -> Werte

Niederschlagsdaten

Die Niederschlagsdaten werden vorbereitet, die später für die Berechnung der Wasserbilanz benötigt werden. Dazu können eigene Daten oder ebenfalls Daten aus dem Datahub der GeoSphere Austria herangezogen werden, dort stehen Stationsdaten oder Rasterdaten (*SPARTACUS v2.1*) zur Verfügung. Liegt eine Messstation, z.B. aus dem Stationsdatensatz der GeoSphere Austria, in unmittelbarer Nähe zum Projektstandort, sind die Stationsdaten gegenüber den interpolierten Rasterdaten zu bevorzugen. Mit diesen Daten können erste Darstellungen der meteorologischen Randbedingungen vor Ort erstellt werden (Abb. 2).

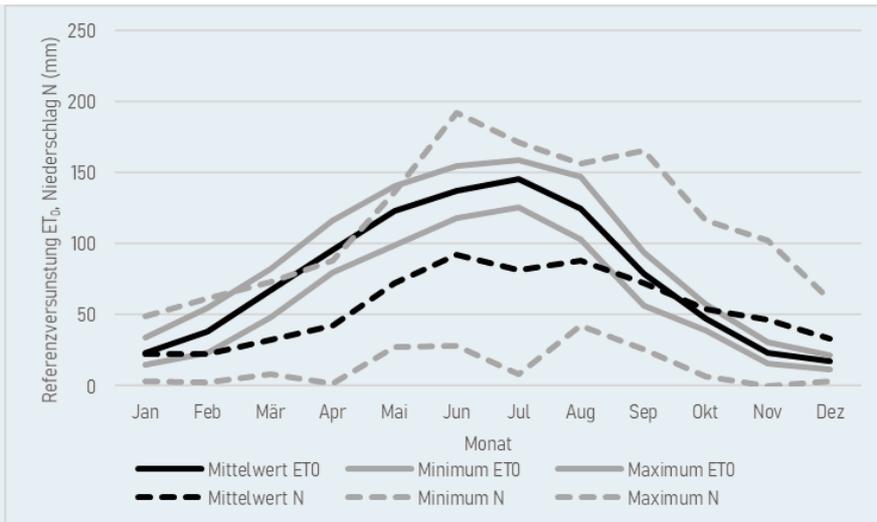


Abbildung 2: Langjährige Übersicht zu den Monatssummen von Niederschlag und Referenzverdunstung.

2.3 Festlegen der Kulturen, der entsprechenden K_c -Werte und Zeitpunkte im K_c -Verlauf

Die unter 2.2 ermittelte Referenzverdunstung ET_0 ist eine rechnerische Größe, die der Verdunstung von einer Referenzkultur, die nicht unter Wassermangel leidet, entspricht. Bei der Referenzkultur handelt es sich üblicherweise um einen standardisierten Grasbestand mit definierten Merkmalen. Die Wasseraufnahme landwirtschaftlicher Kulturen unterliegt einem anderen Jahresverlauf, der im nächsten Schritt in die Berechnung einfließt. Es werden dazu die sogenannten K_c -Werte (Pflanzenkoeffizienten) festgelegt, die das Verhältnis der Wasseraufnahme der Kultur demjenigen des Referenzgrases ($K_c = 1.0$) im Jahresverlauf gegenüberstellen. Es müssen dazu die K_c -Werte in den jeweiligen Entwicklungsphasen und die Zeitpunkte des Übertritts von einer Entwicklungsphase in die nächste festgelegt werden (Abb. 3).

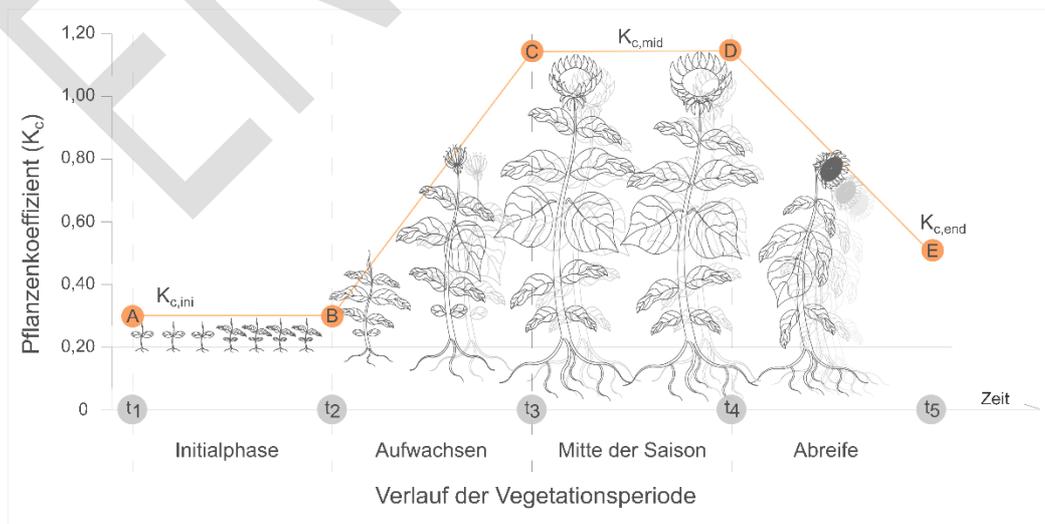


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Verlaufs der K_c -Werte für die Entwicklungsphasen einer landwirtschaftlichen Kultur.

Festlegen der Kulturen

Körnermais, Zwiebel, Apfel

Auswahl der K_c -Werte

Die K_c -Werte für die zu berechnenden Kulturen wurden hier aus den Datensätzen der FAO übernommen (<https://www.fao.org/3/X0490E/x0490e0b.htm#crop%20coefficients>). Ebendort sind auch mögliche Variationen der K_c -Werte aufgrund spezieller klimatischer Gegebenheiten am Standort beschrieben, die in die Berechnung einfließen können. Dazu können neben dem verlinkten Datensatz der FAO etliche weitere Quellen zu Rate gezogen werden. Eine Auswahl von Quellen findet sich im ÖWAV-Regelblatt 407-2 und am Ende dieses Dokuments. Die wesentliche und folgenreichere Anpassung der Berechnungen an lokale Gegebenheiten folgt jedoch im nächsten Punkt, der Festlegung der relevanten Zeitpunkte.

Tabelle 1: K_c -Werte für die verschiedenen Entwicklungsphasen der ausgewählten Kulturen.

	Initialphase t1 - t2	Aufwachsen t2 - t3	Mitte der Saison t3 - t4	Abreife t4 - t5
Körnermais	0,3	0,3 - 1,2	1,2	1,2 - 0,35
Zwiebel	0,7	0,7 - 1,05	1,05	1,05 - 0,75
Apfel	0,8	0,8 - 1,2	1,2	1,2 - 0,85

Festlegen der relevanten Zeitpunkte

Aus Erfahrung für die gewählten Standorte, Kulturen und Betriebsweisen werden die Zeitpunkte näherungsweise festgelegt, in denen gewöhnlich die Übergänge zwischen den Entwicklungsphasen laut Abbildung 3 stattfinden. Diese Zeitpunkte können abhängig vom Standort und der Bewirtschaftung variieren, deshalb sollten sie auf jeden Fall örtlich angepasst werden. Liegen dazu keine eigenen Erfahrungen vor, können die pflanzenbaulichen Beratungsdienste der Landwirtschaftskammern wertvolle Unterstützung anbieten.

Tabelle 2: Zeitpunkte der Übergänge zwischen Entwicklungsphasen im Verlauf der K_c -Werte (vgl. Abb. 3).

Zeitpunkt	t1	t2	t3	t4	t5
Körnermais	01. April	01. Mai	01. Juni	31. Juli	31. September
Zwiebel	01. März	01. April	01. Juni	15. August	15. September
Apfel	01. Mai	01. Juni	01. Juli	31. August	30. September

Interpolation der K_c -Werte im Jahresverlauf

Aus den oben festgelegten K_c -Werten und Zeitpunkten wird im nächsten Schritt eine durchgängige Zeitreihe erstellt, die für jeden Berechnungszeitschritt einen eindeutigen Wert enthält. Für die Berücksichtigung der Entwicklungsphasen mit nicht konstantem K_c -Verlauf (t2 zu t3 und t4 zu t5) können verschiedene Varianten gewählt werden. In diesem Beispiel werden Monatswerte vereinfacht interpoliert (das heißt, die Anstiege wurde gleichmäßig aufgeteilt). Fällt nicht das gesamte Monat in eine Entwicklungsphase mit konstantem K_c -Wert, so können der K_c -Wert in der Monatsmitte für den gesamten Monat oder ein repräsentativer Mittelwert verwendet werden. Durch eine Berechnung auf Tagesbasis kann diese Unschärfe vermieden werden.

Außerhalb der Vegetationsperiode der Hauptkultur findet ebenfalls Verdunstung von der Bodenoberfläche oder von Zwischenfrüchten statt, was die Wasserbilanz beeinflusst. In der hier präsentierten vereinfachten Wasserbilanzrechnung findet dies durch die Festlegung des verfügbaren Bodenwasserspeichers zu Beginn der Vegetationsperiode Eingang (Kap. 2.4) und die K_c -Werte außerhalb der Vegetationsperiode werden auf null gesetzt.

Tabelle 3: Verläufe der K_c -Werte auf Monatsbasis.

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Körnermais	0	0	0	0,3	0,75	1,2	1,2	0,9	0,6	0	0	0
Zwiebel	0	0	0,7	0,82	0,94	1,05	1,05	1,0	0,75	0	0	0
Apfel	0	0	0	0	0,8	1,0	1,2	1,2	1,02	0	0	0

2.4 Berechnen des kulturspezifischen Pflanzenwasserbedarfs ET_c

$$ET_c = ET_0 * K_c$$

Das Ergebnis, der rechnerische Pflanzenwasserbedarf ET_c , steht für die Menge an Wasser, die die Kultur bei uneingeschränkter Wasserverfügbarkeit im Wurzelraum verdunsten würde. Die Evapotranspiration einer Kultur bzw. Pflanzenverdunstung ET_c wird durch die Umweltbedingungen, die Wachstumsstadien und die Bewirtschaftung der Kultur beeinflusst. Der Wasserbedarf einer Kultur (Pflanzenwasserbedarf) entspricht somit der Summe der ET_c für die gesamte Vegetationsperiode.

2.5 Berechnen des Bewässerungsbedarfs

Der Bewässerungsbedarf berechnet sich aus dem Pflanzenwasserbedarf, dem Niederschlag und dem verfügbaren Bodenwasser.

Berechnen des Bodenwasserspeichers zum Saatzeitpunkt S_0

Das verfügbare Wasser zu Beginn der Vegetationsperiode der Hauptkultur wird in Form des gespeicherten Bodenwassers zum Saatzeitpunkt S_0 in die Berechnung mit einbezogen. Für die Berechnung von S_0 werden folgende Faktoren benötigt:

Nutzbare Feldkapazität des Bodens nFK , Reduktionsfaktor RF , Wurzeltiefe W

Die Einteilung der nFK -Klassen und die zugehörigen Werte in mm können aus der österreichischen Bodenkartierung entnommen werden (bodenkarte.at; Abb. 4). Die Fachkarte mit Informationen zur nFK wird aufgerufen über die Schaltfläche „Kartensteuerung“ – „Themenkarten BAW/BFA“ – Bundesamt für Wasserwirtschaft – „Nitrat und Feldkapazität“ – „nutzbare Feldkapazität“.

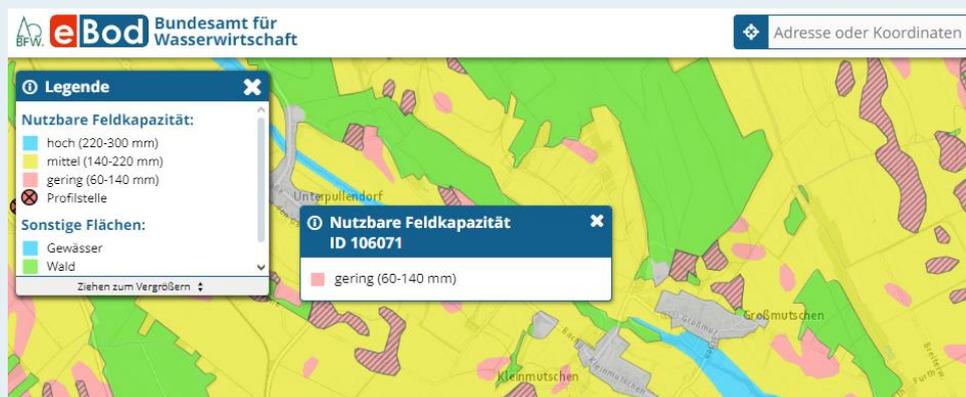


Abbildung 4: Ausschnitt aus der digitalen österreichischen Bodenkarte (bodenkarte.at) mit Abfrage der nutzbaren Feldkapazität.

Die Wurzeltiefe wird in diesem Beispiel mit 50 cm angenommen und die nFK -Klasse mit gering (2). Für die Berechnung wurde die nFK mit 100 mm als Mittelwert zwischen den Klassengrenzen aus der österreichischen Bodenkarte gewählt (in mm; Legende Abb. 4). Diese Absolutwerte für die nFK sind in der österreichischen Bodenkarte über die Tiefe des Bodenprofils aufsummiert und gelten im Regelfall für eine Bodensäule mit 100 cm Tiefe. Der Bodenwasserspeicher kann jedoch nur über die Wurzeltiefe genutzt werden, sodass die Absolutwerte reduziert werden müssen. Somit umfasst die Wurzeltiefe 50 % der Profiltiefe, der nFK -Wert wird dadurch reduziert ($50 \text{ cm} / 100 \text{ cm} = 0,5$).

Der Reduktionsfaktor RF kann zwischen 0,5 und 1 angesetzt werden. Bei $RF = 1$ wird angenommen, dass der verfügbare Bodenwasserspeicher zu Beginn der Vegetationsperiode vollständig gefüllt ist, in diesem Fall wurde 0,8 gewählt. Bei der Festlegung fließt hauptsächlich die Wahrscheinlichkeit ein, dass zum Anbauzeitpunkt ein verringertes Angebot an Bodenwasser verfügbar ist, also am Standort eine Tendenz zu trockenen Bedingungen vor dem Anbauzeitpunkt erkennbar ist.

Tabelle 4: Gewählte Bodenkennwerte für die Berechnung der Wasserbilanz.

Bodenkennwert	Wert	Einheit
nFK-Klasse (gering)	100	mm
Reduktionsfaktor	0,8	-
Wurzeltiefe	50	cm
S_0	40	mm

Es wird also S_0 wie folgt berechnet:

$$S_0 = nFK * RF * W = 100 * 0,8 * 0,5 = 40 \text{ mm}$$

Diese Annahme einer repräsentativen Wurzeltiefe ist eine Vereinfachung, die in diesem Fall zulässig ist, da dieser Kennwert hier nur als Bilanzglied zur Berücksichtigung des Zustands zu Beginn der Vegetationsperiode einbezogen wird. Wird eine komplexere Berechnungsweise mit monatlichen oder täglichen Bilanzierungsschritten und Berücksichtigung der aktuellen Wasseraufnahme durch die Wurzeln gewählt, sollte die zeitliche Änderung der Wurzeltiefe nach Entwicklungsstadien berücksichtigt werden.

Liegen Gründe für die Annahme vor, dass das Bodenprofil am Ort wesentlich seichter als die angesprochenen 100 cm ist, kann dieser Wert in der Kalkulation reduziert werden.

Berechnen des jährlichen Bewässerungsbedarfs BB_j

$$BB_j = \sum_{\text{Saat}}^{\text{Ernte}} (ET_c - N) - S_0$$

Somit wird für jeden Monat, der innerhalb der Vegetationsperiode der jeweiligen Kultur liegt (d.h. K_c ist größer Null), die Differenz zwischen dem rechnerischen Pflanzenwasserbedarf ET_c und dem Niederschlag N gebildet und für das jeweilige Jahr j aufsummiert. Das gespeicherte Bodenwasser zu Vegetationsbeginn S_0 wird von dieser Summe abgezogen, um den jährlichen Bewässerungsbedarf zu erhalten.

Tabelle 5 zeigt ein Beispiel für die Berechnung des Bewässerungsbedarfs BB_j von Mais im Jahr 1993.

Tabelle 5: Beispiel für die Berechnung des jährlichen Bewässerungsbedarfs BB_{1993} von Mais im Jahr 1993.

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N	24	6	22	24	39	95	74	75	48	99	65	39
ET_c	0	0	0	27	104	162	168	99	47	0	0	0
$ET_c - N$				3	65	67	95	24	0			

Die Summe der Zeile $ET_c - N$ ergibt 254 mm, mit $S_0 = 40$ mm reduziert ergibt sich der BB_{1993} von 214 mm (vgl. Tab. 6).

Tabelle 6: Jahressummen von Niederschlag (N) und Bewässerungsbedarf (BB) in mm.

Jahr	Körnermais		Zwiebel		Apfel	
	N	BB	N	BB	N	BB
1993	308	214	378	257	332	238
1994	365	224	429	214	327	256
1995	344	178	502	165	386	173
1996	454	135	601	72	489	97
1997	434	93	549	100	436	123
1998	398	119	564	129	480	112
1999	489	88	581	44	484	45
2000	264	280	390	310	294	291
2001	248	280	411	297	331	279
2002	380	201	484	164	391	176
2003	276	294	333	354	298	326
2004	376	123	452	125	373	166
2005	415	162	497	138	408	125
2006	434	191	486	125	388	167
2007	310	241	539	266	473	199
2008	460	52	553	107	495	79
2009	457	100	568	145	488	137
2010	499	106	627	70	549	42
2011	384	146	456	178	388	180
2012	410	148	484	221	430	164
2013	291	230	437	244	366	214
2014	490	103	622	87	546	63
2015	255	285	331	329	280	302
2016	438	99	505	102	445	121
2017	341	231	462	260	393	225
2018	381	155	497	190	428	160
2019	308	267	389	286	332	270
2020	422	129	539	154	497	77
2021	335	224	377	237	339	236
2022	297	269	361	307	306	292

2.6 Festlegen des Bemessungswertes für die Ermittlung des Bewässerungsbedarfs

Dieses Berechnungsverfahren liefert den rechnerischen Pflanzenwasserbedarf ET_c einer landwirtschaftlichen Kultur, das heißt, die Menge an Wasser, die die Kultur bei uneingeschränkter Wasserverfügbarkeit im Wurzelraum verdunsten würde. Die Ernteerträge steigen jedoch nicht direkt proportional zur Wassermenge. Das heißt, bei den meisten in Österreich gängigen Kulturen würde ein volles Decken des rechnerischen Pflanzenwasserbedarfs durch Bewässerung einen hohen Wassereinsatz mit unverhältnismäßig geringem Mehrertrag bedeuten. Ein zu hoher Wassereinsatz kann zu Krankheiten, Ausfällen, eingeschränktem Wachstum oder ähnlichen Beeinträchtigungen führen.

Daher und im Sinne einer effizienten Nutzung der Ressource Wasser wird für die Dimensionierung einer Bewässerungsanlage ein Bemessungswert in der Höhe des 80 %-Quantils der Jahresergebnisse empfohlen, das heißt zum Beispiel, dass bei einer 30-jährigen Zeitreihe das sechsthöchste Jahr, bei einer 20-jährigen Zeitreihe das vierthöchste Jahr als Bemessungsjahr herangezogen wird. Rechnerisch bedeutet dies eine Deckung des maximalen Pflanzenwasserbedarfes in 80 % der bisher aufgetretenen Jahre und mit hoher Wahrscheinlichkeit ist davon auszugehen, dass mit dieser Bewässerungsmenge die Ertragsicherheit auch in sehr trockenen Jahren gewährleistet ist.

Absteigendes Reihen der Werte für den jährlichen Bewässerungsbedarf

Tabelle 7: Absteigende Reihung der Jahreswerte für den Bewässerungsbedarf BB (in mm).

Körnermais		Zwiebel		Apfel	
Jahr	BB	Jahr	BB	Jahr	BB
2003	294	2003	354	2003	326
2015	285	2015	329	2015	302
2001	280	2000	310	2022	292
2000	280	2022	307	2000	291
2022	269	2001	297	2001	279
2019	267	2019	286	2019	270
2007	241	2007	266	1994	256
2017	231	2017	260	1993	238
2013	230	1993	257	2021	236
2021	224	2013	244	2017	225
1994	224	2021	237	2013	214
1993	214	2012	221	2007	199
2002	201	1994	214	2011	180
2006	191	2018	190	2002	176
1995	178	2011	178	1995	173
2005	162	1995	165	2006	167
2018	155	2002	164	2004	166
2012	148	2020	154	2012	164
2011	146	2009	145	2018	160
1996	135	2005	138	2009	137
2020	129	1998	129	2005	125
2004	123	2004	125	1997	123
1998	119	2006	125	2016	121
2010	106	2008	107	1998	112
2014	103	2016	102	1996	97
2009	100	1997	100	2008	79
2016	99	2014	87	2020	77
1997	93	1996	72	2014	63
1999	88	2010	70	1999	45
2008	52	1999	44	2010	42

Auswahl des Bemessungswertes

Für jede der drei Kulturen wird in diesem Beispiel also der sechsthöchste Bewässerungsbedarf der letzten 30 Jahre als Bemessungsgrundlage herangezogen. Zur Ermittlung des gesamten Bewässerungsbedarfs pro Jahr (m^3/a) sind die jeweiligen Kulturen und Feldgrößen (ha) einzubeziehen.

Tabelle 8: Bemessungswerte für die ausgewählten Kulturen.

	Jahr	BB (mm)
Körnermais	2019	227
Zwiebel	2019	286
Apfel	2019	270

3 Modifikationsmöglichkeiten und Limitierungen

Jede rechnerische Nachbildung von komplexen Prozessen enthält notwendigerweise Vereinfachungen, die Unsicherheiten und Abweichungen vom Realzustand mit sich bringen. Die hier schrittweise präsentierte Berechnung des Bewässerungsbedarfes von landwirtschaftlichen Kulturen kann als Variante mit höchstmöglicher Vereinfachung angesehen werden, die mit mäßig fortgeschrittenen Kenntnissen der fachlichen Hintergründe und Tabellenverarbeitungsprogrammen angewandt werden kann. Im Zuge der Überarbeitung des ÖWAV-Regelblatts 407, 2. Auflage, wurde diese Vorgangsweise als Minimalvariante angesehen.

Einige maßgebliche Limitierungen und Möglichkeiten zur Verbesserung werden in der Folge gemeinsam mit möglichen Handlungsstrategien zur Verbesserung der Ergebnisse erläutert. Die Umsetzung der vorgeschlagenen Varianten erfordern Mehraufwand bei der Konzeptionierung und Implementierung der Rechenvorgänge oder bei der Datenbeschaffung, sind aber die jeweils nötigen Voraussetzungen gegeben, wird das Ergebnis deutlich verbessert (im Sinne einer besseren Repräsentation der in der Natur ablaufenden Prozesse).

Table 10: Im Berechnungsbeispiel implementierte Vereinfachungen mit Erklärung der Effekte und Handlungsoptionen.

Vereinfachung	Effekt auf Ergebnis und Handlungsoptionen
Niederschlag wird durch die monatliche Bilanzierung gänzlich mitberücksichtigt, obwohl der Boden nicht unbegrenzt Wasser aufnehmen kann.	<p>Auswirkung: Der Bewässerungsbedarf kann bei Auftreten von starken Niederschlägen unterschätzt werden;</p> <p>Verbesserungsoptionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Obergrenze für Niederschlag in bestimmtem Zeitraum einführen, z. B. Tagesniederschlag, größere Werte werden gekappt; b) Bilanzierung auf Tagesbasis mit Obergrenze für Bodenwasserspeicher
Bodenwasserspeicher wird nur als Ausgangswert für Bilanzierung berücksichtigt.	<p>Auswirkung: Unsicherheiten, deren Dimension abhängig ist vom Wetterverlauf und der Treffsicherheit der angesetzten Bodenkenwerte (nFK, Gründigkeit);</p> <p>Verbesserungsoptionen:</p> <p>Berechnung des verfügbaren Bodenwasserspeichers auf Tagesbasis und Berechnung des Bewässerungsbedarfs durch Ansetzen simulierter Bewässerungsgaben bei Unterschreiten eines Grenzwertes an verfügbarem Bodenwasser¹;</p>
Wurzeltiefe wird nur ansatzweise als repräsentativer Mittelwert berücksichtigt.	<p>Auswirkung: Unsicherheiten, deren Dimension abhängig ist vom Wetterverlauf und Eigenschaften der Kultur, insbesondere Wurzelentwicklung;</p> <p>Verbesserungsoptionen:</p> <p>Berechnung des verfügbaren Bodenwasserspeichers auf Tagesbasis mit Einbeziehen einer Wurzelwachstumsfunktion¹;</p>
Übernahme der Bodenkenwerte aus Bodenkartierung (eBOD)	<p>Auswirkung: Die flächigen Datensätze der Bodenkartierung wurden in einem bestimmten Maßstab kartiert, kleinräumige Variabilität im Boden kann dadurch nur bedingt abgebildet werden.</p> <p>Verbesserungsoptionen:</p> <p>eigene Bodenanalysen durchführen</p>

Vereinfachung	Effekt auf Ergebnis und Handlungsoptionen
Verwendung von interpolierten Rasterdaten für ET ₀ (WINFORE v2.1)	<p>Auswirkung: Durch räumliche Interpolation bei der Erstellung von Flächendatensätzen können die Ergebnisse daraus an einzelnen Standorten von Messungen abweichen. Insbesondere in den trockenen Gebieten Österreichs ist bekannt, dass die WINFORE-Datensätze die ET₀ überschätzen.</p> <p>Verbesserungsoptionen: Sind Messwerte aus lokalen Wetterstationen verfügbar, sind diese vorrangig zu verwenden, Berechnung der ET₀ mit Hilfe von Berechnungstools, Links siehe ÖWAV-Regelblatt 407-2;</p>

¹ Anleitungen zu Berechnungsvorgängen höherer Komplexität finden sich zum Beispiel hier:
 ALB Bayern e.V., 2020: *Fachliche Grundlagen zur Bewässerungs-App - Teil 1 – Kulturartbezogene Kennzahlen*; <https://www.alb-bayern.de/bef2>;
 Hochschule Geisenheim, 2022: *Geisenheimer Bewässerungssteuerung*; <https://www.hs-geisenheim.de/forschung/institute/gemuesebau/ueberblick-institut-fuer-gemuesebau/bewaesserung/geisenheimer-bewaesserungssteuerung/>

4 Literatur

Allen, R., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998): *Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements* FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. ISBN 92-5-104219-5.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA; 2024): *Merkblatt DWA-M 504-2 „Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen – Teil 2: Berechnungsverfahren der Landverdunstung“*. DWA Eigenverlag, Hennef, D.

Österreichischer für Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV; 2025): *ÖWAV-Regelblatt 407-2, Empfehlungen für die landwirtschaftliche Bewässerung*. ÖWAV Eigenverlag, Wien.

ENTWURF

Bundesamt für Wasserwirtschaft

Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt

Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen

baw.at/wasser-boden-ikt.at