

Landwirtschaftliche Bewässerung – Chancen der Digitalisierung (LABEDI)

DaFNE Projekt Nr. 101705



Impressum

Projektnehmer:in: Universität für Bodenkultur Wien

Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Institut für Bodenphysik und
landeskulturelle Wasserwirtschaft

Adresse: Muthgasse 18, 1190 Wien

Projektleiter: Reinhard Nolz

Tel.: +43-1-47654-81552

E-Mail: reinhard.nolz@boku.ac.at

Projektmitarbeiter: Christian Faller, Maximilian Thier

Kooperationspartnerin: Umweltbundesamt GmbH

Projektmitarbeiterinnen: Heike Brielmann, Helga Lindinger

Finanzierungsstelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und
Wasserwirtschaft (BML)

Projektlaufzeit: April 2022 bis September 2023

1. Auflage

Fotonachweis: Cover: © Reinhard Nolz

Wien, 2023.

Inhalt

Danksagung.....	5
Zusammenfassung.....	6
1 Hintergrund und Einleitung.....	8
1.1 Landwirtschaftliche Bewässerung	9
1.1.1 Rahmenbedingungen.....	9
1.1.2 Nachhaltigkeit und integriertes Wasserressourcenmanagement.....	10
1.2 Digitalisierung	12
1.2.1 Landwirtschaft	12
1.2.2 Wasserwirtschaft	13
1.2.3 Bewässerung.....	14
2 Ziele.....	17
3 Methodik.....	18
3.1 Online- und Literaturrecherche	18
3.2 Identifizierung der Akteur:innen	18
3.3 Darstellung der digitalen Anwendungen.....	19
3.3.1 Zuordnung zu Schlagworten	19
3.3.2 Identifikation von Themenbereichen	20
3.3.3 Informations- und Themenblätter.....	20
3.4 Einbeziehung der Interessensgruppen	21
3.4.1 Umfragen	21
3.4.2 Workshops	22
4 Ergebnisse und Diskussion	24
4.1 Relevante Themenbereiche.....	24
4.1.1 Betriebliche Interessen	24
4.1.2 Wasserwirtschaftliche Interessen.....	27
4.1.3 Forschungsinteressen	29
4.1.4 Allgemeine Interessen	30
4.2 Digitale Werkzeuge.....	32
4.3 Informations- und Themenblätter.....	37
4.4 Bekanntheit und Nutzung von digitalen Werkzeugen.....	41
4.4.1 Grundsätzliche Nutzung.....	41
4.4.2 Anzahl der Nennungen der Bekanntheit und Nutzung	41
4.4.3 Nutzung für betriebliche Interessen.....	44
4.4.4 Nutzung für wasserwirtschaftliche Interessen	53

4.4.5	Nutzung für Forschungsinteressen	58
4.4.6	Nutzung für allgemeine Interessen	62
5	Fazit und Schlussfolgerungen	65
6	Empfehlungen	66
7	Anhang	69
7.1	Umsetzung Entscheidungsunterstützungssysteme für Landwirt:innen.....	69
7.2	Umsetzung Entscheidungsunterstützungssysteme für die Wasserwirtschaft	70
7.3	Umsetzung Pilotgebiete und Pilotprojekte	71
	Tabellenverzeichnis	72
	Abbildungsverzeichnis	73
	Literaturverzeichnis.....	74

Danksagung

Bedanken möchten wir uns bei allen, die an den Umfragen und Befragungen teilgenommen und uns bei der Durchführung des Projekts unterstützt haben, insbesondere bei den Verantwortlichen der Landwirtschaftlichen Fachschule Obersiebenbrunn, des Kompetenzzentrums Bewässerung, der GeoSphere Austria und der Landwirtschaftskammer für die Unterstützung bei der Durchführung der Workshops.

Ferner bedanken wir uns bei DI Ernst Überreiter, Abteilung I/2: Nationale und internationale Wasserwirtschaft, für die fachliche Beratung.

Zusammenfassung

Die Digitalisierung bietet die Chance, die landwirtschaftliche Bewässerung ressourcenschonender in Hinblick auf die Wassernutzung zu gestalten, um die UN Nachhaltigkeitsziele Ernährungssicherheit (SDG 2) und nachhaltige Wasserressourcennutzung (SDG 6) zu erreichen. Für landwirtschaftliche Betriebe ist es dabei wichtig, dass digitale Werkzeuge praktisch und bedienungsfreundlich sind, bei der Bewirtschaftung unterstützen, treffsichere Prognosen liefern sowie die Erträge und damit das Einkommen sichern. Für die wasserwirtschaftliche Planung und Forschung sind vor allem Entscheidungshilfen mit zeitlich und räumlich genauen Informationen und Vorhersagen zum Wasserhaushalt von Bedeutung. Zur Unterstützung von Digitalisierungsprojekten wurde seitens des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft im Zuge des Tages der Forschung 2021 ein Sonderbudget von 2 Millionen Euro zur Verfügung gestellt.

Im Rahmen des Projekts "Landwirtschaftliche Bewässerung – Chancen der Digitalisierung (LABEDI)" wurde ein umfassender Überblick über digitale Werkzeuge im Zusammenhang mit landwirtschaftlicher Bewässerung in Österreich erstellt. Um die Analyse der digitalen Werkzeuge hinsichtlich ihrer Bekanntheit, Nutzung, Defizite und Potenziale durchzuführen, wurden Interessensgruppen aus den Bereichen Landwirtschaft, Wasserwirtschaft und Forschung direkt in den Prozess einbezogen. Dies erfolgte durch Umfragen und Gesprächsrunden.

Für jedes digitale Werkzeug wurde ein Informationsblatt erstellt, das eine Kurzbeschreibung enthält. Diese Informationsblätter sind nach zielgruppenorientierten Kriterien strukturiert und sollen somit die Auswahl passender digitaler Anwendungen für spezifische Fragestellungen im Bereich der landwirtschaftlichen Bewässerung erleichtern. Zusätzlich wurden Themenblätter erstellt, die die digitalen Werkzeuge entsprechend betrieblicher, wasserwirtschaftlicher, forschungsbezogener und allgemeiner Interessen und Ziele zusammenfassen.

Die befragten Interessensgruppen nutzen unterschiedliche digitale Werkzeuge, und insgesamt war die Bekanntheit und Nutzung dieser Werkzeuge gering. Einige wenige digitale Werkzeuge des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, wie z. B. eHYD, eBOD oder die H2O-Fachdatenbank, werden von mehreren Interessensgruppen genutzt.

Neben der Erhebung digitaler Werkzeuge wurden Verbesserungspotenziale für deren Anwendbarkeit und Akzeptanz aufgezeigt und entsprechende Handlungsempfehlungen abgeleitet. Für einzelne Teilbereiche muss die räumliche und zeitliche Auflösung vorhandener Datengrundlagen oder -modelle verbessert werden (vorrangig Wasserentnahmen, Bodenwasserhaushalt, Evapotranspiration und Wetterprognosen), um ihre Anwendbarkeit und ihren Nutzen zu erhöhen.

Vor allem aber sollten bereits vorhandene Anwendungen und Informationen, wie z. B. aktuelle Wetterdaten, Informationen zu Bodenwasserhaushalt, Pflanzenwasserbedarf und Bewässerungssystemen, in geeigneter Form (z. B. in Modellen) miteinander verknüpft werden, um Empfehlungen für eine effiziente Bewässerung auf Betriebsebene ableiten zu können.

Frei verfügbare Entscheidungsunterstützungssysteme – etwa über eine österreichweite digitale Plattform als Anlaufstelle und Knotenpunkt für bewässerungsrelevante Themen – könnten maßgeblich zu einer nachhaltigen Nutzung der Ressource Wasser (SDG 6) im Rahmen der landwirtschaftlichen Bewässerung, einer entsprechenden mengenmäßigen Bewirtschaftung der Grund- und Oberflächenwasserkörper und der Sicherstellung von Ernährungssicherheit (SDG 2) beitragen.

1 Hintergrund und Einleitung

Österreichweit ist der Anteil der landwirtschaftlichen Bewässerung mit 2,3 % des Gesamtwasserbedarfs vergleichsweise gering (BMLRT, 2021). Allerdings liegen die landwirtschaftlichen Bewässerungsregionen überwiegend im niederschlagsarmen Osten Österreichs. In diesen Regionen ist die landwirtschaftliche Bewässerung oftmals die dominierende Wassernutzung. Bewässerung erfolgt zeitlich konzentriert in der Vegetationsperiode im Frühjahr und Sommer und wird intensiviert, sobald ertragsrelevante Niederschläge ausbleiben. Das eingesetzte Bewässerungswasser kann dem Bewässerungsgebiet durch Verdunstung verloren gehen.

Landwirtschaftliche Bewässerung sollte unter Berücksichtigung der UN Nachhaltigkeitsziele Ernährungssicherheit (SDG 2) und nachhaltige Wasserressourcennutzung (SDG 6) erfolgen. Die Umsetzung der Agenda 2030 (BKA, 2023) ist im Regierungsprogramm 2020–2024 verankert und erfolgt unter Federführung des Bundeskanzleramtes (BKA) gemeinsam mit dem Bundesministerium für europäische und internationale Angelegenheiten (BMEIA). Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU zielt sowohl auf die Gewährleistung der Ernährungssicherheit als auch auf die nachhaltige Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen und den Klimaschutz ab. Diese Anforderungen sind bei Bau und Errichtung landwirtschaftlicher Bewässerungssysteme zu berücksichtigen. Die im Regierungsprogramm 2020–2024 (BKA, 2020) angestrebte Weiterentwicklung der integrativen wasserwirtschaftlichen Planung bedarf einer Verbesserung der Informationsgrundlage. Neben den im Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP 2021) (BMLRT, 2022a) angesprochenen Datenlücken zu tatsächlichen Wasserentnahmen und der Empfehlung zur Intensivierung hydrographischer Überwachungsprogramme, werden darüber hinaus vorausschauende Daten zur Anpassung an den Klimawandel und sozioökonomischer Änderungen benötigt. Zeitlich und regional knapper werdende Wasserressourcen erfordern eine Steigerung der Effizienz der Wassernutzung. Dabei sollen digitale Technologien und Modelle, wie sie im Programm für Forschung und Entwicklung zur Stärkung der modernen Land-, Forst- und Wasserwirtschaft (BMLRT, 2020) vorgesehen sind, eingesetzt werden.

Digitalisierung in der landwirtschaftlichen Bewässerung kann wesentlich dazu beitragen, einerseits die Versorgung mit regionalen Lebensmitteln zu gewährleisten und andererseits den guten Zustand der Gewässer zu erhalten bzw. zu erreichen.

MeinBezirk.at; Gänserndorf (23.02.2023)

Im Marchfeld ist speziell die Landwirtschaft abhängig von einem stabilen Grundwasserspiegel auf nicht zu niedrigem Niveau. „Heuer ist der Grundwasserstand im Jahresvergleich zum Vorjahr, das ebenfalls bereits unter dem Durchschnitt lag, in Deutsch-Wagram um 30 Zentimeter niedriger, das ist eine denkbar ungünstige Voraussetzung für die Sommersaison“, befürchtet Franz Steiner, Geschäftsführer der Marchfeldkanalgesellschaft in Deutsch-Wagram. Das Grundwasser sollte im Winter steigen, damit es im Sommer bei der Bewässerung der Felder keine Probleme gebe. Wichtig dafür seien ausreichend Niederschläge im Winter, die aber immer mehr zurückgingen.

Aufgrund der klimatischen Veränderungen wird sich der Bewässerungsbedarf im Osten Österreichs bis 2050 voraussichtlich fast verdoppeln (BMLRT, 2021). Das stellt sowohl die Landwirtschaft als auch die Wasserwirtschaft vor enorme Herausforderungen. Welche Chancen bietet die Digitalisierung, um mit diesen Herausforderungen umzugehen und die landwirtschaftliche Bewässerung in Österreich ressourcenschonend in Hinblick auf die Wassernutzung zu gestalten? Welche digitalen Anwendungen werden in Österreich zu diesem Zweck bereits genutzt? In welche Rahmenbedingungen müssen Digitalisierungsbemühungen eingebettet sein, um die UN Nachhaltigkeitsziele Ernährungssicherheit (SDG 2) und nachhaltige Wasserressourcennutzung (SDG 6) zu erreichen?

Diese Fragen sollen in den folgenden Kapiteln beantwortet werden.

1.1 Landwirtschaftliche Bewässerung

1.1.1 Rahmenbedingungen

In Österreich entspricht der Wasserbedarf für die landwirtschaftliche Bewässerung mit 69 Mio. m³, rund 2,3 % des gesamten Wasserbedarfs. Die Entnahmen konzentrieren sich vorwiegend auf Regionen in Ostösterreich und zeitlich auf die Vegetationsperiode

(BMLRT, 2021). Jene Fläche die in Österreich mit den verfügbaren technischen Einrichtungen und der verfügbaren Wassermenge bewässert werden könnte, belief sich im Zeitraum 2019–2020 auf 122.347 ha (STATISTIK AUSTRIA, 2020). Ungefähr 90 % dieser bewässerbaren Fläche liegen in nur neun Regionen in Ostösterreich. Obwohl davon ausgegangen wird, dass sich die Flächenverfügbarkeit für die landwirtschaftliche Produktion bis zum Jahr 2050 um etwa 11 % verringert (Sinabell et al., 2018), wird angenommen, dass die Gesamterträge ungefähr gleichbleiben. Um dies zu gewährleisten, sind ertragssteigernde Maßnahmen, z. B. eine intensivere Bewässerung notwendig. Ausgehend von diesen Rahmenbedingungen und unter der Annahme von verschiedenen Klimaszenarien kann der Bewässerungsbedarf bis zum Jahr 2050 auf rund 115 bis 125 Mio. m³ steigen. Unter Berücksichtigung der Klimavariabilität und des weiteren Ausbaus von Bewässerungsanlagen sogar auf bis zu 159 Mio. m³ (BMLRT, 2021). Desweiteren kann es zu einer Ausdehnung der bewässerten Fläche von Ost nach West kommen.

Hinsichtlich dieser Szenarien bedarf es einer ressourcenschonenden und nachhaltigen Gestaltung der landwirtschaftlichen Bewässerung sowie einer vorausschauenden wasserwirtschaftlichen Planung in Bezug auf die Entnahmen von Wasser für Bewässerungszwecke. Der Grundstein dafür wird bereits bei der Bewilligung von Wasserrechten gelegt. Diese werden für die landwirtschaftliche Bewässerung für einen Zeitraum bis zu 25 Jahren vergeben. Dafür sind aktuelle Daten und möglichst aussagekräftige Prognosen insbesondere zum Wasserbedarf, zum Wasserverbrauch, zur Wassernutzungseffizienz und zur Wasserqualität notwendig. Letztendlich müssen diese Informationen in geeigneter Form sowohl für Landwirt:innen als auch für wasserwirtschaftliche Entscheider:innen leicht zugänglich und bezüglich der spezifischen Fragestellungen interpretierbar sein.

1.1.2 Nachhaltigkeit und integriertes Wasserressourcenmanagement

Im Idealfall findet **nachhaltige** landwirtschaftliche Bewässerung unter Bedingungen statt, bei denen ein Gleichgewicht zwischen wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Anforderungen gefunden wird (EEA, 2020; Zwickle et al., 2021). Wasser sollte als eine begrenzte und wertvolle Ressource verstanden werden, die von verschiedenen Sektoren und Interessengruppen genutzt wird. Man spricht in diesem Zusammenhang von „Integriertem Wasserressourcenmanagement“ (IWRM). Ziel des IWRM ist es, Wasser auf eine umfassende und ausgewogene Weise zu betrachten und zu bewirtschaften. Insbesondere die Wechselwirkungen zwischen hydrologischen und klimatischen Bedingungen, Landnutzungsprozessen und den relevanten sozioökonomischen Prozessen finden im IWRM Berücksichtigung.

Voraussetzung für ein integriertes Wasserressourcenmanagement im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung ist ein interessengruppenübergreifendes Verständnis aller relevanten Aspekte und Wechselwirkungen. Folgende Aspekte sollten entsprechende Berücksichtigung finden:

- **Sozioökonomie:** Berücksichtigung des wirtschaftlichen Wohlergehens von Landwirt:innen; gleichberechtigter Zugang zu Wasserressourcen und Förderungen;
- **Gewässerschutz:** effiziente und verantwortungsvolle Nutzung von Wasserressourcen; Vermeidung der Übernutzung über das nutzbare Grundwasserdargebot und ökologisch notwendige Mindestabflüsse hinaus; Einhaltung von Entnahmebeschränkungen; Vermeidung von Wasserverschmutzung;
- **Optimierung und Weitsicht:** Steigerung der Ertragsleistung der Kulturpflanzen bei gleichzeitiger Minimierung des Wassereinsatzes durch **effiziente Bewässerung**; Investitionen in standortangepasste und langfristig sinnvolle, d. h. an die Entwicklung des Wasserdargebots angepasste, Bewässerungsstrategien;
- **Anpassungsfähigkeit:** flexible Bewässerungs- und Anbaustrategien unter wechselnden klimatischen Bedingungen (z. B. trockenresiliente, standortgeeignete Kulturpflanzen; an den jeweiligen Pflanzenwasserbedarf angepasste Bewässerung);
- **Umweltschutz:** Einsatz erneuerbarer Energien für den Betrieb von Pumpen; Schutz des Bodens, der Luft und der Ökosysteme.

Eine **effiziente Bewässerung** sollte grundsätzlich auf dem tatsächlichen Wasserbedarf der Pflanzen und dem verfügbaren Bodenwasser beruhen. Ein Überschuss an Bewässerungswasser erhöht das Risiko einer unproduktiven Verdunstung oder eines Oberflächenabflusses, eines Wasserverlustes durch Tiefensickerung und einer Auswaschung von Nähr- und Schadstoffen ins Grundwasser. Andererseits führt ein Defizit an Boden- oder Bewässerungswasser zu Trockenstress und in der Regel zu Ertrags- und Qualitätseinbußen. In diesem Zusammenhang ist die Wahl des richtigen Bewässerungszeitpunkts und der richtigen Bewässerungsmenge entscheidend (Lieder, 2022).

Technologien wie die Digitalisierung können bei der Umsetzung derartiger Anforderungen eine entscheidende unterstützende Rolle spielen.

1.2 Digitalisierung

Die Digitalisierung ist aktuell einer der fundamentalsten gesellschaftlichen Transformationsprozesse, der nahezu alle Lebensbereiche durchdringt. Im Wesentlichen versteht man unter **Digitalisierung** den gänzlichen oder teilweisen Ersatz von analoger Technologie durch digitale, computerbasierte Technologie (Wolf & Strohschen, 2018).

1.2.1 Landwirtschaft

Auch im Sektor Landwirtschaft werden digitale Technologien mittlerweile seit Jahrzehnten, mit unterschiedlichem Erfolg und unterschiedlicher Verbreitung, angewendet. So wurden in Österreich beispielsweise in den 1990er Jahren auf Basis photogrammetrischer Auswertungen für den Berghöfekataster erstmalig Daten zur landwirtschaftlichen Bewirtschaftung in Computersystemen erfasst (BAB, 2002) oder auf Basis von Satellitendaten Karten zur Landbedeckung (z. B. CORINE Landbedeckung 2018 (Umweltbundesamt 2022)) erstellt.

In den frühen 2000er Jahren wurden in Österreich erste Versuche unternommen, Fernerkundungsdaten für die Bestimmung der Bodenfeuchte zu nutzen (Scipal et al., 2002) oder gekoppelt mit GPS-Technologien und Bodensensoren für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung (precision farming) zu verwenden (Blaschka, 2003). Ebenfalls in den 2000er Jahren wurden Wetterstationen immer häufiger automatisiert (Rudel et al., 2005) und wissensbasierte Informationssysteme geschaffen (z. B. INVEKOS-GIS).

Mit Beginn der 2010er Jahre wurden in Österreich zunehmend landwirtschaftlich relevante digitale Karten verfügbar (z. B. Digitale Bodenkarte), ebenso wie fortgeschrittene Software und Datenanalysetechniken wie z. B. Farmmanagement- und Informationssysteme (BMNT, 2018).

Jüngere Entwicklungen im Digitalisierungsprozess umfassen die Robotisierung und Automatisierung (Drohnen, Futterroboter etc.), die Verwendung von Anwendungssoftware (am Handy) zur Lösung spezifischer landwirtschaftlicher Fragestellungen (z. B. Agrarmarkt, Wetter, Maschineneinstellung etc.) oder die Ableitung des Pflanzenzustands und Ertrags aus Satellitendaten der Sentinel-Missionen (BMNT, 2018).

Momentan wird in Österreich vor allem durch Fortschritte beim Breitbandausbau für 5G-Anwendungen ein weiterer technologischer Sprung erwartet, der sich insbesondere auf

die Echtzeitsteuerung von Anlagen, Robotern und Drohnen und die Integration kontinuierlicher Maschinen- und Umweltdaten in landwirtschaftliche Maschinen und Infrastruktur auszeichnen wird, also das sogenannte „Smart Farming“ erlauben wird. Smart Farming umfasst Technologien, „die eine bessere Vernetzung von externen und internen Daten ermöglichen, z. B. aus Sensoren, Telemetriesystemen, Webportalen, Apps, Drohnen u.v.a.m.“ (BMNT, 2018). Smart farming bezieht sich auf sämtliche Bestrebungen zur Einbeziehung von Informations- und Kommunikationstechnologie in landwirtschaftliche Produktionsprozesse (Bacco et al., 2019). Auch der Begriff „Landwirtschaft 4.0“ ist in diesem Zusammenhang gebräuchlich (BMNT, 2018).

Nicht zuletzt ist der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (BMNT, 2018) und die Schaffung Digitaler Zwillinge auch im landwirtschaftlichen Produktionsprozess abzusehen. Unter einem Digitalen Zwilling („digital twin“) versteht man dabei eine virtuelle Kopie eines physischen Objekts, Systems oder Prozesses, welches in Echtzeit Daten empfängt und analysiert, um ein besseres Verständnis und eine effektivere Steuerung des realen Gegenstücks zu ermöglichen.

Die Studie „Digitalisierung in der Landwirtschaft“ (BMNT, 2018) beinhaltet eine umfassende Beschreibung des Standes der Entwicklung der Digitalisierung in der österreichischen Landwirtschaft.

1.2.2 Wasserwirtschaft

Auch in der Wasserwirtschaft finden europaweit seit Jahrzehnten digitale Transformationsprozesse statt, die vor allem darauf abzielen die Überwachung, den Schutz und die effiziente Nutzung von Wasserressourcen zu verbessern. Unter „Wasserwirtschaft 4.0“ wird beispielsweise „die Nutzung von Digitalisierung und Automatisierung in Verwaltung, Planung und allen physikalisch-chemischen Prozessen zum Schutz und der nachhaltigen Nutzung der Ressource Wasser, zur Versorgung von Haushalten, Industrie und Landwirtschaft und zum Schutz vor wasser- und gewässerbedingten Risiken“ verstanden (BMU, 2019). Während Monitoringdaten auch vorher in Computern bearbeitet wurden, begann man in Österreich vor allem in den 1990er Jahren mit der Einführung geographischer Informationssysteme (GIS) zur Darstellung räumlicher Daten als Entscheidungsunterstützung im Wassermanagement sowie mit der systematischen Erfassung und Auswertung von Monitoringdaten in Datenbanken (BMLRT, 2022b).

In den 2000er Jahren wurden vor allem Fortschritte im Bereich der hydrographischen Sensortechnik und dem Echtzeitmonitoring von Grundwasserspiegeln, Wasserständen und Abflüssen gemacht. Gleichzeitig entwickelte sich auch der Bereich der Verwendung von Radar- und Satellitendaten für Wetter- und Klimaprognosen stetig weiter (Thies, 2011; Dewitte et al., 2021). Die Entwicklung hin zu webbasierten geografischen Informationssystemen (WebGIS; z. B. WISA, eHYD, H2O-Fachdatenbank) und Datenportalen (Bund, Länder) mit wasserwirtschaftlichen Schwerpunkten, fand überwiegend im Zusammenhang mit der Erstellung des 2. Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplans (NGP 2015) (BMLFUW, 2017) statt.

Zunehmend werden fortgeschrittene Software- und Datenanalysetechniken angewendet. Mit der enormen Zunahme der Rechnerleistung, der besseren zeitlichen und räumlichen Auflösung von Eingangsdaten und der Verwendung von Techniken des maschinellen Lernens, werden auch Wasserhaushalts- und Grundwassermodelle und die entsprechende Software fortlaufend weiterentwickelt. Und auch für ein integriertes Wassermanagement erwartet man zunehmende Nutzung Künstlicher Intelligenz und Digitaler Zwillinge (Henriksen et al., 2022, Keilholz et al., 2020).

1.2.3 Bewässerung

Der Einsatz digitaler Technologien im Bereich der landwirtschaftlichen Bewässerung soll eine effiziente Bewässerung sicherstellen und Landwirt:innen bei der Auswahl und Umsetzung von Bewässerungsstrategien unterstützen, welche sowohl auf Ertrags-sicherung bzw. -optimierung als auch auf nachhaltige Nutzung der Wasserressourcen und ggf. die Einhaltung wasserwirtschaftlicher Beschränkungen ausgerichtet ist (Abioye et al., 2022).

Für eine effiziente Bewässerung ist neben vorausschauender Infrastruktur- und Anbauplanung (Zhao et al., 2022, Fan et al., 2022) vor allem die Wahl des richtigen Bewässerungszeitpunkts und der richtigen Bewässerungsmenge ausschlaggebend (Lieder, 2022; Chen et al., 2019). Diese Entscheidungen sind in der Regel erfahrungsabhängig und Anpassungen erfolgen häufig basierend auf Versuch und Irrtum (Keilholz et al., 2020). Digitale Werkzeuge im Bereich der landwirtschaftlichen Bewässerung könnten dabei unterstützen, langjährige Erfahrungen und neueste wissenschaftliche Erkenntnisse in Einklang zu bringen und bergen Potenzial für Verbesserungen in folgenden Bereichen der landwirtschaftlichen Bewässerung:

- **Datenerfassung:**

Pflanzensensoren können pflanzenphysiologische Reaktionen auf Wasserstress – wie zum Beispiel die Reduktion der Wasserspannung in Blättern oder Stängel oder das Schließen der Spaltöffnungen – anzeigen, bevor diese durch reine Beobachtung zu erkennen sind. Bodenwassersensoren liefern Daten über das tatsächliche pflanzenverfügbare Wasser in der Wurzelzone, das ohne technische Hilfsmittel nur grob abgeschätzt werden kann. Bei der Planung des Bewässerungsvorganges sind auch die aktuellen Witterungsverhältnisse, insbesondere Niederschlag, Sonneneinstrahlung, Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit, zu berücksichtigen, um einen möglichst effizienten Betrieb zu gewährleisten. Fernerkundungsmethoden ermöglichen Rückschlüsse auf den tatsächlichen Vegetationszustand oder die oberflächennahe Bodenfeuchte und erlauben ein großflächiges Monitoring als Basis für die Bewässerungssteuerung. Intelligente Wasserzähler zur Echtzeiterfassung von Verbrauchsdaten können helfen, Leckagen und Wasserverluste zeitnah zu entdecken und den Wasserzufluss fernzusteuern.

- **Modellierung und Entscheidungsunterstützung:**

In Wasserbilanz- und Pflanzenwachstumsmodellen können sämtliche für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion maßgebliche Parameter – wie Boden- und Sorteneigenschaften und -eignung, Wetterdaten und Bewirtschaftungsmaßnahmen – in der Planung berücksichtigt werden. Daraus können mittels Softwarelösungen standort- und kulturartenspezifische Bewässerungsstrategien abgeleitet werden. Wasserbilanzmodelle können zu Grundwassermodellen bzw. Wasserhaushaltsmodellen erweitert werden und die Bewertung der Auswirkungen von Managemententscheidungen erleichtern.

- **Prognose:**

Fortgeschrittene Modelle und Datenanalysemethoden können zukünftige Bewässerungsbedürfnisse prognostizieren und Szenarien simulieren, um optimale Entscheidungen zu treffen. Die Anbauplanung könnte an prognostizierte Wasserverfügbarkeiten (Niederschlag, Grundwasser, Oberflächengewässer) angepasst werden. Die Verfügbarkeit von Wasserressourcen über längere Zeiträume und unter Einbeziehung von Wasserspeicherung oder alternativen Wasserquellen könnte die Investitionsplanung oder Entwicklung von Förderinstrumenten für die landwirtschaftliche Bewässerung verbessern.

- **Steuerung:**

Landwirtschaftliche Bewässerung kann durch automatisierte Steuerung von Bewässerungsanlagen, wie das getrennte Schalten von Bewässerungssektoren oder das Stoppen von Bewässerungsvorgängen, effizienter gestaltet werden. Über das Internet

der Dinge (IoT) können Sensordaten (z. B. zur Bodenfeuchte) und Wettervorhersagen mit intelligenten Entscheidungssystemen (Software, KI) verknüpft und Bewässerungsanlagen in Echtzeit gesteuert werden. Über Sensoren erfasste kurzfristige Wasserstandsschwankungen (z. B. aufgrund von typischen Bewässerungsmustern in einem Gebiet) könnten bei der Bewässerungssteuerung berücksichtigt und ausgeglichen werden. Bewässerungsvorgänge könnten aufgrund der Unterschreitung kritischer Wasserstände abgebrochen werden.

- **Dokumentation:**

Durch eine digitale Datenerfassung, z. B. in Farm Management Systemen, könnten Aufzeichnungspflichten im Bereich der landwirtschaftlichen Bewässerung leichter erfüllt werden und die Informationen in eine Datenbank für Wasserentnahmen übernommen werden.

Präzisionslandwirtschaft nutzt Sensoren, Datenanalyse, Automatisierung und andere digitale Lösungen, um den Wasser- und Ressourceneinsatz zu optimieren, die Ernteerträge zu steigern und die Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft zu fördern. Es ist ein Schlüsselkonzept im Kontext der Digitalisierung in der landwirtschaftlichen Bewässerung.

2 Ziele

Ziel der vorliegenden Studie ist es, einen Überblick über digitale Werkzeuge in Zusammenhang mit landwirtschaftlicher Bewässerung in Österreich zu geben. Die Darstellung der Informationen erfolgt in übersichtlichen und einheitlichen Themenblättern.

Die Nutzung digitaler Anwendungen wurde unter Einbindung der Interessensgruppen Landwirtschaft, Wasserwirtschaft und Forschung erhoben sowie Entwicklungen und Herausforderungen erarbeitet. Daraus wurden wasserwirtschaftlich relevante Empfehlungen zur Digitalisierung in der landwirtschaftlichen Bewässerung abgeleitet.

3 Methodik

3.1 Online- und Literaturrecherche

Für einen umfassenden Überblick zum Stand der Digitalisierung im Zusammenhang mit landwirtschaftlicher Bewässerung in Österreich wurde zunächst eine umfassende Online- und Literaturrecherche (Suchmaschinen, Datenbanken, Internetplattformen) durchgeführt, welche im Verlauf des Projekts um Rückmeldungen aus Umfragen, Workshops und dem Austausch mit einzelnen Expert:innen ergänzt wurde. Der Fokus der Recherchearbeit lag dabei auf der Ermittlung digitaler Werkzeuge zu Fragestellungen rund um die landwirtschaftliche Bewässerung in Österreich und in angrenzenden Ländern, vorrangig Deutschland und der Schweiz. Auch Erfahrungen und Erkenntnisse aus vorangegangenen Forschungsprojekten wurden einbezogen. Das Rechercheergebnis stellt den Stand September 2023 dar. Mit einer schnellen technologischen Weiterentwicklung digitaler Anwendungen in diesem Bereich ist zu rechnen.

3.2 Identifizierung der Akteur:innen

Parallel zur Online- und Literaturrecherche wurden die wesentlichen Akteur:innen im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung identifiziert:

- **Wasserwirtschaft:** Planer:innen, Behörden und Förderstellen;
- **Landwirtschaft:** Landwirt:innen, Landwirtschaftskammern, Bewässerungsgenossenschaften und -verbände, Ausbildungs- und Beratungseinrichtungen;
- **Wissenschaft und Forschung:** Universitäten, Ausbildungs- und Beratungseinrichtungen, Kooperationspartner (z. B. Betriebe, die Innovationen testen und evaluieren und Unternehmen, die innovative Technologien bereitstellen);
- **Allgemeinheit:** Bürger:innen, Medien, Interessensverbände, zivilgesellschaftliche Organisationen.






Eine Stichprobe von Akteur:innen aus den Bereichen Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Wissenschaft und Forschung wurde in Workshops und Online-Umfragen zur Bekanntheit und zur Nutzung digitaler Werkzeuge befragt (siehe Kapitel 3.4).

3.3 Darstellung der digitalen Anwendungen

3.3.1 Zuordnung zu Schlagworten

Die erhobenen digitalen Werkzeuge wurden typischen Schlagworten zugeordnet, wie in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Schlagwortbezogene Zuordnung der digitalen Werkzeuge.

Icon	Schlagwort	Erläuterung
 The icon shows a green square with a white border. Inside, there is a stylized illustration of a green plant with two leaves growing out of a brown soil mound. Above the plant, there are several small blue droplets representing water being sprayed or irrigated.	Bewässerung	Angebote und Plattformen, die sich konkret auf Bewässerungsthemen beziehen. Anwendungen zur Steuerung von Bewässerungsanlagen, Entscheidungsunterstützungssysteme und Anwendungen zur Dokumentation von Bewässerungsmengen fallen in diese Gruppe, ebenso Informationsplattformen zum Thema Bewässerung.
 The icon shows a blue square with a white border. Inside, there is a stylized illustration of a blue cloud with a yellow sun partially visible behind it. Below the cloud, there are three blue raindrops falling.	Hydrologie	Datenbanken und Angebote wie die hydrographischen Dienste der Bundesländer oder das Wasserinformationssystem Austria (WISA). Sie stellen eine wichtige Datenbasis hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Fragestellungen dar.
 The icon shows a green square with a white border. Inside, there is a stylized illustration of a green plant with two leaves growing out of a brown soil mound. The soil mound is shown in a cross-section, revealing a darker brown layer underneath.	Boden, Pflanze	Farm Management Systeme, die Landwirt:innen bei der Dokumentation von Maßnahmen unterstützen sind in dieser Kategorie zusammengefasst. Hauptsächlich werden dabei Dünge- oder Pflanzenschutzmaßnahmen festgehalten.
 The icon shows a blue square with a white border. Inside, there is a stylized illustration of a globe with a blue and green color scheme. Above the globe, there is a yellow sun and a blue cloud with raindrops. Below the globe, there is a small blue figure of a person.	Klima	Datenquellen und Datenbanken zum Thema Klima sind dieser Kategorie zugeordnet. Sie umfasst beispielsweise die Datenangebote der GeoSphere Austria und diverse Trockenheitsbeobachtungen.
 The icon shows an orange square with a white border. Inside, there is a stylized illustration of a brown soil mound with a cross-section showing a darker brown layer underneath. There are small black dots representing soil particles or roots.	Boden	Grundlagendaten zum Thema Boden sind in dieser Gruppe zusammengefasst. Darunter fallen zum Beispiel eBOD und die Bodenschätzung.

Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

3.3.2 Identifikation von Themenbereichen

Zur kritischen Bewertung der erhobenen digitalen Werkzeuge wurden ausgehend von der Identifizierung der wesentlichen Akteur:innen relevante Themenbereiche im Zusammenhang mit landwirtschaftlicher Bewässerung herausgearbeitet (siehe Kapitel 4.1). Für jeden Themenbereich wurden übergeordnete Ziele sowie konkrete Ziele definiert, die durch den Einsatz digitaler Werkzeuge erreicht werden können. Wenn potenzielle Anwender:innen diese konkreten Ziele verfolgen, wird es für sie einfacher, die entsprechenden digitalen Werkzeuge zu identifizieren und zu nutzen. Diese Struktur soll dazu beitragen, die Verwendung digitaler Werkzeuge zu fördern.

Die erarbeiteten Themenbereiche, Zielebenen und konkreten Ziele (Kapitel 4.1) sowie die zuvor erläuterten Schlagworte (Kapitel 3.3.1) waren Grundlage für die Gestaltung von Informations- und Themenblättern.

3.3.3 Informations- und Themenblätter

Inhalt und Aufbau der Informations- und Themenblätter wurden vom Projektteam in einem iterativen Diskussionsprozess festgelegt. Als Darstellungsformat wurden digitale Textdokumente (pdf-Dateien) gewählt, die entwickelte Struktur erlaubt jedoch eine zukünftige Darstellung auf einer interaktiven Website.

Für jedes digitale Werkzeug wurde ein Informationsblatt erstellt. Die **Informationsblätter** enthalten eine kurze Beschreibung des digitalen Werkzeugs und Informationen zur generellen Verfügbarkeit, Informationsgehalt, zeitlicher und räumlicher Abdeckung sowie etwaige Zugangs- und Nutzungsbeschränkungen. Die digitalen Werkzeuge wurden Schlagwörtern zugeordnet, welche auf dem Informationsblatt mit Icons (Tabelle 1) dargestellt wurden. Außerdem sind die zugeordneten Interessen, Zielebenen und Ziele auf dem Informationsblatt enthalten.

Themenblätter sind Übersichten und fassen für die einzelnen Themenbereiche relevante digitale Werkzeuge und die dazugehörigen Zielebenen und Ziele zusammen.

3.4 Einbeziehung der Interessensgruppen

3.4.1 Umfragen

Mittels **Online-Umfrage** wurden Bekanntheit und Nutzung verschiedener digitaler Werkzeuge abgefragt. Eine Liste mit Anwendungen und Internetlinks wurde zur Verfügung gestellt, dazu wurden folgende Fragen gestellt:

- Sind Ihnen diese digitalen Anwendungen, Datengrundlagen und Plattformen bekannt?
Wenn ja: verwenden Sie diese? [Auswahl ja/nein]
- Welche Informationen sind in Ihrem Arbeitsbereich in Bezug auf landwirtschaftliche Bewässerung am wichtigsten? [Texteingabe]
- Welche dieser Informationen stehen für Sie zugänglich zur Verfügung? [Texteingabe]
- Welche weiteren Informationen würden Sie leicht zugänglich benötigen?
[Texteingabe]

Für die Umsetzung wurde das von der BOKU-IT zur Verfügung gestellte Tool „Lime Survey“ verwendet. Um eine hohe Rücklaufquote zu erreichen und nach Interessensgruppen differenzieren zu können, wurden ausgewählte Akteur:innen gezielt angeschrieben. Eingaben und Auswertungen erfolgten anonymisiert. 49 Personen haben sich im Zeitraum von September 2022 bis Jänner 2023 aktiv an der Umfrage beteiligt und viele Informationen bereitgestellt, dabei waren drei Interessensgruppen (Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Wissenschaft und Forschung) vertreten. Der Großteil der Personen (25), welche den Fragebogen beantworteten, kann der Interessensgruppe Landwirtschaft zugeordnet werden. Aus der Interessensgruppe Wasserwirtschaft beantworteten 17 Personen den Fragebogen. Die restlichen sieben Personen sind der Interessensgruppe Forschung und Wissenschaft zuzuordnen.

Das Ziel einer weiteren Umfrage war die Erhebung praktischer Erfahrungen mit digitalen Werkzeugen in der landwirtschaftlichen Bewässerung und die Art und der Umfang ihrer Nutzung am landwirtschaftlichen Betrieb.

- Hängt die Möglichkeit zu bewässern überwiegend von einer Bewässerungsgenossenschaft ab?
- Sind Sie in der Entscheidung zu bewässern unabhängig?
- Wie hoch ist der Gemüseanteil an Ihrer Fruchtfolge in Prozent?
- Welche Bewässerungsmethode verwenden Sie zu welchem Anteil in Prozent?

- Was sind aus Ihrer Sicht mögliche Anpassungsmaßnahmen an knapper werdende Wasserreserven?
- Auf welcher Grundlage entscheiden Sie über den Start eines Bewässerungsvorganges?
- Auf welcher Grundlage entscheiden Sie über die aufgebrachte Bewässerungsmenge bei einem Bewässerungsvorgang?
- Wie gut können Sie den Pflanzenwasserbedarf anhand Ihrer Methode abschätzen?
- Wie stark beziehen Sie die Eigenschaften und räumlichen Unterschiede Ihrer Böden in diese Entscheidungen mit ein?
- Wie hoch schätzen Sie den Nutzen von Anwendungen/Methoden ein, die Sie in Ihrer Entscheidung zu Bewässerungszeitpunkt und Bewässerungsmenge unterstützen?
- Auf welche Wetterdaten greifen Sie regelmäßig zu?
- Wenden Sie konservierende Bodenbearbeitungsmethoden an?
- Verwenden Sie Wasserzähler bei der Bewässerung?
- Über welche möglichen Bewässerungssysteme haben Sie sich schon informiert?
- Wenn Sie noch keine Bewässerung haben, in welches System würden Sie investieren?
- Welche digitalen Farm Management Systeme kennen Sie und verwenden Sie?
- Was sind die größten Herausforderungen mit dem aktuell angewendeten Bewässerungssystem?

Die Umfrage wurde mittels anonymisierter Fragebögen im Rahmen einer landwirtschaftlichen Veranstaltung in Niederösterreich durchgeführt. 27 Fragebögen wurden ausgefüllt. Eine statistische Auswertung wurde aufgrund der nicht repräsentativen Stichprobe nicht durchgeführt.

3.4.2 Workshops

Ein noch höherer Informationsgehalt konnte durch moderierte Diskussionsrunden mit Vertreter:innen der verschiedenen Interessensgruppen erzielt werden. In Niederösterreich und dem Burgenland wurden physische Treffen organisiert, mit Vertreter:innen aus Oberösterreich, der Steiermark und Tirol wurden Online-Besprechungen abgehalten. Die angesprochenen Themen basierten auf den Antworten und Rückmeldungen zu den Umfragen, wurden im Laufe der Gespräche aber um einige Aspekte und Erfahrungen erweitert. Die zentralen Punkte können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Aktueller Stand der Digitalisierung im Bereich der landwirtschaftlichen Bewässerung,
- Vorteile und Nachteile der Digitalisierung im Bereich der landwirtschaftlichen Bewässerung,

- Bekanntheit und Nutzung von digitalen Werkzeugen,
- Verwendete Wetter-Dienste,
- Vorhersagequalität der Wetterprognosen,
- Erfahrung mit technologischen Innovationen in Bezug auf Steuerung, Überwachung und Automatisierung von Bewässerungsanlagen,
- Einfluss von rechtlichen und gesetzlichen Rahmenbedingungen auf die Bewässerungsplanung und/oder -entscheidung,
- Dokumentation von Bewässerungsmengen,
- Vorlage von Bewässerungsaufzeichnungen an Behörden,
- Besonderheiten bezüglich landwirtschaftlicher Bewässerung im jeweiligen Bundesland bzw. in der jeweiligen Region,
- Bestimmung des optimalen Bewässerungszeitpunktes unter den vorherrschenden Bedingungen,
- Ausschlaggebende Kriterien für die Bewässerungsentscheidung,
- Informationsquellen zu landwirtschaftlicher Bewässerung,
- Hilfestellungen für künftige Bewässerungsplanung,
- Wünsche, Anregungen, die eine bessere Bewässerungsplanung ermöglichen.

4 Ergebnisse und Diskussion

Im gegenständlichen Projekt wurden 79 digitale Werkzeuge im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung erhoben, evaluiert und in übersichtlicher und standardisierter Form in Informationsblättern dargestellt. Dazu wurde erarbeitet, welche Themenbereiche und welche spezifischen Ziele im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung für unterschiedliche Interessensgruppen von Bedeutung sind (Kapitel 4.1). Es folgt eine Übersicht aller erhobenen digitalen Werkzeuge (Kapitel 4.2) sowie Beispiele und Erläuterungen für die erarbeiteten webtauglichen Informationsblätter (Kapitel 4.3). Die erhobenen digitalen Werkzeuge wurden hinsichtlich ihrer Bekanntheit und ihrer Nutzung evaluiert (Kapitel 4.4). Ausgehend davon wurden Defizite und Potenziale in Bezug auf den Einsatz digitaler Anwendungen im Rahmen der landwirtschaftlichen Bewässerung beschrieben (Kapitel 4.4) und Empfehlungen zur besseren Nutzung der Vorteile der Digitalisierung im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung erarbeitet (Kapitel 6).

4.1 Relevante Themenbereiche

4.1.1 Betriebliche Interessen

4.1.1.1 Themenbereich Bewirtschaftung und Bewässerungsmanagement

Landwirtschaftliche Betriebe haben die **Verbesserung der Produktivität** zum Ziel. Dies kann durch die Sicherung des Ertrags bei gleichzeitiger Verringerung des Ressourcen- und Betriebsmitteleinsatzes erreicht werden. Eine entsprechende Bewirtschaftung beinhaltet eine standortangepasste Bodenbearbeitung, Kulturartenwahl und Bewässerung. Der Wassereinsatz für die Bewässerung kann verringert werden, wenn sich die Bewässerung am tatsächlichen Pflanzenwasserbedarf orientiert und der Bodenwasserspeicher einbezogen wird. Auch die Witterung, insbesondere Windverhältnisse und Sonneneinstrahlung, sollte zwecks Vermeidung von Verdunstungsverlusten berücksichtigt werden. Für eine optimale Bewässerung sind somit der richtige Zeitpunkt und die entsprechende Wassermenge ausschlaggebend. Außerdem kann innovative Bewässerungstechnik, zum Beispiel die Kombination eines wassersparenden Bewässerungssystems mit automatisierter

Steuerung, die Effizienz erhöhen. Auch Pflanzenschutz und Düngung, allein oder in Kombination mit einer Bewässerungsstrategie, tragen zur Produktivität bei. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist der reduzierte Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln eine vorbeugende Maßnahme des Gewässerschutzes.

4.1.1.2 Themenbereich Betriebsführung und Dokumentation

Die Betriebsführung umfasst neben der Buchhaltung unter anderem die langfristige Planung, wie z. B. die Anschaffung eines Bewässerungssystems, die mittelfristige Planung, wie z. B. die Auswahl der Kulturen und den Kauf geeigneter Betriebsmittel, sowie kurzfristige Entscheidungen über die Bewirtschaftung und den Einsatz von Geräten und Betriebsmitteln. Darüber hinaus existieren behördliche Aufzeichnungspflichten, z. B. betreffend Düngemengen und Pflanzenschutzmaßnahmen. Eine entsprechende Dokumentation ist in jedem Fall sehr hilfreich. Dabei unterstützen Farm Management Systeme. Das sind Softwarepakete, die zum Beispiel über eine Ackerschlagskartei, ein Berichterstattungssystem, oder ein Technologienmanagement verfügen (Eckelmann, 2020). So kann etwa der Einsatz von Bewässerungsmaschinen optimiert und – in Kombination mit Wetterdaten – besser auf den tatsächlichen Wasserbedarf abgestimmt werden. Ein weiterer Vorteil der digitalen Dokumentation ist die einfache und schnelle Auswertbarkeit der Daten, sowie die Verknüpfung mit anderen Systemen.

4.1.1.3 Themenbereich Kooperation und Informationsaustausch

Eine vermehrte oder verstärkte Kooperation von landwirtschaftlichen Betrieben, führt zu Austausch von Wissen und einer generellen Verbesserung des Wissenstandes. Agrarpolitische Fragestellungen können diskutiert und beantwortet oder Beratungen in Anspruch genommen werden. Im Allgemeinen kann durch eine vermehrte Zusammenarbeit die Resilienz einzelner landwirtschaftlicher Betriebe erhöht werden. Von wesentlichem Interesse sind auch das Vorhandensein und die Zugänglichkeit von Informationen zu gesetzlichen Grundlagen, Fördermechanismen und Genehmigungsverfahren zur Errichtung von Bewässerungsanlagen. Weiters ist es wichtig, einen Überblick über verfügbare Betriebsmittel, landwirtschaftliche Maschinen sowie landwirtschaftliche Flächen zu haben.

Zur übersichtlichen Darstellung und Zuordnung der digitalen Werkzeuge wurden die **betrieblichen Interessen** in Zielebenen aufgegliedert (Tabelle 2). Die erste Zielebene betrieblicher Interessen steht für ein übergeordnetes Ziel, das von Landwirt:innen erreicht

werden kann, wenn ein bestimmtes digitales Werkzeug verwendet wird. Darauf aufbauend beruht die zweite Zielebene auf der Frage, was Landwirt:innen durch die Verwendung des digitalen Werkzeugs konkret anstreben, um das übergeordnete Ziel zu erreichen.

Tabelle 2: Betriebliche Interessen: Themenbereiche und Zielebenen.

Themenbereich	1. Zielebene (übergeordnetes Ziel)	2. Zielebene
Bewirtschaftung und Bewässerungsmanagement	Produktivität verbessern	<ul style="list-style-type: none"> • Bodenspeicher besser ausnützen und verbessern • Sickerwasser vermeiden • Verdunstungsverluste vermeiden • Gute Wasserversorgung ermöglichen • Kulturauswahl treffen • Pflanzengesundheit fördern • Frostschutz planen • Schadensminimierung betreiben • Gute Nährstoffversorgung ermöglichen
	Steuern und Überwachen	<ul style="list-style-type: none"> • Maschinen überwachen und kontrollieren • Bewässerungssektoren schalten
Betriebsführung und Dokumentation	Arbeitsplanung erstellen, Aufzeichnungspflichten erfüllen, Daten auswerten	<ul style="list-style-type: none"> • Wassermengen dokumentieren • Düngemengen dokumentieren • Förderrichtlinien einhalten • Innerbetrieblich kommunizieren
	Betrieb verwalten	<ul style="list-style-type: none"> • Überblick über Maschinen und Betriebsmittel haben • Überblick über Betriebsflächen haben
Kooperation und Informationsaustausch	Erfahrung und Informationen austauschen	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen austauschen

Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

4.1.2 Wasserwirtschaftliche Interessen

4.1.2.1 Themenbereich Wasserwirtschaftliche Planung

Das Ziel der wasserwirtschaftlichen Planung ist es entsprechend dem Wasserrechtsgesetz (WRG 1959 idgF.) Grund- und Oberflächengewässer derart zu schützen, zu verbessern und zu sanieren, dass eine Verschlechterung des jeweiligen Zustands verhindert und ein guter Zustand erreicht wird. Zielvorgaben in Bezug auf das Grundwasser sind ein guter chemischer und mengenmäßiger Zustand. Mengenmäßig ist der gute Zustand gegeben, wenn die mittlere jährliche Wasserentnahme aus dem Grundwasser die verfügbaren Ressourcen langfristig nicht übersteigt. Der jeweilige Zustand des Grundwassers soll zudem durch Entnahmen nicht weiter verschlechtert werden. Deshalb stellt sich aus wasserwirtschaftlicher Sicht zum einen die Frage nach hydrologischen und meteorologischen Daten, Wasserbilanzen und dem nachhaltig nutzbaren bzw. verfügbaren Wasserdargebot. Zum anderen werden Informationen zu Wassernutzungen als Datengrundlage für die Bewertung des mengenmäßigen Zustands und die langfristige Daseinsvorsorge sowie als Teil der Planungsgrundlagen für wasserrechtliche Bewilligungen benötigt. Potenzielle Wechselwirkungen zwischen Bewässerung und Wasserqualität sind aus wasserwirtschaftlicher Sicht ebenfalls zu untersuchen und zu bewerten. Dabei stellt sich sowohl die Frage nach der Eignung der örtlich verfügbaren Wasserressourcen für eine landwirtschaftliche Bewässerung als auch nach den Auswirkungen landwirtschaftlicher Bewässerung auf die Wasserqualität im Bewässerungsgebiet.

4.1.2.2 Themenbereich Umweltinformation und Bewusstseinsbildung

Bei Hochwasser, Niederwasser, Trockenheit und anderen Extremwetterereignissen ist es wichtig, alle direkt betroffenen Betriebe, Institutionen und Personen zu warnen, um vorbereitende Maßnahmen zu ermöglichen und so die Schäden zu minimieren. Außerdem muss abhängig von deren Betroffenheit die Öffentlichkeit gewarnt werden. Hierbei spielt auch die Bewusstseinsbildung hinsichtlich Naturgefahren eine wesentliche Rolle, insbesondere das Verinnerlichen bestimmter Verhaltensweisen in akuten Situationen. Von der Öffentlichkeit am häufigsten wahrgenommen werden sicherlich Warnungen vor Hochwasser. Für die Landwirtschaft hingegen ist die Warnung vor Trockenheit und der damit steigende Bewässerungsbedarf relevant. Durch wiederkehrende Berichte zu sinkenden Grundwasserpegeln geraten Landwirt:innen in manchen Regionen unter Druck der Öffent-

lichkeit, wenn sie in Trockenperioden bewässern. Durch eine Erhöhung der Berechnungseffizienz und eine nachweisbar nachhaltige Nutzung der Wasserressourcen ließe sich die Akzeptanz in der Bevölkerung erhöhen.

Zur übersichtlichen Darstellung und Zuordnung der digitalen Werkzeuge wurden auch die **wasserwirtschaftlichen Interessen** in Zielebenen aufgegliedert (Tabelle 3). Die erste Zielebene basiert auf der Frage, welches übergeordnete Ziel Anwender:innen mit wasserwirtschaftlichen Fragestellungen erreichen können, wenn ein bestimmtes digitales Werkzeug verwendet wird. Darauf aufbauend beruht die zweite Zielebene auf der Frage, was wasserwirtschaftliche Entscheider:innen durch die Verwendung des digitalen Werkzeugs konkret erreichen wollen.

Tabelle 3: Wasserwirtschaftliche Interessen: Themenbereiche und Zielebenen.

Themenbereich	1. Zielebene (übergeordnetes Ziel)	2. Zielebene
Wasserwirtschaftliche Planung	Wasserdargebot und -bedarf ermitteln	<ul style="list-style-type: none"> • Verfügbare Wassermenge bestimmen • Niederschlagsdefizit und Verdunstungsverluste bestimmen • Wasserentnahmemenge bestimmen • Bilanzrechnungen und Modellprognosen erstellen • Pflanzenverfügbares Bodenwasser ermitteln • Beurteilung des quantitativen Zustands von Grundwasserkörpern
Umweltinformation und Bewusstseinsbildung	Extremereignisse vorhersagen	<ul style="list-style-type: none"> • Vor Hochwasser warnen • Vor Trockenheit warnen
	Wasserressourcen bewusst nutzen	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrographische Daten bereitstellen • Verständnis erhöhen • Effizienz erhöhen und Nachhaltigkeit fördern

Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

4.1.3 Forschungsinteressen

4.1.3.1 Themenbereich Forschung und Entwicklung

Im Bereich der Forschung steht die Entwicklung von Methoden zur Bewässerungssteuerung und für das Monitoring von Pflanzen- und Bodeneigenschaften im Vordergrund. Ferner müssen Entscheidungshilfen zu bewässerungsrelevanten Fragestellungen basierend auf begründeten Parametern oder Indizes erarbeitet werden. Ebenfalls wichtig ist das Erstellen von Modellen für Prognosen (z. B. Wetter, Ertrag etc.) mit möglichst geringen Vorhersageunsicherheiten. Auch die Entwicklung effizienter Bewässerungstechnik bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen (Betriebsgröße, Kulturart, Klimazone) ist nach wie vor ein wichtiges Forschungsthema. Zudem müssen sozioökonomische Aspekte im Bewässerungszusammenhang untersucht werden, um z. B. im Hinblick auf wasserwirtschaftliche Zielvorgaben geeignete Fördermaßnahmen setzen zu können.

4.1.3.2 Themenbereich Wissens- und Technologietransfer

Erarbeitetes neues Wissen oder neue Technologien müssen den Weg von der Wissenschaft in die Praxis finden und sich dort bewähren. Für den Wissens- und Technologietransfer müssen diese verständlich und praxisrelevant formuliert werden und unmittelbar anwendbar sein. Als Kommunikationsweg würde sich eine zentrale Stelle, welche sich dem Thema Bewässerung widmet, eignen. Technologien könnten in Form von Workshops und Schulungen vorgestellt werden, wobei diese praxisnah durchzuführen sind. Auch im Rahmen von Innovationsprojekten können Technologien in ausgewählten Gebieten oder Betrieben erprobt und evaluiert werden.

Zur übersichtlichen Darstellung und Zuordnung der digitalen Werkzeuge wurden die **Forschungsinteressen** in Zielebenen aufgegliedert (Tabelle 4). Die erste Zielebene basiert auf der Frage, welches übergeordnete Ziel Wissenschaftler:innen erreichen können, wenn ein bestimmtes digitales Werkzeug verwendet wird. Darauf aufbauend beruht die zweite Zielebene auf der Frage, was Wissenschaftler:innen durch die Verwendung des digitalen Werkzeuges konkret anstreben, um das übergeordnete Ziel zu erreichen.

Tabelle 4: Forschungsinteressen: Themenbereich und Zielebenen.

Themenbereich	1. Zielebene (übergeordnetes Ziel)	2. Zielebene
Forschung und Entwicklung	Wissensstand erweitern und verbessern	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen und Expertisen von Externen einbeziehen • Modelle validieren und kalibrieren • Entscheidungsunterstützungssysteme evaluieren • Sichere Prognosen und fundierte Entscheidungen ermöglichen • Forschungsstandorte beschreiben
	Technologien entwickeln und verbessern	<ul style="list-style-type: none"> • Angepasste Technologien fördern
Wissens- und Technologie-transfer	Optimale Methoden entwickeln und evaluieren	<ul style="list-style-type: none"> • Entscheidungsunterstützungssysteme erstellen • Handlungsempfehlungen erstellen

Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

4.1.4 Allgemeine Interessen

4.1.4.1 Themenbereich Umweltschutz

Der Themenbereich Umweltschutz umfasst unter anderem den **Gewässerschutz** und die Zielvorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie und ihrer Tochterrichtlinien bzw. der entsprechenden nationalen Umsetzungen. Insbesondere spielen hier Überlegungen zu den Auswirkungen von Bewässerung auf Böden und Gewässer eine Rolle. Im Bereich des Gewässerschutzes soll es durch den Betrieb von Bewässerungssystemen zu keiner Verschlechterung des mengenmäßigen und chemischen Zustands von Grund- und Oberflächenwasserkörpern kommen (siehe auch Kapitel 4.1.2). Ein ökologisch notwendiger Mindestabfluss in den Fließgewässern soll eingehalten und die Entnahmen dürfen das nutzbare Grundwasserdargebot nicht überschreiten. Wechselwirkungen mit dem Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln sind zu berücksichtigen, diese können im Zusammenhang mit Bewässerungsvorgängen verlagert werden und sich bei übermäßigem Einsatz negativ auf Böden, Gewässer und Ökosysteme auswirken.

Im Rahmen der Anforderungen des **Naturschutzes** und des Wasserrechtsgesetzes sind die Auswirkungen landwirtschaftlicher Bewässerung auf grundwasserabhängige aquatische

und terrestrische Ökosysteme zu berücksichtigen und zu bewerten. Sinkende Grundwasserspiegel können zum Verschwinden oder zur Schädigung entsprechender Ökosysteme (z. B. Feuchtgebiete, Moore, Seen, Lacken) führen. Im Zusammenhang mit der Bewässerung intensiver landwirtschaftlicher Kulturen und dem intensiven Einsatz von Pflanzenschutzmitteln stellt sich zudem die Frage nach dem Erhalt oder der Förderung der Biodiversität.

Klimaschutz, ein weiterer Teilbereich des Umweltschutzes, befasst sich mit der Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Dieselbetriebene Bewässerungspumpen nutzen Verbrennungsmotoren und emittieren Treibhausgase. Durch den Umstieg auf erneuerbare Energien für die Stromversorgung von Pumpenanlagen kann der Ausstoß von Treibhausgasen reduziert und häufig auch die Energieeffizienz erhöht werden.

Aus Sicht des **Bodenschutzes** ist im Rahmen landwirtschaftlicher Bewässerung vor allem die Erosionskontrolle und -vermeidung von Bedeutung. Zudem sind etwaige Salzbelastungen zu überwachen und entsprechende Belastungen zu vermeiden.

4.1.4.2 Themenbereich Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung

Viele der oben genannten Aspekte sind unabhängig von den betrieblichen, wasserwirtschaftlichen oder wissenschaftlichen Fragestellungen auch von **allgemeinem Interesse** für die Öffentlichkeit. Hervorzuheben sind dabei in erster Linie die Warnung vor oder Information über Extremereignisse wie Hochwasser oder Trockenheit, um entsprechende Maßnahmen ergreifen zu können.

Zur übersichtlichen Darstellung und Zuordnung der digitalen Werkzeuge wurde der Themenbereich in Zielebenen aufgegliedert (Tabelle 5). Die erste Zielebene basiert auf der Frage, welches übergeordnete Ziel die Bürger:innen oder zivilgesellschaftliche Verbände erreichen können, wenn ein bestimmtes digitales Werkzeug verwendet wird. Darauf aufbauend beruht die zweite Zielebene auf der Frage, was Bürger:innen durch die Verwendung des digitalen Werkzeuges konkret anstreben, um das übergeordnete Ziel zu erreichen.

Tabelle 5: Allgemeine Interessen: Themenbereiche und Zielebenen.

Themenbereich	1. Zielebene (übergeordnetes Ziel)	2. Zielebene
Umweltschutz und Umweltauswirkungen	Nachhaltige Entwicklung fördern	<ul style="list-style-type: none"> • Umweltschutz fördern • Gewässerschutz fördern • Biodiversität fördern • Bodenschutz fördern
Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung	Extremereignisse vorhersagen	<ul style="list-style-type: none"> • Auf Hochwasser einstellen • Auf Trockenheit einstellen
	Öffentlichkeit informieren	<ul style="list-style-type: none"> • Transparenz • Vernetzung

Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

4.2 Digitale Werkzeuge

Insgesamt konnten im Rahmen des Projekts (Stand September 2023) 79 digitale Werkzeuge erhoben und in Informationsblätter übernommen werden. Eine Liste der digitalen Werkzeuge und die entsprechenden Zugangslinks sind in Tabelle 6 angeführt.

Tabelle 6: Digitale Werkzeuge im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung (Stand September 2023).

Digitales Werkzeug	Link
365FarmNet	https://www.365farmnet.com/de/
ADA – Agro Drought Austria	https://ada.boku.ac.at/
ADO Alpine Drought Observatory	https://ado.eurac.edu/
Agranimo	https://agranimo.com/
AgrarCommander	https://www.agrarcommander.at/
Agrarwetterservice	https://www.hagel.at/agrarwetter/
Agrarwetterservice der Landwirtschaftskammer Österreich	https://www.lko.at/wetter
AgraSat	https://www.hagel.at/agrasat/

Digitales Werkzeug	Link
AgriCircle	https://www.agricircle.com/
agriGPT	https://agri-gpt.com/
AgriGPT	https://www.agrigpt.de/
AGROFORECAST	https://homepage.boku.ac.at/sepp/agroforecast/
agrowetter Beregnung	https://www.dwd.de/DE/leistungen/agrowetter_beregnung/agro_obereg.html
agrowetter Prognose	https://www.dwd.de/DE/leistungen/agrowetter_prognose/agro_prog.html
Agro Risk Information System ARIS	https://warndienst.lko.at/
ASAP – Anomaly Hotspots of Agricultural Production	https://agricultural-production-hotspots.ec.europa.eu/
BAB-Datenpool	https://gedaba.agrarforschung.at/home
BAUER SmartRain	https://www.bauer-at.com/de/produkte/beregnung/smartrain/
BayWa Dürremonitor	https://www.baywa.com/baywa-duerremonitor
Bewässerungsbedürftigkeit CH	https://opendata.swiss/de/dataset/bewasserungsbeduerftigkeit
Bewässerungs-App	https://www.alb-bayern.de/De/Bewaesserung/Steuerungsmodelle/steuerung-beregnung-entscheidungshilfe_BewaesserungsApp.html
Bewässerungsforum Bayern	https://www.alb-bayern.de/De/Bewaesserung/dargebot-gewinnung-verwendung_BewaesserungsforumBayern
Bewässerungsnetz	https://bewaesserungsnetz.ch/
Bewässerungsservice Rheinland-Pfalz	https://www.wetter.rlp.de/Agrarmeteorologie/Landwirtschaft/Gemuesebau/Monitoring/Bewaesserungsservice
Bodenschätzung	https://www.bev.gv.at/Services/Produkte/Bodenschaetzungsergebnisse.html
drought.ch	https://www.drought.ch/de/index.html
Droughtwatch EU	https://www.interreg-danube.eu/news-and-events/programme-news-and-events/4076 [Projekthomepage] http://www.droughtwatch.eu/ [Web-GIS, offline am 11.10.23]
Dürreindex – Wasserversorgung	https://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/12903795/173854972
Dürremonitor Deutschland	https://www.ufz.de/index.php?de=37937
DWD-Agrarwetter	https://dwd.de/

Digitales Werkzeug	Link
eBOD	https://bodenkarte.at/
eHAO – Hydrologischer Atlas Österreichs	https://ehao.boku.ac.at/
eHYD	https://ehyd.gv.at/
Einzelgaben-App	https://www.alb-bayern.de/De/Bewaesserung/Steuerungsmodelle/gabenhoehe-bemessung-wurzelraum EinzelgabenApp.html
EO4water	https://eo4water.com/
European Drought Observatory – EDO	https://edo.jrc.ec.europa.eu/
Fachverband Feldberegnung	https://fachverband-feldberegnung.de/
FARMDOK	https://farmdok.com/
Farm/IT	https://farmit.at/en/
farmerJoe	https://farmerjoe.com/
farming.software	https://www.maschinenring-farming.software
Geisenheimer Steuerung	https://www.hs-geisenheim.de/gemuesebau/bewaesserung/geisenheimer-bewaesserungssteuerung/
GeoSphere Wetter für Österreich	https://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/wetter-oesterreich
H2O-Fachdatenbank	https://wasser.umweltbundesamt.at/h2odb/
Hydro Online Tirol	https://wiski.tirol.gv.at/hydro/
Hydrografie Steiermark	https://hydrografie.steiermark.at
Hydrographischer Dienst Kärnten	https://hydrographie.ktn.gv.at/
Hydrographischer Dienst Oberösterreich	https://hydro.ooe.gv.at/
Hydrographischer Dienst Salzburg	https://www.salzburg.gv.at/wasser/hydro/#/Fliessgew%C3%A4sser
INCA- und SNOWGRID-Vorhersage	https://data.hub.geosphere.at
INSPIRE Agraratlas & Agrar-Geodatenportal	https://www.inspire.gv.at/agrar/agraratlas-agrarportal.html
International Soil Moisture Network	https://ismn.earth/en/
Irrigama	https://www.irrigama.net



Digitales Werkzeug	Link
IrriWatch	https://irriwatch.com
Kalkulationsgrundlage IDB (Interaktive Deckungsbeiträge) der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen	https://idb.agrarforschung.at
Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft	https://opendata.swiss/de/dataset/klimaeignungskarte-fur-die-landwirtschaft-ubersicht
Klimamonitoring	https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/klimamonitoring/
Kompetenzzentrum Bewässerung	http://kompetenzzentrum-bewaesserung.at/
Marchfeldkanal – Wasser-Werte	https://marchfeldkanal.at/messwerte/
Metos – Wasserverwaltung	https://metos.at/de/water-management/
Monatsprognosen für die Wasserwirtschaft	https://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/news/monatsprognose-n-fuer-die-wasserversorgung
NEXT Farming – NEXT WaterControl	https://www.nextfarming.de/hardware/bewaesserung/next-watercontrol/
NEXT Farming – raindancer	https://www.nextfarming.de/hardware/bewaesserung/next-raindancer/
ODC Dürremonitoring	https://bab.gv.at/index.php?option=com_content&view=article&id=292:bab-049-21-open-data-cube-als-datenrepository-und-analysewerkzeug-fuer-duerremonitoring&catid=110&Itemid=215&lang=de
ÖDüPlan Plus – Österreichischer Düngeplaner	https://oedueplanplus.at/
Plantivo	https://www.plantivo.de/
ProFlura	https://proflura.de
Spartacus	https://data.hub.geosphere.at
Steirerteich	https://www.steirerteich.com/
VariableRain	https://baywa.de/de/i/entdecken/bewaesserung/variable-rain/
Wasser – Online Daten Vorarlberg	https://vorarlberg.at/-/viid-wasser-online-daten
Wasser WebGIS Anwendungen	https://maps.wisa.bml.gv.at/
Wasserinformationssystem Austria (WISA)	https://info.bml.gv.at/themen/wasser/wisa
Wasserinformationssysteme der Bundesländer	https://info.bml.gv.at/themen/wasser/wisa/datenverbund/wis-bl.html

Digitales Werkzeug	Link
Wasserportal Burgenland	https://wasser.bgld.gv.at/
Wasserstandsnachrichten und Hochwasserprognosen	https://noel.gv.at/wasserstand/
WaterFox	https://waterfox.heliopas.ai/
WegenerNet Data Portal	https://wegenernet.org
Winfore	https://data.hub.geosphere.at

Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

Die erhobenen digitalen Werkzeuge lassen sich den in Kapitel 3.3.1 erläuterten Schlagworten eindeutig zuordnen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Zuordnung der 79 digitalen Werkzeuge zu Schlagworten.

Schlagworte	Anzahl der digitalen Werkzeuge	Digitales Werkzeug
 Bewässerung	33	365FarmNet, ADA - Agro Drought Austria, Agranimio, AgrarCommander, AgriCircle, agriGPT, AgriGPT, agrowetter Beregnung, BAB-Datenpool, Bauer SmartRain, Bewässerungs-App, Bewässerungsforum Bayern, Bewässerungsnetz Schweiz, Bewässerungsservice Rheinland-Pfalz, Einzelgaben-App, EO4water, Fachverband Feldberegnung, Farm/IT, FARMDOK, farmerJoe, farming.software, Geisenheimer Bewässerungssteuerung, Irrigama, IrriWatch, Kompetenzzentrum Bewässerung, METOS Wasserwirtschaft, NEXT Farming - NEXT WaterControl, NEXT Farming – raindancer, ÖDüPlan Plus – Österreichischer Düngplaner, Plantivo, Steirerteich, VariableRain, Wasserinformationssysteme der Bundesländer, WaterFox.
 Hydrologie	20	Dürreindex – Wasserversorgung, drought.ch, eHAO – Hydrologischer Atlas Österreichs, eHYD, H2O-Fachdatenbank, Hydro Online Tirol, Hydrografie Steiermark, Hydrographischer Dienst Kärnten, Hydrographischer Dienst OÖ, Hydrographischer Dienst Salzburg, Klimamonitoring, Marchfeldkanal - Wasser-Werte, Monatsprognosen für die Wasserwirtschaft, Wasser - Online Daten Vorarlberg, Wasserportal Burgenland, Wasserstandsnachrichten und Hochwasserprognosen, WegenerNet, Winfore, Wasser WebGIS Anwendungen, WISA.

Schlagworte	Anzahl der digitalen Werkzeuge	Digitales Werkzeug
	11	ADO, AgraSat, ARIS, ASAP - Anomaly Hotspots of Agricultural Production, Bewässerungsbedürftigkeit, Drought Watch EU, European Drought Observatory – EDO, International Soil Moisture Network, Kalkulationsgrundlage IDB der BA für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen, ODC Dürremonitoring, ProFlura.
	12	Agrarwetterservice, Agrarwetterservice der Landwirtschaftskammer Österreich, AGROFORECAST, agrowetter Prognose, BayWa Dürremonitor, Dürremonitor Deutschland, DWD-Agrarwetter, GeoSphere Austria Data Hub, GeoSphere Wetter für Österreich, INCA- und SNOWGRID-Vorhersage, Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft, Spartacus.
	3	Bodenschätzung, eBOD, INSPIRE Agraratlas & Agrar-Geodatenportal

Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

4.3 Informations- und Themenblätter

Zielsetzung bei der Erstellung der digitalen Informations- und Themenblätter war es, die aktuellen Anwendungsmöglichkeiten und Potenziale von digitalen Werkzeugen und Datenquellen in Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung aufzuzeigen.

Die 79 zweiseitigen Informationsblätter enthalten die wesentlichen Eckpunkte der digitalen Werkzeuge in kurzer und standardisierter Form (Abbildung 1 und Abbildung 2).


Neun einseitige Themenblätter (Abbildung 3) fassen für die einzelnen Themenbereiche relevante digitale Werkzeuge und die dazugehörigen Zielebenen und Ziele übersichtlich zusammen.

Alle erarbeiteten Informations- und Themenblätter sind als PDF-Dateien verfügbar und wurden so konzipiert, dass sie sich leicht in Webdarstellungen umsetzen lassen.

Abbildung 1: Beispiel Informationsblatt „Metos – Wasserwirtschaft“, Seite 1.

Metos – Wasserwirtschaft

Metos – Wasserwirtschaft ist ein Entscheidungsunterstützungssystem für die bedarfsorientierte Bewässerung. Zu diesem Zweck werden die Bodenfeuchte sowie meteorologische und pflanzenphysiologische Parameter kontinuierlich überwacht und die Verdunstung vorhergesagt. Auf Grundlage der gemessenen und vorhergesagten Daten wird in Kombination mit einer standortspezifischen Wettervorhersage eine optimale Bewässerungsstrategie ermittelt. So können sowohl der optimale Bewässerungszeitpunkt als auch die optimale Bewässerungsmenge bestimmt werden. Durch die Vermeidung von Überbewässerung wird eine Effizienzsteigerung erreicht. Schäden durch Trockenstress können vermieden werden.

 <p>Bewässerung</p>	<p>Kategorie des digitalen Werkzeug</p> <p>Entscheidungsunterstützungssystem</p>	<p>Räumliche Abdeckung</p> <p>Österreich</p>	<p>Zeitliche Abdeckung</p> <p>Aktuell</p>	<p>Verfügbarkeit</p> <p>Registrierung, Lizenzkosten</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------	--------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

Betriebliche Interessen

- Produktivität verbessern
 - Sickerwasser vermeiden
 - Bodenspeicher besser ausnutzen
 - Gute Wasserversorgung ermöglichen
 - Verdunstungsverluste vermeiden
- Arbeitsplanung erstellen, Aufzeichnungspflichten erfüllen, Daten auswerten
 - Wassermenge dokumentieren (Konsens einhalten)
- Steuern und überwachen
 - Maschinen überwachen und steuern

Allgemeine Interessen

- Nachhaltige Entwicklung fördern
 - Umweltschutz fördern
 - Gewässerschutz fördern
 - Biodiversität fördern
 - Bodenschutz fördern

Anbieter
 Pessl Instruments GmbH
 Werksweg 107, 8160 Weiz, Österreich
<https://www.metos.at>



Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

Abbildung 2: Beispiel Informationsblatt „Metos – Wasserwirtschaft“, Seite 2.

Landwirtschaftliche Bewässerung – Chancen der Digitalisierung (LABEDI) Stand: September 2023

Weitere Informationen

Metos – Wasserwirtschaft

Wie stehen die Informationen zur Verfügung?

Gemessene und prognostizierte Daten können in einer App bzw. auf einer Web-Plattform eingesehen werden.

Welche Information ist enthalten?

Bodenfeuchte, nutzbare Feldkapazität, zeitlicher Verlauf der Bodenfeuchte, Wetterdaten, Wetterprognosen, Sättigungsdefizite, Wachstumsgradtage, aktuelle und prognostizierte Verdunstung, empfohlene Bewässerungsmenge und Zeitpunkt, Budgetlinien für Voll- und Nachfüllpunkte des pflanzenverfügbaren Bodenwassers

Welches Gebiet deckt die Information ab? Welche räumliche Auflösung ist vorhanden?

Die gemessenen Daten entsprechen Punktmessungen und beschreiben somit die Verhältnisse in unmittelbarer Nähe zur Messstation. Die Wettervorhersage entspricht einer standortspezifischen Prognose.


Welchen Zeitraum deckt die Information ab? Welche zeitliche Auflösung ist vorhanden? Wie oft werden die Informationen aktualisiert?

Die gemessenen Daten werden täglich aktualisiert und stehen für einen beliebig langen vergangenen Zeitraum zur Verfügung. Die Wetterprognose wird stündlich aktualisiert und ist für ein 3- bis 7- Tage Fenster verfügbar.

Wer kann die Informationen nutzen? Wie erhält man Zugang?

Für die Nutzung des gesamten Systems sind Registrierungs-, Lizenz- und Anschaffungskosten zu entrichten.

Mit Unterstützung von Bund und dafne.at

 Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft

 DaFNE

 BOKU
UNIVERSITÄT FÜR BODENKUNDE WIEN

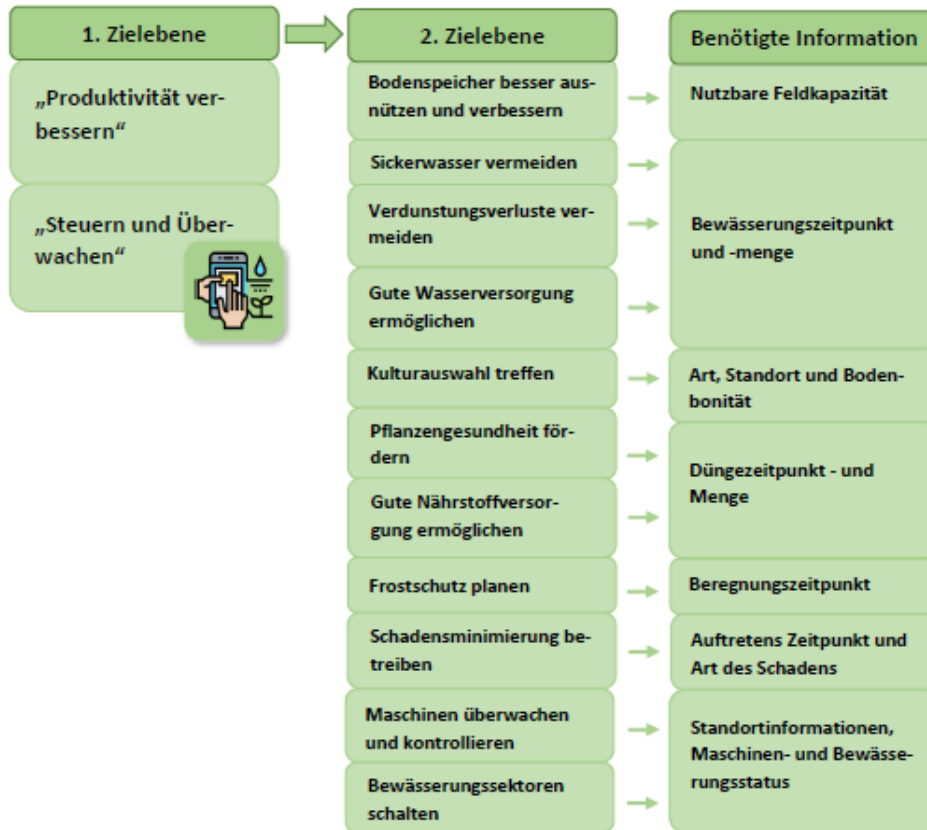
 umweltbundesamt^U

Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

Abbildung 3: Beispiel Themenblatt „Betriebliche Interessen“.

Betriebliche Interessen

Themenbereich: Bewirtschaftung und Bewässerungsmanagement



Digitale Werkzeuge

- | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| - 365FarmNet | - Dürremonitor Deutschland | - INSPIRE Agraratlas |
| - AgrarCommander | - droughtLch | - Irrigama |
| - Agramimo | - DWD Agrarwetter | - IrriWatch |
| - AgrarSat | - eBOD | - Kalkulationsgrundlage IDB |
| - Agrarwetterservice der LK Ö. | - Einzelgaben-App | - Klimaeignungskarte CH |
| - Agrarwetterservice der Ö. HV | - EO4water | - Metos - Wasserwirtschaft |
| - AgriCircle | - Fachverband Feld- Beregnung | - Next Farming Raindancer |
| - AGROFORECAST | - Fam/IT | - Next Farming Water Control |
| - Agrowetter Beregnung | - FARMDOK | - ÖDüPlan Plus |
| - Agrowetter Prognose | - farmerJoe | - Plantivo |
| - Bauer SmartRain | - farming.software | - ProFlura |
| - Bewässerungs-App | - Geisenheimer Bew.steuerung | - Steierteich |
| - Bewässerungsnetz Schweiz | - GeoSphere Wetter für Österreich | - VariableRain |
| - Bewässerungsservice Rheinland-Pfalz | - INCA-, SNOWGRID – Vorhersage | - WaterFox |
| - Bodenschätzung | | - WegenerNet |

Mit Unterstützung von Bund und dafne.at

Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft



Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

4.4 Bekanntheit und Nutzung von digitalen Werkzeugen

4.4.1 Grundsätzliche Nutzung

Aus den Rückmeldungen der Umfragen und den Workshops lässt sich zusammenfassen, dass digitale Werkzeuge im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung von den Akteur:innen verwendet werden, wenn sie:

- durch Automatisierung die Bearbeitung wiederkehrender Aufgaben oder die Erfüllung rechtlicher Vorgaben erleichtern;
- den Datenzugang, die Datensammlung und -auswertung erleichtern und verbessern;
- die Effizienz bei der Bearbeitung von Aufgaben erhöhen;
- ein ferngesteuertes Management oder ferngesteuerte Kommunikation bzw. Steuerung erlauben;
- Vorhersagen und eine bessere Bewirtschaftungsplanung erlauben.

In dieser Hinsicht ergibt sich ein Mehrwert aus der Verwendung von digitalen Werkzeugen, wenn sie:

- Zielgruppengerecht gestaltet sind und für ihre Anwendung keine zusätzlichen Schulungen benötigt werden;
- nur relevante Informationen bereitstellen und Daten, die für die Akteur:innen weniger von Bedeutung sind im Hintergrund bleiben;
- einfach und schnell zu bedienen sind, beispielsweise die Eingabe von Daten und Informationen in Arbeitspausen ermöglichen;
- konkrete und einfach zu interpretierende Empfehlungen abgeben;
- so gestaltet sind, dass Fehlinterpretationen von Parametern ausgeschlossen werden können.

4.4.2 Anzahl der Nennungen der Bekanntheit und Nutzung

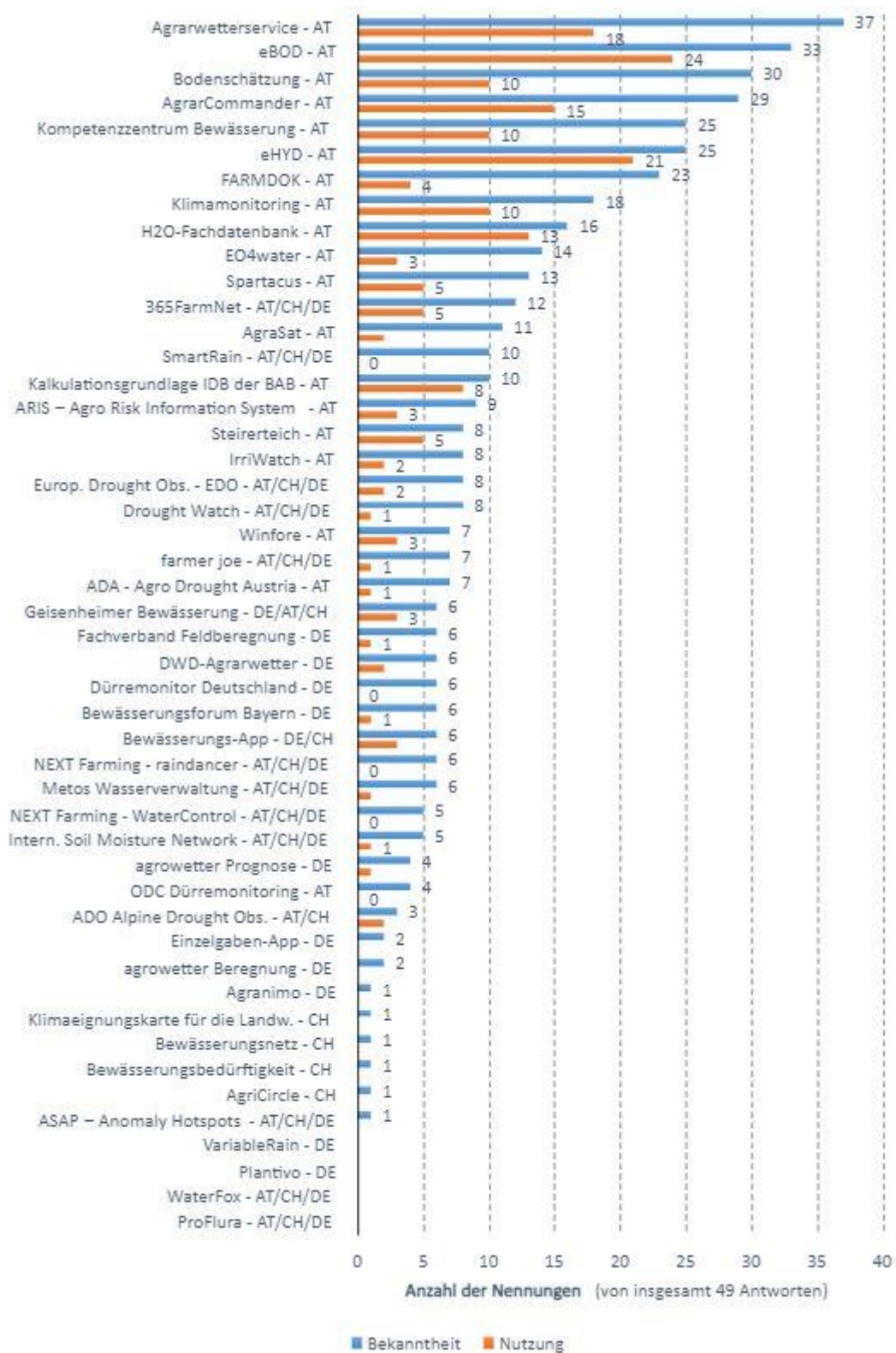
Im Befragungszeitraum von September 2022 bis Jänner 2023 haben sich insgesamt 49 Personen aktiv an der Umfrage (Kapitel 3.4.1) beteiligt, davon 25 Personen aus der Interessensgruppe Landwirtschaft und 17 Personen aus der Interessensgruppe Wasserwirtschaft. Einzelne digitale Werkzeuge sind den befragten Akteur:innen unterschiedlich **bekannt** (Abbildung 4). Innerhalb der Interessensgruppe Landwirtschaft ist das Farm Management System AgrarCommander mit 20 Nennungen das bekannteste Werkzeug. In

der Interessensgruppe Wasserwirtschaft ist dieses digitale Werkzeug lediglich fünf Personen bekannt. Ein umgekehrtes Resultat ergibt sich hinsichtlich der bekanntesten Anwendung innerhalb der Interessensgruppe Wasserwirtschaft. Hier ist die digitale hydrographische Datenquelle eHYD mit 16 Nennungen unter den befragten Personen am bekanntesten. Dahingegen ist eHYD lediglich sechs von 25 Personen aus der Interessensgruppe Landwirtschaft bekannt. Der Agrarwetterservice ist mit 37 Nennungen über alle Gruppen hinweg das bekannteste digitale Werkzeug (Abbildung 4). An zweiter Stelle folgte die österreichische digitale Bodenkarte (eBOD) mit Informationen zu Bodeneigenschaften.

Hinsichtlich der **Nutzung** von digitalen Werkzeugen zeigt sich, dass sowohl die österreichische digitale Bodenkarte (eBOD) als auch eHYD, die am häufigsten genutzten Anwendungen sind. Wobei 24 Nennungen auf eBOD und 21 auf eHYD entfallen (Abbildung 4). Beide Anwendungen kommen vorwiegend in Wasserwirtschaft und Wissenschaft zum Einsatz. Im Bereich der Landwirtschaft sind die am häufigsten genutzten digitalen Werkzeuge der Agrarwetterservice sowie das Farm Management System AgrarCommander.

Grundsätzlich ist für die meisten digitalen Werkzeuge ein geringer Bekanntheitsgrad und kaum Nutzung festzustellen. Die Gründe dafür werden in Kapitel 5 ausführlicher behandelt. Eine Maßnahme, um die Sichtbarkeit der digitalen Anwendungen zu erhöhen, ist der Zugang über eine gemeinsame Informationsplattform.

Abbildung 4: Anzahl der Nennungen bezüglich Bekanntheit (orange Balken) und Nutzung (blaue Balken) von digitalen Werkzeugen unter 49 Befragten.



Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

4.4.3 Nutzung für betriebliche Interessen

Hinsichtlich des Einsatzes digitaler Werkzeuge in landwirtschaftlichen Betrieben ergibt sich aus den durchgeführten Erhebungen das in Tabelle 8 dargestellte Bild. Die Zeiträume, in denen im landwirtschaftlichen Betrieb Entscheidungen im Hinblick auf eine Bewässerung getroffen werden, reichen von stündlich bis mehrjährig, je nachdem, ob es sich um das Starten und Beenden eines Bewässerungsvorgangs oder eine mehrjährige Investitionsentscheidung handelt. Daraus ergibt sich eine theoretische Häufigkeit der Nutzung geeigneter digitaler Werkzeuge. Tatsächlich werden digitale Werkzeuge seltener genutzt, wenn es bisher keine passenden, bedienungsfreundlichen und preisgünstigen digitalen Technologien für das spezielle Anliegen gibt oder wenn noch nicht genügend Erfahrungen darüber gesammelt wurden, ob ihre Verwendung einen klaren Vorteil bringt oder ob man ihnen vertrauen kann (siehe Tabelle 8, Fernsteuerung von Anlagen).

Tabelle 8: Zeitraum und Häufigkeit des Einsatzes digitaler Werkzeuge im Rahmen der Bewässerung in landwirtschaftlichen Betrieben.

Zeitraum	Zweck	Häufigkeit		
		regelmäßig	manchmal	seltener
Stunden	Bewässerungssteuerung			×
	Fernsteuerung v. Anlagen			×
Tage	Wetterprognosen	×		
Tage bis Wochen	Pflanzenwasserstatus			×
	Bodenwasserstatus			×
Monate	Aufzeichnungspflichten		×	
	Bewirtschaftungsplanung		×	
	Kostenkalkulation	×		
Jahre	Investitionsplanung		×	
	Bewässerungstechnik		×	

Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

Grundsätzlich hat die Struktur eines landwirtschaftlichen Betriebes entscheidenden Einfluss auf die Nutzung digitaler Technologien, da je nach Betriebsgröße, Erwerbsart (Haupt-, Nebenerwerb, usw.) und Betriebsform (Marktfrucht-, Dauerkulturbetriebe, usw.)

unterschiedliche Investitions-, Zeit- und Personalressourcen für eine Umstellung von Betriebsvorgängen zur Verfügung stehen.

4.4.3.1 Themenbereich Bewirtschaftung und Bewässerungsmanagement

Anforderungen: Im Themenbereich „Bewirtschaftung und Bewässerungsmanagement“ stehen Anwendungen im Vordergrund, die zur Verbesserung der Produktivität im Betrieb beitragen. Im Rahmen nachhaltiger landwirtschaftlicher Bewässerung sollten entsprechende Anwendungen sowohl dabei unterstützen den Ertrag zu sichern als auch den Einsatz von (Wasser-)Ressourcen und Betriebsmitteln zu verringern.

Digitale Werkzeuge für die Bewirtschaftung und das Bewässerungsmanagement

365FarmNet, AgrarCommander, Agrarnimo, AgrarSat, Agrarwetterservice, Agrarwetterservice der Landwirtschaftskammer Österreich, AgriCircle, AGROFORECAST, Agrowetter Beregnung, Agrowetter Prognose, Anomaly Hotspot of Agricultural Productions, Bauer SmartRain, Bewässerungs App, Bewässerungsnetz, Bewässerungsservice Rheinland-Pfalz, Bodenschätzung, Dürremonitor Deutschland, DWD Agrarwetter, eBOD, Einzelgaben App, EO4water, FARMDOK, farmerJoe, farming.software, Geisenheimer Bewässerungssteuerung, INCA- und SNOWGRID – Vorhersage, IrriWatch, Irrigama, Kalkulationsgrundlage IDB, Klimaeignungskarte CH, Metos Wasserwirtschaft, Next Farming Water Control, ÖDüPlan Plus, Plantivo, ProFlura, Steirerteich, Variable Rain, Water Fox, WegenerNet.

Wetterprognosen: Landwirt:innen entscheiden überwiegend intuitiv, aufgrund von Beobachtung und langjähriger Erfahrung, ob sie mit der Bewässerung beginnen. 25 von 27 Personen gaben dies auf den Fragebögen an, in den Gesprächsrunden wurde diese Vorgangsweise bestätigt. Ausschlaggebendes Kriterium ist die Witterung, insbesondere Windverhältnisse sowie vorangegangene und zu erwartende Niederschläge. Als Entscheidungshilfe werden deshalb von den meisten Landwirt:innen Wetterberichte und -vorhersagen herangezogen. Dementsprechend zählen Agrarwetterservices (z. B. Agrarwetterservice der Landwirtschaftskammer Österreich, GeoSphere Wetter für Österreich) zu den am häufigsten genannten und genutzten digitalen Werkzeugen (Abbildung 4).

Die konkrete Auswahl einer spezifischen Wetteranwendung basiert auf persönlichen Erfahrungen und Informationsaustausch mit anderen Landwirt:innen. In den Gesprächsrunden zeigten sich dabei regionale Unterschiede, das heißt, es wurden unterschiedliche, zum Teil länderübergreifende Anwendungen als am besten geeignet für das jeweilige Bewässerungsgebiet eingestuft. Ebenso wird auf Wetteranwendungen, welche ursprünglich für andere Fragestellungen konzipiert wurden, zurückgegriffen. Hierzu zählt z. B. die Verwendung von Vorhersage-Apps für Windsurfer und Segler wegen der genaueren Windprognosen, da neben der Niederschlagsvorhersage die Wind- und Temperaturprognose ausschlaggebend ist, ob im angestrebten Beregnungszeitraum die Bodenfeuchte am Feld oder Schlag effizient erhöht werden kann. Eine verlässliche Vorhersage der Lufttemperatur spielt auch bei der Planung von Frostschutzberegnungen im Obstbau eine wichtige Rolle. Informationen zu Niederschlag, Lufttemperatur und Wind sollten schnell und unkompliziert in geeigneter zeitlicher und räumlicher Auflösung am Mobiltelefon zur Verfügung stehen.

Aufgrund der Heterogenität der Anbaugelände betreiben Landwirt:innen in einzelnen Regionen eigene Wetterstationen; die damit erfassten Daten können z. B. in der Steiermark zu Prognose- und Analysezwecken auf eine online Plattform der Landwirtschaftskammer hochgeladen werden. Warnungen vor potenziell schädigenden Wetterereignissen sind kostenpflichtig verfügbar. Seitens der Behörden werden teilweise Rasterdaten für Prognosezwecke der GeoSphere Austria für Betreiber von wasserwirtschaftlichen Anlagen finanziert, die weitere Verarbeitung dieser Daten obliegt jedoch den Anlagenbetreibern.

Defizite und Potenzial: Die vermeintliche Unzuverlässigkeit von Wettervorhersagen hinsichtlich ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung wurde als Schwachstelle bzw. als ein Grund für den Verzicht auf den Einsatz von Entscheidungsunterstützungssystemen die Wetterdaten einbeziehen, angeführt. Dementsprechend besteht der Wunsch nach präziseren Wettervorhersagen für einen Zeitraum von 24–72 Stunden für kurzfristige Entscheidungen sowie zuverlässige Vorhersagen für die kommenden 5–10 Tage für eine bessere Planbarkeit der Bewässerung. Außerdem sind bessere Informationen bezüglich Verfügbarkeit und Qualität von Anwendungen erwünscht.

Entscheidungsunterstützungssysteme zur Bewässerungssteuerung: Einige Farm Management Systeme sind bekannt, werden aber in der Regel hauptsächlich für die Betriebsführung und Dokumentation verwendet. Für die Bewässerungsplanung oder die Optimierung des Einsatzes von Beregnungsmaschinen werden sie nicht verwendet.

Entscheidungsunterstützungssysteme, die auf Wasserbilanzrechnungen beruhen oder auch Sensordaten bzw. Fernerkundungsdaten einbeziehen (z. B. EO4water, AgraSat, SmartRain, IrriWatch) sind teilweise bekannt, werden aber kaum genutzt (Abbildung 4). Bisherige Erfahrungen österreichischer Landwirt:innen mit satellitendatenbasierten Entscheidungsunterstützungssystemen haben gezeigt, dass diese einen zu unsicheren Prognosecharakter hatten und die zeitliche und räumliche Auflösung für die tatsächliche Bewässerungsplanung noch unzureichend war.

Bodenwassersensoren zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfs werden nur von sehr wenigen Betrieben verwendet. Dafür werden folgende Gründe genannt:

- Lokale Messungen an einer Stelle spiegeln die Unterschiede innerhalb eines Schlates zu wenig wider;
- Kosten und Arbeitsaufwand werden nicht durch den Nutzen aufgewogen, vor allem bei Ackerkulturen;
- Installation und Betrieb sind nicht bedienungsfreundlich;
- Die Messdaten weisen eine große Ungenauigkeit auf, die Interpretation der Daten erfordert Fachwissen, es kann keine unmittelbare Bewässerungsempfehlung abgeleitet werden

Auf den Fragebögen gaben fünf von 27 Landwirt:innen an, dass sie den Pflanzenwasserbedarf „sehr gut“ einschätzen können, 20 kreuzten „gut“ und zwei „mäßig“ an. Der generelle Nutzen von Entscheidungshilfen zur Bestimmung des Bewässerungszeitpunktes wurde von 23 von 27 Landwirt:innen als „hoch“ oder „sehr hoch“ eingeschätzt.

Defizite und Potenzial: Insgesamt lässt sich ein Verbesserungspotenzial bezüglich des Einsatzes von digitalen Werkzeugen ableiten, und die Akzeptanzhemmnisse scheinen nicht allzu groß zu sein. Auch wenn aktuell nur wenige positive Erfahrungen mit Entscheidungsunterstützungssystemen in Österreich vorliegen, so könnte sich das durch die laufende Weiterentwicklung und Unterstützung bei der Anwendung ändern. Hier besteht Forschungs- und Kommunikationsbedarf. Auch hinsichtlich des unterschiedlichen Wasserverbrauchs, der sich aus datenbasierten gegenüber erfahrungsbasierten Bewässerungsentscheidungen ergibt. Eine aktuelle Übersichtsstudie aus den USA zeigt, dass weniger bewässert wurde, wenn Bodenwassermessungen oder Computermodelle zum Einsatz kamen, und dies keinen negativen Einfluss auf den Ertrag hatte (Datta & Taghvaeian, 2023). Unterstützende Monitoringnetzwerke oder Informationsplattformen, etwa zu

Bodenwasserstatus oder Pflanzenwasserbedarf (z. B. Geisenheimer Bewässerungssteuerung, DE, Bewässerungsnetz, CH, Bewässerungs-App, DE) sind in Österreich allerdings kaum vorhanden. Insbesondere fehlen oft Informationen zu bewässerungsrelevanten Eigenschaften und Wasserbedarf von Kulturpflanzen unter regionalen Standortbedingungen. Hier besteht Potenzial zur Übernahme und Adaptierung bestehender Systeme aus Nachbarländern oder die Entwicklung entsprechender österreichischer Anwendungen unter Einbeziehung vorhandener Messnetze (z. B. Bodenwassermonitoring, Wetterdaten, Wasserbilanzdaten). Generell wurde von den befragten Landwirt:innen angemerkt, dass die Umsetzung einer optimalen Bewässerungsstrategie in der Regel auch an den betrieblichen Rahmenbedingungen (Personal- und Zeitressourcen, Verfügbarkeit von Geräten) scheitert.

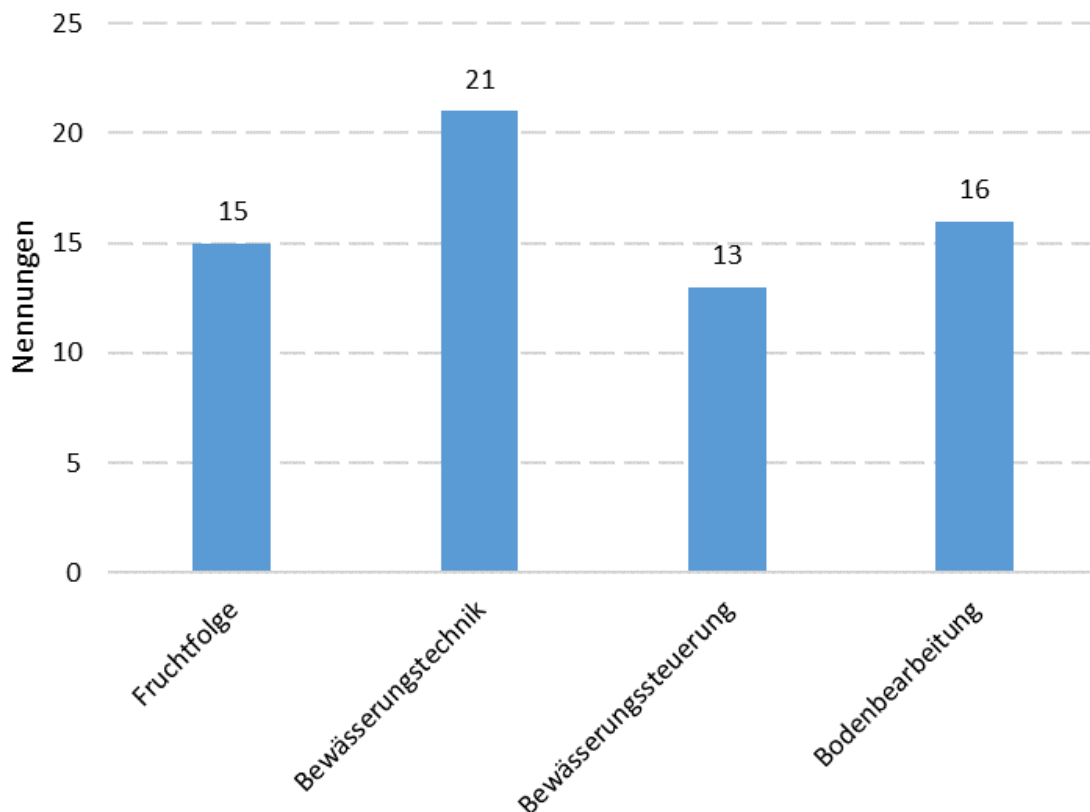
Fernsteuerung: Moderne, transportable Beregnungsmaschinen sind zunehmend mit Online-Messeinrichtungen und Steuerungseinheiten ausgestattet (z. B. *raindancer*). Diese ermöglichen es unter anderem, Regner optimal einzustellen und auf Betriebsstörungen unmittelbar zu reagieren. Sie unterstützen somit theoretisch eine effiziente Bewässerung und die Vermeidung von Wasserverlusten. Im Bereich der Tropfbewässerung scheint die Fehleranfälligkeit von automatischen Systemen nach wie vor zu hoch. Bei mobilen Beregnungsmaschinen wird die Fernsteuerung eher genutzt, um die Beregnung zu beenden. Beim Starten von Bewässerungsanlagen wird in der Regel vor Ort überprüft, ob alles funktioniert. Getrenntes Schalten von Bewässerungssektoren gestaltet sich zudem bei Beregnungsanlagen schwierig, da das Öffnen und Schließen von Schiebern mit der derzeitigen Technologie nicht zufriedenstellend bewerkstelligt werden kann. Bei der Überwachung von Bewässerungsanlagen im GSM-Netz können Probleme mit der Signalübertragung auftreten, wenn die Pflanzen zu hoch sind und die Sensoren bedecken.

Defizite und Potenzial: In Bezug auf diese Technologie muss zum Teil das Vertrauen in die Zuverlässigkeit der Fernsteuerung erst erlangt werden. Mit anderen automatisierten Bewässerungssystemen, etwa in Kombination mit Telemetrienetzwerken und Fernsteuerung, gibt es in Österreich wenig Erfahrungen. Einige technische Lösungen sind bereits verfügbar, deren Implementierung ist aber nach wie vor keine gängige Praxis. Vor allem beim Starten der Bewässerung ist im Regelfall eine Vor-Ort-Kontrolle erforderlich. Um Bewässerungsanlagen kontinuierlich zu überwachen und automatisieren zu können, kann man Kameras zur visuellen Kontrolle mit Durchfluss- und Betriebsdruckmessungen kombinieren. Durch die fortschreitenden Entwicklungen auf dem Gebiet der Kommunikationstechnologien werden solche Systeme laufend verbessert. Seitens der Landwirt:innen besteht Interesse an der Option neue Technologien zur Fernsteuerung und Überwachung

von Bewässerungsanlagen zuerst für einen gewissen Zeitraum zur mieten und bei positiven Erfahrungen zu einem späteren Zeitpunkt anzuschaffen.

Bewirtschaftungsplanung und Bewässerungstechnik: Hinsichtlich der Anpassungsmöglichkeiten an knapper werdende Wasserressourcen für Bewässerungszwecke sehen die meisten Landwirt:innen das größte Potenzial in einer effizienten Bewässerungstechnik. Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und Bewässerungssteuerung wird hingegen weniger Potenzial eingeräumt (Abbildung 5). Für die generelle Bewirtschaftungsplanung werden Informationen zur Bodenbeschaffenheit (Bonitäten) (z. B. eBOD, WebGIS), Wasserrechten (WIS im jeweiligen Bundesland), Eigenschaften von Kulturarten (AGES – Sortenfinder by agrarcommander.at) und Informationen zur Bewässerung auf Internetseiten der Landwirtschaftskammern oder Landwirtschaftsschulen im deutschsprachigen Raum herangezogen.

Abbildung 5: Anpassungsmöglichkeiten an knapper werdende Wasserressourcen aus Sicht der Landwirt:innen.



Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

Hydrographische Daten werden von Landwirt:innen eher selten abgerufen. Allerdings gibt es hier Unterschiede bezüglich der Bewässerungsgebiete. In Gebieten wo das nutzbare Wasserdargebot abnimmt oder gelegentlich gar Wassernutzungsbeschränkungen in Kraft treten, werden vermehrt Daten zur Entwicklung der Grundwasserstände abgerufen. Auf regionaler Ebene nutzen geschäftsführende Personen von Bewässerungsgenossenschaften digitale hydrographische Daten des Hydrographischen Zentralbüros (eHYD) bzw. der hydrographischen Dienste der jeweiligen Bundesländer.

Im Rahmen der mittel- bzw. langfristigen Bewirtschaftungsplanung der landwirtschaftlichen Betriebe werden digitale Werkzeuge der Kostenkalkulation häufig genutzt. Hierbei kommen sowohl frei verfügbare Werkzeuge (z. B. Kalkulationsgrundlage IDB) als auch eigene Excel Vorlagen zur Anwendung.

Defizite und Potenzial: Forschungs- und Kommunikationsbedarf besteht in Hinblick auf das Zusammenwirken unterschiedlicher Faktoren. Sowohl das Bewässerungssystem als auch das richtige Management spielen eine entscheidende Rolle bei der Steigerung der Effizienz. Während ein gut durchdachtes Bewässerungssystem sicherstellt, dass das Wasser gleichmäßig und effizient an die Pflanzen verteilt wird, beinhaltet die richtige Bewirtschaftung fundierte Entscheidungen darüber, wann und wie viel Wasser ausgebracht werden soll. Ein effizientes Bewässerungssystem trägt dazu bei, die Wasserver-schwendung zu minimieren, und stellt sicher, dass die Pflanzen die richtige Menge an Wasser erhalten, die sie benötigen (Datta & Taghvaeian, 2023). Ohne ein angemessenes Management, wie z. B. Bodenwassermonitoring, die Berücksichtigung der Wetterbe-dingungen und die entsprechende Anpassung der Bewässerungspläne, kann jedoch selbst das beste Bewässerungssystem nicht vollständig optimiert werden. Potenzial liegt also im Wissenstransfer und der Erhöhung der Akzeptanz und Verwendung von digitalen Werk-zeugen als Entscheidungshilfen. Dies könnte durch Erproben von Technologien in inno-vativen Settings (Pilotbetriebe, Pilotprojekte) und die entsprechende Kommunikation von Projektergebnissen angestrebt werden.

4.4.3.2 Themenbereich Betriebsführung und Dokumentation

Anforderungen: Im Themenbereich „Betriebsführung und Dokumentation“ sind digitale Werkzeuge von Interesse, welche die Betriebsführung und die Einhaltung behördlicher Aufzeichnungspflichten erleichtern.

Digitale Werkzeuge für die Betriebsführung und Dokumentation

365Farm Net, Agranimo, AgrarCommander, AgriCircle, Bauer SmartRain, Bewässerungsservice Rheinland-Pfalz, FARMDOK, farmerJoe, farming.software, Geisenheimer Bewässerungssteuerung, Irrigama, Irriwatch, Metos Wasserwirtschaft, Next Farming Raindancer, Next Farming Water Control, ÖdÜPlan Plus, Plantivo, Pro Flura, Variable Rain, WaterFox.

AgrarCommander war bei den befragten Landwirt:innen am bekanntesten und wird am häufigsten genutzt, gefolgt von FARMDOK und 365FarmNet (Abbildung 4). Die Anwendungen zählen zu den sogenannten Farm Management Systemen. AgrarCommander wird von Landwirt:innen hauptsächlich zur Düngeplanung und -dokumentation verwendet, teilweise aber auch zur Aufzeichnung von Bewässerungsereignissen. Die Anwendung wird teilweise an landwirtschaftlichen Fachschulen vorgestellt, weil sie das gängigste österreichische Produkt ist und von allen Kontroll- und Förderstellen anerkannt wird. Einige Landwirt:innen gaben an, die betriebliche Dokumentation und das Stellen von Förderanträgen externen Unternehmen zu überlassen, die ebenfalls AgrarCommander nutzen. FARMDOK war den befragten Landwirt:innen bekannt, wird jedoch kaum genutzt. Als Mittel zur Kommunikation wurde *farmerJoe* genannt. Dort können, verknüpft mit dem Standort via GPS, Fotos von schadhafte Pflanzen an den Pflanzenbauberater geschickt werden. Die meisten Programme ermöglichen betriebswirtschaftliche Auswertungen sowie einen Überblick über Betriebsmittel, Maschinenpark und Flächen.

Defizite und Potenzial: Entsprechende Anwendungen werden bisher nur von wenigen Landwirt:innen genutzt. Häufig erfolgt die Dokumentation händisch und wird unregelmäßig digitalisiert. Die Eingabe von Maßnahmen erfolgt meist am PC und nicht über die angebotenen mobilen Versionen. Handhabung, Zeitaufwand, Kosten, Wissenslücken und Skepsis in Bezug auf die Praktikabilität und den Datenschutz sind Faktoren, die dazu führen, dass entsprechende Anwendungen nicht standardmäßig verwendet werden. Zudem scheinen digitale Systeme generell vor allem für größere Betriebseinheiten Vorteile zu bringen. Ob digitale Systeme verwendet werden, hängt von deren Bedienungs-freundlichkeit, Wirtschaftlichkeit und Bekanntheit ab. Vor allem muss aber der Mehrwert digitaler Systeme für Landwirt:innen ersichtlich sein, z. B., dass die damit getätigten Aufzeichnungen von Kontroll- und Förderstellen anerkannt werden. Potenzial liegt in der Möglichkeit, Bewässerungsereignisse und Bewässerungsmengen digital aufzuzeichnen.

4.4.3.3 Themenbereich Kooperation und Informationsaustausch

Anforderungen: Im Themenbereich „Kooperation und Informationsaustausch“ sind digitale Werkzeuge von Interesse, die im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung den Wissensaustausch und die Kooperation zwischen Landwirt:innen, Interessensgruppen und -verbänden sowie wasserwirtschaftlichen Planungsorganen verschiedener Planungsebenen fördern und erleichtern.

Digitale Werkzeuge für Kooperation und Informationsaustausch

agriGPT, AgriGPT, Bewässerungsforum Bayern, Bewässerungsnetz, Fachverband Feldberegnung, Kompetenzzentrum Bewässerung.

Für die Gestaltung eines Bewässerungssystems und seiner Steuerung sind umfangreiche Informationen notwendig. Hinsichtlich Bewässerung besteht derzeit keine zentrale Anlaufstelle in Österreich für Landwirt:innen, die sich zum Thema informieren möchten. Niederösterreich informiert über das Kompetenzzentrum Bewässerung, die Steiermark stellt Informationen über die Internetseite und das Wasserschutzblatt der Landwirtschaftlichen Umweltberatung zur Verfügung, Oberösterreich über die Boden.Wasser.Schutz.Beratung. In vielen Bundesländern werden bewässerungsrelevante Informationen mit unterschiedlicher Detailliertheit über die Internetseiten der Landwirtschaftskammern oder hinsichtlich wasserrechtlicher Bewilligungen über die Internetseiten der wasserwirtschaftlichen Landesbehörden bereitgestellt. Unternehmen, die Bewässerungstechnik vertreiben, informieren auf Webseiten, Social-Media-Kanälen und Videoportalen. Neueste KI-Technologien (z. B. AgriGPT) geben Antworten auf Fragen zu Bewässerung, basierend auf online bereits verfügbaren Informationen.

Defizite und Potenzial: Grundsätzlich recherchieren Landwirt:innen bewässerungsrelevante Informationen zumeist selbst über unterschiedliche Kanäle (Zeitschriften, Händler, Social Media, Messen, Veranstaltungen etc.). Je nach Betriebsgröße ist der Aufwand der hierfür betrieben werden kann unterschiedlich hoch. Eine Plattform, die bewässerungsrelevante Daten (Bodenfeuchte und Wetter) und Informationen zu technischen Neuigkeiten und Möglichkeiten bereitstellt, könnte als Anlaufstelle für Landwirt:innen dienen und deren Wissensstand erhöhen. Der Rechercheaufwand für einzelne Landwirt:innen könnte verringert werden, indem Newsletter regelmäßig über neue oder weiterentwickelte digitale Werkzeuge und deren Mehrwert informieren. Großes Potenzial scheint in

KI-Systemen zu liegen, insbesondere, wenn sie mit Messdaten verknüpft sind und somit auch als umfassende Entscheidungshilfen verwendet werden können.

4.4.4 Nutzung für wasserwirtschaftliche Interessen

Aus den durchgeführten Erhebungen ergibt sich hinsichtlich der Zeiträume und Häufigkeit der Nutzung digitaler Werkzeuge durch wasserwirtschaftliche Planungsorgane im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung das in Tabelle 9 dargestellte Bild.

Unter wasserwirtschaftlichen Planungsorganen werden hierbei die entsprechenden Behörden, Entscheider:innen und Förderstellen verstanden.

Tabelle 9: Einsatz digitaler Werkzeuge im Rahmen der Bewässerung in der wasserwirtschaftlichen Planung.

Zeitraum	Zweck	regelmäßig	manchmal	selten
Tage bis Wochen	Warnung vor Extremereignissen	×		
Monate	Ermittlung des Wasserdargebots und der Wasserentnahmen für die Beurteilung des mengenmäßigen Zustands und Risikos der Grundwasserkörper		×	
Monate bis Jahre	Wasserrechtsbewilligungen	×		
Jahre	Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung	×		

Quelle: BOKU, Umweltbundesamt

4.4.4.1 Themenbereich Wasserwirtschaftliche Planung

Anforderungen: Im Themenbereich wasserwirtschaftliche Planung sind vor allem Anwendungen von Interesse, die ein integriertes Wasserressourcenmanagement (siehe Kapitel 1.1.2) und zwar insbesondere die nachhaltige Bewirtschaftung der Grundwasserkörper erleichtern und verbessern können. Speziell werden digitale Werkzeuge benötigt, die es erlauben Wasserdargebot und -bedarf zu ermitteln und zu bilanzieren.

Digitale Werkzeuge für die Wasserwirtschaftliche Planung

AGROFORECAST, Dürremonitor Deutschland, eHAO – Hydrologischer Atlas Österreichs, eHYD, GeoSphere Wetter für Österreich, H2O Fachdatenbank, Hydrographische Dienste der Länder, INCA- und SNOWGRID – Vorhersage, Irrigama, Marchfeldkanal – Wasser – Werte, Monatsprognosen für die Wasserwirtschaft (GeoSphere), Spartacus, Steirerteich, Wasser WebGIS Anwendungen, WegenerNet, Winfore, WISA.

Wasserdargebot und -bedarf: Wasserwirtschaftliche Planungsorgane oder Entscheider:innen agieren auf lokaler, regionaler (Bezirke), Bundesland- und nationaler Ebene. Auf Ebene der Bundesländer und auf nationaler Ebene werden digitale Werkzeuge und Datengrundlagen vor allem für die mengenmäßige Zustands- und Risikobeurteilung der Grundwasserkörper und für die mittel- und langfristige wasserwirtschaftliche Rahmenplanung (z. B. Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan, NGP) verwendet. So stehen über die H2O-Fachdatenbank für jeden Grundwasserkörper Datenblätter mit Informationen zur verfügbaren Grundwasserressource, zu den Brunnenentnahmen nach Sektoren und der mengenmäßigen Nutzungsintensität des Grundwassers (Anteil der Brunnenentnahmen an verfügbarer Grundwasserressource) zur Verfügung. Auf regionaler und lokaler Ebene (Bezirkshauptmannschaften, Bezirksverwaltungsbehörden) werden digitale Werkzeuge im Rahmen wasserrechtlicher Bewilligungsverfahren herangezogen. Zur Evaluierung des **Wasserdargebots** wird häufig auf WebGIS-Applikationen der Hydrographischen Dienste der Bundesländer mit Informationen zu hydrographischen Daten zurückgegriffen; ebenso wie auf die WebGIS-Applikationen des Hydrographischen Zentralbüros (eHYD), des Hydrographischen Jahrbuchs (Hydrographisches Jahrbuch), des Hydrologischen Atlas (eHAO), der GeoSphere Austria und von privaten Anbietern.

Zur Evaluierung der **Wassernutzungen** werden Informationen aus den digitalen Wasserbüchern der Bundesländer (Wasserinformationssysteme, WIS) oder den entsprechenden WebGIS-Applikationen der Bundesländer abgefragt. Da die in den Wasserbüchern festgehaltenen Konsensmengen nicht ausreichen, um den Bewässerungsbedarf in zeitlich und räumlich ausreichender Auflösung abzuschätzen und tatsächliche Entnahmemengen für die landwirtschaftliche Bewässerung in digitaler Form kaum zur Verfügung stehen, werden für Abschätzungen des Bewässerungsbedarfs auch Datenbanken und Umfragen der Statistik Austria (z. B. Agrarstrukturhebung) und Datenbanken der AgrarMarkt Austria (AMA, INVEKOS) herangezogen. Abschätzungen zur Bewässerungsbedürftigkeit werden

zudem auf Basis von digital zur Verfügung stehenden Standortdaten (z. B. Digitale Bodenkarte) und aus Informationen zur landwirtschaftlichen Flächennutzung (z. B. INVEKOS-GIS) in den jeweiligen Bewirtschaftungsjahren getroffen (siehe auch „Wasserschatz Österreichs“ BMLRT, 2021a). Auch Grundwassermodelle werden, soweit vorhanden und für die jeweiligen Bearbeiter:innen zugänglich, zur Abschätzung des Einflusses von Wasserentnahmen herangezogen. Diese sind jedoch nicht für alle Entscheider:innen in wasserrechtlichen Verfahren zugänglich oder ohne Zusatzinformationen interpretierbar.

Eine weitere Fragestellung für wasserwirtschaftliche Planungsorgane und -behörden im Zusammenhang mit landwirtschaftlichen Bewässerungen ist die effiziente Kontrolle der Einhaltung von Konsensen, damit wasserwirtschaftliche Interessen gewahrt werden. Dazu sollten landwirtschaftliche Wasserentnahmen im Idealfall systematisch, ortsgenau und je nach Situation im Bewässerungsgebiet ggf. auch kontinuierlich erfasst werden (beispielsweise mit Wasserzählern). Momentan werden vor allem in größeren Bewässerungsgenossenschaften Wasserzähler eingesetzt und je nach Handhabung unregelmäßig oder zu regelmäßigen Stichzeitpunkten abgelesen. Einfacher und unaufwändiger für Landwirt:innen wäre die Erfassung über Handy-Apps, wie z. B. die Übermittlung von Fotos des Zählerstandes. Derartige Anwendungen werden in Österreich bisher nicht verwendet. Es ist notwendig, die entsprechenden Schnittstellen und Übertragungswege zwischen Systemen zur Erfassung von Wasserentnahmen und den Datenhaltungen der wasserwirtschaftlichen Entscheidungsunterstützungssysteme einzurichten. Diese sind bisher nicht vorhanden.

Defizite und Potenzial: Die zuvor beschriebenen Informationen zu Wasserdargebot und bedarf sind regional und auf Bundeslandebene in unterschiedlicher digitaler Form zum Beispiel über Web-GIS-Anwendungen zugänglich. Auf nationaler Ebene stehen entsprechende Informationen über das Wasserinformationssystem Austria (WISA) und die H2O-Fachdatenbank zum Abruf bereit. Allerdings zeigen Trockenjahre und Szenarienrechnungen, dass insbesondere in Bewässerungsgebieten im Osten Österreichs durchaus mit saisonalen Engpässen zu rechnen ist. Für ein nachhaltiges und integriertes Wasserressourcenmanagement werden zumindest hier Wasserbilanzen in räumlich und zeitlich höherer Auflösung als bisher benötigt (siehe z. B. Amt der Burgenländischen Landesregierung, 2021), um vor allem die für die Bewässerung entscheidende saisonale Wasserverfügbarkeit besser abschätzen zu können. Diese Daten könnten auch existierende Wasserhaushalts- und Grundwassermodelle verbessern. Grundwassermodelle wiederum sollten systematisch in Informationssysteme und Entscheidungsunterstützungssysteme integriert werden und ggf. hinsichtlich Fragestellungen zur Bewässerung überarbeitet werden.

Letztendlich müssen Informationen aus Wasserhaushalts- und Grundwassermodellen über leicht interpretierbare Kennzahlen in räumlich ausreichender Auflösung und über leicht zugängliche Informationsplattformen zur Verfügung stehen. Dadurch kann der Bewertungs- und Abwägungsprozess, der der Vergabe wasserrechtlicher Genehmigungen hinsichtlich der Einhaltung von Umweltqualitätszielen und Nachhaltigkeitsaspekten zugrundeliegt, verbessert werden.

Zukünftiges Digitalisierungspotenzial ergibt sich zudem aus der Integration von Satelliteninformationen in wasserwirtschaftliche Informationssysteme. Beispielhaft genannt seien hier Informationen zu Grundwasserspiegelabsenkungen aus der Satellitenmission Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE¹), dem Ausmaß von Bewässerungsflächen auf Basis von Informationen der Sentinel-Satellitenmissionen (z. B. BML, 2022) und zukünftig aus dem Environmental Mapping and Analysis Program (EnMAP²). Zur verbesserten wasserwirtschaftlichen Risikobewertung sollten zudem Häufigkeiten von Trockenphasen aus entsprechenden Monitorings (z. B. AGROFORECAST, ARIS) Eingang in die Informationssysteme finden. Auch die kontinuierliche Echtzeitüberwachung hydrologischer Parameter, wie z. B. von Grundwasserständen und Abflüssen, bietet in Kombination mit geeigneten Bewertungskriterien, wie z. B. kritischen Grundwasserständen, Niederwasserständen oder Vorstufen davon, Potenzial für eine nachhaltigere Bewirtschaftung von Grundwasserkörpern. Digitalisierung könnte insbesondere Frühwarnsysteme in diesem Bereich verbessern. Für die Leitha, ein Oberflächengewässer im Burgenland, können beispielsweise über das Wasserportal Burgenland online Informationen und Warnstufen zur Umsetzung einer Niederwasserbetriebsordnung³ abgerufen werden.

Neben dem Potenzial, dass sich aus dem Einsatz von Fernerkundungs- und Sensordaten für wasserwirtschaftliche Fragestellungen zur landwirtschaftlichen Bewässerung weiterhin abzeichnet, ist auch durch Nutzung von KI-Methoden mit Verbesserungen oder differenzierteren Teilbetrachtungen zu rechnen, da Stärken von Verfahren des maschinellen Lernens insbesondere darin liegen, vielfältige Wechselwirkungen in Daten zu erkennen und deren Interpretation oder Bewertung zu vereinfachen.

¹ <https://www.jpl.nasa.gov/missions/gravity-recovery-and-climate-experiment-grace>

² <https://www.enmap.org/>

³ <https://wasser.bgld.gv.at/hydrographie/niederwasserbetriebsordnung>

4.4.4.2 Themenbereich Umweltinformationen und Bewusstseinsbildung

Anforderungen: Aus wasserwirtschaftlicher Sicht sind Informationen aus anderen Teilbereichen der Wasserwirtschaft, wie zum Beispiel Daten zu Extremereignissen wie Hochwasser, Niederwasser und Trockenheit, im Zusammenhang mit landwirtschaftlicher Bewässerung von besonderem Interesse. Darüber hinaus werden digitale Werkzeuge benötigt, die dazu beitragen, das Bewusstsein für eine nachhaltige Nutzung der Wasserressourcen im Zusammenhang mit der Bewässerung zu stärken.

Digitale Werkzeuge für Umweltinformationen und Bewusstseinsbildung

ADA Agro Drought Austria, AGROFORECAST, Alpine Drought Observatory, ASAP Anomaly Hotspots of Agricultural Productions, BayWa Dürremonitor, Bewässerungsforum, Bewässerungsnetz, Droughtwatch EU, Dürremonitor Deutschland, eHAO – Hydrologischer Atlas Österreichs, eHYD, European Drought Observatory, Fachverband Feldberegnung, GeoSphere Wetter für Österreich, H2O Fachdatenbank, Hydrographische Dienste der Länder, INCA- und SNOWGRID – Vorhersage, Irrigama, Klimamonitoring, Kompetenzzentrum Bewässerung, Marchfeldkanal – Wasser – Werte, Monatsprognosen für die Wasserwirtschaft (GeoSphere), ODC Dürremonitoring, Spartacus, Steirerteich, Wasser WebGIS Anwendungen, WegnerNet, Winfore, WISA.

Extremereignisse: Für die Vorhersage von Hochwasser stehen etablierte Systeme der Bundesländer und des Bundes („Pegel Aktuell“) zur Verfügung. Hinsichtlich Hitze wird über das Wetterwarnsystem der GeoSphere Austria gewarnt. Überwachung und Vorhersage von Trockenheit und Dürre finden vielfach auf europäischer oder pan-europäischer Ebene statt. In Österreich erfolgt Dürremonitoring bisher auf Basis der Bodenwasserbilanz für Ackerfeldfrüchte und Grünland im Rahmen von Forschungsprojekten (ARIS, ADA) oder im Rahmen von durch einzelne Bundesländer beauftragten Anwendungen („Monatsprognosen für die Wasserversorgung“).

Bewusstseinsbildung: Informationen, die das Bewusstsein für eine nachhaltige Nutzung von Wasserressourcen im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung schärfen, stehen in digitaler Form und leicht zugänglich derzeit nicht zur Verfügung. Bewusstseinsbildung hinsichtlich der Problem- und Fragestellungen im Zusammenhang mit einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Bewässerung findet überwiegend im Rahmen

von Seminaren bzw. Online-Seminaren⁴ durch Verbände (z. B. Bio Austria), landwirtschaftliche Fachschulen oder Forschungseinrichtungen statt. Häufig liegt der Schwerpunkt aber auf Bewässerungstechnologien, weniger auf dem Verständnis für ein nachhaltiges Wasserressourcenmanagement.

Defizite und Potenzial: Informationen zur Überwachung und Vorhersage von Trockenheit sollten dauerhaft und kontinuierlich nicht nur in landwirtschaftliche Entscheidungsunterstützungssysteme zur Bewässerung, sondern auch in zeitlich und räumlich ausreichend hoch aufgelöste Wasserhaushaltsmodelle von Grund- und Oberflächenwasserkörpern integriert werden.

Geeignete digitale Werkzeuge und Kommunikationsformate sind wesentliche Voraussetzung für eine im Hinblick auf die Wasserressourcen nachhaltige landwirtschaftliche Bewässerung. Ein gemeinsames Verständnis aller relevanten Rahmenbedingungen ist jedenfalls dann unabdingbar, wenn Nutzungskompromisse getroffen werden müssen. Von der Wasserwirtschaft bereitgestellte ansprechende Datenvisualisierungen (auch spezifisch für lokale Bedingungen), Online-Workshops, oder Chatbots für wasserwirtschaftliche Aspekte der landwirtschaftlichen Bewässerung, können analoge Austauschformate ergänzen oder Informationen jederzeit an jedem Ort zugänglich machen. Landwirtschaftliche Simulationen oder Farmmanagement-Spiele könnten um Nachhaltigkeitsaspekte und lokale Bedingungen erweitert werden. Zudem könnten „unsichtbare“ Grundwasserstände durch Präsentation an geeigneten Orten und mit entsprechenden Erläuterungen in Form von digitalen Schautafeln den Bezug der heimischen Bevölkerung zur Thematik verbessern.

4.4.5 Nutzung für Forschungsinteressen

4.4.5.1 Themenbereich Forschung und Entwicklung

Anforderungen: Im Themenbereich Forschung und Entwicklung ist hinsichtlich des Potenzials der Digitalisierung in der landwirtschaftlichen Bewässerung vor allem die Kenntnis über und der öffentliche Zugang zu digitalen Datengrundlagen und Informationen von großer Bedeutung. Dazu stehen in Österreich data.gv.at als zentraler Metadatenkatalog

⁴ <https://www.bio-austria.at/app/uploads/2023/01/einladung-modulare-seminarreihe-bewaesserung-2023.pdf>

der dezentralen Datenkataloge der Verwaltung, das [INSPIRE Geoportal Österreich](#), sowie auf europäischer Ebene das [Europäische Datenportal](#) und der [Joint Research Centre Data Catalogue](#) der Europäischen Kommission zur Verfügung. Daneben betreiben zahlreiche Behörden und Institutionen eigene Open Data-Portale.

Ferner werden im Hinblick auf die Forschungsaktivitäten zur landwirtschaftlichen Bewässerung digitale Werkzeuge benötigt, die es erlauben Wissen und Expertisen von Landwirt:innen einzubeziehen, Modelle zu validieren und zu kalibrieren, Entscheidungsunterstützungssysteme zu evaluieren und vieles mehr. Eine derartige Aufstellung kann zwangsläufig nicht vollständig sein.

Digitale Werkzeuge für Forschung und Entwicklung

AGROFORECAST, Alpine Drought Observatory, ASAP Anomaly Hotspots of Agricultural Productions, BayWa Dürremonitor, Bewässerungs-App, Bewässerungsforum Bayern, Bewässerungsnetz, Bodenschätzung, Drought Watch EU, eBOD, eHAO – Hydrologischer Atlas Österreichs, eHYD, European Drought Observatory, Fachverband Feldberechnung, Geisenheimer Bewässerungssteuerung, Hydrographische Dienste der Länder, INCA- und SNOWGRID – Vorhersage, International Soil Moisture Network, Kompetenzzentrum Bewässerung, Marchfeldkanal – Wasser – Werte, Spartacus, Wasser WebGIS Anwendungen, WegenerNet, Winfore, WISA.

Wissenstand: Um den Wissenstand zur landwirtschaftlichen Bewässerung durch Forschungsvorhaben zu verbessern, werden häufig digitale Werkzeuge verwendet, die einen aktuellen und räumlich hoch aufgelösten Datenstand zu Bodeneigenschaften (eBOD, Bodenschätzung, International Soil Moisture Network), hydrologischen Verhältnissen (eHYD, Hydrographische Dienste der Länder, eHAO-Hydrologischer Atlas Österreichs), langfristigen klimatischen Bedingungen (z. B. Winfore, Spartacus) und aktuellen Wetterverhältnissen (z. B. INCA- und SNOWGRID-Vorhersage) bereitstellen. Außerdem wird auf Datenbanken und -grundlagen zurückgegriffen, die die landwirtschaftliche Bewirtschaftung charakterisieren (z. B. INVEKOS). Daneben sind wegen ihrer herausragenden Bedeutung für die landwirtschaftliche Bewässerung vor allem Datengrundlagen, Indikatoren oder Anwendungen in häufigem Gebrauch, die Informationen zu Trocken- und Dürrephasen, deren Vorhersage oder Auswirkungen liefern (z. B. Alpine Drought Observatory, BayWa Dürremonitor). Verwendet werden außerdem digitale Werkzeuge, die speziell

darauf abzielen, kleinräumige Standortbedingungen wie Wetter, Klima, Grundwasserstände und Bodenwasserzustände zu erfassen und darzustellen (z. B. WegenerNet, Marchfeldkanal – Wasser – Werte). Außerdem finden Satellitendaten oder aus ihnen generierte bewässerungsrelevante Parameter und Indikatoren breite Verwendung in Forschungsprojekten. Satellitendaten oder -produkte stehen über einschlägige digitale Plattformen wie den Austrian Data Cube des EODC oder das Copernicus-Programm der EU zur Verfügung.

Technologien: In Forschungsprojekten zur Verbesserung von Bewässerungstechnologien werden ebenfalls die zuvor genannten digitalen Werkzeuge und Datengrundlagen verwendet, vor allem, um die Bedingungen am Forschungsstandort zu charakterisieren. Daneben finden im Einzelfall je nach Fragestellung spezifische digitale Werkzeuge Verwendung, z. B. Systeme mit Geisenheimer Bewässerungssteuerung zur Bestimmung des Wasserbedarfs von Kulturpflanzen.

Defizite und Potenzial: Eine Verbesserung der digitalen Bodenkarte (eBOD) hinsichtlich der Auflösung und Abdeckung von Informationen zu hydrologischen Bodenkennwerten ist anzustreben. Datengrundlagen zum Bodenwasserhaushalt (sowohl aus der Regionalisierung von Bodenwasserdaten als auch aus satellitengestützten Produkten) müssen weiter verbessert und in Entscheidungsunterstützungssysteme für Landwirt:innen integriert werden. Für diese werden außerdem die effektive Wurzeltiefe und der Wasserbedarf von Kulturpflanzen benötigt. Auch ökonomische Aspekte (z. B. Agrar-Marktdaten, Energiekosten, Förderungen) könnten integriert oder verknüpft werden. Sowohl für Entscheidungsunterstützungssysteme für die Bewässerungssteuerung als auch Wasserhaushalts- und Grundwassermodelle sind bessere Datengrundlagen und Modelle insbesondere zur Ermittlung der tatsächlichen Verdunstung notwendig.

4.4.5.2 Themenbereich Wissens- und Technologietransfer

Anforderungen: Für den Wissens- und Technologietransfer werden digitale Werkzeuge benötigt, die das im Rahmen von Forschungsprojekten generierte Wissen zur Bewässerung und ihren Rahmenbedingungen bündeln und verständlich und praxisnah bereitstellen.

Digitale Werkzeuge für Wissens- und Technologietransfer

Bewässerungs-App, Bewässerungsforum Bayern, Bewässerungsnetz, Einzelgaben App, Fachverband Feldberegnung, farming.software, Geisenheimer Bewässerungssteuerung, ÖdÜPlan Plus.

Wissens- und Technologietransfer kann durch Informationsweitergabe erfolgen, oder durch Bereitstellung von Daten und bedienungsfreundliche Modellanwendungen, welche die entsprechenden Prozesse, Daten und Erkenntnisse bereits inkludiert haben. Das können zum Beispiel Wasserbilanzmodelle, Pflanzenwachstumsmodelle oder Grundwassermodelle sein. Je nach Fragestellung können unterschiedliche Modelle als Entscheidungshilfen dienen. In Bezug auf eine nachhaltige landwirtschaftliche Bewässerung sind Informationsplattformen geeignet sowie Entscheidungsunterstützungssysteme, die auf Basis von aktuellen, kleinräumig aufgelösten Daten und Prognosen Empfehlungen zur Bewässerung auf Schlagebene bereitstellen. Dabei werden üblicherweise Niederschlags- und Verdunstungsdaten sowie Boden- und Pflanzeigenschaften einbezogen. Die Bewässerungs-App der ALB Bayern ist eine solche Entscheidungshilfe, vorwiegend für die Bewässerung von Ackerkulturen. Sie wird in Deutschland neben der Geisenheimer Bewässerungssteuerung, die für Gemüsekulturen entwickelt wurde, angewendet. In der Schweiz wird mit dem Bewässerungsnetz eine Webseite betrieben, die Informationen und Empfehlungen für die Bewässerung zur Verfügung stellt sowie auch Bodenwasserdaten und die Bewässerungs-App der ALB Bayern. Die genannten Entscheidungsunterstützungssysteme beruhen auf der von der FAO empfohlenen Methode zur Ermittlung des Pflanzenwasserbedarfs, welche an die jeweiligen Standortbedingungen angepasst wurde. Vergleichbare, flächendeckende Anwendungen stehen in Österreich noch nicht zur Verfügung, allerdings wurden im Projekt [EO4water](#) ein entsprechendes Entscheidungsunterstützungssystem, welches Satellitendaten einbezieht, entwickelt. Daraus hervorgegangen ist die gleichnamigen Anwendung EO4water.

Im wasserwirtschaftlichen Bereich stehen für etliche Grundwasserkörper Grundwassermodelle, für einige Einzugsgebiete hydrologische Modelle als Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Planung zur Verfügung. Aktualisierte Wasserhaushaltsinformationen zu klimatischen und saisonalen Wasserbilanzen werden mit der Überarbeitung des Hydrologischen Atlas zur Verfügung stehen. Für Bewässerungsgebiete, in denen saisonale Engpässe in der Verfügbarkeit von Wasserressourcen auftreten bzw. absehbar sind, werden

z. T. bereits operative digitale Werkzeuge z. B. für Niederwasserbetriebsordnungen⁵ entwickelt.

Grundsätzlich können auch Technologien in Form von praxisnahen Workshops, Schulungen oder in Innovationsprojekten (siehe z. B. Innovation Farm) sowie über eine zentrale Kommunikationsplattform vorgestellt und weitergegeben werden. Auch im Rahmen von Forschungsprojekten mit öffentlich-privaten Partnerschaften (PPP) können Technologien in ausgewählten Gebieten oder Betrieben erprobt und evaluiert werden.

Defizite und Potenzial: Informationen zur Bewässerung sind auf verschiedenen digitalen Plattformen verfügbar, aber manchmal verstreut, wenig spezifisch und schwierig zu finden. Das gilt vor allem für die Ergebnisse von Forschungsprojekten, die oft auf eigenen Webseiten veröffentlicht aber nach Projektende nicht mehr aktualisiert oder betrieben werden. Dieses Potenzial könnte durch Bündelung und Verknüpfung von Informationen besser genutzt werden. Betriebsbereite Entscheidungsunterstützungssysteme für die landwirtschaftliche Bewässerung und die wasserwirtschaftliche Planung fehlen in Österreich. Jedoch existieren konzeptionelle Ansätze und notwendige Datengrundlagen zur Umsetzung derartiger Systeme.

4.4.6 Nutzung für allgemeine Interessen

4.4.6.1 Themenbereich Umweltschutz und Umweltauswirkungen

Anforderungen: Neben betrieblichen und wasserwirtschaftlichen Interessen sind im Rahmen der landwirtschaftlichen Bewässerung auch Fragestellungen des Umweltschutzes (Gewässer-, Natur-, Boden- und Klimaschutz) von allgemeinem Interesse. Es werden digitale Werkzeuge benötigt, welche die nachhaltige Entwicklung landwirtschaftlicher Bewässerung fördern und die Berücksichtigung von Umweltschutzaspekten ermöglichen.

⁵ <https://wasser.bgld.gv.at/hydrographie/niederwasserbetriebsordnung>

Digitale Werkzeuge für Umweltschutz

ADA Agro Drought Austria, AGROFORECAST, Alpine Drought Observatory, ASAP Anomaly Hotspots of Agricultural Productions, BayWa Dürremonitor, Drought-watch EU, Dürremonitor Deutschland, eHYD, European Drought Observatory, Hydrographische Dienste der Länder, H2O-Fachdatenbank, INSPIRE, Monatsprognosen für die Wasserwirtschaft (GeoSphere), ODC Dürremonitoring, Spartacus, Wasser WebGIS Anwendungen, Winfore, WISA.

Umweltschutz: Schutz und Erhaltung des natürlichen Lebensraumes unterliegen gesetzlichen Regelungen, durch deren Maßnahmen und Aktivitäten Umweltbelastungen vermieden bzw. verringert werden sollen. Mit den Regelungen verbundene Überwachungsprogramme liefern die notwendigen Bewertungsgrundlagen. Für den Bereich Wasser sind in der H2O-Fachdatenbank eine Vielzahl an Wassergütedaten der Gewässerzustandsüberwachung enthalten. Diese bilden die Grundlage für Auswertungen, um Rückschlüsse auf den natürlichen Zustand der Gewässer oder mögliche Veränderungen durch anthropogene Aktivitäten zu ziehen. Die wesentlichen Komponenten des Wasserkreislaufes werden in eHYD dargestellt. Beide digitalen Werkzeuge stellen eine wesentliche Datengrundlage für den alle sechs Jahre aktualisierten Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan dar, der die wasserwirtschaftliche Situation und geplante Maßnahmen darstellt. Eine Vielzahl an Geodaten und Geoinformationen steht unter INSPIRE zur Verfügung.

4.4.6.2 Themenbereich Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung

Anforderungen: Wasserbedarf für die landwirtschaftliche Bewässerung entsteht vorwiegend in Phasen mit geringem Niederschlag und/oder Hitzeperioden. Je nach Dauer und Intensität können dadurch Wasserressourcen knapper werden und in weiterer Folge Nutzungskonflikte entstehen. Digitale Werkzeuge zur Warnung der Öffentlichkeit vor Extremereignissen (insbesondere vor Trockenheit und Niedrigwasserständen) werden benötigt.

Digitale Werkzeuge für Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung

Drought Watch EU, European Drought Observatory, Alpine Drought Observatory, ASAP Anomaly Hotspots of Agricultural Productions, ODC Dürremonitoring, eHYD, Hydrographische Dienste der Länder, Kompetenzzentrum Bewässerung, Bewässerungsforum, Bewässerungsnetz, WegenerNet, eHAO – Hydrologischer Atlas Österreichs, Marchfeldkanal – Wasser – Werte, Wasser WebGIS Anwendungen, WISA.

Extremereignisse: Überwachung und Vorhersage von Dürren und Trockenphasen finden vielfach auf europäischer oder pan-europäischer Ebene statt. In Österreich erfolgt Dürremonitoring bisher auf Basis der Bodenwasserbilanz für Ackerfeldfrüchte und Grünland im Rahmen von Forschungsprojekten (ARIS, ADA) oder im Rahmen von durch einzelne Bundesländer beauftragten Anwendungen („Monatsprognosen für die Wasserversorgung“).

Öffentlichkeit informieren: Für die Öffentlichkeit einfach zugängliche und entsprechend aufbereitete Information zur aktuellen Entwicklung von meteorologischen und hydrologischen Parametern wie Niederschlag, Abfluss und Grundwasserstände (eHYD, Hydrographische Dienste der Länder) kann wesentlich dazu beitragen, das Bewusstsein für unterschiedliche Verfügbarkeit der Ressource Wasser zu schärfen. Die Darstellung der Wasserressourcensituation sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht in Bewässerungsgebieten (z. B. Marchfeldkanal – Wasser-Werte, Bewässerungsnetz (CH)) unterstützt bei der Kommunikation und im Falle von Nutzungskonflikten.

5 Fazit und Schlussfolgerungen

Digitale Werkzeuge können bei der nachhaltigen und ressourceneffizienten Umsetzung der landwirtschaftlichen Bewässerung unterstützen. Dazu müssen sie zielgruppengerecht gestaltet sein, die Effizienz bei der Lösung betrieblicher oder wasserwirtschaftlicher Aufgaben erhöhen sowie konkrete und für den jeweiligen Anwendungsbereich einfach zu interpretierende Empfehlungen liefern. Digitale Werkzeuge können im Idealfall die Effizienz des Einsatzes betrieblicher Ressourcen (z. B. Personal, Technologie, Kosten, Zeit), die Effizienz des Einsatzes natürlicher Ressourcen (z. B. Wasser, Energie, Boden) und die vorausschauende Planung im Hinblick auf den nachhaltigen Wassereinsatz in der landwirtschaftlichen Bewässerung verbessern. Digitale Technologien müssen darüber hinaus in geeignete rechtliche Rahmenbedingungen und langfristige Planungsvorgaben integriert sein. Diese sollten sowohl auf die Effizienz der Wassernutzung in der Landwirtschaft als auch auf die Minimierung von negativen Umweltauswirkungen abzielen. So können ungewollte Rückkopplungsschleifen im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung vermieden werden.

Die Erhebungen im gegenständlichen Projekt zeigen, dass in Österreich und im deutschsprachigen Raum eine Vielzahl digitaler Werkzeuge für die im Zusammenhang mit einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Bewässerung angestrebten betrieblichen und wasserwirtschaftlichen Ziele vorliegen. Einige wenige digitale Werkzeuge des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, wie z. B. eHYD, eBOD oder die H2O-Fachdatenbank, werden von mehreren Interessensgruppen genutzt, insgesamt sind wenige digitale Werkzeuge bekannt oder werden genutzt. Die Analyse der Bekanntheit, Nutzung, Defizite und Potenziale der digitalen Werkzeuge zeigt auch, dass vorliegende digitale Werkzeuge noch nicht ausreichend verknüpft sind oder nicht die notwendige zeitliche und räumliche Auflösung bieten, um alle angestrebten Ziele zu erreichen. In einigen für die nachhaltige Umsetzung landwirtschaftlicher Bewässerung essenziellen Teilbereichen bestehen grundsätzliche Wissens- und Datenlücken.

Deshalb wurden Empfehlungen erarbeitet, welche die Weiterentwicklung, Nutzung und Verknüpfung digitaler Werkzeuge in geeigneter Form fördern sollen.

6 Empfehlungen

Nachfolgend werden die wichtigsten Empfehlungen zur Weiterentwicklung, Nutzung und Verknüpfung digitaler Werkzeuge für eine nachhaltige Wasserressourcennutzung im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung genannt und kurz erläutert.

Empfehlung 1: Schaffung einer **digitalen Plattform** für bewässerungsrelevante digitale Werkzeuge und Informationen sowie den Austausch von Interessensgruppen.

Empfehlung 2: Zusammenführung von digitalen Informationen in einem geeigneten **Datenknoten (data hub)** und Schaffung eines **Bewässerungs-Geoinformationssystems** als Ausgangspunkt für landwirtschaftliche und wasserwirtschaftliche Entscheidungsunterstützungssysteme.

Transparenz und Zugang zu Informationen sind entscheidend für ein gemeinsames Verständnis des Bewässerungsumfeldes und seiner Rahmenbedingungen sowie für das gegenseitige Verständnis unterschiedlicher Interessensgruppen. Darüber hinaus spielen Transparenz und Zugang zu Informationen eine wichtige Rolle bei der Begründung, Erklärung und Legitimierung von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen und gesetzlichen Regelungen im Kontext der landwirtschaftlichen Bewässerung. Sie bilden außerdem die Grundlage für die kritische Evaluierung von Maßnahmen und gesetzlichen Regelungen sowie für die Einbeziehung der Öffentlichkeit.

Digitale Plattformen, Datenknoten und Geoinformationssysteme können wesentlich dazu beitragen, den Zugang zu Informationen zu erleichtern, zu beschleunigen und einem breiten Publikum zugänglich zu machen.

Empfehlung 3: Etablierung bzw. Weiterentwicklung operativer, bedienungsfreundlicher **Entscheidungsunterstützungssysteme für die bedarfsgerechte Bewässerung in landwirtschaftlichen Betrieben.**

Entscheidungsunterstützungssysteme für die bedarfsgerechte landwirtschaftliche Bewässerung erlauben die Integration großer Datenmengen und Informationen auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Ebenen, das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen diesen und im Idealfall auch die Aktualisierung und Analyse von Daten und Prozessen in Echtzeit. Sie sind deswegen ein geeignetes Mittel, um Risiken im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung zu minimieren und Bewirtschaftungsentscheidungen zu verbessern. Landwirt:innen benötigen Entscheidungsunterstützungssysteme in leicht zugänglicher, verständlicher Form. Diese sollen an die jeweilige Bewirtschaftung (Standort, Kulturpflanzen, technische Infrastruktur) und die vorherrschenden Wetter- und Bodenfeuchtebedingungen angepasste, bedarfsgerechte Empfehlungen zur Bewässerung liefern. Im europäischen Raum und in den deutschsprachigen Nachbarländern existieren mittlerweile fortgeschrittene Entscheidungsunterstützungssysteme für verschiedene oder mehrere Pflanzenbaubereiche (Obstbau, Weinbau, Gemüsebau, Ackerbau etc.). Diese könnten auf Basis der entsprechenden österreichischen Eingangsdaten und Kennzahlen adaptiert und erweitert werden. In Österreich entwickelte Entscheidungsunterstützungssysteme könnten hinsichtlich ihrer Bedienungsfreundlichkeit, Zuverlässigkeit, räumlichen und zeitlichen Auflösung der Empfehlungen verbessert und weiterentwickelt und für Landwirt:innen öffentlich zugänglich gemacht werden. Konkrete Umsetzungsschritte sind in Anhang 7.1 ausgeführt.

Empfehlung 4: Etablierung bzw. Weiterentwicklung operativer, bedienungsfreundlicher **Entscheidungsunterstützungssysteme für die wasserwirtschaftliche Planung.**

Digitale Werkzeuge, die Wasserressourcen und deren Nutzung in ausreichender zeitlicher und räumlicher Auflösung darstellen können, sind unverzichtbare Planungsinstrumente zur Entwicklung nachhaltiger Bewirtschaftungsstrategien für Grund- und Oberflächengewässerkörper. Solche wasserwirtschaftlichen Entscheidungsunterstützungssysteme ermöglichen die Simulation und Bewertung der Auswirkungen und Wechselwirkungen von Eingriffen unterschiedlicher Wassernutzer:innen, einschließlich möglicher Veränderungen aufgrund des Klimawandels. Sie sollten auf allen Ebenen der Wasserwirtschaft in einer leicht zugänglichen und bedienungsfreundlichen Form zur Verfügung stehen, insbesondere durch die Etablierung und Weiterentwicklung geeigneter hydrologischer Modelle, wie beispielsweise Niederschlags-Abfluss-, Grundwasserströmungs- und Wasserhaushaltsmodelle (siehe auch Anhang 7.2). In dieser Hinsicht kann die Digitalisierung dazu beitragen, den Zugang zu entsprechenden Modellen zu verbessern und deren Aktualität

sowie Eignung für Fragestellungen im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung zu erhöhen.

Empfehlung 5: Ausrüstung von **Pilotgebieten oder -betrieben mit digitaler Bewässerungsinfrastruktur und digitalen Messeinrichtungen** zum Betrieb landwirtschaftlicher und wasserwirtschaftlicher Entscheidungsunterstützungssysteme.

Die Umsetzung alternativer Anbau- und Bearbeitungsmethoden sowie neuer, digitaler Technologien im Bereich der landwirtschaftlichen Bewässerung erfordert praktische Erprobung. Dadurch können Probleme und Schwachstellen frühzeitig erkannt und behoben werden, und digitale Technologien können in Bezug auf ihre Handhabbarkeit, Effizienz, Nutzen und Akzeptanz überprüft werden. Im Rahmen von Pilotprojekten und in Zusammenarbeit mit Pilotbetrieben (siehe auch Anhang 7.3) lassen sich die erforderlichen Daten und Erfahrungen sammeln, auf deren Grundlage Schulungsprogramme entwickelt werden können. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten kommuniziert und für den Wissensaustausch zur Verfügung gestellt werden.

7 Anhang

7.1 Umsetzung Entscheidungsunterstützungssysteme für Landwirt:innen

- Schaffung eines Datenknotens und Verbesserung des Austauschs von bewässerungsrelevanten Daten;
- Aufbau eines Bewässerungs-Geoinformationssystems;
- Verbesserung der Echtzeit-Datenlage und der Prognose von Bodenwasserhaushalt und Evapotranspiration (zeitliche und räumliche Auflösung);
- Verbesserung und Regionalisierung von hydrologischen Bodenkennwerten;
- Verbesserung der Datenlage zur Standorteignung von Kulturpflanzen und dem kulturpflanzen-spezifischen Wasserbedarf;
- Verbesserung der Echtzeit-Datenlage zum Vegetationsstatus und zur Pflanzengesundheit;
- Verbesserung der Echtzeit-Datenlage und Prognose hydrologischer Daten (Grundwasserspiegelstände, Abflüsse, Quellschüttungen, Speicherfüllstände);
- Verbesserung der Echtzeit-Datenlage und Prognose von Wasserentnahmen;
- Weitere Verbesserung der Echtzeit-Wetterdatenlage (Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit); Überprüfung der Repräsentativität der vorhandenen Messnetze für Bewässerungsgebiete und etwaige Anpassung der Messnetze;
- Überprüfung und Entwicklung österreichspezifischer bzw. standortangepasster Algorithmen und Entscheidungsregeln zur Bewässerung;
- Berücksichtigung historischer Daten, um langfristige Muster und Trends zu erkennen sowie die Häufigkeit möglicher extremer Rahmenbedingungen in Bezug auf eine Bewässerungssituation einschätzen zu können;
- Berücksichtigung und Integration geeigneter Indikatoren oder Warnwerte (z. B. Pegelstände, Quellschüttungen, Grundwasserspiegellagen) für die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben oder von Vorgaben wasserwirtschaftlicher Bewirtschaftungsstrategien.

7.2 Umsetzung Entscheidungsunterstützungssysteme für die Wasserwirtschaft

- Schaffung eines Datenknotens und Verbesserung des Austauschs von bewässerungsrelevanten Daten;
- Aufbau eines zentralen Bewässerungs-Geoinformationssystems;
- Verbesserung der Echtzeit-Datenlage und der Prognose von Bodenwasserhaushalt und Evapotranspiration (zeitliche und räumliche Auflösung);
- Verbesserung und Regionalisierung von hydrologischen Bodenkennwerten;
- Verbesserung von wetterdatengesteuerten Bodenwasserhaushaltsmodellen;
- Förderung der Entwicklung satelliten- und KI-gestützter Modelle zur Ermittlung von Bodenfeuchte, Vegetationsabdeckung und Evapotranspiration;
- Verbesserung der Echtzeit-Datenlage und Prognose hydrologischer Daten (Grundwasserspiegelstände, Abflüsse, Quellschüttungen, Speicherfüllstände);
- Ausbau des automatisierten bzw. IoT-Ansatzes im Monitoring von Grundwasserständen, Abflüssen und Füllständen von Speicherteichen;
- Integration unterschiedlicher Messnetze (Bundesländer, Kraftwerksbetreiber etc.) in geeignete Datenhaltungen;
- Verbesserung der Vollständigkeit und Aktualität der Erfassung von wasserrechtlichen Bewilligungen und Konsensmengen;
- Verbesserung der Echtzeit-Datenlage und Prognose von Wasserentnahmen;
- Prüfung des Einsatzes von Wasseruhren/-zählern bei Überschreitung definierter Schwellenwerte von Entnahmemengen;
- Weitere Verbesserung der Echtzeit-Wetterdatenlage (Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit);
- Weiterentwicklung und Verbesserung der flächenmäßigen Abdeckung von räumlich hoch aufgelösten Wettervorhersagemodellen (Prognosen) für kurzfristige (tägliche bis stündliche) und langfristige (mehrere Tage bis Wochen) Prognosen; zielgruppengerechte Aufbereitung und Verbesserung des öffentlichen Zugangs;
- Überprüfung der Repräsentativität der vorhandenen meteorologischen Messnetze für Bewässerungsgebiete und etwaige Anpassung bzw. etwaiger Ausbau der Messnetze;
- Berücksichtigung historischer hydrologischer Daten, um langfristige Muster und Trends zu erkennen sowie die Häufigkeit möglicher extremer hydrologischer Rahmenbedingungen einschätzen zu können;
- Entwicklung geeigneter hydrologischer Indikatoren oder Warnwerte (z. B. Pegelstände, Quellschüttungen, Grundwasserspiegellagen) für die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben oder von Vorgaben der Bewirtschaftungsstrategien;

- Übernahme existierender oder Entwicklung geeigneter Niederschlags-Abfluss-, Wasserhaushalts- oder Grundwassermodelle in Datenhaltungen und -analysesysteme wasserwirtschaftlicher Planungsorgane für Wasserkörper mit Schwerpunktgebieten der landwirtschaftlichen Bewässerung;
- Weiterentwicklung von Modellen für Fragestellungen im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung und Auswirkungen auf den (Grund)wasserhaushalt;
- Weiterentwicklung von Modellen hin zu größerer Interaktivität und Flexibilität in Bezug auf unterschiedliche Fragestellungen;
- in Bewässerungs- und wasserwirtschaftlichen Schwerpunktgebieten (Hinweise auf zumindest temporäres Risiko der Wasserknappheit): zeitlich kontinuierliche Erfassung und Sammlung wesentlicher Wasserentnahme- und Nutzungsdaten;
- Testen des Potenzials von Echtzeitaktualisierungen und -modell Anpassungen (Digitale Zwillinge);
- Erarbeitung modellbasierter wasserwirtschaftlicher Szenarien unter Einbeziehung aller Interessensgruppen; Kommunikation der Ergebnisse.

7.3 Umsetzung Pilotgebiete und Pilotprojekte

- Auswahl geeigneter Betriebe oder Gebiete (z. B. Anbindung an Innovation Farm);
- Ausrüstung von Pilotgebieten oder -betrieben mit fortschrittlicher digitaler Bewässerungsinfrastruktur;
- Einbindung von landwirtschaftlichen Lehranstalten, Forschungseinrichtungen und Beratungsstellen;
- Entwickeln und Testen von Bewässerungsstrategien und Betriebsmodellen;
- Vergleich der Wassernutzungseffizienz bei erfahrungsbasierter Bewässerung und Bewässerung auf Basis digitaler Entscheidungsunterstützungssysteme;
- Validierung hinsichtlich Bewässerungseffizienz, Produktivität sowie quantitativen und qualitativen Auswirkungen auf (Grund)wasserkörper;
- Kommunikation der gewonnenen Daten, Erfahrungen und Erkenntnisse.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schlagwortbezogene Zuordnung der digitalen Werkzeuge.	19
Tabelle 2: Betriebliche Interessen: Themenbereiche und Zielebenen.	26
Tabelle 3: Wasserwirtschaftliche Interessen: Themenbereiche und Zielebenen.....	28
Tabelle 4: Forschungsinteressen: Themenbereich und Zielebenen.	30
Tabelle 5: Allgemeine Interessen: Themenbereiche und Zielebenen.....	32
Tabelle 6: Digitale Werkzeuge im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewässerung (Stand September 2023).	32
Tabelle 7: Zuordnung der 79 digitalen Werkzeuge zu Schlagworten.	36
Tabelle 8: Zeitraum und Häufigkeit des Einsatzes digitaler Werkzeuge im Rahmen der Bewässerung in landwirtschaftlichen Betrieben.	44
Tabelle 9: Einsatz digitaler Werkzeuge im Rahmen der Bewässerung in der wasserwirtschaftlichen Planung.	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel Informationsblatt „Metos – Wasserwirtschaft“, Seite 1.....	38
Abbildung 2: Beispiel Informationsblatt „Metos – Wasserwirtschaft“, Seite 2.....	39
Abbildung 3: Beispiel Themenblatt „Betriebliche Interessen“.....	40
Abbildung 4: Anzahl der Nennungen bezüglich Bekanntheit (orange Balken) und Nutzung (blaue Balken) von digitalen Werkzeugen unter 49 Befragten.....	43
Abbildung 5: Anpassungsmöglichkeiten an knapper werdende Wasserressourcen aus Sicht der Landwirt:innen.....	49

Literaturverzeichnis

Abioye, E.A., Hensel, O., Esau, T.J., Elijah, O., Abidin, M.S.Z., Ayobami, A.S., Yerima, O. & Nasirahmadi, A. (2022). Precision Irrigation Management Using Machine Learning and Digital Farming Solutions. *AgriEngineering* 4, 70–103.

<https://doi.org/10.3390/agriengineering4010006>

Amt der Burgenländischen Landesregierung (2021). Machbarkeitsstudie zur Erstellung eines Wasserbewirtschaftungsplans für das Projektgebiet Grenzraum Österreich (A) – Ungarn (H). Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abteilung 5 – Baudirektion, Hauptreferat Wasserwirtschaft. Eisenstadt. [Machbarkeitsstudie - Wasserportal Burgenland \(bgld.gv.at\)](#)

BAB. (2002). Tamme, O., Bacher, L., Dax, T., Hovorka, G., Krammer, J., Wirth, M.: Der Neue Berghöfekataster – Ein betriebsindividuelles Erschwernisfeststellungssystem in Österreich. Bundesanstalt für Bergbauernfragen. *Facts & Features* 23, 42ff. [FF23: Der Neue Berghöfekataster. Ein betriebsindividuelles Erschwernisfeststellungssystem \(bab.gv.at\)](#)

Bacco, M., Barsocchi, P., Ferro, E., Gotta, A. & Ruggeri, M. (2019). The Digitisation of Agriculture: a Survey of Research Activities on Smart Farming. *Array*, 3–4.

BKA (2020). Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020-2024. Bundeskanzleramt. Wien.

<https://www.bundeskanzleramt.gv.at/dam/bkagvat/content/bundesregierung/die-bundesregierung/regierungsdokumente/RegProgramm-lang.pdf>

BKA (2023). Umsetzung der Agenda 2030 in und durch Österreich 2020-2022.

Bundeskanzleramt. Wien. https://www.bundeskanzleramt.gv.at/dam/jcr:3d56226c-868f-4b9d-b2bd-87ef7bb63afe/54_6_ber_NB.pdf

Blaschka, A. (2003). [Fernerkundung und GIS – Zukunftsperspektiven in der Landwirtschaft.](#) Das österreichische Berggrünland – ein aktueller Situationsbericht mit Blick in die Zukunft. 9. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein.

BML (2022). Projekt AREAL. Halbautomatische satellitengestützte Ausweisung bewässerter Flächen – Potenzial und Grenzen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft. Wien.

BMLFUW (2017). Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2015. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
<https://info.bml.gv.at/themen/wasser/wisa/ngp/ngp-2015.html>

BMLRT (2020). Programm zur Forschung und Entwicklung im BMLRT 2020-2025. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus. Wien.
<https://info.bml.gv.at/service/publikationen/allgemeine-themen/programm-zur-forschung-und-entwicklung-im-bmlrt-2020-2025.html>

BMLRT (2021). Wasserschatz Österreichs. Grundlagen für nachhaltige Nutzungen des Grundwassers. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT). Wien. <https://info.bml.gv.at/service/publikationen/wasser/wasserschatz-oesterreichs.html>

BMLRT (2022a). Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus. Wien.
<https://info.bml.gv.at/themen/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht-national/wasserrechtliche-kundmachungen/ngp-2021.html>

BMLRT (2022b). 30 Jahre bundesweit einheitliches Gewässergütemonitoring. Grundlage für den vorsorgenden Gewässer- und Umweltschutz in Österreich. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus. Wien.
<https://info.bml.gv.at/service/publikationen/wasser/30-jahre-gewaesserguete-moniring-oesterreich.html>

BMNT (2018). Digitalisierung in der Landwirtschaft. Entwicklung, Herausforderungen und Nutzen der neuen Technologien für die Landwirtschaft. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. Wien.
<https://info.bml.gv.at/service/publikationen/landwirtschaft/digitalisierung-in-der-landwirtschaft.html>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2019). Chancen und Herausforderungen der Verknüpfungen der Systeme in der Wasserwirtschaft (Wasser4.0). Abschlussbericht. Texte 00/2019 Umweltbundesamt. [Chancen und Herausforderungen der Verknüpfungen der Systeme in der Wasserwirtschaft \(Wasser 4.0\) | Umweltbundesamt](#)

Chen, X., Qi, Z., Gui, D., Gu, Z., Ma, L., Zeng, F., Li, L. & Sima, M.W. (2019). A model-based real-time decision support system for irrigation scheduling to improve water productivity. *Agronomy* 9. <https://doi.org/10.3390/>

Datta, S., & Taghvaeian, S. (2023). Soil water sensors for irrigation scheduling in the United States: A systematic review of literature. *Agricultural Water Management*, 278, 108148.

Dewitte St., Cornelis J.P., Müller R., Munteanu A. (2021). Artificial Intelligence Revolutionises Weather Forecast, Climate Monitoring and Decadal Prediction. *Remote Sensing* 2021, 13(16), 3209. <https://doi.org/10.3390/rs13163209>

Eckelmann, M. (2020). Marktübersicht und Nutzwertanalyse deutschsprachiger Farmmanagement Informationssysteme, Masterarbeit, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

EEA. (2020). Water and agriculture: towards sustainable solutions. EEA Report No 17/2020. European Environment Agency. [Water and agriculture: towards sustainable solutions — European Environment Agency \(europa.eu\)](https://www.eea.europa.eu/en/press-releases/2020/06/water-and-agriculture-towards-sustainable-solutions)

Fan, Y., He, L., Liu, Y. & Wang, S. (2022). Optimal cropping patterns can be conducive to sustainable irrigation: Evidence from the drylands of Northwest China, *Agricultural Water Management* (274/2022). <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107977>

Henriksen, H., Schneider, R., Koch, J., Ondracek, M., Troldborg, L., Seidenfaden, I., Kragh, S. J., Bogh, E., Stisen, S. (2022). A New Digital Twin for Climate Change Adaptation, Water Management, and Disaster Risk Reduction (HIP Digital Twin). *Water* 15: 25.

Keilholz, P., Spinnreker-Czichon, D., Egerer, K., Winderl, M. & Pohl, C. (2020). Digitalisierung und Automatisierung der landwirtschaftlichen Bewässerung in Deutschland.

Lieder, S. (2022). Chancen und Risiken der Digitalisierung für eine Ökologisierung einzelner Arbeitsschritte der ackerbaulichen Produktion. In *Umweltinformationssysteme - Wie trägt die Digitalisierung zur Nachhaltigkeit bei?* (pp. 127–148). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35685-9_8

MeinBezirk.at (2023). Im Marchfeld droht die Wassernot. Mold, R.
https://www.meinbezirk.at/gaenserndorf/c-lokales/im-marchfeld-droht-die-wassernot_a5889886

Rudel, E., Mair, M. & Zimmermann, K. (2005). Upgrade and new developments of the automatic weather stations network in Austria. Proc of the WMO, Instruments and Observing Methods, TECO-2005, Bucharest, Romania, Annex I, 1(1).

Scipal, K., Wagner, W., Trommler, M. & Naumann, K. (2002). The global soil moisture archive 1992-2000 from ERS scatterometer data: First results. In IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Vol. 3, pp. 1399-1401). IEEE.

Sinabell, F., Schönhart, M. & Schmid, E. (2018). Austrian Agriculture 2020-2050. Scenarios and Sensitivity Analyses on Land Use, Production, Livestock and Production Systems. WIFO Studies, WIFO, number 61571. <https://ideas.repec.org/b/wfo/wstudy/61571.html>

STATISTIK AUSTRIA. (2020). Agrarstrukturerhebung 2020.
<https://www.statistik.at/atlas/as2020/>

Thies, B. & Bendix, J. (2011). Review Satellite based remote sensing of weather and climate: recent achievements and future perspectives. DOI: [10.1002/met.288](https://doi.org/10.1002/met.288)

Umweltbundesamt (2022). CORINE-Landbedeckung 2018.
<https://www.data.gv.at/katalog/dataset/76617316-b9e6-4bcd-ba09-e328b578fed2>

Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG; BGBl. Nr. 215/1959 idgF). Kundmachung der Bundesregierung vom 8.9.1959, mit der das Bundesgesetz, betreffend das Wasserrecht, wiederverlautbart wird.
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010290>

Wolf, T. & Strohschen, J.-H. (2018). Digitalisierung: Definition und Reife. Informatik-Spektrum, 41(1), 56–64. <https://doi.org/10.1007/s00287-017-1084-8>

World Resources Institute. (n.d.). What's the Difference Between Water Use and Water Consumption? Retrieved August 10, 2023, from <https://www.wri.org/insights/whats-difference-between-water-use-and-water-consumption>

Zhao M. & Boll J. (2022). Adaptation of water resources management under climate change. *Sec. Water and Human Systems* (4/2022).
<https://doi.org/10.3389/frwa.2022.983228>

Zwickle, A., Feltman, B. C., Brady, A. J., Kendall, A. D., Hyndman, D. W. (2021). Sustainable irrigation through local collaborative governance: Evidence for a structural fix in Kansas. *Environmental Science & Policy*, 124, S. 517-526.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.07.021>

Projektnehmer:in

Universität für Bodenkultur Wien

Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt

Institut für Bodenphysik und landeskulturelle Wasserwirtschaft

Muthgasse 18, 1190 Wien

boku.ac.at/wau/sophy