



zukunft
SEIT 1909
denken

REGELWERK

WASSER • ABWASSER • ABFALL

■ REGELBLÄTTER

des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (ÖWAV)

ÖWAV-Regelblatt 407

Empfehlungen für die landwirtschaftliche Bewässerung

2., vollständig überarbeitete Auflage

Wien 2025

In Kommission bei:
Austrian Standards plus GmbH
1020 Wien, Heinestraße 38

ÖWAV-Regelwerk

Der ÖWAV erstellt in seinen Gremien für die Wasser-, Abwasser- und Abfallwirtschaft sowie für die damit verbundenen Bereiche des Umweltschutzes allgemeine und spezielle technische Regeln und veröffentlicht diese im Rahmen des ÖWAV-Regelwerks. Dieses gibt den Stand der Technik bestmöglich wieder und entspricht damit insbesondere den technischen Erkenntnissen unter Berücksichtigung der Funktionssicherheit sowie rechtlicher, sicherheitstechnischer, hygienischer, ökologischer und wirtschaftlicher Erfordernisse. Das Regelwerk beschäftigt sich dabei mit Planung, Bau, Betrieb, Wartung und Instandhaltung von Anlagen und Bauteilen sowie mit Maßnahmen des Umweltschutzes. Es dient zudem als fachliche Basis für die Aus- und Weiterbildung.

Hinweis für Benutzer:innen

Das ÖWAV-Regelwerk ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher Gemeinschaftsarbeit und richtet sich an die Fachwelt wie Planer:innen, Betreiber:innen, Behörden, Ausrüster:innen, Universitäten, Untersuchungsanstalten sowie ausführende Firmen. Der Inhalt wurde sorgfältig erarbeitet, dennoch übernehmen Autor:innen, sonstige Urheber:innen, Mitwirkende und Herausgeber:innen keine Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität. Dieses Regelwerk ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen und entbindet nicht vom im Einzelfall anzuwendenden Sorgfaltsmaßstab. Erforderlichenfalls sind weitere Erkenntnisquellen heranzuziehen. Durch die Anwendung des Regelwerks entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall.

ÖWAV-Regelblätter haben das Ziel, Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen zu beschreiben, die dem Stand der Technik entsprechen. Sie sollen u. a. auch dafür geeignet sein, von den fachlich zuständigen Behörden und Fachdienststellen als technische Vorgaben für Planung, Bau, Betrieb, Wartung und Instandhaltung von Anlagen sowie für die Anforderungen an das Betriebspersonal dieser Anlagen und dessen Ausbildung eingesetzt zu werden.

ÖWAV-Arbeitsbehelfe haben das Ziel, Empfehlungen und Arbeitshilfen zur Lösung technischer, betrieblicher, ökologischer, wirtschaftlicher und rechtlicher Probleme zu geben. Sie können auch Ergänzungen von Regelblättern darstellen sowie in Regelblättern nicht behandelte Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen beschreiben. Ebenso können Arbeitsbehelfe für die Veröffentlichung grundsätzlicher Aussagen zu bestimmten Themenbereichen herangezogen werden.

Impressum

Medieninhaber und Verleger: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien

Hersteller: [druck.at](https://www.druck.at) Druck- und Handelsgesellschaft mbH, Leobersdorf

Es wird darauf hingewiesen, dass sämtliche Angaben dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Autor:innen, Mitwirkenden oder des Verlags ausgeschlossen ist.

Dieses Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung werden ausdrücklich vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Verlags reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Redaktion, Satz und Layout: Mag. Fritz Randl (ÖWAV)

© 2025 by Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.

VORWORT

Nachhaltige Bewässerung als Teil des landwirtschaftlichen Wassermanagements zielt darauf ab, Wasser so zu nutzen, dass den Pflanzen die benötigte Wassermenge zur Verfügung steht und die Produktivität erhalten bleibt oder gesteigert wird, während gleichzeitig die natürlichen Ressourcen für nachgelagerte Nutzer und Ökosystemleistungen erhalten bleiben. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Diese sind zum einen ein erhöhter Bewässerungsbedarf und zum anderen eine geringere Verfügbarkeit von Wasserressourcen. Eine Grundvoraussetzung für die landwirtschaftliche Verwendung von Bewässerungswasser ist, dass das Wasser die Gesundheit des Menschen weder direkt noch indirekt beeinträchtigen kann.

In diesem Sinne enthält das in 2. Auflage maßgeblich erweiterte ÖWAV-Regelblatt 407 Empfehlungen für die landwirtschaftliche Bewässerung im Freiland, die sowohl den Wasserbedarf, die Ressourcenverfügbarkeit als auch die Qualitäts- und Hygieneanforderungen einbeziehen.

Das Regelblatt richtet sich daher an Personen, die mit der Planung, der Einreichung, der Beurteilung oder Bewilligung von Bewässerungsvorhaben befasst sind, oder mit der Planung und dem Betrieb von Bewässerungsanlagen. Konkret sind das Ziviltechnikerinnen und Ziviltechniker, Planerinnen und Planer, Vertreterinnen und Vertreter von Behörden (im Wasserrechtsverfahren), Sachverständige, Vertreterinnen und Vertreter der Wasserwirtschaftlichen Planungsorgane der Länder, Konsenswerber und Betreiber (Genossenschaften und Verbände) und nicht zuletzt Landwirtinnen und Landwirte.

ÖSTERREICHISCHER
WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFTSVERBAND

Wien, im **XXX** 2025

An der Überarbeitung des ÖWAV-Regelblatts 407 haben mitgewirkt:

Leitung:

Priv.-Doz. DI Dr. Reinhard NOLZ, Universität für Bodenkultur Wien

Ausschussmitglieder:

HR DI Christian ADLER, OÖ WASSER Genossenschaftsverband eGen, Linz

Ass.-Prof. DI Dr. Peter CEPUDER, Universität für Bodenkultur Wien

DI Florian DEIßENBERGER, Betriebsgesellschaft Marchfeldkanal, Deutsch-Wagram

Hans KITZMÜLLER, MSc, Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz

Mag. Dr. Gernot KLAMMLER, JR-AquaConSol GmbH, Graz

DIⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Barbara KOGELNIG, Amt der Kärntner Landesregierung, Klagenfurt

Ing. Johannes KROPF-AGERER, Baubezirksamt Imst, Imst

Mag.^a Helga LINDINGER, Umweltbundesamt, Wien

Mag. Bernhard NIEDERMOSER, GeoSphere Austria – Bundesanstalt für Geologie, Geophysik, Klimatologie und Meteorologie, Wien

DI Gerhard SALZMANN, Landwirtschaftskammer Niederösterreich, St. Pölten

HR Mag. Dr. Gerhard SCHUBERT, GeoSphere Austria – Bundesanstalt für Geologie, Geophysik, Klimatologie und Meteorologie, Wien

Univ.-Prof.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Christine STUMPP, Universität für Bodenkultur Wien

MR DI Ernst ÜBERREITER, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien

HR DI Dr. Franz ÜBERWIMMER, Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz

Dr. Josef WASNER, Landwirtschaftskammer Niederösterreich, St. Pölten

DI Dr. Thomas WENINGER, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Petzenkirchen

DI Bernhard ZEININGER, Rohrhofer ZT GmbH, Wien

DI Dr. Thomas ZOJER, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz

Für den ÖWAV:

DI Wolfgang PAAL, MSc, Bereichsleiter Wasserwirtschaft im ÖWAV, Wien

INHALTSVERZEICHNIS

1	RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE LANDWIRTSCHAFTLICHE BEWÄSSERUNG	7
2	WASSERWIRTSCHAFTLICHE ZIELSETZUNGEN	8
3	WASSERWIRTSCHAFTLICHE UND WASSERRECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN .	9
3.1	EU-Wasserrahmenrichtlinie.....	9
3.2	Wasserrechtsgesetz	9
3.3	Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan	9
3.3.1	Grundwasser	9
3.3.2	Oberflächengewässer.....	10
3.3.3	Schutzgebiete.....	11
3.3.4	Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserbedarf und Wasserverfügbarkeit	12
3.3.5	Daten- und Informationsquellen für wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen	12
4	ECKPUNKTE DES WASSERRECHTSVERFAHRENS	14
4.1	Rechtliche Grundlagen.....	14
4.2	Antragsunterlagen	15
4.2.1	Allgemeine Angaben zum Bewässerungsvorhaben	16
4.2.2	Angabe von fremden Rechten	17
4.2.3	Angaben zu Standortbedingungen und zum Gewässerzustand.....	17
4.2.4	Angaben zum Bewässerungsbedarf und Begründung.....	18
4.2.5	Angaben zur Bewässerungsanlage	18
4.2.6	Planunterlagen.....	19
4.2.7	Angaben über beabsichtigte Maßnahmen zur Optimierung der Bewässerung	19
4.3	Betriebserfordernisse	19
5	STANDORTBEDINGUNGEN	21
5.1	Meteorologische Standortbedingungen.....	21
5.1.1	Niederschlag	21
5.1.2	Lufttemperatur.....	21
5.1.3	Verdunstung	21
5.1.4	Klimatische Wasserbilanz	22
5.1.5	Mikroklimatische Standortbedingungen.....	22
5.1.6	Auswirkungen des Klimawandels auf die meteorologischen Standortbedingungen....	22
5.1.7	Datenquellen für meteorologische Standortbedingungen	23
5.1.8	Ermittlungsmethoden für meteorologische Standortbedingungen	25
5.2	Hydrologische Standortbedingungen	25
5.2.1	Oberflächenabfluss	26
5.2.2	Grundwasserstand und Quellschüttung	26
5.2.3	Abfluss in Fließgewässern	27
5.2.4	Auswirkungen des Klimawandels auf die hydrologischen Standortbedingungen	27
5.2.5	Datenquellen für hydrologische Standortbedingungen.....	27
5.2.6	Ermittlungsmethoden für hydrologische Standortbedingungen	29

5.3	Hydraulische Bodeneigenschaften	29
5.3.1	Speicherfähigkeit	29
5.3.2	Durchlässigkeit.....	31
5.3.3	Datenquellen für Bodeneigenschaften.....	31
5.3.4	Ermittlungsmethoden für Bodeneigenschaften.....	32
6	BEWÄSSERUNGSBEDARF IN ABHÄNGIGKEIT VON STANDORTBEDINGUNGEN UND KULTUR	33
6.1	Ermittlung des Pflanzenwasserbedarfs	33
6.2	Ermittlung des Bewässerungsbedarfs	34
6.2.1	Vereinfachte Wasserbilanzrechnung.....	34
6.2.2	Ermittlung mithilfe von Softwarepaketen	35
6.3	Ermittlung des Bewässerungsbedarfs in Hinblick auf eine effiziente Wassernutzung	35
6.4	Quellen für Grundlagendaten und Berechnungshilfen	36
7	WASERENTNAHME AUS DEM GRUNDWASSER	38
7.1	Anforderungen an die Entnahme aus dem Grundwasser	38
7.2	Beurteilung von Entnahmen aus dem Grundwasser	38
7.2.1	Pumpversuche.....	38
7.2.2	Gebietsspezifische Wasserbilanz	41
7.2.3	Modellierung von Grundwasserkörpern	41
8	WASERENTNAHME AUS FLIESSGEWÄSSERN	42
8.1	Anforderungen an die Entnahme aus Fließgewässern	42
8.2	Beurteilung von Entnahmen aus Fließgewässern	42
9	NUTZUNG ANDERER WASSERRESSOURCEN	45
9.1	Nutzung von gesammelten Niederschlags- und Drainagewässern	45
9.2	Wasserentnahmen aus stehenden Gewässern	45
9.3	Nutzung von gereinigtem Abwasser	45
10	QUALITATIVE ANFORDERUNGEN AN DAS BEWÄSSERUNGSWASSER	46
10.1	Qualitative Anforderungen an das Bewässerungswasser bezogen auf die Pflanze .	46
10.1.1	Physikalische Beschaffenheit	46
10.1.2	Chemische Beschaffenheit	46
10.2	Hygienische Anforderungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit	55
10.2.1	Hygienisch-chemische Anforderungen	55
10.2.2	Hygienisch-mikrobiologische Anforderungen.....	55
10.2.3	Häufigkeit und Umfang von Untersuchungen.....	58
11	BEWÄSSERUNGSANLAGEN	59
11.1	Wasserbereitstellung	59
11.1.1	Brunnen	59
11.1.2	Quellfassungen	63
11.1.3	Entnahmebauwerke Oberflächengewässer.....	63

11.1.4	Wasserförderung	64
11.1.5	Filter- und Messtechnik.....	64
11.1.6	Wasserspeicherung	64
11.2	Wasserzuleitung	65
11.3	Wasserverteilung – Bewässerungsverfahren.....	65
11.3.1	Beregnung	66
11.3.2	Mikrobewässerung – Tropfbewässerung	67
12	FROSTSCHUTZBEREGNUNG.....	69
13	BEWÄSSERUNGSSTEUERUNG.....	71
13.1	Wetterbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme	72
13.2	Bodenwasserzustandsbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme	73
13.2.1	Tagesaktuelle Wasserbilanzrechnung.....	74
13.2.2	Bodenwassersensoren.....	74
13.3	Pflanzenwasserzustandsbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme	75
13.3.1	Pflanzensensoren	75
13.3.2	Pflanzenmonitoring – Fernerkundungsmethoden.....	76
14	LITERATUR.....	77
15	GLOSSAR.....	80

Entwurf zur Stellungnahme

1 RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE LANDWIRTSCHAFTLICHE BEWÄSSERUNG

Der Wasserbedarf einer landwirtschaftlichen Kultur im Freiland wird aus dem Bodenwasservorrat gedeckt, welcher in der Regel durch Niederschläge aufgefüllt wird. Der Pflanzenwasserbedarf ist insbesondere zum Zeitpunkt der Blüte und dem nachfolgenden Fruchtansatz hoch. Reicht das pflanzenverfügbare Bodenwasser im Wurzelraum nicht aus, um eine entsprechende Nahrungsmittelproduktion zu gewährleisten, kann der Wassermangel durch eine Bewässerung ausgeglichen werden.

Bewässerung im Sinne dieses Regelblattes ist das künstliche Aufbringen von Wasser auf landwirtschaftliche Flächen, um die Niederschläge zu ergänzen und ein optimales Wachstum und eine hohe Produktivität der Kultur zu gewährleisten. Dazu gehört die kontrollierte Verteilung von Wasser durch verschiedene Techniken wie zum Beispiel Beregnungs- oder Tropfsysteme. Weitere Bewässerungszwecke zur Erhaltung der Produktivität oder Produktqualität können sein:

- Auswaschung von Salzen im Bodenprofil durch gezielte Überbewässerung,
- Verbesserung der Keimung von Samen (Saataufgang) durch Befeuchten und Feuchthalten der oberen Bodenschicht in Trockenperioden vor und nach Aussaat bzw. Pflanzung,
- Beeinflussung von Knospenentwicklung und Reifungsprozess durch die Regelung der Wasserverfügbarkeit,
- Vermeidung von Hitzestress und Qualitätseinbußen durch Kühlungseffekte,
- Verbesserungen der Bodeneigenschaften für die Ernte (z. B. von Kartoffeln oder Wurzelgemüse) durch Befeuchtung des Bodens.

Eine Sonderstellung nimmt die Frostschutzberegnung ein, welche zum Schutz bestimmter Kulturen vor Schäden durch Spätfröste angewendet werden kann.

Der Bewässerungs- bzw. Frostschutzberegnungsbedarf richtet sich nach den Standortbedingungen (z. B. klimatische Verhältnisse, Witterung, Lage, Bodeneigenschaften) und betrieblichen Entscheidungen (z. B. Wahl der Kulturart und der Fruchtfolge). Grundvoraussetzungen für eine Bewässerung aus betrieblicher Sicht sind die Verfügbarkeit von Wasser (physisch und rechtlich) sowie dessen Eignung für Bewässerungszwecke (Wasserqualität). Ob eine Bewässerungsanlage geplant und errichtet bzw. betrieben wird, hängt zudem stark von wirtschaftlichen Faktoren ab. Letztere werden in diesem Regelblatt nicht behandelt.

Wasser für landwirtschaftliche Bewässerungszwecke kann aus dem Grundwasser entnommen werden oder aus Oberflächengewässern (natürlichen oder künstlichen Fließgewässern, Seen, Teichen). Zudem kann Drainagewasser oder Niederschlag gesammelt, gespeichert und verwendet werden. Die Entnahme aus öffentlichen Trinkwasserversorgungsanlagen ist wasserwirtschaftlich nicht erwünscht bzw. widerspricht der fördertechischen Zweckwidmung von Trinkwasserversorgungsanlagen. Wasserentnahmen bedürfen einer genauen wasserwirtschaftlichen Betrachtung in Hinblick auf die Ressourcenverfügbarkeit sowie die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und die Ökosysteme. Die Möglichkeit der Wasserentnahme hängt somit stark von den örtlichen Verhältnissen ab. Der Nutzung von Gewässern sowie der Zustandsbeurteilung von Gewässern liegen verschiedene gesetzliche Bestimmungen zugrunde. Diese sind insbesondere bei der Planung, der Einreichung, der Beurteilung und der Bewilligung von Bewässerungsvorhaben zu beachten. Grundsätzlich ist der Trinkwasserversorgung Vorrang zu geben.

Dieses Regelblatt behandelt die angesprochenen Themen von allgemeinen Rahmenbedingungen und Anforderungen bei der Beantragung einer Wassernutzung bis hin zu technischen Erläuterungen zur Unterstützung bei der Planung und dem Betrieb von Bewässerungsanlagen.

2 WASSERWIRTSCHAFTLICHE ZIELSETZUNGEN

Im Sinne einer vorausschauenden und einzugsgebietsbezogenen wasserwirtschaftlichen Planung gem. § 55 Abs. 2 lit. d WRG 1959 (Wasserrechtsgesetz 1959, BGBl. Nr. 215/1959 i. d. g. F.) sind bei der Beurteilung von Wasserentnahmen zu Bewässerungszwecken alle anderen wasserwirtschaftlichen Planungen und zukünftigen Entwicklungen (z. B. Wahrung der Interessen an der Trink- und Nutzwasserversorgung im Lande) zu berücksichtigen. Die Erreichung oder Erhaltung des guten Zustands der Gewässer muss auch unter Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels (u. a. Temperaturerhöhung, Veränderung der Niederwasserzeiten und -höhen) langfristig gewährleistet sein.

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht sind folgende Kriterien zu beachten:

- Eine Wasserentnahme für landwirtschaftliche Bewässerungszwecke ist nur vertretbar, wenn auch weiterhin, z. B. für Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung, zukünftige Entwicklungen möglich sind und der gute Zustand der Gewässer erreicht oder erhalten werden kann.
- Aus § 30 Abs. 1 WRG 1959 ergibt sich die Zielsetzung, dass Grund- sowie Quellwasser grundsätzlich als Trinkwasser verwendet werden können und eine nachhaltige Wassernutzung sichergestellt ist, und dass Oberflächengewässer für andere Zwecke zu nutzen sind.
- Eine (zusätzliche) Nutzung der Gewässer ist nur unter Berücksichtigung einer gesamthaften, auf das Einzugsgebiet bezogene Wasserbewirtschaftung – insbesondere unter Berücksichtigung von Summationseffekten – sinnvoll.
- Anlagen sind nach dem Stand der Technik zu errichten und zu betreiben, Wasserverschwendung zu vermeiden und Wasserverluste zu minimieren.
- Verdunstungsverluste sind durch die Wahl geeigneter Bewässerungsverfahren und -zeiträume (z. B. Abend, Nacht bzw. in den frühen Morgenstunden) zu minimieren.
- Bodenabtrag durch unsachgemäße Bewässerung ist zu vermeiden.

Um einen effizienten Umgang mit der Ressource Wasser zu gewährleisten, sind folgende Grundsätze einzuhalten:

- Standortgerechte Pflanzenwahl im Hinblick auf sparsamen Einsatz des Bewässerungswassers für die Ertragssicherung.
- Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der bodenhydraulischen Eigenschaften.
- Einsatz moderner Bewässerungstechnik, sachgemäßer Betrieb und regelmäßige Wartung der Anlagen.
- Detaillierte, realistische und nachvollziehbare Bewässerungsplanung, abgestimmt auf den Bedarf der jeweils bewässerten Kultur unter Berücksichtigung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers.
- Dokumentation der Wasserentnahme (u. a. Betriebszeit und Wassermenge), vorzugsweise in digitaler Form, um nachweisen zu können, dass die Entnahme konsensgemäß erfolgt.

3 WASSERWIRTSCHAFTLICHE UND WASSERRECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Zur Sicherstellung der nachhaltigen Nutzung der Wasserressourcen im Rahmen der landwirtschaftlichen Bewässerung sind sowohl bei der Planung von Bewässerungsvorhaben als auch beim Betrieb von Bewässerungsanlagen Entscheidungen basierend auf den wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten und deren möglichen Änderungen zu treffen. Den gesetzlichen Rahmen dafür bildet das Wasserrecht.

3.1 EU-Wasserrahmenrichtlinie

Die nachhaltige Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Wasserressourcen ist das Ziel der 2000 in Kraft getretenen EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL, RL 2000/60/EG) und ihrer Tochterrichtlinien. Damit verbunden ist eine systematische Verbesserung und keine weitere Verschlechterung des Zustands aller Gewässer, zum Schutz der aquatischen Ökosysteme, aber auch jener Landökosysteme und Feuchtgebiete, die direkt von den Gewässern (Oberflächengewässer und Grundwasser) abhängig sind. Die EU-Wasserrahmenrichtlinie spiegelt die zentralen Zielsetzungen der europäischen Wasserpolitik wider. Sie wurde im Jahr 2003 durch die Novelle des WRG 1959 in nationales Recht überführt.

3.2 Wasserrechtsgesetz

Das WRG 1959 gibt den Rahmen für die Bewirtschaftung der Ressource Wasser vor und regelt u. a. die Benutzung der Gewässer und deren nachhaltige Bewirtschaftung, insbesondere den Schutz und die Reinhaltung der Gewässer. In diesem Sinne unterliegt die Wassernutzung für landwirtschaftliche Bewässerung einer Bewilligung. Dementsprechend sind bei Beantragung einer wasserrechtlichen Bewilligung gemäß WRG 1959 Art, Zweck, Umfang und Dauer des Vorhabens sowie die zu erwartenden Auswirkungen auf die Gewässer darzulegen. Angaben und Unterlagen zum natürlichen Wasserdargebot und zum Zustand des Grundwasserkörpers bzw. der betroffenen Oberflächenwasserkörper sind erforderlich. Die Verfügbarkeit des Bewässerungswassers für den angestrebten Zweck und der Bedarf je Sekunde, Tag und Jahr sind nachzuweisen.

3.3 Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan

Zur Prüfung der Umsetzung und Verwirklichung der Ziele und Grundsätze der EU-WRRL – über das WRG 1959 – wird alle sechs Jahre ein Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP) erstellt und veröffentlicht.

Für die Bewirtschaftung werden die Wasserressourcen Österreichs in wasserwirtschaftliche Einheiten unterteilt, die auch die Basis für die dem NGP zugrundeliegende Bewertung und daraus resultierende Maßnahmen darstellen. Neben der Zustands- und Risikobewertung, wie sie im Rahmen des NGP durchgeführt wird, ist für eine nachhaltige wasserwirtschaftliche Planung die Berücksichtigung von Extremjahren, Trockenphasen und die Saisonalität von Wasserbedarf und verfügbarer Wasserressource wesentlich.

3.3.1 Grundwasser

Grundwasserkörper (GWK)

Die Grundwasservorkommen Österreichs sind entsprechend dem [Strategiepapier zur „Lage und Abgrenzung von Grundwasserkörpern“ \(BMLFUW 2002\)](#) durch die Beschreibung von Grundwasserkörpern erfasst. Vertikal wird zwischen den das gesamte Bundesgebiete abdeckenden oberflächennahen Grundwasserkörpern und den Tiefengrundwasserkörpern unterschieden.

Horizontal lässt sich ein Teil der oberflächennahen Grundwasserkörper – Einzelgrundwasserkörper – als hydrologisch zusammenhängendes, dreidimensional abgrenzbares Grundwasservolumen beschreiben.

Die restlichen oberflächennahen Grundwasserkörper werden zum Zweck der Beschreibung zu Gruppen von Grundwasserkörpern zusammengefasst.

Die verfügbare Grundwasserressource wird basierend auf einer 30-jährigen Zeitreihe von Niederschlag, Verdunstung und Niederwasserabfluss ermittelt ([Methodik „Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021“ \(BMLRT 2021\)](#)). Dabei sind insbesondere die Abfluss- und Qualitätsverhältnisse der mit dem Grundwasser in Verbindung stehenden Oberflächengewässer und der unmittelbar von dem Grundwasserkörper abhängigen Landökosysteme zu berücksichtigen. Ein Teil der Grundwasserkörper weist direkt abhängige Oberflächengewässer- oder Landökosysteme (Feuchtgebiete) auf. Als solche werden jene Natura-2000-Gebiete betrachtet, die von den zuständigen Behörden als relevante Gebiete mit grundwasserabhängigen Habitaten gemeldet wurden.

In den **GWK-Datenblättern** werden für jeden der mit Stand des aktuellen NGP gültigen Grundwasserkörper wesentliche Informationen zur Verfügung gestellt.

Entsprechend EU-WRRL ist für Grundwasser eine Zustands- und Risikobeurteilung sowohl in mengenmäßiger als auch in chemischer Hinsicht durchzuführen.

Mengenmäßige Zustands- und Risikobeurteilung

Der gute mengenmäßige Zustand ist für einen Grundwasserkörper oder eine Gruppe von Grundwasserkörpern so definiert, dass

- die mittleren jährlichen Entnahmen langfristig die verfügbare Grundwasserressource nicht überschreiten,
- der Grundwasserspiegel keinen anthropogenen Veränderungen unterliegt,
 - die zu einem Verfehlen der ökologischen Umweltziele für in Verbindung stehende Oberflächengewässer führt,
 - die zu einer signifikanten Verringerung der Qualität dieser Oberflächengewässer oder
 - zu einer signifikanten Schädigung von Landökosystemen, die unmittelbar vom GWK abhängen, führt.

Weiters fordert die EU-WRRL die Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete, daher sind auch ausgewiesene Schutzgebiete in die Bewertung einzubeziehen.

Chemische Zustands- und Risikobeurteilung

Die Beurteilung erfolgt basierend auf den in der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW, BGBl. II Nr. 98/2010 i. d. g. F.) festgelegten Schwellenwerten für den zu erreichenden Zielzustand sowie für den im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot maßgeblichen Zustand. Diese werden insbesondere für Stoffe, durch die Grundwasser für Zwecke der Trinkwasserversorgung untauglich zu werden droht, festgesetzt.

3.3.2 Oberflächengewässer

Oberflächenwasserkörper (OWK)

Oberflächengewässer umfassen Fließgewässer und stehende Gewässer (Seen). Der sogenannte Oberflächenwasserkörper ist als einheitlicher und bedeutender Abschnitt eines Oberflächengewässers definiert. Dieser stellt die kleinste Bewirtschaftungseinheit dar, auf die sich die Aussagen der Bestandsaufnahme, der Überwachungs- und Maßnahmenprogramme beziehen.

Die Regelungen der EU-WRRL gelten grundsätzlich für alle Gewässer, jedoch fokussiert sich der NGP – entsprechend dem europäischen Planungsrahmen und den Berichtspflichten zur EU-WRRL – auf Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet (EZG) > 10 km² und Seen > 50 ha. Bei kleineren Fließgewässern mit einem EZG ≤ 10 km² bzw. Seen ≤ 50 ha hat eine Zustandsausweisung im wasserrechtlichen Bewilligungsverfahren zu erfolgen.

Oberflächenwasserkörper, die durch physikalische Veränderungen durch den Menschen in ihrem Wesen erheblich verändert wurden und bestimmte Voraussetzungen erfüllen, sind als „erheblich veränderte Wasserkörper“ eingestuft worden (siehe § 30b Abs. 1 WRG 1959). Ebenso können von Menschenhand geschaffene Oberflächenwasserkörper als „künstliche Wasserkörper“ eingestuft werden. Diese unterliegen anderen Qualitäts- und Ökologieanforderungen (NGP 2021).

OWK-Datenblätter

In den Datenblättern werden die Lage des Wasserkörpers, Grundinformationen und Gewässertypologie, Schutzgebiete, Statistiken der Belastungen im Wasserkörper, Zustand, Risiko der Zielverfehlung und die Maßnahmen gemäß dem aktuell gültigen NGP übersichtlich dargestellt.

Chemische Zustands- und Risikobeurteilung

Als Bewertungsgrundlage dienen die Qualitätsziele zur Beschreibung des guten chemischen Zustands und der chemischen Komponenten des guten ökologischen Zustands für synthetische und nicht-synthetische Schadstoffe, die für Oberflächenwasserkörper in der Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG, BGBl. II Nr. 96/2006 i. d. g. F.) festgelegt sind. Weiters erfolgt eine Beschreibung der maßgeblichen Zustände für die Anwendung des Verschlechterungsverbots.

Ökologischer Zustand und ökologisches Potenzial

In der Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer (QZV Ökologie OG, BGBl. II Nr. 99/2010 i. d. g. F.) wurden die zu erreichenden Zielzustände sowie die im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot maßgeblichen Zustände für Typen von Oberflächengewässern festgelegt. Der ökologische Zustand ergibt sich gemäß § 4 QZV Ökologie OG aus der schlechtesten Bewertung der einzelnen relevanten Qualitätskomponenten.

Der Zielzustand in einem Oberflächengewässer ist gemäß § 30a (1) WRG i. d. g. F. dann erreicht, wenn sich der Oberflächenwasserkörper zumindest in einem guten ökologischen und einem guten chemischen Zustand befindet. Für erheblich veränderte oder künstliche Gewässer sind das gute ökologische Potenzial und ein guter chemischer Zustand zu erreichen.

3.3.3 Schutzgebiete

Entsprechend der WRRL und deren Umsetzung in nationales Recht ist gemäß § 59b WRG 1959 ein Verzeichnis der Schutzgebiete zu erstellen. Das Verzeichnis ist Bestandteil des NGP und enthält jene Schutzgebiete, die dem Schutz der Oberflächengewässer und des Grundwassers dienen oder zur Erhaltung von unmittelbar vom Wasser abhängigen Lebensräumen und Arten eines besonderen Schutzes bedürfen. Darunter fallen die im Folgenden genannten Gebiete, die bei der wasserwirtschaftlichen Planung mit einzubeziehen sind.

- **Gebiete zur Entnahme von Wasser für den menschlichen Gebrauch gemäß §§ 34, 35, 37 und 55g WRG 1959.**
- **Gebiete zum Schutz von Lebensräumen oder Arten, sofern die Erhaltung oder Verbesserung des Wasserzustands einen wichtigen Faktor für diesen Schutz darstellt.** Diese WRRL-relevanten Natura-

2000-Gebiete nach Art. 6 EU-WRRL bzw. § 59b WRG 1959 umfassen Gebiete entsprechend der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (RL 92/43/EWG) und/oder der Vogelschutzrichtlinie (RL 2009/147/EG).

- **Eutrophierungsempfindliche Gebiete** gemäß Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Kommunale Abwasserrichtlinie, RL (EU) 2024/3019).
- **„Gefährdete Gebiete“ gemäß der Richtlinie zum Schutz der Gewässer vor Nitratverunreinigungen** (Nitratrichtlinie, RL 91/676/EWG): In Österreich erfolgt eine flächendeckende Maßnahmensetzung der Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung.
- **Schutzgebiete gemäß Badegewässerrichtlinie** (RL 2006/7/EG).

3.3.4 Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserbedarf und Wasserverfügbarkeit

Die mögliche Entwicklung des Wasserbedarfs und der Wasserressourcen stellt für eine nachhaltige Nutzung einen wesentlichen Aspekt bei der Bewässerungsplanung dar. Dies trifft vor allem auch auf Wiederverleihungen zu, die keine bloße Fortführung der aktuellen Bewilligung darstellen.

Zur Ermittlung der möglichen Entwicklung der **Grundwasserressourcen und des Wasserbedarfs** wurde bundesweit das Projekt [Wasserschatz Österreichs](#) im Auftrag des BMLUK durchgeführt. Damit steht mit dem Stand 2021 eine bundesweite Planungsgrundlage zur Verfügung, die nicht nur den Ist-Zustand 2021, sondern auch Szenarien für 2050 unter Berücksichtigung des Klimawandels und sozioökonomischer Veränderungen darstellt. Die Ergebnisse auf Ebene von Szenarienregionen sind unter Berücksichtigung der jeweiligen regionalen Wasserwirtschaftspläne und der spezifischen lokalen Situation bei der Planung und Genehmigung von Bewässerungsvorhaben miteinzubeziehen.

Steigende Verdunstung und längere Trockenperioden und damit verbundene ausgeprägte Niederwasserabflüsse werden zukünftig vor allem im Sommer häufiger auftreten, wodurch weniger Wasser für Nutzungen verfügbar sein wird (NGP 2021).

3.3.5 Daten- und Informationsquellen für wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

WIS-Systeme der Länder	Wasserinformationssysteme der Bundesländer
NGP (Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan)	NGP 2021
Information zu den Wasserkörpern, zu Hintergrundinformationen, Belastungen, Zustand und Risiko Zielverfehlung 2027	Wasser Karten Gewässerbewirtschaftungsplan 2021
H2O Datenbank GWK-Datenblätter	H2O Fachdatenbank H2O Fachdatenbank – Grundwasserkörperabfrage
WISA-Datenabfrage	WISA-Datenabfrage
	eHYD – der Zugang zu hydrographischen Daten Österreichs
	Hydrographisches Jahrbuch – Startseite
Wassergüte-Jahresberichte Zusammenfassende Darstellung der umfassenden Messergebnisse zur Wasserqualität	https://www.umweltbundesamt.at/wasser/daten-karten/gewaesserszustandsueberwachung
	https://www.bmluk.gv.at/themen/wasser/wasserqualitaet.html
Vorgangsweise zur Abgrenzung von Grundwasserkörpern	Strategiepapier zur Lage und Abgrenzung von Grundwasserkörpern 2002
Grundwasserentnahmen und mengenmäßige Zustandsbewertung	Strategiepapier Grundwasserentnahmen 2004
Oberflächenwasserkörper	Einteilung der Gewässer in Oberflächenwasserkörper – Methodik

Datenblätter Oberflächenwasserkörper Auswahl über die Karte oder Eingabe im Suchfeld	Wasser Karten Gewässerbewirtschaftungsplan 2021
Informationen zu den Schutzgebieten, deren ökologischem Zustand bzw. Potenzial	Registerblatt Schutzgebiete

Entwurf zur Stellungnahme

4 ECKPUNKTE DES WASSERRECHTSVERFAHRENS

4.1 Rechtliche Grundlagen

Wasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung aus dem Grundwasser oder aus Oberflächengewässern sowie die Errichtung oder Änderung der hierfür dienenden Anlagen bedürfen grundsätzlich einer wasserrechtlichen Bewilligung. Ausgenommen von der Bewilligungspflicht sind nur Entnahmen durch den Eigentümer eines Privatgewässers, wenn sie ohne Auswirkungen auf andere Gewässer und fremde Rechte sind. Die wasserrechtlichen Bewilligungstatbestände sind die §§ 9 und 10 WRG 1959.

Anzeige beim Wasserwirtschaftlichen Planungsorgan:

Das geplante Vorhaben ist schon vor Einreichung des Bewilligungsantrags bei der Wasserrechtsbehörde dem Wasserwirtschaftlichen Planungsorgan unter Darlegung der Grundzüge anzuzeigen (§ 55 Abs. 4 WRG 1959). Das Wasserwirtschaftliche Planungsorgan hat Parteistellung (§ 55 Abs. 5 WRG 1959).

Zuständigkeiten:

Für die Bewilligung einer Wasserentnahme für die landwirtschaftliche Bewässerung aus dem Grundwasser oder aus Oberflächengewässern ist die Bezirksverwaltungsbehörde (Bezirkshauptmannschaft, Magistrat) zuständig. Grenzgewässer gegen das Ausland fallen in die Zuständigkeit des Landeshauptmanns.

Kriterien für die Bewilligung:

Bei der Bewilligung sind das Maß und die Art der Wasserbenutzung gemäß § 12 WRG 1959 derart zu bestimmen, dass öffentliche Interessen und bestehende Rechte nicht verletzt werden. Auf den Bedarf des Antragstellers sowie auf die bestehenden wasserwirtschaftlichen Verhältnisse, insbesondere auf das nach Menge und Beschaffenheit vorhandene Wasserdargebot mit Rücksicht auf den wechselnden Wasserstand, beim Grundwasser auch auf seine natürliche Erneuerung, sowie auf möglichst sparsame Verwendung des Wassers, ist Bedacht zu nehmen. Das Maß und die Art der Wasserbenutzung dürfen keinesfalls so weit gehen, dass Gemeinden, Ortschaften oder einzelnen Ansiedlungen das für die Abwendung von Feuergefahren, für sonstige öffentliche Zwecke oder für Zwecke des Haus- und Wirtschaftsbedarfs ihrer Bewohner erforderliche Wasser entzogen wird. Erforderlichenfalls ist das Maß der beantragten Wasserbenutzung durch einen Vorbehalt für die öffentliche Wasserversorgung zu beschränken. Bei der Entnahme aus Oberflächengewässern ist auf den Erhalt der ökologischen Funktionsfähigkeit Rücksicht zu nehmen. Generell sind die nach dem Stand der Technik möglichen und im Hinblick auf die bestehenden wasserwirtschaftlichen Verhältnisse gebotenen Maßnahmen vorzusehen (§ 13 WRG 1959).

Die Bewilligung ist gemäß § 21 WRG 1959 nach Abwägung des Bedarfs des Bewerbers und des wasserwirtschaftlichen Interesses sowie der wasserwirtschaftlichen und technischen Entwicklung auf die jeweils längste vertretbare Zeitdauer zu befristen. Bei der Befristung von Wasserentnahmen für Bewässerungszwecke auf die Maximaldauer von 25 Jahren wird auf das Vorliegen eines ausreichenden Wasserdargebots zu achten sein. Das wasserwirtschaftliche Interesse ist besonders in Gebieten mit absehbaren Problemen des Grundwasserspiegels von Bedeutung, sodass in solchen Fällen eine Befristung in einem entsprechend kürzeren Zeitraum festzulegen sein wird (vgl. Erläuterungen zur WRG-Novelle 2018, 270 der Beilagen XXVI. GP).

Vorläufige Überprüfung:

Sofern aus der Natur des Vorhabens Auswirkungen auf öffentliche Rücksichten zu erwarten sind, hat die Behörde im Rahmen einer „vorläufigen Überprüfung“ gemäß § 104 WRG 1959 das ordnungsgemäß eingebrachte Vorhaben insbesondere dahingehend zu prüfen,

- ob und inwieweit durch das Vorhaben öffentliche Interessen (§ 105 WRG 1959) berührt werden,
- ob die Anlagen dem Stand der Technik entsprechen (§ 12a WRG 1959),
- welche Maßnahmen zum Schutz u. a. der Gewässer und des Bodens vorgesehen oder voraussichtlich erforderlich sind,
- ob das Vorhaben mit wichtigen wasserwirtschaftlichen Planungen in Widerspruch steht.

Auf Antrag des Bewilligungswerbers hat die Wasserrechtsbehörde die Untersuchung vorerst darauf zu beschränken, ob gegen das Vorhaben grundsätzliche Bedenken bestehen, wofür lediglich die dafür erforderlichen Unterlagen vorzulegen sind.

Grundsatzgenehmigung, Detailgenehmigung:

§ 111a WRG 1959:

(1) Bei Vorhaben, die zufolge ihrer Größenordnung nicht von vornherein in allen Einzelheiten überschaubar sind, ist das Verfahren auf Antrag vorerst auf die Beurteilung der grundsätzlichen Zulässigkeit des Vorhabens zu beschränken. (...) In der Grundsatzgenehmigung sind Art und Maß der Wasserbenutzung festzulegen. (...)

(2) Auf der Grundlage der Grundsatzgenehmigung hat die Behörde über die Detailprojekte nach Vorlage der hierfür erforderlichen weiteren Unterlagen und Durchführung einer allfälligen Verhandlung im Detailverfahren zu erkennen. (...)

Wiederverleihung:

Für die Wiederverleihung eines bereits ausgeübten Wasserbenutzungsrechts ist ein Ansuchen an die zuständige Wasserrechtsbehörde zu stellen. Dies kann frühestens 5 Jahre, spätestens 6 Monate vor Ablauf der Bewilligungsdauer eingebracht werden. Wird dieses Ansuchen rechtzeitig eingebracht, besteht für den bisherigen Berechtigten ein Rechtsanspruch auf Wiederverleihung des Rechts, sofern öffentliche Interessen und fremde Rechte nicht entgegenstehen und die Wasserbenutzung unter Beachtung des Stands der Technik erfolgt. Zu beachten ist, dass bei Versäumnis dieser Frist eine wasserrechtliche Neubewilligung möglich ist, aber ein Anspruch auf inhaltlich weitgehend gleiche Wiederverleihung nicht besteht.

Wassergenossenschaften:

Bei größeren Projekten, an denen mehrere Grundeigentümer beteiligt sind, und insbesondere in intensiv genutzten Bewässerungsgebieten hat sich die Organisationsform einer Wassergenossenschaft bewährt. Zur Verfolgung wasserwirtschaftlich bedeutsamer Zielsetzungen können gem. § 73 WRG 1959 Wassergenossenschaften gebildet werden. Wassergenossenschaften sind Körperschaften öffentlichen Rechts, die durch Anerkennungsbescheid der Wasserrechtsbehörde Rechtspersönlichkeit erhalten. Die Mitgliedschaft setzt in der Regel Eigentum an einer Liegenschaft voraus. Die Rechtsbeziehungen der Mitglieder untereinander werden durch ebenfalls behördlich zu bewilligende Satzungen bestimmt, wobei im Rahmen der Satzungsautonomie nur bestimmte wasserrechtliche Mindestanforderungen einzuhalten sind und zwingende Normen nicht verletzt werden dürfen. Mit Erwerb einer in die Genossenschaft einbezogenen Liegenschaft wird man Mitglied, die genossenschaftlichen Verpflichtungen sind eine vor anderen dinglichen Lasten teilweise bevorrangte Grundlast. Genossenschaftsorgane sind Mitgliederversammlung, Ausschuss, Obmann, allenfalls ein Geschäftsführer. Für Streitigkeiten aus dem Genossenschaftsverhältnis gibt es eine Schlichtung. Die Wasserrechtsbehörde übt die Aufsicht über Genossenschaften aus, entscheidet über Streitfälle, die nicht geschlichtet werden können, und spricht die Auflösung einer Genossenschaft aus.

4.2 Antragsunterlagen

Gemäß § 103 WRG 1959 muss ein Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Bewilligung für die Wasserentnahme zu Bewässerungszwecken jedenfalls die nachstehend angeführten Unterlagen enthalten,

die von namentlich genannten fachkundigen Personen erstellt wurden. Als „fachkundig“ ist anzusehen, wer über das besondere Wissen verfügt, das zur Herstellung der Unterlagen im jeweiligen Fall erforderlich ist. Dies kann fallbezogen auch der Bewilligungswerber selbst sein. Als fachkundig sind auf jeden Fall Zivilingenieure für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft oder entsprechend qualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eines Technischen Büros dieser Fachrichtung anzusehen, insbesondere, wenn die Antragsunterlagen gesamtheitlich erstellt werden. Es ist jedoch auch möglich, einzelne dieser Unterlagen durch unterschiedliche, nur für jeweilige Teilgebiete fachkundige Personen ausarbeiten zu lassen, wobei darunter unter anderem Baumeisterinnen und Baumeister, Brunnenbauerinnen und Brunnenbauer, Hersteller oder Lieferfirmen sowie der Antragsteller selbst zu verstehen sind.

Insgesamt ist dabei eine objektiv nachvollziehbare, zusammenfassende Darstellung notwendig. Die Antragsunterlagen müssen daher gesamtheitlich von einer namentlich genannten fachkundigen Person geprüft, ggf. vervollständigt und verantwortet werden.

Ein Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Bewilligung enthält folgende Unterlagen – es sei denn, verschiedene Unterlagen erweisen sich aufgrund der Beschaffenheit des Vorhabens als entbehrlich (der genaue Wortlaut ist § 103 WRG 1959 zu entnehmen):

- Angaben über Art, Zweck, Umfang und Dauer des Vorhabens und das betroffene Gewässer;
- grundbuchsmäßige Bezeichnung der durch Anlagen beanspruchten Liegenschaften unter Anführung des Eigentümers sowie Bekanntgabe der Wasser-, Fischerei- und Einforstungsberechtigten; Angaben über bereits vorliegende Vereinbarungen sowie über Anträge an öffentliche Förderungsstellen
- die Darstellung der vom Vorhaben zu erwartenden Vorteile oder der im Falle der Unterlassung zu besorgenden Nachteile;
- Angaben über Inanspruchnahme fremder Rechte und der angestrebten Zwangsrechte;
- die erforderlichen, von einer fachkundigen Person entworfenen Pläne, Zeichnungen und erläuternden Bemerkungen unter Namhaftmachung des Verfassers;
- Angaben über die beanspruchte Wassermenge je Sekunde, Tag und Jahr, über die erwarteten Auswirkungen auf Gewässer sowie über die zum Schutz der Gewässer vorgesehenen Maßnahmen;
- Angaben darüber, welche Behörden sonst mit dem Vorhaben befasst sind;
- gegebenenfalls vorgesehene Überwachungs- und Betriebsprogramme;
- Beschreibung möglicher bundesgrenzenüberschreitender Auswirkungen

Einzelne Bundesländer stellen dafür Formblätter zur Verfügung. Der Grad der Detaillierung der Antragsunterlagen kann abhängig von der Größe des Bewässerungsvorhabens mit der zuständigen Behörde festgelegt werden.

4.2.1 Allgemeine Angaben zum Bewässerungsvorhaben

Der Antrag muss eine kurze Beschreibung des Bewässerungsvorhabens mit Ortsangaben, Name und Anschrift aller Antragsteller beinhalten.

Die **Ortsangaben** beziehen sich sowohl auf die zu bewässernden Grundstücke als auch auf Grundstücke, auf denen Wasserentnahmen oder feste Transportleitungen geplant sind. Ein **Verzeichnis der Grundstücke** sollte die jeweilige Grundstücksnummer (GSTNR), die Einlagezahl (EZ), die Katastralgemeinde (KG), die politische Gemeinde und den Bezirk sowie die Fläche in m² und die Kulturart enthalten. Der jeweilige Eigentümer laut Grundbuch ist anzugeben. **Art und Ort der Wasserentnahme** müssen angegeben werden, z. B. ob es sich um Grundwasser oder Oberflächenwasser handelt und welches Gewässer es betrifft.

Diese Unterlagen können in der Regel vom Antragsteller selbst erstellt werden.

4.2.2 Angabe von fremden Rechten

Grundsätzlich sind gemäß § 12 WRG 1959 Maß und Art der zu bewilligenden Wasserbenutzung derart zu bestimmen, dass das öffentliche Interesse (§ 105) nicht beeinträchtigt und bestehende Rechte nicht verletzt werden. Als bestehende Rechte sind rechtmäßig geübte Wassernutzungen, bewilligungsfreie Nutzungsbefugnisse und das Grundeigentum anzusehen. Gemeinden haben insofern Parteistellung, als durch das zur Bewilligung beantragte Vorhaben nicht in ihr gemäß § 13 Abs. 3 bestehendes Recht auf Aufrechterhaltung der Wasserversorgung für ihre Bewohnerinnen und Bewohner eingegriffen werden darf.

Parteistellung haben jene, die möglicherweise beeinträchtigt werden. Ob mit dem Eintritt einer Beeinträchtigung tatsächlich zu rechnen ist, ist im Wasserrechtsverfahren sachverständig zu prüfen. Gegebenenfalls sind bei Eingriff in fremde Rechte seitens der Behörde Duldungsverpflichtungen (Zwangsrechte) auszusprechen, jedoch auch Entschädigungen zu bestimmen. Eine vertragliche Regelung, allenfalls im Bewilligungsbescheid beurkundet, wäre für beide Seiten meist von Vorteil.

Zu den allenfalls berührten fremden Wasserrechten zählen u. a.:

- durch Anlagen oder Wasserentnahmen berührte fremde Grundstücke,
- bestehende Wasserrechte und
- bewilligungsfreie Wassernutzungen.

Die mit einer geplanten Bewässerungsanlage verbundene Änderung des Grundwasserstands steht der Bewilligung nicht entgegen, wenn das betroffene Grundstück auf die bisher geübte Art benutzbar bleibt. Eine Verletzung fremder Rechte ist u. a. insbesondere dann gegeben, wenn bei einer Entnahme der Grundwasserstand bei umliegenden Brunnen beeinträchtigt wird, bzw. wenn bei einer Wasserentnahme aus einem Fließgewässer eine wasserrechtlich genehmigte unterhalb liegende Wasserentnahme beeinträchtigt wird.

Werden durch den Bestand oder den Betrieb der Anlage fremde Grundstücke, Wasserrechte, Anlagen oder Einbauten berührt, so sind die jeweiligen Berechtigten in das Verfahren miteinzubeziehen. Zusätzlich sind jene Grundstückseigentümer, auf deren Grundstücken Anlagen (Brunnen, Leitungen usw.) errichtet bzw. verlegt werden, anzuführen. Diese Angaben können aus Katastermappen der Gemeinden, dem Grundbuch oder beim örtlichen Vermessungsamt durch den Antragsteller ermittelt werden.

Die Daten und Lage bestehender Wasserrechte im möglichen Einflussbereich des Bewässerungsbrunnens bzw. bei Oberflächengewässern (Ober- und Unterlieger) können vom Antragsteller aus dem Wasserbuch (s. Kapitel 5.2.5) entnommen werden. Bewilligungsfreie Nutzungsbefugnisse sind nicht im Wasserbuch ersichtlich. Eventuell vorhandene Leitungen und Einbauten, sowohl ober- als auch unterirdisch (Strom, Gas, Wasser etc.), welche von den bewässerten Flächen berührt werden, sind in den Planunterlagen (Katastermaßstab) ersichtlich zu machen.

4.2.3 Angaben zu Standortbedingungen und zum Gewässerzustand

Bei der Planung einer Bewässerungsanlage müssen insbesondere die meteorologischen (s. Kapitel 5.1) und hydrologischen Standortbedingungen (s. Kapitel 5.2) sowie die Bodeneigenschaften (s. Kapitel 5.3) berücksichtigt werden. Die entsprechenden Daten sind auch für die Beantragung einer wasserrechtlichen Bewilligung relevant und müssen deshalb entsprechend angeführt werden. Z. B. dienen Niederschlag, Verdunstung und die Wasserspeicherefähigkeit des Bodens als Grundlage zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfs. Grundwasserstände und die Wasserführung von Fließgewässern werden zusammen mit anderen Daten verwendet, um die verfügbaren Wasserressourcen und die Auswirkungen der Wasserentnahme zu bewerten.

Details zu den jeweiligen Standortbedingungen mit Datenquellen und Ermittlungsmethoden sind in Ka-

pitel 5 angeführt.

Für den Fall der **Benutzung von Grundwasser** sind Angaben über den mengenmäßigen Zustand des betroffenen Grundwasserkörpers (s. Kapitel 3.3.5 und 5.2.5) zu machen und die Auswirkungen der geplanten Maßnahme zu beschreiben. Details zur Wasserentnahme aus dem Grundwasser sind in Kapitel 7 angeführt.

Für den Fall einer **Benutzung von Fließgewässern** sind Angaben über den gewässerökologischen Zustand (siehe NGP 3.3.5) anzuführen und die Auswirkungen der Maßnahme auf den gewässerökologischen Zustand darzustellen. Details zur Wasserentnahme aus Fließgewässern sind in Kapitel 8 angeführt.

Wenn keine geeigneten Daten vorhanden sind, müssen diese im Zuge der Erstellung der Unterlagen von einer fachkundigen Person erhoben oder ermittelt werden. Unter Umständen ist ein umfassenderes Gutachten erforderlich.

4.2.4 Angaben zum Bewässerungsbedarf und Begründung

Der Bewässerungsbedarf ist auf Basis der gewählten Kulturen und der Standortbedingungen (Kapitel 5) zu ermitteln und bezogen auf die jeweilige Fläche anzugeben. Der Bewässerungsbedarf ergibt sich als Differenz des Wasserbedarfs der jeweiligen Kultur und des Niederschlags unter Berücksichtigung des Bodenwasserspeichers. Entsprechende **Berechnungsverfahren** sind in Kapitel 6 beschrieben. Die **beanspruchte Wassermenge** ist je Sekunde (l/s), Tag (m^3/d) und Jahr (m^3/a) anzugeben. Sie wird von der Behörde zur Bewertung des Bewässerungsvorhabens und seiner Auswirkungen sowie als Grundlage für die Bestimmung der **Konsenswassermenge** benötigt. Die Konsenswassermenge wird unter Berücksichtigung der beanspruchten Wassermenge und der verfügbaren Wasserressourcen sowie der damit verbundenen Nutzungen ermittelt und ausverhandelt und im Wasserrechtsbescheid zugesprochen.

Der **Bewässerungsbedarf ist zu begründen**, indem z. B. dargelegt wird, inwieweit die beantragte Bewässerung den Ertrag oder die Qualität bestimmter Kulturen sicherstellen kann oder inwieweit bestimmte Kulturen nicht mit ausreichender Ertragssicherheit angebaut werden können, wenn das Vorhaben nicht durchgeführt wird. Auch auf Studienergebnisse kann verwiesen werden, um die Notwendigkeit der Bewässerung zu begründen. Die Begründung sollte nachvollziehbar und glaubhaft sein, da die Behörde aufgrund dieser Angaben das Ausmaß und den Zeitpunkt des Wasserbedarfs zu beurteilen und dementsprechend das Maß der Wasserbenutzung zu bestimmen hat.

Bei den Angaben zum Bewässerungsbedarf (s. Kapitel 6.3) und der Begründung können Expertinnen und Experten der Landwirtschaftskammern, Ziviltechnikerinnen und Ziviltechniker, Planerinnen und Planer und andere Fachleute unterstützen.

4.2.5 Angaben zur Bewässerungsanlage

Die relevanten Anlagenteile der Bewässerungsanlage, von der Wasserentnahme bis zur Wasserverteilung auf dem Feld, müssen beschrieben werden. Die Kenndaten der Pumpe (z. B. Bauart, Förderleistung, Pumpenkennlinie, Leistungsaufnahme), die Antriebsart der Pumpe (z. B. Diesel- oder Stromaggregat) und das Bewässerungsverfahren (z. B. Rohrberegnung, mobile Beregnungsmaschine, Tropfbewässerung) sind ebenfalls anzuführen.

Details zu Bewässerungsanlagen finden sich in Kapitel 11.

Informationen des Herstellers oder der Vertriebsgesellschaft (in Broschüren oder auf Websites) sowie Ex-

pertinnen und Experten der Landwirtschaftskammern und andere Fachleute können bei den notwendigen Angaben zur Bewässerungsanlage helfen.

4.2.6 Planunterlagen

In einem **Übersichtslageplan** (z. B. Maßstab 1:50 000 oder 1:25 000) sind die Bewässerungsflächen und Entnahmestandorte darzustellen. Diese Karte kann sich der Antragsteller selbst beschaffen (z. B. beim Gemeindeamt, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen oder örtlichen Stellen des Vermessungsamtes) bzw. kann sie auch von GIS-Systemen (z. B. NÖ Atlas, DORIS) kostenlos abgerufen werden. Der Entnahmestandort ist koordinativ anzugeben (z. B. ÖK50, Bundesmeldenetz, GPS).

Bei den **Katasterlageplänen** ist der Maßstab anzugeben sowie der Nordpfeil einzuzeichnen. Diese Pläne sollen alle zu bewässernden Grundstücke sowie alle Transportleitungen, Entnahmestellen und Einbauten beinhalten. Die Katasterpläne sind bei den oben angeführten Stellen erhältlich, die Einträge können vom Antragsteller selbst vorgenommen werden.

Die **Detailpläne** beinhalten alle Anlagenteile einschließlich der dazu notwendigen Schnitte. Die Detailpläne sind in einem Maßstab (z. B. 1:20 bis 1:50) auszuführen, bei Standardbauwerken genügt auch die Vorlage von Planskizzen, z. B. Brunnen (Angabe der Höhenkoten, Böschungsneigung, Einstieg, Abdeckung, Montage der Saugeinrichtung im Brunnen), Pumpenhaus bzw. Entnahmebauwerke. Relative Höhenangaben sind in der Regel ausreichend und auf die Oberkante des Brunnenrohrs oder des oberen Brunnenrings oder sonstige dauerhafte unverrückbare und gekennzeichnete Punkte zu beziehen.

Details zu Bewässerungsanlagen und Ausgestaltung von Entnahmebauwerken finden sich in Kapitel 11.

Zur Sicherstellung einer ausreichenden Druckversorgung der Bewässerungsanlage kann ein **Drucklinienplan** helfen. Bei einem Drucklinienplan ist als Längenmaßstab der des Katasterplans zu wählen, für die Angabe des Drucks eine zehnfache Überhöhung. Ein Drucklinienplan ist nur bei der Projektierung von ortsfesten Transportleitungen beizustellen und beinhaltet den Längenschnitt, Hoch- und Tiefpunkte sowie die Drucklinie für den maximalen Pumpbetrieb. Auch hier sind relative Höhenangaben ausreichend. Die Drucklinie dient zur Beurteilung von Druckverhältnissen im Leitungssystem und damit der Beurteilung der Angemessenheit der vorgesehenen Betriebsweise des Entnahmeaggregats im Zusammenhang mit dem Maß der Wasserbenutzung.

Alle Pläne haben den üblichen Anforderungen an technische Zeichnungen zu entsprechen und werden in den meisten Fällen vom Planungsbüro oder dem ausführenden Betrieb (z. B. Baumeister, Brunnenmeister) erstellt.

4.2.7 Angaben über beabsichtigte Maßnahmen zur Optimierung der Bewässerung

Eine Optimierung der Bewässerung im Hinblick auf den sparsamen Umgang mit Wasser ist sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus wasserwirtschaftlicher Sicht geboten. Es gibt eine Vielzahl von technischen Möglichkeiten und Entscheidungshilfen, um die Bewässerung an den tatsächlichen Wasserbedarf der Kultur unter Berücksichtigung des Bodenwassers anzupassen. Solche Maßnahmen sind vor allem dann sinnvoll, wenn die Wasserressourcen stark beansprucht werden.

Kapitel 13 gibt einen Überblick über entsprechende Ansätze und Methoden.

4.3 Betriebserfordernisse

Die Dokumentation der Einhaltung der Bewilligungsvorschriften zur Erfassung der Entnahmemenge er-

folgt im Bewässerungsbuch (analog oder digital).

Darin sind zumindest enthalten:

- Entnahmestandort bzw. genutzte Wasserressource,
- Grundstücksnummer und bewässerte Fläche,
- Kultur,
- Bewässerungsverfahren,
- Betriebszeit,
- Entnahmemenge (über Wasserzähler oder näherungsweise über Pumpencharakteristik und Pumpendruck),
- Instandhaltungsmaßnahmen,
- besondere Vorkommnisse in der gesamten Anlage.

Entwurf zur Stellungnahme

5 STANDORTBEDINGUNGEN

Der überwiegende Anteil der landwirtschaftlichen Bewässerungsmengen, rund 90 %, wird aus dem Grundwasser entnommen (BMLRT 2021). Der Bewässerungsbedarf in Österreich ist auf wenige Regionen und zeitlich auf die Vegetationsperiode konzentriert. Aufgrund der von Jahr zu Jahr unterschiedlichen Witterungsbedingungen schwankt auch der Bewässerungsbedarf an einem Standort stark und kann in trockenen Jahren um ein Vielfaches größer sein als in Jahren mit durchschnittlichen Niederschlags- und Temperaturverhältnissen. Daher sind ausreichende Daten zur Beurteilung der meteorologischen, hydrologischen und bodenhydraulischen Standortbedingungen im Hinblick auf die landwirtschaftliche Bewässerung notwendig.

5.1 Meteorologische Standortbedingungen

Eine vorausschauende **Planung** von Bewässerungsvorhaben ist eng gekoppelt mit dem Standortklima, welches sich aufgrund des globalen Klimawandels stark verändert. Ein vorausschauender **Betrieb** von Bewässerungsanlagen ist abhängig vom aktuellen Wetter und der Witterung der kommenden Tage und Wochen. Dabei sind sowohl das **Klima** als auch das **Mikroklima** des Standorts zu berücksichtigen. Grundkenntnisse über meteorologische Zusammenhänge, Mess- und Kenngrößen und deren Datenverfügbarkeit können daher den Planungsaufwand reduzieren und die Effizienz im Betrieb erhöhen.

5.1.1 Niederschlag

Niederschlag gelangt in Österreich vorwiegend in flüssiger Form auf die Erdoberfläche. Die Bandbreite des mittleren Jahresniederschlags in Österreich reicht von 450 bis über 2000 mm, mit starken Schwankungen von Jahr zu Jahr. Der mittlere Jahresniederschlag ist eine wichtige Größe für die Beschreibung eines Standorts und für die Planung und Beurteilung von Bewässerungsvorhaben. In weiten Teilen Österreichs fällt der meiste Niederschlag in der warmen Jahreszeit, deutlich weniger im Winter. Auch die zeitliche Verteilung innerhalb der Vegetationsperiode muss bei der Bewässerungsplanung berücksichtigt werden. In Bezug auf die räumliche Verteilung ist wichtig zu wissen, dass es Regenereignisse gibt, welche großflächiger und relativ gleichverteilt (z. B. „Landregen“) und solche, die in einem eng begrenzten Gebiet auftreten (z. B. Gewitter, Starkregen). Zeitverzögert gelangt Wasser über den „Umweg“ der Schneedecke und Schneeschmelze in den Boden. Gerade in höheren Regionen und im alpinen Raum spielen dieses „Zwischenspeichern“ und die Zeitverzögerung eine wichtige Rolle.

5.1.2 Lufttemperatur

Die Lufttemperatur ist eine treibende Kraft für die Verdunstung, bestimmt aber auch das Pflanzenwachstum (Temperatursummen). Außerdem können Extremwerte und die Anzahl der Hitze- bzw. Frosttage für die Bewässerungsplanung bzw. die Planung einer Frostschutzberegnung relevant sein.

5.1.3 Verdunstung

Die Verdunstung beschreibt den Übergang von Wasser von der flüssigen in die gasförmige Form, ohne den Siedepunkt zu erreichen. Die Verdunstung von Pflanzenoberflächen, Wasserflächen oder dem Boden wird als Evaporation bezeichnet. Die Transpiration ist der Prozess, bei dem Pflanzen Wasser aus dem Boden aufnehmen und für die Biomasseproduktion, den Nährstofftransport und die Kühlung nutzen und es als Wasserdampf an die Atmosphäre abgeben. Die gesamte Verdunstung als Summe dieser beiden Prozesse (Evapotranspiration) ist somit ein wichtiger Bestandteil sowohl des Wasserkreislaufs als auch der Pflanzenproduktion. In Zusammenhang mit der Pflanzenproduktion wird die Evaporation oft auch als „unproduktive Verdunstung“ bezeichnet. Bei ausreichender Wasserverfügbarkeit hängt die Verdunstung von den atmosphärischen Bedingungen ab, insbesondere von der Globalstrahlung (oder Sonnenscheindauer), der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit. Einen besonderen Stellenwert nimmt dabei die Referenzverdunstung ET_0 ein. Sie wird üblicherweise definiert als Verdunstung

tung von einer Gras-Referenzfläche, die ausreichend mit Wasser und Nährstoffen versorgt ist, unter den gegebenen atmosphärischen Bedingungen (Allen et al. 1998). Neben dem Niederschlag sollte deshalb auch die mittlere jährliche Verdunstung bzw. Referenzverdunstung als Größe zur Beschreibung eines Standorts und zur Planung und Beurteilung von Bewässerungsprojekten herangezogen werden.

5.1.4 Klimatische Wasserbilanz

Die klimatische Wasserbilanz (KWB) wird aus dem Niederschlag minus der Referenzverdunstung ET_0 (Allen et al. 1998) berechnet. Somit kann die KWB sehr gut zur generellen Beschreibung der meteorologischen Verhältnisse eines Standorts und zur Planung und Beurteilung von Bewässerungsvorhaben herangezogen werden. Zu diesem Zweck werden die Summenwerte der beiden Größen über einen bestimmten Beobachtungszeitraum verwendet; die KWB wird in der Regel für Kalenderjahre oder Vegetationsperioden berechnet. Darüber hinaus wird die KWB auch als Dürreindex bzw. als Basis für unterschiedliche Dürreindizes verwendet.

5.1.5 Mikroklimatische Standortbedingungen

Kleinräumige Unterschiede in Strahlungsangebot, Beschattung, Wind- und Temperaturverhältnissen (Windschneisen und Kaltluftseen) können den Wasserbedarf von Kulturen, die Anforderungen an ein Bewässerungssystem oder das Risiko von Frostschäden beeinflussen. Deshalb sollten die mikroklimatischen Standortbedingungen bei der Planung von Bewässerungsanlagen mitberücksichtigt werden.

5.1.6 Auswirkungen des Klimawandels auf die meteorologischen Standortbedingungen

Das Standortklima ist in den laufenden Dekaden einem Wandel unterworfen, der unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Bei der Planung von Bewässerungsprojekten sind die Auswirkungen des Klimawandels auf den Standort zu berücksichtigen.

Die **Temperaturen** werden in den kommenden Jahren weiter ansteigen, im Sommer tendenziell etwas stärker als im Winter. Dieser Effekt ist in Österreich seit Mitte der 1990er sehr klar beobachtbar. Die Zunahme der Temperaturen in der mittleren Zukunft hängt stark von den globalen Klimaschutzmaßnahmen der Gegenwart ab. Die diesen mittleren Anstieg überlagernden Schwankungen (Tagesgang, Kaltluftvorstöße und Hitzewellen) bleiben erhalten, verschieben sich aber mit dem Anstieg. Der **Niederschlag** bleibt in der Jahressumme in vielen Regionen Österreichs gleich. Saisonal ist eine leichte Verschiebung zu erwarten – mit einer Niederschlagszunahme in der kalten Jahreszeit und etwas weniger Niederschlag in der warmen Jahreszeit. Wobei der meiste Niederschlag absolut betrachtet, weiterhin in der warmen Jahreszeit fallen wird.

Auswirkungsorientierte Betrachtung bis 2050 in Bezug auf den Wasserbedarf für landwirtschaftliche Fragestellungen:

Durch höhere Temperaturen wird die **Verdunstung** in den kommenden Jahren in der Vegetationsphase stark zunehmen. Die Austrocknung des Bodens und der Biomasse nimmt zu. Dieser Effekt ist seit 2000 beobachtbar, im Süden Österreichs auch schon früher. Die Wahrscheinlichkeit von **Trockenphasen** für den Boden nimmt zu. Einerseits, weil die niederschlagsfreien Perioden im Sommer entweder gleichbleiben oder tendenziell mehr werden (regionsabhängig) und andererseits, weil durch die höheren Temperaturen während der Vegetationsphase die Verdunstung stark zunehmen wird. Die Verdunstung ist in weiten Teilen Österreichs der dominante Prozess. Die **Vegetationsphase** ist seit 2000 deutlich länger geworden; beginnt im Frühling früher und dauert im Herbst länger. Der Trend wird sich bei allen Kulturpflanzen fortsetzen. Auch dadurch wird der Wasserbedarf der Pflanzen in einer Saison deutlich zunehmen.

Der Boden und die Vegetation sind von zunehmenden Austrocknungsprozessen betroffen, insbesondere sonnseitig (steigende Verdunstung durch höhere Temperaturen, tendenziell mehr niederschlagsfreie

Tage, höhere Strahlung, längere Vegetationsperiode). Hinzu kommt, dass im Spätwinter/Frühling die Schneedecke früher verschwindet und dadurch dieser natürliche und zeitverzögerte Wassereintrag für den Boden zunehmend fehlt.

Je nach Höhenlage fungiert die **Schneedecke als „Zwischenspeicher“** des winterlichen Niederschlags, der dann im Spätwinter/Frühling Wasser in den Boden entlässt. Durch das frühere Ausapern wird diese natürliche und gleichmäßige Durchfeuchtung des Bodens knapp vor oder zu Beginn der Vegetationsphase eine geringere Rolle spielen. Die Austrocknungsprozesse beginnen damit früher.

Auswirkungsorientierte Betrachtung ab 2050 in Bezug auf den Wasserbedarf für landwirtschaftliche Fragestellungen:

Die Einschätzung der klimatischen Entwicklungen nach 2050 ist mit großen Unsicherheiten verbunden. Das liegt zum einen an der nicht vorhersagbaren sozioökonomischen Entwicklung der Weltgemeinschaft, hier zeigt sich vor allem ab 2050 eine deutliche Divergenz der einzelnen Entwicklungs- und somit Emissionspfade, und zum anderen an möglichen Rückkopplungsprozessen, die noch nicht gänzlich verstanden werden, z. B. möglicher Zusammenbruch der Atlantischen Umwälzzirkulation (Golfstrom). Bei der Fortsetzung der aktuellen Entwicklungen werden sich sämtliche oben genannte Prozesse und Änderungen intensivieren.

5.1.7 Datenquellen für meteorologische Standortbedingungen

5.1.7.1 Datenquellen für die Witterung und das Klima der Vergangenheit und der Gegenwart

Für die Bewässerung wesentliche Informationen und Daten wie zum Beispiel Niederschlag, Temperatur, Verdunstung, Strahlungsangebot und Schneedeckendauer bietet der GeoSphere Data Hub zum freien öffentlichen Bezug (<https://data.hub.geosphere.at>, GeoSphere Austria). Tab. 1 zeigt eine Übersicht. Zur Verfügung stehen diese Größen als langjährige repräsentative Mittelwerte in einer Auflösung von 1 x 1 km für ganz Österreich sowohl als Jahresmittelwerte (z. B. für die Planung und Beurteilung der Wasserentnahme) als auch für einzelne Monate (z. B. für die Berechnung des Bewässerungsbedarfs oder die Bemessung von Wasserspeichern). Für die Ermittlung des Bewässerungsbedarfs können neben den Stationsdaten (z. B. Niederschlag, Globalstrahlung, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit) vor allem die SPARTACUS- und die WINFORE-Daten (z. B. Verdunstung) hilfreich sein. Während diese räumlichen Daten aus Interpolationsanwendungen stammen und daher punktuell Unsicherheiten enthalten, sind aus dieser Datenquelle auch Messwerte von standardisierten Wetterstationen verfügbar, die für den jeweiligen Standort eine höhere Genauigkeit bieten.

Tab. 1 Zusammenstellung von verfügbaren Daten und Inhalten, welche für Planung und Projektierung von Bewässerungsprojekten relevant sind (Stand 04/2024)

Inhalt	Bezeichnung	Domäne	räuml. Auflösung	zeitl. Auflösung	Zeitraum	Zusatz
Niederschlag	Stationsdaten*	Alpenraum	ca. 500 Stationen	ab 10 Min	ab 19. Jhdt.	
	SPARTACUS*	Österreich+	1 x 1 km	Tag	1961	
	Klimanormalperiode*	Österreich	ca. 250 Stationen	Stunden	30-Jahre-Mittel	bis -2020 / -2010 / -2000
	INCA*	Österreich+	1 x 1 km	15 Min	ab 2006	
Temperatur	Stationsdaten*	Alpenraum	ca. 500 Stationen	ab 10 Min	ab 19. Jhdt.	
	SPARTACUS*	Österreich+	1 x 1 km	Tag	1961	
	Klimanormalperiode*	Österreich	ca. 250 Stationen	Stunden	30-Jahre-Mittel	bis -2020 / -2010 / -2000
	INCA*	Österreich+	1 x 1 km	Stunden	ab 2006	
Sonnen-scheindauer	Stationsdaten*	Alpenraum	ca. 500 Stationen	ab 10 Min	ab 19. Jhdt.	
	SPARTACUS*	Österreich+	1 x 1 km	Tag	1961	
	Klimanormalperiode*	Österreich	ca. 70 Stationen	Stunden	30-Jahre-Mittel	bis -2020 / -2010 / -2000
Schneedecke	Stationsdaten*	Alpenraum	ca. 500 Stationen	ab 10 Min	ab 20. Jhdt.	
	SNOWGRID*	Österreich+	1 x 1 km	Tag	1961	Wasseräquivalent, Schneehöhe, Neuschnee
Verdunstung, Dürre	Stationsdaten	Alpenraum				Lysimeter
	WINFORE*	Österreich+	1 x 1 km	Tag	1961	Dürremonitoring, ET_o , Dürreindex
	Nutzerportale	Österreich+	1 x 1 km			spezifische Nutzerportale Dürremonitoring

* Verfügbarkeit: Open Data/PSI, Zugang: <https://data.hub.geosphere.at>

In Bezug auf das hochauflösende **Strahlungsangebot** und **Beschattung** stehen in den meisten Regionen Solarkataster-Daten zur Verfügung, mit Laserscan-Auflösungen von 0,5 bis 1,0 m und der Einbeziehung von realen Strahlungsdaten und Berücksichtigung der Atmosphäre (Wolken, atmosphärische Trübung) (APOLIS-Datensatz der GeoSphere Austria).

5.1.7.2 Datenquellen für das Klima der nahen und fernen Zukunft

Klimaprojektionen: Projektionen (Szenarien) werden unter Annahme unterschiedlicher Treibhausgasemissionen ermittelt. Bei Klimamodellen spielt die Koppelung mit den Polen und den Weltmeeren noch eine stärkere Rolle als bei den anderen Prognosezeiträumen. Die Ergebnisse geben mittlere Zustände von mehreren Dekaden wieder und zeigen deren Veränderung. Ergebnisse werden häufig in Klima-Indizes (etwa für Trockenheit bzw. Regenereignisse) abgebildet.

Der aktuelle Referenzdatensatz zur Klimazukunft in Österreich ist ÖKS15. Dieser beinhaltet mit globalen und regionalen Klimamodellen simulierte und mit statistischen Methoden fehlerkorrigierte Werte der Temperatur, des Niederschlags und der Globalstrahlung von 1971–2100 auf einem 1-x-1-km-Raster für Österreich in täglicher Auflösung. Drei Emissionsszenarien wurden dabei herangezogen, vom ungünstigsten Fall (fossiler Weg) bis zu einem Szenario, welches rasche Emissionsreduktion zeigt (Paris-Ziel). Die

Daten sind frei verfügbar und über den Datahub der GeoSphere Austria zu beziehen (<https://data.hub.geosphere.at>).

Eine neue Generation an Szenariendaten wird Ende 2026 zur Verfügung stehen.

5.1.8 Ermittlungsmethoden für meteorologische Standortbedingungen

Sofern keine meteorologischen Messdaten in ausreichender Qualität zur Verfügung stehen, können vor Ort eigene Messungen vom Antragsteller oder Planer durchgeführt werden. Für diese Zwecke sind gängige Messsysteme (Wetterstationen) von kommerziellen Anbietern geeignet. Die Ausstattung und die erforderliche Genauigkeit der Messsysteme orientieren sich dabei an den zu beantwortenden Fragestellungen und der Größe des geplanten Vorhabens. Im Zusammenhang mit der Bewässerungsplanung sollten zumindest Niederschlag, Lufttemperatur und Luftfeuchte gemessen werden. Soll auch die standortspezifische Referenzverdunstung ermittelt werden, ist es ratsam, auch die Windgeschwindigkeit und die Globalstrahlung zu messen.

Die Referenzverdunstung ET_0 ist die Grundlage sowohl für die Beschreibung des Standorts (z. B. mithilfe der klimatischen Wasserbilanz) als auch für die Ermittlung des Pflanzenwasserbedarfs. Als Standardmethode zur Ermittlung der Referenzverdunstung gilt die von der FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) empfohlene Berechnung nach Penman und Monteith (Allen et al. 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)}$$

ET_0 ... Referenzverdunstung auf Tagesbasis, Δ ... Steigung der Sättigungsdampfdruck-Temperatur-Beziehung, R_n ... Nettostrahlung, G ... Bodenwärmestrom, γ ... Psychrometerkonstante, T ... Lufttemperatur, u_2 ... Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe, $(e_s - e_a)$... Dampfdruckdefizit der Luft

Eingangsgrößen sind Messdaten der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchte, der Windgeschwindigkeit und der Globalstrahlung. Für die Berechnung stehen Softwareprogramme wie z. B. FAO ETo Calculator, FAO CropWat (<https://www.fao.org>) zur Verfügung.

Bei der Ermittlung der Referenzverdunstung (in der Regel in Verbindung mit der Ermittlung des Bewässerungsbedarfs) können Expertinnen und Experten der Landwirtschaftskammern, Ziviltechnikerinnen und Ziviltechniker, Planerinnen und Planer und andere Fachleute unterstützen.

Die Berücksichtigung der Auswirkungen von **Kaltluftseen** und kleinräumigen **Windschneisen** auf den Wasserbedarf von Kulturen und Anforderungen an ein Bewässerungssystem kann durch eine Fachperson (Meteorologin oder Meteorologe) qualitativ bewertet werden. Je nach Fragestellung sind auch In-Situ-Messungen (Wetterstation) zielführend. Für spezielle Fragestellungen und Standort-Alternativen-Vergleiche sind auch kleinräumige Modellierungen von Planungsvarianten möglich, z. B. mithilfe von Mikroklimamodellen wie MUKLIMO, ENVIMET, PALM-4U (GeoSphere Austria).

5.2 Hydrologische Standortbedingungen

Eine vorausschauende **Planung** von Bewässerungsvorhaben ist eng gekoppelt mit dem Wasserhaushalt eines Standortes und den lokal verfügbaren Wasserressourcen. Die Wasserhaushaltskomponenten Niederschlag (Kapitel 5.1.1), Verdunstung (Kapitel 5.1.3), Oberflächenabfluss (Kapitel 5.2.1) und Speicherung bzw. Vorratsänderung im Boden charakterisieren den Standort und dienen als Planungs- und Bewertungsgrundlage für die landwirtschaftliche Bewässerung. Die Verfügbarkeit von Grundwasser wird unter anderem durch den Grundwasserstand ausgedrückt, bei Fließgewässern durch die Wasserführung. Bemessungswerte sowohl für den Hoch- als auch für den Niederwasserbereich werden zum Beispiel für

die Dimensionierung von Entnahmebauwerken und zur Beurteilung der Auswirkungen von Wasserentnahmen benötigt. Der Schutz und die bewusste Nutzung der Wasserressourcen stehen dabei im Vordergrund. Während für die Planung die mittleren Verhältnisse relevant sind, müssen beim vorausschauenden **Betrieb** einer Bewässerungsanlage – also der tatsächlichen Wasserentnahme – die zeitlichen Änderungen besonders beachtet werden. Dabei stellen vor allem Niederwasserstände eine besondere Einschränkung dar.

Grundkenntnisse über hydrologische Zusammenhänge, Mess- und Kenngrößen und deren Datenverfügbarkeit können daher den Planungsaufwand reduzieren und die Effizienz im Betrieb erhöhen.

5.2.1 Oberflächenabfluss

Der an der Bodenoberfläche abfließende Anteil des Niederschlags, also der Oberflächenabfluss, ist ein wichtiger hydrologischer Faktor und hat entscheidenden Einfluss auf die Wasserverfügbarkeit für Pflanzen sowie auf den Bodenabtrag und das Bodenwassermanagement.

Die Größe des Oberflächenabflusses hängt von mehreren Faktoren ab:

- Intensität, Dauer und Höhe von Niederschlagsereignissen: Starke Regenfälle führen schneller zu Oberflächenabfluss.
- Oberflächen- und Geländeform: Die Neigung und die Topografie eines Gebiets beeinflussen, wie schnell Wasser abfließt. Steile Hänge begünstigen einen größeren Abfluss.
- Landnutzung und Bodenbewirtschaftung: Versiegelte Flächen führen zu einem nahezu vollständigen Abfluss. Landwirtschaftliche Bewirtschaftungspraktiken wie Bearbeitungsintensität, Anlage von Ackerreihen oder Querdämmen sollen den Oberflächenabfluss reduzieren und die Bodeneigenschaften verbessern.
- Die Bodeneigenschaften – in erster Linie die Durchlässigkeit, aber auch die Speicherefähigkeit – beeinflussen die Wasseraufnahmefähigkeit und somit auch den Oberflächenabfluss.
- Bodenwasserzustand: Ist der Boden bereits durch vorhergehende Niederschläge gesättigt, kann weniger Wasser aufgenommen werden, was den Abfluss erhöht.
- Bodenbedeckung: Pflanzen und Pflanzenreste (Mulch) können die Wasseraufnahme verbessern und somit den Abfluss reduzieren. Auch eine trockene Schneedecke kann Oberflächenabfluss vermindern.

Ein effizientes Bewässerungsmanagement berücksichtigt all diese Faktoren, um sowohl den Bodenwasserhaushalt zu optimieren als auch das Risiko von Bodenabtrag und Verschlammungen zu minimieren.

5.2.2 Grundwasserstand und Quellschüttung

Grundwasser als wesentliche Wasserressource für die landwirtschaftliche Bewässerung wird anhand von Grundwasserständen und Quellschüttungen beobachtet. Der Grundwasserspiegel kann an verschiedenen Standorten stark schwanken, sowohl in der Höhe als auch im zeitlichen Verlauf. Die Planung eines Bewässerungsvorhabens erfordert eine Bewertung der verfügbaren Grundwasserressourcen und der Nutzungsintensität. Auch Grundwasserneubildung und Grundwasserfließrichtung können zur Beurteilung von Grundwasserentnahmen herangezogen werden. Dafür sind neben den hydrografischen Daten auch hydrogeologische Informationen sowie Daten über die tatsächliche Entnahme und Nutzung von Grundwasser erforderlich. Grundwasserstandsdaten bilden die Grundlage für die Ermittlung des Flurabstands, der Grundwasserfließrichtung und der Grundwasserneubildung, woraus sich das Grundwasserdargebot ableiten lässt. Quellschüttung bezeichnet das aus einer Quelle austretende Wasservolumen in einer bestimmten Zeit. Die Schüttungscharakteristik ergibt sich aus dem speisenden Aquifer. So reagieren zum Beispiel Karstaquifere in der Regel deutlicher auf Niederschlagsereignisse als Poren- oder Kluftaquifere, die meist eine ausgeglichene Ganglinie zeigen.

Hydrogeologische Informationen beschreiben unterirdisches Wasser im Kontext zu den geologischen Gegebenheiten. Es werden drei hydrogeologische Typen von Grundwasserleitern unterschieden: Poren-, Kluft- und Karstgrundwasserleiter. Details zu den Untergrund- und Grundwasserverhältnissen umfassen u. a. Angaben zum Grundwasserleiter (Ober- und Unterkante, Mächtigkeit, lithologische Beschreibung, Durchlässigkeitsbeiwert, Porosität), zum Grundwasserspiegelgefälle, zur Grundwasserverlagerungsrichtung, zur Grundwasserabstandsgeschwindigkeit und zu Druckverhältnissen.

5.2.3 Abfluss in Fließgewässern

Der Abfluss in Fließgewässern ändert sich kontinuierlich, die oberen und unteren Spitzenwerte werden als Hoch- oder Niederwasser wahrgenommen. Die hydrologischen Kennwerte sind entscheidend für das Verständnis der Abflussdynamik in Gewässern. Das **Mittelwasser** (MQ) bietet als arithmetisches Mittel aller Tagesmittel des Abflusses während eines anzugebenden längeren Zeitabschnitts eine grundlegende Einsicht. Um jedoch auch die Auswirkungen von Trockenperioden zu analysieren, spielen Niederwasserwerte eine zentrale Rolle. Niederwasserwerte wie z. B. der **Q_{95%}-Abfluss** charakterisieren die Abflusssituation in Fließgewässern und helfen, die Wasserverfügbarkeit in Zeiten geringer Niederschläge (Trockenperioden) abzuschätzen, was für die Wasserentnahme für Bewässerungszwecke von Bedeutung ist. Bei der Planung von Entnahmestellen für Wasser ist es wichtig, die minimalen und maximalen Wasserstände zu berücksichtigen. Die Ausweisung von Abflusskennwerten basiert auf langjährigen Messwerten, die von hydrographischen Diensten in Österreich erfasst und kontinuierlich weiterentwickelt werden.

5.2.4 Auswirkungen des Klimawandels auf die hydrologischen Standortbedingungen

In der 2017 aktualisierten Studie zu [Klimawandel in der Wasserwirtschaft](#) (Blöschl et al. 2017) werden die Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft mit Schwerpunkt auf Oberflächengewässer beruhend auf den damaligen Kenntnissen dargestellt. Zur Zeit der Erstellung des vorliegenden Regelblatts wird die Studie auf Basis der neuesten Erkenntnisse aktualisiert. Der Klimawandel beeinflusst die Wassertemperaturen, die Hochwasser- und Niederwasserabflüsse und den Gewässerzustand. Die Temperaturerhöhung in den Gewässern hat Auswirkungen auf die Gewässerbiozönosen, die an bestimmte Temperaturen angepasst sind, und die Wasserqualität in Fließgewässern und Seen. Die mittleren Abflüsse werden sich voraussichtlich nur gering ändern, allerdings sind Verlagerungen vom Sommer auf den Winter absehbar (NGP 2021). Für Sommerniederschläge wird generell ein Rückgang über dem Alpenraum erwartet, nur wenige Klimamodelle simulieren eine leichte Zunahme. Dieser Niederschlag wird außerdem an weniger Tagen fallen. Mit steigenden Temperaturen wird die Verdunstung weiter zunehmen, sodass Bodenfeuchtedefizite in Europa häufiger und länger auftreten und auch größere Flächen betreffen werden. Diese Ergebnisse zeigen sich insbesondere auch für Österreich (Maraun und Roither 2023).

5.2.5 Datenquellen für hydrologische Standortbedingungen

eHYD (Elektronische Hydrographische Daten): Hydrografische Daten Österreichs von circa 900 Niederschlags-, 600 Abfluss- und 3800 Grundwassermessstellen in Österreich. Downloadbereich für Messstellendaten bzw. über Karte auswählbar.

<https://ehyd.gv.at>

eHYD Mobil: Übersicht über die aktuelle Wasserbilanzkenngrößen Österreichs als WebApp für Smartphones und Tablets, die auch die Pegel in der Nähe des Standorts zeigt.

Geosphere: Informationen zum geologischen Untergrund werden in Kartenform in verschiedenen Maßstäben zur Verfügung gestellt. Neben geologischen Karten sind hydrogeologische Information wie Aquifertypen abrufbar.

<https://www.geosphere.at>

[GeoSphere Maps](#)

GWK-Datenblätter (Grundwasserkörper-Datenblätter) umfassen Information zur Hydrogeologie, lang-jährige mittlere Grundwasserneubildung und verfügbare Grundwasserressource: H2O Fachdatenbank – Grundwasserkörperabfrage
www.umweltbundesamt.at

HyDaMS (Hydrographisches Datenmanagement System): Bei Bedarf können auf Anfrage, zeitlich höher aufgelöste Zeitreiheninformationen aus der hydrographischen Datenbank HyDaMS exportiert und zur Verfügung gestellt werden.
[HyDaMS](#)

Hydrographische Jahrbücher: umfassen die hydrografischen Beobachtungen eines Jahres, Auswertungen und Beschreibung des Verhaltens der Wasserbilanzkenngößen.
<https://www.bmluk.gv.at/service/publikationen/wasser.html>
<https://wasser.umweltbundesamt.at/hydjb>

Hydrologischer Atlas Österreichs (HAÖ): Es steht eine WebGIS-Applikation eHAO mit relevanten hydrologischen Informationen zur Verfügung (<https://ehao.boku.ac.at>).

Die **Wasserinformationssysteme (WIS)** der Bundesländerkooperation WIS49 bieten in nach Fachbereichen gegliederten Modulen Zugriff auf alle Wasserdaten der Landesverwaltung. Neben den Daten des hydrografischen Dienstes des jeweiligen Bundeslandes stellt das Wasserbuch, als Verzeichnis aller genehmigten Wasserentnahmen und -nutzungen, den zentralen Teil der Information dar. Eine Zusammenstellung der bundesländerspezifischen Wasserinformationssysteme (WIS) samt deren umfangreicher GIS Informationen findet sich unter
<https://www.bmluk.gv.at/themen/wasser/wisa/datenverbund/wis-bl.html>

Tab. 2 Verfügbarkeit hydrologischer Information auf Bundesebene

	eHYD	Hydrograf. JB	eHAO	GWK-Datenblätter
Lufttemperatur		x		
Verdunstung			x	
Niederschlag	x	x		x
Abfluss	x	x		
Pegelstände	x			
Grundwasserstand	x	x		
Mittlerer Flurabstand des GW-Spiegels			x	
Grundwasserspiegel			x	
Quellschüttung		x		
Grundwasserneubildung				x
Verfügbare Grundwasserressource				x
Brunnenentnahmen				x
Hydrogeologische Informationen			x	x
Wassernutzungen				x
Nutzungsintensität GWK				x
Wasserhaushalt – Wasserbilanzen			x	

5.2.6 Ermittlungsmethoden für hydrologische Standortbedingungen

Sofern keine Messdaten verfügbar sind, können folgende Parameter mit einfachen Methoden ermittelt werden:

Grundwasserstand: Für einfache und schnelle Einzelmessungen des Grundwasserstands eignen sich Kabellichtlote. Bei Wasserkontakt erfolgt eine optische Signalgebung, optional können die Geräte mit akustischer Signalgebung ausgestattet sein.

Quellschüttung: Zur Erfassung eignet sich z. B. die Volumen-Füllzeitmessung (Messung der Zeit, bis ein Gefäß mit bestimmtem Volumen gefüllt ist, Bestimmung des Durchflusses als Mittelwert bei zumindest dreimaliger Wiederholung).

Abfluss in einem Fließgewässer:

- Flügelmessung: Mit einem Messflügel wird die Geschwindigkeit v in m/s in zahlreichen Punkten eines Querschnitts gemessen. Mit grafischen und rechnerischen Verfahren kann aus den gemessenen Geschwindigkeiten und der Querschnittsfläche des Messprofils der Abfluss Q in m^3/s berechnet werden.
- Ultraschallanlagen: für Messungen in gestauten Flusstrecken, wo die Aufstellung einer herkömmlichen Abflusskurve (Beziehung zwischen Abfluss und Wasserstand) nicht möglich ist. Die Fließgeschwindigkeit wird per Ultraschall gemessen. Sensoren senden und empfangen Ultraschallsignale. Aus der Zeitdifferenz der Messung in und gegen die Fließrichtung wird die Geschwindigkeit ermittelt.
- ADCP-Messung (Acoustic Doppler Current Profiler).
- Geschwindigkeitsradarmessung.
- Verdünnungsmessung.

5.3 Hydraulische Bodeneigenschaften

In Bezug auf die Wasserversorgung von Pflanzen hat der Boden eine maßgebliche Funktion als Aufnahme-, Speicher- und Bereitstellungsmedium. Die beiden zugrundeliegenden hydraulischen Bodeneigenschaften sind die Speicherfähigkeit (Retentionsvermögen) und die Durchlässigkeit (hydraulische Leitfähigkeit). In Österreich kommt eine große Bandbreite von Böden vor, deren unterschiedliche hydrologische Eigenschaften sowohl bei der Planung von Bewässerungsvorhaben als auch beim Betrieb von Bewässerungsanlagen berücksichtigt werden müssen. Bodeneigenschaften können auf Basis unterschiedlicher Datenquellen, durch Messungen im Feld, durch Laboranalysen oder durch Berechnungen ermittelt werden.

5.3.1 Speicherfähigkeit

Die Speicherfähigkeit hängt von der Bodenart (Textur), dem verfügbaren Porenraum (Struktur), der Gründigkeit (z. B. tief- oder seichtgründig) und dem Humusgehalt ab.

Die Textur wird als Korngrößenverteilung – also dem Anteil von Sand-, Schluff- und Tonpartikeln – angegeben bzw. auf deren Basis klassifiziert (z. B. als „sandiger Lehm“). Die Textur ist in Menschengenerationen kaum veränderbar. Die Größenordnung der Speicherfähigkeit ist also naturgemäß vorgegeben, eine leichte Erhöhung kann aber durch eine Steigerung des Humusgehalts erzielt werden. Im Gegensatz dazu wird durch Bodenverdichtung die Speicherfähigkeit im Normalfall herabgesetzt. Auch die Bodenstruktur und damit die Porengrößenverteilung ist für die Wasserspeicherung und Wasseraufnahme durch Pflanzen wesentlich. In groben Poren kann viel Wasser gespeichert werden, aber die Kapillarkräfte sind schwach; das Wasser kann somit nicht lange gegen die Schwerkraft gehalten werden. In den feinsten Poren bleibt das Wasser hingegen stark gebunden, es kann von Pflanzenwurzeln aufgrund der zu starken

Kapillarwirkung nicht mehr entzogen werden. Somit sind nur Bodenporen in einem mittleren Größenbereich in der Lage, Wasser so zu speichern und bereitzustellen, dass es für Pflanzen verfügbar ist.

Wie viel Wasser ein Boden speichern kann (das pflanzenverfügbare Bodenwasser), wird über die Kennzahl der nutzbaren Feldkapazität (nFK) ausgedrückt. Sie wird auf eine bestimmte Profiltiefe bezogen. Die Definition und die Bestimmung der nFK erfolgt über das bodenspezifische Verhältnis von Wasserspannung und Wasseranteil zueinander. Die Wasserspannung ist die Messgröße, die beschreibt, wie stark das Wasser im Boden festgehalten wird. Sie wird auch als Matrixpotenzial ausgedrückt (in diesem Fall als negativer Wert) oder als pF-Wert, welcher den dekadischen Logarithmus einer entsprechenden Wassersäule in cm repräsentiert. Abhängig von der Bodenart gibt es zu jeder Wasserspannung einen entsprechenden Wasseranteil. Der Wasseranteil (oder volumetrischer Wassergehalt) bezeichnet das Volumen des Bodenwassers bezogen auf das Gesamtvolumen des Bodens. Eine bodenspezifische Retentionsfunktion (pF-Kurve, Wasserspannung-Wasseranteil-Beziehung) beschreibt diesen Zusammenhang (Abb. 1).

Der Bodenwasseranteil liegt grundsätzlich zwischen Sättigung und vollständiger Austrocknung. Unter natürlichen Bedingungen bewegt sich der Wasseranteil aber meist zwischen Feldkapazität (FK) und Permanentem Welkepunkt (PWP). Als Feldkapazität bezeichnet man üblicherweise den Wasseranteil bei einer Wasserspannung von 60 hPa (bei schweren Böden wird teilweise auch 300 hPa verwendet). Definitionsgemäß entspricht das dem Zustand in einem natürlichen Boden zwei bis drei Tage nach intensiver Durchfeuchtung. Das heißt, dem Zustand, bei dem das Wasser aus den größeren Poren, das nicht durch die Kapillarwirkung gehalten werden kann, nach unten abgefließen ist. Kulturpflanzen können das Bodenwasser definitionsgemäß nur bis zum Permanenten Welkepunkt entziehen, welcher üblicherweise bei 15 000 hPa angenommen wird. Die nutzbare Feldkapazität (nFK) ist somit der Bereich zwischen Feldkapazität und Permanentem Welkepunkt (Abb. 1).

Auf die Pflanzenversorgung bezogen, hängt der effektiv verfügbare Wasserspeicher von der Wurzeltiefe ab. Ein leicht durchwurzelbarer Boden kann also von tiefgehenden Wurzeln erschlossen werden, es steht somit mehr Wasser zur Verfügung als in Böden mit dicht gelagerten Bereichen. Beim Überschreiten der Speicherfähigkeit einer bestimmten Bodenschicht kommt es in der Regel zu Versickerung von Wasser in tiefere Schichten.

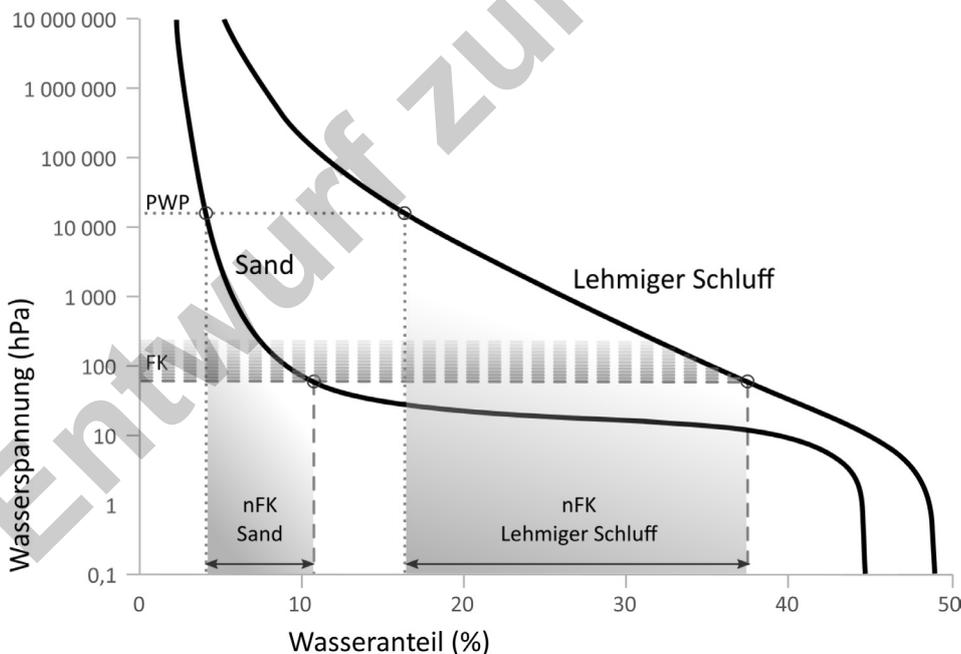


Abb. 1 Beispiele für Retentionsfunktionen eines Sandbodens und eines lehmigen Schluffbodens und Illustration der nutzbaren Feldkapazität (nFK) unter der Annahme, dass bei Feldkapazität (FK) eine Wasserspannung von 60 hPa und beim Permanenten Welkepunkt (PWP) eine Wasserspannung von 15 000 hPa vorliegt (Grafik: Weninger)

5.3.2 Durchlässigkeit

Die Durchlässigkeit (hydraulische Leitfähigkeit k) ist ein Maß für die Fähigkeit des Bodens, eine bestimmte Wassermenge bei gegebenem Wasserspannungsgradienten zu transportieren. Die hydraulische Leitfähigkeit ist Bestandteil der Darcy-Gleichung (Darcy-Gesetz); ihre Dimension ist Länge pro Zeit. Sie hängt in erster Linie vom Porensystem (Struktur, Porengrößen, Durchgängigkeit) und der Wassersättigung ab. Unter gesättigten Verhältnissen erfolgt der Wassertransport in groben Poren schneller als in feinen Poren. Die hydraulische Leitfähigkeit unter gesättigten Bedingungen (k_s) ist größer als unter ungesättigten (k_u). Das Verhältnis der ungesättigten hydraulischen Leitfähigkeit zu Wasserspannung bzw. Matrixpotenzial kann als nichtlineare Funktion dargestellt werden. Die Durchlässigkeit bestimmt sowohl die Wasseraufnahmefähigkeit an der Bodenoberfläche (Infiltrationskapazität) als auch die Versickerungsrate. Die Infiltrationskapazität gibt Aufschluss darüber, ob etwa eine Bewässerungsgabe oder Niederschlagswasser aufgenommen werden können oder als Oberflächenabfluss verloren gehen. Die Versickerungsrate ist maßgebend für Fließbewegungen in tiefere Schichten. Diese Kenngrößen sind zeitlich und räumlich stark variabel. Vor allem die Bodenart und die Bodenbewirtschaftung spielen eine große Rolle. Bodenverdichtung oder die Bewirtschaftung in Falllinie verringern, dauerhafter Bewuchs erhöht zum Beispiel die Infiltrationskapazität.

5.3.3 Datenquellen für Bodeneigenschaften

Flächige Basisdaten zu Bodeneigenschaften und Bodenverhältnissen sämtlicher landwirtschaftlich genutzter Böden Österreichs sind durch zwei Kartierungssysteme digital verfügbar: die Österreichische Bodenkartierung im Maßstab 1:25.000 und die Bodenschätzung im Maßstab 1:1.000 (ÖBG 2001).

Die Informationen der Bodenkartierung können über die Web-GIS-Applikation eBOD abgerufen werden (<https://bodenkarte.at>). Die Bodenformen werden an den Profilstellen in Form von Profilzeichnungen dargestellt, wodurch die charakteristischen Merkmale und die Variationsbreite der Bodenhorizonte ersichtlich werden. Bodenphysikalische Eigenschaften wie die Textur (Korngrößenverteilung) sind in Tabellenform angegeben und können für weitere Berechnungen verwendet werden. Beispiele für eine Umrechnung von Bodenkartierungsinformationen in bodenphysikalische Kennwerte sind in Murer (1998) und Murer und Stenitzer (2001) und für die Bodenschätzung in Murer et al. (2018) beschrieben. Eine eigene Kartenanwendung des Bundesamts für Wasserwirtschaft zeigt in der eBOD-Applikation die nutzbare Feldkapazität. Hintergrunddaten sind beim Bundesamt für Wasserwirtschaft verfügbar.

Andere Projekte zur Regionalisierung von Bodendaten oder von relevanten Größen für die Bewässerung sind meist regional beschränkt, wie zum Beispiel Hydrobod NÖ (Eder et al. 2012), das zum Ziel hatte, bodenhydrologische Kennwerte wie Gesamtporenvolumen, nutzbare Feldkapazität und gesättigte vertikale Wasserleitfähigkeit flächendeckend zu modellieren.

Eine weitere Datenquelle ist die viel verwendete deutsche Bodenkundliche Kartieranleitung (Ad-hoc AG Boden 2024). Diese bildet auch die Grundlage für die Ausweisung der nFK in der digitalen Bodenkarte. Tab. 3 zeigt einen Auszug mit Wasserspeichereigenschaften unterschiedlicher Böden.

Tab. 3 Wasseranteile bei Feldkapazität (FK) und permanentem Welkepunkt (PWP) und resultierende nutzbare Feldkapazität (nFK) in Abhängigkeit von der Bodenart (in %; Ad-hoc AG Boden 2005). Anmerkung: 1 % Wasseranteil entspricht 1 mm Wasserhöhe pro dm Bodentiefe

Bodenart	PWP	FK	nFK	Zu- oder Abschläge	
Sand (Ss)	4	11	7	Humusgehalt	
lehmiger Sand (Sl3)	9	27	18	größer 4%	+3 bis 8 mm
sandiger Lehm (Ls3)	17	33	16		
Lehmiger Schluff (Ut4)	16	37	21	Grobkorn (> 2 mm)	

Bodenart	PWP	FK	nFK	Zu- oder Abschläge	
Lehm (Lts)	23	37	14	Proportional, d. h. 10 % GK → –10 % nFK	
Schluff (Uu)	12	38	26		
toniger Lehm (Lt3)	27	39	12	Lagerungsdichte	
Ton (Tt)	30	43	13	Größer 1,6 g/cm ³	–1 bis 3 mm

Richtwerte für die Infiltrationskapazität können aufgrund der erwähnten vielfältigen Einflussgrößen nur bedingt angegeben werden, sie bewegt sich im Bereich von weniger als 3 mm/h bei dichten Tonböden bis ca. 100 mm/h bei lockeren Sandböden (Ad-hoc AG Boden 2024).

5.3.4 Ermittlungsmethoden für Bodeneigenschaften

Fehlen geeignete Daten – z. B. aufgrund der Heterogenität der Böden und der Entfernung zwischen den Profilstandorten der Bodenkartierung – aber auch zur Überprüfung der Plausibilität vorhandener Werte, können Feldmessungen oder Probenahmen vor Ort mit anschließender Laboranalyse und Datenauswertung durchgeführt werden.

Die erforderlichen bodenhydraulischen Kennwerte, vor allem die nutzbare Feldkapazität, werden in entsprechend ausgestatteten Labors unter Anwendung bodenkundlicher oder bodenphysikalischer Standardmethoden bestimmt. Dazu zählt die Verwendung von Drucktopfen, Kapillarimetern (mit hängender Wassersäule) sowie automatischen Systemen zur Ermittlung der ungesättigten hydraulischen Leitfähigkeit (k_u) und der Retentionsfunktion (pF) nach der Verdunstungsmethode.

Liegen an einem Standort Sensormessungen des Wasseranteils und der Wasserspannung vor, können auch diese zur Bestimmung der bodenhydraulischen Parameter herangezogen werden. Zur Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit unter Feldbedingungen (k_{fs}) eignen sich am besten Infiltrationsversuche vor Ort, zum Beispiel mit einem Ringinfiltrometer.

Um die Retentionsfunktion und die ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit möglichst genau darzustellen, müssen Datenpaare von Wasserspannung und Wasseranteil bzw. Leitfähigkeit über einen weiten Bereich (feucht bis trocken) vorhanden sein. Diese Daten können in Tabellenform oder als parametrische Funktionen vorliegen. Die Datenpaare können mittels der oben beschriebenen Methoden direkt gemessen werden. Wenn jedoch keine direkten Messwerte zur Verfügung stehen, werden mathematische bzw. statistische Modelle eingesetzt (Pedotransferfunktionen; Van Looy et al. 2017). Solche Modelle wurden entwickelt, um bodenhydraulische Kennwerte aus vorhandenen Bodenkartierungsdaten oder einfach zu bestimmenden Größen (z. B. Korngrößenverteilung, organischer Kohlenstoffgehalt, Lagerungsdichte) abzuleiten. Bei der Verwendung von Pedotransferfunktionen oder daraus basierenden Datensätzen (z. B. EU-SoilHydroGrids; Toth et al. 2017) hat sich gezeigt, dass die bei der Dimensionierung von Umsetzungsprojekten notwendige Genauigkeit von groskalig entwickelten Produkten meist nicht erreicht werden kann. Regional angepasste Modelle lassen bessere Ergebnisse erwarten, sind aber nur eingeschränkt verfügbar. Somit ist jedenfalls eine fachkundige Plausibilitätsprüfung jeglicher Rechenergebnisse notwendig. Zur Beschreibung der beiden hydraulischen Kennkurven (pF und k_u) steht ebenfalls eine Vielzahl mathematischer Modelle zur Verfügung, am weitesten verbreitet ist der empirisch-statistische Ansatz von van Genuchten (1980).

6 BEWÄSSERUNGSBEDARF IN ABHÄNGIGKEIT VON STANDORTBEDINGUNGEN UND KULTUR

Der Bewässerungsbedarf ist die für die Bewässerung benötigte Wassermenge, die sich aus der Differenz zwischen dem Pflanzenwasserbedarf (Wasserbedarf der Kultur) und dem Niederschlag unter Berücksichtigung des Bodenwasserspeichers ergibt.

Im Zuge einer vorausschauenden Planung, insbesondere für ein wasserrechtliches Bewilligungsverfahren, ist eine mengenmäßige Abschätzung des Bewässerungsbedarfs notwendig. Für dessen Ermittlung werden u. a. die klimatischen Verhältnisse, der spezifische Wasserbedarf der jeweiligen Kultur und die bodenhydraulischen Eigenschaften herangezogen. Die Standortbedingungen (Kapitel 5) sowie die Kulturwahl bestimmen somit maßgeblich die Dimensionierung der Bewässerungsanlage, die Wahl des Bewässerungsverfahrens sowie die Höhe und Häufigkeit der Wassergaben für eine ausreichende Versorgung der Pflanze mit Wasser.

Die Standortbedingungen in der heterogenen Landschaft Österreichs sind sehr unterschiedlich, sodass keine allgemeingültigen Richtwerte für den Wasserbedarf von einzelnen Kulturen angegeben werden können. Regionale Unterschiede in der Agrarstruktur und bei den Strategien der Kulturführung verstärken diese Unterschiede noch.

Im wasserrechtlichen Einreichprojekt ist die maximal beanspruchte Wassermenge je Sekunde (l/s), Tag (m^3/d) und Jahr (in m^3/a) anzugeben. In diesem Kapitel wird die Ermittlung der maximalen jährlichen Wassermenge für einzelne Kulturen beschrieben. Die beiden anderen Kennwerte beziehen sich u. a. auf die Dimensionierung der technischen Anlagenteile und werden in diesem Kapitel nicht behandelt. Die beschriebene Methode eignet sich demnach auch nicht zur Ermittlung einzelner Bewässerungsgaben oder zur kurz- und mittelfristigen Bewässerungssteuerung (s. dazu Kapitel 13).

6.1 Ermittlung des Pflanzenwasserbedarfs

Der Pflanzenwasserbedarf ergibt sich aus den meteorologischen Bedingungen und der Kulturart bzw. deren Entwicklungsstadium. Als Standardmethode zur Ermittlung des Pflanzenwasserbedarfs 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:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$

Der Pflanzenwasserbedarf ET_c entspricht der maximalen Verdunstung der Kultur bei uneingeschränkter Wasserversorgung, sodass es zu keiner Einschränkung der Pflanzenentwicklung durch Wassermangel kommt.

Die meteorologischen Bedingungen werden durch die Referenzverdunstung ET_0 berücksichtigt. Datenquellen und Ermittlungsmethoden für ET_0 sind in Kapitel 5.1.8 beschrieben.

Der standortspezifische Pflanzenkoeffizient K_c drückt das Verhältnis der Pflanzenverdunstung ET_c zur Verdunstung einer Gras-Referenzfläche aus, auf der ET_0 basiert. Der Wasserbedarf von Ackerkulturen ändert sich im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der Entwicklung der Kultur. Zu Beginn der Vegetationsperiode dominiert die Verdunstung von der freien Bodenoberfläche und die Gesamtverdunstung ist gering. Später steigt der Wasserbedarf im Allgemeinen mit der Entwicklung der Pflanze bis zum Erreichen der reproduktiven Phase an, erreicht Höchstwerte bei vollem Bewuchs und nimmt bis zur Abreife wieder ab. Dieser Verlauf der Pflanzenverdunstung wird durch standortspezifische K_c -Werte abgebildet, die üblicherweise zu vier aufeinander folgenden Perioden von der Anwuchsphase bis zur Abreife oder Welke vereinfacht werden (Abb. 2).

Für die Berechnung von ET_c ist es also notwendig, Werte für den Pflanzenkoeffizienten K_c der betreffenden Kultur am betreffenden Standort festzulegen.

Es gibt verschiedene Datenquellen für K_c -Werte. Die umfangreichste Sammlung ist im Online-Handbuch zur Methode nach FAO (Allen et al. 1998) zu finden, wobei die angegebene geografische Gültigkeit der Werte zu beachten ist. Weitere Tabellen werden z. B. von deutschen Forschungsinstitutionen zur Verfügung gestellt (s. Kapitel 6.4). Bei der Übernahme von Werten aus vorgegebenen Tabellen müssen vor allem die Anfangs- und Endzeitpunkte der unterschiedlichen Phasen von der Saat oder Pflanzung bis zur Ernte (Abb. 2: $t_1 - t_5$) auf die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden, da die Klimate, die den Tabellenwerten zugrunde liegen, oft deutlich von österreichischen abweichen, was die betreffenden Zeiten beeinflusst.

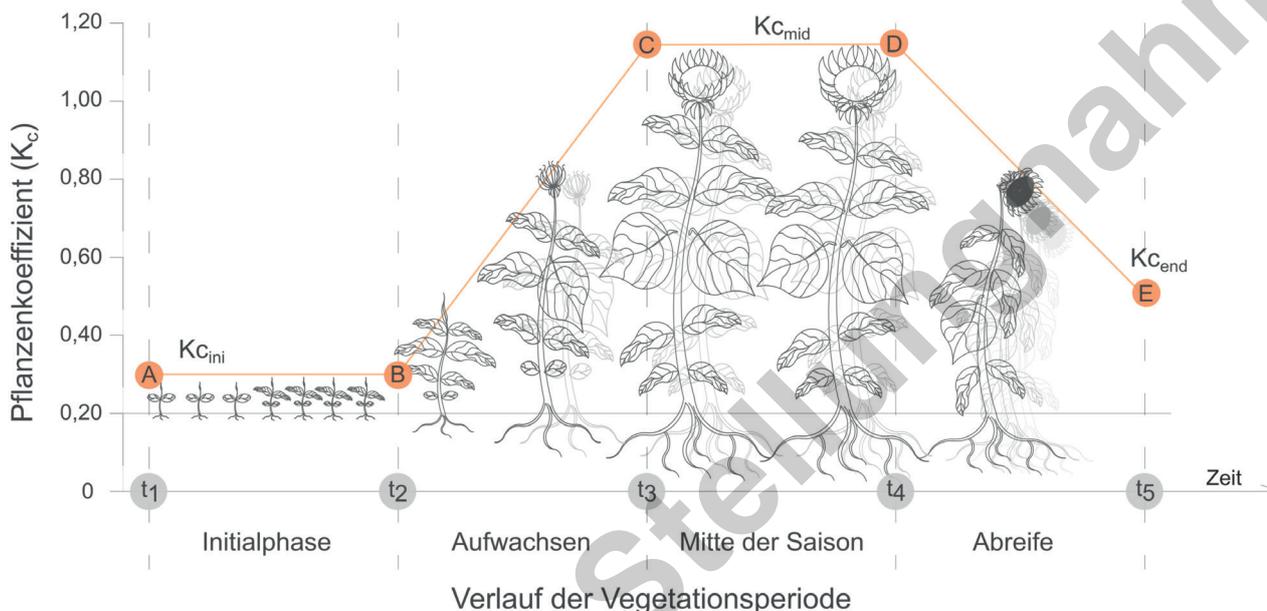


Abb. 2 Schematische Darstellung der Zuweisung von Pflanzenkoeffizienten im Jahresverlauf (Illustration: J. Loicht/BAW, nach Allen et al. 1998)

6.2 Ermittlung des Bewässerungsbedarfs

6.2.1 Vereinfachte Wasserbilanzrechnung

Beim Aufstellen der Wasserbilanz wird das pflanzenverfügbare Wasser dem Pflanzenwasserbedarf über einen zu definierenden Betrachtungszeitraum gegenübergestellt. Die verfügbare Wassermenge setzt sich aus Niederschlag N und dem pflanzenverfügbaren Bodenwasser zu Beginn des Betrachtungszeitraums S_0 zusammen (vgl. Kapitel 5.3.1). Bedarfsseitig wird der oben beschriebene Pflanzenwasserbedarf ET_c angesetzt, der den Verdunstungsverlust von der Bodenoberfläche (Evaporation) während der Vegetationsperiode miteinschließt. Der Bewässerungsbedarf BB wird durch die Differenz dieser Anteile gebildet. Diese Berechnung bezieht den kapillaren Aufstieg nicht mit ein, und kann demnach auf vom Grundwasser beeinflusste Böden nur bedingt angewendet werden. Interzeption und Tau können jedoch vernachlässigt werden.

Am Beginn der Vegetationsperiode kann der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher S_0 , also die nutzbare Feldkapazität nFK summiert über die Wurzeltiefe W , als gefüllt oder um maximal 50 % reduziert angesetzt werden. Die Berechnung erfolgt also mittels $S_0 = nFK * W * RF$, wobei der Reduktionsfaktor RF zwischen 0,5 und 1 liegen kann. Damit kann der Entwicklung Rechnung getragen werden, dass die früher vorausgesetzte Auffüllung des Bodenwasserspeichers über den Winter zunehmend ausbleibt. Für die Berechnung wird über die Vegetationsperiode der jeweiligen Kultur die Differenz zwischen Pflanzenwas-

serbedarf ET_c und Niederschlag N ermittelt. Diese Differenz kann über verschiedene Zeiträume gebildet werden, z. B. Tage, Wochen, Monate oder die gesamte Vegetationsperiode (d. h. Zeiträume, in denen K_c größer Null ist). Diese Einzeldifferenzen werden dann zu einem Jahreswert aufsummiert und mit dem oben beschriebenen Wert für die Vorfüllung des Bodenwasserspeichers verringert. Bei monatlicher Bilanzierung wird der Bewässerungsbedarf BB_j im Jahr j also folgendermaßen berechnet::

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

Der jährliche Bewässerungsbedarf soll für die letzten 30 Jahre berechnet werden, um eine adäquate Grundlage für die Bemessung zu erlangen und die Variabilität des Bewässerungsbedarfs über einen längeren Zeitraum greifbar zu machen. Für die Interpretation der Ergebnisse und insbesondere die Festlegung der zu entnehmenden Wassermenge pro Jahr ist ein Bemessungsjahr laut Kapitel 6.3 anzusetzen.

Ein **Beispiel** für den gesamten Berechnungsvorgang kann unter doi.org/10.5281/zenodo.13890875 abgerufen werden.

6.2.2 Ermittlung mithilfe von Softwarepaketen

Einige Berechnungsmodelle zur direkten Berechnung des Bewässerungsbedarfs stehen in Form von anwendungsgerechten Softwarepaketen zur Verfügung und beziehen wesentlich mehr Information und Prozesswissen in die Berechnung der Wasserbilanz einer landwirtschaftlichen Kultur ein als die beschriebene einfache Wasserbilanzierung (Kapitel 6.2.1). Als einfachstes Beispiel sei das Modell CropWat 8.0 genannt, das von der FAO als direkte Umsetzung der beschriebenen Berechnungsprozedur zur Verfügung gestellt wird (Bezugsquellen s. Kapitel 6.4). Die Anwendung erfolgt auf Tagesbasis und bietet viele Optionen, den Bewässerungsbedarf in Abhängigkeit von der Kulturführung zu ermitteln und verschiedene Bewässerungsmanagementstrategien zu testen. Ähnliche Funktionalitäten finden sich mittlerweile in etlichen Python- oder R-Paketen, die zwar keine Benutzeroberfläche bereitstellen, aber in der Anwendung oft deutlich flexibler sind. Einige Beispiele dafür sind ebenfalls in Kapitel 6.4 angeführt.

Softwarepakete mit komplexeren numerischen Simulationsmodellen werden in verwandten bodenhydrologischen Anwendungen verwendet und beinhalten oft ebenfalls die Möglichkeit, den Bewässerungsbedarf zu ermitteln. Die Berechnung erfolgt modellintern meist in wesentlich kürzeren Zeitschritten und die Wasserbewegung im Boden sowie die Pflanzenphysiologie werden realitätsnäher abgebildet. Manche Modelle können auch den Pflanzenkoeffizienten K_c über die simulierte Pflanzenentwicklung intern mit abschätzen und Festlegungen für die Wurzeltiefe oder zur Füllung des Wasserspeichers zu Beginn der Vegetationsperiode entfallen hier, da sie im Simulationsmodell dynamisch mitberechnet werden. Bekannte Beispiele sind HYDRUS 1-D, EPIC, DSSAT und FAO AquaCrop.

Mit diesen Modellen sind ebenfalls jährliche Werte für den Bewässerungsbedarf zu berechnen, die als Grundlage für die Bemessung laut Kapitel 6.3 herangezogen werden können. Aufgrund der wesentlich besseren Berücksichtigung der vielfältigen im Boden- und Pflanzenwasserhaushalt ablaufenden Prozesse sollen nach Möglichkeit die hier beschriebenen Anwendungen im Vergleich zur Wasserbilanz aus Kapitel 6.2.1 vorrangig zum Einsatz kommen.

6.3 Ermittlung des Bewässerungsbedarfs in Hinblick auf eine effiziente Wassernutzung

Das Berechnungsverfahren laut Kapitel 6.1 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 (Abb. 3). Ein zu hoher Wassereinsatz kann zu Krankheiten, Ausfällen, eingeschränktem Wachstum oder ähnlichen Beeinträchtigungen führen.

In Anlehnung an das DWA-Merkblatt 590 (DWA 2019) wird empfohlen, das Jahr mit dem sechsthöchsten Bewässerungsbedarf aus den letzten 30 Jahren als Bemessungsjahr heranzuziehen. Rechnerisch bedeutet dies immer noch eine Deckung des maximalen Pflanzenwasserbedarfs in 80 % der bisher aufgetretenen Jahre und mit hoher Wahrscheinlichkeit ist davon auszugehen, dass mit dieser Ausbaumenge die Ertragssicherheit auch im Extremfall gewährleistet ist. Nur bei außergewöhnlich hochwertigen Kulturen oder Kulturen mit außergewöhnlich hohem Ausfallrisiko kann der Bemessungswert höher angesetzt werden. In wasserwirtschaftlich sensiblen Gebieten kommen weitere Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 7 und 8) zu tragen, das Ansetzen des Bemessungswerts ist hier im Vorfeld mit der Wasserrechtsbehörde abzustimmen.

In diesem Zusammenhang ist die Wasserproduktivität (oder auch Wassernutzungseffizienz) zu erwähnen, die als Kennwert sowohl für Vergleiche zwischen Bewässerungstechnologien, als auch für verschiedene Strategien der Bewässerungssteuerung analysiert werden kann. Sie wird als Verhältnis des Biomasse- oder Kornertrags zum verfügbaren Wasser aus Bewässerung und Niederschlag berechnet (Abb. 3). Damit kann auch vor dem Hintergrund der von der FAO ausgegebenen Devise „more crop per drop“ der Wassereinsatz effizient gestaltet und in seiner Höhe besser argumentiert werden.

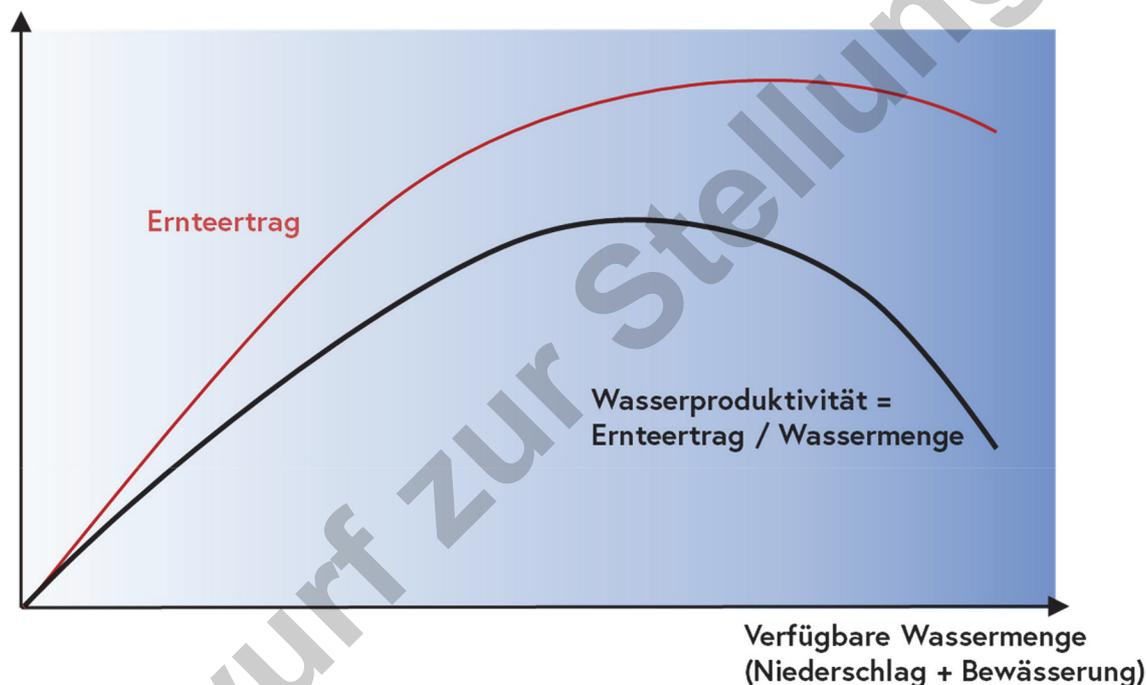


Abb. 3 Schematische Darstellung des Zusammenhangs der über die Vegetationsperiode verfügbaren Wassermenge zum Ernteertrag (rote Linie) mit dem daraus resultierenden Kennwert Wasserproduktivität (schwarze Linie; nach Molden et al. 2010).

6.4 Quellen für Grundlagendaten und Berechnungshilfen

In verschiedenen Regionen Österreichs und Mitteleuropas werden fallweise Tabellenwerke zum Pflanzenwasser- oder Bewässerungsbedarf verwendet, die auf Berechnungen oder langjährigen Erfahrungen beruhen. Die Verwendung solcher regional angepassten Werte ist grundsätzlich möglich, die methodische Grundlage und die verwendeten Ausgangsdaten sind jedoch auf deren aktuelle Gültigkeit für den Projektstandort zu prüfen und zu dokumentieren.

Eine Quelle für die Ermittlung der Verdunstung ist auch das DWA-Merkblatt 504 „Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen“ (in 2 Teilen: DWA-M 504-1, 2018; DWA-M 504-2, 2024). Zur Unter-

stützung bei den oben beschriebenen Berechnungsverfahren können folgende Internetquellen relevant sein (Stand 03/2024):

Berechnung ET_0 :

- <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/eto-calculator/en>
- <https://etcalc.hydrotools.tech/pageMain.php>
- <https://dailyet.software.informer.com>
- R packages:
 - Von FAO: <https://cran.r-project.org/web/packages/FAO56/index.html>
(<https://rbasics.org/guides/how-to-use-the-fao56-package-in-r>)
 - <https://rdr.io/github/nFrechen/RgetDWDdata/man/ET0.html>
- Python packages:
 - <https://pypi.org/project/pyfao56>
(beinhaltet Option für Berechnung der Wasserbilanz)
 - <https://pypi.org/project/pyet>
18 Methoden inkl. mehrere Varianten des FAO-Ansatzes

K_c -Werte:

- FAO-Methode, [https://www.fao.org/4/X0490E/x0490e0b.htm#chapter%206%20%20etc%20%20single%20crop%20coefficient%20\(kc\)](https://www.fao.org/4/X0490E/x0490e0b.htm#chapter%206%20%20etc%20%20single%20crop%20coefficient%20(kc))
- Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V., <https://www.alb-bayern.de/media/files/0004/bb.bef2-kennzahlenkulturen-20200706.pdf>
- Universität Geisenheim, Gemüse, www.hs-geisenheim.de/forschung/institute/gemuesebau/ueberblick-institut-fuer-gemuesebau/bewaesserung/geisenheimer-bewaesserungssteuerung

Berechnung der Wasserbilanz und/oder des Bewässerungsbedarfs:

- CropWat (<https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en>)
- SIMDualKc (<https://www.isa.ulisboa.pt/en/leaf/downloads>)
- <https://swib.hydrotools.tech>

7 WASSERENTNAHME AUS DEM GRUNDWASSER

7.1 Anforderungen an die Entnahme aus dem Grundwasser

Grundwasser sowie Quellwasser sollen grundsätzlich als Trinkwasser verwendet und Oberflächengewässer für andere Zwecke genützt werden. Die Wasserentnahme für die Bewässerung (inklusive Frostschutzberegnung) aus dem Grundwasser ist wasserwirtschaftlich vertretbar, wenn der mengenmäßig gute Zustand im gesamten Grundwasserkörper erhalten bleibt und unter Beachtung des verfügbaren natürlichen Dargebots und des Nutzungsgrads keine wasserwirtschaftlichen öffentlichen Interessen und fremden Rechte beeinträchtigt werden. Bei Grundwasserkörpern im quantitativen Risiko sind geeignete weitergehende Maßnahmen zu setzen (z. B. Kopplung der Bewässerung an GW-Stände).

Die Entnahme von Grundwasser darf nur aus oberflächennahen Grundwasservorkommen erfolgen, die Nutzung von Tiefengrundwasser für Bewässerungszwecke ist nicht bewilligungsfähig. Eine Entnahme ist nur aus Brunnenbauwerken möglich; die Errichtung von Grundwasserteichen zu Bewässerungszwecken ist abzulehnen. Sollte der zulässige Förderstrom nicht ausreichen, um den erforderlichen Bedarf an Bewässerungswasser direkt abzudecken, ist eine Speicherung erforderlich.

Bei der Wasserentnahme aus Brunnen im Nahbereich von Fließgewässern sind die möglichen Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser zu berücksichtigen. Die Abschätzung der wechselnden Anteile an Uferfiltrat und landseitig zuströmendem Grundwasser bildet eine wichtige Grundlage für die Zuordnung und Bewertung der Entnahmemengen und deren möglichen Auswirkungen u. a. auch auf die ökologischen Erfordernisse der Oberflächengewässer und der vom Grundwasser abhängigen Landökosysteme.

7.2 Beurteilung von Entnahmen aus dem Grundwasser

Das natürliche Wasserdargebot und die Wasserverfügbarkeit sind von einem Fachkundigen zu beurteilen. Zu berücksichtigen sind hierbei:

- Auswirkungen der beantragten Wasserentnahme auf das Grundwasser und benachbarte Nutzungen (Summationseffekte),
- fremde Rechte (einschließlich bewilligungsfreier Hausbrunnen),
- Schutz- und Schongebiete,
- wasserwirtschaftliche Regionalprogramme,
- grundwasserabhängige Ökosysteme.

Wenn die Gefahr besteht, dass fremde Rechte beeinträchtigt werden, sollten Grenzspiegellagen so definiert werden, dass keine anderen Rechte beeinträchtigt werden (technische Vorsorge).

Die notwendigen Datengrundlagen zur Beurteilung von Entnahmen aus dem Grundwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung sind in Bezug zur wasserwirtschaftlichen Situation des Grundwasserkörpers, der beabsichtigten Entnahmemenge und den damit verbundenen möglichen Auswirkungen zu sehen.

7.2.1 Pumpversuche

Eine Erkundungs-/Aufschlussbohrung bzw. ein Pumpversuch geben Auskunft über die Beschaffenheit des Untergrunds, über die geohydraulischen Kennwerte und dienen der Ermittlung des zulässigen Förderstroms.

Pumpversuche bilden nur einen Teil der notwendigen Erkenntnisse ab. Diese sind jedoch für den unmittelbaren Einflussbereich einer Entnahme und auch für die Adaptierung von regionalen Grundwassermodellen an lokale Verhältnisse wichtig.

Grundlagen für die Herstellung von Vertikalfilterbrunnen und Durchführung von Pumpversuchen bilden z. B.

- **ÖNORM B 2601:2016 03 15:** Wassererschließung – Brunnen: Planung, Bau und Betrieb,
- **ÖNORM EN ISO 17892-4:2017 05 01:** Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung (ISO 17892-4:2016),
- **ÖNORM EN ISO 22282-4:2021-07:** Geohydraulische Erkundung und Untersuchung – Geohydraulische Versuche - Teil 4: Pumpversuche,
- Entwurf **ÖNORM EN 18049-1:2024 02 15:** Brunnen zur Wassergewinnung – Teil 1: Design,
- **DVGW-Arbeitsblatt W111:** Pumpversuche bei der Wassererschließung,
- **DVGW-Arbeitsblatt W118:** Bemessung von Vertikalfilterbrunnen
- oder gleichwertige Regelwerke

jeweils in der geltenden Fassung.

Herstellung von Vertikalfilterbrunnen:

Aus ökonomischen Überlegungen wird für die Durchführung eines Pumpversuchs die Herstellung eines Vertikalfilterbrunnens in Kombination mit Schlag- und Drehbohrungen (mit Außendurchmesser z. B. DN 273 bis DN 324 mm) am geplanten Brunnenstandort empfohlen. Zur Bohrkerngewinnung wird eine vorausseilende Rotationskernbohrung (RKB) z. B. DN 146 mm empfohlen. Die Bohrkerngewinnung dient als Grundlage für die Festlegung des Filtermaterials.

Entsprechend den vorliegenden Bohrkernen wird die Bestimmung der Kornverteilung gemäß ÖNORM EN ISO 17892-4 zur Festlegung der Korngrößengruppe für das Filtermaterial gemäß den Filterstabilitätskriterien empfohlen.

Für den Brunnenausbau wird in Abhängigkeit vom Außendurchmesser des Vertikalfilterbrunnens ein Minstdurchmesser von DN 150 mm unter Einhaltung einer Ringraumdicke von mindestens 5 cm empfohlen.

Als Grundlage für die Berechnung der Durchlässigkeiten des Untergrunds sind in Abhängigkeit von der Brunnentiefe Peilfilterrohre im Rammverfahren bzw. mittels Rammkernbohrung vorzugsweise gegen die Anströmrichtung des Grundwassers zum Brunnen sowie orthogonal zur Anströmrichtung des Grundwassers in gestuften Abständen (mehrere Peilrohre pro Richtung) zum Brunnen niederzubringen.

Als Grundlage für die simultane Messung der Wasserstände während des Pumpversuchs sind im Brunnen sowie in allen Peilrohren automatisch und kontinuierlich registrierende Messgeräte (Datenlogger) einzubauen.

Allfällig bestehende Brunnen im Nahbereich des Standorts des Pumpversuchs sind in Abstimmung mit den zuständigen Amtssachverständigen für Geohydrologie in die Messungen des Grundwasserspiegels während des Pumpversuchs einzubeziehen.

Durchführung von Pumpversuchen:

Die Durchführung des Pumpversuchs besteht aus einem mehrstufigen Kurzpumpversuch und einem Grundwasserleitertest mit konstanter Fördermenge.

Kurzpumpversuch:

Der Kurzpumpversuch ist in jeder Stufe bis zur Beharrung durchzuführen. Es wird empfohlen, in jeder Pumpstufe eine Wasserprobe zu ziehen und auf Inhaltstoffe zu untersuchen.

Grundwasserleitertest:

In Abhängigkeit von der geplanten Wasserentnahmemenge bzw. Tages- und Wochenfrachten wird empfohlen, die Dauer des Grundwasserleitertests mit dem Amtssachverständigen für Geohydrologie abzustimmen.

Beispiel für den Ablauf eines Pumpversuchs gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 111 (Abb. 4):

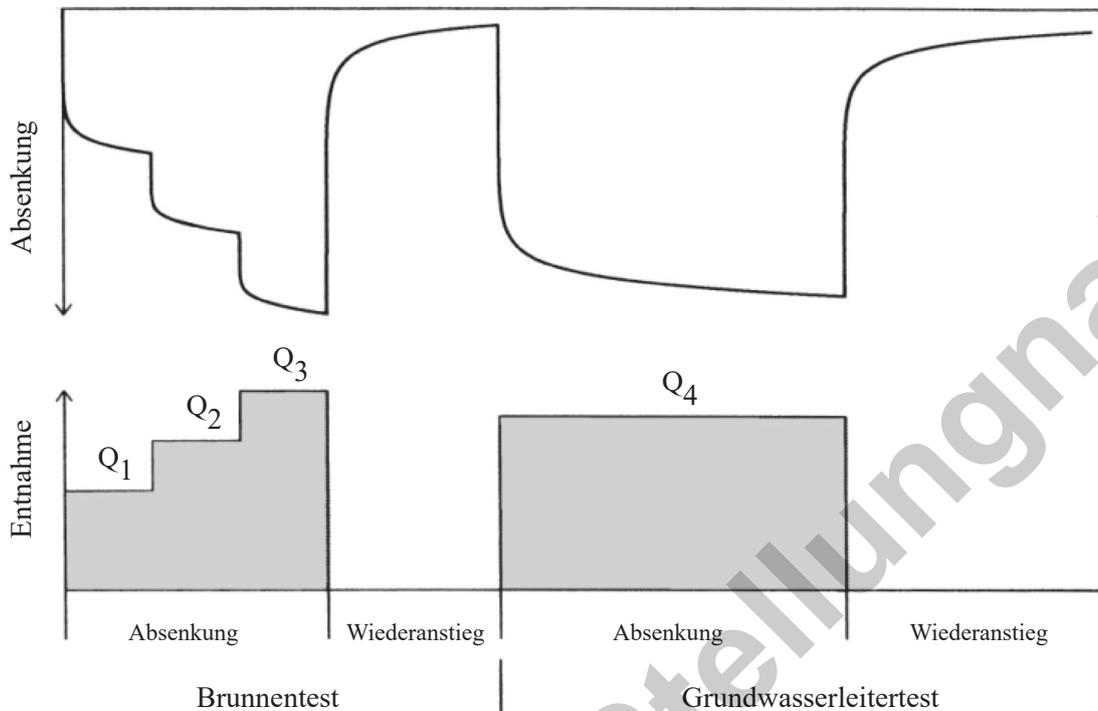


Abb. 4 Schema für möglichen Ablauf eines Pumpversuchs (Quelle: DVGW-Arbeitsblatt W 111)

Auswertung der Ergebnisse der Pumpversuchs:

Die Auswertung der Ergebnisse des Pumpversuchs erfolgt durch Berechnung

- der Durchlässigkeiten des Untergrunds [m/s] im Brunnen sowie zwischen den einzelnen Peilrohren auf Grundlage der Brunnenformel nach Dupuit/Thiem in den einzelnen Pumpstufen,
- der Reichweite der Grundwasserabsenkung

gemäß den Angaben der Fachliteratur.

Demnach wurden die Durchlässigkeiten als Grundlage

- für die Bemessung der **Leistungsfähigkeit** des Brunnens mit der Brunnenformel nach Dupuit/Thiem für den Einzelbrunnen herangezogen (ungünstiger Fall),
- für die Abschätzung der Reichweite nach Sichardt mit der Brunnenformel nach Dupuit/Thiem (Verfahren mit zwei Pegeln) herangezogen (ungünstiger Fall)

abgeschätzt.

7.2.2 Gebietsspezifische Wasserbilanz

Zur Regelung der wasserwirtschaftlichen Nutzungen und ggf. Vermeidung von Nutzungskonflikten ist die Erstellung einer gebietsspezifischen Wasserbilanz anzuraten (vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt 2022). Dies setzt Informationen zu den hydrogeologischen Verhältnissen voraus.

Die gebietsspezifische Wassermenge für das nach hydrogeologischen Kriterien abgegrenzte Teilbilanzgebiet ergibt sich aus der verfügbaren Grundwasserressource (spezifischer Anteil der Grundwasserneubildung, ggf. einschließlich des Randzustroms und des Uferfiltratanteils) abzüglich bestehender Wasserentnahmen. Die derart ermittelte Wassermenge stellt die verbleibende maximal zu bewilligende Grundwassermenge für das Teileinzugsgebiet dar.

7.2.3 Modellierung von Grundwasserkörpern

Eine Grundlage für die Beurteilung der Auswirkungen von Nutzungen eines Grundwasserkörpers durch Entnahmen für Bewässerung, Trinkwasserversorgung, industrielle Nutzung etc. stellen Berechnungen mit numerischen Simulationsmodellen dar. Bei diesen Modellrechnungen müssen folgende Aspekte beachtet werden:

- Boden- und Aquiferbeschaffenheit,
- Witterung (v. a. Niederschlag, Temperatur),
- Grundwasserneubildung (z. B. aus infiltrierenden Niederschlägen, Interaktion mit Oberflächengewässern, Randzustrom) bzw. Evapotranspiration,
- zeitlicher Verlauf der Entnahmemengen,
- Änderung der Wetterparameter durch Klimawandel,
- Änderung der Grundwasserneubildung bzw. Evapotranspiration durch Vegetationsänderung.

Eine derartige Abschätzung aus einem Modell sollte deshalb von Interesse sein, da zukünftig eine verstärkte Konkurrenzierung zwischen den einzelnen Nutzern stattfinden wird und Summationseffekte mehrerer Bewässerungsbrunnen und unterschiedlicher Nutzungen mittels numerischer Grundwasserströmungsmodellierung quantifiziert werden können. Auch für den Nachweis hinsichtlich der Beeinträchtigung von bestehenden Rechten (Ausdehnung des Absenktrichters) stellen derartige Modelle eine transparente und nachvollziehbare Dokumentation dar. Vor allem für die Betrachtung fortschreitender Änderungen in Klima und Landnutzung, welche in Anbetracht von Bewilligungsdauern der Bewässerungsentnahmen von bis zu 25 Jahren nicht vernachlässigt werden dürfen, stellen Modellrechnungen einen Mehrwert dar. Darüber hinaus ist durch die Anwendung von Stofftransportmodellen und der Kopplung von Bodenwasserhaushaltsmodellen mit Grundwassermodellen auch eine Prognose der Auswirkungen von Bewässerungsvorhaben auf die Qualitätssituation im Grundwasser möglich. Nur durch objektive Kriterien kann eine objektive Prüfung durch Sachverständige von Projekten erfolgen.

Für die Beauftragung zur Erstellung derartiger Grundwassermodellierungen erscheint das wasserwirtschaftliche Planungsorgan die richtige Institution zu sein. Das wasserwirtschaftliche Planungsorgan hat die Aufgabe, für eine geordnete Bewirtschaftung u. a. von Grundwasserkörpern Sorge zu tragen. Einzelnen Antragstellern kann eine generelle Grundwassermodellierung für einen genutzten Grundwasserkörper nicht aufgebürdet werden.

Für die Erstellung eines numerischen Grundwassermodells wird auf das ÖWAV-Regelblatt 222 „Numerische Modellierung von Porengrundwasserleitern“ (2025) verwiesen.

8 WASSERENTNAHME AUS FLIESSGEWÄSSERN

8.1 Anforderungen an die Entnahme aus Fließgewässern

Eine Wasserentnahme für Bewässerungszwecke (inklusive Frostschutzberegnung) stellt grundsätzlich eine Belastung für das Fließgewässer dar. Daher muss sichergestellt sein, dass es zu keiner Zustandsverschlechterung im betroffenen Oberflächenwasserkörper kommt bzw. eine Zielzustandserreichung nach EU-WRRRL nicht erschwert oder verhindert wird. Wasserentnahmen aus Fließgewässern mit sehr gutem hydromorphologischem Zustand führen im Regelfall zu einer Verschlechterung des Gewässerzustands und sind aus wasserwirtschaftlicher Sicht in der Regel nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich.

Darüber hinaus dürfen unter Beachtung des verfügbaren natürlichen Abflusses und des Nutzungsgrads keine wasserwirtschaftlichen öffentlichen Interessen und fremden Rechte beeinträchtigt werden.

Die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels wie z. B. längere Trockenperioden, geringerer Trockenwetterabfluss und stärkere Erwärmung der Gewässer sind zu berücksichtigen. Hydrografische Kennwerte aus den hydrologischen Messdaten der vergangenen Jahrzehnte bilden nur die Vergangenheit ab. In längeren Trockenperioden (Dürreperioden) herrschen häufig Niederwasserabflussverhältnisse, daher ist eine Wasserentnahme für Bewässerungszwecke insbesondere aus kleineren oder mittelgroßen Gewässern ohne negative Auswirkungen auf den Gewässerzustand nur eingeschränkt bzw. überhaupt nicht möglich. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, sind bei einer Wasserentnahme für Bewässerungszwecke ein **fixes Entnahmebauwerk** und ein **Speicher** vorzusehen. Mit einem fixen Entnahmebauwerk kann sichergestellt werden, dass auch bei Planungsungenauigkeiten (Wellenschlag, Dynamik des Oberflächengewässers etc.) eine ausreichende Wasserführung im Gewässer verbleibt. Dabei ist insbesondere in Fischgewässern die **Durchgängigkeit** zu erhalten. Speicher sind aus gewässerökologischen Überlegungen im **Nebenschluss zum Fließgewässer** anzulegen.

Im Sinne einer gesamthaften, einzugsgebietsbezogenen wasserwirtschaftlichen Planung und im Interesse der gesicherten Erhaltung des Zustands der Fließgewässer sowie der schon bestehenden bzw. künftig noch angestrebten Nutzungen ist unabhängig von der Gewässergröße (siehe Abb. 5) die Befüllung der Speicher erst bei einer Wasserführung ab **Mittelwasserabfluss (MQ)** vorzusehen.

Um die geeigneten Immissionsbedingungen für flussabwärts situierte stoffliche Einträge sicherzustellen und den guten Zustand (Qualitätskomponenten gem. QZV Ökologie OG) über die Dauer der Bewilligungsfrist unter Berücksichtigung des Klimawandels zuverlässig zu gewährleisten, muss eine Wasserführung von **mindestens $Q_{95\%}$** eingehalten werden.

8.2 Beurteilung von Entnahmen aus Fließgewässern

Für die Beurteilung der Auswirkungen der Wasserentnahme auf das Fließgewässer durch eine fachkundige Person ist die Kenntnis des aktuellen Gewässerzustands, der vorhandenen Nutzungen und der maßgeblichen hydrologischen Kennwerte erforderlich:

- Gewässerökologische Bewertung des Zustands der betroffenen Detailwasserkörper gem. QZV Ökologie OG,
- fremde Rechte (z. B. Entnahmen, Ausleitungen, Einleitung von Kläranlagen),
- Daten von hydrografischen Pegeln und GZÜV-Messstellen,
- hydrologisches Gutachten für die Entnahmestelle,
- wasserwirtschaftliche Regionalprogramme.

Für die Beurteilung der Entnahme von Wasser für Bewässerungszwecke aus Fließgewässern gilt nach der Systematik der EU-WRRRL folgende Vorgehensweise (Abb. 5):

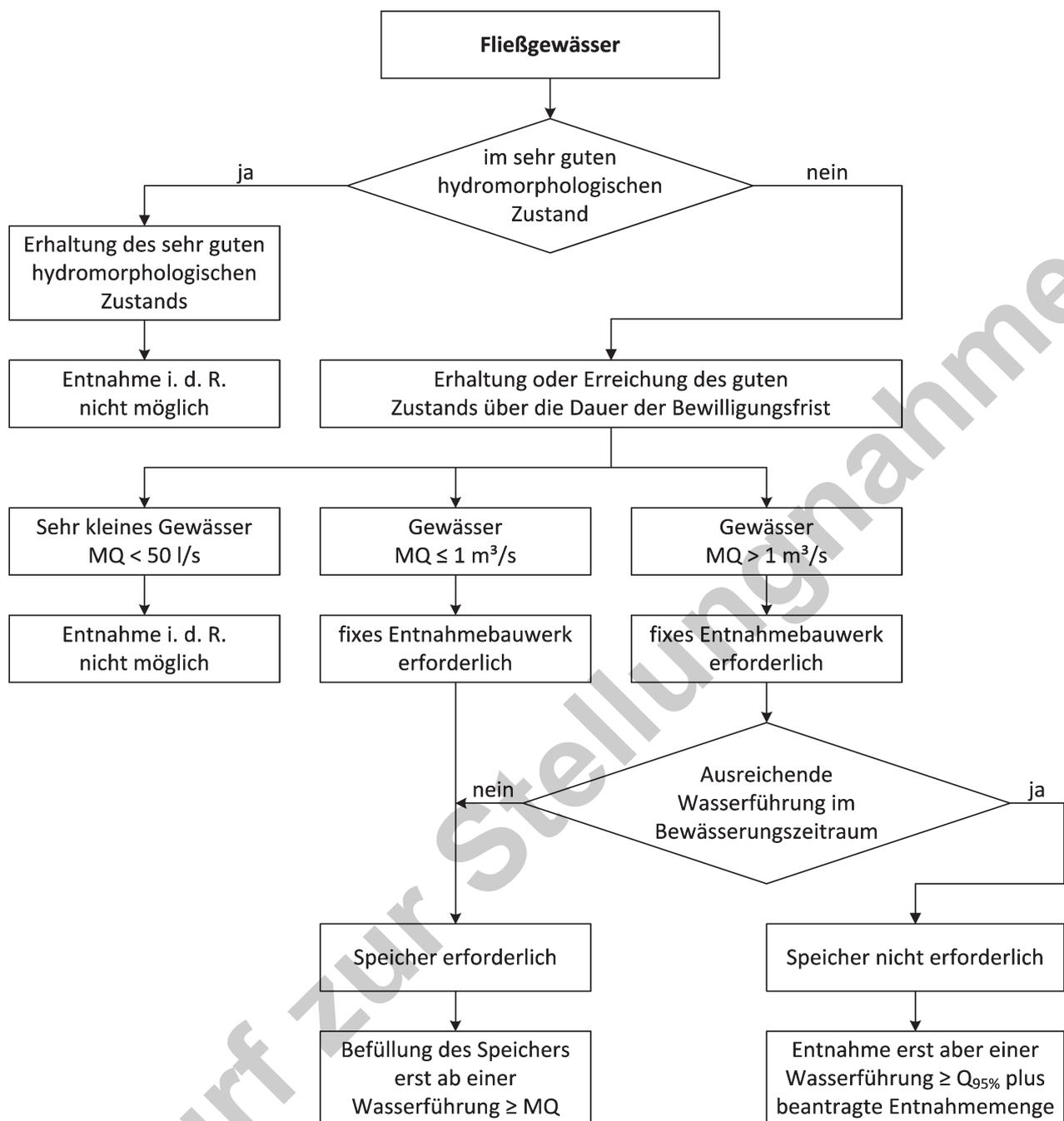


Abb. 5 Beurteilung von Entnahmen aus Fließgewässern

Befindet sich das Gewässer in einem **sehr guten hydromorphologischen Zustand**, so sind Vorgaben des § 12 QZV Ökologie OG einzuhalten, daher ist eine Entnahme zur Bewässerung in der Regel nicht möglich.

Zur **Erhaltung oder Erreichung des guten Zustands** über die Dauer der Bewilligungsfrist ist im Sinne einer gesamthaften, einzugsgebietsbezogenen wasserwirtschaftlichen Planung Folgendes zu beachten:

- Da **sehr kleine Gewässer** (als sehr kleines Gewässer im Sinne dieses Regelblatts werden Gewässer in der Größenordnung von $MQ < 50 \text{ l/s}$ verstanden) in Trockenperioden eine sehr geringe Niederwasserführung aufweisen, vielfach durch diffuse Stoffeinträge, morphologische Überprägung und die Erwärmung in Hitzeperioden (fehlende Beschattung) stark vorbelastet sind (Risiko der Zielverfehlung), ist in der Regel eine Wasserentnahme für Bewässerungszwecke nicht möglich. In Ausnahmefällen ist nur eine geringe Ausleitung mit fixem Entnahmehauwerk und Speicher zulässig.

- Insbesondere bei **Gewässern mit Mittelwasserabfluss $MQ \leq 1 \text{ m}^3/\text{s}$** ist ein fixes Entnahmebauwerk vorzusehen.
In diesen Gewässern ist ein Speicher (s. Kapitel 11.1.6) jedenfalls notwendig, um auch für längere Trockenperioden (in denen die Bewässerung gewöhnlich gebraucht wird und keine ausreichende Wasserführung vorhanden ist) Wasser zur Verfügung zu haben.
Die Befüllung des Speichers hat erst ab **MQ** zu erfolgen und das Entnahmebauwerk ist auf **MQ** auszulegen. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass im Regelfall erst ab dieser Wasserführung eine zuverlässige Funktion des Entnahmebauwerks gewährleistet ist.
- Bei **Gewässern mit Mittelwasserabfluss $MQ > 1 \text{ m}^3/\text{s}$** ist ein fixes Entnahmebauwerk vorzusehen.
Die Notwendigkeit eines Speichers hängt davon ab, ob mit hoher statistischer Wahrscheinlichkeit (aufgrund der gewässertypischen Abfluss-Ganglinien und Abflussverhältnisse in einzelnen Monaten) in den Bewässerungszeiten (Tagen, Monaten) eine ausreichende Wasserführung von zumindest **$Q_{95\%}$ plus beantragte Entnahmemenge** vorhanden ist oder nicht.
Ist ein Speicher erforderlich, hat eine Befüllung erst ab **MQ** zu erfolgen und das Entnahmebauwerk ist auf **MQ** auszulegen.
Ist eine Speicherung nicht erforderlich, ist eine Wasserentnahme erst ab **$Q_{95\%}$ plus beantragte Entnahmemenge** zulässig und das Entnahmebauwerk darauf auszulegen.

Eine Entnahme mittels mobiler Einrichtungen (mobile Wasserentnahme, s. Kapitel 11.1.3) ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht nur in Ausnahmefällen bei größeren Gewässern in Verbindung mit hydrografischen Pegeln für einzelne Kulturen (die aus landwirtschaftlicher Sicht ihre Anbauflächen jährlich wechseln), möglich. Eine Entnahme ist erst ab **$Q_{95\%}$ plus beantragte Entnahmemenge** möglich.

9 NUTZUNG ANDERER WASSERRESSOURCEN

9.1 Nutzung von gesammelten Niederschlags- und Drainagewässern

Die Speicherung und Nutzung von Niederschlagswässern von versiegelten bzw. drainierten Flächen soll – bei entsprechender Eignung etwa in Bezug auf Verunreinigungen oder bodenmechanische und bautechnische Aspekte – aus wasserwirtschaftlicher Sicht vorrangig in Betracht gezogen werden.

Die Speicherung von Niederschlags- und Drainagewässern kann je nach örtlichen Verhältnissen zur Abdeckung des Bewässerungswasserbedarfs ausreichen oder zumindest einen wesentlichen Beitrag dazu leisten.

Bei der Nutzung von Drainagewässern ist die Wasserbilanz des gesamten Einzugsgebiets zu betrachten, um negative Auswirkungen auf den nachfolgenden Oberflächenwasserkörper hintanzuhalten.

Insbesondere bei kleinen Einzugsgebieten und sehr kleinen Gewässern ist bei intensiver Nutzung von Drainagewässern sicherzustellen, dass es durch den Eingriff in die Wasserbilanz des Einzugsgebiets nicht zu einer Zustandsverschlechterung im Oberflächenwasserkörper kommt, auch wenn die Entnahme nicht unmittelbar aus diesem erfolgt.

9.2 Wasserentnahmen aus stehenden Gewässern

Bewässerungsentnahmen aus größeren natürlichen Seen sind ebenfalls sparsam und bedarfsgerecht vorzusehen. Bei kleineren Seen und Teichen ist auf die jeweilig anderen Nutzungen Bedacht zu nehmen. Entnahmen aus bestehenden Grundwasserseen sind Entnahmen aus Brunnen gleichzusetzen und die jeweiligen Vorgaben sinngemäß anzuwenden. Die Errichtung von neuen Grundwasserteichen zur Bewässerung ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht abzulehnen.

9.3 Nutzung von gereinigtem Abwasser

Die Verordnung (EU) 2020/741 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung behandelt die Verwendung von aufbereitetem kommunalem Abwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung und soll eine effiziente Nutzung der Wasserressourcen fördern. Sie trat mit 26. Juni 2020 in Kraft und erlangte ihre Gültigkeit ab dem 26. Juni 2023.

Für Mitgliedstaaten, die eine Wasserwiederverwendung im Sinne der Verordnung als nicht zielführend ansehen, besteht eine Opt-Out-Möglichkeit (Art. 2 Abs. 2). Österreich hat beschlossen, von dieser Opt-Out-Möglichkeit im ganzen Bundesgebiet vorerst Gebrauch zu machen. Das Opt-Out ist zusätzlich im Rahmen der Evaluierung des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplans zu überprüfen. Weiters ist dieser Beschluss einer regelmäßigen Prüfung zu unterziehen.

Daher wird die Bewässerung aus gereinigtem Abwasser in diesem Dokument nicht weiter behandelt.

10 QUALITATIVE ANFORDERUNGEN AN DAS BEWÄSSERUNGSWASSER

Die angeführten Qualitätskriterien für Bewässerungswasser, ob aus Grundwasser, Oberflächengewässern oder Niederschlagswasser stammend, stellen Anforderungen aus pflanzenphysiologischer Sicht und im Hinblick auf die Lebensmittelsicherheit dar.

10.1 Qualitative Anforderungen an das Bewässerungswasser bezogen auf die Pflanze

10.1.1 Physikalische Beschaffenheit

Wassertemperatur:

Optimale Temperatur: 20 °C bis 25 °C

Maximale Temperatur: 35 °C sollten nicht überschritten werden

Minimale Temperatur: 10 °C sollten nicht unterschritten werden

Bei besonders temperaturempfindlichen Kulturpflanzen (z. B. Gurke, Melone etc.) sollen 20 °C nicht unterschritten werden.

Bei der Bewässerung von Grünland sollte die Boden- und Wassertemperatur nicht unter 10 °C sinken. Sinkt die Bodentemperatur unter ca. 8 °C, kommt es zu einem verstärkten Wachstum von unerwünschten Pflanzenarten oder Pflanzenarten mit geringem Futterwert (Wachstumshemmung oder -verzögerung).

Schwebstoffe (anorganisch, organisch):

Das Wasser soll möglichst klar sein. Höhere Schwebstoffgehalte können zu Beeinträchtigungen des Betriebs mechanischer Bewässerungsanlagen (bewegliche Teile sowie Tropfer von Beregnungsanlagen) führen.

Tab. 4 Klassifizierung des Schwebstoffgehalts und der gelösten Stoffe bei Verwendung von Tropfbewässerungsanlagen (Ayers & Westcot 1994)

	Eignung		
	gut geeignet	mäßig geeignet	nicht geeignet
Schwebstoffe (mg/l)	< 50	50 – 100	> 100
gelöste Stoffe (mg/l)	< 500	500 – 2 000	> 2 000

Um diese Werte einhalten zu können, sind gegebenenfalls geeignete Maßnahmen (z. B. rückspülbare Filter) vorzusehen.

Zum Beispiel können Eisen- und Mangangehalte sowie Calciumgehalte bei manchen Grundwässern zu Schwebstoffbildung Anlass geben und so den Betrieb von Tropfbewässerungsanlagen stören.

10.1.2 Chemische Beschaffenheit

Die chemische Beschaffenheit des Bewässerungswassers bestimmt weitgehend die Eignung des Wassers zur Bewässerung der verschiedenen Pflanzen. Es ist zu unterscheiden zwischen Hauptbestandteilen und Nebenbestandteilen (meistens nur in Spuren vorhanden).

- Hauptbestandteile: Kationen: Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium.
Anionen: Hydrogencarbonat, Sulfat, Chlorid, Phosphat und Nitrat.

- Nebenbestandteile: u. a. Aluminium, Arsen, Barium, Blei, Bor, Cadmium, Eisen, Fluor, Kobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Quecksilber, Selen, Vanadium, Zink.

Wenn Schädigungen an Pflanzen auftreten, sind gezielte Untersuchungen auf anorganische und organische Schadstoffe vorzunehmen.

10.1.2.1 Salzgehalt (gelöste Mineralsalze)

Ziel jeder Einteilung des Bewässerungswassers nach Güteklassen ist es, die Einordnung und Interpretation der Ergebnisse der Wasseranalyse zu erleichtern, einen zweckmäßigen Einsatz unterschiedlicher Wasserqualitäten zu ermöglichen und Fehler beim Gebrauch des Wassers zu vermeiden.

Für die Klassifizierung nach dem Gesamtsalzgehalt kann üblicherweise die elektrische Leitfähigkeit herangezogen werden.

Tab. 5 Richtwerte des Salzgehalts in Bewässerungswasser (Withers et al. 1978)

Beurteilung der Versalzung	elektrische Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$ bei 25 °C)
geringer Salzgehalt	< 250
mittlerer Salzgehalt	250 – 750
hoher Salzgehalt	750 – 2 250
sehr hoher Salzgehalt	> 2 250

Die Eignung des Bewässerungswassers nach dem Salzgehalt hängt jedoch auch von der Beschaffenheit des Bodens, des Klimas, der Art und Sorte sowie dem Entwicklungszustand der angebauten Pflanzen und schließlich von der Art des Be- und Entwässerungsverfahrens ab.

So sind z. B. Weizen und Zuckerrübe relativ salzverträglich, Mais ist dagegen wesentlich empfindlicher gegenüber dem Salzgehalt. Bei den Gemüsen sind Rübe, Spinat und Tomate salzverträglicher als Salat, Zwiebel, Karotte und Bohne.

Beispielhaft sind aus Tab. 6 zusätzliche Angaben zu entnehmen.

Tab. 6 Salzverträglichkeit von Kulturpflanzen (Ayers & Westcot 1994, adaptiert)

Verträglichkeitsklasse	Pflanze
Empfindlich	Apfel, Birne, Brombeere, Erdbeere, Gartenbohne, Himbeere, Johannisbeere, Karotte, Kirsche, Marille, Pastinak, Pfirsich, Zwetschke, Zwiebel
Mäßig empfindlich	Blumenkohl, Brokkoli, Erbse, Fuchsschwanz, Grünkohl, Gurke, Kartoffel, Knäuelgras, Kohl, Kohlrabi, Kopfsalat, Kürbis, Lein, Luzerne, Mais, Pferdebohne, Radieschen, Rosenkohl, Rotklee, Sonnenblume, Spinat, Tomate, Trespe, Weintraube, Weiße Rübe, Weißklee, Wicke, Wiesenlieschgras, Zuckermais
Mäßig tolerant	Durum, Futtergerste, Hafer, Kürbis, Raps, Raygras, Roggen, Rote Rübe, Sellerie, Sojabohne, Triticale, Weizen, Wiesenschwingelgras, Zucchini
Tolerant	Gerste, Spargel, Zuckerrübe

10.1.2.2 Natriumadsorptionswert, Magnesium

Erhöhte Natriumwerte im Bewässerungswasser beeinflussen durch die bodenstrukturzerstörende Wirkung langfristig den Boden negativ. Natriumhaltiger Boden neigt zur Verschlammung und bildet beim

Abtrocknen dichte, das Pflanzenwachstum erschwerende Krusten. Dieser Bodenzustand wird durch den Natriumadsorptionswert (SAR, sodium adsorption ratio) bestimmt:

Natriumadsorptionswert:

(nach Achtnich 1980)

$$SAR_{eq} = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (\text{mmol/l})$$

Richtwerte für die Klassifizierung der Qualität des Bewässerungswassers nach dem Natriumadsorptionswert (SAR) unter Berücksichtigung des Gesamtsalzgehaltes mithilfe der elektrischen Leitfähigkeit zeigt Tab. 7:

Tab. 7 Richtwerte für die Klassifizierung des Bewässerungswassers unter Berücksichtigung der elektrischen Leitfähigkeit (Achtnich 1980)

Einstufung nach dem Natriumadsorptionswert (SAR)	Elektrische Leitfähigkeit (µS/cm bei 25 °C)			
	100	250	750	2.250
	Natriumadsorptionswert SAR			
Wasser ist geeignet zur Bewässerung nahezu aller Bodenarten bei geringer Gefahr der Entwicklung gefährlicher Konzentrationen von austauschbarem Natrium. Bei natriumempfindlichen Pflanzen (Steinobst, Avocado) kann es zur Anreicherung schädlicher Natriumkonzentrationen kommen.	0 – 10	0 – 8	0 – 6	0 – 4
Wasser ist geeignet zur Bewässerung kiesig-sandiger oder organischer Böden mit guter Durchlässigkeit. Auf lehmig-tonigen Böden mit hoher Kationenaustauschkapazität, besonders bei unzureichender Auswaschung und geringem Gehalt an Gips im Boden, sind Schädigungen des Pflanzenbestands zu erwarten.	10 – 18	8 – 15	6 – 12	4 – 9
Wasser ist noch geeignet zur Bewässerung gipshaltiger Böden. Auf den meisten anderen Böden sind pflanzenschädliche Anreicherungen von austauschbarem Natrium zu erwarten. Wirksame Entwässerung, hohe Wassergaben zur Auswaschung und die Zugabe von organischem Material und chemischen Bodenverbesserungsmitteln sind erforderlich.	18 – 26	15 – 22	12 – 18	9 – 14
Wasser ist normalerweise ungeeignet zur Bewässerung. Lediglich bei sehr geringem Gesamtsalzgehalt unter Zugabe von Gips und/oder anderen Bodenverbesserungsmitteln kann eine Verwendung in Frage kommen.	> 26	> 22	> 18	> 14

Tab. 8 Verträglichkeit von austauschbarem Natrium (Ayers & Westcot 1994, adaptiert)

Empfindlich	Halbtolerant	Tolerant
Erbse	Alexandrinerklee	Luzerne
Gartenbohne	Kartoffel	Rübe
Mais	Hafer	Zuckerrübe
Pfirsich	Raps	Mangold
Sojabohne	Karotte	Gerste
Buchweizen	Radieschen	
	Roggen	

Empfindlich	Halbtolerant	Tolerant
	Spinat	
	Tomate	
	Weizen	
	Wicke	
	Zwiebel	

Auch Magnesium kann, obwohl es als Pflanzennährstoff wichtig ist, bei höherer Konzentration im Bewässerungswasser das Pflanzenwachstum hemmen und so den Ertrag der Kulturpflanzen senken.

Für den Magnesiumgehalt des Bewässerungswassers soll der Quotient

$$C_{eq} = \frac{Mg^{2+} * 100}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \quad (\text{mmol/l})$$

nicht über 50 liegen.

Im Allgemeinen sind aber die mit dem Bewässerungswasser ausgebrachten Magnesiummengen auch bei erhöhten Magnesiumgehalten für die Pflanze und den Boden nicht relevant. Der Magnesiumgehalt in $MgCO_3$ -freien Böden liegt häufig nur im Bereich von 0,05 – 0,5 %.

10.1.2.3 Karbonat und Hydrogenkarbonat

Die Bedeutung der Karbonate im Bewässerungswasser liegt vor allem in der Bindung des Calciums und Magnesiums und einer dadurch eintretenden Verstärkung der pflanzenschädlichen Wirkung des verbleibenden Natriums. Das als Soda-Äquivalent oder residual sodium carbonate (RSC) bezeichnete restliche Natriumkarbonat kann nach der Formel

$$RSC_{eq} = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (\text{mmol/l})$$

berechnet werden. Bei der Beurteilung der Eignung von karbonathaltigem Wasser ist zu bedenken, dass Alkaliböden mehr geschädigt werden als saure Böden, da für letztere derartige Wasser – in angemessener Menge aufgebracht – als Bodenverbesserung angesehen werden kann (Achtnich 1980).

Tab. 9 Richtwerte für die Klassifizierung der Qualität des Bewässerungswassers nach dem Natriumkarbonat-Restwert RSC (Wilcox 1955, adaptiert)

Einstufung nach RSC	RSC _{eq} (mmol/l)
Wasser meist für Bewässerung geeignet	< 1,25
Wasser bedingt geeignet (marginal)	1,25 – 2,50
Wasser meist nicht mehr für Bewässerung geeignet	> 2,50

10.1.2.4 Chlorid

Einige mehrjährige Kulturpflanzen, insbesondere aus der Gruppe der Obstbäume und Sträucher sowie die Weinrebe, werden durch höhere Chloridgehalte im Bewässerungswasser empfindlich geschädigt, da Chlorid in den Blättern akkumuliert wird. Auf den Boden wirkt sich dagegen das Chloridion nicht nachteilig verändernd aus, weshalb es auch bei der überwiegenden bodenbezogenen Klassifizierung der Wasserqualität meist unberücksichtigt bleibt.

Neben den genannten Obstarten können auch einige Acker- und Gemüsekulturen chloridempfindlich sein (chloridreiches Bewässerungswasser verringert z. B. den Stärkegehalt bei Kartoffeln).

Tab. 10 Richtwerte für die Klassifizierung des Bewässerungswassers nach dem Chloridgehalt (Achnich 1980)

Einstufung	Chloridgehalt	
	mmol/l	mg/l (ca.)
Wasser ist geeignet für nahezu alle Pflanzen.	< 2	< 70
Wasser ist geeignet für chloridverträgliche Pflanzen. Chloridempfindliche Pflanzen zeigen leichte bis mittlere Schäden.	2 – 4	140
Wasser ist geeignet für gut chloridverträgliche Pflanzen. Weniger chloridverträgliche Pflanzen zeigen leichte bis mittlere Schäden.	4 – 8	140 – 280
Wasser ist noch geeignet für gut chloridverträgliche Pflanzen, die jedoch leichte bis mittlere Schäden aufweisen können.	> 8	> 280

Höhere Mineralsalzgehalte (wie z. B. Chlorid) können auch zu Korrosionsangriffen auf metallische und zementgebundene Werkstoffe führen.

Tab. 11 Chloridverträglichkeit von Kulturpflanzen (Ayers & Westcot 1994)

Pflanzenart	Maximal zulässiger Chloridgehalt im Bewässerungswasser	
	mmol/l	mg/l
Beerenfrüchte	3,3 – 6,7	115 – 240
Erdbeeren	3,3 – 5,0	115 – 180
Steinobst	5,0 – 17,0	180 – 600
Weinreben	6,7 – 27,0	240 – 960

10.1.2.5 Nitrat

Die Bewässerungsmenge sowie die mit dem Bewässerungswasser zugeführte Stickstoffmenge sind im Rahmen der betriebsbezogenen Aufzeichnungen gemäß § 8 Abs. 1 Z 4 NAPV iVm Anlage 3 Abschnitt IV aufzuzeichnen. Die mit dem Bewässerungswasser zugeführte Stickstoffmenge (N-Menge) ist in Abhängigkeit von der Bewässerungsmenge und dem Nitratgehalt des Bewässerungswassers (NO₃-Gehalt) ab einer Menge von 10 kg N/ha vom Gesamtdüngebedarf abzuziehen.

$$\text{N-Menge} = (\text{NO}_3\text{-Gehalt} / 4,43) \times (\text{Bewässerungsmenge} / 100)$$

N-Menge in kg N/ha, Bewässerungsmenge in mm, NO₃-Gehalt in mg/l

Tab. 12 Berechnete Stickstoffmenge (in kg N/ha) aus dem Nitratgehalt des Bewässerungswassers und der Bewässerungsmenge

Nitrat-Konzentration des Bewässerungswassers	Wassergabe in mm					
	25	50	75	100	125	150
25 mg/l	1	3	4	6	7	9
50 mg/l	3	6	9	11	14	17
75 mg/l	4	9	13	17	21	25
100 mg/l	6	11	17	23	28	34

Relevant ist Tab. 12 nur in Gebieten mit hohem Nitratgehalt im Bewässerungswasser und gleichzeitig hohen Bewässerungsgaben.

10.1.2.6 Bor

Als Spurenelement ist Bor für das Pflanzenwachstum unentbehrlich. In größerer Menge jedoch wirkt es toxisch. Da Bor nicht selten auch in höherer Konzentration in den natürlichen Wasservorkommen angetroffen wird, ist eine Beobachtung des Borgehalts im Bewässerungswasser zu empfehlen und bei Verdacht erforderlich (z. B. in der Umgebung von Erdölgewinnungsanlagen).

Die Pflanzen reagieren auf Bor unterschiedlich. Konzentrationen, die für die eine Art noch stimulierend wirken, können für eine andere Art bereits stark wachstumshemmend sein.

Tab. 13 Zusammenhang zwischen Borgehalt im Bewässerungswasser und Pflanzenverträglichkeit (Ayers & Westcot 1994)

Pflanze	Verträglichkeitsklasse (Borgehalt im Bewässerungswasser)
	Sehr empfindlich
Brombeere	(< 0,5 mg/l)
	Empfindlich
Kirsche, Marille, Pferdebohne, Pfirsich, Pflaume, Walnuss, Weinrebe, Zwiebel	(0,5 – 0,75 mg/l)
Erdbeere, Gartenbohne, Gerste, Knoblauch Sonnenblume, Weizen	(0,75 – 1,0 mg/l)
	Mäßig empfindlich
Erbse, Gurke, Karotte, Kartoffel, Radieschen	(1,0 – 2,0 mg/l)
	Mäßig tolerant
Garten-Lattich, Hafer, Kohl, Kürbis, Mais, Sellerie, Senf, Tabak, Weiße Rübe	(2,0 – 4,0 mg/l)
	Tolerant
Luzerne, Rote Rübe, Tomate, Zuckerrübe	(4,0 – 6,0 mg/l)
	Sehr tolerant
Spargel	(6,0 – 15,0 mg/l)

10.1.2.7 Spurenelemente im Bewässerungswasser

Neben den im Wasser in unterschiedlicher Menge vorhandenen Pflanzennährstoffen können die für die Entnahme von Bewässerungswasser zur Verfügung stehenden Wasservorkommen auch wachstumshemmende bzw. pflanzentoxische Stoffe enthalten. Einige der mitunter in geringen Mengenanteilen vorhandenen gelösten Stoffe (Spurenelemente) sind als Mikronährstoffe sogar essenziell (lebensnotwendig); für das Pflanzenwachstum müssen sie bei höherer Konzentration jedoch als Schadstoffe angesehen werden.

Als essenziell sind folgende Elemente zu werten:

Eisen, Kupfer, Mangan, Molybdän, Vanadium, Zink, Bor.

Toxisch wirken können:

Aluminium, Arsen, Beryllium, Blei, Cadmium, Nickel, Platin-Metalle, Quecksilber, Silber, Uran (Grundwasser)

sowie in erhöhter Konzentration auch:

Kupfer, Mangan, Zink und Bor.

Aus den Ergebnissen der Literatur sind daher für Österreich folgende Richtwerte zu empfehlen (Tab. 14):

Tab. 14 Richtwerte für den Gehalt an Spurenelementen im Bewässerungswasser, bei deren Überschreitung eine pflanzentoxische Wirkung eintreten kann

Schadstoff	Zeichen	Richtwert (mg/l)
Aluminium (gelöst)	Al	0,5
Arsen	As	0,1 *
Barium	Ba	1,0
Beryllium	Be	0,1
Blei	Pb	0,1
Bor	B	1,0 **
Cadmium	Cd	0,01
Chrom	Cr	0,05
Eisen	Fe	10,0
Fluor	F	3,0
Kobalt	Co	0,2
Kupfer	Cu	1,0
Lithium	Li	0,2
Mangan	Mn	1,0
Molybdän	Mo	0,01
Nickel	Ni	0,5 *
Quecksilber	Hg	0,002
Selen	Se	0,02
Zink	Zn	2,0 ***

* Bei Annäherung der Gehaltswerte im Bewässerungswasser an die oben angeführten Richtwerte sind bei Bemessungen der Regengabe die einschlägigen bodenschutzrechtlichen Bestimmungen hinsichtlich der zulässigen Schadstofffrachten zu berücksichtigen.

** Jedoch für borverträgliche Pflanzen auch höhere Werte.

*** Beim Zinkgehalt ist auch auf die materialbedingte Aufnahme Bedacht zu nehmen (verzinkte Rohre). Diese Aufnahme wird insbesondere durch korrosiv wirkende Wässer gefördert.

Die in Tab. 14 angeführten Werte können bei kurzzeitigem Gebrauch auch etwas höher angesetzt werden.

Aluminium:

Aluminium kann zu Wachstumsbehinderungen in sauren Böden führen. Bei einem pH-Wert von 5,5 – 8,0 wird das Aluminium jedoch weitgehend in schwerlösliche Formen überführt und weist in dieser Form keine Toxizität mehr auf.

Arsen:

Die Toxizität dieses Elements auf Pflanzen weist einen sehr weiten Bereich auf, ein sehr niedriger Richtwert von 0,05 mg/l ist von Reis bekannt. Im Allgemeinen ist die Toleranz der Pflanzen gegenüber Arsen groß, und es können relativ hohe Konzentrationen abgepuffert werden. Eine Anreicherung dieses Elements im Boden ist nicht auszuschließen.

Beryllium:

Die Toxizität gegenüber Pflanzen variiert in großem Ausmaß. Empfindlich sind z. B. Buschbohnen (0,5 mg/l). Eine Überführung in die menschliche und tierische Nahrungskette kann nicht ausgeschlossen werden.

Blei:

Phytotoxische Effekte von Blei lassen sich nur bei höheren Konzentrationen nachweisen (Inhibitierung des Zellwachstums). Eine Additionswirkung der Toxizität bei Anwesenheit von Arsen ist jedoch bekannt. Eine Anreicherung im Boden ist möglich.

Bor:

Bor ist als essenzielles Element für Pflanzen einzustufen, jedoch ist es für viele Pflanzen als toxisch zu werten.

Cadmium:

Cadmium ist ebenfalls für viele Pflanzen ein toxisches Element. Als besonders empfindlich können Bohnen und verschiedene Rübenarten angesehen werden. Auch hier können eine Anreicherung im Boden und die Beeinflussung diverser Nahrungsketten stattfinden.

Chrom:

Über die Wirkung von Chrom auf verschiedene Pflanzen existieren nur wenige Angaben.

Eisen:

Eisen ist in belüfteten Böden als nicht toxisch anzusehen, kann aber zur Bodenversauerung und zu einem Mangel an den essenziellen Elementen Phosphor und Molybdän führen. Weiters ist bei hohem Eisengehalt mit Korrosionen an Rohrleitungen und mit Ausscheidungen von Eisenhydroxid an den Feldfrüchten zu rechnen.

Fluorid:

Fluorid wird in neutralen und alkalischen Böden inaktiviert, die Fluoraufnahme von Pflanzen wird zudem von der Bodenart sowie vom Calcium- und Phosphatgehalt und auch vom pH-Wert gesteuert.

Kobalt:

Kobalt ist gegenüber verschiedenen Pflanzen schon in kleinen Konzentrationen toxisch, z. B. gegen Tomaten. Es wird jedoch durch neutrale oder alkalische Böden inaktiviert.

Kupfer:

Kupfer ist gegenüber einer Reihe von Pflanzen als toxisch anzusehen und führt zu kümmerlichem Wuchs und Qualitätsminderung, z. B. im Obstbau. Kurzfristig kann Kupfer jedoch im Boden abgepuffert werden. Anreicherung im Boden kann stattfinden.

Lithium:

Auch bei Lithium schwankt der Toxizitätsbereich stark. Viele Feldfrüchte tolerieren Gehalte bis zu 5 mg/l. Einige Früchte, z. B. Zitrusfrüchte, vertragen jedoch nur sehr geringe Dosen (0,075 mg/l). Auch sonstige natriumempfindliche Pflanzen (z. B. Erbsen, Pfirsiche) sind gegenüber Lithium empfindlich.

Mangan:

Mangan ist in sauren Böden gegenüber einer Anzahl von Feldfrüchten als toxisch anzusehen. Auch bei Mangan wirken sich erhöhte Gehalte im Wasserverteilungssystem durch Abscheidung von Korrosionsprodukten nachteilig aus.

Molybdän:

Molybdän ist in normalen Konzentrationen im Boden und Wasser als nichttoxisch gegenüber Pflanzen anzusehen. Es kann jedoch durch das Weidevieh mit dem Futter aufgenommen werden und so auch auf den Menschen toxisch wirken (Nahrungskette).

Nickel:

Dieses Element ist gegenüber einer Anzahl von Pflanzen in einem Bereich von 0,5 – 1 mg/l als toxisch anzusehen. Diese Wirkung wird in neutralen oder alkalischen Böden reduziert. Eine Anreicherung im Boden kann stattfinden.

Selen:

Dieses Element ist für viele Pflanzen schon in geringen Konzentrationen als toxisch anzusehen. Bei der Aufnahme von Futter kann es sich im Weidevieh anreichern und so auch auf den Menschen toxisch wirken.

Vanadium:

Dieses Element ist für viele Pflanzen schon bei relativ geringer Konzentration toxisch.

Zink:

Zink in höheren Konzentrationen verursacht toxische Symptome an Pflanzen, dabei schwanken die Konzentrationen stark. Eine deutlich reduzierte Toxizität ergibt sich bei höheren pH-Werten oder in fein texturierten oder in organischen Böden. Eine Anreicherung in Böden ist möglich.

10.1.2.8 pH-Wert

Empfehlenswerter Bereich: pH 6 – 8

Bei pH-Werten des Bewässerungswassers unter 5,5 ist auf den Gehalt an Aluminium und Schwermetallen besonders Bedacht zu nehmen. Wasser mit einem pH-Wert unter 5,0 sollte für Bewässerungszwecke nicht herangezogen werden.

10.2 Hygienische Anforderungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit

Voraussetzung für die landwirtschaftliche Verwendung von Bewässerungswasser ist, dass das Wasser die Gesundheit des Menschen weder direkt noch indirekt beeinträchtigen kann.

Gesundheitliche Schädigungen können durch akut oder chronisch wirkende Schadstoffe und durch Krankheitserreger hervorgerufen werden. Aus diesem Grund dürfen im Bewässerungswasser Krankheitserreger und Schadstoffe nicht in Konzentrationen enthalten sein, die eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit darstellen.

Die hier aufgestellten Anforderungen unterscheiden sich von den in den Kapiteln 10.1.1 und 10.1.2 angeführten physikalischen und chemischen Qualitätskriterien dadurch, dass nicht die Auswirkungen auf die Pflanzen, sondern die auf die Gesundheit des Menschen Beurteilungsgrundlage sind.

Die Schadstoffgehalte im Bewässerungswasser dürfen nur so hoch sein, dass die für den menschlichen Genuss bestimmten Pflanzenteile den lebensmittelrechtlichen Bestimmungen entsprechen.

10.2.1 Hygienisch-chemische Anforderungen

Die Schadstoffgehalte im Bewässerungswasser dürfen nur so hoch sein, dass die für den menschlichen Genuss bestimmten Pflanzenteile weder an ihrer Oberfläche noch gespeichert höhere Gehalte an Schadstoffen aufweisen, als sie in den lebensmittelrechtlichen Bestimmungen zugelassen sind.

10.2.2 Hygienisch-mikrobiologische Anforderungen

Von den Krankheitserregern haben vor allem solche mit fäkal-oralem Infektionsweg Bedeutung. Es sind dies Erreger, die mit menschlichen oder tierischen Fäkalien ausgeschieden werden, in die Umwelt und damit auch ins Wasser gelangen und durch orale Aufnahme, durch Kontakt oder durch Einatmen von Aerosolen Infektionen auslösen können. Bei den Krankheitserregern handelt es sich um Bakterien, Viren und Parasiten. Ein Überblick und detaillierte Informationen finden sich in der Richtlinie der WHO (2011). Das Vorkommen von Viren in Flusswasser wird von Walter et al. (1989) beschrieben.

Da Früchte aus Garten- und Feldbau mitunter bis knapp vor der Ernte bewässert werden, können selbst Krankheitserreger mit kurzen Überlebenszeiten auf der Oberfläche von Früchten und anderen Pflanzenteilen eine Gefährdung für die menschliche Gesundheit darstellen.

Das Bewässerungswasser kann aus hygienisch-mikrobiologischer Sicht in 4 Eignungsklassen eingeteilt werden, die sich durch die Art der Anwendung unterscheiden. Bei der Eignungsklasse 4 handelt es sich um stark fäkal belastetes Oberflächenwasser.

Bei Überschreiten der Richtwerte einer der in Tab. 15 angeführten Eignungsklassen ist eine auf die jeweilige Situation angepasste erweiterte mikrobiologische Untersuchung vorzunehmen (z. B. weiterführende Untersuchungsserien und Parameter, mikrobielle Herkunftsbestimmung, Gefährdungs- und Risikoanalyse) und durch eine fachkundige Person begutachten zu lassen, um die entsprechende Einstufung vornehmen zu können (Farnleitner et al. 2014).

Um die Qualitätsanforderungen einer bestimmten Eignungsklasse zu erreichen, können im Sinne eines Risikomanagements adäquate Maßnahmen gesetzt werden, wie z. B. verbesserter Schutz des Einzugsgebiets, Elimination bzw. Reduktion der Fäkalquellen, optimierte Wassergewinnung oder Desinfektionsmaßnahmen.

Bei Einsatz von Desinfektionsverfahren sind die Anforderungen gemäß Österreichischem Lebensmittelbuch, Kapitel B1, Abschnitt 4, Desinfektion (Bundesministerium für Gesundheit) im Hinblick

auf Betrieb und Überwachung zu beachten. Bei chemischen Desinfektionsmaßnahmen ist die Pflanzentoxizität des Desinfektionsmittels und jene der möglichen Desinfektionsnebenprodukte zu berücksichtigen.

Trinkwasser aus einer öffentlichen Wasserversorgungsanlage ist aus hygienischer Sicht für Bewässerungszwecke uneingeschränkt geeignet, zusätzliche Untersuchungen sind nicht notwendig.

Waschwasser, welches zur Reinigung von Gemüse und Obst verwendet wird, hat aus hygienischer Sicht in jedem Fall beim letzten Waschgang (oder Reinigungsabschnitt) den mikrobiologischen Anforderungen der Trinkwasserverordnung (BGBl. II Nr. 304/2001 idgF) zu entsprechen.

Tab. 15 Eignungsklassen für die Verwendung von Bewässerungswasser

Wasserart	Eignungsklasse	Anwendung	<i>Escherichia coli</i> Anzahl/100 ml (ISO 9308-1; ISO 9308-3*)	Enterokokken Anzahl/100 ml (ISO 7899-1*; ISO 7899-2)
Grundwasser	1	a) Zum Frischverzehr bestimmte Früchte mit schwer zu reinigenden Oberflächen (z. B. Beerenfrüchte, diverse Salatpflanzen) sowie b) Kinderspielplätze, Grün- und Sportanlagen im dicht verbauten Gebiet	≤ 5	≤ 5
Grundwasser / reines Oberflächenwasser	2	a) Gemüse und Obst, das leicht zu reinigen ist und für den Frischverzehr vorgesehen ist. Einwöchige Karenzzeit nach der Beregnung (z. B. Paprika, Tomate) b) Sportanlagen im leicht- oder unverbauten Gebiet	≤ 200	≤ 100
Oberflächenwasser	3	Obst und Gemüse, das nicht für den Frischverzehr vorgesehen ist, und einer Behandlung unterliegt (z. B. Senfgurken, Kraut, Erbsen, Bohnen) Gemüse und Obst für den Frischverzehr bis zwei Wochen vor der Ernte Wurzelgemüse zum Frischverzehr, dessen verzehrbare Teile unterirdisch liegen (z. B. Radieschen, Karotten)	≤ 2 000	≤ 400
Oberflächenwasser	4	Sämtliche Jungpflanzen in den ersten drei Wochen, und alle Feldkulturen (z. B. Getreide) im unverbauten Gebiet sowie Obst im Vorfruchtstadium Tropfbewässerung bei allen Kulturen, wobei die Frucht nicht mit dem Bewässerungswasser in Kontakt kommen darf (z. B. Wein- und Obstgehölze, Gemüsekulturen) Und jede Form von Unterflurbewässerung	≤ 15 000	≤ 7 000

* Diese Methoden sind nicht geeignet für die Feststellung der Eignungsklasse 1, da ihre Bestimmungsgrenze 15/100 ml beträgt.

Die genaue Zuteilung einzelner Kulturen zu den Eignungsklassen kann Tab. 16 entnommen werden.

Tab. 16 Zuordnung der Eignungsklassen (Tab. 15) nach mikrobiologischen Anforderungen bei Berechnung ausgewählter Gemüsearten

Frischmarktgemüse	Eignungsklasse
Brokkoli	2
Chicoreewurzel	3
Chinakohl	2
Grünerbsen	2
Fleischkraut (Zuckerhut)	2
Freilandgurken	2
Gewächshausgurken	2
Käferbohnen	2
Karfiol (Blumenkohl)	2
Karotten	3
Knoblauch	2
Knollenfenchel	2
Kohl (Wirsing)	2
Kohlsprossen	2
Kohlrabi	2
Weißkraut	2
Rotkraut	2
Kren	3
Melanzani	2
Melone	2
Paprika	2
Paradeiser (Tomaten)	2
Pastinak	3
Petersilie, grün	1
Petersilienwurzel	3
Pfefferoni	2
Pflückbohnen (Fisolen)	2
Porree (Lauch)	2
Radieschen	3
Rettich (weiß, schwarz)	3
Rhabarber	2
Rote Rüben	3
Salat (alle Sorten)	1
Schnittlauch	1
Sellerie	3
Spargel (weiß)	3
Spargel (grün)	2
Speisebohnen	2
Speisekürbis	2

Frishmarktgemüse	Eignungsklasse
Spinat	1
Zucchini	2
Zuckermals (Speisemais)	2
Zwiebeln (lose, Jungzwiebeln)	2
weitere Kulturen	
Obst	1
Wein	1

Bei Tropfbewässerung ist die Eignungsklasse 4 ausreichend, sofern die zum Verzehr bestimmten Pflanzenteile mit dem Bewässerungswasser nicht in Berührung kommen.

Gemüse, das für die Verarbeitung bzw. als Gefriergemüse Verwendung findet, muss mindestens mit Wasser der Eignungsklasse 3 bewässert werden (Ausnahme: Tropfbewässerung, Eignungsklasse 4).

10.2.3 Häufigkeit und Umfang von Untersuchungen

Das Bewässerungswasser sollte zumindest einmal im Rahmen des wasserrechtlichen Bewilligungsverfahrens physikalisch, chemisch und mikrobiologisch untersucht werden. Liegen lokal Schadstoffbelastungen in der Wasserressource vor, können diese mit dem Bewässerungswasser verbreitet werden und sich stoffabhängig in Boden und/oder Kulturpflanzen anreichern. Im Anlassfall sind Wasserberechtigte zu sensibilisieren bzw. ist die Wassernutzung behördlich zu beurteilen.

Die Einstufung von Oberflächenwasser in die Eignungsklassen gemäß Tab. 15 erfolgt auf Basis von bis zu drei bakteriologischen Untersuchungen.

Im laufenden Betrieb werden folgende Untersuchungshäufigkeiten empfohlen:

- Eignungsklasse 1 (Grundwasser): einmal im Zuge der wasserrechtlichen Bewilligung bzw. jährlich bei begründetem Verdacht von möglichen Schwankungen der Grundwasserqualität.
- Eignungsklassen 2 bis 4: ist von einer fachkundigen Person festzulegen.
- Eignungsklasse 1 bzw. 2 bei Anwendung b): einmal jährlich.

Bei Trinkwasser aus einer öffentlichen Wasserversorgung ist keine Untersuchung erforderlich.

Auf die entsprechenden geltenden Normen der Probenahmetechnik und eine allfällig notwendige Stabilisierung der Wasserproben wird hingewiesen.

Vorzugsweise zu untersuchen sind:

- a) **Physikalische Parameter:** Schwebstoffe, Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur.
- b) **Chemische Parameter:** Bor, Calcium, Chlorid, Eisen, Magnesium, Mangan, Natrium, Nitrat, Zink.
- c) **Bakteriologische Parameter** (Tab. 15): *Escherichia coli* und Enterokokken.
- d) **Weitere Parameter:** Weitere Parameter sind bei relevanten Belastungen im Einzugsgebiet zu überprüfen.

11 BEWÄSSERUNGSANLAGEN

Eine Bewässerungsanlage umfasst alle baulichen und technischen Einrichtungen von der Wasserentnahme bis zur flächenhaften Wasserverteilung auf dem Feld. Üblicherweise erfolgt eine Gliederung in

- Wasserbereitstellung,
- Wasserzuleitung und
- Wasserverteilung (Bewässerungsverfahren).

Anlagenteile können fest installiert oder beweglich sein. Demnach werden die Anlagen als ortsfest, teilortsfest oder beweglich bezeichnet.

11.1 Wasserbereitstellung

Die Wasserbereitstellung umfasst die baulichen und technischen Einrichtungen zur Wasserentnahme. Dazu zählen Wasserfassungen und Einrichtungen zur Wasserförderung einschließlich der dazugehörigen Filter, Mess- und Regeleinrichtungen sowie eventuell notwendige Wasserspeicher.

Das für die Bewässerung erforderliche Wasser wird vorwiegend aus dem Grundwasser und aus Oberflächengewässern entnommen. Die vorausschauende Wahl einer in Quantität und Qualität geeigneten Wasserbezugsquelle sowie einer an die örtlichen Verhältnisse angepassten Wasserfassung unterstützen eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wasserressourcen. Der Wasserbedarf für die Bewässerung und die Verfügbarkeit der Wasserressourcen bestimmen die Auswahl, Anordnung, Bauweise und Dimensionierung der Anlagenkomponenten, gegebenenfalls einschließlich Wasserspeicher.

Die Wasserfassung nimmt eine zentrale Rolle in einer Bewässerungsanlage ein, zumal eine Entnahme aus einem Gewässer sich direkt auf den Gewässerzustand auswirken kann.

11.1.1 Brunnen

Aus einem Grundwasserkörper wird das Wasser vorrangig mittels Schacht- oder Bohrbrunnen entnommen. Die beiden Brunnenarten unterscheiden sich sowohl in der Dimension (Durchmesser, Tiefe) als auch im Bauverfahren (Ausführung). Schachtbrunnen werden vorzugsweise bei geringem Grundwasserflurabstand eingesetzt und zumeist in Absenkbauweise mit Fertigteilringen errichtet. Brunnen werden hydraulisch anhand der Aquifereigenschaften bemessen, wobei der zulässige Förderstrom einzuhalten ist. Der zulässige Förderstrom ist jener im Schnittpunkt zweier Funktionen, nämlich der entsprechenden Brunnengleichung und des zulässigen Zustroms. Die Brunnengleichung beschreibt die nichtlinear zunehmende Beziehung zwischen der Absenkung im Brunnen und dem Förderstrom. Der zulässige Zustrom nimmt linear mit der Absenkung ab und ergibt sich aus der zulässigen Zufließgeschwindigkeit (kritische Eintrittsgeschwindigkeit). Neben der hydraulischen Brunnenbemessung stellt die technische Brunnenbemessung (z. B. Ausbaudurchmesser, Ringraummaß, Pumpendimension) eine wichtige Grundlage zur Errichtung des Brunnenbauwerks dar. Die Bewässerungswassermengen können über einen Einzelbrunnen oder über ein Brunnenfeld bezogen werden.

Jeder Brunnen ist nach dem Stand der Technik auszuführen. Es empfiehlt sich eine ausführliche Dokumentation aller Planungs-, Bau- und Instandsetzungsarbeiten. Besondere Sorgfalt ist beim Brunnenausbau und bei der Brunnenabdichtung geboten. Insbesondere ist ein Eintrag von Pflanzenschutzmittelrückständen, Düngemitteln und von Oberflächenwasser in den Brunnen durch konstruktive Maßnahmen und ordnungsgemäßen Betrieb der Brunnen auszuschließen. Der Brunnen(vor)schacht ist mindestens 30 cm über das Geländeniveau hochzuziehen, bzw. in Abhängigkeit von der Ausführung der Saugleitung entsprechend höher; Brunnen(vor)schacht und Brunnenkopf sind gegen ein Eindringen von Niederschlagswasser abzudichten. Der Nahbereich der Brunnen ist so zu gestalten, dass Oberflächenwasser nicht zum Brunnenbauwerk fließen kann; auf nachträgliche Setzungen ist zu achten. Die Abdeckung

des Brunnens ist tragfähig, versperrbar und tagwasserdicht auszuführen. Alle fix installierten Rohr- und Kabeldurchführungen (z. B. für die Saugleitung mit absperbarem Deckel) sind dicht herzustellen. Die Be- und Entlüftungen des Brunnens sind mit einem Insektengitter zu versehen und vor Niederschlagswassereintritt zu schützen. Eine Überprüfung des Brunnens hat in adäquaten Zeitabständen zu erfolgen, um einen ordnungsgemäßen und sicheren Betrieb zu gewährleisten.

Details zu Planung, Bau und Betrieb von Brunnen finden sich in

- ÖNORM B 2601:2016 03 15: Wassererschließung – Brunnen: Planung, Bau und Betrieb,
- Entwurf ÖNORM EN 18049-1:2024 02 15: Brunnen zur Wassergewinnung – Teil 1: Design,
- DVGW-Arbeitsblatt W118: Bemessung von Vertikalfilterbrunnen

und in gleichwertigen Regelwerken.

Entwurf zur Stellungnahme

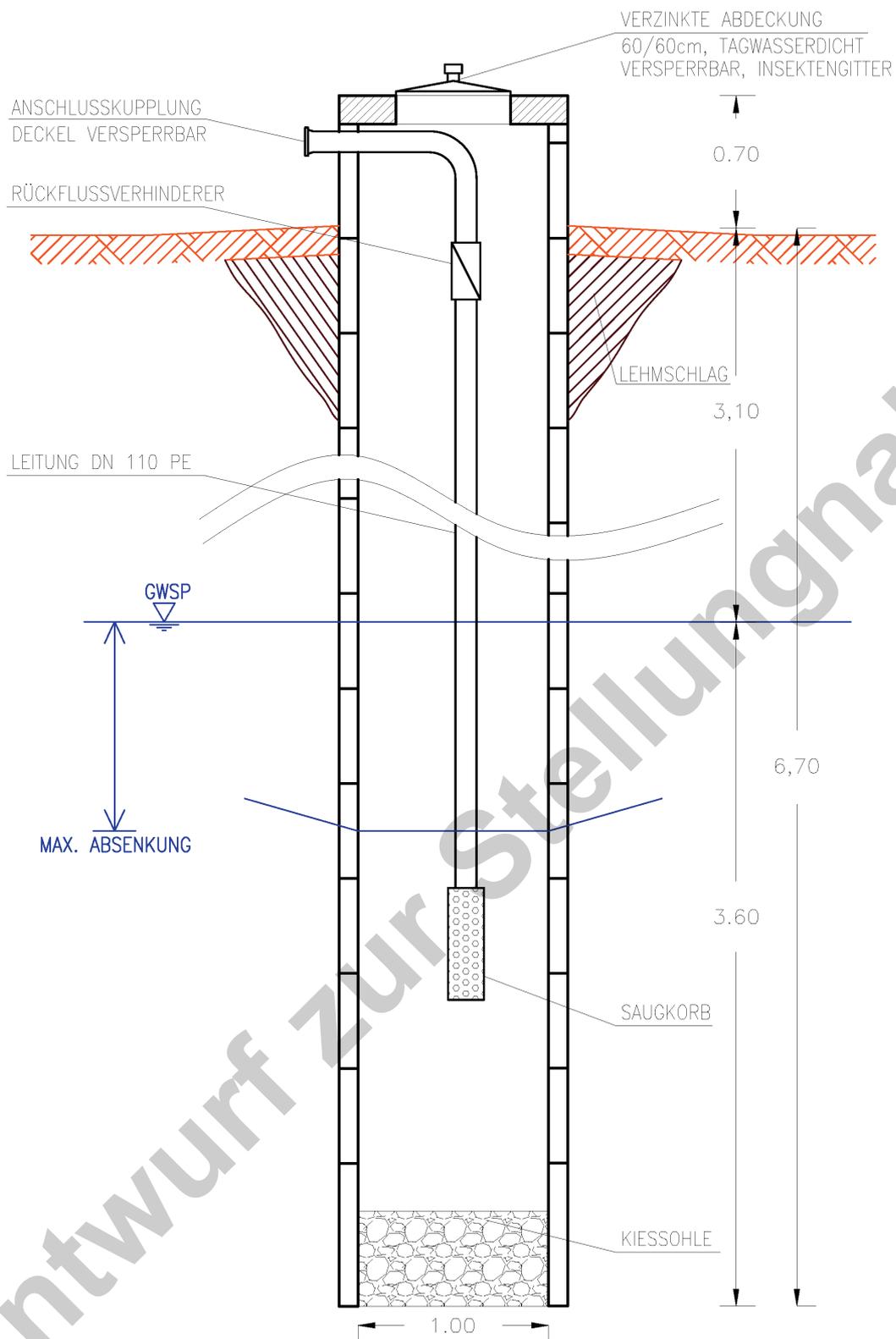


Abb. 6 Schachtbrunnen bei Ausführung mit seitlicher Saugleitung

SCHNITT A - A 1:50

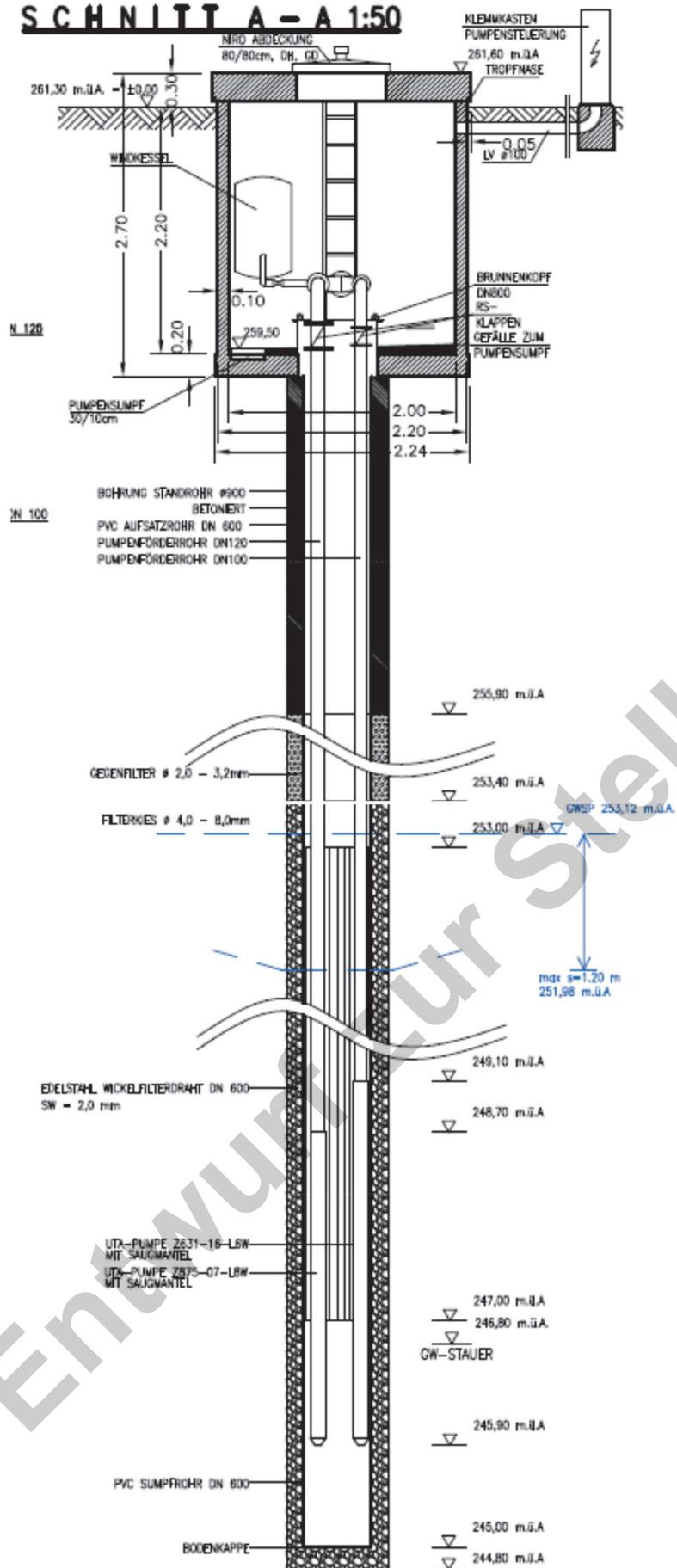


Abb. 7 Bohrbrunnen mit Vorschacht

11.1.2 Quellfassungen

Die Wasserentnahme aus einer Quelle spielt in der Bewässerung eine untergeordnete Rolle.

Nähere Details und Infos sind in der ÖVGW-Mitteilung W 103, Ausgabe Mai 2010 (Trinkwasserbehälter und Bauwerke der Wasserversorgung – Grundlagen für Planung, Bau und Sanierung) und in der ÖNORM B 2602, Ausgabe 15.08.2016 (Wassererschließung – Quellfassungsanlagen – Planung, Bau und Betrieb) zu finden.

11.1.3 Entnahmebauwerke Oberflächengewässer

Das Entnahmebauwerk dient einer in Qualität und Quantität kontrollierten Wasserentnahme aus einem Gewässer. Für die Wasserfassung sind im Regelfall fixe Entnahmebauwerke vorzusehen. Lage und Art der Ausführung sind an die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse anzupassen.

Wasserfassungsarten an Fließgewässern, die zwischen Rinnsal und reißendem Fluss variieren können, sind Seiten-, Sohl- und Stirnentnahme. Je nach Ausgestaltung handelt es sich dabei um Längs- oder Querbauwerke, oder eine Kombination ebendieser. Die Bauwerke greifen unterschiedlich in das Gewässerökosystem ein und werden von diesem beeinflusst. Nieder- und Hochwasserabflüsse sowie Feststofffrachten sind wichtige Faktoren für Planung und Betrieb. Die Wahl des Standorts hat demnach unter Bedachtnahme geologischer, hydraulischer, konstruktiver, ökonomischer und ökologischer Verhältnisse zu erfolgen und bedarf besonderer Sorgfalt, um die technische Betriebsführung zu erleichtern und das Wasserdargebot optimal ausnutzen zu können.

Die Anlage muss so bemessen und ausgestaltet sein, dass auch bei Niederwasser eine ausreichende Wasserführung (s. Kapitel 8) zur Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit im Gewässer gewährleistet ist. Dies ist mithilfe von fest installierten Dotationsöffnungen, festen Überlaufschwelen etc. sicherzustellen.

Maßnahmen zur Abweisung von Feststofffrachten vermeiden Betriebsprobleme. Neben einer vorteilhaften Positionierung am Fließgewässer helfen bauliche Maßnahmen wie Rechen und Lochbleche, den Eintrag von Geschiebe und Schwimmstoffen, die von der Strömung mittransportiert werden, zu minimieren. Automatische Spülvorrichtungen können integriert werden. Gegebenenfalls ist ein Absetzbecken (Entsanderkammer) zu errichten.

Für die Entnahme von Bewässerungswasser werden in erster Linie die Seitenentnahme und die Sohlentnahme genutzt, wobei u. a. das vorhandene Fließgefälle zu berücksichtigen ist.

Die **Seitenentnahme** umfasst Anlagenteile, die seitlich der Gewässersohle eingebaut sind. Beispiele sind Streichwehr mit Überlaufschwelle oder Anlagen mit Saugleitung bzw. Freispiegelleitung. Die natürlichen Strömungsverhältnisse und die Uferstruktur des Fließgewässers werden in geringerem Maße als bei Querbauwerken beeinflusst. Bevorzugt werden sollten Seitenentnahmen, die das Fließgewässer nicht aufstauen. Ein Streichwehr ist eine parallel oder annähernd parallel zur Fließrichtung angeordnete wasserbauliche Überlaufschwelle (Wehr). Der Überlauf ist so zu gestalten, dass eine ausreichende Wasserführung im Gewässer gewährleistet ist. Beim Einsatz von Saug- bzw. Freispiegelleitungsentnahmen müssen diese so angeordnet werden, dass eine ausreichende Wasserführung sichergestellt ist.

Bei der **Sohlentnahme** erfolgt die Entnahme an der Sohle des Fließgewässers. Die Anlagenteile zählen zu den Querbauwerken. Dabei handelt es sich um quer in das Flussbett eingebaute Strukturen, die die natürlichen Strömungsverhältnisse und damit auch die Sohl- und Uferstruktur des Gewässers beeinflussen. Für alpine Regionen wurde eine Sohlentnahme entwickelt, die speziell auf sehr steile, schwer zugängliche Wildbäche in Gebirgsregionen mit großem Grobgeschiebetrieb und starkem Gefälle ausgerichtet ist. Das sogenannte „Tiroler Wehr“ ist ein Grundwehr mit liegendem Rechen (Fallrechen) und entnimmt Wasser über die Bachsohle. Die Fläche des Grobrechens sowie die Rechenspaltweite, Rechenneigung

und die Form der Rechenstäbe bestimmen die einziehbare Wassermenge. Eine adaptierte (Rechen-)Form des Tiroler Wehrs stellt der Coanda-Rechen dar, der über eine optimierte Reinigungsleistung verfügt.

11.1.4 Wasserförderung

Anlagenteile zur Wasserförderung umfassen in der Regel Saug- und/oder Druckleitungen und eine Pumpe, bei Bedarf auch in Mehrfach-Ausführung, z. B. in paralleler Anordnung zur Erhöhung des Durchflusses und Anpassung an unterschiedliche Betriebsfälle. Ein Filterkorb oder Lochblech soll das Eintreten von Schweb- und Feststoffen in den Förderstrom der Pumpe verhindern. Gleichzeitig kann durch eine geeignete Dimensionierung (Maschenweite, Lochgröße und Lochabstand) das Eindringen von Wasserorganismen verringert werden. Im Falle einer Saugleitung ist die maximale Saughöhe von ca. 8 m zu beachten. Ein integriertes Rückschlagventil verhindert ein Abreißen der Flüssigkeitssäule in der Saugleitung bei Unterbrechung des Pumpvorgangs.

Für die hydraulische Dimensionierung muss die Pumpenkennlinie auf die Rohrkenlinie abgestimmt und eine geeignete Pumpe ausgewählt werden. Die Kennlinien zeigen den Zusammenhang zwischen Durchfluss (Fördermenge) und Druck. In der Regel müssen unterschiedliche Betriebsfälle berücksichtigt werden. Die erforderlichen Daten werden meist von den Herstellern zur Verfügung gestellt. Eine Beratung durch Fachleute ist zu empfehlen.

11.1.5 Filter- und Messtechnik

Filter und Filteranlagen dienen dazu, Schwebstoffe und Feinmaterial aus dem Wasser zu filtern. Insbesondere bei der Nutzung von Wasser mit hohem Anteil an Schwebstoffen und Feinmaterial oder bei Bewässerungsverfahren mit erhöhtem Verstopfungsrisiko (z. B. Tropfbewässerung) sind Filter vorzusehen. Je nach Anforderung sind verschiedene Filter (z. B. Zyklon-, Sand-, Scheiben- oder Siebfilter) einzeln oder in unterschiedlichen Kombinationen zu wählen. Um die Funktionsweise zu gewährleisten, ist eine regelmäßige Kontrolle und Wartung erforderlich.

Um die Entnahmemenge für die betriebliche Optimierung aufzuzeichnen und auch Dokumentationspflichten nachkommen zu können, sollen Wasserzähler in der Anlage installiert sein. Für die Bewässerung bieten sich die sogenannten Bewässerungswasserzähler (Irrigationzähler) mit tangential angeordnetem Flügelrad an, die gegenüber Schmutzfrachten wenig empfindlich sind. Auch Ultraschallzähler können eingesetzt werden. Eine automatisierte Datenaufzeichnung und Fernauslesung lässt sich auch für mechanische Zählwerke realisieren.

11.1.6 Wasserspeicherung

Eine Speicherbewirtschaftung ermöglicht es, Wasser für die Bewässerung bereitzustellen, auch wenn der notwendige Bedarf an Bewässerungswasser zum geplanten Bewässerungszeitpunkt nicht durch Entnahme aus Oberflächengewässern oder Grundwasser gedeckt werden kann. Auch andere Wasserquellen mit geringer oder schwankender Wasserverfügbarkeit (z. B. Drainagen, Quellen, Niederschläge) können mithilfe eines Speichers nutzbar gemacht werden. Die gespeicherten Ausgleichswassermengen können unterschiedliche Volumina umfassen, z. B. vom Wasserbedarf für einen Bewässerungszyklus bis zum Jahreswasserbedarf. Wasserspeicher gibt es in unterschiedlichsten Formen, z. B. Speicherteiche/Speicherbecken, Speichertanks, Speichersilos, flexible Speicherbehälter, Stauseen usw.

Der Bau eines Wasserspeichers erfordert eine fachgerechte Planung und in der Regel eine standortspezifische Ausführung der baulichen Grundelemente.

Im Falle von **Speicherteichen**/Speicherbecken sind dies insbesondere Einschnitte, Dammschüttungen und eine wirksame Abdichtung. Es kann notwendig sein, diese Abdichtung zu überdecken. Speicherteich/Speicherbecken und Baugrund bilden bautechnisch eine Einheit. In manchen Fällen sind umfang-

reiche geologische, hydrologische, topografische und ökologische (Vor-)Untersuchungen notwendig, um die Eignung des Standorts zu prüfen, die Eigenschaften des Bodens und des Grundwasserspiegels zu ermitteln und die äußere Sicherheit des Speichers und sein Gefährdungspotenzial zu beurteilen. Ein Überlaufen des Wassers über den Beckenrand oder die Oberkante der Abdichtung muss vermieden werden. Um Überströmen zu verhindern, muss ein angemessener Freibord vorgesehen werden. Weitere betriebliche oder konstruktive Vorkehrungen wie ein selbständig ansprechender Überpumpschutz im Zulauf oder eine Überlaufleitung erhöhen ebenso die Sicherheit wie an die örtlichen Gegebenheiten angepasste Entwässerungssysteme. Bei entsprechender Gestaltung können Speicherteiche/Speicherbecken auch für mehrere Zwecke genutzt werden (z. B. Löschwasserversorgung, Hochwasserschutz). Ökologische und landschaftsgestalterische Aspekte sollten bei der Planung berücksichtigt werden.

11.2 Wasserzuleitung

Die Wasserzuleitung bezieht sich auf die Transport- und Verbindungssysteme, mit denen Wasser von der Wasserbereitstellung zur Wasserverteilung in der Fläche transportiert werden. Leitungssysteme können auch gemeinschaftlich errichtet und betrieben werden. Üblicherweise erfolgt der Transport in geschlossenen Leitungen, die als drucklose Leitungen oder als Druckleitungen in Form von Rohren oder Schläuchen anzutreffen sind. Eine Zuleitung über offene Kanäle nimmt in Österreich eine untergeordnete Rolle ein. Der Transport zur Bewässerungsfläche im Tankwagen wird in Einzelfällen genutzt.

Das Rohrnetz kann ortsfest oder als bewegliche Leitung ausgeführt sein. Ortsfeste Anlagen sind in der Regel unterirdisch verlegt. Die Verwendung von Widerlagern zur Stabilisierung der Leitungen im Betrieb ist zu prüfen.

Die Dimensionierung der Querschnitte muss nach den Gesetzen der Gerinne- und Rohrhydraulik unter Berücksichtigung des erforderlichen Durchflusses und Drucks erfolgen. In Druckleitungen ist zudem auf die Erreichung der erforderlichen Druckhöhen an den Übergabestellen zu achten. Auf den Nenndruck der Rohre ist Rücksicht zu nehmen. Die Abgabe von Bewässerungswasser an die Verteilsysteme kann über (Unterflur-)Bewässerungshydranten erfolgen.

Wasserverluste in der Zuleitung und an den Übergabestellen sind durch entsprechende Kontrolle, Wartung und Instandhaltung zu vermeiden.

11.3 Wasserverteilung – Bewässerungsverfahren

In Abhängigkeit von Einflussfaktoren wie Kulturart, Standortbedingungen (Feldgröße und -form, Hanglage etc.), Wasserverfügbarkeit sowie wirtschaftlichen (Energiekosten, Personalkosten) und betrieblichen Bedingungen (Personaleinsatz, Fachwissen über Bewässerung) haben sich unterschiedliche Bewässerungsverfahren entwickelt, welche sich in Technologie und Art der Wasseraufbringung unterscheiden. Die Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten des jeweiligen Bewässerungsverfahrens sind bei der Planung und beim Betrieb zu berücksichtigen. Grundsätzlich sollte die Pflanzenproduktion bestmöglich unterstützt und die verfügbaren Wasserressourcen so effizient wie möglich genutzt werden. Dafür sind die Effizienz der Wasseraufbringung und die Verteilgenauigkeit wichtige Voraussetzungen. Die Effizienz der Wasseraufbringung drückt den Anteil der entnommenen Wassermenge aus, der tatsächlich im Wurzelbereich der Pflanze ankommt. Verluste ergeben sich durch Winddrift, unproduktive Verdunstung (Evaporation in der Luft, an der Blattoberfläche und am Boden), Tiefenversickerung sowie Leckagen im System. Die Verteilgenauigkeit drückt aus, wie gleichmäßig das Wasser über die Fläche verteilt wird.

Ein effizientes Bewässerungsverfahren trägt dazu bei, Wasserverluste zu minimieren und stellt sicher, dass die Pflanzen die richtige Menge an Wasser erhalten, die sie benötigen. Bei der Auswahl eines geeigneten Bewässerungsverfahrens müssen auch die Standortbedingungen wie etwa Windverhältnisse, Topografie und Bodeneigenschaften (z. B. wegen Verschlammungsgefahr) berücksichtigt werden. Wasser- und Druckverluste aufgrund von Leckagen sollten durch ordnungsgemäßen Betrieb und regelmäßige

Wartung minimiert werden. Auch der Energiebedarf, welcher wesentlich von der Förderhöhe und dem Betriebsdruck einer Bewässerungsanlage abhängt, sollte durch entsprechende Planung und angepassten Betrieb möglichst geringgehalten werden. Aus betrieblicher und wirtschaftlicher Sicht spielt auch der Arbeitszeitaufwand eine Rolle.

Bewässerungsverfahren werden üblicherweise in die Kategorien Oberflächenbewässerung, Beregnung, Mikrobewässerung (inklusive Tropfbewässerung) und Unterflurbewässerung eingeteilt. Oberflächenbewässerung (z. B. Stauverfahren, Rieselfverfahren, Furchenbewässerung) ist weltweit am weitesten verbreitet, hat jedoch in der österreichischen Agrarproduktion kaum Bedeutung. Eine Ausnahme bildet die traditionelle Grünlandbewässerung, die in bestimmten Teilen Österreichs (z. B. inneralpine Trockentäler im Tiroler Oberland) zum Teil schon seit Jahrhunderten angewendet wird. Dabei wird das Bewässerungswasser über Tragwaale und Seitenwaale zu den einzelnen Grundstücken geleitet und durch Berieselungsverfahren aufgebracht. Diese Art der Bewässerung entspricht aus der Perspektive des hohen Wasserverbrauchs nicht mehr den öffentlichen Interessen lt. § 105 WRG 1959 und zeigt zudem negative Nebeneffekte für die bewässerten Kulturen.

Die Unterflurbewässerung ist ein spezielles Verfahren, bei der der Grundwasserspiegel künstlich angehoben wird (nicht zu verwechseln mit der Unterflurtropfbewässerung). Sie ist nur unter bestimmten Standortbedingungen durchführbar und wird hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. In Österreich finden vorwiegend Beregnung und Mikrobewässerung Anwendung.

11.3.1 Beregnung

Bei der Beregnung wird das Wasser unter Druck zugeleitet und durch Regner auf der Fläche verteilt – ähnlich einem natürlichen Niederschlag. Die Beregnung erfolgt durch eine Rohrberegnung oder mittels mobiler bzw. teilmobiler Beregnungsmaschinen. Es stehen unterschiedliche Regnertypen zur Verfügung, welche nach Konstruktionstyp, Antriebsart, Düsendurchmesser, Beregnungsintensität, Wurfweite oder Betriebsdruck unterschieden werden können. Die Regner können als Kreis- oder Sektorregner betrieben werden. Die Auswahl der Regner und Düsen sowie die Betriebsbedingungen beeinflussen u. a. die Tropfengröße – und damit auch die kinetische Energie der Tropfen – und die Beregnungsintensität. Eine unsachgemäße Anwendung kann zu Bodenverschlammung, Hangrutschen, hoher Winddrift und Verdunstungsverlusten führen. Auflagen im wasserrechtlichen Genehmigungsbescheid können die Beregnung auf bestimmte Tageszeiten beschränken. Diese Umstände sind bei der Wahl eines Bewässerungsverfahrens und in der Bewässerungsplanung zu berücksichtigen.

Eine übliche Kennzahl für die Verteilgenauigkeit von Beregnungssystemen ist der Christiansen-Gleichmäßigkeitskoeffizient, der entweder von Herstellern bezogen oder selbst ermittelt werden kann. Die Betrachtung weiterer Kennzahlen (DU-Wert, SC-Wert) gibt einen noch umfassenderen Überblick über die Verteilgenauigkeit.

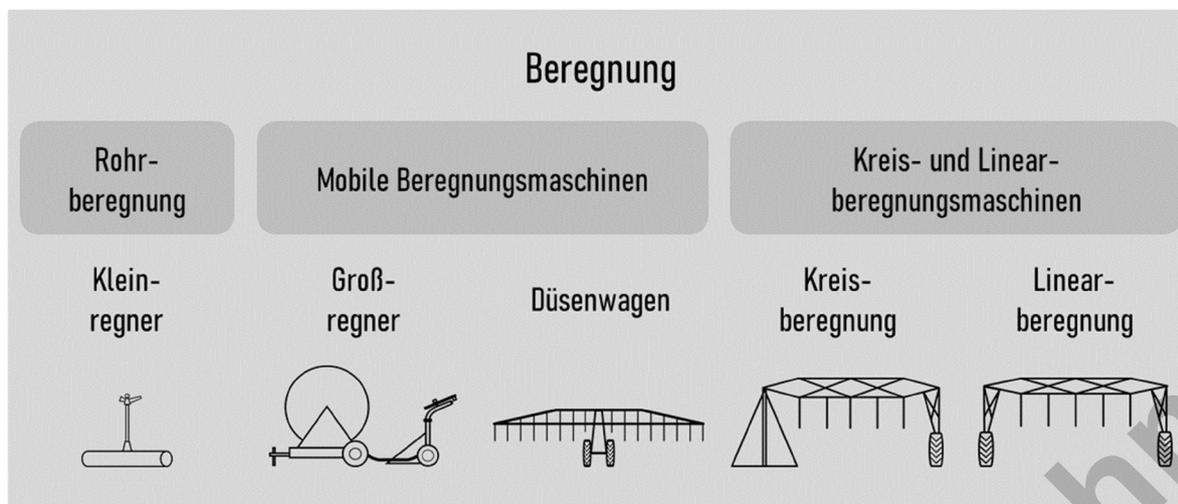


Abb. 8 Übersicht über Beregnungsverfahren (Grafik: Reinhard Nolz)

11.3.1.1 Rohrberegnung

Die Rohrberegnung eignet sich vorwiegend für die Erschließung kleinerer Flächen und kann in abgestuften Ausbaugraden mit Regnerleitungen zum Umlegen, als Rohrschlauchberegnung oder als Feldnetzberegnung flexibel eingesetzt werden. Nicht jede Bewässerungskonfiguration ermöglicht eine optimale Wasserverteilung. Die Technik erlaubt geringe Beregnungsintensitäten sowie das Ausbringen auch kleiner Wassermengen. Dieses Beregnungsverfahren ist je nach Konfiguration mit hohen körperlichen und zeitlichen Aufwendungen verbunden.

11.3.1.2 Mobile Beregnungsmaschinen

Bei den mobilen Beregnungsmaschinen dominieren Maschinen mit Einzelregnerinzug und Schlauchtrommel. Hohe Betriebsdrücke und Wurfweiten bedingen einen relativ hohen Energiebedarf und eine große Windanfälligkeit. Der zur Flächenleistung erforderliche Volumendurchfluss wird über den Düsendurchmesser, Druck und die Einzugs geschwindigkeit reguliert. Statt eines Einzelregners können auch Auslegerstative mit speziellen Düsen (Düsenwagen) zur Wasserverteilung genutzt und mit geringerem Druck betrieben werden. Düsenwagen haben bei entsprechendem Betrieb eine gute Effizienz der Wasseraufbringung und eine gute Verteilgenauigkeit. Mobile Beregnungsmaschinen lassen sich arbeitssparend und flexibel einsetzen.

11.3.1.3 Kreis- und Linearberegnungsmaschinen

Kreis- und Linearberegnungsmaschinen eignen sich vor allem für größere Parzellen. Eine von selbstfahrenden Türmen getragene Rohrleitung rotiert bei den teilortsfesten Kreisberegnungsmaschinen um einen zentralen Drehpunkt. Niederdruckdrüsen am rotierenden Tragwerk sorgen für eine gute und energieeffiziente Wasserverteilung. Regner am Systemende können eine zusätzliche Vergrößerung der Beregnungsfläche sowie Anpassung an unterschiedliche Feldformen ermöglichen. Linearberegnungsmaschinen durchfahren im Gegensatz zu Kreisberegnungsmaschinen einen geradlinigen Beregnungsstreifen.

11.3.2 Mikrobewässerung – Tropfbewässerung

Mikrobewässerung wird hauptsächlich im Feldgemüsebau und im geschützten Anbau angewendet. Derartige Systeme arbeiten mit geringem Wasserdruck und geringen Bewässerungsintensitäten. Mikroregner und Sprüher sowie Tropfschläuche verschiedenster Typen (Abb. 9) und Abgabeleistungen sind verfügbar und ermöglichen den gezielten, dosierten und sparsamen Einsatz von Wasser. Im Zusammenhang mit der Feldbewässerung wird hier nur auf die Tropfbewässerung eingegangen.

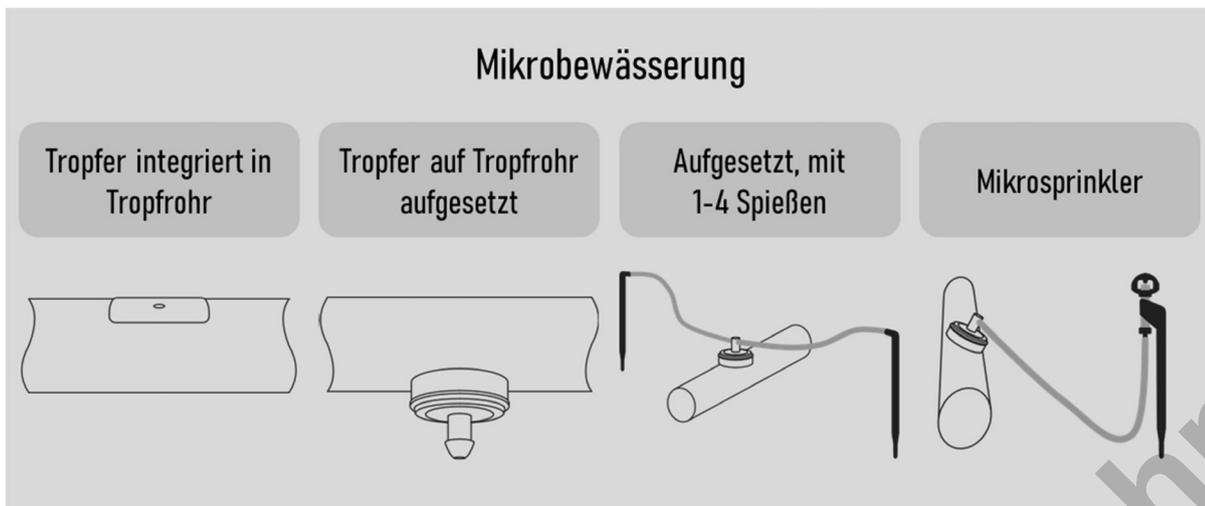


Abb. 9 Übersicht über Mikrobewässerung (Grafik: Florian Deißberger)

Die Tropfbewässerung wird hauptsächlich für Dauerkulturen und ausgewählte Ackerkulturen eingesetzt. Tropfschläuche können oberflächennah (z. B. an Rebstöcken hängend), oberirdisch (am Boden aufliegend) oder unterirdisch (Unterflurtropfbewässerung) verlegt werden. Geeignete Tropfschläuche (Ausführung und Eigenschaften) müssen entsprechend der gewünschten Anwendung ausgewählt werden. Für einjährige Kulturen können nicht druckkompensierte, nicht formstabile Schläuche in wenigen Zentimetern Tiefe verlegt werden. Für dauerhafte Anwendungen eignen sich stabile, druckkompensierte Schläuche, die deutlich unterhalb von eventuellen Bearbeitungshorizonten eingebracht werden, also in mindestens 30 Zentimetern Tiefe. Die punktuelle Wasseraufbringung erfolgt mit speziellen Tropfelementen. Diese Elemente sind entweder in regelmäßigen Abständen in das Tropfrohr integriert oder können als Einzeltropfer in gewünschten Abständen installiert werden. Es gibt Tropfelemente verschiedenster Typen und mit unterschiedlichem Durchfluss. Druckkompensierende Tropfelemente erlauben eine Anpassung an topografische Verhältnisse und/oder unterschiedliche Druckverhältnisse. Manche Systeme verfügen über Wurzeleinwuchssperren.

In Bezug auf die Wasseraufbringung erweist sich die Tropfbewässerung als besonders effizient, weil das Wasser nahe an den Wurzeln ausgebracht wird und nur ein Teil der Bodenoberfläche befeuchtet wird. Dadurch wird die unproduktive Verdunstung minimiert. Außerdem bleibt der Spross trocken und der Krankheitsdruck (Pilzerkrankung) kann reduziert werden. Die laterale und vertikale Ausbildung der Durchfeuchtungszonen unter den Tropfelementen im Boden hängt von den Bodeneigenschaften ab. Mit zunehmendem Feinbodenanteil des Bodens breitet sich das Wasser verstärkt horizontal aus. Durch die platzierte Wassergabe kann unter bestimmten klimatischen Bedingungen der Unkrautdruck mit Tropfbewässerungssystemen ebenfalls reduziert werden. Einschränkungen bei der Unkrautbekämpfung durch die Tropfschläuche sind jedoch ebenfalls möglich.

Eine übliche Kennzahl für die Verteilgenauigkeit von Tropfbewässerungssystemen ist die sogenannte „Emission Uniformity“, welche entweder von Herstellern bezogen oder selbst ermittelt werden kann.

Tropfbewässerungssysteme erlauben das Ausbringen von im Bewässerungswasser gelösten Nährstoffen (Fertigation).

Bei der Tropfbewässerung ist vor allem auf die Qualität des Bewässerungswassers zu achten. Nicht richtig gewählte Filtersysteme und Tropfelemente können ein Bewässerungssystem in kürzester Zeit funktionsunfähig machen (Verstopfung, Verkalkung oder Veralgung bei organischer Belastung oder Schwebstoffbelastung). In Abhängigkeit von der Qualität des verwendeten Bewässerungswassers kann ein periodisches Spülen (u. U. mit Säure) zur Wartung des Tropfsystems notwendig sein.

12 FROSTSCHUTZBEREGNUNG

Frostschutzberegnung wird angewendet, um vor allem Wein- und Obstblüten vor Frostschäden zu schützen. Auch bei nicht-holzigen Kulturen (v. a. Erdbeeren) wird die Frostschutzberegnung erfolgreich eingesetzt. Durch den fortschreitenden Klimawandel verlagern sich die Austriebszeitpunkte immer weiter nach vorne, wodurch das Risiko für Frostschäden steigt und Gegenmaßnahmen immer relevanter werden.

Durch die Frostschutzberegnung werden Pflanzenteile und der Boden mit einer dünnen Eisschicht überzogen. Die Wirksamkeit beruht auf dem Freiwerden von Wärme beim Frieren von Wasser, der sogenannten Erstarrungswärme. Dadurch werden insbesondere die sensiblen Blüten geschützt. Die Frostschutzberegnung birgt aber auch große Risiken. Bei fehlgeschlagenen Einsätzen können Schäden wie Verletzungen des Holzgewebes, mechanische Schäden an Spaliersystemen oder Wurzelfäule durch anhaltende Bodenvernässung auftreten, die den Verlust einer Jahresernte weitaus übertreffen. Die Planung von Frostschutzberegnungssystemen sollte daher jedenfalls in Kooperation mit erfahrenen Expertinnen und Experten erfolgen. Beim Einsatz der Technologie sind folgende Einschränkungen zu beachten:

- Einsatz nur zweckmäßig bei Strahlungsfrösten bis zu einer gewissen Grenztemperatur (auch von Wind, Luftfeuchte abhängig; etwa -3 °C bis -5 °C) und vernachlässigbaren Windgeschwindigkeiten.
- Tagsüber sollten deutliche Plus Temperaturen erreicht werden.
- Systeme müssen zuverlässig funktionieren, ein Ausfall während der Frostnacht kann zu Schäden an den Kulturen führen (zusätzliche Abkühlung durch Verdunstungskälte).

Eine Frostschutzberegnung wird gestartet, bevor Minustemperaturen erreicht werden. Bei Erreichen des Gefrierpunkts muss die relative Luftfeuchtigkeit durch Beregnung 100 % erreicht haben. Zur Festlegung von Ein- und Ausschaltzeitpunkt werden kombinierte Feucht- und Trockenthermometer eingesetzt. Außerdem muss bei der Entscheidung zum Einsatz der Frostschutzberegnung die momentane Empfindlichkeit der Pflanzen einbezogen werden – je nach Entwicklungsstadium der Blütenknospen liegt die Grenztemperatur, über der keine Schäden auftreten, knapp bei 0 °C oder auch deutlich darunter. Die Beregnung muss aufrechterhalten werden bis wieder positive Temperaturen erreicht werden und das an den Kulturen angesetzte Eis zu schmelzen beginnt. An die beregneten Kulturen angrenzende Flächen, insbesondere solche mit besonders sensiblen Früchten und auch öffentliche Flächen, sind mittels Blenden gegen die beregneten Flächen abzuschirmen.

Für die Frostschutzberegnung kommen Überkronensysteme zum Einsatz, die die gesamte Kultur beregnen. Dies ist der Standardfall mit der größten Erfolgchance und v. a. bei Kernobst wirkungsvoll. Einige Obstkulturen reagieren empfindlich auf die Überkronenberegnung, sie kann zu brechenden Ästen oder Schäden an den Blüten führen (z. B. Kirsche, Marille, Pfirsich). Hier bildet die Unterkronenberegnung eine etablierte Alternative. Es wird dabei nur der Boden unter den Pflanzen beregnet, die frei werdende Erstarrungswärme erhöht die Bestandstemperatur geringfügig, die Grenztemperatur ist dementsprechend höher.

Die Wirksamkeit einer Frostschutzberegnung ist nur bei einer ausreichenden Beregnungsintensität gegeben, die von der Kulturart und geometrischen Eigenschaften der beregneten Kultur abhängig ist. Basierend auf der Beregnungsintensität der jeweiligen Anlage können 35 bis $55\text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{ha}$ angesetzt werden. Diese Werte sind neben naturräumlichen Gegebenheiten auch stark von den technischen Eigenschaften des Beregnungssystems abhängig. Die genaue Bemessung der Beregnungsintensität muss daher in Absprache mit Fachpersonal der Anbieter erfolgen. Wesentlich für die Planung der Beregnungsintensität ist die erzielbare Verteilung der Wassermenge auf der Fläche durch das Beregnungssystem – größtmögliche Gleichmäßigkeit bewirkt geringeren Wasserbedarf, da der Mindestwert überall in der Anlage auftreten soll und somit Verteilungsspitzen den Bedarf stark steigern. Zur Sicherstellung der Gleichmäßigkeit werden Regnertyp, Regnerverband und Betriebsdruck mithilfe von Simulationsprogrammen aufeinander

abgestimmt. Neue Entwicklungen zur Einschränkung des Wasserbedarfs innerhalb der physikalischen Möglichkeiten basieren auf der Berechnung in kurzen Zyklen oder Berechnungspulsen, bzw. der Eingrenzung der Berechnungsfläche. Für die Betriebssicherheit ist auch die Wasserqualität ausschlaggebend, damit das Filtersystem nicht verstopft.

Der Wasserbedarf für die Frostschutzberechnung ist kurzzeitig sehr hoch und der erforderliche Durchfluss muss über die gesamte Zeit aufrechterhalten werden. In vielen Fällen ist dazu ein Wasserspeicher notwendig, der auf mindestens 3 Frostnächte à 10 h Berechnungsdauer dimensioniert wird.

Entwurf zur Stellungnahme

13 BEWÄSSERUNGSSTEUERUNG

Die **Bewässerungssteuerung** umfasst betriebliche Entscheidungen über das Ein- und Ausschalten einer Bewässerungsanlage, d. h. den **Betrieb** im engeren Sinn. Es werden der **Zeitpunkt** und die **Menge** des auszubringenden Wassers bestimmt. Die Bewässerungssteuerung ist daher neben der Auswahl eines geeigneten Bewässerungssystems der entscheidende Faktor für eine effiziente Bewässerung.

Eine **optimale Bewässerungssteuerung** muss sich am tatsächlichen Pflanzenwasserbedarf oder Pflanzenwasserzustand, dem verfügbaren Bodenwasser und den Bodeneigenschaften orientieren. Einerseits soll eine ausreichende Wasserversorgung eine gute Pflanzenproduktion ermöglichen, da Trockenstress sonst zu Ertrags- und Qualitätseinbußen führen würde. Andererseits ist es wichtig, mit den verfügbaren Wasserressourcen sparsam umzugehen und Wasserverluste – beispielsweise durch Oberflächenabfluss oder Tiefenversickerung – zu vermeiden. Darüber hinaus ist das Versickern von Bodenwasser aus der effektiven Wurzelzone mit der Auswaschung von Nähr- und Schadstoffen verbunden, was eine Gefahr für das Grundwasser darstellt. Eine angepasste Bewässerungssteuerung ist daher sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvoll und wünschenswert.

Je nach den Eigenschaften des Bewässerungssystems (der Art der Wasserausbringung) müssen auch die meteorologischen Bedingungen zum **Zeitpunkt der Bewässerung** berücksichtigt werden. Wasserverluste durch Windverwehung oder unproduktive Verdunstung müssen insbesondere bei der Beregnung so gering wie möglich gehalten werden. Eine Beregnung in der Nacht wird daher empfohlen. Unter bestimmten Umständen können Zeitfenster für die Bewässerung als Teil der wasserrechtlichen Bewilligung festgelegt werden.

Auch eine zeitlich und/oder mengenmäßig **begrenzte Wasserverfügbarkeit** muss in die unmittelbare Bewässerungsplanung einbezogen werden. Dies kann sich aus betrieblichen oder überbetrieblichen Erfordernissen ergeben, wie z. B. der Verfügbarkeit von Geräten, gemeinsam genutzten Anlagen, Wasserzuteilungen bei Genossenschaften oder behördlichen Vorgaben. Übergeordnet kann deshalb eine an die vorherrschenden Verhältnisse angepasste und auf das jeweilige Bewässerungssystem abgestimmte Bewässerungsstrategie festgelegt werden.

Bewässerungsstrategien können anhand von Indikatoren wie der **Wasserproduktivität** (WP) sowohl hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Effizienz als auch ihrer Nachhaltigkeit bewertet werden. Die Wasserproduktivität ist das Verhältnis zwischen dem erzielten Ertrag und dem zur Erzeugung dieses Ertrags verwendeten Wasser. Dafür wird sinngemäß oft auch der Begriff Wassernutzungseffizienz (engl. water use efficiency, WUE) verwendet. Einem begrenzten Wasserangebot kann mit einer Steigerung der Wasserproduktivität durch unterschiedliche pflanzenbauliche Maßnahmen, angepasster Bewässerungstechnik sowie einer darauf abgestimmten Bewässerungsstrategie begegnet werden.

Bewässerungssteuerung erfolgt in der Regel erfahrungsbasiert und intuitiv. Als **objektive Entscheidungsgrundlagen** werden üblicherweise Wetterberichte und Wetterprognosen herangezogen.

Es gibt jedoch verschiedene datenbasierte Ansätze, die helfen können, den optimalen Bewässerungszeitpunkt zu bestimmen. Dabei können auch automatisierte Systeme zum Einsatz kommen. **Entscheidungsunterstützungssysteme** (engl. Decision Support Systems, kurz: DSS) sind Softwaresysteme, die für menschliche Entscheidungsträger relevante Informationen ermitteln, verarbeiten, übersichtlich zusammenstellen und ihnen bei der Auswertung helfen. Für tägliche Bewässerungsentscheidungen wird in erster Linie auf Wetter-Apps mit entsprechenden Prognosen zurückgegriffen, z. B. auf Agrarwetterservices und den GeoSphere Austria Data Hub. Es gibt aber auch Anwendungen, die auf dem Bodenwasserzustand oder dem Pflanzenwasserzustand basieren, und entweder auf Messungen oder Berechnungen oder auf unterschiedlichsten Kombinationen der Basisdaten beruhen. Insgesamt steht eine Vielzahl an digitalen Werkzeugen zur Verfügung, welche stetig ergänzt und weiterentwickelt werden.

Ein Überblick über digitale Werkzeuge in Österreich, gegliedert nach Anwendungsbereichen und mit entsprechenden Beschreibungen (Stand September 2023), findet sich auf <https://dafne.at> unter „LABEDI“ (DaFNE Projekt Nr. 101705, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft, <https://dafne.at/projekte/labedi>).

13.1 Wetterbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme

Für eine optimierte **witterungsbedingte Bewässerungssteuerung** lassen sich **Nowcasting-, Kurz-, Mittel- und Langfristprognosen** anwenden, die in mehreren Prognoseprodukten zur Verfügung stehen.

Nowcasting-Prognosen (bis 3 Stunden): Diese spielen vor allem bei der Vorhersage von Gewittern und konvektiven Starkregen-Ereignissen eine große Rolle. Nowcasting-Systeme laufen zu einem hohen Teil vollautomatisch ab. Die Prognosegüte ist hoch. Allerdings sind viele kleinräumige Phänomene wie Gewitter-Starkregen (aufgrund der kurzen Lebensdauer einer Gewitterzelle) nur sehr kurzfristig vorhersagbar.

Kurz- und Mittelfristprognosen: Kurzfristprognosen (bis drei Tage) haben die beste Prognosequalität. Die Qualität der Mittelfristvorhersagen nimmt mit zunehmender Distanz zur Gegenwart ab, hängt dabei aber sehr stark von der Strömungslage ab. Gerade langlebige Strömungsmuster wie sie bei Dürre- und Hitzewellen auftreten, lassen sich auch über den Zeitraum von zwei Wochen sehr gut prognostizieren. Bei Kurzfristprognosen ist eine Stundenauflösung sinnvoll. Bei Mittelfristprognosen (bis zwei Wochen) wird eine sinnvolle zeitliche Auflösung gröber, ab mehreren Tagen im Voraus ist eine Tagesbetrachtung sinnvoll.

Langfristprognosen: Der Betrachtungszeitraum bis Woche 6 liefert eine Wochen-Auflösung, Saisonale Betrachtungen werden auf Monatsbasis dargestellt. Die Qualität der Prognosen bis Woche 4 bis 6 ist wetterlagen- und saisonabhängig.

Hochauflösende Wetterprognosen für heute und morgen

Sämtliche relevante Parameter stehen mit einer räumlichen Auflösung von bis zu 1 km zur Verfügung. Sie können kleinräumige Strukturen und konvektive Wetterphänomene (Gewitter, Regenschauer) mit einer planbaren Genauigkeit ausreichend simulieren. Prognose-Unschärfen werden durch probabilistische Modellvorhersagen abgebildet, welche Wahrscheinlichkeiten für ein Regenereignis angeben.

Zu erwartende natürliche Regenereignisse lassen sich dadurch in der Bewässerungssteuerung (automatisiert) einplanen.

Auch der Wasser- und Bewässerungsbedarf für die kommenden Stunden bis zwei Tage lässt sich auf Basis der Wetterkenngrößen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Strahlung, Wind) vorausschauend simulieren.

Prognose von regionalem Dürreindex für Zeitraum bis 2 Wochen

Für eine Planung von Bewässerungsbedarf und Wasserentnahme für den Zeitraum von Tag 2 bis 14 Tage im Voraus stehen Dürreindex (berücksichtigt Temperatur und potenzielle Verdunstung) und Niederschlag zur Verfügung.

Diese deterministischen und probabilistischen Modellvorhersagen liefern klare Aussagen über Entwicklung von Trockenheit und Niederschlagsangebot für die kommenden 2 Wochen an einem Standort. Als Option ist auch die Berücksichtigung der Schneedecke (Schneesmelze) möglich.

Langfristprognose bis 6 Wochen für regionale Temperatur- und Niederschlagsentwicklung

Für eine langfristige Planung, insbesondere der Wasserentnahme für den Zeitraum bis zu 6 Wochen, gibt es probabilistische Modellvorhersagen für Niederschlag und Temperatur (auch Luftfeuchtigkeit und Strömungsmuster) für Europa und den Alpenraum. Dies liefert Aussagen und Tendenz der Langfristentwicklung.

13.2 Bodenwasserzustandsbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme

Der Bodenwasserzustand – ausgedrückt als **Wasseranteil** oder **Wasserspannung (Matrixpotenzial)** – kann als objektive Datengrundlage für eine bedarfsorientierte Bewässerungssteuerung herangezogen werden. Besondere Bodenwasserzustände sind die **Feldkapazität (FK)** und der permanente **Welkepunkt (PWP)**, für die es keine exakte physikalische Definition gibt, die aber eine breite fachliche Akzeptanz und einen praktischen Hintergrund haben. FK und PWP begrenzen die **nutzbare Feldkapazität**, eine bodenspezifische Eigenschaft, die angibt, wieviel pflanzenverfügbares Wasser im Bodenprofil gespeichert werden kann (s. Kapitel 5.3.1).

Die FK und der PWP stellen somit die Grenzwerte für die Bewässerungssteuerung dar. Die FK sollte nicht überschritten werden, um Tiefenversickerung zu vermeiden. Der PWP bezeichnet den Zustand, ab dem irreversible Schädigungen der Pflanzen auftreten. Unter realen Bedingungen sind die Übergänge natürlich nicht abrupt, sondern fließend. Pflanzenwasserstress tritt bereits auf, lange bevor der PWP erreicht wird. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass das sogenannte leicht verfügbare Bodenwasser – d. h. der Bereich, in dem von einer optimalen Wasserversorgung ausgegangen werden kann – etwa 50 % der nFK ausmacht, bezogen auf das jeweilige Bodenprofil (die effektive Wurzelzone). Unterhalb dieses Schwellenwerts nimmt die Wasseraufnahme der Pflanze ab und geht beim PWP gegen Null. Das Erreichen von 50 % nFK wird daher in der Regel als optimaler Start für die Bewässerung angesehen (**Bewässerungsschwelle**) (Abb. 10). Das Ende der Bewässerung bzw. die **maximale Bewässerungsgabe** sollte so gewählt werden, dass der Bodenwasserzustand 80 % nFK erreicht. Die verbleibenden 20 % bis zur FK sollen die Aufnahme allfälliger nachfolgender Niederschläge ermöglichen.

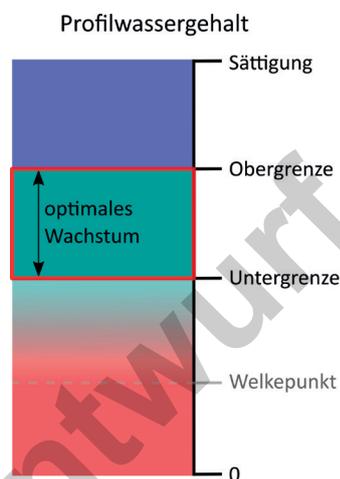


Abb. 10 Schematische Darstellung der Schwellenwerte zur Pflanzenverfügbarkeit des Bodenwassers

FK, PWP, nFK und Bewässerungsschwelle sind vor allem boden- und kulturabhängig. Falls erforderlich, kann die Bewässerungsschwelle an die Kultur oder die Entwicklungsphase angepasst werden, um die unterschiedlichen Reaktionen auf Trockenstress zu berücksichtigen. Entsprechende Werte können aus vorhandenen Datenquellen oder durch Messungen ermittelt werden (s. Kapitel 5.3.3 und 5.3.4).

Der tatsächliche Bodenwasserzustand ist zeitlich sehr variabel und erfordert daher eine kontinuierliche Messung bzw. Modellierung. Die tatsächlichen Werte für den Wasseranteil oder die Wasserspannung können mittels **Bodenwassersensoren** gemessen werden. Eine Umrechnung von Wasseranteil in

Wasserspannung und umgekehrt ist über die bodenspezifische Retentionsfunktion (pF-Kurve, Wasserspannung-Wasseranteil-Beziehung) möglich (Abb. 1). Der tatsächliche Wasseranteil kann auch mithilfe spezieller Algorithmen aus Fernerkundungsdaten abgeleitet oder anhand von **Wasserbilanzberechnungen** ermittelt werden.

13.2.1 Tagesaktuelle Wasserbilanzrechnung

Ziel der Wasserbilanzrechnung für die Bewässerungssteuerung ist die tagesaktuelle Ermittlung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers. Dabei wird der Profilwasserinhalt von der Bodenoberfläche bis zur Wurzeltiefe betrachtet. Der Pflanzenwasserbedarf (entspricht hier der tatsächlichen Pflanzenverdunstung) wird durch die Wasserentnahme aus dem Bodenwasserspeicher gedeckt; Niederschlag oder eine Bewässerung füllen den Speicher wieder auf.

Die Berechnung erfolgt ausgehend von einem anfänglichen Bodenwasserzustand, in der Regel bei Feldkapazität, am Beginn der Vegetationsperiode (Aussaat). Die Pflanzenverdunstung wird als negative Komponente und Niederschlag oder Bewässerung als positive Komponente bilanziert. Niederschlagsdaten können aus vorhandenen Datenquellen bezogen oder gemessen werden (Kap 5.1.7). Die Pflanzenverdunstung wird mittels Standardmethode der FAO berechnet (Kap 5.1.3). Es können auch Verhältnisse berücksichtigt werden, bei denen die Pflanzenverdunstung infolge verminderter Wasserverfügbarkeit reduziert wird, was etwa beim Erreichen von 50 % nFK der Fall ist. Im FAO-Ansatz wird diese Abnahme durch einen Stresskoeffizienten K_s zwischen 1 (ausreichend Wasser) und 0 (keine Wasseraufnahme) abgebildet.

Nähert sich das derart berechnete pflanzenverfügbare Bodenwasser der Bewässerungsschwelle an, besteht Bewässerungsbedarf. Mit einer regulierten Defizitbewässerung kann die Bewässerungsschwelle bewusst in einzelnen Phasen unterschritten werden, um die Wasserproduktivität zu erhöhen.

Die Wasserbilanzrechnung ist eine einfache Methode, die relativ leicht umgesetzt werden kann. Die Berechnung kann tagesaktuell durchgeführt werden und es können auch Prognosen erstellt werden, in wievielen Tagen das leicht verfügbare Bodenwasser ausgeschöpft sein wird. Je mehr Daten automatisch eingespeist und weiterverarbeitet werden, desto benutzerfreundlicher ist die entsprechende Anwendung. Die räumliche und zeitliche Auflösung sowie die Genauigkeit der Empfehlungen sind jedoch von den Eingangsdaten abhängig.

13.2.2 Bodenwassersensoren

Bodenwassersensoren erlauben die direkte Messung des Bodenwasserzustands. Der Bodenwasserzustand kann insbesondere entweder durch die Messung des Wasseranteils oder der Wasserspannung beobachtet werden. Für die Pflanzenverfügbarkeit des Bodenwassers und für die Zustände der Feldkapazität und des permanenten Welkepunkts liefert die Wasserspannung die bessere Aussage, für Bilanzrechnungen hingegen der Wasseranteil. Beide Zustandsgrößen stehen in einem Zusammenhang, der durch die Retentionskurve (pF-Kurve, Bodenwassercharakteristik) beschrieben wird. Ist über die hydraulischen Eigenschaften nichts bekannt, können diese mittels Pedotransferfunktionen, im einfachsten Fall anhand von der Textur und der Trockendichte abhängigen Tabellen abgeschätzt werden. Die besten Ergebnisse bringen eine simultane Messung des Wasseranteils oder der Wasserspannung und eine inverse Modellierung.

Zur Erfassung der Wasserspannung muss der jeweilige Sensor einen guten hydraulischen Kontakt zum umgebenden Boden haben. Es gibt zahlreiche Sensoren mit unterschiedlichen Technologien, die eine Messung der Wasserspannung ermöglichen. Das klassische Instrument für die direkte Messung der Wasserspannung ist das Tensiometer. Darüber hinaus gibt es z. B. Granularmatrix- oder Gipsblock-Sensoren mit Elektroden, Equitensiometer oder Wärmekapazitätssensoren.

Für die Wasseranteilmessung steht eine Vielzahl an Sensoren zur Verfügung. Grundsätzlich ist zwischen Einzelsensoren, die praktisch eine Punktmessung bzw. einen Messwert für eine bestimmte Tiefe liefern, und profilierenden Sensoren zu unterscheiden, mit denen der ganze Profilwasserinhalt erfasst wird. Methodisch gibt es sehr viele Messansätze mit breit gefächerten Genauigkeiten und Kosten, ausgehend von der elektrischen Leitfähigkeit, vom Wärmeleitverhalten bis hin zur Permittivität, die von TDR- und FDR-Sonden zur Wassergehaltsbestimmung genutzt wird. Einige Sensoren können zusätzlich zum Wasseranteil auch Daten zur Bodentemperatur oder elektrischen Leitfähigkeit aufzeichnen.

Herausforderungen für eine aussagekräftige Messung und Verwendung zur Bewässerungssteuerung ergeben sich durch Bodenheterogenität, ungleichmäßige Kulturart- oder Wasserverteilung und die sich dadurch ergebende Schwierigkeit der Festlegung eines repräsentativen Standorts für den bewirtschafteten Schlag. Anzahl und Standort der Sensoren müssen demnach entsprechend gewählt werden. Ein Sensor ist oftmals nicht ausreichend, um aussagekräftige Daten zu erhalten. Auf eine fachgerechte Installation ist zu achten.

Die Datenaufzeichnung und das Auslesen der Messwerte kann mit Handauslesegeräten oder automatisiert über Datenlogger erfolgen. Moderne Kommunikationstechnologien und Datenplattformen erlauben hierbei ein kontinuierliches Monitoring und ein benutzerfreundliches Auslesen bzw. eine einfache Interpretation der Daten. Funk- bzw. internetbasierte Messsysteme transferieren Datensätze unterschiedlicher Größen über weite Distanzen und gestatten oftmals eine cloudbasierte Datenspeicherung. Bidirektionale Systeme können auch zur automatischen Ansteuerung der Bewässerungsanlage genutzt werden.

13.3 Pflanzenwasserzustandsbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme

Pflanzen zeigen eine Vielzahl an Reaktionen auf Wasserstress. Dazu zählen zum einen Änderungen des Pflanzenwasserstatus und zum anderen pflanzenphysiologische Reaktionen. So weisen Pflanzen unter Trockenstress z. B. höhere Blatttemperaturen auf als gut mit Wasser versorgte Pflanzen. Die Ermittlung der Pflanzeigenschaften erfolgt zumeist über direkte Messmethoden, zunehmend auch über Fernerkundungsmethoden.

13.3.1 Pflanzensensoren

Direkte Messungen an Pflanzen werden hauptsächlich bei Dauerkulturen wie Weinreben und Obstbäumen verwendet. Messungen des Blatt- und Stammpotenzials können mit der Scholander-Methode erfolgen. Messungen des frühmorgendlichen Blattwasserpotenzials besitzen den Vorteil, dass eine enge Korrelation mit dem Bodenwasserstatus im Nahbereich der Wurzeln besteht. Das mittägliche Blattwasserpotenzial wird in ähnlicher Weise ermittelt und repräsentiert den Pflanzenwasserstatus zu einem Zeitpunkt, an dem der größte Stress zu erwarten ist. Das mittägliche Blattwasserpotenzial lässt sich nur bedingt zur Bewässerungsplanung heranziehen, da es sehr schnell auf die Fluktuationen des die Blätter umgebenden Mikroklimas reagiert.

Die stomatäre Leitfähigkeit kann mittels Porometer gemessen werden und ermöglicht ebenfalls Rückschlüsse auf den Pflanzenwasserzustand. Für eine Bestimmung des Turgordrucks werden hochempfindliche Drucksensoren direkt am Blatt eingesetzt. Ein abnehmender Turgordruck zeigt einen zunehmenden Wasserstress an, und das lange bevor beginnende Welkeerscheinungen einen offensichtlichen Hinweis auf Wassermangel geben. Weitere Hinweise auf den Pflanzenwasserstatus können über Änderungen des Stammdurchmessers sowie Messungen des Saftflusses erfolgen. Turgordruck, Stammdurchmesser und Saftfluss können kontinuierlich gemessen werden und haben sich für die Bewässerungssteuerung als geeignet erwiesen.

Direkte Methoden sind oftmals destruktiv und mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden.

13.3.2 Pflanzenmonitoring – Fernerkundungsmethoden

Der Vorteil von Fernerkundungsmethoden liegt darin, dass wasserwirtschaftlich und agronomisch relevante Daten auf unterschiedlichen Skalen – von einzelnen Feldern bis zu Einzugsgebieten – unter Zuhilfenahme von elektromagnetischer Strahlung gewonnen werden können. Die dafür erforderlichen Sensoren können in verschiedenen Systemen integriert und betrieben werden: auf bodennahen Konstruktionen, (unbemannten) Luftfahrzeugen (Drohnen, Flugzeuge) oder Satelliten. Die verwendeten Sensoren unterscheiden sich nicht nur im detektierten Wellenbereich, sondern auch in der räumlichen und zeitlichen Auflösung der erfassten Daten. Aus Fernerkundungsdaten können Informationen zur Verdunstung und bis zu einem gewissen Grad zum Bodenwasserzustand abgeleitet werden. Auch wesentliche Pflanzeigenschaften können in regelmäßigen Abständen über die Vegetationsperiode weitestgehend automatisiert beobachtet werden. Moderne Fernerkundungssysteme ermöglichen eine Betrachtung bewässerungs- und bewirtschaftungsrelevanter Größen und können somit auch unterstützend im Bewässerungsmanagement eingesetzt werden.

Entwurf zur Stellungnahme

14 LITERATUR

- Achtnich W. (1980): Bewässerungslandbau. Agrotechnische Grundlagen der Bewässerungswirtschaft. Ulmer, Stuttgart. ISBN 9783800121243
- AD-HOC AG BODEN (2024): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Allen R. G., Pereira L. S., Dirk R., and Smith M. (1998): Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, Italy.
- Ayers R. S., Westcot D. W. (1994): Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29. Rome, Italy.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2022): Handlungsempfehlungen zum Vorgehen bei der Begutachtung von Wasserentnahmen für die Bewässerung. Projekt „Datenerhebung und Dargebotsermittlung in den Schwerpunktgebieten landwirtschaftliche Bewässerung und Erarbeitung von Regelungen für die Begutachtungspraxis bei Bewässerungsanträgen“. https://www.lfu.bayern.de/wasser/bewaesserung/doc/handlungsempfehlung_zum_vorgehen_bei_begutachtung.pdf
- Blöschl G., Parajka J., Blaschke A.P., Hofstätter M., Haslinger K., Schöner W. (2017): Klimawandel in der Wasserwirtschaft. Follow up zur ZAMG/TU-Wien-Studie (2011) Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft im Auftrag von Bund und Ländern. Hrsg. vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft:**
- BMLFUW (2002): Strategiepapier zur „Lage und Abgrenzung von Grundwasserkörpern“. Wien.
- BMLRT (2021): Methodik „Nationaler Bewässerbewirtschaftungsplan 2021“. Wien.
- BMLRT (2021): Wasserschatz Österreichs. Grundlagen für nachhaltige Nutzungen des Grundwassers. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT). Wien.
- BMLRT (2022): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021. Wien.
- BMLRT (2022): Wasser Karten Gewässerbewirtschaftungsplan 2021. Wien.
- Eder A., Sotier B., Klebinder K., Sturmlechner R., Dorner J., Markart G., Schmid G., Strauss P. (2012): Hydrologische Bodenkenndaten der Boden Niederösterreichs (HydroBOD NO). Endbericht. Eigenverlag BAW/BFW, Petzenkirchen, Innsbruck.
- Farnleitner A. H., Reischer G. H., Savio D. F., Frick C., Schuster N., Schilling K., Mach R. L., Derx J., Kirschner A., Blaschke A. P. & Sommer R. (2014): Diagnostik mikrobiologischer Fäkalkontaminationen in Wasser und Gewässern: Status quo und gegenwärtige Entwicklungen. Wiener Mitteilungen Wasser-Abwasser-Gewässer 230, 157–184. ISBN 978-3-85234-124-8
- Maraun D., Roither L. (2023): Dürren im Klimawandel: Niederschlag und Bodenfeuchte. CCCA Fact Sheet #45 (<https://ccca.ac.at>)
- Molden D., Oweis T., Steduto P., Bindraban P., Hanjra M. A., Kijne J. (2010): Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management* 97 (4), 528–535. Berechnungsbeispiel: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.023>
- Murer E. (1998): Die Ableitung der Parameter eines Bodenwasserhaushalts- und Stofftransportmodelles aus den Ergebnissen der Bodenkartierung. Modelle für die gesättigte und ungesättigte Zone. In: Schriftenreihe aus dem BAW, Bd. 7, 89–103.
- Murer E., Krammer C., Schmid G., Aigner F. (2018): Standortbewertung für die Wasserwirtschaft aus der Bodenschätzung. Projektbericht des Instituts für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Petzenkirchen (unveröffentlicht).

- Murer E., Stenitzer E. (2001): Bodenaufnahmesysteme in Österreich. In: Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, Heft 62, 159–168.
- ÖBG (2001): Bodenaufnahmesysteme in Österreich. In: Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, Heft 62.
- Tóth B., Weynants M., Pásztor L., Hengl T. (2017): 3D soil hydraulic database of Europe at 250 m resolution. In: *Hydrological Processes* 31, 2662–2666. <https://doi.org/10.1002/hyp.11203>
- van Genuchten M. Th. (1980): A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. In: *Soil Science Society of America Journal* 44 (5), 892–898 (ZE 4752). <https://doi.org/10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x>
- Van Looy K., Bouma J., Herbst M., Koestel J., Minasny B., Mishra U., Montzka C., Nemes A., Pachepsky Y., Padarian J., Schaap M., Szabó B., Verhoef A., Vanderborght J., Ploeg M., Weihermüller L., Zacharias S., Zhang Y., Vereecken H. (2017): Pedotransfer Functions in Earth System Science: Challenges and Perspectives. In: *Reviews of Geophysics* 55 (4), 1199–1256. <https://doi.org/10.1002/2017RG000581>
- Walter R., Kaupa H., Johl M., Dürkop J., Krämer U., Macht W. (1989): Viruses in River Water and Health Risk Assessment. In: *Water Science & Technology* 21 (3), 21–26. <https://doi.org/10.2166/wst.1989.0073>
- Wilcox L.V. (1955): Classification and Use of Irrigation Water. US Department of Agriculture. Circular 969. Washington DC.
- Withers B., Vipond S., Lecher K. (1978): Bewässerung. Parey, Hamburg/Berlin. ISBN 3-489-71510-1 (englisch: Irrigation – design and practise. Übersetzt von Kurt Lecher, Neuauflage 1993 bei Blackwell-Wissensch.-Verlag Berlin).
- World Health Organization WHO (2011): Guidelines for drinking-water quality. 4th ed., Microbial Fact Sheets, 231–293 (www.who.int).

Normen und Regelwerke

- DVGW-Arbeitsblatt W 111 (2015): Pumpversuche bei der Wassererschließung
- DVGW-Arbeitsblatt W 118 (2005): Bemessung von Vertikalfilterbrunnen
- DWA-M 504-1 (2018): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen – Teil 1: Grundlagen, experimentelle Bestimmung der Landverdunstung, Gewässerverdunstung.
- DWA-M 504-2 (2024): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen – Teil 2: Berechnungsverfahren der Landverdunstung.
- DWA-M 590 (2019): Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung.
- ÖNORM B 2400:2016 03 01 – Hydrologie – Hydrographische Begriffe und Zeichen – Ergänzende Bestimmungen zur ÖNORM EN ISO 772.
- ÖNORM B 2601:2016 03 15 – Wassererschließung – Brunnen: Planung, Bau und Betrieb
- ÖNORM B 2602:2016 08 15 – Wassererschließung – Quellfassungsanlagen – Planung, Bau und Betrieb
- ÖNORM EN 18049-1:2024 02 15 (Entwurf) – Brunnen zur Wassergewinnung – Teil 1: Design.
- ÖNORM EN ISO 772:2022 10 01 – Hydrometrie – Begriffe und Symbole (ISO 772:2022).
- ÖNORM EN ISO 17892-4:2017 05 01 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung (ISO 17892-4:2016).
- ÖNORM EN ISO 22282-4:2021 07 01 – Geohydraulische Erkundung und Untersuchung – Geohydraulische Versuche – Teil 4: Pumpversuche.
- ÖVGW-Mitteilung W 103 (2010): Trinkwasserbehälter und Bauwerke der Wasserversorgung – Grundlagen für Planung, Bau und Sanierung

ÖWAV-Regelblatt 205 (2017): Nutzung und Schutz von Quellen in nicht verkarsteten Bereichen.
2., vollständig überarbeitete Auflage.

ÖWAV-Regelblatt 218 (2015): Brunnen in gespannten Grundwässern – Neuerrichtung, Sanierung und Rückbau.

ÖWAV-Regelblatt 219 (2018): Tiefengrundwasserbewirtschaftung zum Zweck der Trinkwasserversorgung.

ÖWAV-Regelblatt 222 (2025): Numerische Modellierung von Porengrundwasserleitern.

ÖWAV-Regelblatt 407 (2016): Empfehlungen für die Bewässerung – Überarbeitete Neuauflage des ÖWAV-Arbeitsbehelfs Nr. 11 (2003).

Weiterführende Literatur

BAW (2025): [Wasserentnahmen aus kleinen Fließgewässern – Praxisanleitung und Musterbautypen für Österreich](#)

Das Bundesamt für Wasserwirtschaft hat eine Praxisanleitung zu Wasserentnahmen aus kleinen Fließgewässern veröffentlicht. Die darin enthaltenen Überlegungen und Bautypen können auch auf größere Gewässer angewendet werden.

BMLFUW (2009):

[Mindestanforderungen an den Stauanlagenverantwortlichen](#)

bzw.

[Handbuch Betrieb und Überwachung von „kleinen Stauanlagen“ mit länger dauernden Staubelastungen](#)

Technische Anforderungen an Speicherteiche bzw. Speicherbecken hinsichtlich Standsicherheit sind zu beachten, werden hier jedoch nicht behandelt. Die angeführte Literatur des BMLUK ist sinngemäß anzuwenden.

[Richtlinien und Leitfäden der Staubeckenkommission](#)

15 GLOSSAR

Begriff	Definition	Quelle
Abfluss (allgemein)	unter dem Einfluss der Schwerkraft auf und unter der Landoberfläche sich bewegendes Wasser	ÖNORM EN ISO 772 (3.3)
Abfluss (quantativ)	Wasservolumen, das einen bestimmten, einem Einzugsgebiet zugeordneten Gewässerquerschnitt in einer definierten Zeitspanne durchfließt	ÖNORM EN ISO 772 (3.4)
Bewässerung	Das künstliche Aufbringen von Wasser auf landwirtschaftliche Flächen oder Pflanzen, um die natürlichen Niederschläge zu ergänzen und ein optimales Wachstum und eine hohe Produktivität der Pflanzen zu gewährleisten. Dazu gehört die kontrollierte Verteilung von Wasser durch verschiedene Techniken wie zum Beispiel Beregnungs- oder Tropfsysteme	
Bewässerungsbedarf	Der Bewässerungsbedarf bzw. Bewässerungswasserbedarf ist die Nettowasserhöhe (in mm), die auf eine Kultur aufgebracht werden muss, um ihren spezifischen Wasserbedarf zur Ausschöpfung des Produktionspotenzials vollständig zu decken. Der Bewässerungsbedarf ist der Anteil des Wasserbedarfs einer Kultur, der nicht durch Niederschlag und Bodenwasser gedeckt wird.	
deterministische Modellvorhersagen	Ein deterministischer Modelllauf setzt auf Grundlage eines Anfangszustands eine eindeutige Folgeentwicklung voraus. Es gibt eine Modelllösung, ein Vorhersagezustand in der Zukunft	
Durchfluss (Q)	Wasservolumen, das einen bestimmten Gewässerquerschnitt je Zeiteinheit durchfließt (l/s, m ³ /s)	ÖNORM EN ISO 772 (3.5)
Dürreindex	Kenngroße, welche die Trockenheit einer Umgebung abbildet. Es gibt verschiedene Kenngroßen. Ein gängiger Index, welcher von zahlreichen meteorologischen Diensten verwendet wird, ist der SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index). Dieser Dürreindex basiert auf der klimatischen Wasserbilanz	
Frostschutzberegnung	Beregnen von Nutzpflanzen im Obst- und Weinbau mit feinen Wassertropfen, welche die Pflanzenteile mit einer dünnen Eisschicht überziehen. Beim Gefrieren des Wassers wird Wärme frei und Pflanzenteile werden so vor Frostschäden geschützt	
Gebietsniederschlag	Niederschlagshöhe eines bestimmten Gebiets	ÖNORM B 2400 (3.2.1)
Klima	Mittlerer Zustand der Atmosphäre über einen sehr langen Zeitraum von mehreren Jahren. Für die meisten Betrachtungen wird der Zeitraum von 30 Jahren herangezogen. Bietet keine Aussagen über reale Wetterbedingungen. Der Fokus liegt auf dem Beschreiben von typischen Wetterphänomenen und deren Bandbreite in einer Region	
Klimaprojektionen	Projektionen (Szenarien) für die kommenden Dekaden bis zum Jahr 2100 und darüber hinaus unter Annahme unterschiedlicher Treibhausgasemissionen	
Klimatische Wasserbilanz	Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung. Gibt einen generellen Überblick über die Feuchtigkeitsverhältnisse an einem Standort	

Begriff	Definition	Quelle
Klimawandel	Abgebildet und untersucht werden langfristige Änderungen im Klimasystem von der globalen bis zur regionalen Skala und deren Auswirkungen. Betrachtungszeitraum beginnt bei drei Dekaden bis hin zu 100 Jahren und mehr.	
Mittelwasserabfluss (MQ)	Das Mittelwasser ist der arithmetische Mittelwert aller Wasserströme in einer bestimmten anzugebenden Zeitspanne. Die Angabe erfolgt in m^3/s (MQ) oder in $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ (Mq).	In Anlehnung an ÖNORM B 2400, 2016
Mittlere Niederschlagsverteilung	Im Planungsprozess werden häufig langjährige Mittelwerte des Niederschlags herangezogen. Relevante Betrachtungszeiträume orientieren sich an einer 30-jährigen Klimanormalperiode, welche alle 10 Jahre von GeoSphere aktualisiert und nachgeführt wird. Typische Kenngrößen beziehen sich meist auf Jahres-, Monats- und Tagessummen.	
Niederschlag	Sammelbezeichnung für flüssige oder feste Kondensationsprodukte der Atmosphäre, welche auf die Erdoberfläche gelangen.	ÖNORM B 2400 (3.2.4)
Niederschlagsdefizit	Eine negative Differenz zwischen gemessenem Niederschlag und dem mittleren Monatsniederschlag wird häufig als Niederschlagsdefizit abgebildet; entweder in l/m^2 oder in Prozent vom mittleren Erwartungswert. Ein Niederschlagsdefizit ist in Bezug auf den Bewässerungsbedarf und die Austrocknung der Pflanzenwelt nur eine Teilkomponente, weil die Verdunstung nicht berücksichtigt wird.	
Oberflächennaher Grundwasserkörper	Oberflächennahe sind jene Grundwasserkörper bis zur Basis des obersten relevanten Grundwasserstockwerks bzw. jene Anteile des Grundwassers, die sich im rezenten Wasserkreislauf befinden und nicht als Tiefgrundwasser zu bezeichnen sind.	
Pflanzenkoeffizient K_c	Der Pflanzenkoeffizient K_c ist das Verhältnis der Pflanzenverdunstung ET_c zur Referenzverdunstung ET_0 und stellt eine Integration der Auswirkungen von Merkmalen dar, die die Kulturpflanze von der Referenzpflanze (üblicherweise Gras) unterscheiden (z. B. die Wuchshöhe).	FAO Irrigation and drainage paper 56 (Allen et al. 1998)
Pflanzenwasserbedarf, Pflanzenverdunstung ET_c	Der Wasserbedarf einer Kultur bzw. Pflanzenwasserbedarf ist definiert als die Wasserhöhe (in mm), die erforderlich ist, um uneingeschränkte Evapotranspiration einer gesunden Kultur zu ermöglichen, die auf großen Feldern unter nicht einschränkenden Bodenbedingungen, einschließlich Bodenwasser und Fruchtbarkeit, wächst und unter den gegebenen Wachstumsbedingungen ihr volles Produktionspotenzial erreicht.	
probabilistische Modellvorhersagen	Hierbei werden die Anfangsbedingungen mehrfach verändert, sodass daraus mehrere, mitunter stark abweichende Modellergebnisse (Members) resultieren. Alle Ergebnisläufe werden als Ensemble (Gesamtheit) zum Beispiel in Form von „Rauchfahnen“ (Diagramme) oder Spaghetti Plots (Kartenformat) dargestellt. Ensembles zeigen Unsicherheiten und die Bandbreite in der Prognose auf.	

Begriff	Definition	Quelle
Q_{95%}	Gibt die Dauer an, innerhalb welcher dieser Merkmalswert erreicht oder überschritten wird. Q _{95%} ist einem Abfluss mit einer Überschreitungsdauer von 347 Tagen pro Jahr gleichzusetzen. Die Angabe erfolgt in m ³ /s	In Anlehnung an ÖNORM B 2400, 2016
Referenzverdunstung ET₀	Die Evapotranspiration von einer Referenzfläche, die nicht unter Wassermangel leidet, wird als Referenzverdunstung oder Referenz-Evapotranspiration bezeichnet und mit ET ₀ abgekürzt. Bei der Referenzfläche handelt es sich üblicherweise um eine hypothetische Grasreferenzpflanze mit spezifischen Merkmalen	FAO Irrigation and drainage paper 56 (Allen et al. 1998)
Regen	Flüssige Komponente des Niederschlags	
Schüttung	Mit Schüttung oder Quellschüttung bezeichnet man das aus einer Quelle austretende Wasservolumen in einer bestimmten Zeit in m ³ /s, l/s	In Anlehnung an ÖNORM B 2400, 2016
Starkniederschlag	Niederschlag, welcher während einer bestimmten Dauer eine bestimmte Niederschlagshöhe erreicht oder überschreitet	ÖNORM B 2400
Starkregen	intensiver Regen in kurzer Zeit. Die Definition wird in der Regel durch Wiederkehrzeit (Jährlichkeit) von Niederschlagsereignissen in Abhängigkeit von Niederschlagssumme und Niederschlagsdauer an einer Messstation abgebildet	
Tau	an Oberflächen kondensiertes Wasser	
Trockenheit	Trockenheit bzw. Dürre als eine extreme Ausprägung davon, ist ein über einen längeren Zeitraum vorherrschender Zustand, in dem weniger Wasser oder Niederschlag verfügbar ist als für einen bestimmten Sektor erforderlich	
Verdunstung, Evapotranspiration	Verdunstung beschreibt den Übergang von Wasser von der flüssigen in die gasförmige Form, ohne den Siedepunkt zu erreichen. Evaporation beschreibt die Verdunstung von Pflanzenoberflächen, Wasserflächen oder dem Boden. Transpiration ist der Prozess, bei dem Pflanzen Wasser aus dem Boden aufnehmen und als Wasserdampf über die Spaltöffnungen an die Atmosphäre abgeben. Als Evapotranspiration bezeichnet man die Gesamtverdunstung als Summe dieser beiden Prozesse	
Verfügbare Grundwasserressource	Die langfristige mittlere jährliche Neubildung des Grundwasserkörpers abzüglich des langfristigen jährlichen Abflusses, der erforderlich ist, damit die ökologischen Qualitätsziele für die mit ihm in Verbindung stehenden Oberflächengewässer erreicht werden und damit jede signifikante Verschlechterung des ökologischen Zustands dieser Gewässer und jede signifikante Schädigung der mit ihm in Verbindung stehenden Landökosysteme vermieden wird	EU-WRRL
Wasserfassung	Eine bauliche Anlage zur Gewinnung und/oder Einbringung von Wasser	ÖNORM B 2601:2016-03

Begriff	Definition	Quelle
Wasserknappheit	Ein durch Menschen verursachtes Phänomen. Es handelt sich um ein wiederkehrendes Ungleichgewicht, das aus einer Übernutzung der Wasserressourcen resultiert, verursacht durch Entnahmen, die signifikant über der natürlichen Erneuerungsrate liegen	NGP 2021
Wasserproduktivität	Gibt an, wie viel Ertrag oder Wirtschaftsleistung pro Kubikmeter entnommenen Süßwassers erbracht wird (in t oder EUR pro m ³). Sie dient als Maß für die Effizienz der Wassernutzung	https://ec.europa.eu/eurostat
Wetter	Zustand der Atmosphäre zu einem Zeitpunkt oder über eine Zeitspanne von Stunden bis wenige Tage. Das Wetter bildet die gesamte Bandbreite von Phänomenen ab, enthält alle Extremereignisse. Beispiel: gängige Wetterprognose	
Witterung	Mittlerer Zustand der Atmosphäre über einen längeren Zeitraum, von mehreren Tagen bis einigen Wochen. Kurzzeitige Extremereignisse werden bei der Witterung weniger gut und nur gedämpft abgebildet. Langlebige Phänomene wie Dürre oder Hitzewellen werden bei Witterungs-Betrachtungen gut abgebildet. Beispiel: Langfristprognosen mit Wochenmittelwerten oder Monatsmittel	

Entwurf zur Stellungnahme