

Endbericht

AGRIWA

**Einfluss des Klimawandels auf Grundwasser-
ressourcen: Anpassungsstrategien zur Entschärfung
von Nutzungskonflikten zwischen Landwirtschaft
und öffentlicher Wasserversorgung**

G. Soja, B. Poschmaier, G. Heiss, A. Helmreich, M. Rechberger, P. Kinner, M. Jung

Juli 2013



Koordination

PD DI Dr. Gerhard Soja, MSc.
AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Konrad Lorenz-Str. 24, 3430 Tulln

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----------|
| INHALTSVERZEICHNIS | 2 |
| ABKÜRZUNGEN | 4 |
| ZUSAMMENFASSUNG | 5 |
| 1. AUFGABENSTELLUNG UND ZIELSETZUNG | 7 |
| 1.1 AUFGABENSTELLUNG | 7 |
| 1.2 ANGESTREBTE ERGEBNISSE | 7 |
| 1.3 PROJEKTZIELE | 8 |
| 2. METHODIK | 10 |
| 2.1 GLIEDERUNG DES PROjekTS IN ARBEITSPAKETE | 10 |
| 2.2 METHODIK FÜR AP1 UND AP3 | 10 |
| 2.2.1 Simulation des landwirtschaftlichen Wasserverbrauchs mit AquaCrop..... | 10 |
| 2.2.2 Datengrundlagen für die AquaCrop Simulationen..... | 12 |
| 2.2.3 Anpassung des AquaCrop-Outputs..... | 16 |
| 2.2.4 Berechnung des landwirtschaftlichen Wasserverbrauchs auf Basis des Water Foot prints..... | 18 |
| 2.3 METHODIK FÜR AP2 UND AP4 | 18 |
| 2.4 METHODIK FÜR AP 5 – GRUNDWASSER-NEUBILDUNG UNTER DERZEITIGEN UND KLIMAÄNDERUNGS-BEDINGUNGEN | 18 |
| 2.4.1 Grundwasser-Neubildung landwirtschaftlicher Flächen | 18 |
| 2.4.2 Grundwasser-Neubildung der gesamten Untersuchungsgebiete..... | 19 |
| 3. ERGEBNISSE..... | 21 |
| 3.1 AP 1– DATENERHEBUNG DES LANDWIRTSCHAFTLICHEN WASSERVERBRAUCHS | 21 |
| 3.1.1 Überblick über die Kulturartenverteilung im Untersuchungsgebiet | 21 |
| 3.1.2 Überblick über die Bodenbedingungen im Untersuchungsgebiet | 26 |
| 3.1.3 Überblick über die meteorologischen Bedingungen im Untersuchungsgebiet..... | 33 |
| 3.1.4 Wasserverbrauch landwirtschaftlicher Kulturen (Referenz-Szenario)..... | 41 |
| 3.2 AP 2 – DATENERHEBUNG DES ÖFFENTLICHEN WASSERVERBRAUCHS..... | 61 |
| 3.3 AP 3 – AUSWIRKUNG VON KLIMAÄNDERUNGEN AUF DEN WASSERVERBRAUCH LANDWIRTSCHAFTLICHER KULTUREN | 66 |
| 3.3.1 Klimaszenarien für den Zeitraum 2031-2040 in kleinräumiger Auflösung der Untersuchungsgebiete | 66 |
| 3.3.2 Auswirkung von Klimawandelszenarien auf einzelne Kulturen bei den wichtigsten Böden..... | 70 |
| 3.4 AP 4 - AUSWIRKUNG VON KLIMAÄNDERUNGEN AUF DEN ÖFFENTLICHEN WASSERVERBRAUCH..... | 102 |
| 3.4.1 Zukünftiger Wasserbedarf der Haushalte..... | 102 |
| 3.4.2 Demographische Entwicklung..... | 102 |
| 3.5 AP 5 – GRUNDWASSER-NEUBILDUNG UNTER DERZEITIGEN UND KLIMAÄNDERUNGS-BEDINGUNGEN..... | 103 |
| 3.5.1 Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen in Rainbach | 103 |
| 3.5.2 Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen in Münzbach..... | 104 |
| 3.5.3 Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen in Eferdinger Becken..... | 104 |
| 3.5.4 Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen in Machland | 104 |
| 3.5.5 Grundwasser-Neubildung landwirtschaftlicher Flächen | 105 |
| 3.5.6 Grundwasser-Neubildung der gesamten Untersuchungsgebiete..... | 108 |

| | |
|--|------------|
| 3.6 AP 6 – AUSWIRKUNGEN DER PROGNOSEN AUF DEN IST-ZUSTAND..... | 112 |
| 4. SCHLUSSFOLGERUNGEN | 114 |
| AP 7 – MAßNAHMEN ZUR VERMEIDUNG DER ÜBERNUTZUNG DER REGIONALEN WASSERRESSOURCEN | 114 |
| <i>Möglichkeiten für landwirtschaftliche Anpassungsmaßnahmen zur Verminderung der Nutzungskonkurrenz von Wasserressourcen.....</i> | <i>114</i> |
| VERWENDETE LITERATUR | 122 |
| VERZEICHNISSE | 126 |
| ABBILDUNGSVERZEICHNIS | 126 |
| TABELLENVERZEICHNIS | 135 |
| ANHANG | 138 |

ABKÜRZUNGEN

| | |
|-------|--|
| A(GW) | Grundwasserabfluss, Basisabfluss [mm] |
| A(u) | Abfluss, unterirdisch (Versickerung) [mm] |
| A(ZW) | Zwischenabfluss, Interflow |
| AGES | Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit |
| BMLUF | Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft |
| CCM | Corn-Cob-Mix |
| eBOD | Digitale Bodenkarte von Österreich |
| ET | Evapotranspiration [mm] |
| EW | EinwohnerInnen |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| GVE | Großvieheinheit |
| GW | Grundwasser |
| l/Ed | Liter pro Einwohner und Tag |
| ÖK | Österreichische Karte |
| P | Niederschlag [mm] |
| RO | Runoff, Oberirdischer Abfluss [mm] |
| Tr | Transpiration [mm] |
| WE | Wohneinheiten |
| WUE | Wassernutzungseffizienz |
| ZAMG | Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik |

ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Endbericht des Projekts AGRiWA (Einfluss des Klimawandels auf Grundwasserressourcen – Anpassungsstrategien zur Entschärfung von Nutzungskonflikten zwischen Landwirtschaft und öffentlicher Wasserversorgung) beinhaltet die Untersuchungsergebnisse über die derzeitige und zukünftige Wasserdargebots-Situation in vier oberösterreichischen Untersuchungsgebieten.

Ausgangspunkt des Projekts war die Fragestellung, wie sich die zu erwartende Klima-Entwicklung der nächsten Jahrzehnte (bis Mitte des 21. Jahrhunderts) auf den Wasserverbrauch für die landwirtschaftliche Produktion und die öffentliche Wasserversorgung auswirken wird. Insbesondere aus der Erfahrung vergangener Trockenjahren wie 2003 war zu klären, in welchem Ausmaß der Wasserverbrauch der landwirtschaftlichen Produktion und von Gemeinden einander konkurrenzieren und mit welchen Anpassungsmaßnahmen in Extremsituationen der Wassermangel entschärft werden kann.

In Abstimmung mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen zur Klimaentwicklung in Oberösterreich wurden im Vergleich mit der aktuellen Situation (Referenzszenario 1999-2011) 4 zukünftige Klimaszenarien untersucht, welche bis 2050 von Relevanz sind (Referenz +1 °C oder +2 °C, jeweils 0 % oder -10 % Niederschlagsänderung). Für die Berechnung der Wasserbilanzparameter in Abhängigkeit von der landwirtschaftlichen Produktion wurde das Simulationsmodell AquaCrop verwendet. Als Inputparameter dienten die Wetterwerte der 5 Szenarien auf Tagesbasis, die Bodeneigenschaften der dominierenden Bodenformen (Basis: eBod) in den 4 Untersuchungsgebieten und die kulturartenspezifischen Parameter der lokalen Hauptkulturen, angepasst an die jeweiligen Vegetationsperioden. Pflanzenerträge als Outputs, welche auch die pflanzlichen Wasserverbräuche bestimmen, wurden gegen die beobachteten Ertragsdaten aus der Agrarstatistik auf Bezirksebene kalibriert. Der öffentliche Wasserverbrauch wurde durch Erhebungen aus dem Wasserbuch sowie durch Interviews und Datenerhebungen vor Ort separat für jede Gemeinde im Untersuchungsgebiet ermittelt.

Die Erhebungen haben gezeigt, dass sowohl beim aktuellen als auch bei zukünftigen Klimaszenarien die Veränderungen der Jahres-Niederschlagssummen von größerer Bedeutung als die Temperaturanstiege sind. Allerdings ist gerade der Parameter Niederschlag bereits jetzt von wesentlich größerer Variabilität gekennzeichnet (Veränderungen von +100 bis -50 % bei aufeinander folgenden Jahren) als die Temperatur (Variabilität der Jahresmittel: $\pm 0,8$ °C). Daher sind Anpassungsmaßnahmen für zukünftige Klimaszenarien im Wesentlichen im Dienste der Vorbeugung gegen extreme Niederschlagsvariabilitäten zu sehen. Die trockeneren Gebiete des Mühlviertels mit Jahresniederschlagssummen, welche 700 mm kaum übersteigen, sind diesbezüglich als gefährdeter als das Machland und das Eferdinger Becken anzusehen, welche sowohl hinsichtlich Niederschläge als auch der Bodenbedingungen etwas begünstigt sind. In durchschnittlichen Jahren ergibt sich eine positive Wasserbilanz mit einem unterirdischen Abfluss von 160 – 320 mm (die niedrigeren Werte im Mühlviertel, mittlere im Machland, die höheren im Eferdinger Becken), der potentiell für die Grundwasserneubildung zur Verfügung steht. Der unterirdische Abfluss wurde in Basisabfluss und Zwischenabfluss unterschieden, wobei sich der Zwischenabfluss meist im Bereich von 4-6 % und der Basisabfluss von 7-13 % der Jahresniederschlagssumme bewegten. In einem um 2 °C wärmeren und um 10 % trockeneren Klimaszenario würden die unterirdischen Abflüsse allerdings auf 115 (Mühlviertel) bis 240 mm (Eferdinger Becken) zurückgehen. In sehr trockenen Jahren oder Vegetationsperioden, bei ungünstigen Bodeneigenschaften und stark wasserverbrauchenden Kulturen ist die Wasserbilanz allerdings bereits in der Vergangenheit vorübergehend sogar negativ geworden. Dies weist darauf hin, dass die Häufigkeit solcher Perioden in den nächsten Jahrzehnten zunehmen wird, auch wenn die reduzierten unterirdischen Abflüsse (um 24-36 %) im Mittel noch immer eine deutlich positive Wasserbilanz ermöglichen würden.

Den theoretisch verfügbaren unterirdischen Abflüssen sind die erhobenen Wasserverbräuche der einzelnen Gemeinden gegenüberzustellen. Diese betragen auf Basis der Gemeindewasserverbräuche für das jeweilige Gemeindegebiet 3-17 mm pro Jahr. Selbst unter den optimistischsten Gemeindeentwicklungs-Perspektiven ist in Zukunft dieser Anteil weiterhin nur ein kleiner Prozentsatz (1-10 %) der unterirdischen Abflüsse, selbst unter ungünstigen Klimaszenario-Bedingungen. Um Nutzungskonkurrenz zu entschärfen, erscheint es daher effizienter, auf Seiten der landwirtschaftlichen Verbräuche Einsparungspotentiale zu realisieren, um für eventuelle extreme Trockenjahre gerüstet zu sein. Zu diesem Zweck wurde eine Liste möglicher Maßnahmen zur Reduktion des landwirtschaftlichen Wasserverbrauchs zusammengestellt, deren Umsetzung generell die Grundwasserneubildung erleichtern und dadurch auch für den öffentlichen Wasserverbrauch eine entspanntere Situation schaffen würde:

- Änderung der Fruchtfolgen
- Adaptierte Sortenwahl – Züchtung auf höhere Trockenresistenz und Wassernutzungseffizienz
- Erhöhung des Boden-Humusgehalts
- Verminderung der Wasserverluste durch Erosionsschutzmaßnahmen
- Reduktion der Bodenversiegelung und Ermöglichung von Infiltration
- Mulchdecken
- Pflanzung von Windschutzhecken
- Verringerung des Viehbestands
- Ersatz von Überkopfberegnungs- durch Tropfbewässerungsanlagen
- Exakte Bewässerungssteuerung
- Verzicht auf Bewässerung
- Wasserwirtschaftliche Maßnahmen

Bei Umsetzung dieser Maßnahmen einzeln oder (optimalerweise) in Kombination könnte ein Wasserverbrauchs-Einsparungspotential von deutlich >100 mm realisiert werden. Wenngleich in einem durchschnittlichen Jahr in der Mitte des 21. Jahrhunderts diese Maßnahmen nicht erforderlich sein werden, da auch unter diesen zukünftigen Klimabedingungen die Niederschläge in Oberösterreich im Mittel ausreichen werden, um problematische Wassernutzungskonkurrenz zu vermeiden, so würde eine Berücksichtigung dieser Maßnahmen sich dennoch als Vorbeugung gegen extreme Trockenjahre (welche mit mäßiger Wahrscheinlichkeit in den nächsten Jahrzehnten häufiger und wirkungsstärker auftreten werden) empfehlen.

1. AUFGABENSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

1.1 Aufgabenstellung

Allgemeine Untersuchungen zum Wasserbedarf und seiner zukünftigen Entwicklung liegen bisher auf zwei sehr unterschiedlichen Skalen-Ebenen vor:

- EU-weit auf Basis von Erhebungen auf nationaler oder Flusseinzugsgebiets-Ebene: Erhebungen zum öffentlichen, industriellen und landwirtschaftlichen Wasserverbrauch bzw. Bewässerungsaufwand.
- Lokal bei besonderen Problem- bzw. Grundwasserschutzgebieten: Untersuchung der Auswirkung konkreter Schutzmaßnahmen.

Ähnlich unterschiedlich ist der Detaillierungsgrad dieser Untersuchungen. Auf der einen Seite werden große Einzugsgebiete anhand ihrer durchschnittlichen Charakteristika zusammengefasst, auf der anderen Seite werden lokale Auswertungen anhand digitaler Bodenkarten und Unterlagen der Finanz-Bodenschätzung bis zur Schlagebene detailliert.

Die regionale Ebene wurde bei solchen Bewertungen bisher vernachlässigt. Das Projekt AGRIWA möchte daher auf der Ebene topographischer Einheiten (Abbildung 1) in einem dieser Fläche angepassten Detaillierungsgrad die Fragen nach der derzeitigen und zukünftigen Vulnerabilität der Wasserversorgung und nach potentiellen Nutzungskonflikten stellen und Anpassungsmöglichkeiten aufzeigen. Mit diesen Auswertungen sollen Entscheidungsgrundlagen für umweltpolitische Steuerungsmaßnahmen zur Wasserwirtschaft auf Landesebene bereit gestellt werden, welche für die regionale Effektivität größere Bedeutung haben als EU-weite Vorschläge oder lokale Bewirtschaftungsmaßnahmen.

1.2 Angestrebte Ergebnisse

- Darstellung der gegebenen hydrogeologischen Verhältnisse in den Untersuchungsräumen samt regionaler Grundwasserbilanzierung
- Darstellung des derzeitigen Wasserbedarfs für die Landwirtschaft, öffentliche Wasserversorgung und Gewerbe/Industrie, Quantifizierung seiner Abhängigkeit von Witterung und Bewirtschaftungsweise und Auswirkung auf die Ressource Wasser im Untersuchungsgebiet
- Abschätzung des zukünftigen Wasserbedarfs für die Landwirtschaft, öffentliche Wasserversorgung und Gewerbe/Industrie, wenn Auswirkungen des Klimawandels mit und ohne Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt werden, auch unter geänderten Bewirtschaftungsbedingungen (Anbauflächen, Kulturverteilung,...).
- Untersuchung der Auswirkung zukünftiger Klimaentwicklungen auf die Grundwasserneubildung

- Regionaler Vergleich der Beanspruchung der Wasserressourcen durch öffentlichen/privaten mit dem landwirtschaftlichen Bedarf
- Wirksamkeit der landwirtschaftlichen Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Wasserqualität bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen
- Bewertung von Klimaänderungs-Anpassungsmaßnahmen bezüglich ihrer möglichen Auswirkungen auf die Wasserqualität
- Vorschläge zur Vermeidung oder Entschärfung von Wasser-Nutzungskonflikten zwischen Landwirtschaft und öffentlicher Wasserversorgung

1.3 Projektziele

Die angestrebten Ergebnisse werden durch folgende Vorgangsweise im Rahmen der Bearbeitung der relevanten Forschungsfragen erreicht:

Aufbauend auf einer Zusammenstellung des IST-Standes hinsichtlich der hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse (regionale Grundwasserbilanz, Nutzungsstruktur Landwirtschaft/Trinkwassergewinnung/Gewerbe und Industrie,...) werden die auf Grund des Klimawandels prognostizierten Entwicklungen unter Einbeziehung der Ergebnisse und Grundlagendaten der genannten Studien auf regionaler Ebene dargestellt und bewertet.

Es erfolgt eine Risikobewertung hinsichtlich dieser Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse (Vulnerabilität von Grundwasservorkommen,...) und die bestehenden Nutzungen bzw. die bestehende Nutzungsstruktur. Zudem werden Entwicklungen der Ressourcen und der Nutzungsstruktur prognostiziert.

Abschließend ist zu beantworten, welche Maßnahmen geeignet sind, um den Wasserbedarf für die Landwirtschaft und für die öffentliche Wasserversorgung bestmöglich in Einklang zu bringen und negative Einflüsse durch den Klimawandel und dadurch verursachte Übernutzung von Grundwasservorräten zu vermeiden.

Die Szenarien des Klimawandels bilden Situationen ab, die zu einer verstärkten Konkurrenz verschiedener Nutzungsformen führen können. Dies betrifft nicht nur die Wasserquantität als limitierenden Faktor, sondern auch die Qualität, die einerseits durch landwirtschaftliche Aktivitäten beeinflusst wird und andererseits einen hohen Standard für die Trinkwasserversorgung erfordert. Der zunehmende Druck auf die Landwirtschaft und Trinkwasserversorgung durch den Klimawandel (Zunahme der Evapotranspiration, höherer Wasserbedarf etc.) erfordert geeignete Strategien, um einer potentiellen Übernutzung der begrenzten Ressource Wasser zu begegnen. So könnten in diesem Zusammenhang für spezifische Regionen stärkere Beschränkungen notwendig werden, welche über die gegenwärtigen Anforderungen des ÖPUL-Programms sowie der Nitrat-Richtlinie hinausgehen.

Die Entwicklung von Anpassungsstrategien basiert auf den folgenden Schwerpunkten:

- Untersuchungen der regionalen Grundwasserneubildung, Grundwasserspiegellagen und des Bodenwasserhaushalts sowie ihrer Entwicklungen bei prognostizierten Klimaänderungen
- Regionale Grundwasserbilanzierung v.a. unter Berücksichtigung von Trockenperioden (2003 bzw. 2011)

- Bewertung des quantitativen Wasserbedarfs für Landwirtschaft und die Wasserversorgung und deren Variabilität unter gegenwärtigen Klimabedingungen
- Analyse und Bewertung der gegenwärtigen landwirtschaftlichen Maßnahmen zur Vermeidung einer Beeinträchtigung der Wasserqualität entsprechend aktueller ÖPUL-Evaluierungen und ihrer Effektivität bei variablen Umweltbedingungen
- Vulnerabilitäts-Analyse bezüglich der regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserneubildung, Wasserhaushalt und die Wasserversorgungsstruktur insbesondere unter Berücksichtigung typischer Wasserspender
- Bewertung des landwirtschaftlichen Wasserbedarfs für ausgewählte Anpassungsmaßnahmen an geänderte Klimabedingungen sowie der Entwicklung des öffentlichen Wasserbedarfs
- Abschätzung des Ausmaßes potentieller zukünftiger Nutzungskonflikte zwischen der Landwirtschaft und der öffentlichen Wasserversorgung

Die beschriebene Methodik soll exemplarisch für die Grundwasserkörper Machland und Eferdinger Becken (Porengrundwasserleiter), sowie für zwei kristalline Teileinzugsgebiete im Mühlviertel angewendet werden (Gemeindegebiet Münzbach im Aist-Naarn-Kuppenland, Gemeindegebiet Rainbach im Mühlkreis im Leonfeldner Hochland; Abbildung 1).

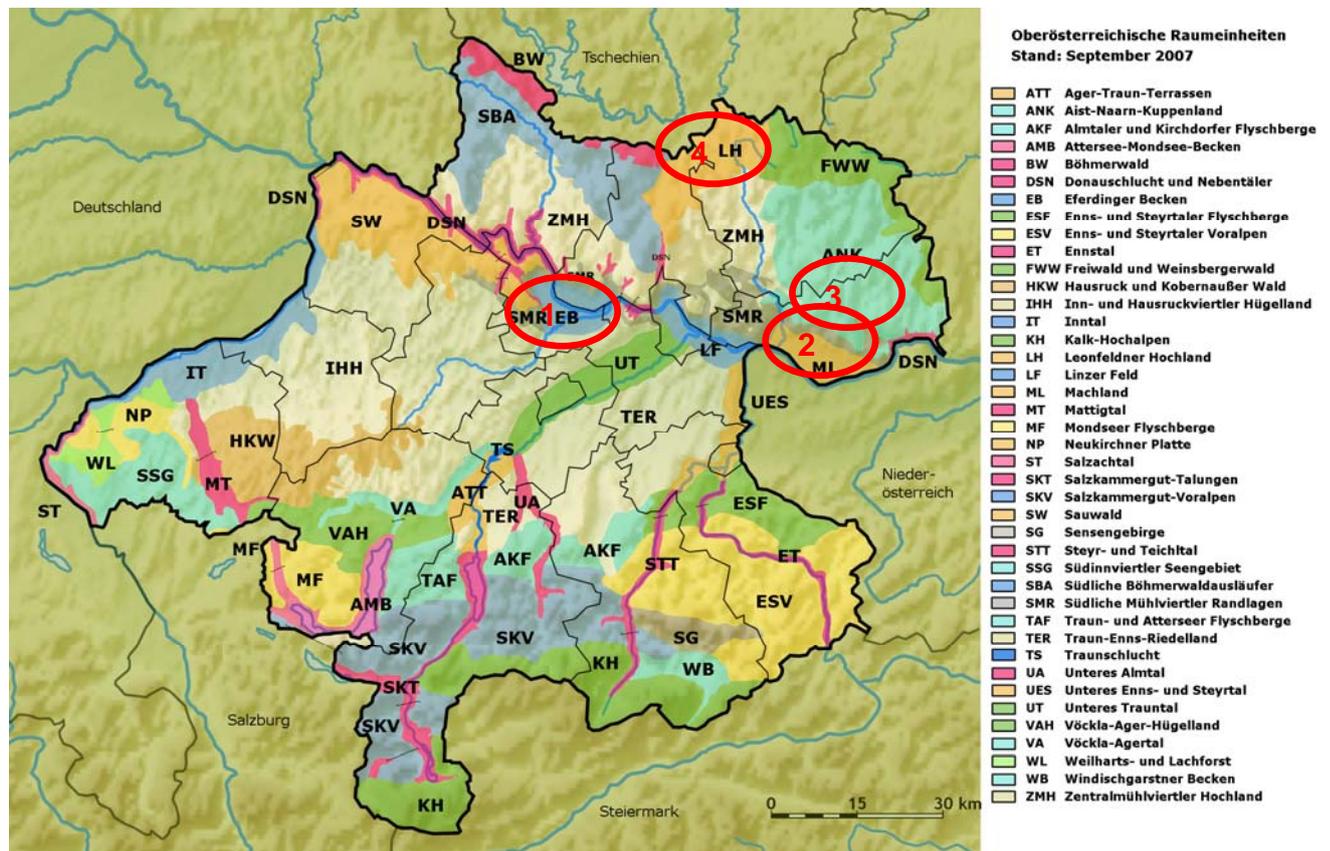


Abbildung 1: Die einzelnen Untersuchungsgebiete: Eferdinger Becken (1), Machland (2), Gemeinde Münzbach (3) und Gemeinde Rainbach i.M. (4) (rote Ellipsen mit Kennziffern) innerhalb der oberösterreichischen Raumeinheiten (Bildquelle: <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/374403>).

2. METHODIK

2.1 Gliederung des Projekts in Arbeitspakete

| AP Nr. | Titel Arbeitspaket (AP) |
|---------------|--|
| 1 | IST-Zustand - Datenerhebung des landwirtschaftlichen Wasserverbrauchs |
| 2 | IST-Zustand - Datenerhebung öffentlicher Wasserverbrauch (Haushalte und Industrie) |
| 3 | Prognose der Auswirkung von Klimaänderung auf den landwirtschaftlichen Wasserverbrauch |
| 4 | Prognose der Auswirkung von Klimaänderung auf den öffentlichen Wasserverbrauch (Haushalte und Industrie) |
| 5 | Berechnung von Grundwasserneubildung unter derzeitigen und Klimaänderungs-Bedingungen |
| 6 | Risikobewertung – Auswirkungen der Prognosen auf den IST-Zustand |
| 7 | Maßnahmen zur Vermeidung der Übernutzung von regionalen Wasserressourcen |
| 8 | Projekt-Koordination und Berichtlegungen |

2.2 Methodik für AP1 und AP3

2.2.1 Simulation des landwirtschaftlichen Wasserverbrauchs mit AquaCrop

Der Wasserverbrauch landwirtschaftlicher Kulturen hängt von den meteorologischen Bedingungen, dem Bodenwasserhaushalt und der Dynamik des Pflanzenwachstums ab. Wenngleich es zwar möglich ist, ein- bis oligofaktorielle Abhängigkeiten des Wasserverbrauchs mittels einfacher Regressionsgleichungen für spezifische Standorte darzustellen, so ist doch die Realität oft wesentlich komplexer, da sich einzelne Faktoren gegenseitig nicht linear beeinflussen. Daher ist die Anwendung von Modellen,

welche auf die Simulation des Boden- und Pflanzenwasserhaushalts spezialisiert sind, oft vorteilhafter. Durch ein breites Spektrum von Input-Parametern und die Möglichkeit der Output-Kalibrierung mit beobachteten Daten kann eine lokale bis regionale Situation in Abhängigkeit von variierenden externen Faktoren genauer wiedergegeben werden. In Bezug auf die gegenständliche Aufgabenstellung, welche sowohl eine Bewertung des Ist-Zustandes als auch der Entwicklung des Wasserverbrauchs unter zukünftigen Klimaszenarien erlauben soll, ist daher eine Modellanwendung vielseitiger und liefert vergleichbarere Ergebnisse für gegenwärtige und zukünftige Szenarien.

Der Wasserverbrauch der landwirtschaftlichen Kulturen wurde für ein Referenzklimaszenario auf Basis der Jahre 1999-2011, sowie für vier Klimawandelszenarien mit einer Temperaturerhöhung von 1°C oder 2°C sowie keiner Änderung des Niederschlages oder einer Abnahme des Niederschlages um 10% simuliert. Ein Temperaturszenario von +2 °C in den nächsten 40 Jahren wurde auch in der oberösterreichischen Klimastudie (Eitzinger, 2009) für realistisch erachtet.

Für die Simulation wurde das Programm AquaCrop Version 3.1plus der FAO gewählt. Mit AquaCrop lässt sich die Kulturpflanzenentwicklung und der Bodenwasserhaushalt anhand der klimatischer, kulturarten- und bodenspezifischer Charakteristika sowie der Bewirtschaftungsmethoden simulieren. Es wurde mit dem Hauptaugenmerk auf den Wasserhaushalt entwickelt, um das Anbau- und Bewässerungsmanagement in trockenen Gebieten sowie bei Klimawandelszenarien zu optimieren. Abbildung 2 zeigt das Berechnungsschema des Programmes.

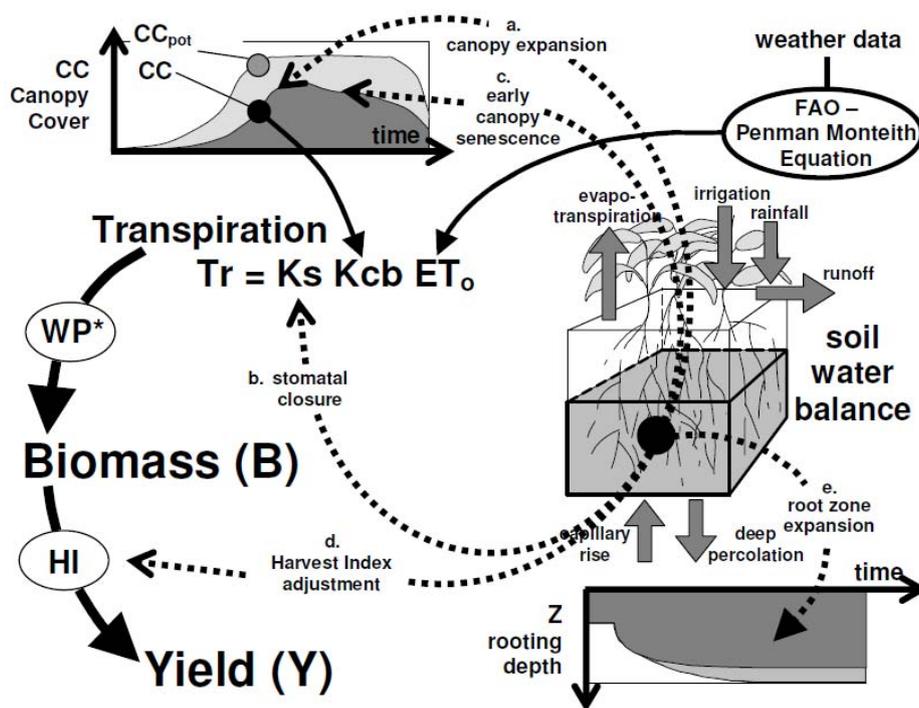


Abbildung 2: Berechnungsschema von AquaCrop. Abkürzungen: CC = simulated canopy cover; CCpot = potential canopy cover; Ks = water stress coefficient; Kcb = crop coefficient; ET0 = reference evapotranspiration; WP* = normalized crop water productivity; HI = Harvest Index. (Raes et al., 2011)

AquaCrop simuliert auf täglicher Basis aufeinanderfolgend fünf Hauptprozesse:

1. Soil water balance. Es werden die eingehenden (Niederschlag und Bewässerung) und die ausgehenden (Runoff, Evapotranspiration und Versickerung) Wassermengen in der Wurzelzone simuliert. Der Boden wird in 12 Horizonte unterteilt, um die Fließbewegungen genauer simulieren zu können. Die

Simulation des Bodenwasserhaushaltes dient als Grundlage zur Berechnung des Wasserstresskoeffizienten (K_s), welcher in weiterer Folge Wachstumsprozesse der Pflanzen beeinträchtigen kann.

2. Crop development. Um das Pflanzenwachstum beschreiben, verwendet AquaCrop als Maß den maximalen Bedeckungsgrad (CC_{pot}). Dessen Entwicklung wird in der Berechnung von Stressfaktoren wie Wassermangel, Lufttemperatur, Salzgehalt der Böden und Nährstoffmangel negativ beeinflusst.

3. Crop transpiration. Die Transpiration wird simuliert, indem die Referenz-Evapotranspiration (ET_0) nach der FAO Penman Monteith Gleichung mit einem Koeffizienten (K_{cb}), welcher proportional zum Bedeckungsgrad ist, multipliziert wird. Zusätzlich wird bei der Simulation die Verringerung der Transpiration durch Schließung der Stomata bei Wasserstress berücksichtigt.

4. Above ground biomass. AquaCrop differenziert zwischen der Entwicklung der Wurzelmasse und der Entwicklung der oberirdischen Biomasse (B). Zur Berechnung der oberirdischen Biomasseproduktion wird die kumulierte Transpiration mit dem Wasserproduktivitätsparameter (WP) multipliziert. WP gibt die produzierte Trockenmasse an oberirdischer Biomasse pro Fläche und Menge an transpiriertem Wasser an. Dieser unterscheidet sich bei den einzelnen Kulturpflanzen. Während er laut AquaCrop Manual bei C4-Pflanzen in der Regel zwischen 30-35 g/m^2 liegt, beträgt er bei C3-Pflanzen 15-20 g/m^2 .

5. Partitioning biomass into yield. Mit Hilfe des Harvest Index (HI) wird bestimmt, welcher Prozentanteil der oberirdischen Biomasse zu Ertrag wird. Der HI und die Periode, in der sich der Ertrag bildet, ist je nach Kulturpflanze verschieden und wird während der Simulation gemäß den Stressfaktoren wie Temperatur angepasst.

Für die Simulationen im AquaCrop werden vier Eingangsdateien, welche folgende Informationen beinhalten, benötigt: Klima- und Wetterdaten, Kulturpflanzenarten, Bodendaten und Managementdaten (Raes et al., 2011). Die Datengrundlagen für diese Dateien werden im folgenden Kapitel beschrieben. Weitere Details des AquaCrop Programmes sind dem [User Manual](#), welches auf der Homepage der FAO bereitgestellt wird, zu entnehmen.

2.2.2 Datengrundlagen für die AquaCrop Simulationen

Meteorologie/Klima

Für die klimatischen Bedingungen wurden die Daten in Tagesauflösung der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik im Zeitraum 1999 - 2011 verwendet: Maximal- und Minimaltemperatur, Niederschlag, relative Feuchtigkeit, Sonnenstunden, Windgeschwindigkeit und globale Strahlung. Diese Daten wurden als Grundlage zur Berechnung der Referenzevapotranspiration verwendet. Die Zuordnung der Stationen zu den Projektgebieten wurde folgendermaßen getroffen (Abbildung 3):

- Station Freistadt für Rainbach im Mühlkreis
- Station Allerheiligen für Münzbach
- Station Enns für das Machland
- Station Linz für das Eferdinger Becken

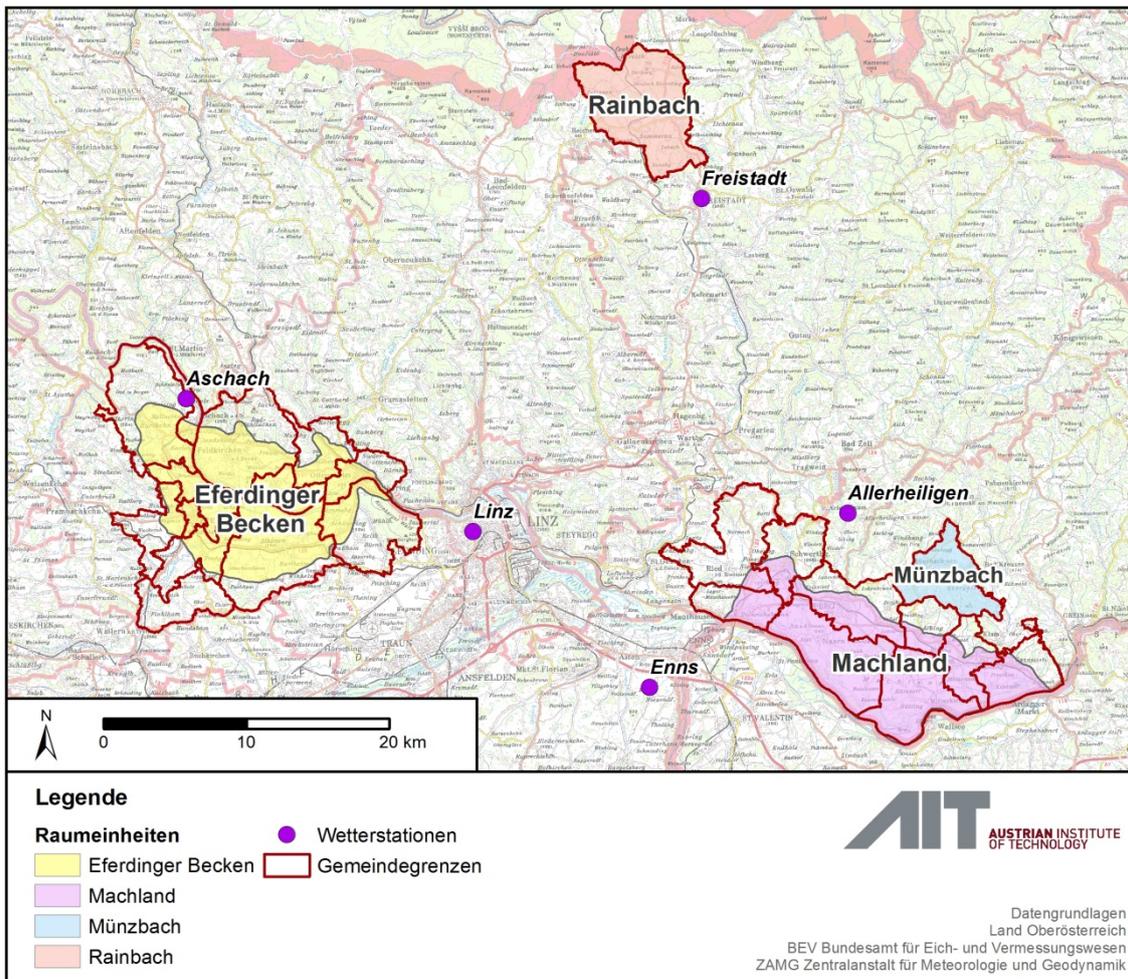


Abbildung 3: Übersicht der ausgewählten Raumeinheiten und verwendeten Wetterstationen der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)

Fehlende meteorologische Daten wurden wie folgt ergänzt:

Für die der Station Allerheiligen fehlenden Daten im Zeitraum 01.01.2008 – 31.12.2011 wurden die gemäß der Differenz der meteorologischen Daten der Station Freistadt und der Station Allerheiligen in den Jahren 2004 -2006 angepassten Daten von Freistadt in diesem Zeitraum herangezogen.

Für die der Station Enns fehlenden Daten im Zeitraum 01.01.1999 – 30.06.2008 wurden die meteorologischen Daten der Station Linz dieses Zeitraumes herangezogen.

Für die Simulation der Klimawandelszenarien wurden die Klimadaten anhand der Temperatur und des Niederschlages angepasst. Dafür wurde die tägliche Temperatur um 1°C und um 2°C angehoben. Der Niederschlag wurde für diese beiden Szenarios beibehalten, als auch um 10% reduziert. Bei einer Temperaturzunahme wird auch die Pflanzenentwicklung beeinflusst. Bei einer Zunahme von +1°C wurden die Wachstumsperiode um 7 Tage verkürzt und die restlichen Entwicklungsstadien linear angeglichen. Bei einer Zunahme von +2°C wird von einer verkürzten Wachstumsperiode von 14 Tagen ausgegangen. Es wurden die CO₂ Konzentrationen entsprechend den Szenarien des „Intergovernmental Panel on Climate Change“ verwendet, welche im Programm AquaCrop schon enthalten sind.

Kulturarten

Die Auswahl der Kulturarten erfolgte anhand einer kumulierten 80%-Schwelle am Anteil der Gesamten landwirtschaftlichen nutzbaren Fläche auf Gemeindeebene (siehe Anhang, Tabelle 23). Für die Ermittlung der Kulturarten in den Projektgebieten Machland und Eferdinger Becken wurden die Daten auf Gemeindeebene entsprechend deren Anteil an den Raumeinheiten berechnet.

Obwohl die Kategorie Mehrkulturigere Feldgemüse im Untersuchungsraum Eferdinger Becken innerhalb dieser 80%-Schwelle liegt, wurde sie auf Grund der Heterogenität der einzelnen Gemüsekulturen bezüglich des Wasserverbrauchs in den AquaCrop- Simulationen nicht berücksichtigt. Zur Einschätzung des Anbaus unterschiedlicher Feldgemüsekulturen in diesen Regionen wurden die Interviews mit den Gemeindeamtsleitern, als auch Daten der Statistik Austria (2012) für Oberösterreich herangezogen.

Mit dem Programm wurden standardisierte Kulturarten mitgeliefert, welche durch die FAO überprüft und zur Verfügung gestellt werden. Diese Kulturarten bilden die Grundlage für die Simulation einiger der in den Projektgebieten angebauten Arten (Tabelle 1). Der Winterraps wurde nach Zeleke et al. 2001 kalibriert.

Tabelle 1: Zuordnung der ausgewählten Kulturarten zu den standardisierten Arten von AquaCrop

| AquaCrop standardisierte Arten | Simulierte Kulturarten |
|--------------------------------|--|
| Maize | Körnermais, Silomais, CCM |
| Potato | Speiseerdäpfel |
| Soybean | Soja |
| Sugarbeet | Zuckerrübe |
| Wheat | Winterweichweizen; mit Modifikationen: Grünland, Wintergerste, Winterraps, Wintertriticale, Winterroggen |

Die Wachstumsperioden wurden den jeweiligen Standorten angepasst. In Tabelle 2 sind die für die Simulation mit AquaCrop festgesetzten Anbau- und Erntetermine ersichtlich. Die Wachstumsperiode für das Grünland, welches in der Regel durchgehend kultiviert wird, wurde auf eine Hauptvegetationsperiode in den Monaten April bis September beschränkt, um das Simulieren einer Ernte zu ermöglichen.

Tabelle 2: Festgesetzte Anbau- und Erntetermine sowie Simulationsperiode für die Simulationen mit AquaCrop für das Referenzszenario.

| Gebiet | Kulturart | Anbau bzw. Vegetationsbeginn | Ernte | Wetterdaten der Simulationsgrundlage |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Machland und Eferdinger Becken | Grünland ¹ | 01.04. | 15.09. | 16.09.1999 - 15.09.2011 |
| | Körnermais | 20.04. | 29.09. | 30.09.1999 - 29.09.2011 |
| | Silomais | 20.04. | 06.09. | 07.09.1999 - 06.09.2011 |
| | CCM ² | 20.04. | 16.09. | 17.09.1999 - 16.09.2011 |
| | Wintergerste | 15.09. | 15.07. | 14.07.2000 - 14.07.2011 |
| | Winterweichweizen | 15.10. | 30.07. | 30.07.2000 - 30.07.2011 |
| | Winterraps | 10.09. | 29.06. | 29.06.2000 - 29.06.2011 |
| | Winterroggen | 15.09. | 31.07. | . |
| | Wintertriticale | 01.10. | 31.07. | 30.07.2000 - 30.07.2011 |
| | Sojabohne | 25.04. | 30.09. | 30.09.1999 - 29.09.2011 |
| Zuckerrübe | 10.04. | 31.10. | 31.10.1999 - 30.10.2011 | |

| Gebiet | Kulturart | Anbau bzw. Vegetationsbeginn | Ernte | Wetterdaten der Simulationsgrundlage |
|----------|-----------------------|------------------------------|--------|--------------------------------------|
| | Speiseerdäpfel | 01.04. | 15.08. | 15.08.1999 - 14.08.2011 |
| Münzbach | Grünland ¹ | 01.04. | 15.09. | 16.09.1999 - 15.09.2011 |
| | Silomais | 20.04. | 11.09. | 12.09.1999 - 11.09.2011 |
| | Wintertriticale | 01.10. | 04.08. | 04.08.2000 - 04.08.2011 |
| Rainbach | Grünland ¹ | 01.04. | 15.09. | 16.09.1999 - 15.09.2011 |
| | Winterroggen | 15.09. | 09.08. | 09.08.2000 - 09.08.2011 |
| | Wintertriticale | 01.10. | 09.08. | 09.08.2000 - 09.08.2011 |

¹Grünland umfasst folgende Kategorisierungen: Einmähdige Wiese, Sonstige Grünlandfläche, GLÖZ-G-Flächen (Grünland), Wechselwiese (Egart, Ackerweide), Klee gras; Klee; Elefantengras; Futtergräser; Futterrübe (Runkelrübe, Burgunder, Kohlrübe); Futterkartoffeln; Sonstiges Feldfutter; Dauerweide; Hutweide; Luzerne; Nützlings- und Blühstreifen, Mähwiese/-weide drei und mehr Nutzungen; Mähwiese/-weide zwei Nutzungen

²CCM = Corn Cob Mix

Bodendaten

Die Bodenprofile wurden mit Hilfe der eBOD Datenbank erhoben. Insgesamt liegen 77 analysierte Bodenprofile in den Projektgebieten, davon 39 im Machland, 32 im Eferdinger Becken, vier in Münzbach und zwei in Rainbach im Mühlkreis. Zur weiteren Bearbeitung mit dem Programm AquaCrop wurde eine Auswahl an repräsentativen Bodenprofilen getroffen (Abbildung 8). Diese orientierte sich an den von der eBOD ermittelten nutzbaren Feldkapazitäten, welche ein wichtiger Parameter zur Einschätzung der landwirtschaftlichen Ertragsfähigkeit des Bodens ist. In den Gebieten Machland und Eferdinger Becken waren darüber hinaus die Untereinheiten der jeweiligen Raumeinheit Grundlage für die Auswahl. Da die Untereinheiten landschaftlich und geologisch ähnliche Gebiete darstellen, wurden je Untereinheit zwei Bodenprofile mit gleicher nutzbarer Feldkapazität ausgewählt (

Tabelle 7). Die Untereinheiten des Machlands gliedern sich in „rezente Austufe der Donau“ entlang der Donau, „Niederungslandschaft der Donauzubringer“ entlang der Naarn und des Mühlbachs und der „Ackerbau­landschaft der Niederterrasse“ im restlichen Gebiet (Grass et al., 2007). Das Eferdinger Becken wird in die Untereinheiten „Auwaldbereich und Donau“ entlang der Donau, „Kulturlandschaft der Austufe“ für landwirtschaftliche Zonen entlang des Auwaldbereichs und dem „landwirtschaftlich genutztem Niederterrassenbereich“ im restlichen Gebiet untergliedert (Cermak et al., 2007). Eine Auswahl der Profile war für die Gemeinden Rainbach und Münzbach wegen der geringen Anzahl an verfügbaren Profilen nicht notwendig. Anhand der Zusammensetzung der Bodenprofile konnte mithilfe des Hydrus 1 Programmes die für AquaCrop notwendigen Bodenwassercharakteristika der jeweiligen Schichten ermittelt werden.

2.2.3 Anpassung des AquaCrop-Outputs

Für die Darstellung der Ergebnisse wurden die Summen der jeweiligen Simulationsjahre (Simulationsperioden der einzelnen Kulturen siehe Tabelle 2) herangezogen beziehungsweise die Mittelwerte und die Standardabweichung der gesamten Simulationsperiode.

Der simulierte Erträge wurde mit den Erträgen der jeweiligen Jahre in den untersuchten Gemeinden verglichen. Als Vergleich wurde die Statistik des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft herangezogen (Tabelle 6). Basierend auf dem Verhältnis von simulierten Ertrag und dem Ertrag aus der Statistik wurde die simulierte Transpiration für die nachfolgenden Berechnungen angeglichen. Da AquaCrop die Erträge in Trockenmasse angibt, während die Agrarstatistik das Frischgewicht angibt, wurden die Erträge der Agrarstatistik in Trockenmasse umgewandelt. In Tabelle 3 sind die angenommen Wassergehalte zum Zeitpunkt der Ernte sowie die errechneten Korrekturfaktoren, welche mit den simulierten Transpirationswerten multipliziert wurden, ersichtlich. Wegen der großen Variabilität von den Erträgen der verschiedenen Arten von Grünland, wurde die Transpirationsmenge von Grünland beibehalten.

Tabelle 3: Angenommener Wassergehalt des Erntegutes zum Zeitpunkt der Ernte und aus der Agrarstatistik abgeleitete Korrekturfaktoren für die Transpiration; Tr = Transpiration (Statistik Austria, 2012)

| Kultur | % Wassergehalt (Ernte) | Tr-Korrektur Faktor |
|--|-------------------------------|----------------------------|
| Winterweichweizen | 13 | 0,78 |
| Wintergerste | 13 | 0,86 |
| Wintertriticale | 13 | 0,66 |
| Winterroggen | 13 | 0,58 |
| Körnermais | 20 | 0,89 |
| CCM | 35 | 0,87 |
| Silomais (Tr-Faktor von CCM übernommen) | 65 | 0,87 |
| Sojabohnen | 15 | 0,47 |
| Speiseerdäpfel (Vergleich mit frühen Kartoffeln) | 77 | 0,73 |
| Zuckerrüben | 77 | 0,93 |
| Winterraps | 10 | 0,48 |
| Grünland | Kein Vergleich | 1 |

Anpassung des Runoffs

Die Menge an Wasser, die oberflächlich abfließt (=Runoff), wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Dazu zählen neben der Dauer und Intensität des Niederschlages und der Beschaffenheit des Bodens unter anderem Landbedeckung und die Landschaftsmorphologie, welche durch Länge der Hänge, deren Ausrichtung sowie durch die Hangneigung bestimmt wird (Haggard et al., 2005; El Kateb et al., 2013; Markart, 2004).

In den Berechnungen des AquaCrop Programmes ist die Hangneigung kein direkter Eingangsparameter für die Berechnung des Runoffs. Die einzige Möglichkeit, im AquaCrop den Einfluss der Hangneigung miteinzubeziehen ist, die sogenannte Curve Number, welche von dem Natural Resources Conservation Service zur Berechnung des Runoffs entwickelt wurde (SCS, 1973) und AquaCrop zur Berechnung des Runoffs benutzt, anzupassen. Laut Literatur (Huang et al., 2006; Gajbhiye & Mishra, 2012) ist die Standard Curve Number allerdings bereits für eine Hangneigung von 5% (das entspricht etwa einer Hangneigung von 3°) ausgerichtet. Eine Anpassung der CN nach der Methode von Huang et al. 2006 wurde für Münzbach erprobt. Dafür wurde mit Hilfe eines digitalen Geländemodells des Landes Oberösterreich die mittlere Hangneigung von 5,9° der nicht bewaldeten Gebiete (laut ÖK 50 des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen) ermittelt. Die daraus resultierende Änderung der CN betrug weniger als einen Wert und hat den berechneten Runoff nicht merklich erhöht. Darum wurde die Standard CN für alle Simulationen beibehalten.

AquaCrop berücksichtigt bei der Simulation des Runoffs nicht die Art der Vegetationsdecke, welche einen maßgeblichen Faktor darstellt (El Kateb et al., 2013; Markart, 2004). Da Grünland in der Regel einen geringeren Runoff als Ackerland aufweist, wurde der Runoff für die Simulationen von Grünland gemäß dem Bodenatlas Sachsen (Klöcking et al., 2008) folgendermaßen angepasst:

Bei Runoff ≤ 15 : $RO_{\text{Grünland}} = RO \times 0,59$

Bei Runoff > 15 : $RO_{\text{Grünland}} = RO \times 0,85 - 5,68$

2.2.4 Berechnung des landwirtschaftlichen Wasserverbrauchs auf Basis des Water Foot prints

Für die Berechnung der Wasserbilanz auf Basis des Water Foot Prints wurden die Angaben von (Mekonnen & Hoekstra, 2010), die Jahresniederschläge (ZAMG, 2013) und die Erträge laut Agrarstatistik (Statistik Austria, 2012) der Jahre 2001 – 2011 herangezogen. Der Water Foot Print nach Mekonnen und Hoekstra (2010) ist für die Jahre 1996-2005 berechnet und ist für Österreich auf Bundeslandebene verfügbar. Der Water Foot Print gibt den Wasserverbrauch von den verschiedenen Kulturpflanzen in m^2/ton an und ist in die Kategorien *Green* (Verbrauch von Wasser aus Niederschlag), *Blue* (Verbrauch von Grund- und Oberflächenwasser) und *Gray* (Menge an Wasser, welches durch die Produktion verschmutzt wird) aufgeschlüsselt. Die Werte für den Water Foot Print ausgewählter Kulturen sind in Tabelle im Anhang zu finden.

2.3 Methodik für AP2 und AP4

Der öffentliche Wasserverbrauch wurde exemplarisch für die Gemeinden Rainbach i.M., Münzbach, Alkoven, Feldkirchen, Arbing, Baumgartenberg, Mitterkirchen, Naarn, Perg, Ried i.d. Riedmark, Saxen und Schwertberg mittels Befragung von GemeindevertreterInnen und dem Wasserverband „Gruppenwasserversorgung Perg und Umgebung“ erhoben. Die Auskünfte erfolgten mündlich und schriftlich. Zudem wurden Bevölkerungsstatistiken auf Gemeindeebene von der Statistik Austria (2012) und weitere Literatur für eine Prognose der demographischen Entwicklung, welche den zukünftigen Wasserverbrauch bestimmt, herangezogen.

2.4 Methodik für AP 5 – Grundwasser-Neubildung unter derzeitigen und Klimaänderungs-Bedingungen

2.4.1 Grundwasser-Neubildung landwirtschaftlicher Flächen

Neben den Simulationen mit AquaCrop wurde eine Berechnung der Grundwasser-Neubildung nach dem Verfahren von Renger und Wessolek (1990) durchgeführt. Dieses Verfahren wurde für Böden auf Lockergestein ausgearbeitet und gilt unter der Annahme, dass der Boden im Frühjahr auf Feldkapazität aufgefüllt ist. Der Runoff wird in dieser Berechnung nicht berücksichtigt (ist jedoch eine Komponente der AquaCrop-Modellierungen). Die Evapotranspiration wird bei diesem Verfahren auf Basis der potentiellen Evapotranspiration nach Haude (1955) berechnet.

Verfahren nach Haude (1955):

$$ET_{P_{Haude}} = a_{Haude} (e_s - e)$$

a_{Haude} empirischer (konstanter) monatlicher Pflanzenfaktor (Haude-Faktor)

$e_s - e$ Sättigungsdefizit der Luft mit Wasserdampf in hPa

Verfahren nach Renger und Wessolek (1990):

$$ETa = a \cdot P_{So} + b \cdot P_{Wi} + c \cdot \log W_{Pfl} + d \cdot ETp + e$$

P_{So} Sommerniederschlag in mm, Summe 01.04. bis 30.09.

P_{Wi} Winterniederschläge in mm, Summe 01.10. bis 31.03. des Folgejahres

W_{Pfl} pflanzenverfügbare Wassermenge im Boden in mm: $W_{Pfl} = nFK$ (nutzbare Feldkapazität) + kapillarer Aufstieg

ETp potentielle Evapotranspiration nach Haude (Gras) in mm, Summe 01.04. bis 31.03. des Folgejahres

a, b, c, e Konstanten, abhängig von klimatischen und standörtlichen Bedingungen.

Tabelle 4: Konstanten für verschiedene Bodennutzungen für die Berechnung der Verdunstung nach dem Verfahren von Renger und Wessolek (1990).

| Bodennutzung | a | b | c | d | e |
|--------------|------|------|-----|------|------|
| Ackerland | 0,39 | 0,08 | 153 | 0,12 | -109 |
| Grünland | 0,48 | 0,1 | 286 | 0,1 | -330 |
| Nadelwald | 0,33 | 0,29 | 166 | 0,19 | -127 |

Die Berechnung der Grundwasser-Neubildung (GW) erfolgte als Differenz von Niederschlag und ETa.

2.4.2 Grundwasser-Neubildung der gesamten Untersuchungsgebiete

Es wurden Wasserbilanzen der Untersuchungsgebiete für den Mittelwert der Jahre 1999-2011 sowie das Klimawandelszenario mit einer Erhöhung der Temperatur um 2°C berechnet. Zusätzlich wurde die Bilanz für das Niederschlagsreichste Simulationsjahr (2001/2002) und für das niederschlagsärmste Simulationsjahr (2010/2011) berechnet, um eine Schwankungsbreite zu erhalten. Der Wasserverbrauch der verschiedenen Kulturarten und der Abfluss wurden den AquaCrop- Simulationen entnommen. Die Unterteilung des unterirdischen Abflusses (A(u)) in Basisabfluss (A(GW)) und Zwischenabfluss (A(ZW)) erfolgte auf Basis der Methoden des Modelles STOFFBILANZ (Gebel et al., 2012; Scheer, 2005). Bei dieser Methode erfolgt die Berechnung des Basisabflussanteils nach Bodenart und Hangneigung mit Hilfe eines Abflussquotienten (f(q)). Dieser bestimmt den Anteil des Basisabflusses am Gesamtabfluss (SW), welcher sich aus Runoff (RO) und unterirdischen Abfluss zusammensetzt beziehungsweise sich aus der Differenz aus Niederschlag (P) und Evapotranspiration (ET) bildet. Die Berechnung erfolgte als Jahressummen der Simulationsperiode in mm.

Bilanzschema (modifiziert nach Gebel et al. (2012) und Scheer (2005):

$$P = ET + RO + A(GW) + A(ZW) \quad A(u) = A(GW) + A(ZW)$$

$$SW = P - ET = A(u) + RO$$

$$A(GW) = SW / f(q)$$

$$A(ZW) = A(u) - A(GW)$$

Der Abflussquotient wurde für jedes Untersuchungsgebiet gemäß der Anteiligen Bodenarten laut eBOD und der mittleren Hangneigung angepasst.

Die Wasserbilanz wurde für die folgenden Landnutzungsklassen berechnet:

- Grünland

- Landwirtschaft (nicht drainiert)
- Landwirtschaft (drainiert)
- Wald
- Siedlungsgebiet und sonstige urbane Flächen

Die Flächenanteile der drainierten Flächen wurden dem Wasserbuch entnommen, die Flächenanteile der landwirtschaftlichen Kulturarten den Daten des Lebensministeriums (2011) und der Anteil Waldflächen wurden der ÖK 50 entnommen. Der restliche Flächenanteil wurde als "Siedlungsgebiet und sonstige urbane Flächen" klassifiziert. Für die verschiedenen Landnutzungsklassen wurden folgende Annahmen getroffen: Grünland dient als Referenzfläche für drainierte Flächen, Wald und Siedlungsgebiet. Bei drainierten Flächen teilt sich der unterirdische Abfluss so auf, dass 10% auf den Basisabfluss und 90% auf den Zwischenabfluss entfallen; der Runoff ist gleich wie bei Grünland. Für Waldflächen wurde eine um 10% erhöhte Evapotranspiration gegenüber dem Grünland angenommen. Der Runoff von Waldflächen wurde auch vom Grünland übernommen, da Gebel et al. (2012) für die Berechnung des Runoffs nach der SCS - Curve Number Methode (SCS, 1973) vergleichbare Werte für Grünland und Waldflächen angeben. Für die Landnutzungsform "Siedlungsgebiet und sonstige urbane Flächen" wurde ein Versiegelungsgrad von 40% angenommen. Auf diesem versiegelten Anteil von 40% erfolgt kein unterirdischer Abfluss, sondern der Niederschlag fließt zur Gänze oberirdisch ab. Die restlichen 60% des Siedlungsgebietes wurden gleich wie die Nutzungsklasse Grünland berechnet.

Für die Mittelwerte der Jahre 1999 - 2011 konnten die Ergebnisse der verschiedenen Kulturen in der Kategorie Landwirtschaft zusammengefasst werden. Für die Berechnung einzelner Jahre ergibt sich für die Landnutzungsklasse "Landwirtschaft" das Problem der verschiedenen Berechnungsperioden im AquaCrop (Tabelle 2). Darum wurden für die Berechnung einzelner Jahre nur die wichtigsten Kulturen beziehungsweise Kulturen mit ähnlichen Anbauperioden herangezogen. Da in den Untersuchungsgebieten Münzbach und in Rainbach die flächenmäßig dominante Kultur Grünland ist, wurden in diesen beiden Gebieten die Bilanzen einzelner Simulationsjahre nur mit Grünland als landwirtschaftliche Kultur berechnet. Im Machland und im Eferdinger Becken wurden die AquaCrop - Ergebnisse der zwei Hauptkulturen Körnermais (Simulationsperiode 30.September - 29.September) und Grünland (Simulationsperiode 16.September - 15. September) herangezogen. Aufgrund ihrer ähnlichen Simulationsperiode war es möglich, die zwei Kulturen gemäß ihrer jeweiligen flächenmäßiger Anteile an der landwirtschaftlichen Fläche zusammenzufassen.

Zur Berechnung der Grundwasserbilanz des gesamten Untersuchungsgebietes wurden zum Schluss die Ergebnisse von den verschiedenen Landnutzungsformen ihren flächenmäßigen Anteilen entsprechend auf das jeweilige Untersuchungsgebiet aufgerechnet.

3. ERGEBNISSE

3.1 AP 1– Datenerhebung des landwirtschaftlichen Wasserverbrauchs

3.1.1 Überblick über die Kulturartenverteilung im Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsgebiete im Mühlviertel sind zu ca. 70 % grünland-dominiert (Tabelle 5). Als weitere Kulturarten in Gunstlagen findet man verschiedene Getreidearten (W-Roggen, W-Triticale, S-Hafer, S-Gerste) oder Silomais (Abbildung 6, Abbildung 7). Das Eferdinger Becken und das Machland als klassische landwirtschaftliche Intensiv-Produktionsgebiete haben eine größere Vielfalt an Kulturarten aufzuweisen, da auch Zuckerrüben, Kartoffel, Raps, Körnerleguminosen, Weizen und Körnermais hinzutreten (Abbildung 4, Abbildung 5), Grünland hingegen nur einen sehr kleinen Flächenanteil einnimmt. Als lokale Besonderheit ist die bedeutende Rolle des Feldgemüsebaus insbesondere in der Umgebung von Eferding anzuführen.

Tabelle 5: Kulturartenverteilung in den Untersuchungsgebieten. Abkürzungen: LW = Landwirtschaft (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011).

| Gebiet | Kulturart | Fläche in ha | % an LW Fläche |
|-----------------------|---|--------------|----------------|
| Rainbach im Mühlkreis | Grünland ¹ | 2078,2 | 72,0 |
| | Wintertriticale | 192,6 | 6,7 |
| | Winterroggen | 146,5 | 5,1 |
| | Sonstige Kulturen | 467,7 | 16,2 |
| | Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 2885,0 | 100,0 |
| Münzbach | Grünland ¹ | 1021,5 | 69,4 |
| | Silomais | 145,8 | 9,9 |
| | Wintertriticale | 82,4 | 5,6 |
| | Sonstige Kulturen | 793,3 | 15,1 |
| | Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 1471,8 | 100,0 |
| Machland ² | Körnermais | 1798,2 | 25,9 |
| | Grünland ¹ | 1293,6 | 18,6 |
| | Winterweichweizen | 722,0 | 10,4 |
| | Wintergerste | 852,1 | 12,3 |
| | Sojabohne | 452,6 | 6,5 |
| | Zuckerrübe | 278,7 | 4,0 |
| | Silomais | 154,2 | 2,2 |
| | Corn-Cob-Mix (CCM) (wie Mais) | 114,8 | 1,7 |
| | Winterraps | 9,6 | 0,1 |

| Gebiet | Kulturart | Fläche in ha | % an LW Fläche |
|---|---|--------------|----------------|
| | Sonstige Kulturen | 1265,9 | 18,2 |
| | Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 6941,7 | 100,0 |
| Eferdinger Becken ³ | Körnermais | 1838,5 | 28,1 |
| | Grünland ¹ | 1282,1 | 19,6 |
| | Winterweichweizen | 940,9 | 14,4 |
| | Sojabohne | 403,8 | 6,2 |
| | Ein- und mehrkulturigere Feldgemüse | 352,5 | 5,4 |
| | Zuckerrübe | 335,5 | 5,1 |
| | Wintergerste | 204,2 | 3,1 |
| | Speiseerdäpfel | 99,394 | 1,52 |
| | Silomais | 24,4 | 0,4 |
| | Wintertriticale | 13,6 | 0,2 |
| | Sonstige Kulturen | 1049,8 | 16,0 |
| Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 6544,7 | 100,0 | |

¹Grünland umfasst folgende Kategorisierungen: Einmähdige Wiese, Sonstige Grünlandfläche, GLÖZ-G-Flächen (Grünland), Wechselwiese (Egart, Ackerweide), Klee gras; Klee; Elefantengras; Futtergräser; Futterrübe (Runkelrübe, Burgunder, Kohlrübe); Futterkartoffeln; Sonstiges Feldfutter; Dauerweide; Hutweide; Luzerne; Nützlings- und Blühstreifen, Mähwiese/-weide drei und mehr Nutzungen; Mähwiese/-weide zwei Nutzungen

²Zugehörige Gemeinden beziehungsweise Teile von Gemeindegebieten: Arbing, Baumgartenberg, Mauthause, Mitterkirchen, Naarn, Perg, Ried in der Riedmark, Saxen und Schwertberg

³Zugehörige Gemeinden beziehungsweise Teile von Gemeindegebieten: Alkoven, Aschach an der Donau, Eferding, Feldkirchen, Fraham, Goldwörth, Hartkirchen, Hinzenbach, Ottensheim, Puppung, Scharfen, Walding und Wilhering

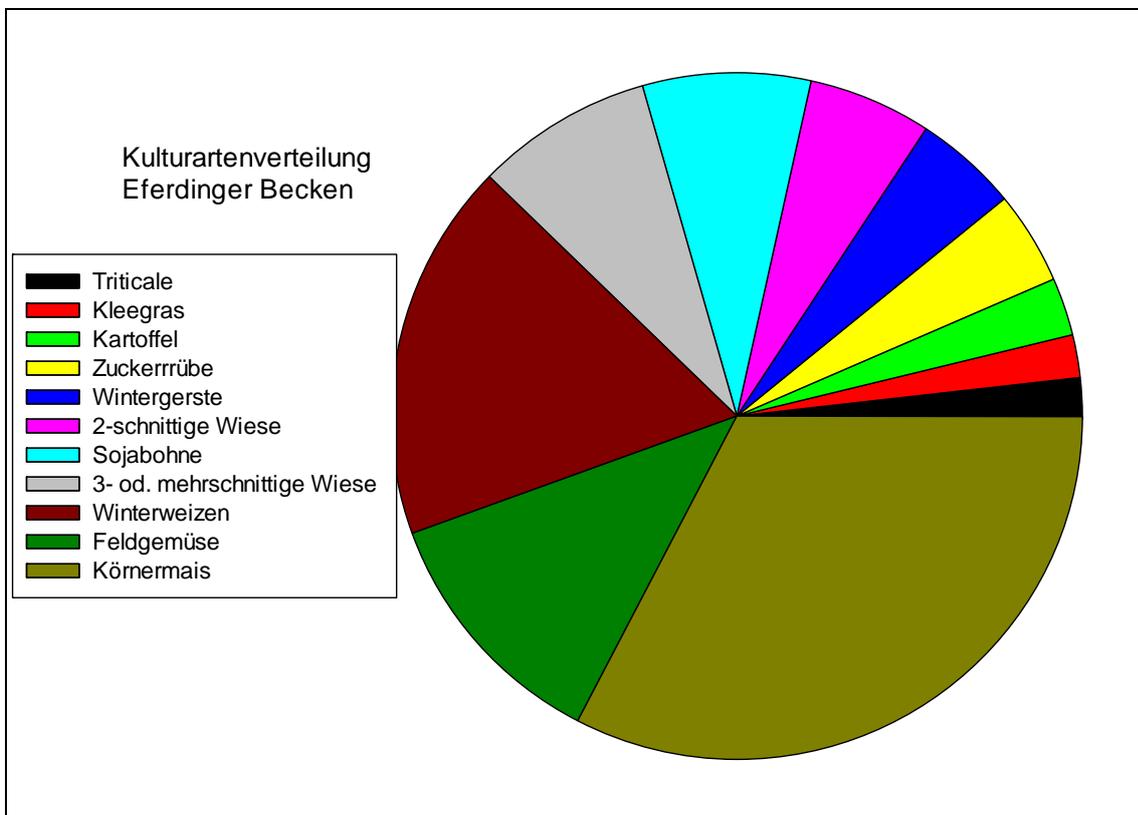


Abbildung 4: Anteilmäßige Kulturartenverteilung im Eferdinger Becken (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011).

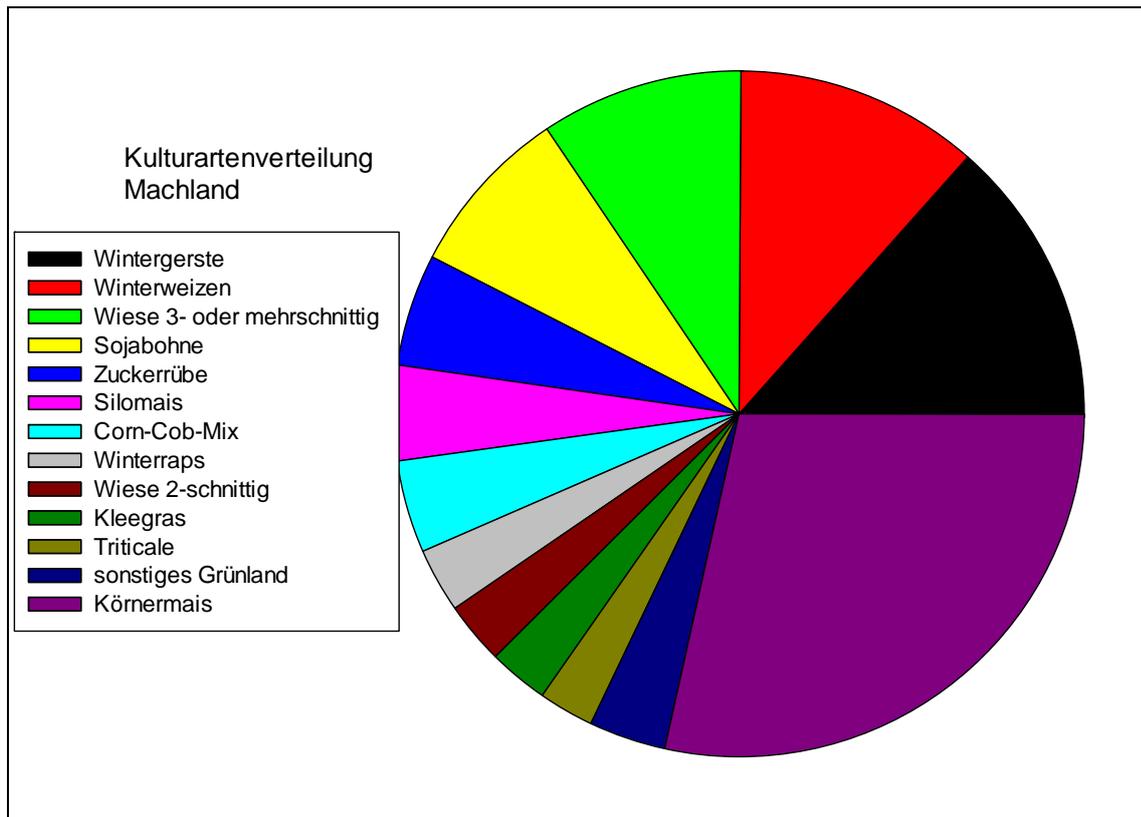


Abbildung 5: Anteilsmäßige Kulturartenverteilung im Machland (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011).

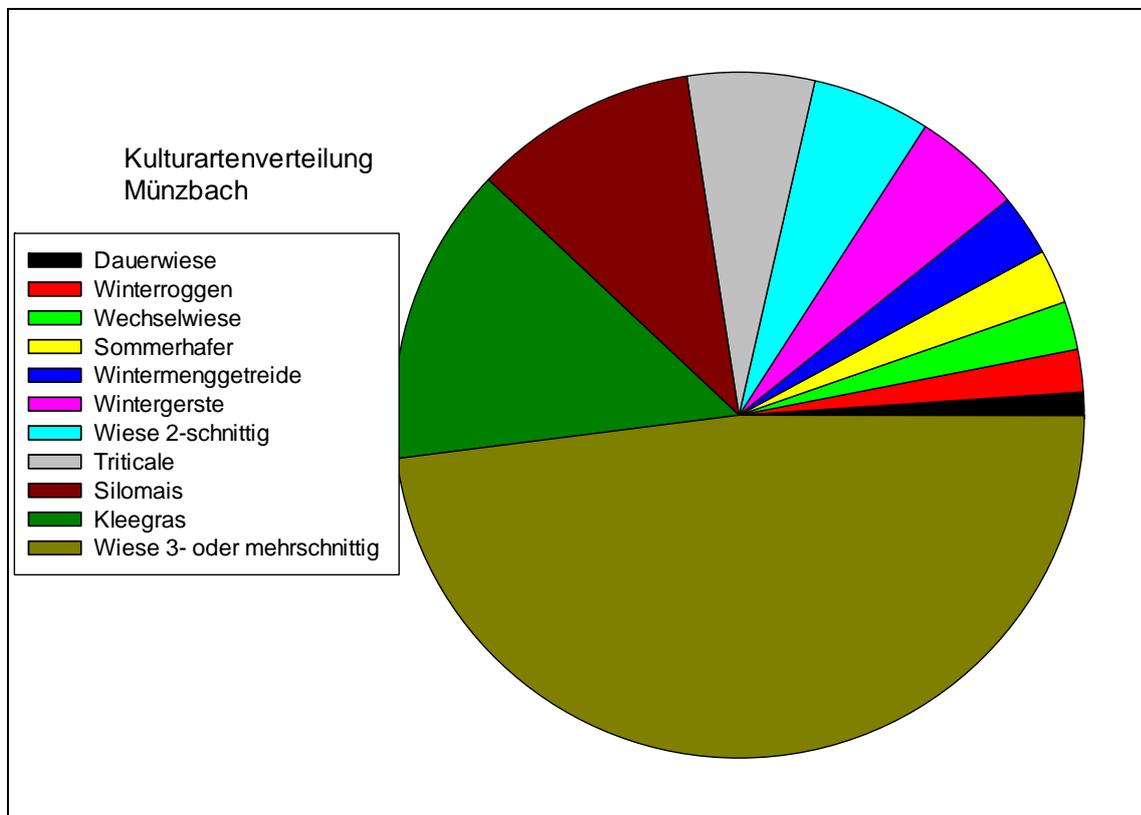


Abbildung 6: Anteilsmäßige Kulturartenverteilung in Münzbach (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011).

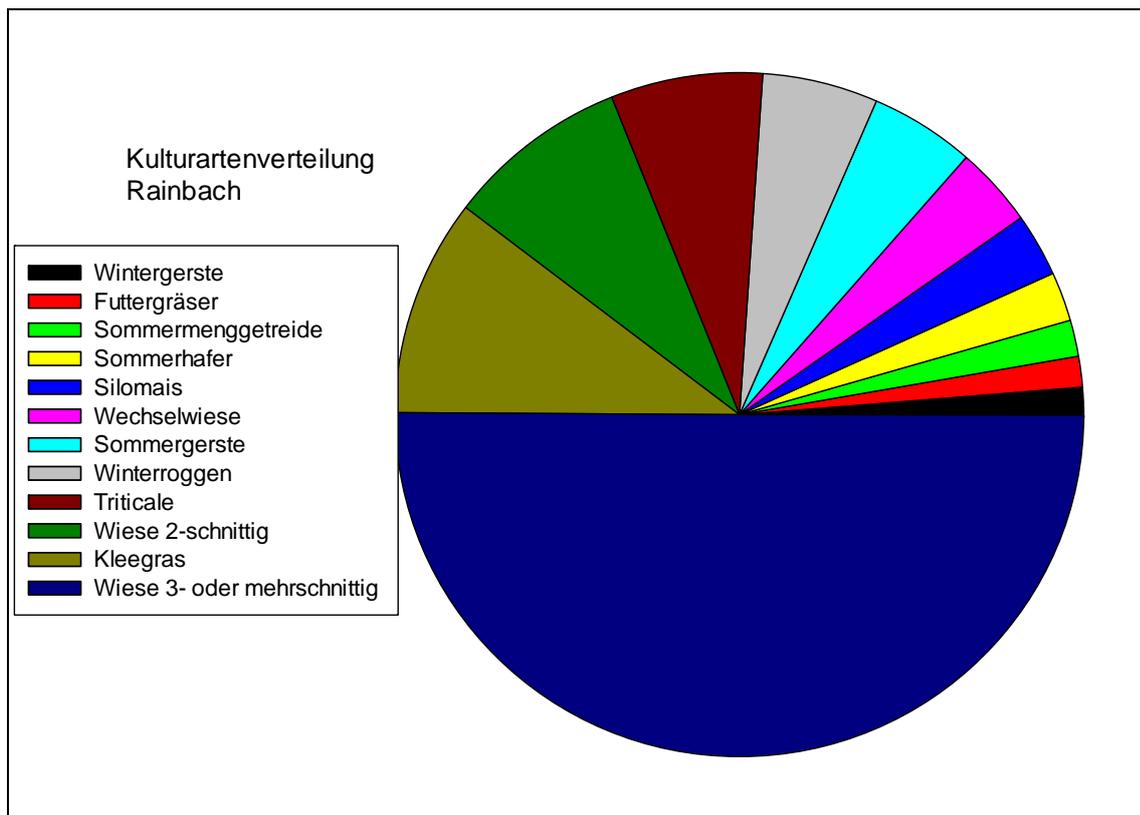


Abbildung 7: Anteilmäßige Kulturartenverteilung in Rainbach (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011).

Tabelle 6: Erträge in den Untersuchungsgebieten laut Agrarstatistik in den Jahren 1999-2011 (Statistik Austria, 2012).

| Kulturart | Referenz- Bezirke | Zugeordnetes Untersuchungsgebiet | Ertrag Frischmasse [t/ha] | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------------------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| Kartoffeln - Frühe und mittelfrühe Kartoffeln | Eferding | Eferdinger Becken | 28,2 | 22,7 | 27,5 | 27,1 | 29,1 | 28,9 | 29,3 | 26,1 | 34,1 | 33,2 | 29,1 | 30,4 | 32,3 |
| Kartoffeln – Spät-kartoffeln | Eferding | Eferdinger Becken | 31,0 | 41,3 | 39,8 | 40,3 | 44,2 | 43,2 | 42,1 | 41,7 | 40,6 | 39,1 | 40,9 | 40,8 | 47,2 |
| Körnermais inkl. CCM | Eferding | Eferdinger Becken | 10,4 | 10,3 | 9,2 | 11,0 | 9,8 | 11,3 | 10,7 | 10,0 | 11,7 | 9,8 | 11,9 | 9,6 | 11,9 |
| Körnermais inkl. CCM | Freistadt | Rainbach im Mühlkreis | 8,0 | 9,6 | 8,7 | 8,8 | 7,8 | 8,1 | 10,3 | 9,2 | 10,7 | 10,4 | 11,4 | 9,0 | 10,3 |
| Körnermais inkl. CCM | Perg | Machland und Münzbach | 10,5 | 10,3 | 9,6 | 9,8 | 9,5 | 9,7 | 10,4 | 9,8 | 11,5 | 10,7 | 12,5 | 10,1 | 11,4 |
| Körnermais ohne CCM | Eferding | Eferdinger Becken | - | - | 9,2 | 10,9 | 9,8 | 11,3 | 10,7 | 10,0 | 11,7 | 9,8 | 11,8 | 9,6 | - |
| Körnermais ohne CCM | Freistadt | Rainbach im Mühlkreis | - | - | 8,4 | 7,9 | 7,3 | 6,9 | 9,0 | 8,1 | 9,7 | 9,7 | 10,4 | 8,1 | - |
| Körnermais ohne CCM | Perg | Machland und Münzbach | - | - | 9,0 | 9,2 | 9,2 | 9,1 | 10,0 | 9,4 | 11,1 | 10,3 | 12,2 | 9,6 | - |
| Roggen | Freistadt | Rainbach im Mühlkreis | 3,9 | 3,7 | 4,1 | 4,0 | 4,2 | 5,0 | 4,2 | 3,8 | 4,9 | 4,1 | 3,4 | 3,2 | 4,2 |
| Silo-und Grünmais | Eferding | Eferdinger Becken | 68,0 | 69,7 | 36,7 | 55,6 | 53,7 | 52,0 | 55,3 | 52,1 | 48,3 | 41,1 | 52,5 | 45,7 | 50,6 |
| Silo-und Grünmais | Perg | Machland und Münzbach | 46,8 | 42,0 | 45,4 | 45,3 | 45,6 | 48,4 | 40,8 | 42,6 | 43,6 | 45,9 | 44,0 | 46,9 | 49,4 |
| Sojabohnen | Eferding | Eferdinger Becken | 3,0 | 2,8 | 3,0 | 2,8 | 3,2 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 2,6 | 2,8 | 2,9 | 3,1 |
| Sojabohnen | Freistadt | Rainbach im Mühlkreis | 3,0 | 2,8 | 2,4 | 1,9 | 2,0 | 2,7 | 2,3 | 2,5 | 3,0 | 2,5 | 2,9 | 2,5 | 2,9 |
| Sojabohnen | Perg | Machland und Münzbach | 2,9 | 2,6 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 2,8 | 3,0 | 3,0 | 2,8 | 3,1 | 2,9 | 2,8 | 3,1 |
| Triticale | Eferding | Eferdinger Becken | 5,5 | 5,8 | 5,3 | 5,5 | 5,1 | 6,2 | 5,4 | 5,3 | 6,2 | 6,4 | 5,6 | 5,4 | 5,2 |
| Triticale | Freistadt | Rainbach im Mühlkreis | 4,4 | 4,7 | 4,9 | 4,6 | 4,4 | 6,2 | 4,8 | 4,0 | 5,3 | 5,4 | 5,3 | 4,9 | 4,3 |
| Triticale | Perg | Machland und Münzbach | 5,0 | 5,2 | 4,9 | 4,2 | 4,8 | 6,5 | 5,1 | 4,3 | 5,6 | 5,5 | 5,5 | 4,9 | 4,4 |
| Wintergerste | Oberöster- reich | Machland und Eferdinger Be- cken | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 6,8 |
| Winterraps | Perg | Machland und Münzbach | 3,2 | 2,9 | 2,7 | 2,5 | 2,3 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 4,6 | 3,7 | 3,7 | 3,9 | 4,4 |
| Winterweichweizen | Eferding | Eferdinger Becken | - | - | 6,2 | 6,4 | 5,4 | 7,1 | 6,9 | 5,8 | 7,5 | 7,1 | 5,9 | 6,0 | 7,8 |
| Winterweichweizen | Perg | Machland und Münzbach | - | - | 6,3 | 6,4 | 5,8 | 7,7 | 6,6 | 6,2 | 7,5 | 7,0 | 6,8 | 6,8 | 8,0 |
| Zuckerrüben | Eferding | Eferdinger Becken | 79,4 | 68,0 | 69,8 | 73,7 | 75,9 | 73,9 | 74,5 | 70,1 | 73,4 | 69,1 | 70,7 | 65,2 | 89,7 |
| Zuckerrüben | Perg | Machland und Münzbach | 73,3 | 80,7 | 61,3 | 73,9 | 70,7 | 71,3 | 73,4 | 62,9 | 68,8 | 70,9 | 68,0 | 66,7 | 80,7 |

3.1.2 Überblick über die Bodenbedingungen im Untersuchungsgebiet

Verschiedene Bodenarten weisen durch unterschiedlichen geologischen Untergrund, variierende Texturen und Tonmineralzusammensetzungen große Unterschiede in ihren physikalisch/chemischen Eigenschaften auf, welche das Wasserspeichungsvermögen, die Infiltrierbarkeit und die Fruchtbarkeit für das Pflanzenwachstum bestimmen. Diese Eigenschaften waren wichtige Inputparameter im Aqua-Crop-Modell zur Simulation der Bodenwasserhaushaltsveränderungen in Abhängigkeit von klimatischen Veränderungen. Aus diesem Grund wurden die Charakteristika der dominierenden Bodenarten aus den Angaben der elektronischen Bodenkarte (eBOD) Österreichs übernommen und für die Modell-Parametrisierung verwendet (Abbildung 8,

Tabelle 7, Tabelle 8).

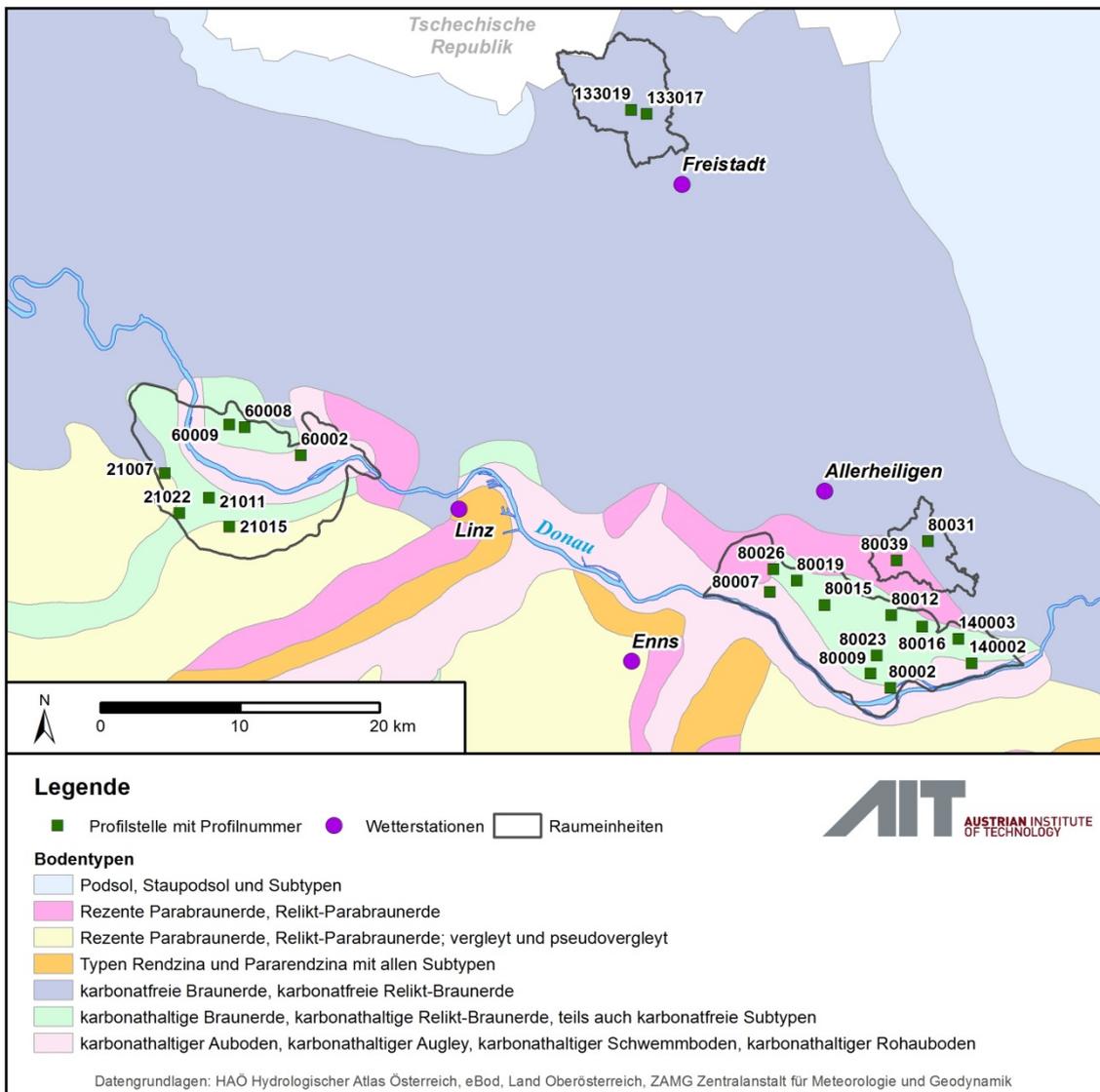


Abbildung 8: Bodentypen und ausgewählte eBOD-Profilstellen in den Untersuchungsgebieten. Erläuterung der Profilstellen

Tabelle 7.

Tabelle 7: Bodenprofile der ausgewählten Böden aus der eBOD Datenbank; Erläuterung der Horizonte siehe Anhang Tabelle 24; nFK = nutzbare Feldkapazität.

| Gebiet | Profilstelle eBOD | nFK | | Horizont- abfolge | Horizont | von (cm) | bis (cm) | Bodenart |
|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------|----------------------|----------|-------------|------------------|------------------|
| | Bezeichnung | | | | | | | |
| Rainbach | 133017 Rai1 | mittel | 140 - 220 mm | 1 | A | 0 | 20 | lehmiger Sand |
| | | | | 2 | Bg | 20 | 60 | lehmiger Sand |
| | | | | 3 | Gor | 60 | 200 | sandiger Lehm |
| | 133019 Rai2 | mittel | 140 - 220 mm | 1 | Ap | 0 | 20 | lehmiger Sand |
| | | | | 2 | B | 20 | 50 | lehmiger Sand |
| | | | | 3 | P | 50 | 80 | sandiger Lehm |
| | | | | 4 | S | 80 | 200 | sandiger Lehm |
| | Münzbach | 80031 Münz1 | mittel | 144 - 220 mm | 1 | Ag | 0 | 15 |
| 2 | | | | | Go | 15 | 65 | lehmiger Sand |
| 3 | | | | | Gor | 65 | 200 | sandiger Lehm |
| 80039 Münz2 | | mittel | 144 - 220 mm | 1 | A | 0 | 15 | lehmiger Sand |
| | | | | 2 | Bvg | 15 | 60 | lehmiger Sand |
| | | | | 3 | BvG | 60 | 120 | lehmiger Sand |
| | | | | 4 | C | 120 | 200 | |
| Eferdinger Becken | | 21007 EB1 | mittel | 144 - 220 mm | 1 | Ap | 0 | 20 |
| | 2 | | | | AB | 20 | 45 | lehmiger Schluff |
| | 3 | | | | Bv | 45 | 70 | schluffiger Lehm |
| | 4 | | | | Bg | 70 | 110 | lehmiger Schluff |
| | 5 | | | | BG | 110 | 200 | sandiger Lehm |
| | 21011 EB2 | hoch | 220 - 300 mm | 1 | A | 0 | 20 | sandiger Schluff |
| | | | | 2 | AB | 20 | 40 | sandiger Schluff |
| | | | | 3 | Bg | 40 | 70 | sandiger Schluff |
| | | | | 4 | BG | 70 | 110 | sandiger Schluff |
| | | | | 5 | CG | 110 | 200 | sandiger Schluff |
| | 21015 EB3 | mittel | 144 - 220 mm | 1 | Ap | 0 | 25 | lehmiger Schluff |
| | | | | 2 | AB | 25 | 50 | schluffiger Lehm |
| | | | | 3 | Bv1 | 50 | 80 | schluffiger Lehm |
| | | | | 4 | Bv2 | 80 | 110 | lehmiger Schluff |
| | | | | 5 | BC | 110 | 200 | lehmiger Sand |
| | 21022 EB4 | mittel | 144 - 220 mm | 1 | Ap | 0 | 20 | schluffiger Lehm |
| | | | | 2 | AC | 20 | 45 | Lehm |
| | | | | 3 | P | 45 | 75 | Ton |
| | | | | 4 | S | 75 | 110 | lehmiger Ton |
| | | | | 5 | Cg | 110 | 200 | lehmiger Ton |
| 60002 | hoch | 220 - 300 mm | 1 | Ap | 0 | 25 | lehmiger Schluff | |
| | | | 2 | Bv1 | 25 | 60 | lehmiger Schluff | |

| | | | | | | | | |
|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-------|-----|-----|-------------------|---------------------------------|
| Machland | EB5 | | | 3 | Bv2 | 60 | 110 | sandiger Schluff |
| | | | | 4 | C | 110 | 200 | Feinsand |
| | 60008 EB6 | mittel | 144 – 220 mm | 1 | Ap | 0 | 20 | sandiger Schluff |
| | | | | 2 | ABv | 20 | 50 | lehmgiger Schluff |
| | | | | 3 | Bv1 | 50 | 120 | sandiger Lehm |
| | | | | 4 | Bv2 | 120 | 200 | lehmgiger Sand |
| | 60009 EB7 | mittel | 144 – 220 mm | 1 | Ap | 0 | 25 | lehmgiger Sand |
| | | | | 2 | Bv1 | 25 | 60 | sandiger Lehm |
| | | | | 3 | Bv2 | 60 | 110 | sandiger Lehm bis Lehm |
| | | | | 4 | D | 110 | 200 | |
| | 80002 ML1 | hoch | 220 - 300 mm | 1 | A | 0 | 15 | lehmgiger Sand |
| | | | | 2 | BCg | 15 | 60 | sandiger Schluff |
| | | | | 3 | CG | 60 | 100 | sandiger Schluff bis Schluff |
| | | | | 4 | D | 100 | 200 | Feinsand |
| | 80007 ML2 | mittel | 140 – 220 mm | 1 | Ap | 0 | 20 | lehmgiger Sand |
| | | | | 2 | Bv | 20 | 55 | lehmgiger Sand |
| 3 | | | | D1 | 55 | 110 | Sand | |
| 4 | | | | D2 | 110 | 200 | | |
| 80009 ML3 | hoch | 220 - 300 mm | 1 | A | 0 | 25 | sandiger Schluff | |
| | | | 2 | Bv | 25 | 50 | sandiger Schluff | |
| | | | 3 | BvGor | 50 | 90 | lehmgiger Sand | |
| | | | 4 | DG | 90 | 200 | | |
| 80012 ML4 | hoch | 220 – 300 mm | 1 | Ap | 0 | 25 | sandiger Schluff | |
| | | | 2 | Bv | 25 | 80 | lehmgiger Schluff | |
| | | | 3 | Bvg | 80 | 200 | sandiger Lehm | |
| 80015 ML5 | mittel | 140 – 220 mm | 1 | A | 0 | 25 | schluffiger Lehm | |
| | | | 2 | Agbeg | 25 | 50 | lehmgiger Ton | |
| | | | 3 | Gro | 50 | 80 | sandiger Lehm | |
| | | | 4 | Gr | 80 | 200 | lehmgiger Sand | |
| 80016 ML6 | mittel | 140 – 220 mm | 1 | Ag | 0 | 15 | Lehm | |
| | | | 2 | Go | 15 | 30 | Ton | |
| | | | 3 | AGbeg | 30 | 55 | Ton | |
| | | | 4 | Gor | 55 | 110 | lehmgiger Schluff | |
| | | | 5 | Gr | 110 | 200 | schluffiger Sand | |
| 80019 ML7 | hoch | 220 – 300 mm | 1 | Ap | 0 | 30 | sandiger Schluff | |
| | | | 2 | B1 | 30 | 70 | sandiger Schluff | |
| | | | 3 | B2 | 70 | 200 | sandiger Schluff | |
| 80023 ML8 | gering | 60 – 140 mm | 1 | Ap | 0 | 20 | lehmgiger Sand | |
| | | | 2 | BvC | 20 | 50 | lehmgiger Sand | |
| | | | 3 | C | 50 | 200 | | |

| | | | | | | | | |
|--|----------------|--------|-----------------|---|-----|-----|-----|------------------|
| | 80026 ML9 | hoch | 220 – 300 mm | 1 | A | 0 | 25 | sandiger Schluff |
| | | | | 2 | Bv | 25 | 70 | lehmiger Schluff |
| | | | | 3 | BvG | 70 | 100 | sandiger Lehm |
| | | | | 4 | Go | 100 | 200 | sandiger Lehm |
| | 140002 ML10 | hoch | 220 – 300 mm | 1 | Ag | 0 | 20 | Schluff |
| | | | | 2 | BG | 20 | 60 | schluffiger Sand |
| | | | | 3 | Go | 60 | 100 | Schluff |
| | | | | 4 | Gr | 100 | 200 | Sand |
| | 140003 ML11 | mittel | 140 – 220 mm | 1 | Ag | 0 | 15 | lehmiger Ton |
| | | | | 2 | Gor | 15 | 50 | Ton |
| | | | | 3 | Gr | 50 | 110 | Ton |
| | | | | 4 | DG | 110 | 200 | Grobsand |

Tabelle 8: Flächenmäßige Verteilung der eBOD-Bodentypengruppen auf nicht bewaldeten Flächen in den Untersuchungsgebieten und Zuordnung der verwendeten Bodenprofile. (eBOD, 2010).

| Untersuchungsgebiet | Bodentypengruppe "t" | Fläche _(gesamt) in ha | Anteil [%] | Zugehörige Profile |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------|---------------------|
| Rainbach | Felsbraunerde | 2861,62 | 79,71 | Rai1 |
| | Gley | 577,31 | 16,08 | Rai2 |
| | Lockersediment-Braunerde | 149,39 | 4,16 | |
| | Bodenformkomplex | 1,57 | 0,04 | |
| | Brauner Auboden | 0,11 | 0,00 | |
| Münzbach | Felsbraunerde | 1484,08 | 85,52 | Münz2 |
| | Typischer Pseudogley | 136,46 | 7,86 | |
| | Hanggley | 56,21 | 3,24 | Münz1 |
| | Brauner Auboden | 35,13 | 2,02 | |
| | Lockersediment-Braunerde | 19,77 | 1,14 | |
| | Extremer Pseudogley | 3,69 | 0,21 | |
| Eferdinger Becken | Lockersediment-Braunerde | 3593,31 | 30,86 | EB3, EB6, EB7 |
| | Grauer Auboden | 3037,64 | 26,09 | EB1, EB2 |
| | Brauner Auboden | 2853,21 | 24,51 | EB5 |
| | Pseudogley | 810,33 | 6,96 | |
| | Grauer Auboden | 508,13 | 4,36 | |
| | Parabraunerde | 252,66 | 2,17 | |
| | Kulturrehoboden | 192,75 | 1,66 | |
| | Felsbraunerde | 130,37 | 1,12 | |
| | Extremer Pseudogley | 112,06 | 0,96 | EB4 |
| | Lockersediment-Rohboden | 83,33 | 0,72 | |
| Typischer Pseudogley | 68,94 | 0,59 | | |
| Machland | Lockersediment-Braunerde | 5165,77 | 50,22 | ML7, ML8, ML9, ML11 |
| | Brauner Auboden | 1794,23 | 17,44 | ML2, ML3, ML4, ML5 |
| | Grauer Auboden | 1450,59 | 14,10 | ML1, ML10 |
| | Typischer Gley | 1080,23 | 10,50 | ML6 |
| | Parabraunerde | 394,23 | 3,83 | |

| Untersuchungsgebiet | Bodentypengruppe "t" | Fläche _(gesamt) in ha | Anteil [%] | Zugehörige Profile |
|---------------------|----------------------|-------------------------------------|------------|--------------------|
| | Kulturrehoboden | 224,26 | 2,18 | |
| | Anmoor | 87,73 | 0,85 | |
| | Typischer Pseudogley | 77,74 | 0,76 | |
| | Hanggley | 11,07 | 0,11 | |

Bei der Darstellung wurden die Bodenprofile des Eferdinger Beckens und des Machlandes, welche einander ähnliche Ergebnisse im Output des Modells AquaCrop lieferten, in Kategorien zusammengefasst (Tabelle 9).

Tabelle 9: Zuordnung der Bodenprofile in der Darstellung der Ergebnisse.

| Bodenprofil | Zuordnung zu |
|----------------------------------|--------------|
| EB1 EB2 EB6 | EB1 |
| EB3 EB4 EB5 | EB4 |
| ML3 ML4 ML7 ML9 ML10 | ML10 |
| ML6 ML11 | ML11 |

3.1.3 Überblick über die meteorologischen Bedingungen im Untersuchungsgebiet

Die Lage Oberösterreichs rund um den 48. Breitengrad, vom Granit-Gneis-Hochland des Mühlviertels über das Alpenvorland bis zu den nördlichen Kalkalpen, bestimmt gemeinsam mit der jeweiligen Höhenlage die klimatischen Rahmenbedingungen. Die trockensten Gebiete Oberösterreichs liegen im Eferdinger Becken und im östlichen Mühlviertel, wo eine Jahresniederschlagssumme von 800 mm im 30-jährigen Mittel unterschritten wird, doch bleiben die Niederschlagssummen in der Regel über 700 mm pro Jahr (Abbildung 9). Die Jahres-Durchschnittstemperaturen liegen im Eferdinger Becken, Machland und auf der Traun-Enns-Platte bei 8-9 °C, im Mühlviertel oft auch nur bei 6-8 °C (Abbildung 10).

Einen genaueren Überblick über die Jahresverläufe von Temperatur und Niederschlag an ausgewählten, für das Projektgebiet relevanten Stationen geben Abbildung 11 bis Abbildung 20.

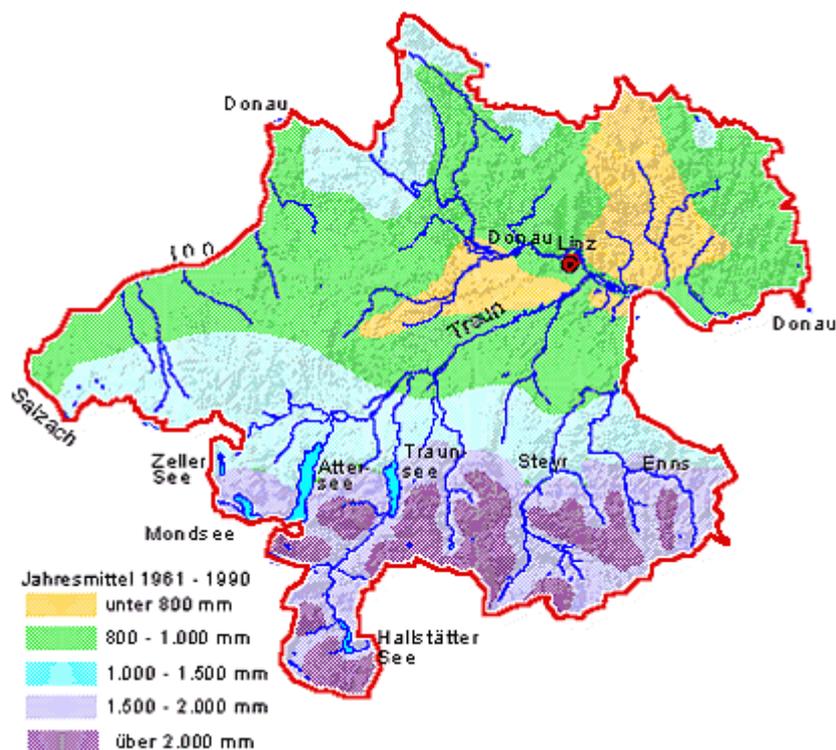


Abbildung 9: Räumliche Niederschlagsverteilung im Bundesland Oberösterreich. Quelle: http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/hs.xsl/18479_DEU_HTML.htm.

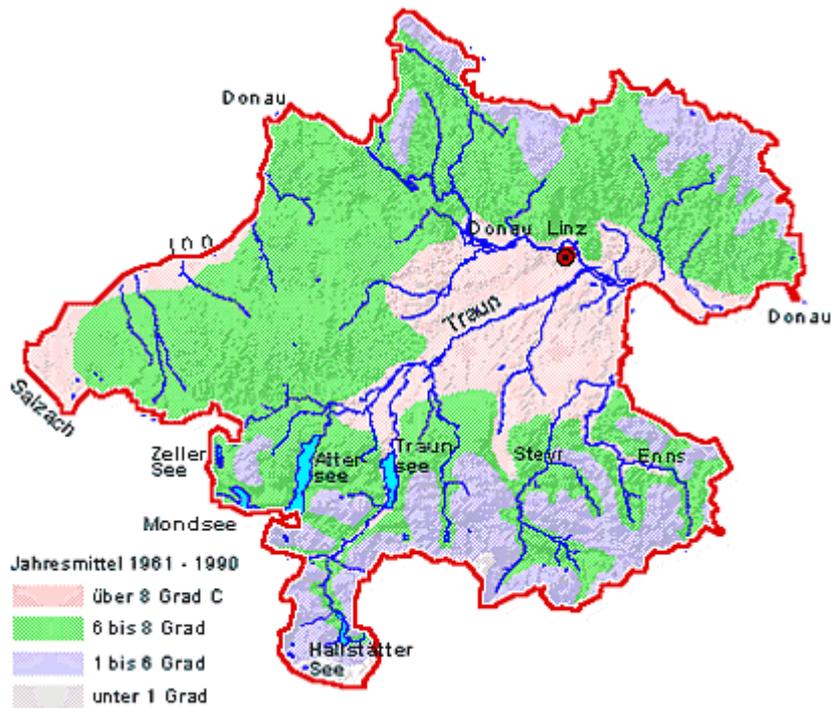


Abbildung 10: Räumliche Verteilung der Jahres-Durchschnittstemperaturen im Bundesland Oberösterreich. Quelle: http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/hs.xsl/18479_DEU_HTML.htm.

Station Allerheiligen:

Seehöhe: 542 m

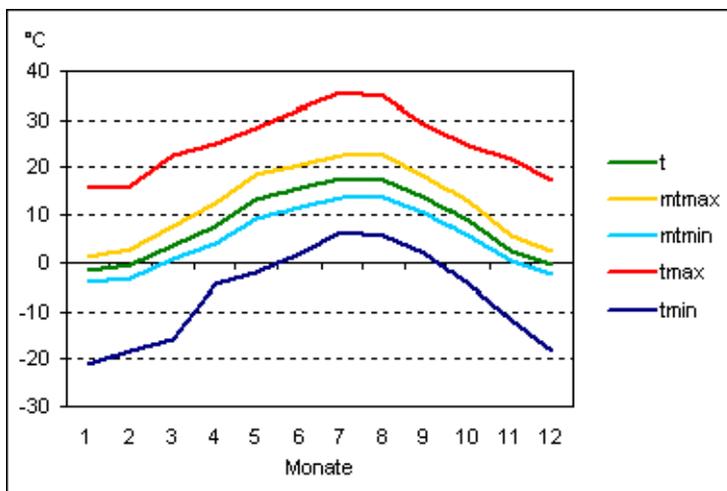


Abbildung 11: Lufttemperaturen in Allerheiligen. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: t= Tagesmittel; mtmax = Mittel aller täglichen Maxima; mtmin = Mittel aller täglichen Minima; tmax = absolutes Maximum(=größtes Tagesmaximum); tmin = absolutes Minimum(=kleinstes Tagesminimum). (ZAMG, 2013).

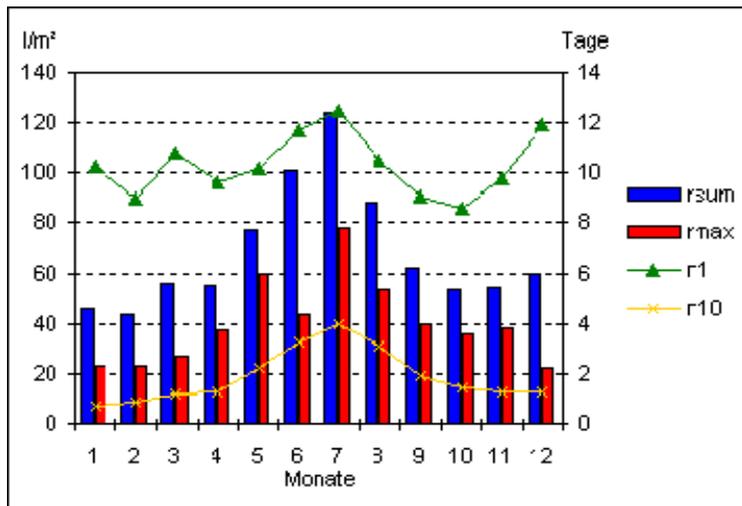


Abbildung 12: Niederschlag in Allerheiligen. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: rsum = Mittlere Monatssumme des Niederschlags; rmax = Größte Niederschlagssumme in 24 Stunden; n1 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 1 mm; n10 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 10 mm. (ZAMG, 2013).

Station Aschach:

Seehöhe: 282 m

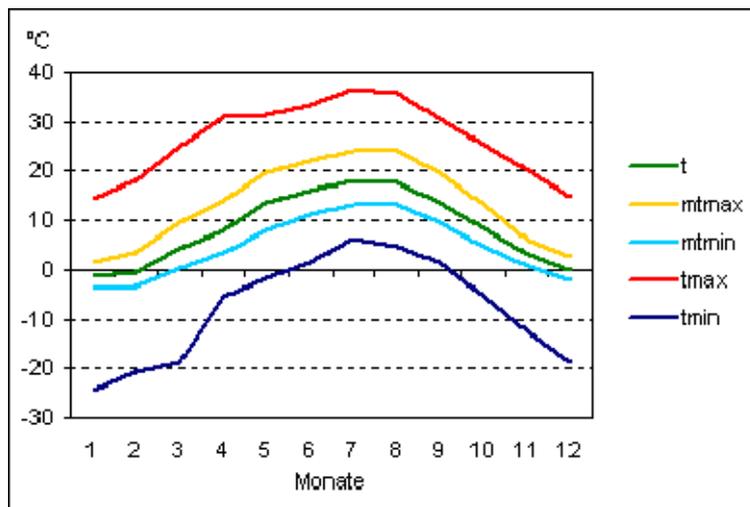


Abbildung 13: Lufttemperaturen in Aschach. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: t= Tagesmittel; mtmax = Mittel aller täglichen Maxima; mtmin = Mittel aller täglichen Minima; tmax = absolutes Maximum(=größtes Tagesmaximum); tmin = absolutes Minimum(=kleinstes Tagesminimum). (ZAMG, 2013).

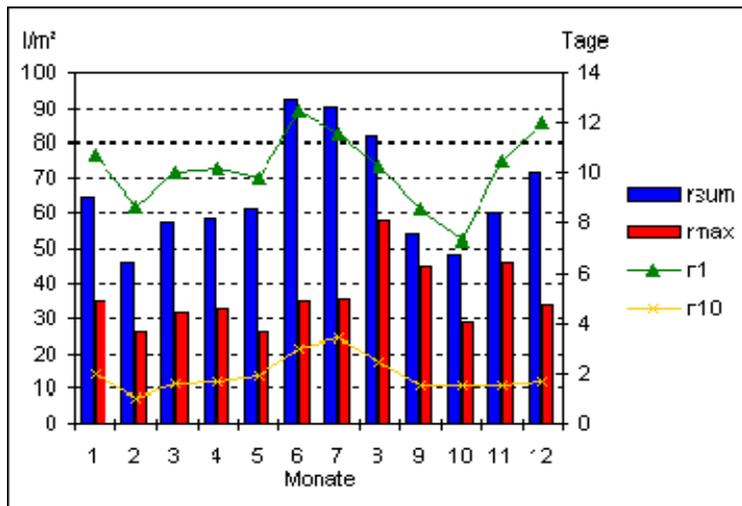


Abbildung 14: Niederschlag in Aschach. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: rsum = Mittlere Monatssumme des Niederschlags; rmax = Größte Niederschlagssumme in 24 Stunden; r1 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 1 mm; r10 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 10 mm. (ZAMG, 2013).

Station Freistadt:

Seehöhe: 548 m

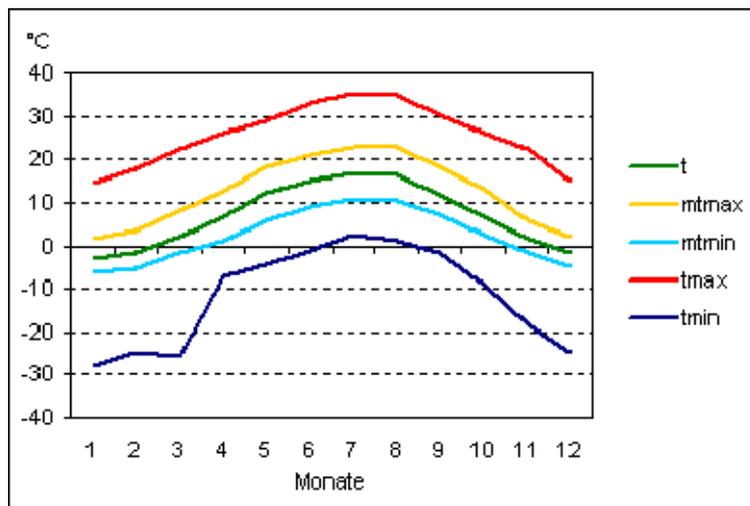


Abbildung 15: Lufttemperaturen in Freistadt. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: t = Tagesmittel; mtmax = Mittel aller täglichen Maxima; mtmin = Mittel aller täglichen Minima; tmax = absolutes Maximum (=größtes Tagesmaximum); tmin = absolutes Minimum (=kleinstes Tagesminimum). (ZAMG, 2013).

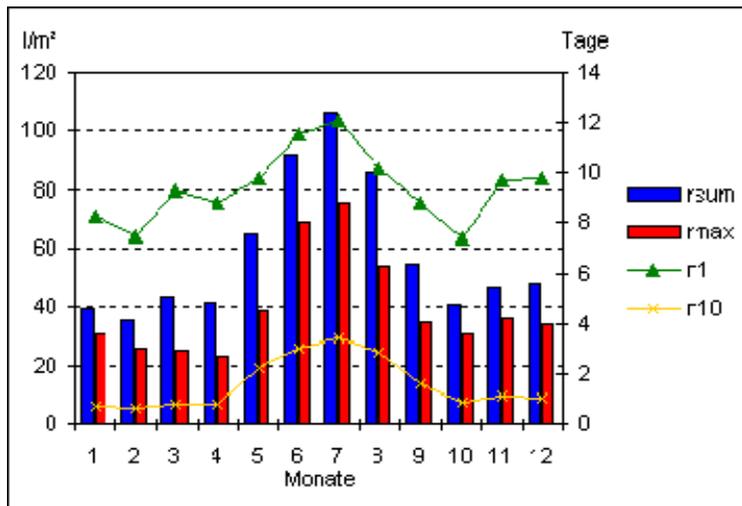


Abbildung 16: Niederschlag in Freistadt. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: rsum = Mittlere Monatssumme des Niederschlags; rmax = Größte Niederschlagssumme in 24 Stunden; r1 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 1 mm; r10 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 10 mm. (ZAMG, 2013).

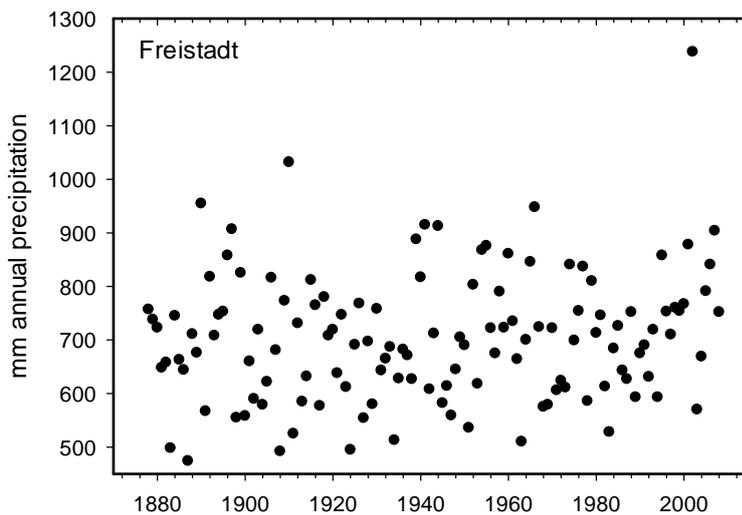


Abbildung 17: Jahresniederschlagssummen in Freistadt. (HISTALP, 2013).

Station Linz:

Seehöhe: 263 m

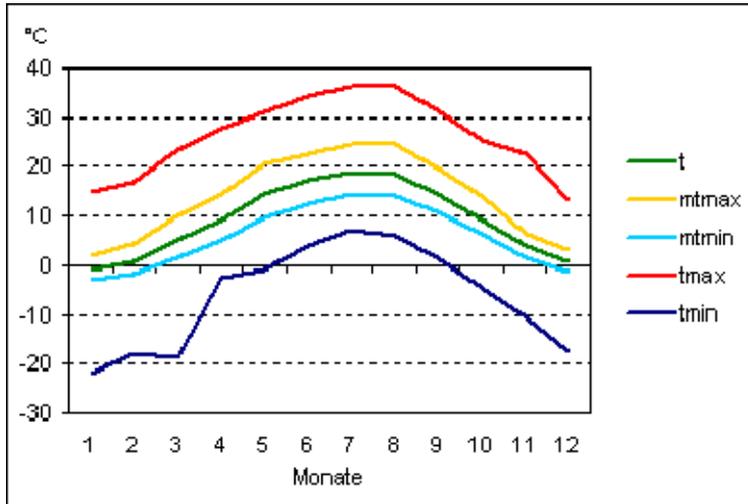


Abbildung 18: Lufttemperaturen Linz. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: t= Tagesmittel; mtmax = Mittel aller täglichen Maxima; mtmin = Mittel aller täglichen Minima; tmax = absolutes Maximum(=größtes Tagesmaximum); tmin = absolutes Minimum(=kleinstes Tagesminimum). (ZAMG, 2013).

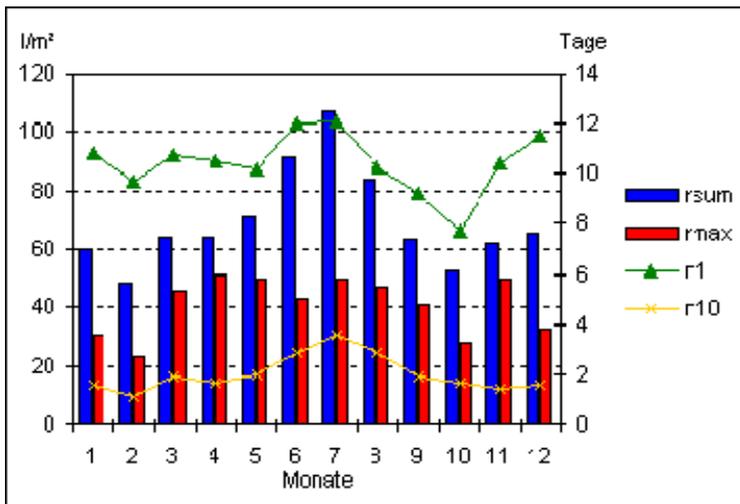


Abbildung 19: Niederschlag in Linz. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: rsum = Mittlere Monatssumme des Niederschlags; rmax = Größte Niederschlagssumme in 24 Stunden; r1 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 1 mm; r10 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 10 mm. (ZAMG, 2013).

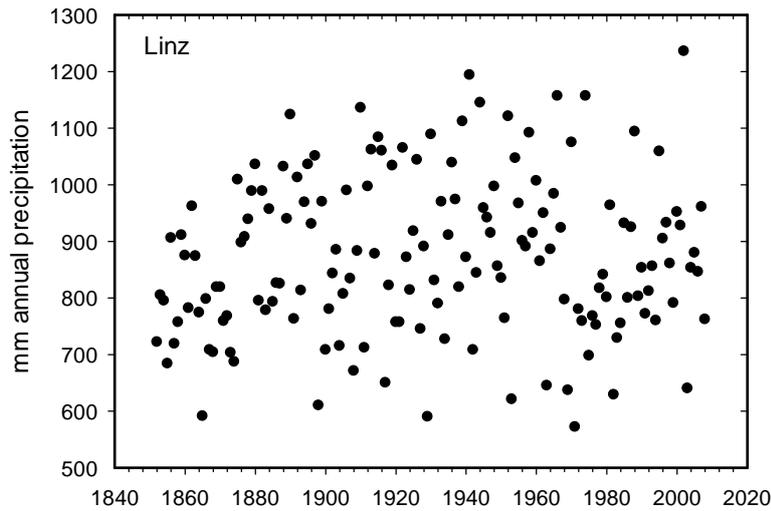
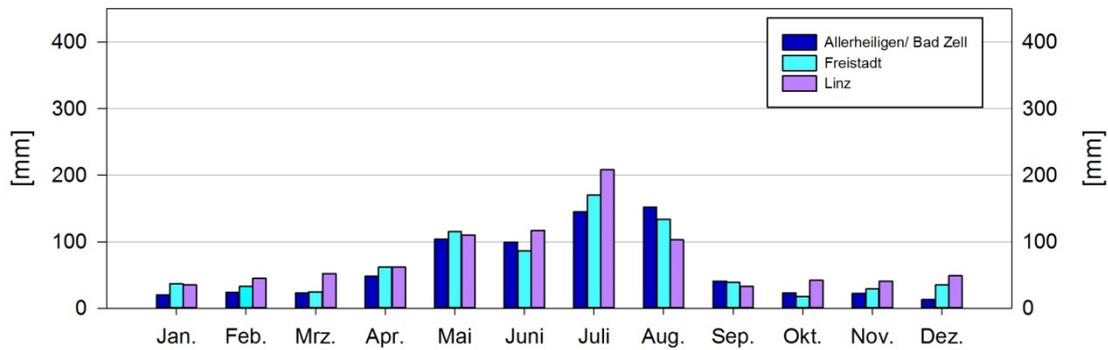


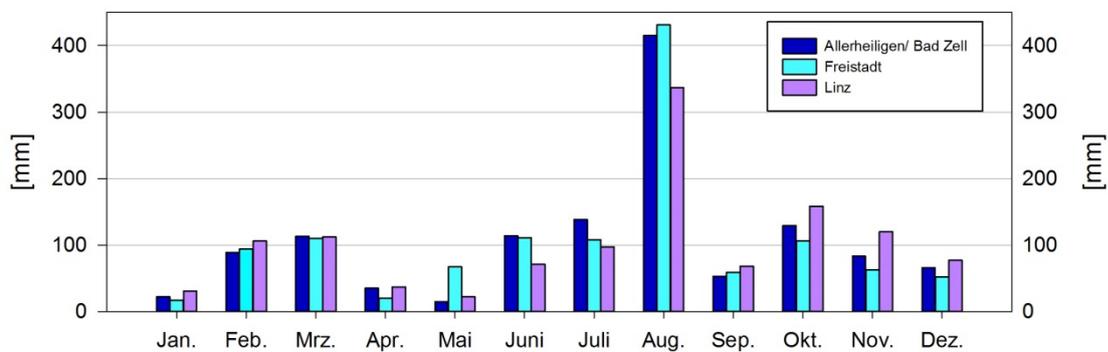
Abbildung 20: Jahresniederschlagssummen in Linz. (HISTALP, 2013).

In den nachfolgenden Grafiken werden die monatlichen Niederschlagsverläufe von 3 Stationen, welche für das Projektgebiet repräsentativ sind, für Jahre mit unterschiedlichen Witterungscharakteristika nebeneinander gestellt. Es ist zu erkennen, dass einzelne Monate niederschlagsfrei verlaufen können, während es bei Extremereignissen über 400 mm im Monat regnen kann. Die Station Linz weist trotz der niedrigen Seehöhe auf Grund der Lage im Donautal und der geringeren Entfernung zu den Nordstaulagen der Alpen höhere Niederschläge als viele Stationen im Mühlviertel auf (Abbildung 21).

Monatsniederschlagssummen 2010



Monatsniederschlagssummen 2002



Monatsniederschlagssummen 2011

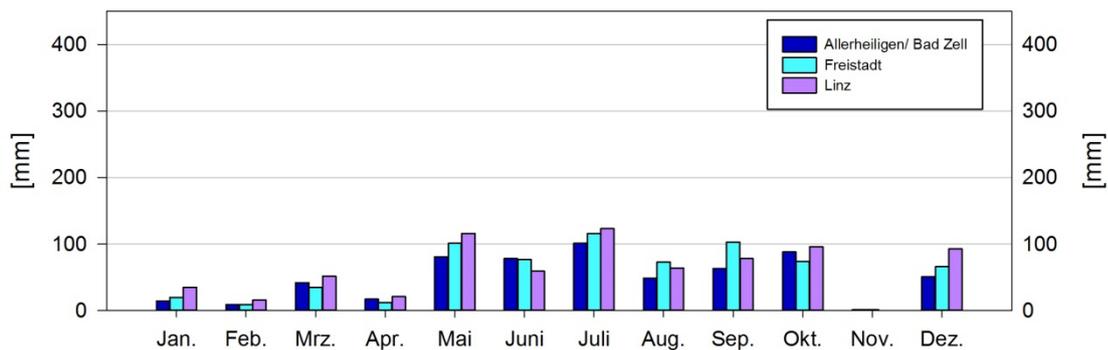


Abbildung 21: Vergleich von gemessenen Monatsniederschlagssummen an den Wetterstationen Allerheiligen beziehungsweise Bad Zell, Freistadt und Linz in den Jahren 2002 (niederschlagsreich), 2010 (normaler Niederschlag) und 2011 (niederschlagsarm). Die Wetterstationen Allerheiligen und Bad Zell wurden wegen fehlender Daten zusammengefasst: Für das Jahr 2002 wurden die Daten der Station Allerheiligen, für die Jahre 2010 und 2011 wurden die Daten der Station Bad Zell verwendet. Jahresniederschlagssummen: Allerheiligen/ Bad Zell: 1.272 mm (2002), 714 mm (2010), 593 mm (2011); Freistadt: 1.238 mm (2002), 783 mm (2010), 686 mm (2011); Linz: 1.236 mm (2002), 897 mm (2010), 753 mm (2011).

3.1.4 Wasserverbrauch landwirtschaftlicher Kulturen (Referenz-Szenario)

Die Wasserbilanz wurde nach folgendem Schema ermittelt (Sublimation und Interzeption wurden nicht berücksichtigt; ET = Evapotranspiration; RO = Runoff; A(u) = Abfluss, unterirdisch):

$$\text{Niederschlag} = \text{ET} + \text{RO} + \text{A(u)}$$

Nachstehend werden für die Hauptkulturen in den einzelnen Untersuchungsgebieten für den Zeitraum 1999-2011 charakteristische Parameter der Wasserbilanz dargestellt. Zuerst wird auf die Auswirkung der unterschiedlichen Bodenbedingungen bei einzelnen Kulturen eingegangen (Abbildung 22 bis Abbildung 24), sodann wird die Unterschiedlichkeit der Böden bei den Hauptkulturen in den Untersuchungsgebieten dargestellt (Abbildung 25 bis Abbildung 28). Ein exemplarischer Vergleich der Variabilität verschiedener Jahre ist in Abbildung 29 enthalten.

Vergleich verschiedener Böden für einzelne Kulturen

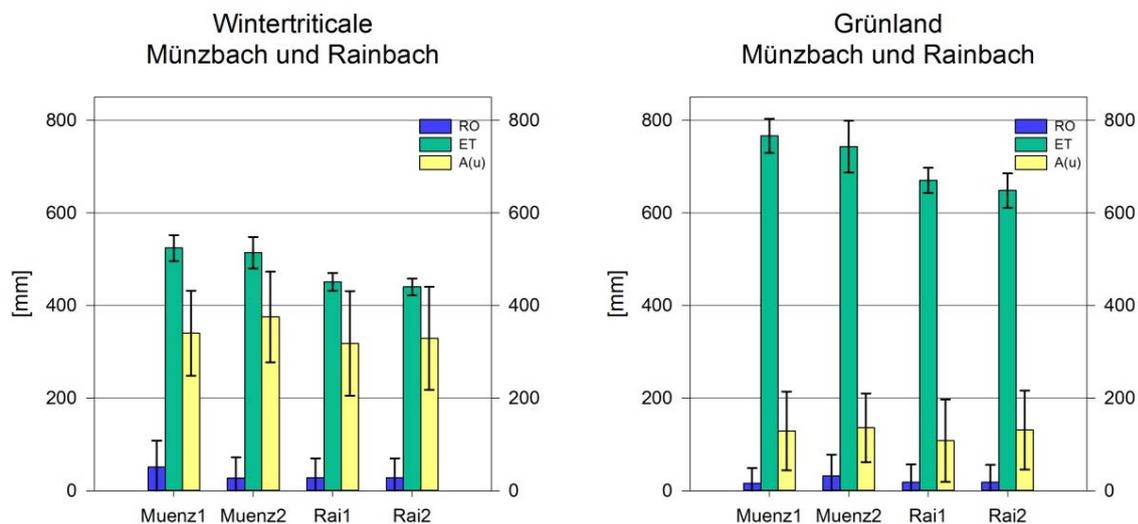


Abbildung 22: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintertriticale und Grünland für verschiedene Bodenprofile in Münzbach und Rainbach. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

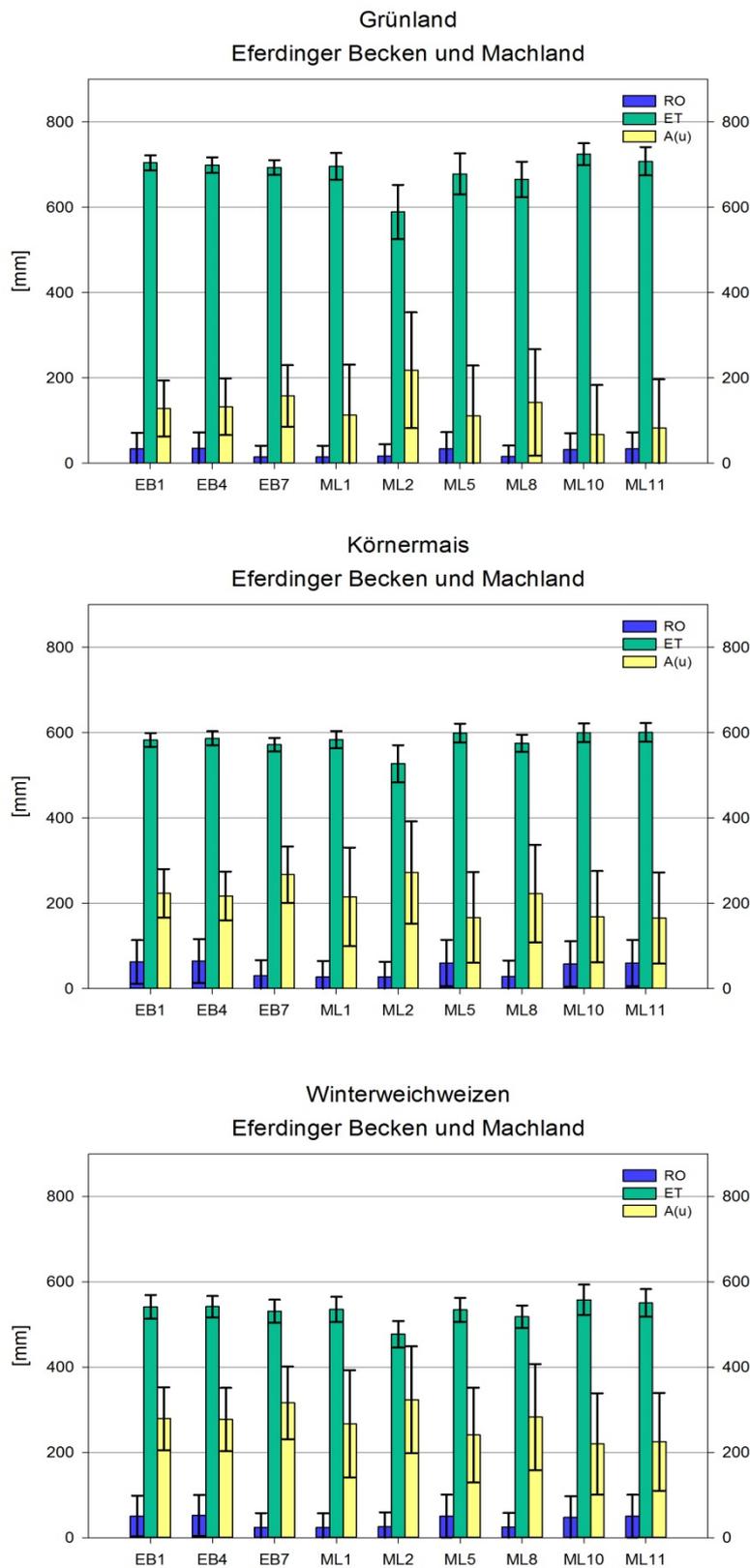


Abbildung 23: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Grünland, Körnermais und Winterweichweizen für verschiedene Bodenprofile im Machland und Eferdinger Becken. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung.

Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

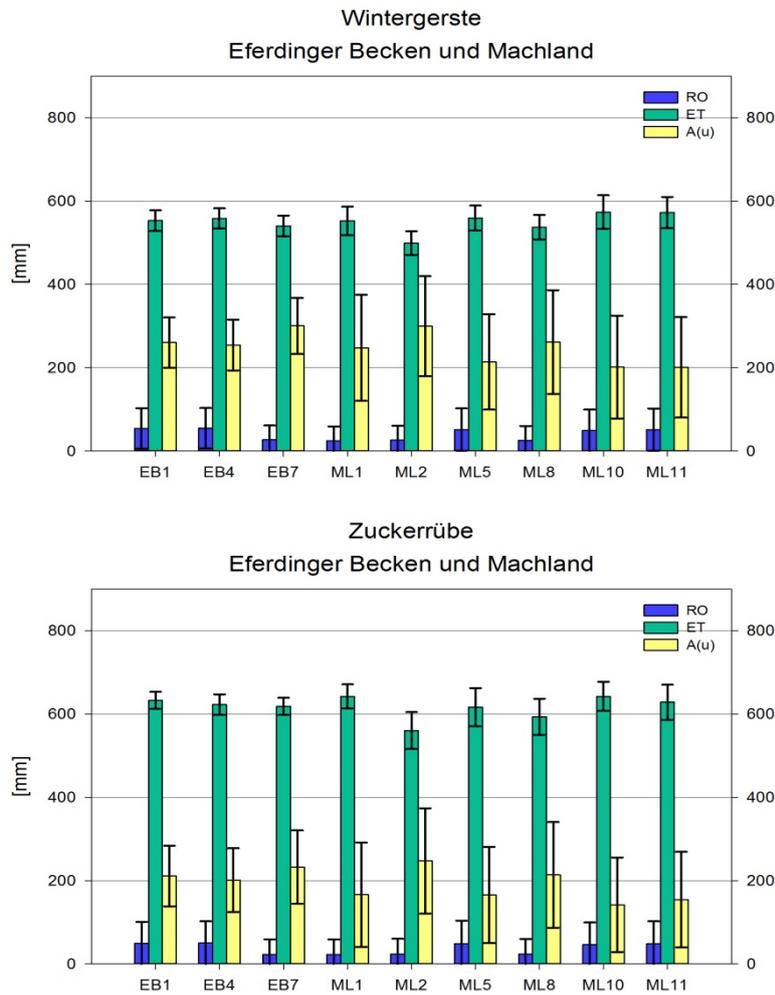


Abbildung 24: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintergerste und Zuckerrübe für verschiedene Bodenprofile im Machland und Eferdinger Becken. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung.
Erläuterung der **Bodenprofile** siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Vergleich verschiedener Kulturen auf einzelnen Böden

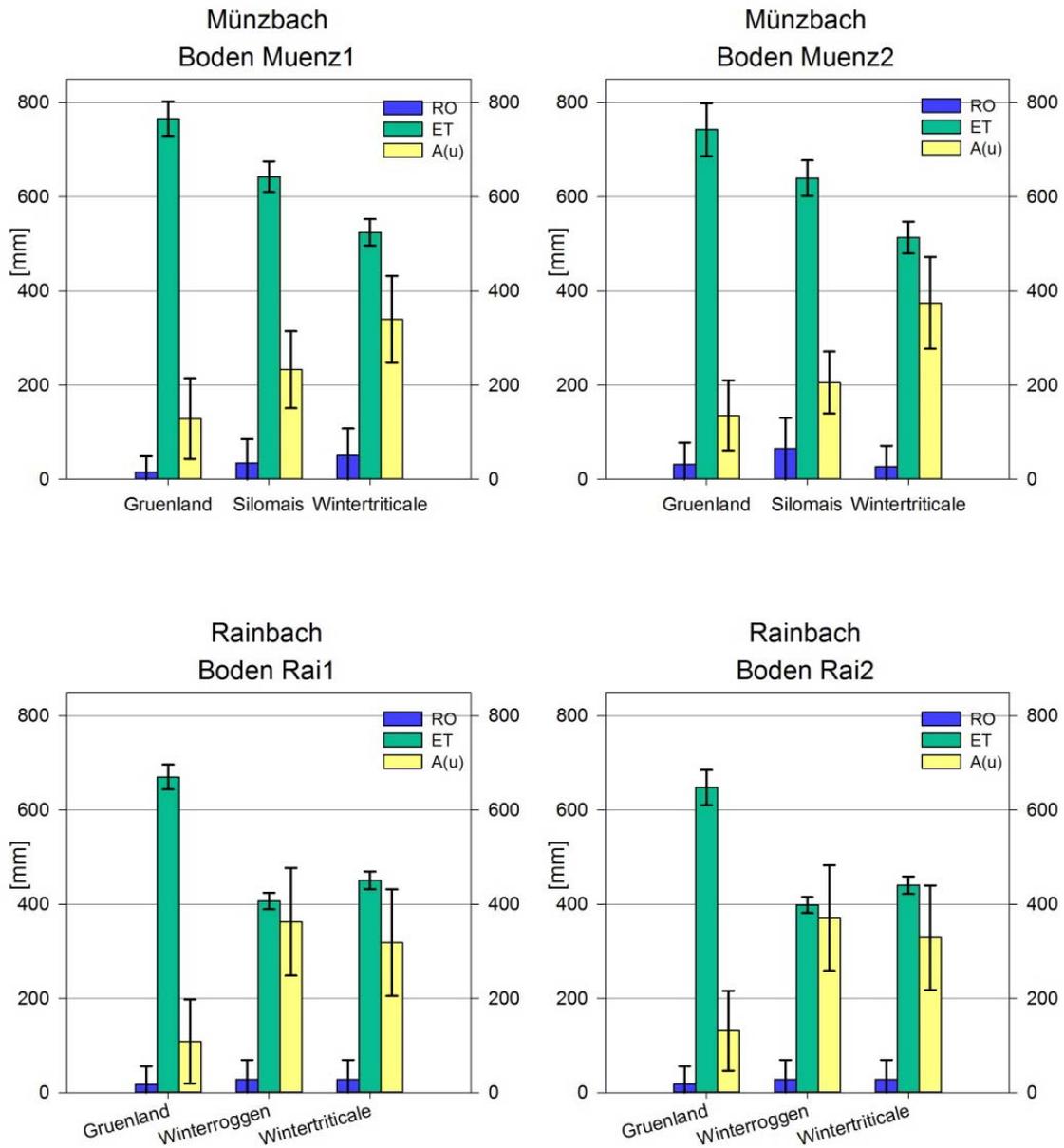


Abbildung 25: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von verschiedenen Kulturen für die Bodenprofile in Münzbach und Rainbach. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

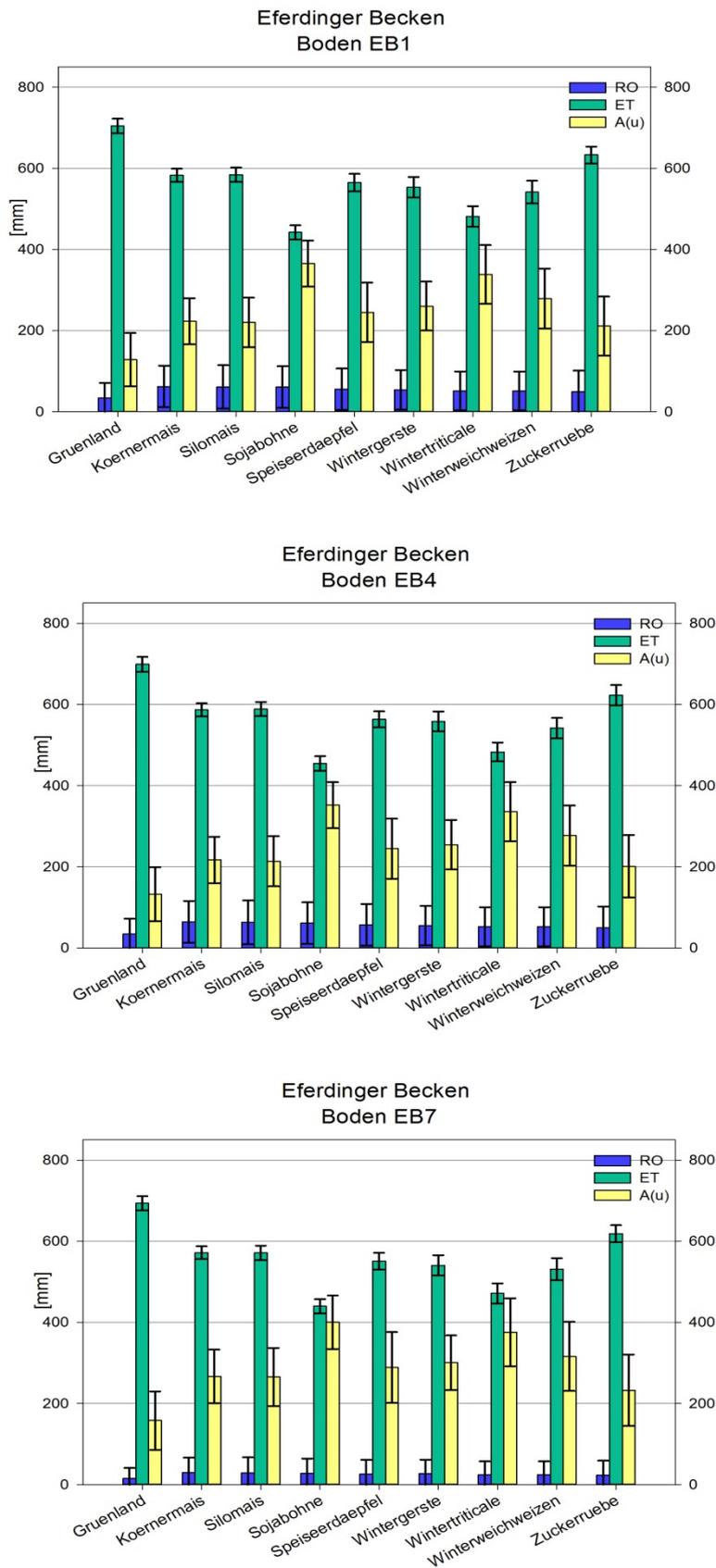


Abbildung 26: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von verschiedenen Kulturen für die Bodenprofile im Eferdinger Becken. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

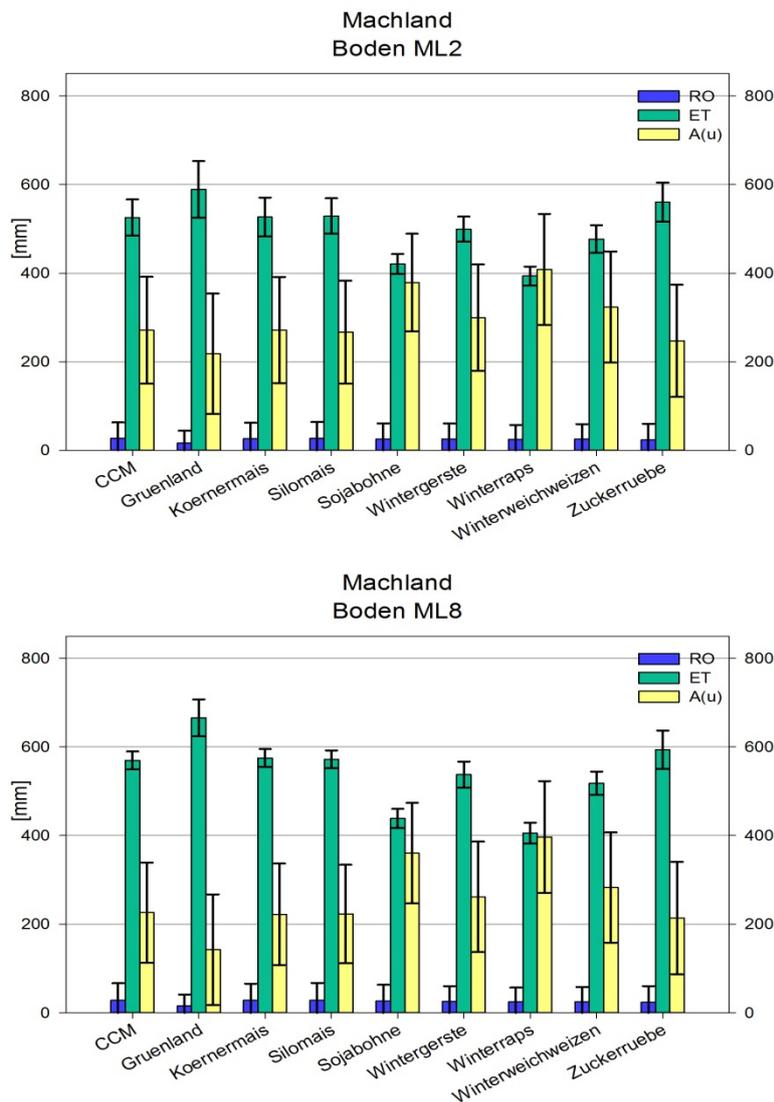


Abbildung 27: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von verschiedenen Kulturen für die Bodenprofile ML2 und ML8 im Machland. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

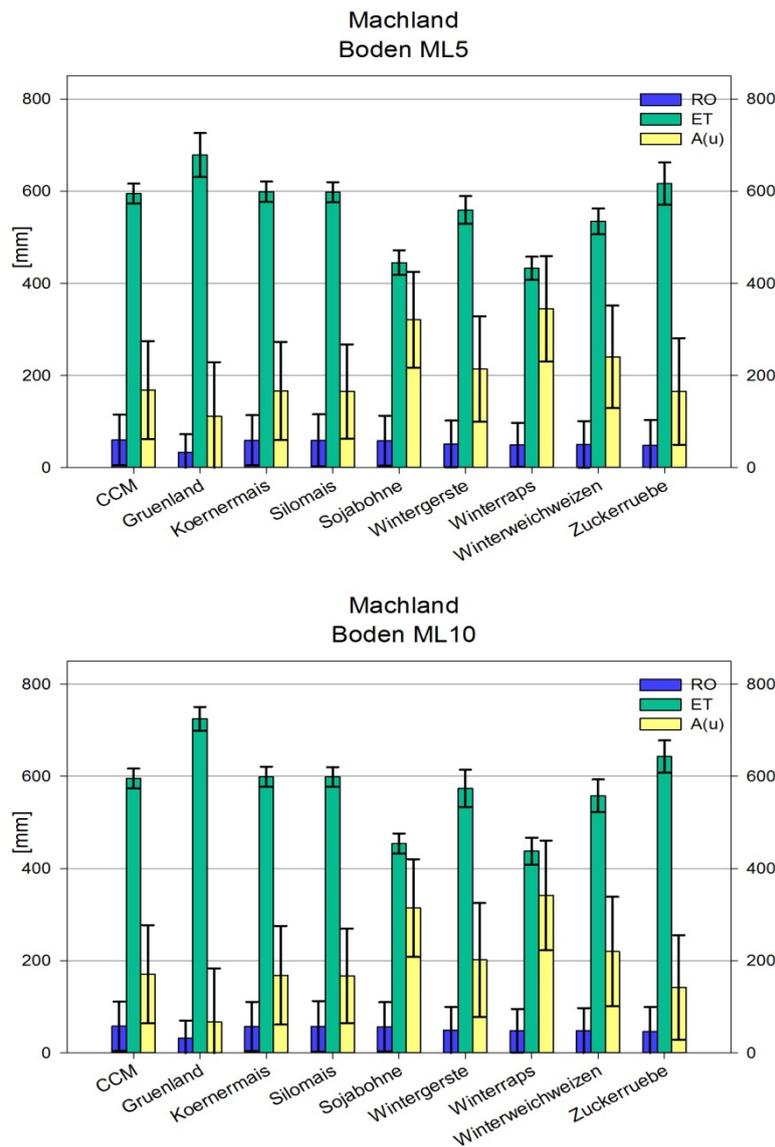


Abbildung 28: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von verschiedenen Kulturen für die Bodenprofile ML5 und ML10 im Machland. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Jährliche Variation im Wasserverbrauch

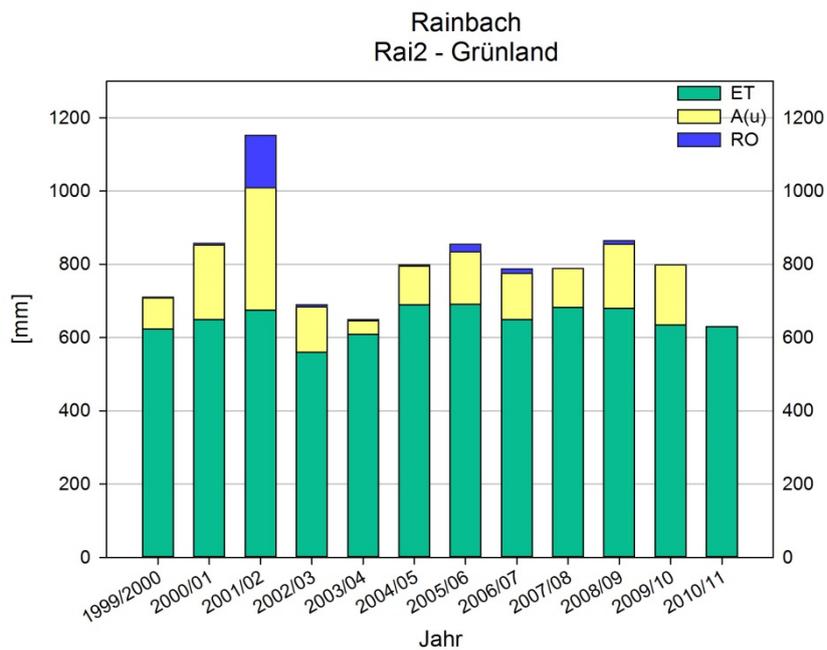
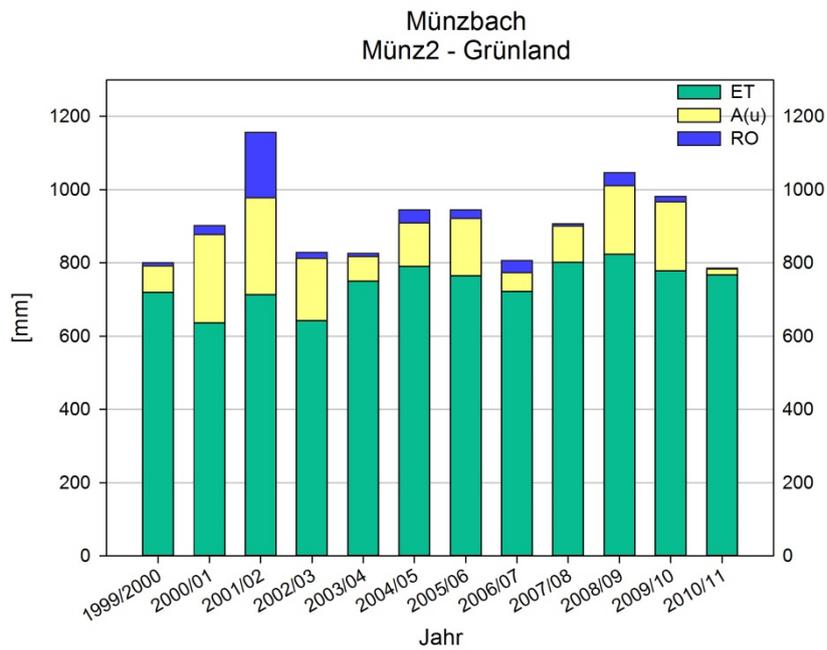


Abbildung 29: Jahressummen von ET, A(u) und RO für Grünland für verschiedene Böden in den Erntejahren 2000-2011.

Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Berechnungsperiode für Grünland: 16.09.1999 - 15.09.2011. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss. Für das Erntejahr 2011 (Trockenjahr) simuliert AquaCrop auf dem Bodenprofil Rai2 für Grünland keinen A(u).

Water Footprint ausgewählter Kulturen

Eine weitere Option zur Verwendung von Simulationsmodellen wie AquaCrop besteht in der Einbeziehung des Water Footprints auf Basis der regionalen klimatischen Charakteristika und der jährlichen Ertragsdaten. In den Abbildung 30 bis Abbildung 37 ist zu beachten, dass die Wasserbilanz sich nur auf die jeweilige Vegetationsperiode der dargestellten Kultur bezieht und daher in einzelnen Jahren negativ sein kann (das Defizit kann potentiell in der vegetationsfreien Zeit aufgefüllt werden). In die Berechnungen der Wasserbilanz mit dem AquaCrop-Modells ist hingegen eine Simulationsperiode für eine Kultur mit 12 Monaten eingegangen (Abbildung 38, Abbildung 39).

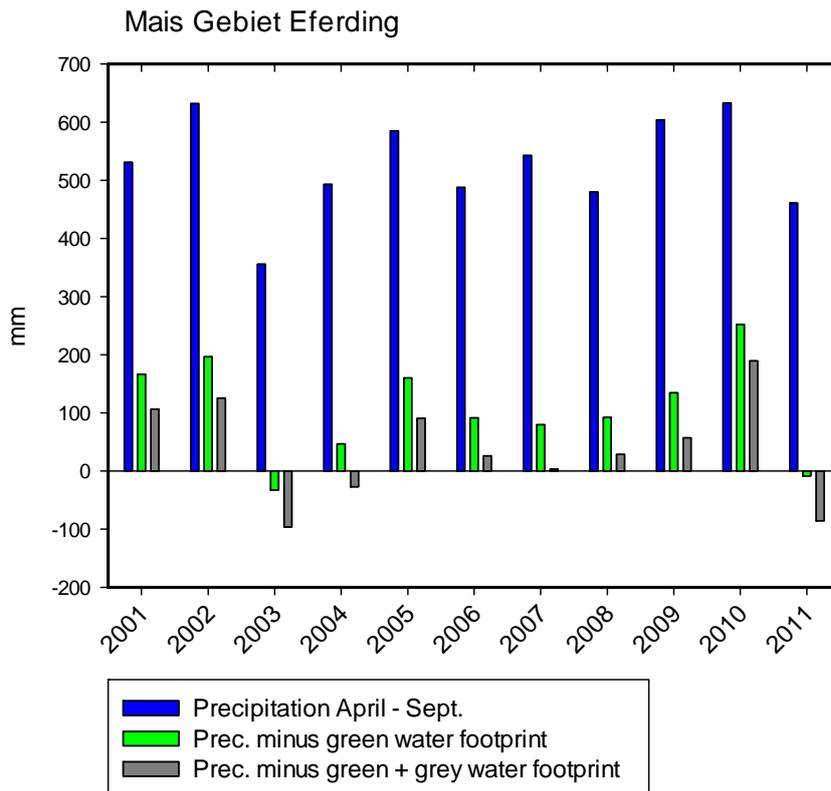


Abbildung 30: Wasserbilanz für Mais in Eferding auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012).

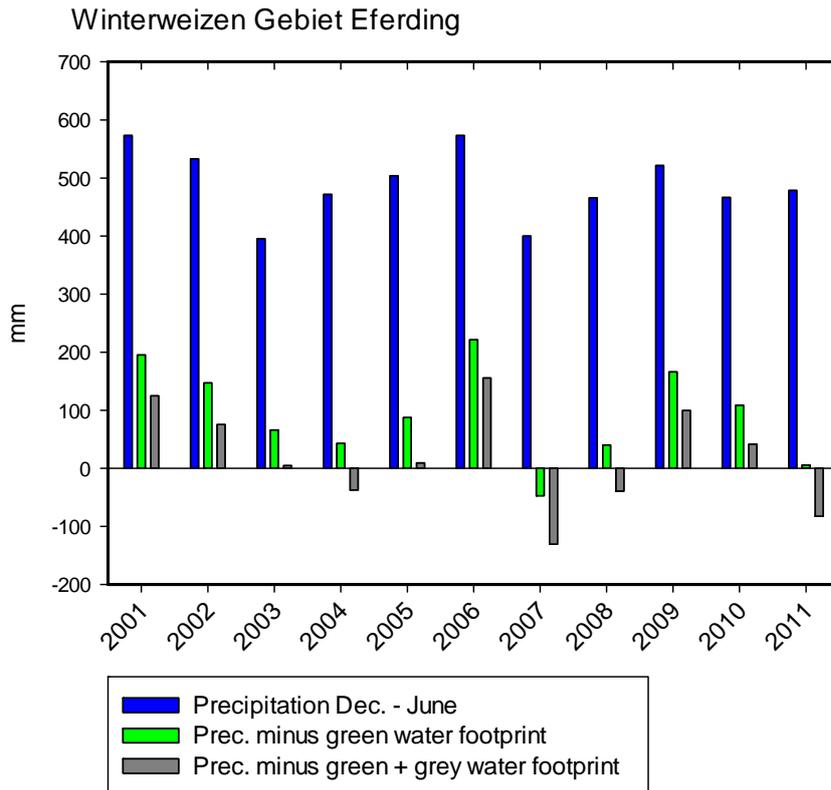


Abbildung 31: Wasserbilanz für Winterweizen in Eferding auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Me-konnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012).

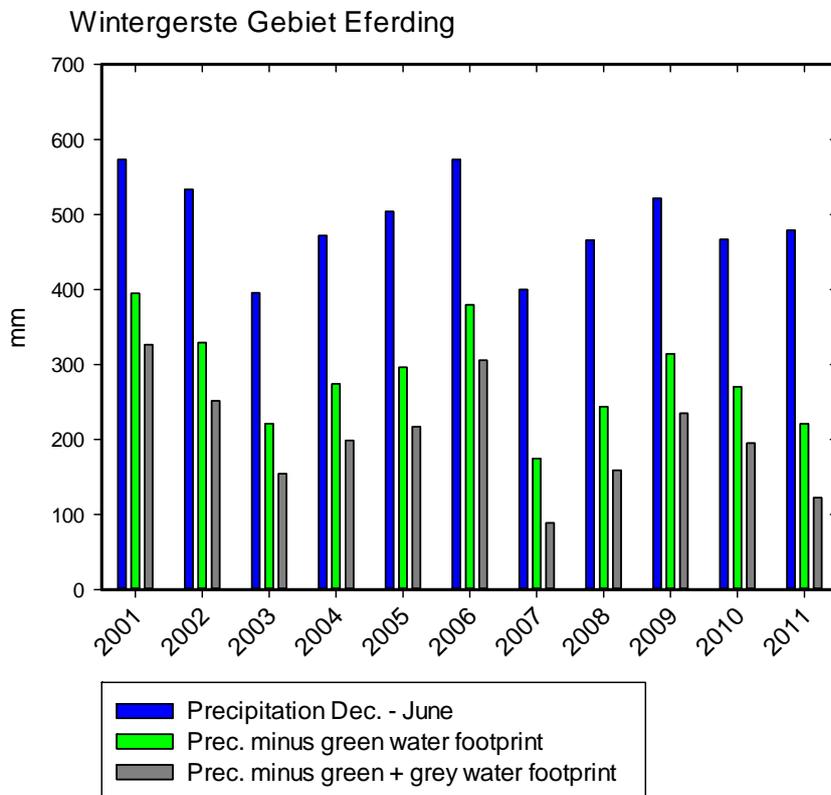


Abbildung 32: Wasserbilanz für Wintergerste in Eferding auf Basis des Water Foot Print und der Agrarstatistik. (Me-konnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012).

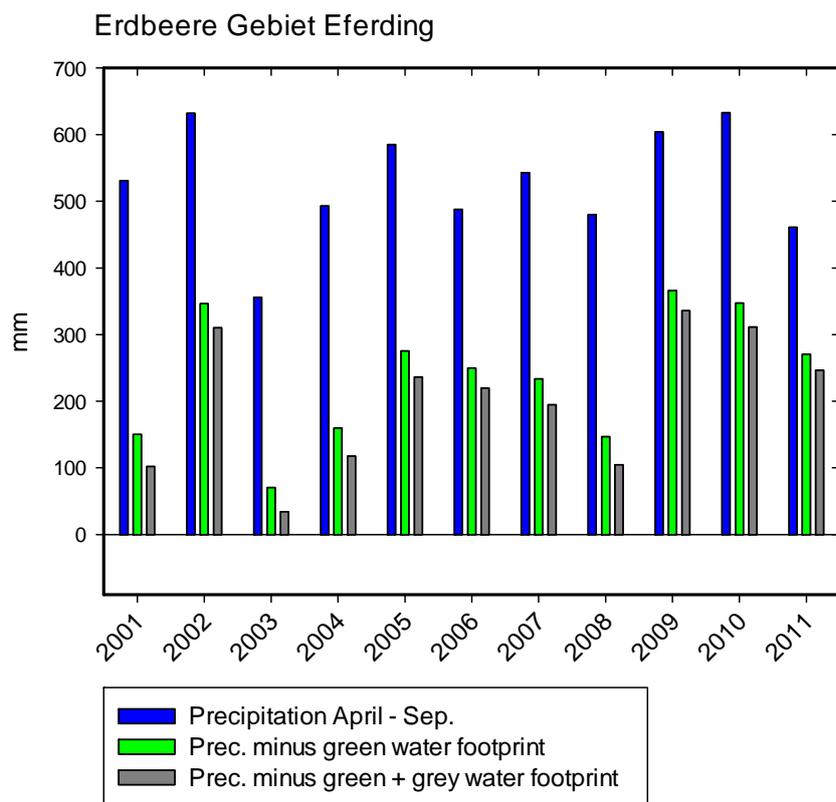


Abbildung 33: Wasserbilanz für Erdbeere in Eferding auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012).

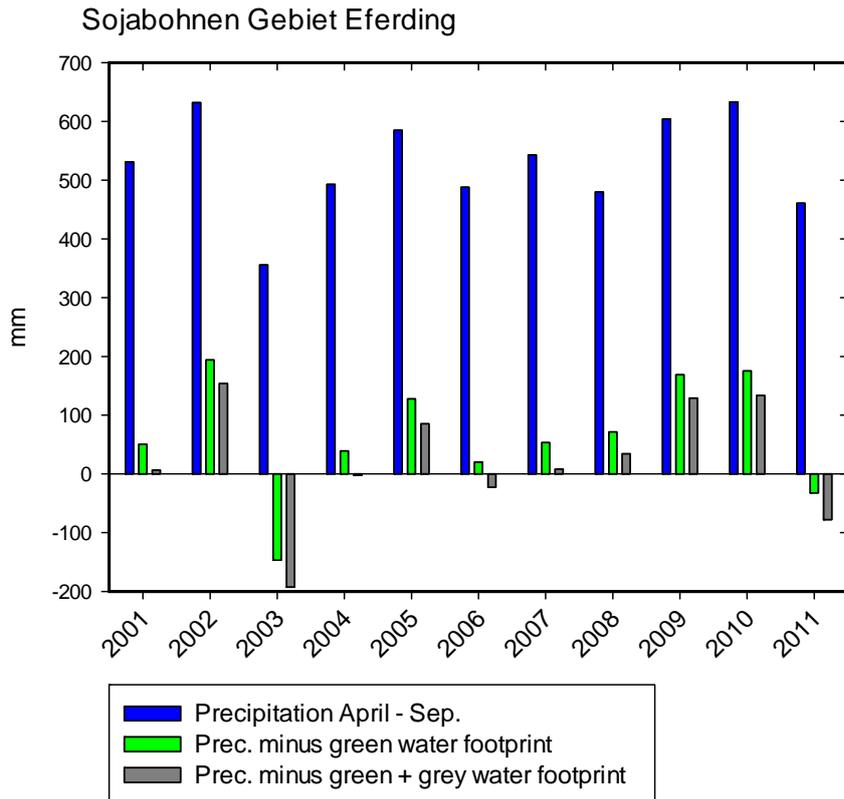


Abbildung 34: Wasserbilanz für Sojabohnen in Eferding auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012).

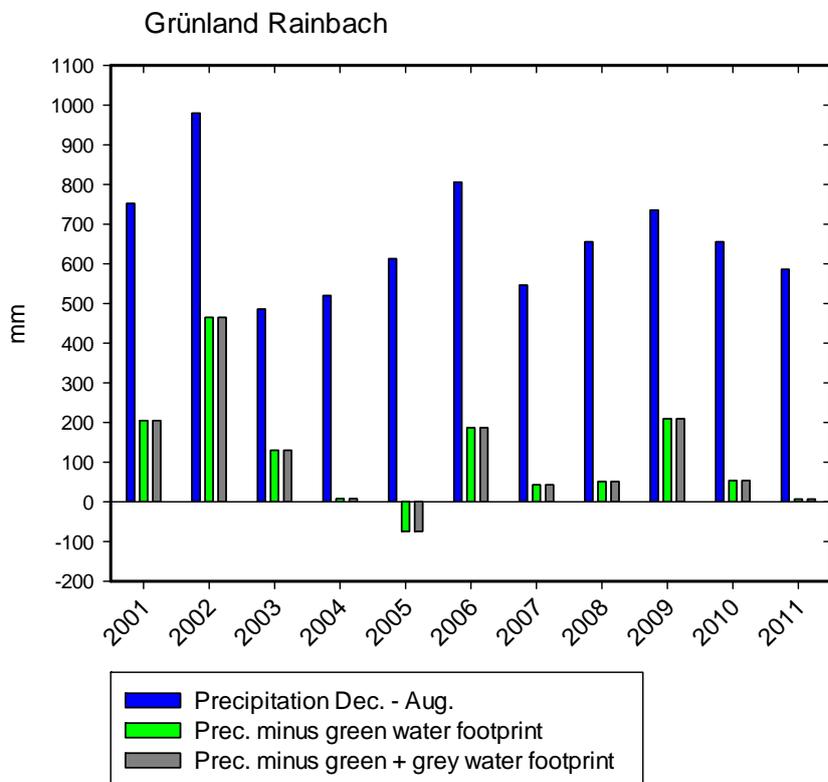


Abbildung 35: Wasserbilanz für Grünland in Rainbach auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012).

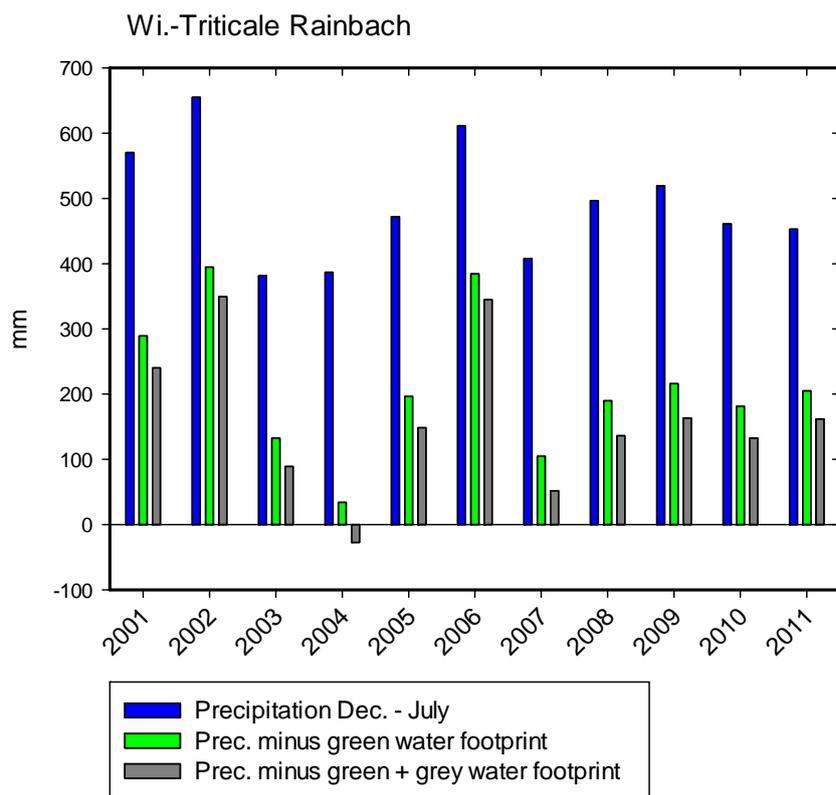


Abbildung 36: Wasserbilanz für Wintertriticale in Rainbach auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012).

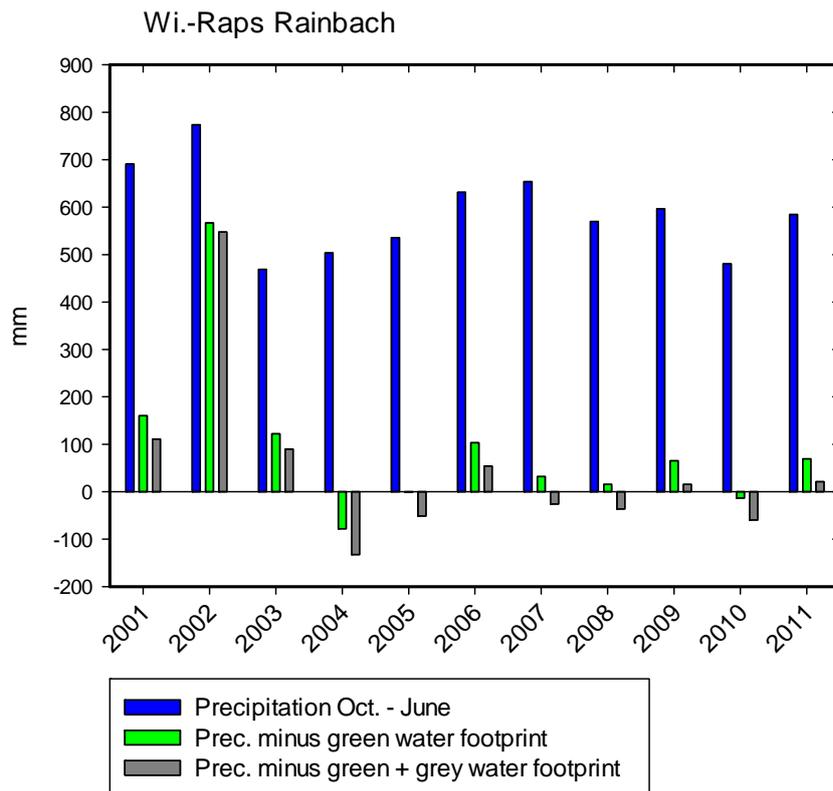


Abbildung 37: Wasserbilanz für Winterraps in Rainbach auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Me-konnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012).

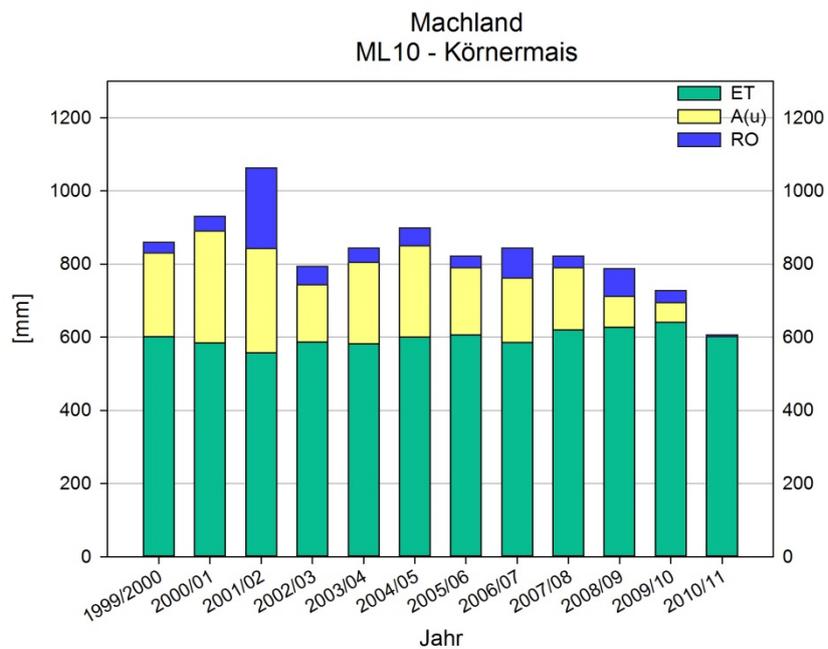
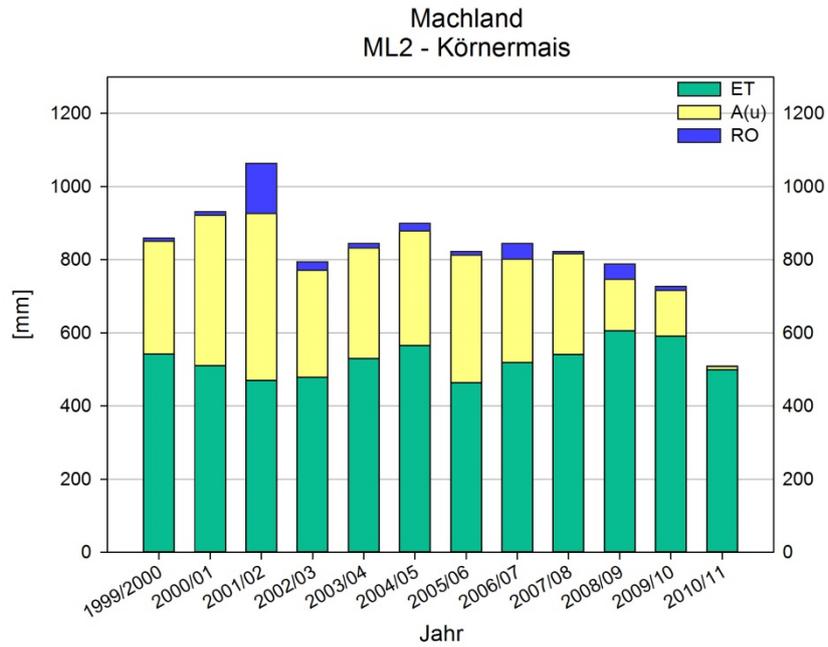


Abbildung 38: Jahressummen von ET, A(u) und RO für Körnermais auf verschiedenen Böden in den Erntejahren 2000-2011.

Erläuterung

der

Bodenprofile

siehe

Tabelle 7. Berechnungsperiode für Körnermais: 30.09.1999 - 29.09.2011. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss. Für das Erntejahr 2011 (Trockenjahr) simuliert AquaCrop auf dem Bodenprofil ML10 für Körnermais keinen A(u).

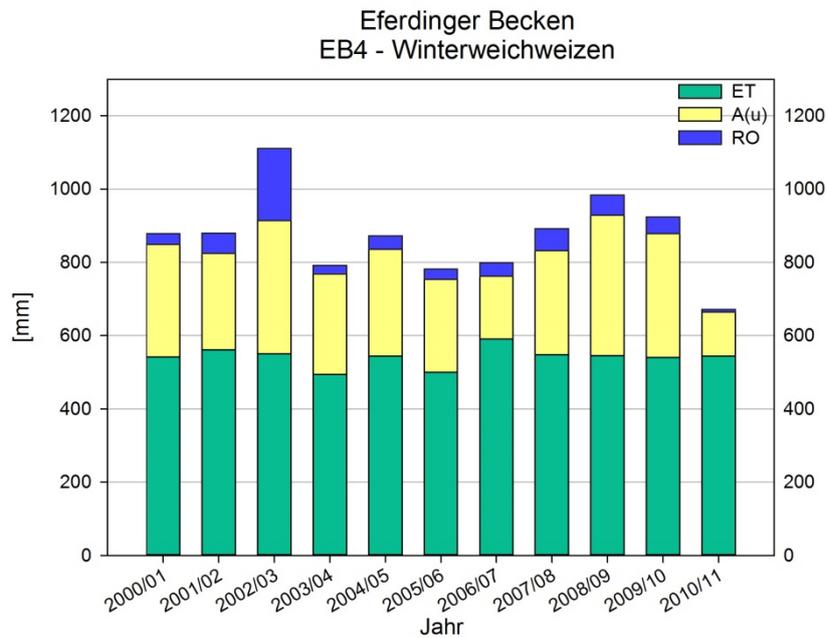
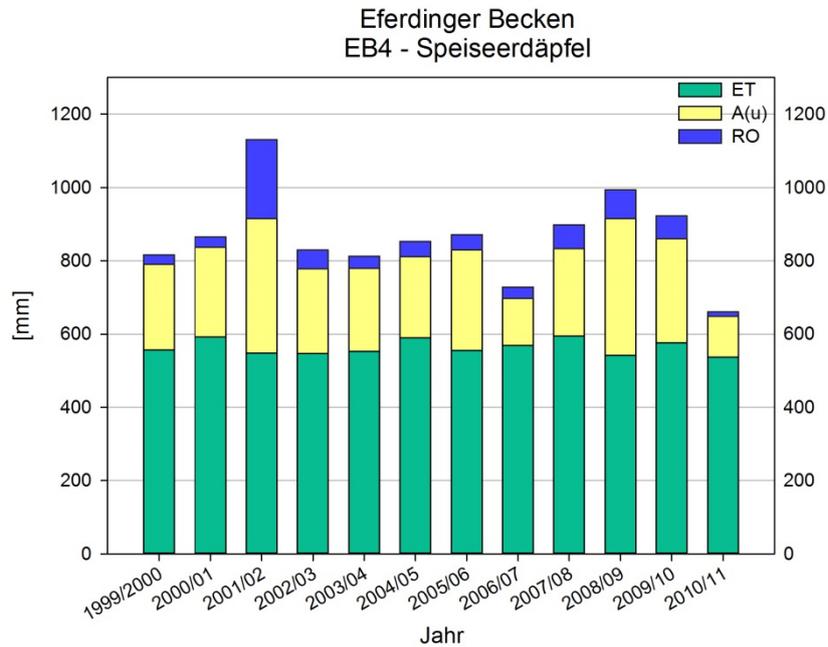


Abbildung 39: Jahressummen von ET, A(u) und RO für Speiseerdäpfel und Winterweichweizen für das Bodenprofil EB4 in den Erntejahren 2000-2011. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Berechnungsperiode für Speiseerdäpfel: 15.08.1999 - 14.08.2011; Berechnungsperiode für Winterweichweizen: 30.07.2000 - 30.07.2011. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

3.2 AP 2 – Datenerhebung des öffentlichen Wasserverbrauchs

Der öffentliche Wasserverbrauch wurde durch Besprechungen mit den Gemeinden und dem Wasserverband „Gruppenwasserversorgung Perg und Umgebung“, welcher die Gemeinden Allerheiligen, Arbing, Mitterkirchen Naarn und Perg versorgt, erfasst. Eine Übersicht befindet sich in Tabelle 10. Zudem wurden die Wassernutzungsrechte, welche im Wasserbuch eingetragen sind, der jeweiligen Gemeinden erfasst (siehe Anhang Tabelle 27).

Tabelle 10: Öffentlicher Wasserverbrauch in den Untersuchungsgebieten. Zusammenfassung der Auskünfte der einzelnen Gemeinden 2012.

| Untersuchungsgebiet | Rainbach | Münzbach | Eferdinger Becken | |
|---|---|--|---|-------------------------|
| Fläche Gesamt [km²] | 49,28 | 24,99 | 132,56 | |
| Anteil Siedlungsgebiet | ca. 12% | ca. 10% | ca. 38% | |
| Drainagedichte | hoch | niedrig | niedrig | |
| Gemeinde | Rainbach i.M. | Münzbach | Alkoven | Feldkirchen |
| Fläche [km²] | 49,28 | 24,99 | 42,5 | 39,4 |
| Bevölkerung | 2.934 (2001), 2.914 (2011) | 2.000 (2012) | 6.027 (2011) | 5.197 (2012) |
| Siedlungsstruktur und -entwicklung | Haushalte: 910 (2001), 1026 (2011). Bestand Wohneinheiten: 999 WE (2001), 1077 WE (2011). Siedlungsschwerpunkt in Summerau. Potential für Wohnentwicklung: gewidmete Potentiale ca. 5,3 ha; Geplante Wohnbauprojekte nach 2011: 24 WE. Verfügbare Baulandpotenziale Industrie/Gewerbe: 17 ha. | Haushalte: 618, davon 596 HWS (2012). Hauptsächlich Einzelhöfe. Neue Siedlungsprojekte (westlich des Ortskerns); zusätzlich ca. 150 Personen in den nächsten 7 Jahren +40 Parzellen mit je ca. 3 Personen. | Haushalte: 2412, davon 2213 HWS (2011). Starker Zuzug aus Linz: ca. 30 – 50 Personen/Jahr. Umwidmungen zu Bauland/Erwerbsgebiet vor allem in Randzonen der großen Ortschaften Alkoven und Straßham. | Zuwachs prognostiziert. |
| Großverbraucher [ja/nein] | nein | ja | ja | ja |
| Anschlussgrad | 99 % | 52 % | 60 % | 80 % |
| Anzahl der Brunnen | 2 Hauptbrunnen (im Wasserbuch 3 Brunnen und eine Quellaustrittsstelle). | Viele Hausbrunnen (im Wasserbuch 14 Brunnen und 36 Quellaustrittsstellen erfasst). | > 80 | ca. 240 Hausbrunnen |
| Wasserverbrauch [m³/a] | Gepumpte Wassermenge: 139.830 (2009), 147.541 (2010), 151.263 (2011) | 157.575 | 35-40/Person | 163.169 |

| | | | | |
|---------------------------------------|---|--|--|--|
| Wasserversorgung | Wasserversorgung zum Großteil durch Gemeinden; 3 Wassergenossenschaften: Rainbach, Dreißgen, Summerau; 60km Transportleitungen (PVC, Asbest) | Gemeindeleitungen nur in Münzbach, Ausbau nach Danndorf. Versorgung mit Gemeindeleitung von 1056 EW/ 312 Haushalten (2011). Eventuell Ausbau Richtung Pilgram; Mollnegg wird aus Arbing (Grenzgebiet der Gemeinde) versorgt. Kaum offizielle Wassergenossenschaften, hauptsächlich einzelne Hausbrunnen. | Wassergenossenschaften: Hochfeldsiedlung, Annaberg, Polsing, Straß, Straßham. Probleme mit Wasserversorgung in Ortschaften ohne Anschluss an Genossenschaft/ Gemeindeleitung | Zwei Ortsbrunnen und Fernwasserverband Mühlviertel. Abgelegene Orte haben keinen Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung. |
| Wasserverbrauch [mm/a] | 3,1 | 12,1 | 9,5 | 5,2 |
| Landwirtschaft | 3 Masthühnerbetriebe und 1 Legebatte (beziehen Wasser aus Gemeindeleitung); restliche Viehbetriebe versorgen sich hauptsächlich aus eigenen Brunnen. Tierbestand (2011): 3974 Rinder, 414 Schweine, 33372 Geflügel, 239 Schafe. | | Tendenz zu verstärkter Bewässerung und Düngung durch intensiveren Gemüseanbau (v.a. Spargel, Rettich, Salat). Unklar ob verstärkte Bewässerung Grund für ein Absenken des Grundwasserspiegels ist. | Gemüseanteil wesentlich geringer als bei Eferding, eher Maisanbau. Einzelne Landwirte haben Feldbrunnen. Tierbestand ist im Abnehmen, keine größeren Mastbetriebe. |
| Sonstiges | | | Bewässerung vor allem nördlich der B129; Zunahme an privaten Wasserwärmepumpen | |
| Untersuchungsgebiet | Machland | | | |
| Fläche Gesamt [km²] | 120,99 | | | |
| Anteil Siedlungsgebiet | ca. 28% | | | |
| Drainagedichte | niedrig | | | |
| Gemeinde | Arbing | Baumgartenberg | Mitterkirchen | Naarn |
| Fläche [km²] | 12,01 | 15,71 | 28,85 | 35,13 |
| Bevölkerung | 1.375 (2011) | mit HWS: 1.398 (2001), 1.608 (2011) | 1.688 (2011) | 3.548 (2011) |

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
| Siedlungsstruktur und -entwicklung | | Prognose bis 2021: 1750 - 1800 EW mit HWS | Bevölkerungsprognose: gleich bleibend oder leicht steigend | Haushalte: ca. 1300. Kaum Zuzug, wenig neues Bauland |
| Großverbraucher [ja/nein] | | j | n | j |
| Anschlussgrad | 98% | 98% | 21% | 52% |
| Anzahl der Brunnen | | wenige | | ca. 550 |
| Wasserverbrauch [m³/a] | Abgabemenge Wasserverband Perg und Umgebung: 61.403 (2010), 63.596 (2011) | 60.000 Trinkwasser + 395.000 Nutzwasser(Wiederversickerung) | Abgabemenge Wasserverband Perg und Umgebung: 18.426 (2010); 20.910 (2011) | Abgabemenge Wasserverband Perg und Umgebung: 79.208 (2010), 84.002 (2011) |
| Wasserversorgung | | | Öffentliche Wasserversorgung durch Wasserverband „Perg und Umgebung. | Öffentliche Wasserversorgung durch Wasserverband „Perg und Umgebung. |
| Wasserverbrauch [mm/a] | 5,4 | 3,9 | 3,5 | 4,6 |
| Landwirtschaft | | Betriebe mit eigenem Brunnen: In Lehen Schweinemastbetrieb (ca. 150 Schweine); in Mettensdorf 3 Schweinemastbetriebe (ca. 600 Schweine) und ca. 120 Rinder. | Zwei landwirtschaftliche Betriebe mit eigenen Feldbrunnen | Großteils eigene Wasserversorgung. Wenig Gemüseanbau (Bewässerung hauptsächlich aus Aist-Mühlbach und Brunnen; insgesamt ca. 50 ha). Milchbauern in Brand, Holzpoint, Höft. |
| Sonstiges | Zusätzlich jährlicher Wasserverlust von bislang 4 – 16 %. Prognostizierter Wasserbedarf 2030: 63000 m ³ /a (Wohnungen), 6500 m ³ /a (Betriebsstätten) | | Grundwasserspiegel bei 5m. Prognostizierter Wasserbedarf 2030: 55.000 m ³ /a (Wohnungen), 8.000 m ³ /a (Betriebsstätten) | Erhöhter Bedarf in April – Mai durch Poolbefüllung. Prognostizierter Wasserbedarf 2030: 99.110 m ³ /a (Wohnungen), 5.500 m ³ /a (Betriebsstätten) |
| Gemeinde | Perg | Ried/Riedmark | Saxen | Schwertberg |
| Fläche [km²] | 26,46 | 32,63 | 19 | 18,79 |
| Bevölkerung | 7.755 (2011) | ca. 4.100 (2011) | ca. 1.800 (2011) | |
| Siedlungsstruktur und -entwicklung | Zunahme bei Wohnungsbau und Straßen-/Siedlungsbau (bis 2030 ca. 10.000 | Zuzug steigend, vor allem in Ried und Umgebung. | Bevölkerungsentwicklung: leicht steigend. | Starke Bevölkerungszunahme in den letzten Jahren, Zunahme der |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | EW prognostiziert); zusätzlich betrieblich-industrielle Entwicklung. | | | bebauten Flächen nur im und um bereits vorhandenes Siedlungsgebiet. |
| Großverbraucher [ja/nein] | ja | nein | nein | ja |
| Anschlussgrad | 95 % (städtisches Gebiet) | 65 % | 86 % | 95 % |
| Anzahl der Brunnen | | | ca. 100 | |
| Wasserverbrauch [m³/a] | Abgabemenge Wasserverband Perg und Umgebung: 436.471 (2010), 430.736 (2011) | 128.114 | 53.000 (2011) | ca. 260.000 |
| Wasserversorgung | Perg ist Hauptabnehmer des Wasserverbandes „Perg und Umgebung“; Löschwasserproblematik durch stetigen Zuzug und Bau des Wirtschaftsparks Perg. | Im Nordosten/Norden ehemaliges Bergbauerngebiet, jetzt hauptsächlich Grünland (Wasserversorgung über eigene Hausbrunnen). Im Süden verstärkt Ackerbau, gegen Norden hin um Viehzucht ergänzt. | Brunnen wird gemeinsam mit Baumgartenberg betrieben. | Versorgung nur aus Fernwasserverband. |
| Wasserverbrauch [mm/a] | 17,1 | 6,0 | 3,2 | 14,6 |
| Landwirtschaft | | Hauptsächlich über Hausbrunnen versorgt, v.a. für Schweinemast. | Kein Gemüseanbau; ca. 2.000 – 2.500 Schweine und 800-900 Rinder; Viehbestand rückläufig. | ca. 1/3 der Fläche landwirtschaftlich genutzt; ca. 10 ha gewidmetes Bauland landwirt. genutzt. |
| Sonstiges | Prognostizierter Wasserbedarf 2030: 350.000 m ³ /a (Wohnungen), 250.000 m ³ /a (Betriebsstätten) | | | |

3.3 AP 3 – Auswirkung von Klimaänderungen auf den Wasserverbrauch landwirtschaftlicher Kulturen

3.3.1 Klimaszenarien für den Zeitraum 2031-2040 in kleinräumiger Auflösung der Untersuchungsgebiete

Die zukünftigen Klimaszenarien wurden hinsichtlich Temperatur und Niederschlagsentwicklung auf Basis der Outputs regionaler Klimamodelle von Eitzinger et al. (2009) und Strauss et al. (2012) gewählt. Diese Szenarien stimmen darin überein, dass in einem Zeitraum von 40 Jahren mit einer Temperaturerhöhung von +2 °C zu rechnen ist, während die Niederschläge etwa gleich bleiben oder geringfügig (um bis zu 10 % der Jahressumme) abnehmen. Daher wurden in den Wasserbedarfs-Berechnungen der landwirtschaftlichen Kulturen 4 Szenarien verglichen: eine Temperatur-Erhöhung um +1 °C und +2 °C jeweils in Verbindung mit einer Niederschlagsverminderung von 0 % oder 10 %.

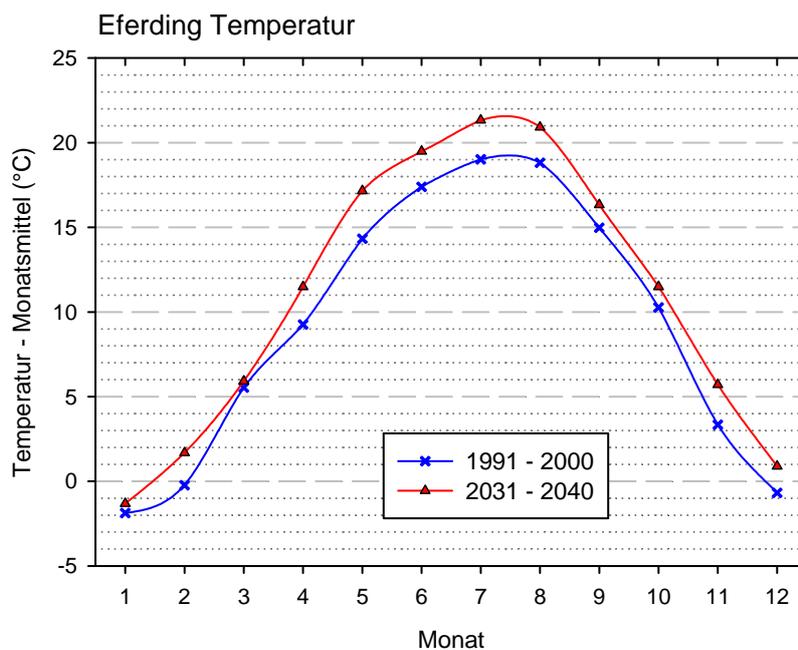


Abbildung 40: Verlauf der Temperatur-Monatsmittel in Eferding (stellvertretende für das Eferdinger Becken) im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).

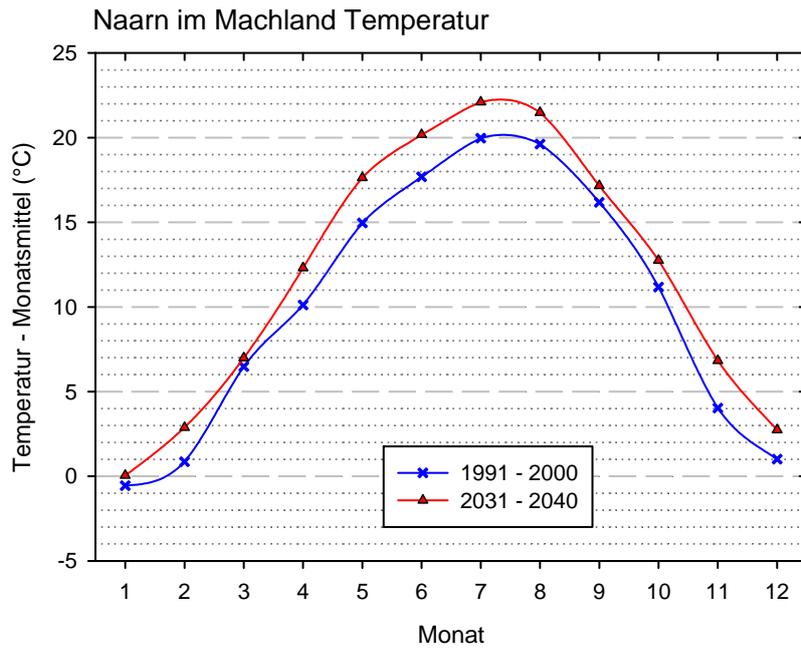


Abbildung 41: Verlauf der Temperatur-Monatsmittel in Naarn(stellvertretende für das Machland) im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).

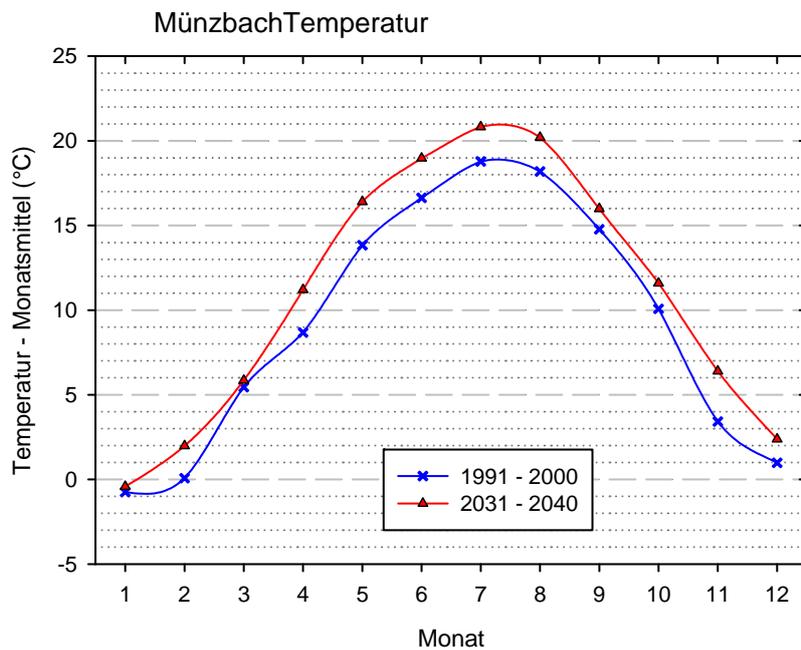


Abbildung 42: Verlauf der Temperatur-Monatsmittel in Münzbach im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).

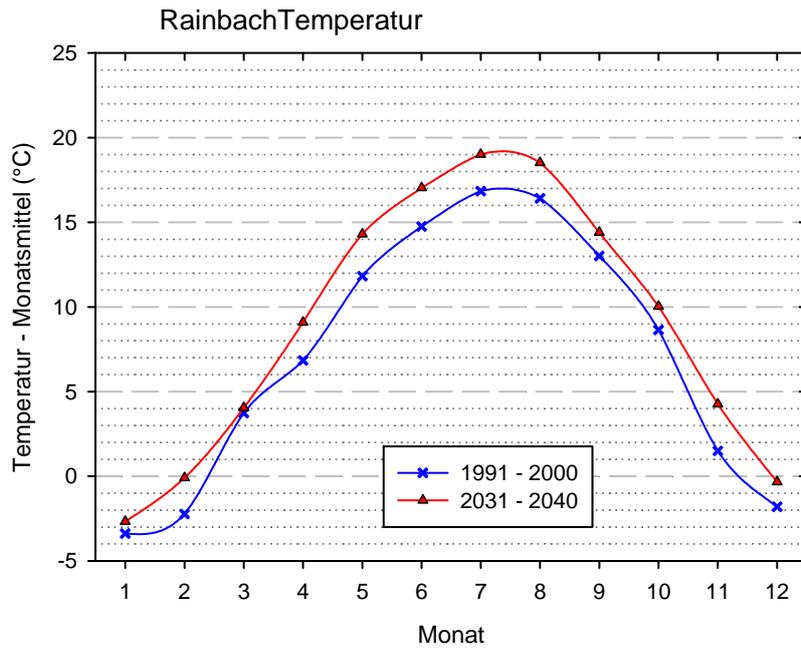


Abbildung 43: Verlauf der Temperatur-Monatsmittel in Rainbach im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).

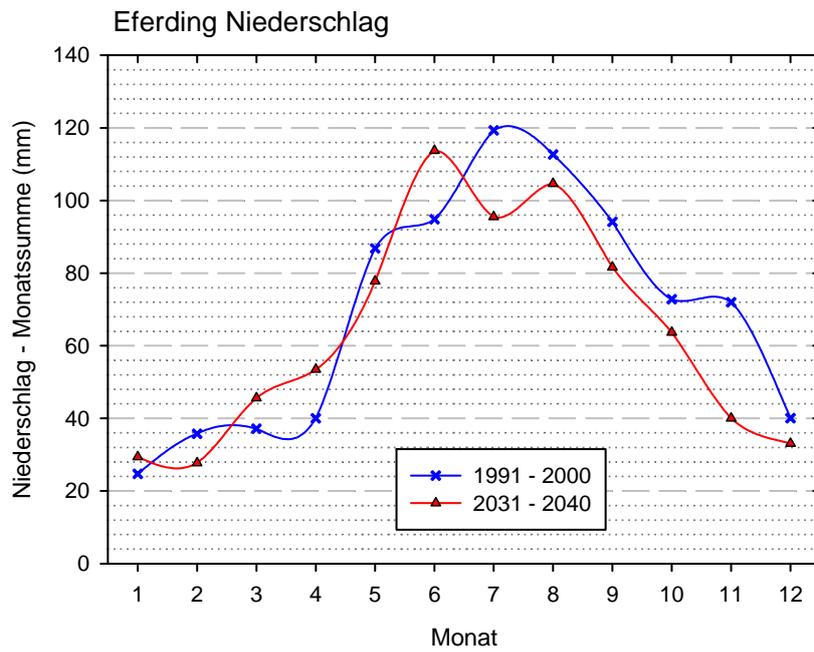


Abbildung 44: Verlauf der monatlichen Niederschlagssummen in Eferding (stellvertretende für das Eferdinger Becken) im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).

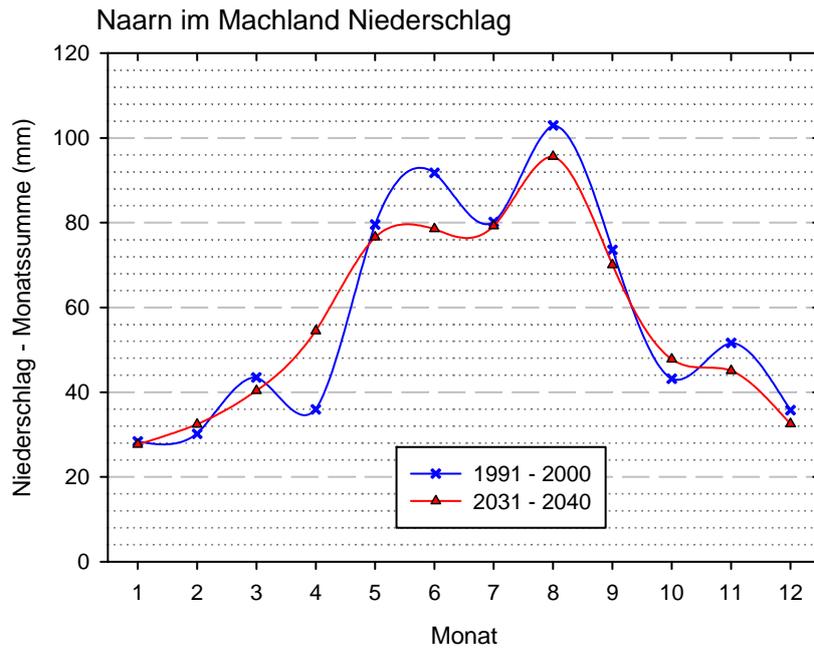


Abbildung 45: Verlauf der monatlichen Niederschlagssummen in Naarn (stellvertretende für das Machland) Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).

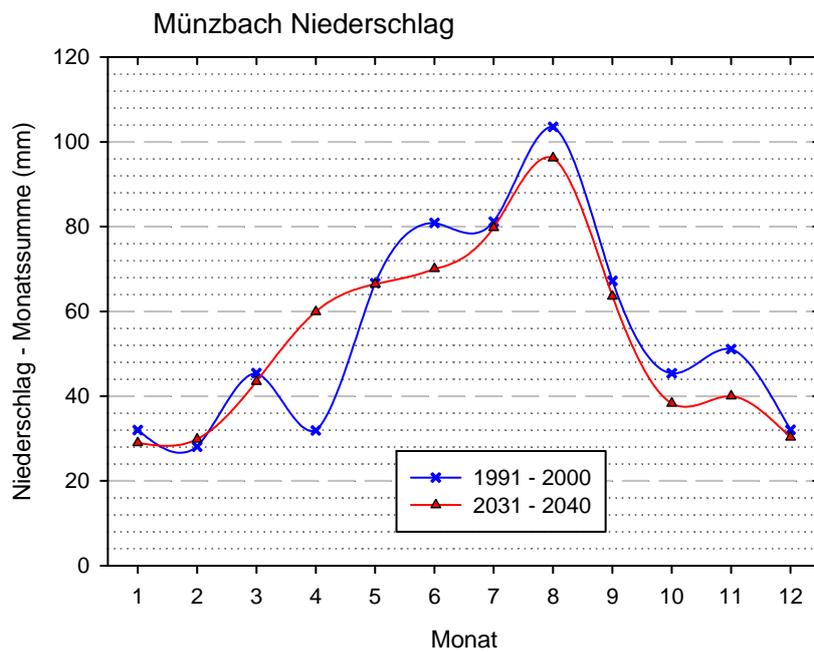


Abbildung 46: Verlauf der monatlichen Niederschlagssummen in Münzbach im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).

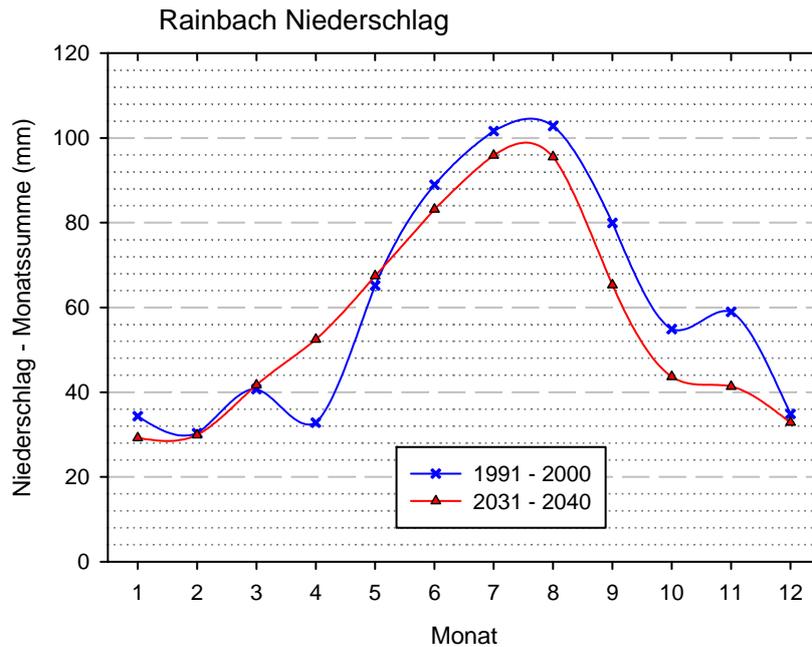


Abbildung 47: Verlauf der monatlichen Niederschlagssummen in Rainbach im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).

3.3.2 Auswirkung von Klimawandelszenarien auf einzelne Kulturen bei den wichtigsten Böden

Die Abschätzung des Wasserverbrauchs für die Landwirtschaft erfordert die Einbeziehung veränderter Klima-Inputs in Simulationsmodelle. Dazu wurden die in Kap. 3.3.1 vorgestellten Szenarien verwendet: +1 °C und +2 °C, jeweils mit 0 % und -10 % Niederschlagsveränderung. Die Veränderungen von Evapotranspiration, oberirdischem und unterirdischem Abfluss im Vergleich zum Referenzszenario 1999-2011 wird für verschiedene Kulturen und Bodentypen in den Grafiken der Abbildung 48 bis Abbildung 68 dargestellt.

Grünland

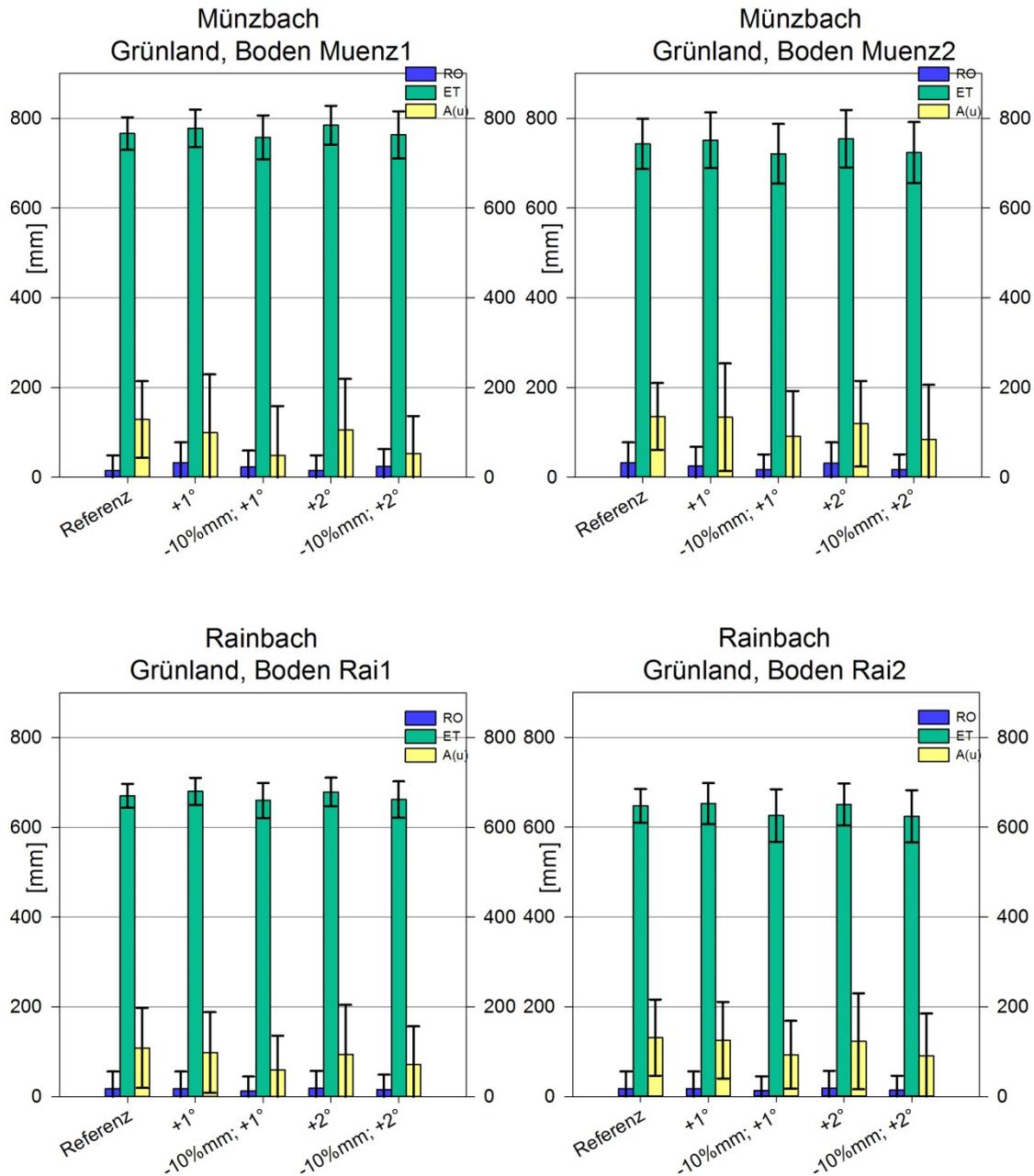


Abbildung 48: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Grünland für die Bodenprofile in Münzbach und Rainbach für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1°C und um 2°C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

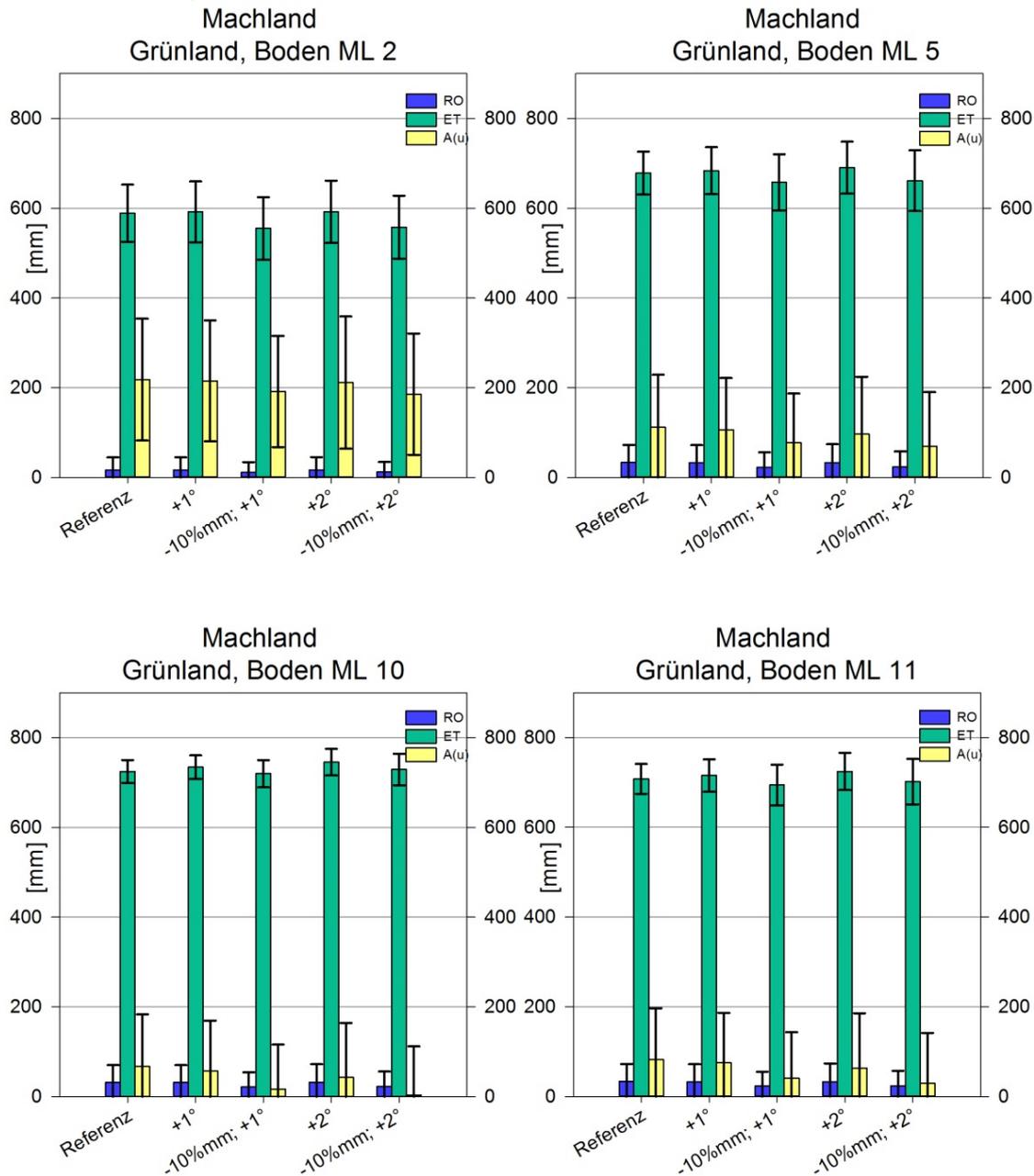


Abbildung 49: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Grünland für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1°C und um 2°C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

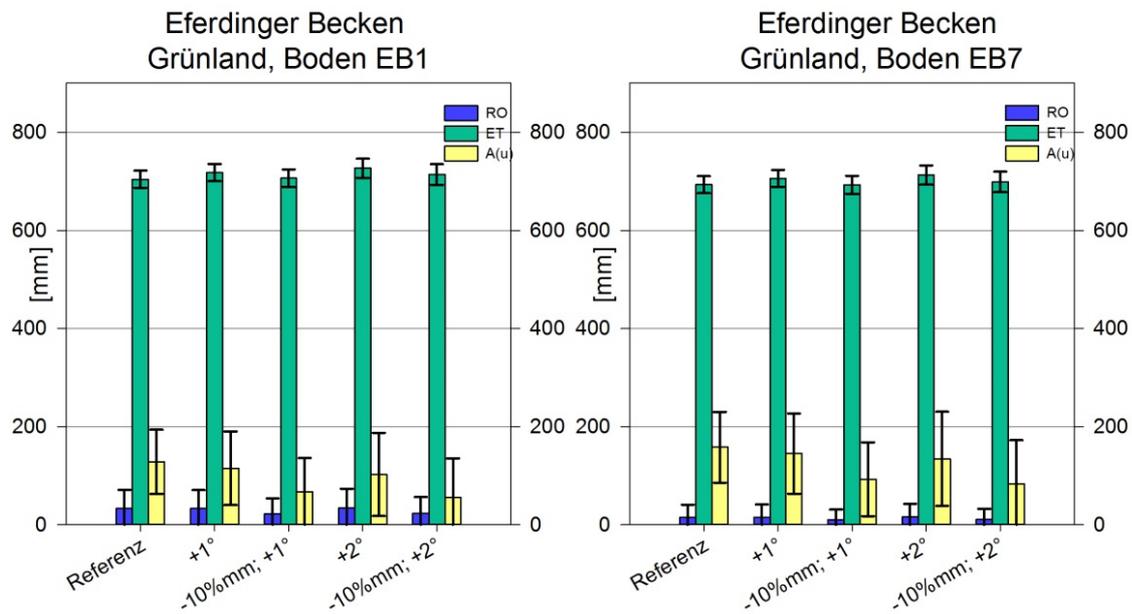


Abbildung 50: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Grünland für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1°C und um 2°C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Corn-Cob-Mix

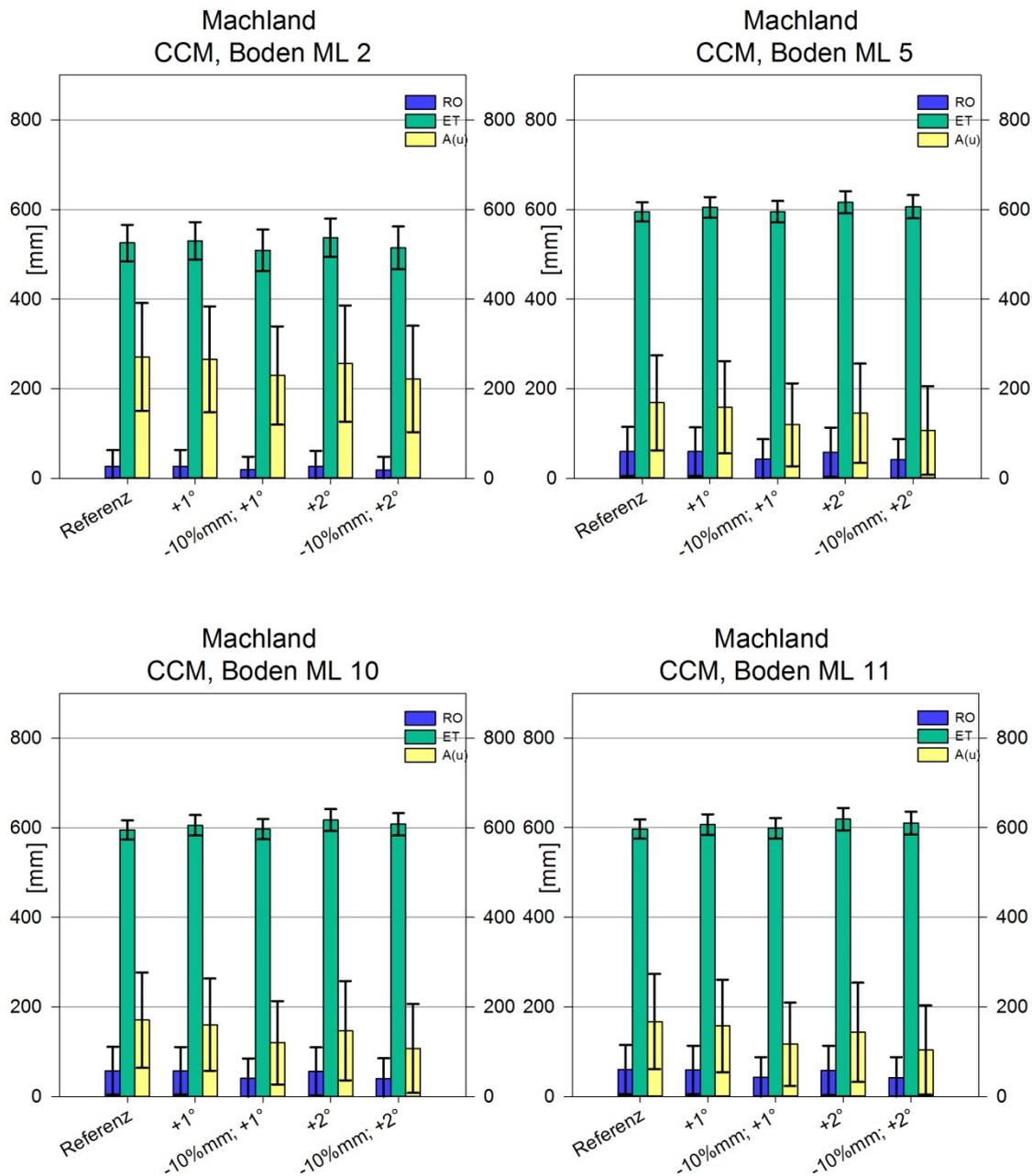


Abbildung 51: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Corn-Cob-Mix für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Körnermais

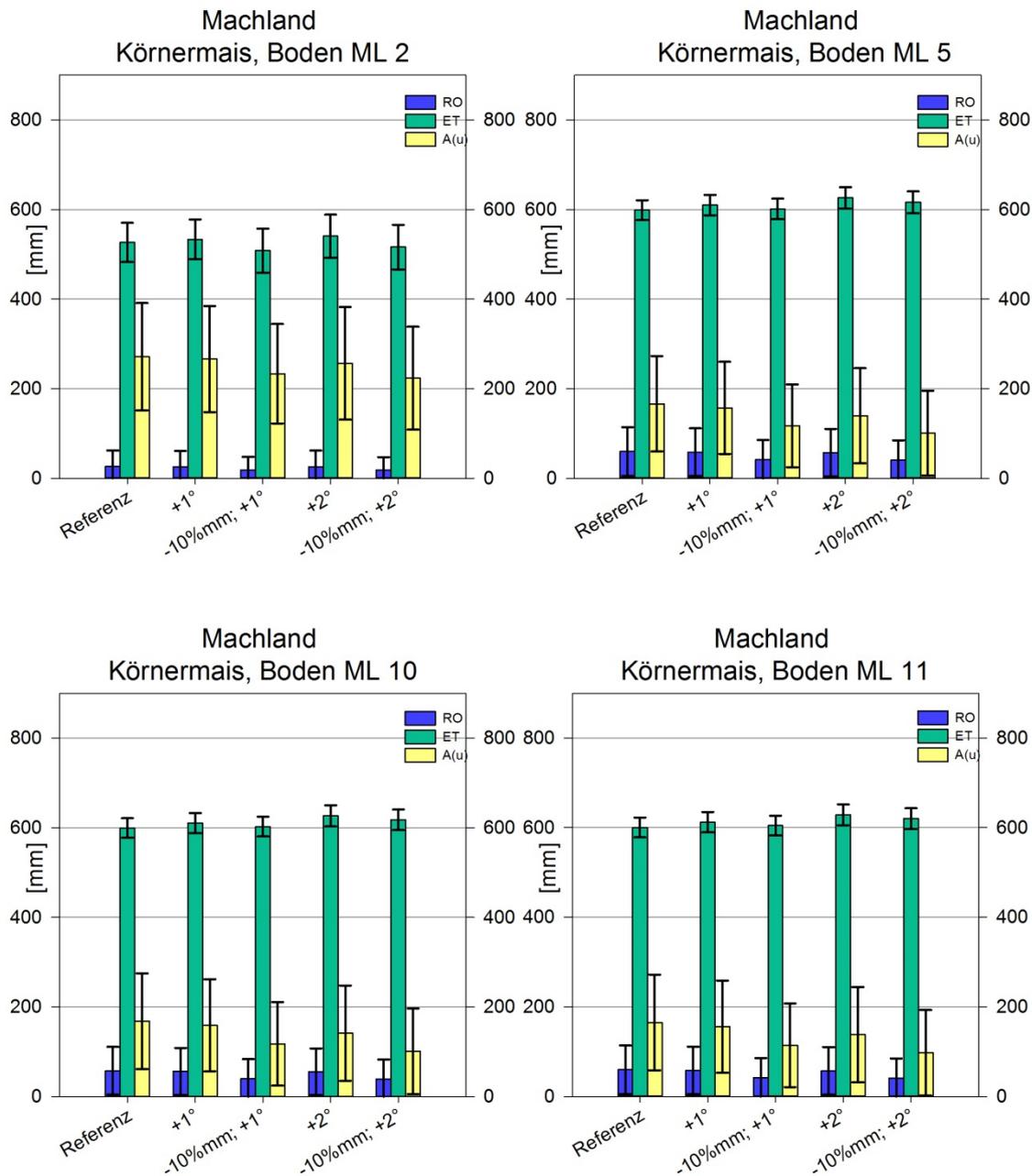


Abbildung 52: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Körnermais für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

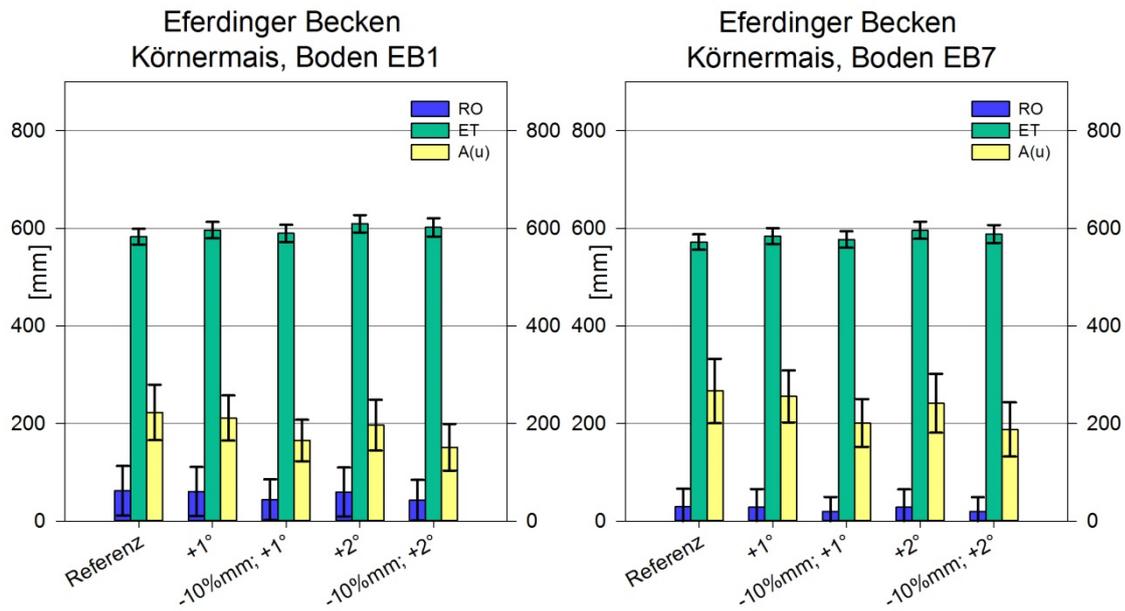


Abbildung 53: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Körnermais für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Silomais

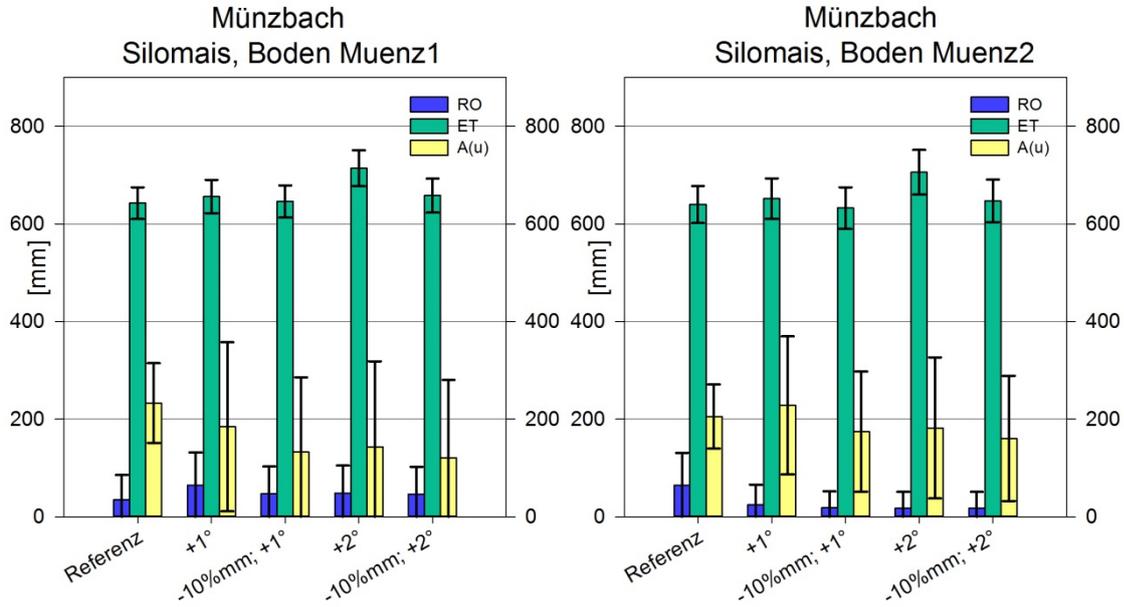


Abbildung 54: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Silomais für Bodenprofile in Münzbach für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

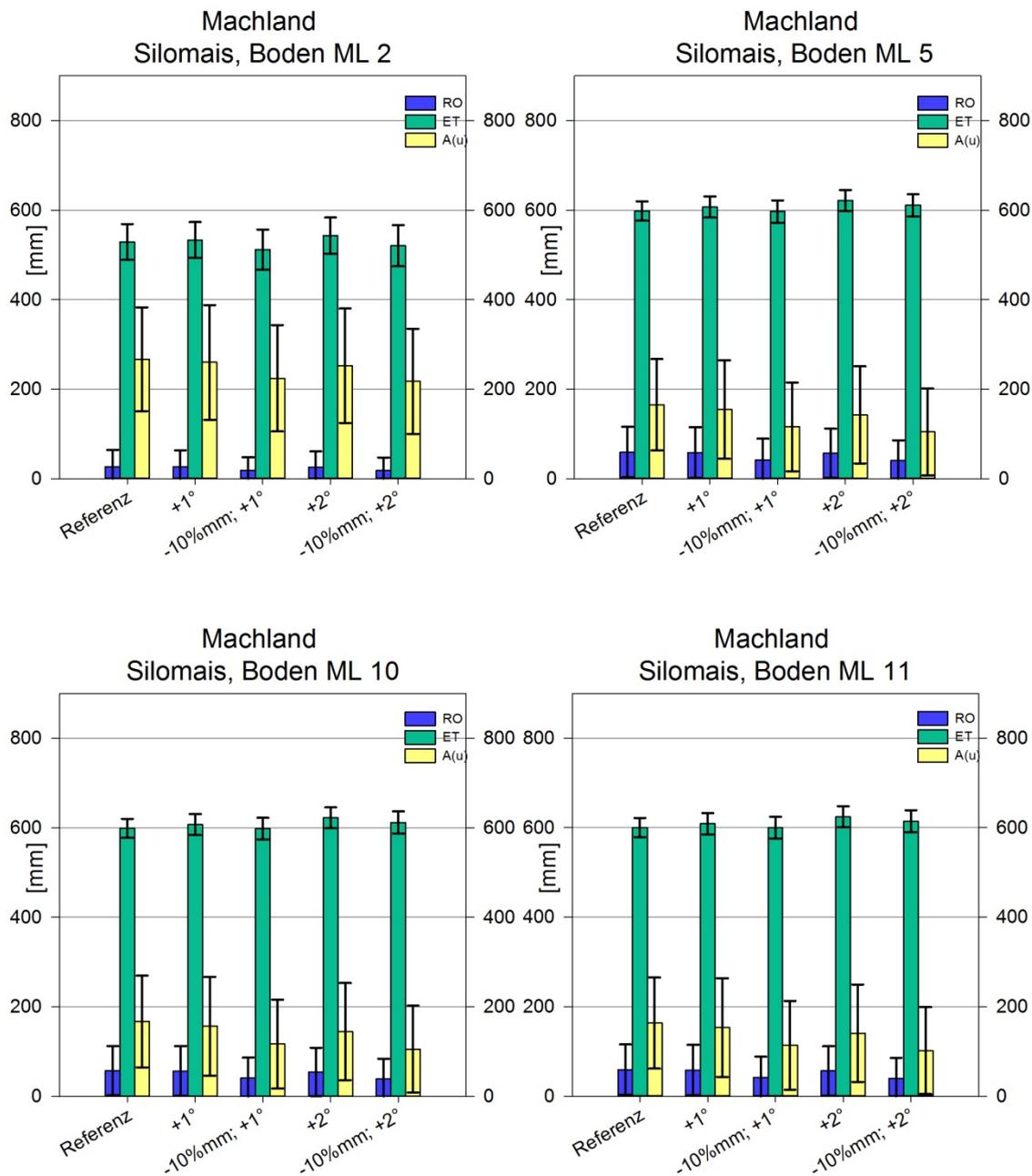


Abbildung 55: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Silomais für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

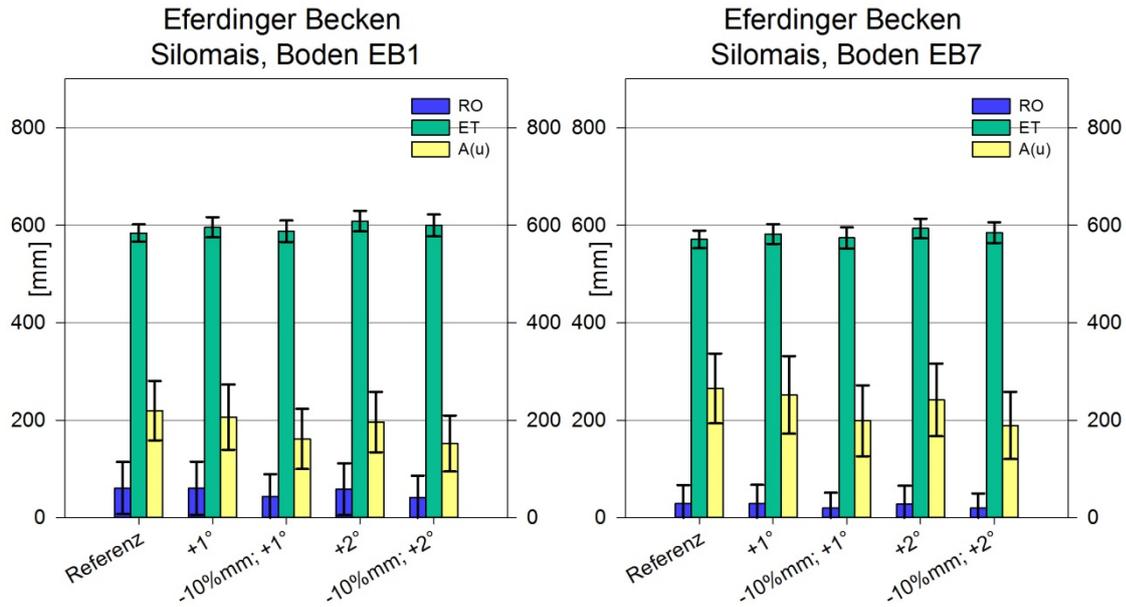


Abbildung 56: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Silomais für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Sojabohne

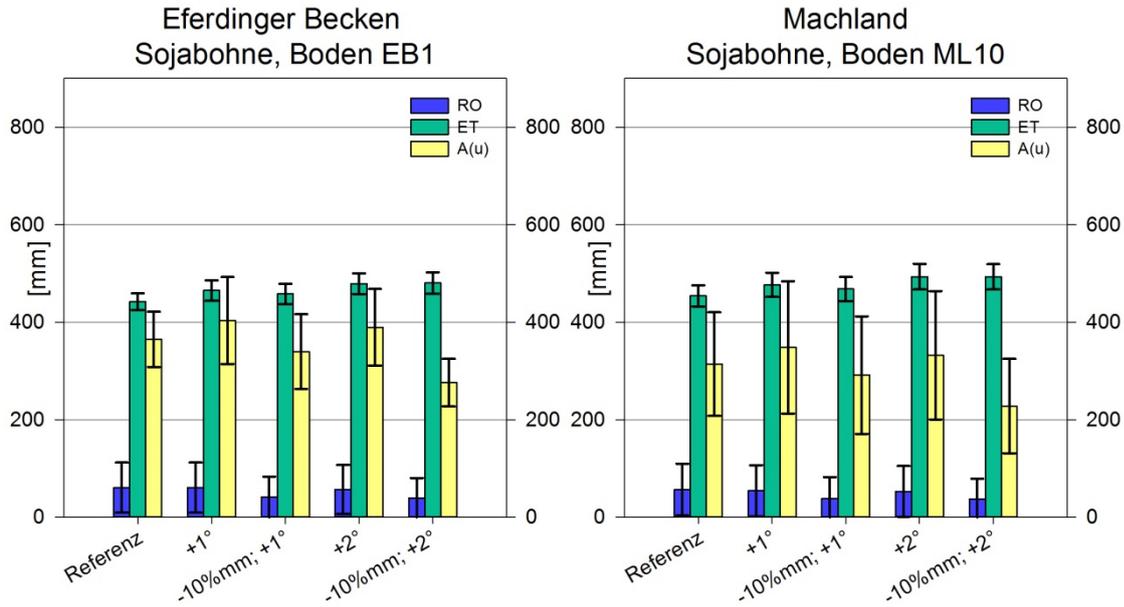


Abbildung 57: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Sojabohne für Bodenprofile im Machland und Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Speiseerdäpfel

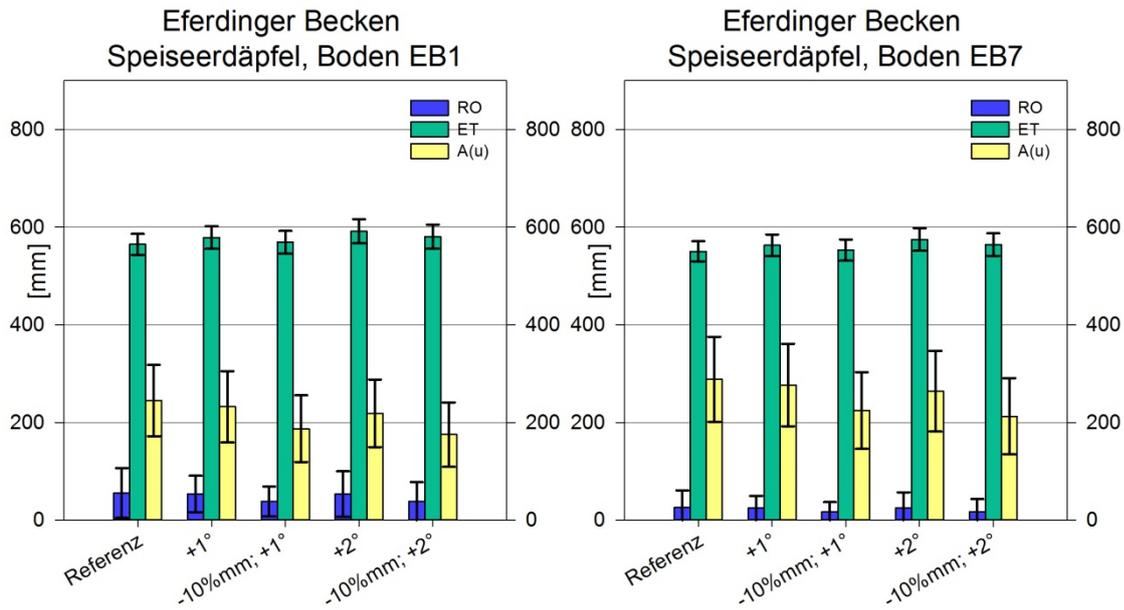


Abbildung 58: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Speiseerdäpfel für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Wintergerste

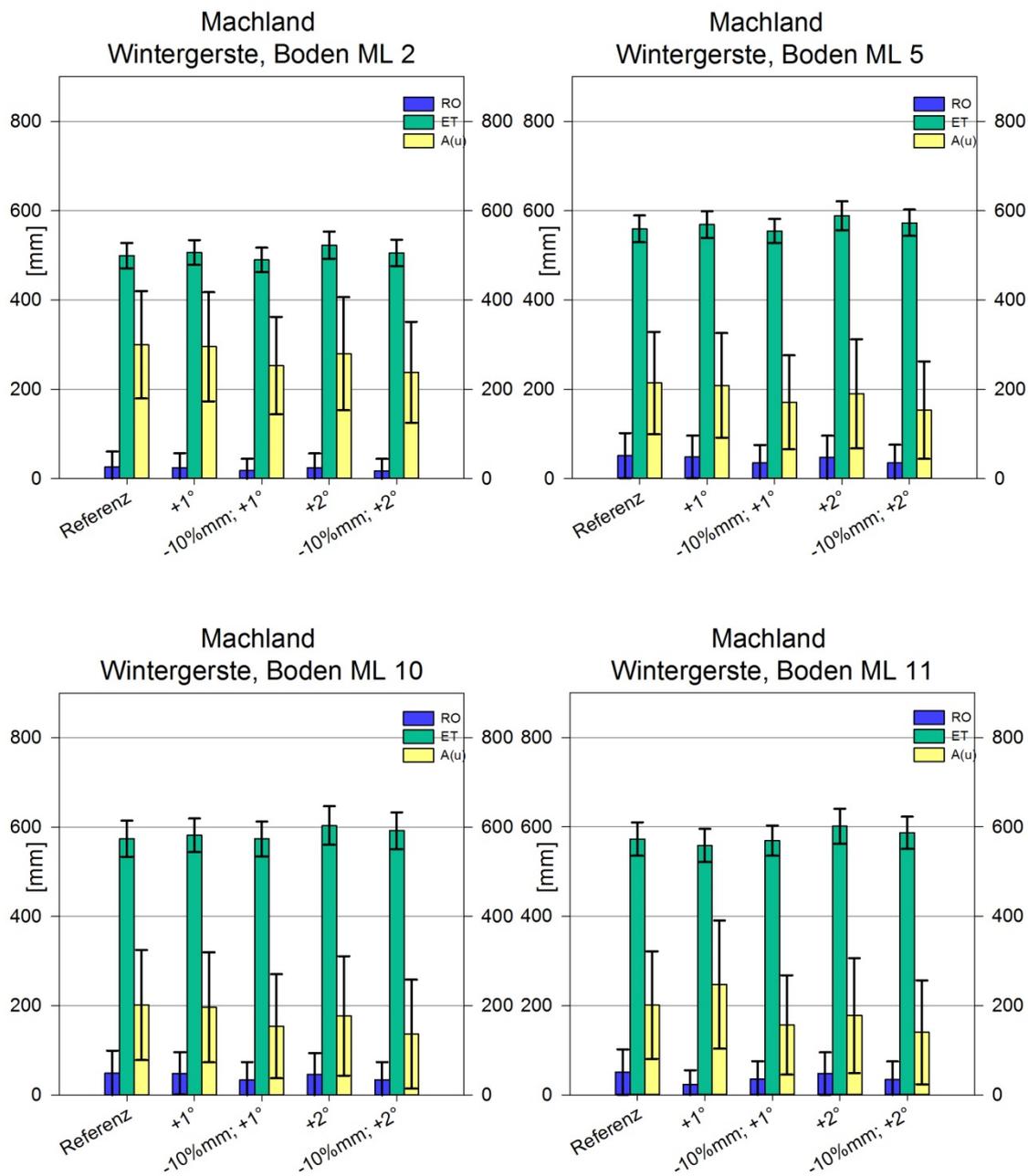


Abbildung 59: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintergerste für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

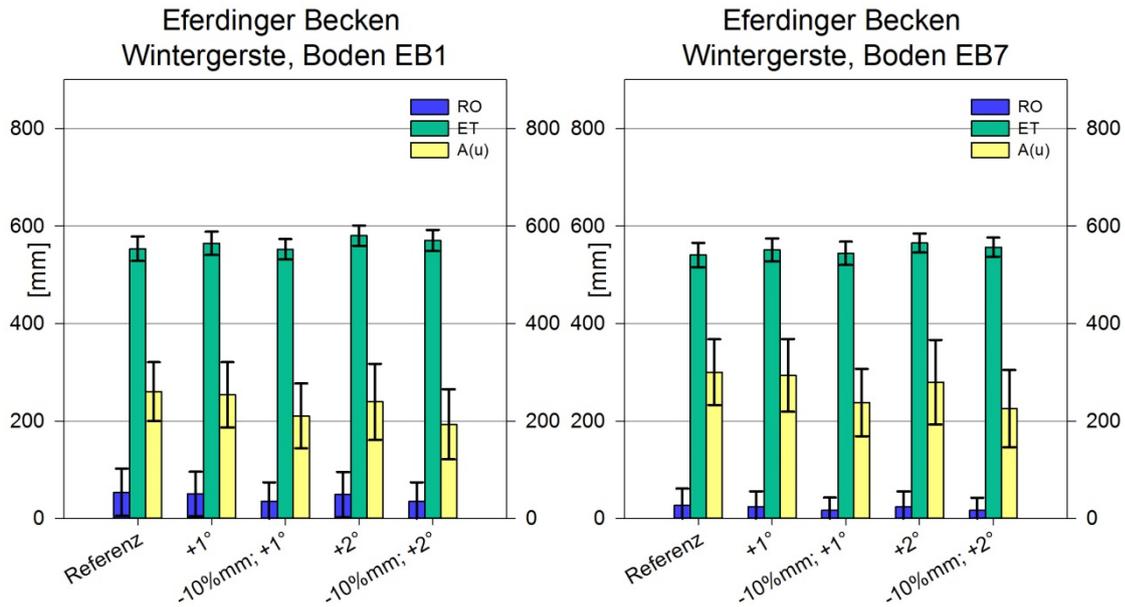


Abbildung 60: : Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintergerste für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Winterraps

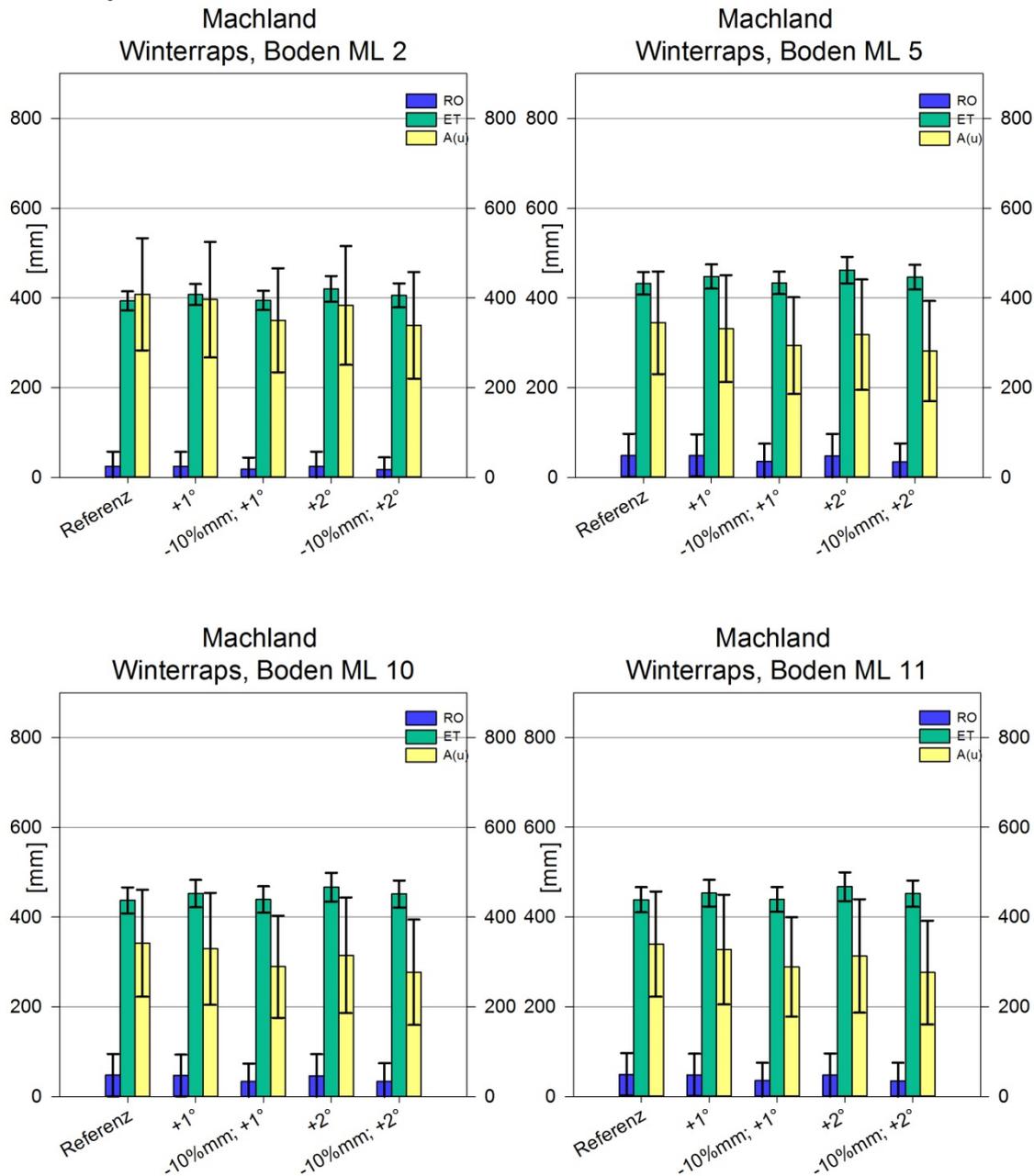


Abbildung 61: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Winterraps für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Winterroggen

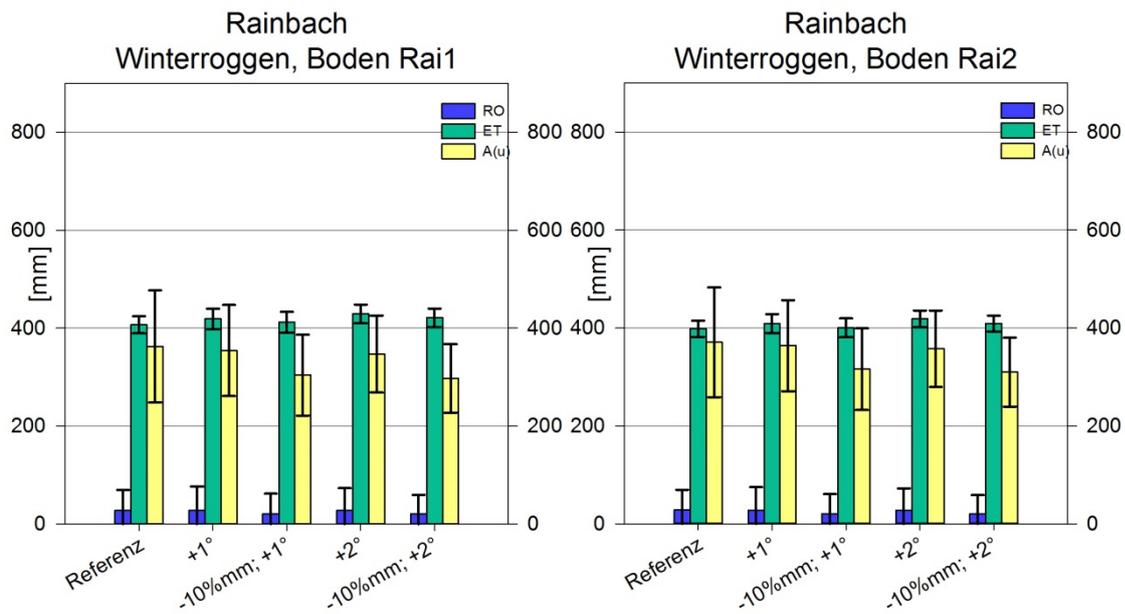


Abbildung 62: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Winterroggen für Bodenprofile in Rainbach für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Wintertriticale

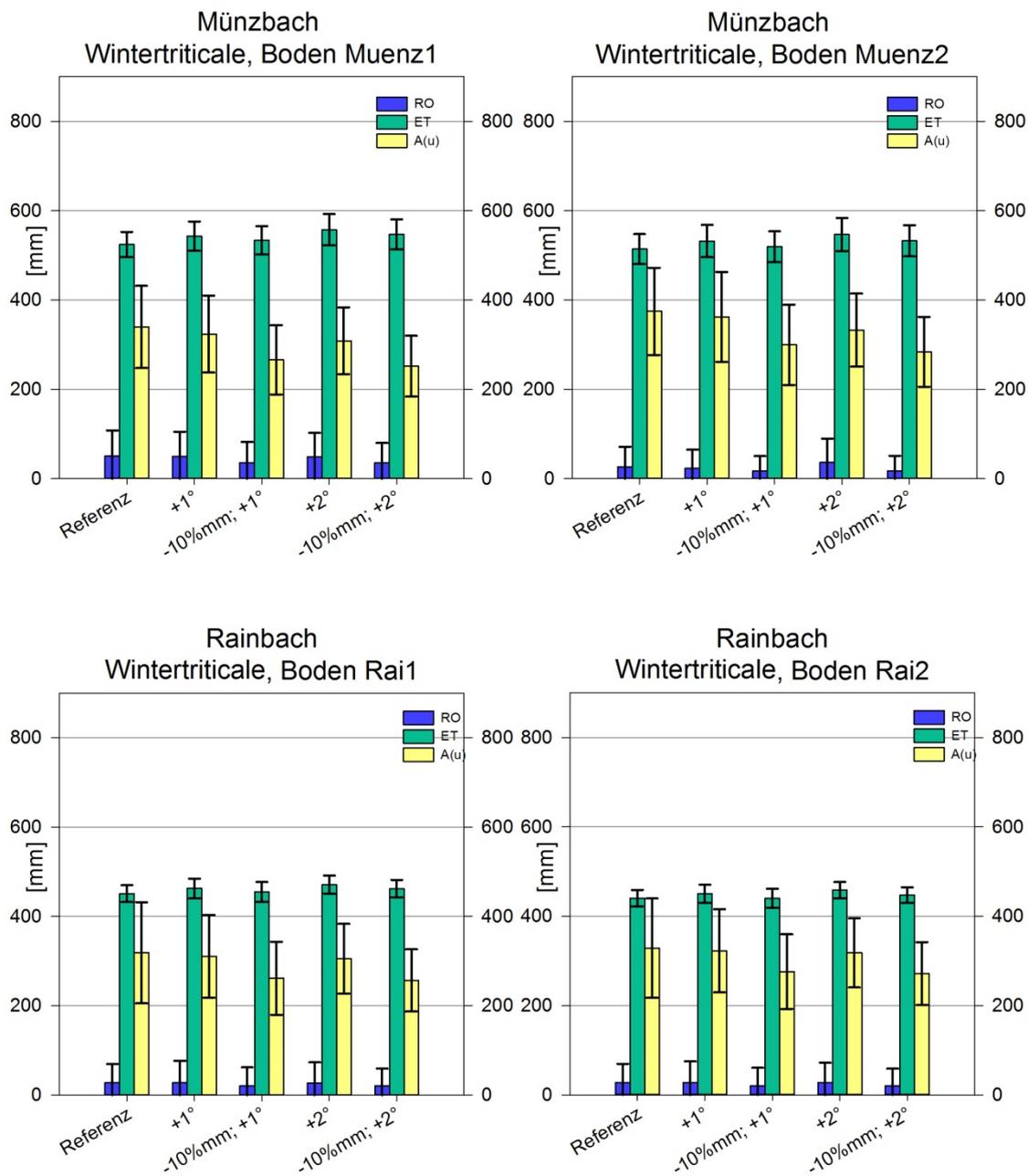


Abbildung 63: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintertriticale für Bodenprofile in Münzbach und in Rainbach für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

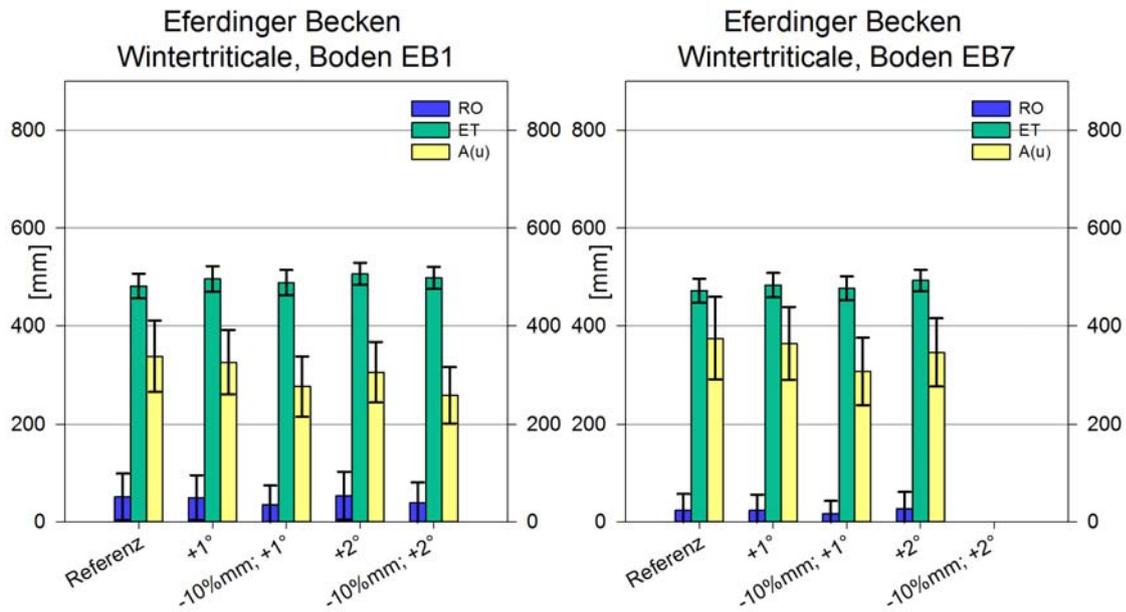


Abbildung 64: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintertriticale für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Winterweichweizen

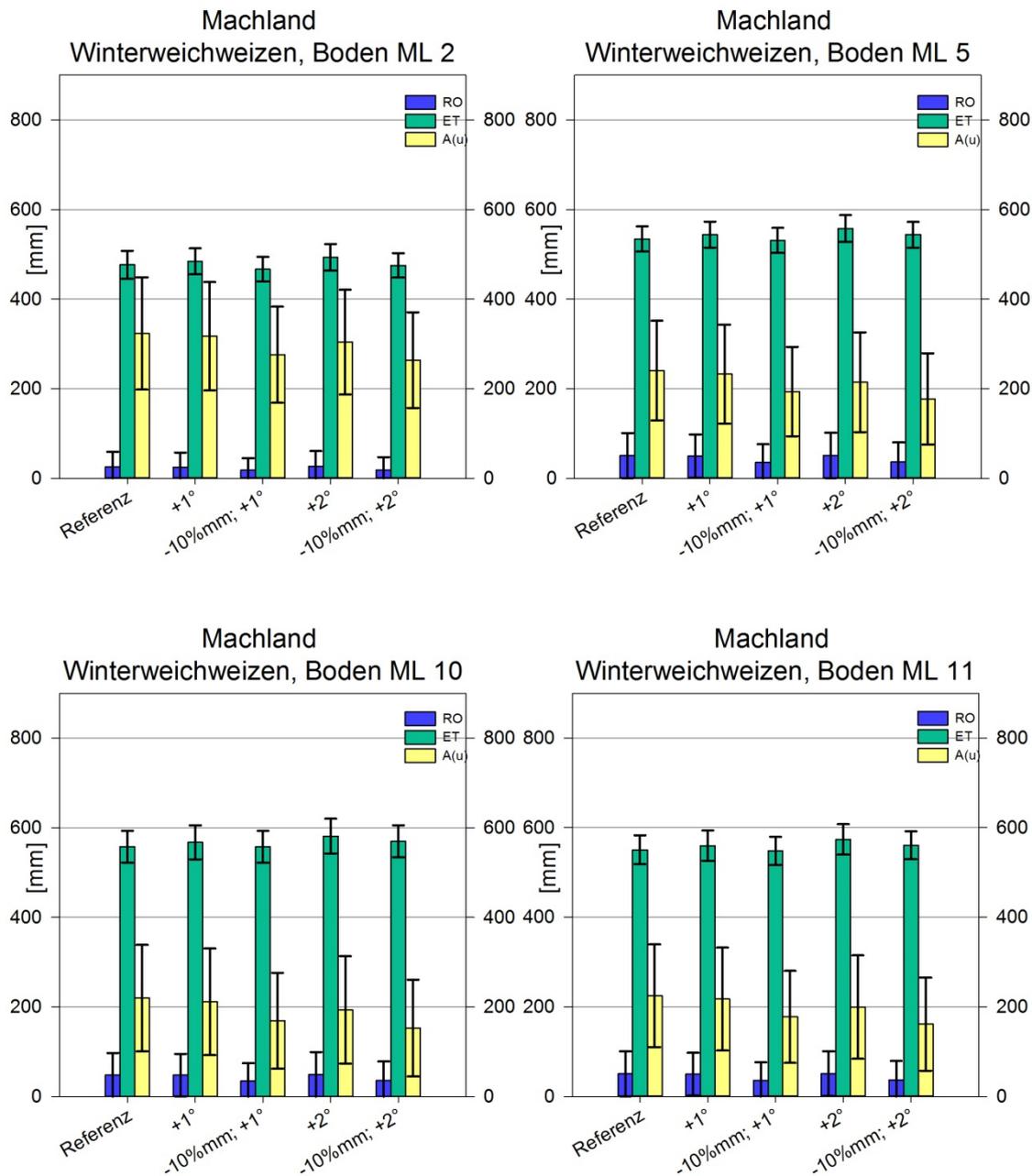


Abbildung 65: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Winterweichweizen für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

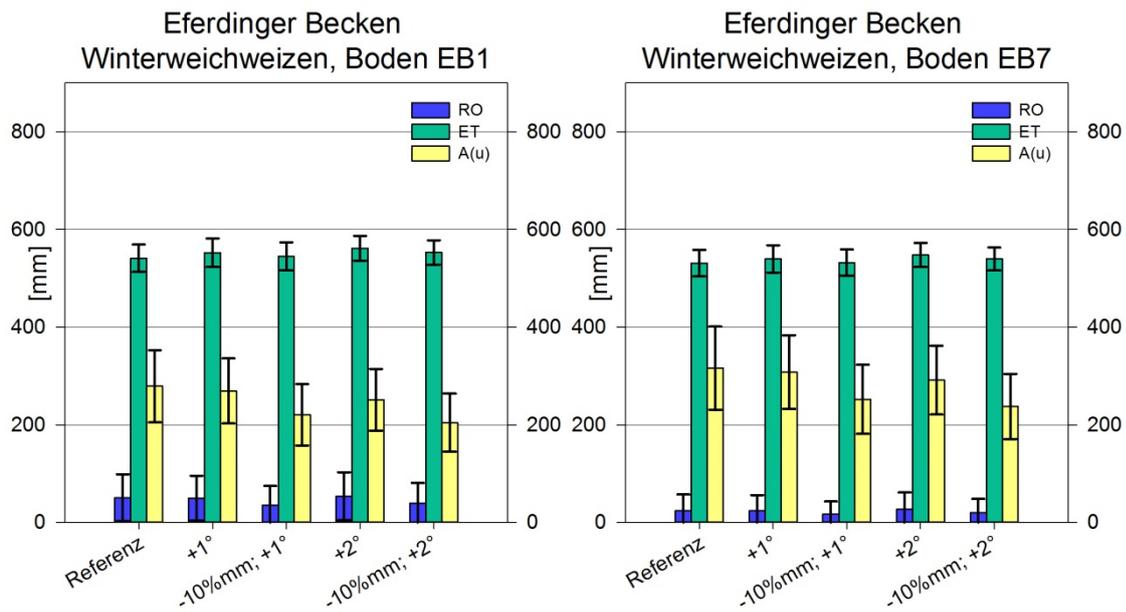


Abbildung 66: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Winterweichweizen für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

Zuckerrübe

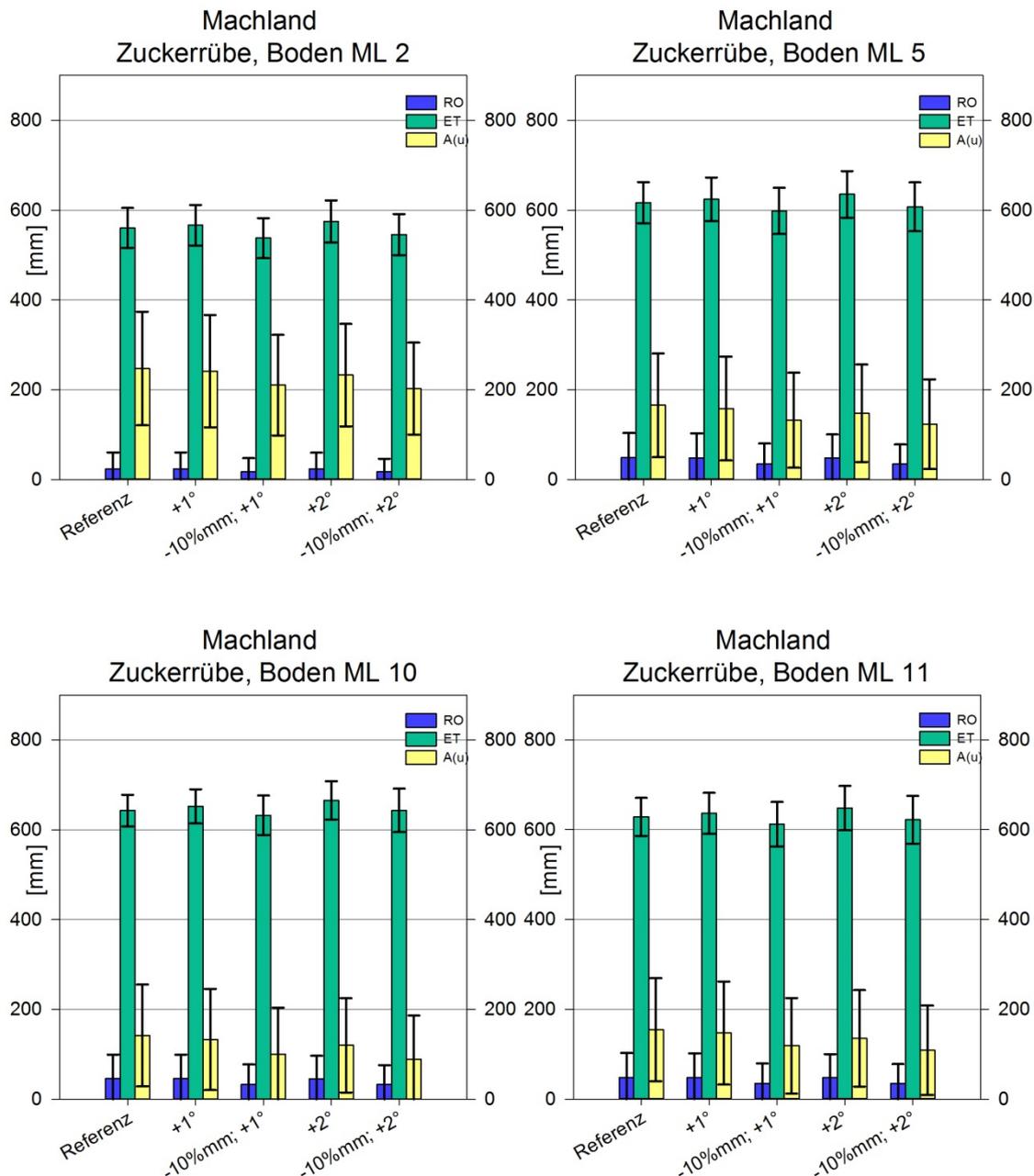


Abbildung 67: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Zuckerrübe für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

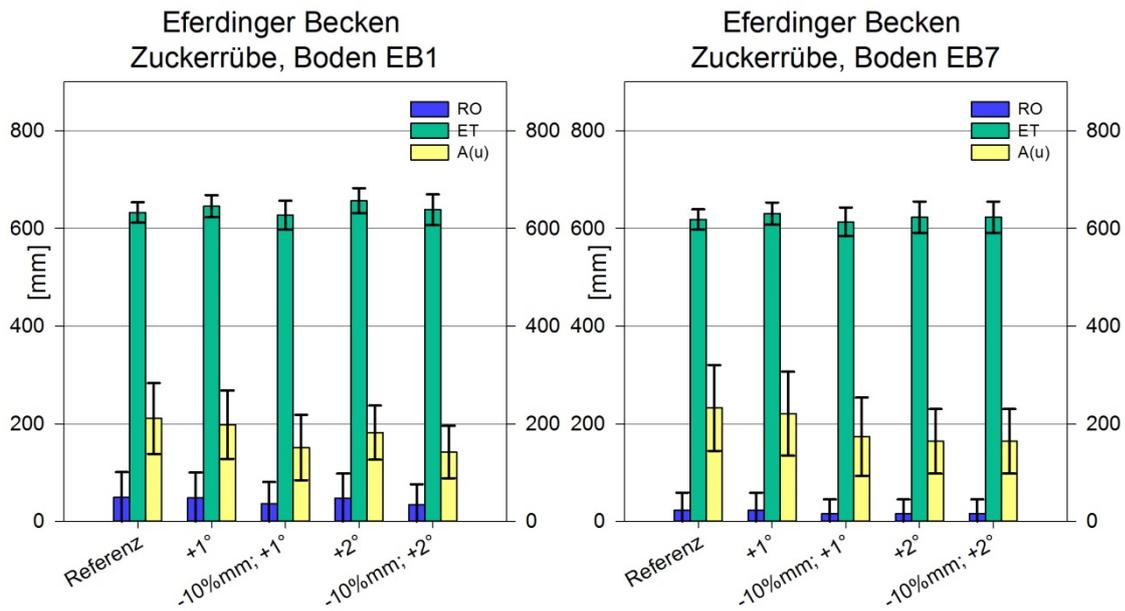


Abbildung 68: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Zuckerrübe für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe

Tabelle 7. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.

3.4 AP 4 - Auswirkung von Klimaänderungen auf den öffentlichen Wasserverbrauch

3.4.1 Zukünftiger Wasserbedarf der Haushalte

Der durchschnittliche Wasserverbrauch in den österreichischen Haushalten beträgt derzeit durchschnittlich 130 l/Ed (Liter pro Einwohner und Tag) (ÖVGW, 2013), wobei dieser im Winterhalbjahr bei 120 l/Ed und im Sommerhalbjahr bei 150 l/Ed liegt. Durch die Entwicklung und Verbreitung wassersparender Technologien ist der Wasserverbrauch der Haushalte seit dem Jahr 2000 deutlich zurückgegangen. Es wird prognostiziert, dass der Innenbedarf in den nächsten 20 bis 40 Jahren auf unter 100 l/Ed fallen wird. Die durch den Klimawandel bedingte Temperaturerhöhung würde allerdings den Außenbedarf der Haushalte gleichzeitig erhöhen, da mehr Wasser für das Gießen verbraucht werden würde. Somit ergeben sich in Zukunft an den Tagen mit hohen Temperaturen, welche derzeit den höchsten Wasserverbrauch aufweisen, voraussichtlich höhere Tagesspitzen als bisher. Des Weiteren ist der Wasserverbrauch von der Altersstruktur und vor allem der Siedlungsstruktur abhängig. Laut Untersuchung verursachen Kinder mit Abstand den geringsten Wasserverbrauch, Menschen zwischen 35 und 60 Jahren den höchsten und Menschen über 60 Jahren einen etwas geringeren Wasserverbrauch (Neunteufel et al., 2012). Der Wandel in der Altersstruktur der Bevölkerung in den Untersuchungsgebieten wirkt sich wahrscheinlich kaum auf den zukünftigen Wasserverbrauch aus, da es zwar weniger Menschen im erwerbsfähigen Alter geben wird, sich aber die Zahl der Kinder auch verringern wird (Schöfecker, 2010).

Einfamilienhäuser haben mit 173 l/Ed im Gegensatz zu Wohnungen (116 l/Ed) und Reihenhäusern (140 l/Ed) einen deutlich höheren Wasserverbrauch, der auf Gartenbewässerung und jährliche Swimmingpoolbefüllung zurückzuführen ist. Der Wasserverbrauch von Einfamilienhäusern ist in den letzten Jahren nicht nur durch wassersparende Technologien sondern auch durch kleiner werdende Grundstücksgrößen zurückgegangen (Neunteufel et al., 2012).

Insgesamt wird der Wasserbedarf von den Haushalten in Zukunft vor allem von der demografischen Entwicklung abhängen. In Rainbach und Münzbach wird kein erhöhter Wasserbedarf von Haushalten prognostiziert, während im Machland und im Eferdinger Becken durch Bevölkerungszuwanderung insgesamt ein etwas erhöhter Bedarf erwartet wird. Sonstige Planungsmaßnahmen der Gemeinden, die sich auf den zukünftigen Wasserbedarf auswirken, sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

3.4.2 Demographische Entwicklung

Rainbach

In der Gemeinde Rainbach im Mühlkreis stieg seit 1991 die Bevölkerung von 2.881 auf 2.934 EinwohnerInnen im Jahr 2001. Inzwischen ist die Bevölkerungszahl stagniert und ist derzeit leicht rückläufig. Im Jahr 2012 ergab die Volkszählung 2.918 EinwohnerInnen in der Gemeinde (Statistik Austria, 2012). Es ist also mit kaum einem Anstieg der Bevölkerung zu rechnen. Im Bezirk Freistadt ist ein geringer Bevölkerungszuwachs von 2,5% in den Jahren 2009 – 2050 prognostiziert (Schöfecker, 2010).

Münzbach

In der Gemeinde Münzbach stieg seit 1991 die Bevölkerung von 1.511 auf 1.699 EinwohnerInnen im Jahr 2001. Bis zum Jahr 2012 war der Anstieg nur gering: 1.732 EinwohnerInnen wurden bei der Volkszählung 2012 erfasst (Statistik Austria, 2012). Der Bevölkerungszuwachs ist also in den letzten Jahren stagniert. Es wird mit keinem maßgeblichen Bevölkerungszuwachs beziehungsweise mit einer Bevölkerungsabnahme in den nächsten Jahren gerechnet.

Machland

Das Land Oberösterreich prognostiziert für den Bezirk Perg in den Jahren 2009 – 2050 einen Bevölkerungsanstieg um 6,8%. Die Bevölkerungsstruktur soll sich in den Bezirken Perg, Freistadt und Eferding drastisch ändern. Im Vergleich zu 2009 wird es laut Prognosen 2050 mehr als doppelt so viele Menschen über 65 Jahre geben, während sich die Zahl der Jüngeren verringert (Schöfecker, 2010).

Eferdinger Becken

Das Land Oberösterreich prognostiziert für den Bezirk Eferding in den Jahren 2009 – 2050 trotz negativer Geburtenbilanz einen Anstieg der Bevölkerung von 31.686 EinwohnerInnen in 2009 auf 34.917 EinwohnerInnen in 2050. Dies entspricht einer Steigerung um 10,2 %, die durch Zuwanderung bedingt sein soll (Schöfecker, 2010).

3.5 AP 5 – Grundwasser-Neubildung unter derzeitigen und Klimaänderungs-Bedingungen

3.5.1 Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen in Rainbach

Geologie und Hydrogeologie

Das Mühlviertel, ein Teil der Böhmisches Masse, gehört großtektonisch zum variszischen Gebirgssystem, dem Moldanubikum. Während im Waldviertel und im westlichen Mühlviertel hochmetamorphe Gesteinsserien überwiegen, wird das östliche Mühlviertel durch den Südböhmischen Pluton beherrscht. Das Alter dieser Granite ist mit Ober-Devon und Perm anzugeben. Der kristalline Untergrund des Untersuchungsgebietes liegt im Übergangsbereich zwischen Südböhmischen Granitareal und der westlich anschließenden Böhmerwaldzone bzw. Mühlzone. Der Gesteinsbestand umfasst neben grobkörnigen Weinsberger Granit, dem Mauthausener Granit und Freistädter Granodiorit alle Übergänge zu Grobkorngneisen und Perlgnen, die als jungvariszisch umkristallisierte Produkte eines älteren Kristallins aufzufassen sind.

Die tektonischen Verhältnisse werden fast ausschließlich durch die intensive und durchgreifende Bruchtektonik bestimmt. Bereits am Ende der variszischen Orogenese im Oberkarbon/Unterperm vor rund 280 Millionen Jahren wurde die gesamte Böhmisches Masse in Folge der SN-Einspannung des Gebirges nicht nur in Großblöcke zerlegt, sondern auch kleinräumig äußerst dicht von Brüchen durchsetzt. Entsprechend dem Diagonalscherflächensystem (NNE-SSW und WNW-ESE) bildeten sich weit reichende und tief greifende zum Teil von mächtigen Myloniten begleitete Schwächezonen, wie z.B. die Pfahlstörung, die Donau-Störung, die Leonfelder Störung, die Gallneukirchener Störung, die Pregarten-Störung, die Rodl-Störung, die Pürnstern-Störung und andere. Auch im engeren Untersuchungsgebiet gehören einige, zum Teil überregionale Störungen, wie etwa die Hirschgraben-Störung, die Jaunitztal-Störung bzw. auch die Kettenbach-Störung, diesem System an.

Die Grundwasserverhältnisse Rainbachs werden prinzipiell durch drei hydrologisch unterschiedlich wirksame Grundwasserleiter bestimmt:

- die sehr unterschiedlich mächtige und differenziert ausgebildete Verwitterungsdecke
- das an offene Klüfte gebunden Kluftwassersystem des kristallinen Untergrundes
- die inhomogene schmale tertiäre Tiefenrinne der Birau-Harbachtalsenke, weiter im Süden auch der Jaunitzsenke

Da in der Regel die Verwitterungsdecken gegen die Tiefe zu allmählich in das unverwitterte Kristallin übergehen und bei entsprechender Kluftweite auch eine entsprechende hydrologische Verbindung besteht, ist eine scharfe Trennung der beiden Aquifertypen kaum möglich. Die vergleichsweise mächtige (bis ~60 m Tiefe), inhomogene tertiäre Füllung (feinschluffig-tonige Wechsellagerungen an der Basis und sandig-kiesige hangende Horizonte) des Harbachtals besitzt eine besondere Stellung. Vor allem die Wässer des Sedimentaquifers sind durch reduzierende Verhältnisse und damit hohe Eisen- und Mangangehalte gekennzeichnet.

3.5.2 Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen in Münzbach

Geologie und Hydrogeologie

Das Gebiet am Südrand der Böhmisches Masse weist granitische Gesteine (Weinsberger Granit, Mauthausener Granit) mit bis zu mehreren Metern Verwitterungsdecke auf. Die kristallinen Gesteine sind mehr oder weniger stark geklüftet; überregionale Störungszonen (Vitisier-Störung) liegen nicht als scharf begrenzte Bruchfläche vor, sondern sind durch parallele Bruchscharen, die zum Teil auch mylonitisiert sind, gekennzeichnet. Neben den geklüfteten Kristallinaquiferen sowie deren Verwitterungshorizonte sind auch fluviatil sedimentierte Quartärablagerungen als Grundwasserleiter anzusprechen. Auch Erosionsreste der einstigen tertiären Bedeckung – Linzer Sande – sind in dem Gemeindegebiet anzutreffen. Die geologisch-tektonische und auch morphologische Zergliederung führt aber zu komplizierten hydrogeologischen Verhältnissen, sodass auch gespannte und artesische Grundwasserhältnisse angetroffen werden können. Die Durchlässigkeitswerte können für Granitgrus bzw. Talfüllungen zwischen 10^{-4} und 10^{-6} m/s schwanken, die der Linzer Sande sind um die 10^{-4} bis 10^{-5} m/s abzuschätzen

3.5.3 Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen in Eferdinger Becken

Geologie und Hydrogeologie

Im Kontakt Haller Serie und Älterer Schlier bzw. der hangend zur Haller Serie liegenden Schicht – dem Robulus Schlier s.l. – ist eine geringmächtige bis 30 m mächtige Grobsandschicht eingeschaltet, die beschränkt wasserwirtschaftlich interessant ist, wohingegen die zwischengeschalteten Grobsande auf Grund ihrer geringen Mächtigkeit und ihrer nur sehr lokalen Verbreitung keine nennenswerte Rolle spielen. Der Robulus Schlier s.l. erreicht selbst Mächtigkeiten bis 250 m. Das Quartär, dessen Grundwasser den Hauptanteil der Bewässerung abdecken, erreicht maximale Schichtmächtigkeiten um die 30 m bis 50 m.

3.5.4 Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen in Machland

Geologie und Hydrogeologie

Die Linzer Sande stellen die wasserwirtschaftlich interessantesten Ablagerungen dar, obwohl diese durch bruchtektonische Vorgänge in mehrere zum Teil nicht zusammenhängende Sandaquifere unterteilt sein kann. Die Linzer Sande können durch Älteren Schlier, Verwitterungslehm oder Lößlehm überlagert sein und mit gespannten bis artesischen Druckverhältnisse auftreten. Die Grundwasserneubildung der Linzer Sande erfolgt einerseits direkt über die Niederschlagsinfiltration und andererseits ist auch eine Zuströmung aus dem kristallinen Kluftaquifer für die Linzer Sande zu erwarten. Untergeord-

net erfolgt auch eine Alimentation aus dem überlagernden Älteren Schlier und den auflagernden, seichten quartären Aquiferen. Die Erneuerung des Hauptaquifers erfolgt teilweise nur sehr langsam. Der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f)-Wert liegt 1×10^{-4} m/s und 7×10^{-4} m/s. Im Bereich der Donauniederung werden die grundwasserführenden Linzer Sande nur teilweise zur Wasserversorgung genutzt (Brunnen Loitzenberg, Brunnen Schwertberg). Durch die mächtige und flächig vorhandene Überlagerung durch den Älteren Schlier fungiert einerseits als Aquiferschutz andererseits wird die Erneuerung stark reduziert. Im Bereich der Donauniederung (Schwertberger Bucht) wird der quartäre Aquifer durch die Brunnen Zirking des Fernwasserverbandes Mühlviertel genutzt.

3.5.5 Grundwasser-Neubildung landwirtschaftlicher Flächen

Für die Berechnung von Grundwasser-Neubildungen gibt es verschiedene Verfahren, wobei in dieser Studie das Verfahren von Renger und Wessolek (1990) mit den Outputs des AquaCrop-Modells für die Referenzszenarien verglichen wird (Abbildung 69, Abbildung 70, Tabelle 11). Tabelle 12 zeigt hingegen die Veränderungen für ein zukünftiges Klimaszenario.

Grundwasser-Neubildung I, berechnet auf Basis des Verfahrens von Renger und Wessolek (1990)

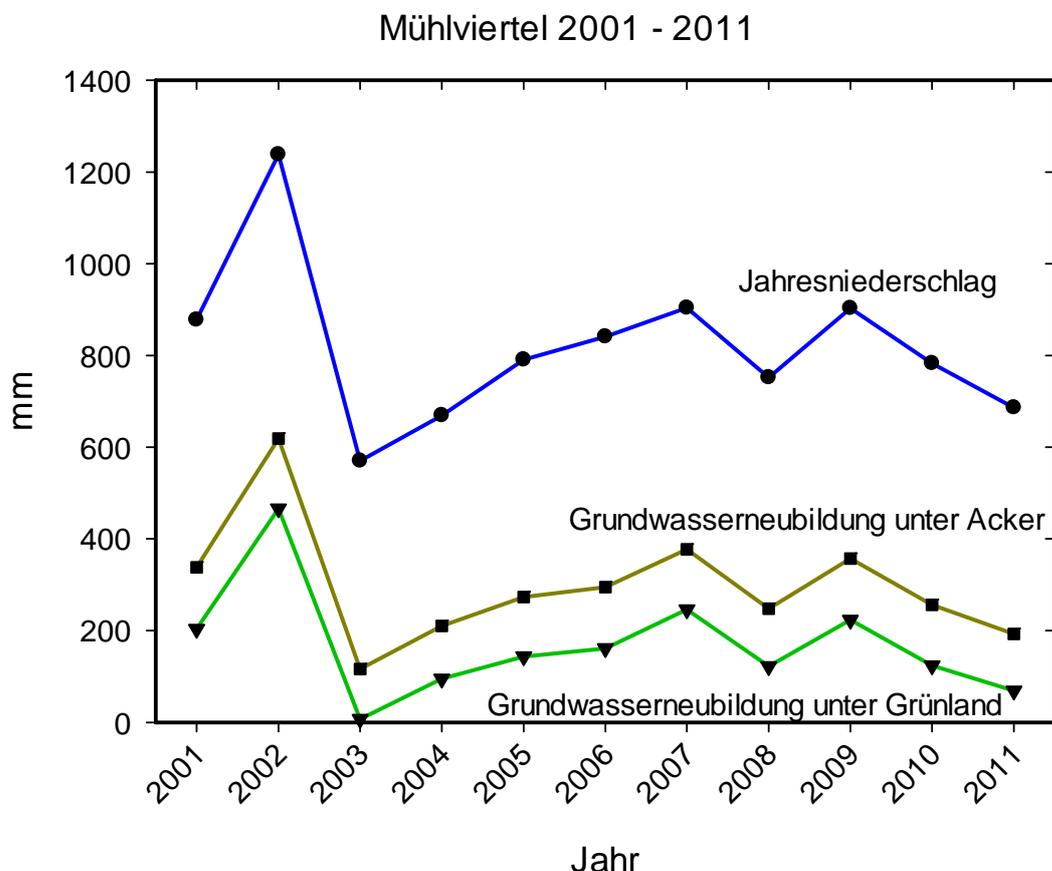


Abbildung 69: Grundwasser-Neubildung im Mühlviertel in den Jahren 2001 – 2011. Berechnung nach Renger und Wessolek (1990); Berechnungsschema: Grundwasser-Neubildung = Niederschlag – Evapotranspiration.

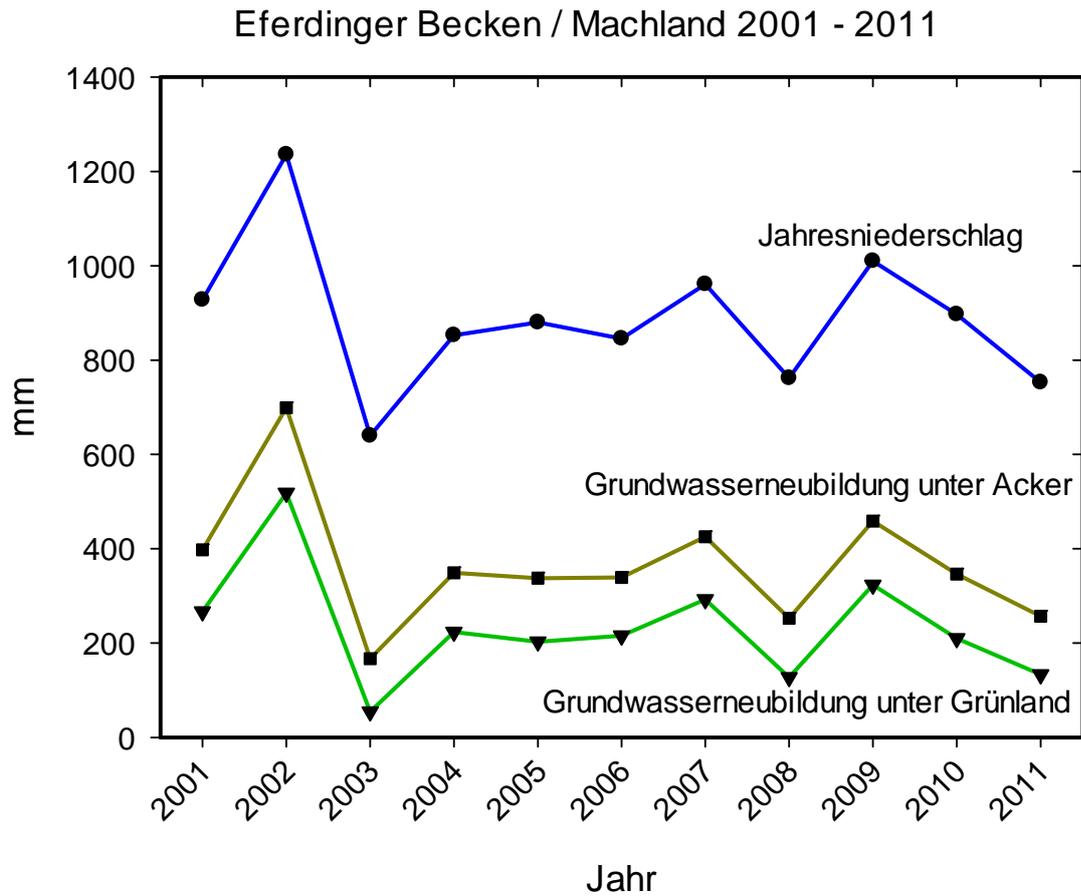


Abbildung 70: Grundwasser-Neubildung im Eferdinger Becken und im Machland in den Jahren 2001 – 2011. Berechnung nach Renger und Wessolek (1990); Berechnungsschema: Grundwasser-Neubildung = Niederschlag – Evapotranspiration.

Grundwasser-Neubildung II, berechnet auf Basis von AquaCrop Simulation

Tabelle 11: Jährliche Grundwasser-Neubildung auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Untersuchungsgebieten. Mittel der Jahre 1999 – 2011. Abkürzungen: A(u) = unterirdischer Abfluss, LW = Landwirtschaft, P = Jahresniederschlag. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2011; Lebensministerium, 2011)

| Gebiet | Kulturart | Fläche in ha | % an LW Fläche | A(u) [mm] | A(u) [% von P] |
|-----------------------|--|---------------|----------------|--------------|----------------|
| Rainbach im Mühlkreis | Grünland | 2078,2 | 72,0 | 112,6 | |
| | Wintertriticale | 192,6 | 6,7 | 320,1 | |
| | Winterroggen | 146,5 | 5,1 | 364,5 | |
| | Sonstige Kulturen | 467,7 | 16,2 | . | |
| | Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 2885,0 | 100,0 | 144,5 | 18% |
| Münzbach | Grünland | 1021,5 | 69,4 | 135,6 | |
| | Silomais | 145,8 | 9,9 | 206,6 | |
| | Wintertriticale | 82,4 | 5,6 | 373,4 | |
| | Sonstige Kulturen | 793,3 | 15,1 | . | |
| | Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 1471,8 | 100,0 | 159,6 | 18% |

| | | | | | |
|--|--|----------------|--------------|--------------|------------|
| Machland | Körnermais | 1798,22 | 25,9 | 197,9 | |
| | Grünland | 1293,65 | 18,6 | 119,4 | |
| | Winterweichweizen | 722,01 | 10,4 | 259,5 | |
| | Wintergerste | 852,13 | 12,3 | 237,5 | |
| | Sojabohne | 452,59 | 6,5 | 346,6 | |
| | Zuckerrübe | 278,70 | 4,0 | 188,1 | |
| | Silomais | 154,16 | 2,2 | 197,8 | |
| | Corn-Cob-Mix (CCM) (wie Mais) | 114,80 | 1,7 | 201,0 | |
| | Winterraps | 9,63 | 0,1 | 373,0 | |
| | Sonstige Kulturen | 1265,85 | 18,2 | . | |
| | Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 6941,74 | 100,0 | 205,5 | 25% |
| | Eferdinger Becken | Grünland | 1282,06 | 19,6 | 131,3 |
| Ein- und mehrkulturiges Feldgemüse | | 352,46 | 5,4 | . | |
| Körnermais | | 1838,52 | 28,1 | 219,9 | |
| Silomais | | 24,39 | 0,4 | 216,6 | |
| Winterweichweizen | | 940,94 | 14,4 | 278,6 | |
| Wintertriticale | | 13,59 | 0,2 | 337,8 | |
| Wintergerste | | 204,22 | 3,1 | 257,2 | |
| Sojabohne | | 403,79 | 6,2 | 369,7 | |
| Zuckerrübe | | 335,48 | 5,1 | 200,5 | |
| Speiseerdäpfel | | 99,39 | 1,5 | 245,5 | |
| Sonstige Kulturen | | 1049,84 | 16,0 | . | |
| Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | | 6544,68 | 100,0 | 221,3 | 26% |

Tabelle 12: Jährliche Grundwasser-Neubildung auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Untersuchungsgebieten bei Klimawandelszenario +2°C. Berechnungsbasis: Mittel der Jahre 1999 – 2011. Abkürzungen: A(u) = unterirdischer Abfluss, LW = Landwirtschaft, P = Jahresniederschlag. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011)

| Gebiet | Kulturart | Fläche in ha | % an LW Fläche | A(u) [mm] | A(u) [% von P] |
|------------------------------|--|---------------|----------------|--------------|----------------|
| Rainbach im Mühlkreis | Grünland | 2078,2 | 72,0 | 100,1 | |
| | Wintertriticale | 192,6 | 6,7 | 307,7 | |
| | Winterroggen | 146,5 | 5,1 | 349,1 | |
| | Sonstige Kulturen | 467,7 | 16,2 | . | |
| | Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 2885,0 | 100,0 | 131,7 | 17% |
| Münzbach | Grünland | 1021,5 | 69,4 | 119,0 | |
| | Silomais | 145,8 | 9,9 | 180,9 | |
| | Wintertriticale | 82,4 | 5,6 | 331,8 | |
| | Sonstige Kulturen | 793,3 | 15,1 | . | |
| | Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 1471,8 | 100,0 | 140,3 | 15% |

| | | | | | |
|--|--|---------------|--------------|--------------|------------|
| Machland | Körnermais | 1798,2 | 25,9 | 172,7 | |
| | Grünland | 1293,6 | 18,6 | 103,5 | |
| | Winterweichweizen | 722,0 | 10,4 | 236,8 | |
| | Wintergerste | 852,1 | 12,3 | 215,1 | |
| | Sojabohne | 452,6 | 6,5 | 332,4 | |
| | Zuckerrübe | 278,7 | 4,0 | 170,4 | |
| | Silomais | 154,2 | 2,2 | 176,5 | |
| | Corn-Cob-Mix (CCM) (wie Mais) | 114,8 | 1,7 | 178,7 | |
| | Winterraps | 9,6 | 0,1 | 347,2 | |
| | Sonstige Kulturen | 1265,9 | 18,2 | . | |
| | Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 6941,7 | 100,0 | 184,6 | 22% |
| | Eferdinger Becken | Grünland | 1282,1 | 19,6 | 107,0 |
| Ein- und mehrkulturiges Feldgemüse | | 352,5 | 5,4 | . | |
| Körnermais | | 1838,5 | 28,1 | 193,3 | |
| Silomais | | 24,4 | 0,4 | 193,3 | |
| Winterweichweizen | | 940,9 | 14,4 | 249,7 | |
| Wintertriticale | | 13,6 | 0,2 | 304,8 | |
| Wintergerste | | 204,2 | 3,1 | 236,1 | |
| Sojabohne | | 403,8 | 6,2 | 552,0 | |
| Zuckerrübe | | 335,5 | 5,1 | 176,3 | |
| Speiseerdäpfel | | 99,4 | 1,5 | 219,4 | |
| Sonstige Kulturen | | 1049,8 | 16,0 | . | |
| Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | | 6544,7 | 100,0 | 211,7 | 25% |

3.5.6 Grundwasser-Neubildung der gesamten Untersuchungsgebiete

Die Grundwasserneubildungsrate ist wesentlich von der Landnutzung abhängig. Versiegelte Flächen weisen einen hohen Oberflächenabfluss auf, während Waldflächen eine erhöhte Evapotranspiration im Vergleich zu Acker- und Grünlandflächen haben. Die Untersuchungsgebiete Rainbach und Münzbach haben einen höheren Anteil an Waldflächen und einen niedrigeren Anteil an Siedlungsgebiet als das Machland und das Eferdinger Becken (Tabelle 13).

Tabelle 13: Übersicht der Landnutzung in den Untersuchungsgebieten (Datengrundlagen: Lebensministerium, 2011; ÖK50)

| Landnutzung | Rainbach | | Münzbach | |
|---|-----------------|---------------|--------------------------|---------------|
| | ha | % | ha | % |
| Landwirtschaft | 2885 | 58,5% | 1471,8 | 59,1% |
| Wald | 1431 | 29,0% | 754,5 | 30,3% |
| Siedlungsgebiet und sonstige urbane Flächen | 611,9 | 12,4% | 263,5 | 10,6% |
| Gesamtfläche | 4927,9 | 100,0% | 2489,8 | 100,0% |
| | Machland | | Eferdinger Becken | |

| | ha | % | ha | % |
|---|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Landwirtschaft | 6941,7 | 57,4% | 6544,7 | 49,4% |
| Wald | 1812,9 | 15,0% | 1613,6 | 12,2% |
| Siedlungsgebiet und sonstige urbane Flächen | 3344,2 | 27,6% | 5098 | 38,5% |
| Gesamtfläche | 12098,7 | 100,0% | 13256,3 | 100,0% |

Ausgehend von den Landnutzungsklassen und den Simulationsergebnissen der landwirtschaftlichen Wasserverbräuche wurden Bilanzen des Wasserhaushaltes für die Gesamtflächen der Untersuchungsgebiete erstellt.

Tabelle 14: Wasserhaushalt der Untersuchungsgebiete (Mittelwerte 1999 - 2011). Abkürzungen: P = Jahresniederschlag, ET= Evapotranspiration, RO = Oberirdischer Abfluss, A(u)= Unterirdischer Abfluss. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011; Gebel et al., 2012; Scheer, 2005)

| Gebiet | Fläche | P | ET | Abfluss ges. | Abfluss ges. | Abfluss ges. | A-Spende ges. | RO | A(u) | A(u) | A(u) | A(u) - Spende |
|--------------------------|-----------------|------------|------------|--------------|------------------------|--------------|---------------------|------------|------------|------------------------|------|---------------------|
| | km ² | mm | mm | mm | Mio. m ³ /a | l/s | l/s km ² | mm | mm | Mio. m ³ /a | l/s | l/s km ² |
| Rainbach | 49,5 | 796 | 633 | 163 | 8,0 | 256 | 5,2 | 57 | 106 | 5,2 | 166 | 3,4 |
| Münzbach | 24,9 | 911 | 719 | 192 | 4,8 | 152 | 6,1 | 71 | 121 | 3,0 | 96 | 3,8 |
| Machland | 121,0 | 824 | 561 | 263 | 31,8 | 1009 | 8,3 | 118 | 145 | 17,5 | 556 | 4,6 |
| Eferdinger Becken | 132,5 | 866 | 550 | 316 | 41,9 | 1327 | 10,0 | 170 | 146 | 19,3 | 613 | 4,6 |

In Tabelle 14 sind die Gebietsbilanzen für derzeitige Klimaverhältnisse dargestellt, Tabelle 15 zeigt die Gebietsbilanzen bei dem Klimawandelszenario +2°C und in Tabelle 16 sind die Gebietsbilanzen bei dem Klimawandelszenario +2°C mit einer Niederschlagsabnahme von -10% dargestellt. Bei gleichbleibendem Niederschlag und einer Erhöhung der Temperatur um 2°C nimmt die Evapotranspiration laut Modellberechnungen zu und somit der Gesamt-Abfluss ab. In Rainbach verringert sich die A(u)-Spende von 3,4 l/s km² auf 2,8 l/s km², in Münzbach von 3,8 l/s km² auf 3,3 l/s km², im Machland von 4,6 l/s km² auf 4 l/s km², und im Eferdinger Becken von 4,6 l/s km² auf 4,2 l/s km². Wenn der Niederschlag zusätzlich noch etwa 10% abnimmt, ergeben die Berechnungen, dass die Evapotranspiration und der unterirdische Abfluss geringer werden. In Rainbach verringert sich bei diesem Klimawandelszenario die A(u)-Spende auf 2,1 l/s km², in Münzbach auf 2,3 l/s km² und im Machland sowie im Eferdinger Becken auf 2,9 l/s km².

Tabelle 15: Wasserhaushalt der Untersuchungsgebiete bei Klimawandelszenario +2°C auf Berechnungsbasis der Jahre 1999 - 2011). Abkürzungen: P = Jahresniederschlag, ET= Evapotranspiration, RO = Oberirdischer Abfluss, A(u)= Unterirdischer Abfluss. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011; Gebel et al., 2012; Scheer, 2005)

| Gebiet | Fläche | P | ET | Abfluss ges. | Abfluss ges. | Abfluss ges. | A-Spende ges. | RO | A(u) | A(u) | A(u) | A(u) - Spende |
|--------|-----------------|----|----|--------------|------------------------|--------------|---------------------|----|------|------------------------|------|---------------------|
| | km ² | mm | mm | mm | Mio. m ³ /a | l/s | l/s km ² | mm | mm | Mio. m ³ /a | l/s | l/s km ² |

| | | | | | | | | | | <i>a</i> | | |
|--------------------------|-------|------------|------------|------------|------|------|-----|------------|------------|----------|-----|-----|
| Rainbach | 49,5 | 796 | 649 | 147 | 7,2 | 230 | 4,7 | 58 | 89 | 4,4 | 139 | 2,8 |
| Münzbach | 24,9 | 911 | 740 | 171 | 4,3 | 135 | 5,4 | 68 | 103 | 2,6 | 81 | 3,3 |
| Machland | 121,0 | 824 | 578 | 246 | 29,8 | 944 | 7,8 | 119 | 127 | 15,4 | 487 | 4,0 |
| Eferdinger Becken | 132,5 | 866 | 564 | 302 | 40,0 | 1270 | 9,6 | 170 | 132 | 17,5 | 556 | 4,2 |

Tabelle 16: Wasserhaushalt der Untersuchungsgebiete bei Klimawandelszenario +2°C, Niederschlagabnahme -10% auf Berechnungsbasis der Jahre 1999 - 2011). Abkürzungen: P = Jahresniederschlag, ET= Evapotranspiration, RO = Oberirdischer Abfluss, A(u)= Unterirdischer Abfluss. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011; Gebel et al., 2012; Scheer, 2005)

| Gebiet | Fläche | P | ET | Abfluss ges. | Abfluss ges. | Abfluss ges. | A-Spende ges. | RO | A(u) | A(u) | A(u) | A(u) - Spende |
|--------------------------|-----------------------|------------|------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|------------|-------------|-----------------------------|-------------|---------------------------|
| | <i>km²</i> | <i>mm</i> | <i>mm</i> | <i>mm</i> | <i>Mio. m³/a</i> | <i>l/s</i> | <i>l/s km²</i> | <i>mm</i> | <i>mm</i> | <i>Mio. m³/a</i> | <i>l/s</i> | <i>l/s km²</i> |
| Rainbach | 49,3 | 729 | 613 | 116 | 5,7 | 181 | 3,7 | 51 | 65 | 3,2 | 102 | 2,1 |
| Münzbach | 24,9 | 826 | 703 | 123 | 3,1 | 97 | 3,9 | 52 | 71 | 1,8 | 56 | 2,3 |
| Machland | 121,0 | 756 | 562 | 194 | 23,5 | 746 | 6,2 | 104 | 91 | 11,0 | 349 | 2,9 |
| Eferdinger Becken | 132,5 | 793 | 554 | 239 | 31,7 | 1004 | 7,6 | 149 | 91 | 12,0 | 381 | 2,9 |

In

Tabelle 17 sind die Ergebnisse der Berechnung der Grundwasser-Neubildungsrate in den Untersuchungsgebieten zusammengefasst. Runoff (RO) und der unterirdische Abfluss (A(u)), welcher weiter in Zwischenabfluss (A(ZW)) und Grundwasserabfluss (A(GW)) unterteilt wurde, sind jeweils in % des Gesamtniederschlages der Berechnungsperioden angegeben. Bei den Simulationen mit AquaCrop kann es in extremen Trockenjahren vorkommen, dass es in der Jahresbilanz keinen A(u) gibt. Wenn der Boden allerdings zu Beginn der Simulation mehr Wasser gespeichert hat als zum Simulationsende, wird im Modell diese Differenz von A(u) abgezogen. In der Realität kommt es allerdings zumindest im Frühling bei der Schneeschmelze zu Grundwasserneubildung. Die detaillierte Tabelle mit den Ergebnissen ist im Anhang zu finden (Tabelle 26).

Tabelle 17: Anteil oberflächlicher und unterirdischer Abflüsse an Jahresniederschlägen. Mittel und Schwankungsbreiten der Jahre 1999 – 2011 und für die Klimaszenarien Temperaturerhöhung +2°C und Temperaturerhöhung +2°C, Niederschlagabnahme -10% auf Basis der Jahre 1999 – 2011. Abkürzungen: A(GW) = Basisabfluss, A(u) = unterirdischer Abfluss, A(ZW) = Zwischenabfluss, P = Jahresniederschlag in Simulationsjahr, RO = Runoff. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011; Gebel et al., 2012; Scheer, 2005)

| Untersuchungsgebiet | | Mittelwert 1999 - 2011 | Schwankungsbreite 1999 - 2011 | Mittelwert Klimaszenario +2°C | Mittelwert Klimaszenario +2°C; -10% P |
|----------------------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Rainbach | P [mm] | 796 | 665 - 1037 | 796 | 729 |

| | | | | | |
|--------------------------|-----------------|------------|-------------------|------------|------------|
| | RO [% von P] | 7,2% | 12 - 36% | 7,2% | 7,0% |
| | A(u) [% von P] | 13,4% | bis 22% | 11,2% | 9,0% |
| | A(GW) [% von P] | 7,5% | bis 22% | 6,7% | 5,4% |
| | A(ZW) [% von P] | 5,9% | bis 6% | 4,5% | 3,5% |
| Münzbach | P [mm] | 911 | 504 - 1052 | 911 | 826 |
| | RO [% von P] | 7,8% | bis 30% | 7,4% | 6,3% |
| | A(u) [% von P] | 13,3% | bis 32% | 11,3% | 8,6% |
| | A(GW) [% von P] | 8,9% | bis 30% | 7,7% | 5,6% |
| | A(ZW) [% von P] | 4,4% | bis 14% | 3,7% | 3,0% |
| Machland | P [mm] | 824 | 786 - 1157 | 824 | 756 |
| | RO [% von P] | 14,4% | 4 - 24 % | 14,4% | 13,7% |
| | A(u) [% von P] | 17,5% | bis 26% | 15,4% | 12,0% |
| | A(GW) [% von P] | 12,9% | bis 23% | 11,6% | 9,0% |
| | A(ZW) [% von P] | 4,6% | bis 4% | 3,9% | 3,0% |
| Eferdinger Becken | P [mm] | 866 | 603 - 1152 | 866 | 793 |
| | RO [% von P] | 19,6% | 5 - 17% | 19,6% | 18,7% |
| | A(u) [% von P] | 16,9% | bis 25% | 15,3% | 11,4% |
| | A(GW) [% von P] | 11,6% | bis 19% | 8,6% | 9,0% |
| | A(ZW) [% von P] | 5,3% | bis 10% | 6,7% | 2,4% |

In dem Untersuchungsgebiet Rainbach wurde der Anteil des A(u) im Mittel auf 13% des Niederschlages geschätzt. Dabei schwankt dieser Wert in der Berechnungsperiode 1999 - 2011 in den einzelnen Jahren laut Berechnungen zwischen 0 - 25% des Niederschlages. Der Zwischenabfluss wurde im Mittel auf 6% geschätzt, wobei die Schwankung zwischen 0 - 10% lag. A(GW) betrug 7,5% bei einer Schwankung von 0 - 22%. Bei einer Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur um 2°C verringert sich der Mittlere A(u) von 13% auf 11% des Jahresniederschlages. Entsprechend verringert sich der Anteil des A(GW) bei diesem Klimawandelszenario um einen Prozentpunkt.

Da die Untersuchungsgebiete Münzbach und Rainbach vergleichbare Strukturen hinsichtlich der Kulturartenverteilung in der Landwirtschaft (Tabelle 5) und der Landnutzung (Tabelle 13) haben, sind die Grundwasser-Neubildungsraten ausgedrückt in % vom Jahresniederschlag in Münzbach ähnlich den Werten in Rainbach. Absolut sind jedoch die Werte in Münzbach deutlich höher, da Münzbach im Mittel etwa 140 mm mehr Niederschlag im Jahr als Rainbach hat. So beträgt in Münzbach im Mittel A(GW) 82 mm und in Rainbach 60mm. Bei einer Temperaturerhöhung um 2°C wird eine Verringerung des A(GW) auf 70 mm in Münzbach und auf 53 mm in Rainbach prognostiziert.

Im Eferdinger Becken und im Machland entfallen im Mittel jeweils etwa 17% des Niederschlages auf den A(u), wovon 12-13% dem A(GW) und 5% dem A(ZW) zugeordnet wurden. Die Schwankungsbreite des A(u) liegt in den untersuchten Jahren im Eferdinger Becken laut Berechnungen zwischen 0 - 22% und im Machland zwischen 0 - 32%. Während sich der Anteil des A(GW) am Niederschlag im Eferdinger Becken bei dem Klimawandelszenario +2°C von 12% auf 9% verringert, verändert sich A(GW) im Machland laut Berechnungen von 13% auf 12%. In absoluten Werten sind das im Mittel im Machland 95mm statt 107mm und im Eferdinger Becken 75 mm statt 100 mm.

Auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen entfallen in Rainbach und Münzbach aufgrund des größeren Anteils an Grünland ungefähr 18% des Niederschlages auf A(u), während der A(u) im Eferdinger

Becken und im Machland den landwirtschaftlich genutzten Flächen rund ein Viertel des Niederschlages beträgt (Tabelle 11). Durch den vergleichsweise großen Anteil an versiegelter Fläche ist der Anteil des Oberflächenabflusses (RO) am Niederschlag in den Untersuchungsgebieten Eferdinger Becken (20%) und Machland (14%) höher als in Rainbach (7%) und Münzbach (8%).

3.6 AP 6 – Auswirkungen der Prognosen auf den IST-Zustand

Die Outputs von Klimamodellen weisen bei zukünftigen Klimaszenarien je nach meteorologischem Parameter sehr unterschiedliche Unschärfe auf: während die Fortsetzung des bereits beobachteten Temperatur-Anstiegs von vielen verschiedenen Klimamodellen mit großer Übereinstimmung vorhergesagt wird, sind die Aussagen für die regionale Entwicklung von Wind, Wolken und Niederschlag in Mitteleuropa wesentlich unsicherer. Dies hängt mit der geographischen Lage Österreichs zusammen: eine Niederschlagserhöhung in Nordeuropa und eine weitere Austrocknung in Südeuropa werden als sehr wahrscheinlich angesehen, aber für die Region dazwischen, welche Oberösterreich beinhaltet, liefern die Klimamodelle variierende Aussagen. Aus diesem Grund werden Niederschlags-Szenarien für die nächsten Jahrzehnte meist sehr vorsichtig mit entweder keiner oder nur geringen Abnahmen (bis 10 %) angesetzt. Angesichts von natürlichen Niederschlagsschwankungen, in denen von einem Jahr zum nächsten eine um 100 % höhere oder 50 % niedrigere Jahresniederschlagssumme auftreten kann, werden solche geringen klimawandel-bedingten Veränderungen erst bei Vorliegen von sehr langen Zeitreihen (>30 Jahre) fassbar.

Die Datenerfassungen und Modellrechnungen der Arbeitspakete 1-5 haben gezeigt, dass der Wasserbedarf der Evapotranspiration von Pflanzenbeständen deutlich über dem öffentlichen Wasserverbrauch liegt. Die Verfügbarkeit von Niederschlagswasser für die Grundwasserbildung hängt stark vom Wasserverbrauch des Pflanzenbestandes und der Infiltrierbarkeit in den Boden ab, sodass Situationen mit kritisch niedrigen Grundwasserbildungsraten primär durch das Management von Boden und Pflanzenbeständen und erst sekundär durch Maßnahmen im öffentlichen Wasserverbrauch entschärft werden kann.

Bei veränderten Klimaszenarien zeigen die Szenarien-Outputs des verwendeten Pflanzenwasserhaushalts-Modells AquaCrop, dass die Evapotranspiration relativ lange auf fast unverändertem Niveau bleibt. Dies ist dadurch bedingt, dass bei erhöhter Temperatur insbesondere der Anteil der Evaporation des Bodens ansteigt, während der Transpirationsanteil durch Regelung der Stomata (bei geringer Luftfeuchtigkeit, über-optimalen Temperaturen, aber auch durch den zukünftig erhöhten CO₂-Gehalt der Atmosphäre) etwas reduziert werden kann. Daher ist bei einer Temperaturerhöhung um 2 °C bei gleichbleibendem Niederschlag nur mit Evapotranspirationserhöhungen von bis zu 5 % zu rechnen. Geht gleichzeitig auch der Niederschlag um 10 % zurück, wirkt sich die Reduktion der stomatären Leitfähigkeit stärker aus, sodass die gesamte Evapotranspiration um bis zu 5 % sinkt. Diese geringen Änderungen bei den Wasserverlusten an die Atmosphäre stehen im Gegensatz zu einer deutlicheren Verminderung des Dargebots für den unterirdischen Abfluss bzw. die Grundwasserneubildung. Im Mühlviertel würde dieser Anteil von 13 auf 9 % des Niederschlages sinken (beim extremsten der gerechneten Szenarien: +2 °C und -10 % Niederschlag), während im Machland und Eferdinger Becken die Abnahmen 18 bzw. 17 auf 12 bzw. 11 % des Niederschlages ausmachen. In Absolutzahlen würde dies bedeuten, dass

- bei den Mühlviertel-Gemeinden Rainbach und Münzbach der unterirdische Abfluss von 160-190 auf 145-170 (Szenario +2 °C, 0 % Niederschlagsveränderung) und 115 bis 125 mm/a (Szenario +2 °C, -10 % Niederschlag) zurückgehen würde,
- im Machland der unterirdische Abfluss sich von 263 auf 246 und 194 mm/a verändern könnte,
- im Eferdinger Becken diese Raten bei den verschiedenen Szenarien 316, 302 und 239 mm/a betragen würden.

Beim Eintreffen dieser Szenarien wäre daher im Mühlviertel mit einer Reduktion des unterirdischen Abflusses auf 64-71 % im Vergleich zum aktuellen Referenzszenario, im Machland auf 74 % und im Eferdinger Becken auf 76 % zu rechnen.

Diese Berechnungen zeigen, dass die zu erwartenden Klimaentwicklungen auf den Wasserhaushalt der Untersuchungsgebiete signifikanten Einfluss nehmen werden. Allerdings gehen die Änderungen von einem so hohen positiven Niveau der Wasserbilanz aus, dass im Lauf des 21. Jahrhunderts noch nicht mit regionalen Engpässen und langfristig negativer Wasserbilanz zu rechnen ist. Allerdings kann durchaus in einzelnen Jahren oder über einzelne Vegetationsperioden hinweg eine negative Bilanz auftreten, wenn die derzeitigen durchschnittlichen Jahresniederschlagssummen von >700 mm deutlich unterschritten werden, gekoppelt mit den von den Klimamodellen prognostizierten Temperaturerhöhungen. Diese Gefahr ist in den trockeneren Gebieten des Mühlviertels etwas höher als im Machland und Eferdinger Becken. Zur Erleichterung der in solchen Extremjahren zu erwartenden Wasserknappheiten ist daher eine Reflexion der Umsetzbarkeit jener Maßnahmen zu empfehlen, die in Arbeitspaket 7 vorgeschlagen werden.

4.SCHLUSSFOLGERUNGEN

AP 7 – Maßnahmen zur Vermeidung der Übernutzung der regionalen Wasserressourcen

Möglichkeiten für landwirtschaftliche Anpassungsmaßnahmen zur Verminderung der Nutzungskonkurrenz von Wasserressourcen

Änderung der Fruchtfolgen

Unterschiedliche Kulturarten unterscheiden sich nicht nur in ihrem Nährstoffbedarf, sondern verbrauchen auch unterschiedliche Wassermengen für ihre Ertragsbildung. In Tabelle 18 sind durchschnittliche Gesamtwasserverbräuche für Kulturpflanzen bei mittlerem Ertragsniveau zusammengestellt, welche vor allem die Unterschiede zwischen Winter- und Sommerkulturen sowie zwischen Feldfrüchten und Gemüsen zeigt.

Tabelle 18: Wasserverbrauch ausgewählter Kulturpflanzen bei mittlerem Ertragsniveau (nach Eitzinger et al., 2009)

| Kulturart | Gesamtwasserverbrauch der Pflanzenbestände pro Wachstumsperiode (in mm) |
|--------------|---|
| Winterweizen | 460 |
| Wintergerste | 400 |
| Winterroggen | 350 |
| Sommergerste | 300 |
| Mais | 530 |
| Kartoffel | 450 |
| Zuckerrübe | 480 |
| Winterraps | 480 |
| Luzerne | 700 |
| Buschbohne | 250 |
| Weißkohl | 300 |
| Gurke | 290 |
| Zwiebel | 350 |

Die Übersicht zeigt, dass zusätzlich zu den artspezifischen Verbräuchen, die sich aus Blattfläche, Blattlebensdauer und Transpirationsrate ergeben, die Länge der Wachstumsperiode wesentlichen Einfluss auf den Wasserverbrauch nimmt. Aus diesem Grund können auch die Sortenwahl und der Anbauzeitpunkt Einfluss auf den Wasserverbrauch während der Vegetationsperiode nehmen. Die Übersicht zeigt, dass eine Fruchtfolge, die den Maisanteil von 50 % zugunsten anderer Getreidearten auf 25 % reduziert, den Wasserverbrauch insgesamt um 5-10 % reduzieren kann. Es kann trotz der Beispiele in der Tabelle nicht generell von einem geringeren Wasserbedarf von Feldgemüse ausgegangen werden –

der Anbau von Tomaten und Paprika ist als relativ wasserintensiv anzusehen, da z.B. die Produktion von 1 kg Feldtomate etwa 40 l Wasser erfordert. Allerdings setzen alternative Produktionsformen vermehrt auf eine Tomatenkultivierung unter kontrolliertem leichtem Trockenstress.

Adaptierte Sortenwahl – Züchtung auf höhere Trockenresistenz und Wassernutzungseffizienz

Die Genpools der Kulturpflanzenarten weisen generell eine ausreichend hohe Variabilität auf, um für unterschiedlich gut wasserversorgte Böden Wahlmöglichkeiten für einen optimal standortangepassten Genotyp zu eröffnen oder in Zuchtprogrammen Kreuzungspartner zu selektieren. Zu beachten ist eine wechselseitige Beziehung der Parameter Ertragspotential, Trockenheitsresistenz und Wassernutzungseffizienz. Ein hohes Ertragspotential ist zwar oft Züchtungsziel, jedoch nicht kompatibel mit dem Wunsch nach ausgeprägter Trockenheitsresistenz. Reduzierte Wassernutzung, welche zu erhöhter Wassernutzungseffizienz führt, wird durch Sorteneigenschaften und Umweltreaktionen erzielt, die oft zu vermindertem Ertragspotential führen. In wasserlimitierten Umgebungen besteht die Notwendigkeit, die Pflanzenwassernutzung mit der begrenzten Bodenwasser-Reserve im Gleichgewicht zu halten. In Trockensituationen ohne Bewässerung und mit unregelmäßigen Niederschlagsereignissen ist die Maximierung der Bodenwassernutzung zwar eine essentielle Komponente der Trockenresistenz, bedeutet aber auch eine geringere Wassernutzungseffizienz.

Diese Beispiele zeigen, dass die Bewertung einer Sorte mit einer bestimmten Eigenschaft der Trockenheitsanpassung immer im Gesamtkontext von Ertragspotential, Trockenresistenz und Wassernutzungseffizienz gesehen werden muss (Blum, 2005). Zu solchen Eigenschaften gehören:

- Entwässerungsvermeidung (Erhalt der Zellhydrierung z.B. durch Verdunstungsvermeidung auf den Blättern oder entsprechende Stomata-Steuerung)
- verbessertes Aufnahmevermögen von Bodenwasser (z.B. durch längere, schneller wachsende oder stärker verzweigte Wurzelsysteme)
- reduzierte Wassernutzung (z.B. durch kleinere Pflanzengröße, kleinere Blätter, niedrigeren Blattflächenindex, reduzierte Bestockung, früheres Erreichen der generativen Phase, Abwurf von Blättern, Erhöhung der Blatt-Albedo)
- osmotische Anpassung (vermehrte Einlagerung osmotisch aktiver Substanzen bzw. Ionen, resultierend in höheren relativen Blattwassergehalten bei niedrigem Blattwasserpotential)
- Entwässerungstoleranz (Assimilatverlagerungsvermögen unter Trockenstressbedingungen)

Letztlich darf nicht vergessen werden, dass die Wassernutzungseffizienz (WUE) ein Verhältnis zwischen 2 physiologischen (Transpiration und Photosynthese) oder agronomischen (Ertrag und Pflanzen-Wasserverbrauch) Größen darstellt. Als Verhältniszahl kann die WUE leicht zu Fehlinterpretationen führen, wenn die Dynamik der Veränderungen im Zähler und Nenner des Verhältnisses nicht vollständig bekannt sind (Blum, 2005). Jedenfalls kann als gut abgesichert angenommen werden, dass Sorten mit hoher WUE unter Trockenstressbedingungen zu höherer Produktivität imstande sind. Wird als Anpassungsmaßnahme darauf gesetzt, solche Sorten bevorzugt anzubauen, muss dem Landwirt bewusst sein, dass in einem Jahr mit guter Wasserversorgung andere Sorten mit niedrigerer WUE Ertragsvorteile erzielen können.

In Österreich bildet die von der AGES jährlich herausgegebene Österreichische Beschreibende Sortenliste die Grundlage für die Sortenwahl bei Feldkulturen und im Grünland. Von der Entwicklung einer Sorte bis zu ihrer Markteinführung ist mit einer Zeitspanne von 8-13 Jahren zu rechnen. Daher ist selbst bei akutem Bedarf nicht mit einer raschen Verfügbarkeit von neuen Sorten mit geringerem Wasserbedarf zu rechnen, welche speziell für die Anpassung an den Klimawandel gezüchtet worden sind, da in der mitteleuropäischen Züchtungsforschung solche Charaktere noch nicht im Vordergrund stehen.

Erhöhung des Boden-Humusgehalts

Die Feldkapazität des Bodens (die Wassermenge, die ein Boden gegen die Gravitation zurückhalten kann), wird wesentlich vom Porenvolumen, der Porenzusammensetzung und dem Humusgehalt be-

stimmt. Humus kann das 3- bis 5-fache seines Eigengewichts an Wasser aufnehmen und trägt somit wesentlich zum Wasserspeicher-Vermögen des Bodens bei. Ein hoher Humusgehalt fördert die Bildung von Aggregaten (stabilen Krümeln), zwischen denen sich ein Porensystem ausbildet, das auch bei hohen Niederschlagsintensitäten nicht verschlämmt. Grobporen über 0,05 mm Durchmesser dienen vor allem der Aufnahme von Regenwasser und der Weiterleitung in tiefere Schichten, während die mittleren und feinen Poren das Wasser speichern. Dadurch kann ein humusreicher Boden mehr Wasser aufnehmen und speichern und während Trockenperioden die Pflanzen besser versorgen.

Durch den hohen C-Gehalt von Humus (Richtwert 58 %) spielt Humus eine wichtige Rolle beim Entzug von CO₂ aus der Atmosphäre, sodass eine humusfördernde Bodenbewirtschaftung unter die Klimawandel-Mitigationsmaßnahmen fällt. Der Humusgehalt schwankt in Abhängigkeit von Klima, Bodenfeuchte, Bodennutzung, Bodenhorizont, Bodenbearbeitungsintensität und Pflanzendecke bei Ackerböden in einem Bereich von 1 - 4 % (bei Grünlandböden: 4 - 15 %). Der Humusgehalt von Böden wird indirekt über den C_{org}-Gehalt des Bodens mit dem Multiplikationsfaktor 1,72 bzw. ÖNORM L 1080 bestimmt.

Als Minimalgehalt von Humus wird bei leichten Ackerböden 2 %, bei mittleren 2,5 und bei schweren Böden 3 % angegeben. Grünlandböden sollten >4,5 % Humus aufweisen. Laut Landwirtschaftskammer liegen 3,6 % der Ackerflächen in Oberösterreich unter dem Mindestgehalt von 2 % Humus, wobei dieser Anteil im Mühlviertel größer (5,7 %) als im Alpenvorland (2,5 %) ist. Der Median der Ackerflächen-Humusgehalte liegt bei knapp 3 %. Veränderungen der Humusgehalte sind generell als sehr langfristige Unterfangen zu betrachten – sowohl im Fall von Zu- als auch Abnahmen. Langfristige Fördermaßnahmen humusschonender Bewirtschaftungsverfahren im Rahmen von ÖPUL haben seit den 1990er-Jahren zu Zunahmen um durchschnittlich 0,2 - 0,3 % Humus geführt. Durch Bodenbearbeitungsintensität, Zwischenbegrünung und Kulturpflanzenwahl hat ein Landwirt gewisse Möglichkeiten, Humusbilanzen positiv oder negativ zu gestalten. Als ausgewogen wird eine Humusbilanz von -75 bis +100 kg Humus-C/ha betrachtet. Durch Langzeitversuche der AGES wurden folgende durchschnittliche Humusveränderungen in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsmaßnahmen ermittelt (Tabelle 19):

Tabelle 19: Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Humusveränderungen in Ackerböden (Datenbasis: AGES)

| Landwirtschaftlichen Maßnahme | Humus-C-Veränderungen pro Jahr (in kg C/ha) in 0-25/30 cm Bodentiefe | Veränderungen des Humusgehalts in 10 Jahren (in %) in 0-25/30 cm Bodentiefe |
|--|--|---|
| Einarbeitung von Ernterückständen | +200 | +0,10 |
| Zusätzliche Stallmistdüngung | +267 | +0,13 |
| Minimalbodenbearbeitung (Frässaat) | +372 | +0,15 |
| Kompostanwendung (entsprechend 175 kg N/ha.yr) | +620 bis +1400 | +0,30 bis +0,69 |
| Beregnung | -114 | -0,06 |

Der Überblick zeigt, dass eine regelmäßige Kompostanwendung die wirkungsvollste Methode zur Anhebung des Humusgehalts ist. Allerdings muss standortspezifisch auf die Gefahr von Stickstoff-Verlusten durch Mineralisierung und sowie generell auf die Einhaltung der Kompost-Verordnung und auf die Einhaltung der maximalen Ausbringungsmengen (max. 8 t TM/ha und Jahr im Durchschnitt von 5 Jahren) geachtet werden (Baumgarten et al., 2010).

Für die Berechnung der Humusbilanz in Abhängigkeit von der Fruchtfolge stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, welche jedoch nicht immer mit den gleichen Faktoren rechnen und deren Einsatz in Bilanzierungsmodellen daher nur schwer darstellbar ist. Als Beispiel werden einige Faktoren der VDLUFA-Bilanzierungsmethode in Tabelle 20 gelistet. Die Beispiele zeigen, dass verschiedene Kulturen

in Humuszehrer und Humusmehrer einzuteilen sind und die Bodenbegrünung sowie die Zufuhr organischen Materials wesentliche Stützen einer positiven Humusbilanz sind.

Tabelle 20: Auswirkungen der Kulturart auf Veränderungen des Bodenhumus (nach: VDLUFA)

| Kulturart / Maßnahme | Humus-C-Veränderungen pro Jahr (in kg C/ha) in 0-25/30 cm Bodentiefe |
|--|--|
| Silomais, Körnermais | -560 bis -800 |
| Zuckerrübe | -760 bis -1300 |
| Rübenblatt | +16 (bei 20 % TM) |
| Winterweizen, Wintergerste, Raps | -280 bis -400 |
| Feldfutter, Ackergras, Klee, Luzerne, Klee | +600 bis +800 |
| Körnerleguminosen | +160 bis +240 |
| Winterzwischenfrucht | +120 bis +160 |
| Sommerzwischenfrucht | +80 bis +120 |
| Untersaaten | +200 bis +300 |
| Senf, Phacelie, Ölrettich, Wicke, Platterbse | +80 bis +120 + (+40 bis +200 pro t FM) |
| Belassung der Ernterückstände | +80 bis +110 pro t Stroh |
| 1 t Kompost | +46 bis +62 |
| 1 t Gülle | +4 bis +6 |
| 1 t Rindermist | +28 bis +34 (bei 20-25 % TM) |

Die Bedeutung der Humusanreicherung für den Bodenwasserhaushalt ist nicht zu vernachlässigen: in Versuchen von Foley und Cooperband (2002) bewirkte eine Zufuhr von 78 t Kompost-TM (verteilt auf 2 Jahre) eine Erhöhung des pflanzenverfügbaren Wasseranteils um 15-45 % und eine Reduktion der Bewässerungs-Erfordernis um 4-30 %. Somit bewirkt eine Erhöhung des Humusgehalts nicht nur eine Verbesserung der Bodenstruktur und Bodenfruchtbarkeit, sondern erhöht auch die Wassernutzungseffizienz.

Verminderung der Wasserverluste durch Erosionsschutzmaßnahmen

Starkniederschläge können zu erhöhten Verlust des Feinboden-Anteils führen, was für den Landwirt Verlust von Pflanzennährstoffen und (falls angewendet) Bodenherbiziden, Reduktion der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens und Kontamination der nächstliegenden Gewässer bedeutet. Dieser Gefahr kann durch Beachtung der horizontalen Höhenschichtlinien bei der Bodenbearbeitung und Anlage des Pflanzenbestandes, durch fallweise Anlage von Terrassen bei steileren Hängen, durch Anlage von Auffanggräben oder -rinnen innerhalb von Feldern, durch Begrünung zwischen den Pflanzreihen (insbesondere bei mehrjährigen Kulturen), Aufbringung von Mulchdecken sowie durch Einrichtung von Pufferstreifen begleitend zu Gewässern begegnet werden.

Reduktion der Bodenversiegelung und Ermöglichung von Infiltration

Die hohen Raten des Bodenverlusts in Österreich (15 ha/Tag durch Bautätigkeiten), der vor allem die produktivsten Agrarflächen in den Tälern reduziert, bedeuten auch eine Reduktion der Infiltrationsmöglichkeit der natürlichen Niederschläge, welche für die Grundwasser-Neubildung unerlässlich ist. Gemeinden, welche sich bemühen, bei der Widmung von Siedlungs- und Industrieflächen möglichst flächennutzungs-effizient zu planen und das Potential der Niederschlags-Infiltration möglichst wenig zu reduzieren, werden mit geringeren Abflussmengen bei Extrem-Niederschlägen und höheren Grundwasser-Neubildungsraten belohnt.

Mulchdecken

Wenn eine Bodenoberfläche nicht begrünt wird (z.B. um die Wasserverdunstung einer Gründecke einzusparen), reduziert eine Mulchdecke (z.B. aus Pflanzenresten der Vorfrucht, Stroh, Grünschnitt, Laub, Grasschnitt Rinden; fallweise auch mit Gesteinsmehl oder Kies versetzt) die Oberflächenverdunstung unter mitteleuropäischen Klimabedingungen um bis zu 60 mm. Im Fall des Rindenmulchs ist allerdings auf die Notwendigkeit einer Stickstoff-Ausgleichsdüngung zu achten. Bei Obstanlagen können sich Nagetiere unter Grasmulch wohl fühlen. In Anbausystemen mit Mulch kann mit geeigneten Direktsaatgeräten ein besonders bodenschonendes Produktionssystem aufgebaut werden, das wegen der minimalen Störung der Bodenstruktur eine Erhöhung des Humusgehalts und damit auch der Wasserspeicherkapazität bewirkt.

Pflanzung von Windschutzhecken

In Gebieten mit flacher Topografie treten oft höhere Windgeschwindigkeiten als in stark gegliederten Gebieten auf, woraus höhere Verdunstungsraten und höhere Winderosion resultieren können. Werden Windschutzhecken angepflanzt, wird das Lokalklima ausgeglichener und extreme Witterungsereignisse in ihrer Wirkung abgeschwächt (z.B. weniger Wasser-Erosion bei Starkniederschlägen, weniger Wind-Erosion bei trockenem Boden und Sturm). Geringere Verdunstungsverluste schonen den Bodenwasservorrat und senken so den Bewässerungsbedarf bzw. können eine bessere Ausnutzung des standortspezifischen Ertragspotentials ermöglichen. Zusätzliche Schnee-Ablagerungen im Lee von Windschutzhecken verbessern den lokalen Wasserhaushalt, was in trockenen Jahren insbesondere auf trockenen Böden Vorteile für die Pflanzenproduktion bringt.

Zu beachten ist die Möglichkeit, dass sich das gemäßigte, feuchtere Lokalklima aber auch in geringeren Grundwasser-Neubildungsraten auswirken kann. Hecken bzw. Waldflächen können je nach Baumbestand höheren Wasserverbrauch als Acker- oder Grünland aufweisen.

Eine Erhöhung des Flächenanteils von Hecken kann örtlich zu einer Erhöhung der organischen Kohlenstoff-Speicherung im Boden führen. Die zusätzliche Einbringung erhöht durch Eintrag von Laub oder Wurzelmasse den Boden-Humusgehalt, was wiederum das Wasserspeichervermögen des Bodens positiv beeinflusst und die Treibhausgasemissionen verringert.

Verringerung des Viehbestands

Die Produktion tierischer Lebensmittel ist wesentlich wasserintensiver als die Produktion von pflanzlichen Lebensmitteln. Beim Konzept des Wasserfußabdrucks ist sowohl der direkte als auch indirekte Wasserverbrauch zur Erzeugung eines Produktes enthalten. Dieses Konzept wurde bereits auf eine große Vielfalt von Lebensmitteln und mit Berücksichtigung regionaler Produktionsbedingungen angewendet. Ein Vergleich zeigt auf, dass bei ähnlichen klimatischen Bedingungen der Wasserbedarf für die Fleischproduktion um den Faktor 5-10 höher als für pflanzliche Lebensmittel ist (Hoekstra, 2008).

Tabelle 21: Wasserfußabdruck von ausgewählten Lebensmitteln (nach Hoekstra, 2008)

| Lebensmittel | Wasserfußabdruck in l pro kg |
|-----------------|------------------------------|
| Kartoffeln | 30 |
| Tomaten | 40 |
| Milch | 200 |
| Mais | 900 |
| Weizen | 1300 |
| Schweinefleisch | 4500 |
| Rindfleisch | 15455 |

Im Durchschnitt muss ein Landwirtschaftsbetrieb bei 1 Großvieheinheit (GVE) mit einem Wasserverbrauch von 52 l/Tag rechnen; bei einer Schwemm-Entmistung kommen noch 8-15 l/Tag hinzu. Bei

Weidehaltung ist mit einem Wasserbedarf von 100-180 l pro Tier für Mutter- und Milchkühe zu rechnen. Andernfalls können Gesundheit, Leistung und Futterverzehr beeinträchtigt werden. In Gebieten mit Problemen in der Wasserversorgung kann sich daher die Situation für die Landwirtschaft verbessern, wenn als Anpassungsmaßnahme Viehbestände reduziert oder der Fokus eines Betriebes auf die Pflanzenproduktion verschoben wird.

Ersatz von Überkopfberegnungs- durch Tropfbewässerungsanlagen

Tropfbewässerungssysteme sind etwa 20-25 % effizienter in der Wasserverteilung als Überkopfberegnungssysteme. Während bei Überkopfberegnung durch Verdampfungsverluste in der Luft und durch ungenaue räumliche Verteilung nur 65-75 % des Wassers pflanzenwirksam wird, sind es bei Tropfbewässerungsanlagen durch die wurzelnähere Ausbringung 90-95 %. Unterflurbewässerungssysteme beruhen auf dem gleichen Prinzip wie Tropfbewässerungssysteme, bringen aber das Wasser noch direkter an das Wurzelsystem der Pflanzen heran. Durch die Benetzung nur jenes Teils des Bodens, in dem die Pflanze wurzelt, können Teile der Pflanzenreihe trocken bleiben und dort daher die Beikrautentwicklung reduziert werden. Sonstige Vor- und Nachteile von Tropfbewässerungsanlagen können wie folgt zusammengefasst werden:

| Tropfbewässerungsanlagen | |
|---|--|
| Vorteile | Nachteile |
| <ul style="list-style-type: none"> • Geringerer Nährstoffverlust durch lokalisierte Anwendung und geringere Auswaschung • Für alle Hangneigungen und (auch unregelmäßige) Schlagformen geeignet • Für einen weiten Bereich von Bodentypen geeignet • Hohe Effizienz der Wasseranwendung – besonders bei Wassermangel wichtig • Rezykliertes Wasser kann verwendet werden • Geringere Bodenerosion • Geringere Beikrautförderung • Gleichmäßige Wasserverteilung, Feldkapazität im Wurzelbereich kann erhalten werden • Variabler Bedarf kann durch Einstellmöglichkeit der Tropf-Intensität berücksichtigt werden • Geringerer Arbeitsaufwand • Kopplung mit Nährstoffversorgung durch die Bewässerung möglich. • Nicht-Benetzung der Blätter ist wichtig zur Reduktion von Pilzinfektionen • Geringerer Arbeitsdruck bedeutet geringere | <ul style="list-style-type: none"> • Höhere Anschaffungskosten als bei Überkopfberegnungs-Systemen • UV-Strahlung im Freiland verkürzt die Lebensdauer der Kunststoffleitungen • Nagetiere können Tropferschläuche beschädigen • Verstopfungsgefahr der Tropfer bei unzureichend aufbereitetem Wasser • Keine Möglichkeit der Ausbringung von Kontaktherbiziden oder Kopfdüngung • Aufwändiges Einholen der Tropferschläuche am Ende der Bewässerungssaison • Korrekte Installation erforderlich, um Verluste zu vermeiden • Nicht geeignet zur Keimungsförderung nach Anbau und zur großflächigen Bodenbefeuchtung • Durch Vermeidung von Überschussbewässerung: bei problematischen Wasserqualitäten lokal Gefahr von Bodenversalzung |

| | |
|-------------------------------|--|
| Energiekosten der Ausbringung | |
|-------------------------------|--|

Exakte Bewässerungssteuerung

Zu hohe Bewässerungsmengen kosten Energie, Wasser, schwemmen Nährstoffe aus und verschlämmen den Boden. Bewässerung sollte daher möglichst bedarfsangepasst erfolgen und darauf Rücksicht nehmen, ob bestimmte Teile eines Schlags durch Unterschiede in der Bodenwasserspeicherfähigkeit oder im Wachstum der Pflanzen variierenden Wasserbedarf haben. Wenngleich die Sensortechnologie breite Möglichkeiten zur tiefenvariablen Bestimmung der aktuellen Bodenfeuchtigkeit bietet, so kann auch durch Pflanzenbeobachtung oder die Messung relevanter Parameter des Pflanzenwasserhaushalts der tatsächliche Bewässerungsbedarf festgestellt werden. Durch Berücksichtigung standardisierter Leitlinien, wie sie z.B. im ÖWAV-Arbeitsbehelf 11 (2003) oder im BMLFUW-Bericht von wpa (2010) dargestellt sind, wird der sachgerechte und ressourcenschonende Einsatz des Betriebsmittels Wasser in der Pflanzenproduktion erleichtert.

Verzicht auf Bewässerung

Bewässerung erhöht die Ertragssicherheit, da stressbedingte Wachstumsreduktionen durch anhaltende Trockenperioden vermieden werden. Unbewässerte Pflanzenkulturen haben in feuchten Jahren ähnliche Erträge wie bewässerte, da keine Wachstumspausen während der Vegetationsperiode die Ertragsbildung beeinträchtigen. In trockenen Jahren kann aber der Ertrag je nach Kultur bis zum Totalausfall zurückgehen, wenn die produzierte Ware nicht den Markt-Qualitätskriterien entspricht. Ein Verzicht auf Bewässerung erhöht daher besonders für Betriebe mit Frischvermarktung von Gemüse das Produktionsrisiko. Allerdings kann durch Alternativen in der Vermarktungs- und Verarbeitungsschiene das Risiko des Totalausfalls verringert werden, falls auf Bewässerung verzichtet worden ist. Auf Grund der Erfahrungen im Eferdinger Becken werden etwa die in Tabelle 22 angegebenen Bewässerungsmengen bei verschiedenen Produktionsformen appliziert, sodass bei akutem Wassermangel der Vorteil der Einsparung dieser Wassermengen gegen die Notwendigkeit der Risikominimierung durch alternative Produktionsformen oder eine andere Kulturart abgewogen werden muss.

Tabelle 22: Mittlere Bewässerungsmengen als langjährige Erfahrungswerte der WG Eferdinger Becken (wpa, 2010):

| Fruchtartengruppe | Bewässerungsmenge (mm) |
|---|------------------------|
| Erdbeeren | 30 |
| Erdbeeren + Feldgemüse | 100 |
| Feldgemüse | 60 |
| Einlegegurken | 60 |
| Frischmarkt-Feldgemüse | 60 |
| Frischmarkt-Feldgemüse (mehrere Ernten) | 120 |
| Feldgemüse zur Verarbeitung | 20 |
| Frühkartoffel | 40 |
| Frühkartoffel + Feldgemüse | 100 |
| Saatkartoffel | 20 |
| Speise-/Lebensmittelindustrie-Kartoffel | 20 |
| Wintergerste + Feldgemüse | 60 |
| Gemüse im Folientunnel | 400 |
| Tafelobst (Apfel, Birne) | 20 |

Leichter Trockenstress kann sich auf die Inhaltsstoffbildung bei Obst- und Gemüsearten positiv auswirken. Durch Verfahren wie „deficit irrigation“ und „partial rootzone drying“ werden die Vorteile des ge-

ringeren Wasserverbrauchs mit fallweise verbesserter Produktqualität und geringerem Auftreten von Pilzkrankheiten kombiniert.

Wasserwirtschaft

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht bzw. aus Sicht der Wasserressourcenbewirtschaftung scheint abgeleitet von den hochgerechneten Wasserverbräuchen (Tabelle 10), die Erzielung eines möglichst hohen Anschlussgrades sinnvoll und anzustreben. Dies würde vermutlich den Druck durch die vielen unkontrollierten Entnahmen auf den Grundwasserkörper reduzieren.

Gleichzeitig sind auf Grund der vorhandenen Infrastruktur Einsparungen kaum zu realisieren, die über den „natürlichen“ alterungsbedingten Austausch von wasserbrauchenden Geräten und Hygieneinstallationen hin zu wassersparenderen hinausgehen. Um das Verteilsystem in einem guten hygienischen Zustand zu halten, wäre bei weiterer Reduktion des Verbrauches etwa die gleiche Menge für die regelmäßige Spülung der Leitungen einzusetzen.

VERWENDETE LITERATUR

Baumgarten, A. et al.,(2010): Richtlinie für die Anwendung von Kompost aus biogenen Abfällen in der Landwirtschaft. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Wien, 2010.

Blum, A. (2005): Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Austral. J. Agric. Res.* 56: 1159-1168.

Cermak, P., Forstinger, J., Proksch, T., Strauch, M. & Zidek, R. (2007): Natur und Landschaft. Leitbilder für Oberösterreich. Raumeinheit Eferdinger Becken.

eBOD (2010): Digitale Bodenkarte Österreich. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,Naturgefahren und Landschaft. Verfügbar unter:
http://gis.lebensministerium.at/eBOD/frames/index.php?&gui_id=eBOD

Eder, G. (2012). Besprechung mit dem Amtsleiter der Gemeinde Alkoven. Mündliche Mitteilung am 25.04.2012.

Eitzinger, J. (2009): Klimawandel und die Konsequenzen für die Landwirtschaft in Oberösterreich. Pressekonzferenz 11.5.2009

Eitzinger, J., Kersebaum, K.C. & Formayer, H. (2009): Landwirtschaft im Klimawandel. *AgriMedia*,Clenze / D.

El Kateb, H., Zhang, H., Zhang, P. & Mosandl, R. (2013): Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: A field experiment in Southern Shaanxi Province, China. *Catena* 105: 1-10.

Foley, B.J. & Cooperband, L.R. (2002): Paper mill residuals and compost effects on soil carbon and physical properties. *J. Environ. Qual.* 31: 2086-2095

Gajbhiye, S. & Mishra, S. K. (2012): Application of NRSC-SCS curve number model in runoff estimation using RS & GIS, 346-352, IEEE.

Gebel, M., Halbfaß, S., Bürger, S. & Uhlig, M. (2012): Stoffbilanz.Modellerläuterung. *Gesellschaft für Angewandte Landschaftsforschung*.

Grass, V., Mair, E., Strauch, M. & Wrba, E. (2007): Natur und Landschaft. Leitbilder für Oberösterreich. Raumeinheit Machland.

Grillenberger, W. (2012). Besprechung mit dem Amtsleiter der Marktgemeinde Saxen. Mündliche Mitteilung am 02.05.2012.

Gruber, G. (2012). Besprechung mit dem Amtsleiter der Gemeinde Naarn im Machlande. Mündliche Mitteilung am 24.04.2012.

Haggard, B. E., Moore, P. A. & Brye, K. R. (2005): Effect of slope on runoff from a small variable slope box-plot. *Journal of Environmental Hydrology* 13.

Haude, W. (1955): Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise. *Mitteilungen Deutscher Wetterdienst*: 1-24.

Hiesböck, H. (2012). Besprechung mit der Amtsleiterin der Gemeinde Ried in der Riedmark. Mündliche Mitteilung am 24.04.2012.

HISTALP (2013). Historical Instrumental Climatological Surface Time Series of the Greater Alpine Region. Department of Climate Research. Central Institute for Meteorology and Geodynamics. Verfügbar unter: <http://www.zamg.ac.at/histalp/>

Hochetlinger, R. (2012). Besprechung einem Gemeinde-Mitarbeiter der Gemeinde Perg. Mündliche Mitteilung am 24.04.2012.

Hochgatterer, J. (2012). Besprechung mit dem Amtsleiter der Gemeinde Baumgartenberg. Mündliche Mitteilung am 02.05.2012.

Hoekstra, A.Y. (2008): The water footprint of food. In: Förare, J. (ed.): *Water for Food*. The Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning, Stockholm: 49-60.

Huang, M., Gallichand, J., Wang, Z. & Goulet, M. (2006): A modification to the Soil Conservation Service curve number method for steep slopes in the Loess Plateau of China. *Hydrological processes* 20: 579-589.

Kapfer, F. (2012). Besprechung einem Gemeinde-Mitarbeiter der Gemeinde Feldkirchen. Mündliche Mitteilung am 15.05.2012.

Kinner, P. (2012a). Besprechung der Gemeinde Münzbach. Mündliche Mitteilung am 15.03.2012.

Kinner, P. (2012b). Besprechung der Gemeinde Rainbach i.M.. Mündliche Mitteilung am 15.03.2012.

Klößing, B., Wessolek, G., Mey, S., Trinks, S. & Ferber, F. (2008): Bodenatlas Sachsen - Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Bodenwasserhaushalt. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.

Lebensministerium (2011): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW).

Loch, H.P. (2012). Besprechung mit dem Amtsleiter der Gemeinde Schwertberg. Mündliche Mitteilung am 24.04.2012.

Markart, G. (2004). Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft.

Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2010): The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products.

Neunteufel, R., Laurent, R. & Perfler, R. (2012): Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Auswertung empirischer Daten zum Wasserverbrauch. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

ÖVGW(2013): Nutzung. Der Gebrauch des Trinkwassers.-
<http://www.ovgw.at/wasser/themen/?uid:int=290> , Zugriff am 22.6.2013

ÖWAV-Arbeitsbehelf Nr. 11 (2003): Empfehlungen für Bewässerungswasser. 2. Auflage 2003.

Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C. & Ferres, E. (2011): *AquaCrop Version 3.1plus*. Reference Manual. FAO, Land and Water Division. Verfügbar unter:
<http://www.fao.org/nr/water/docs/aquacropv31pluschapter1.pdf>

Renger, M. & Wessolek, G. (1990): Auswirkungen von Grundwasserabsenkung und Nutzungsänderung auf die Grundwasser-Neubildung. *Mitteilungen - Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München*:295-307.

Schatz, G. (2012). Besprechung mit dem Amtsleiter der Marktgemeinde Mitterkirchen im Machland. Mündliche Mitteilung am 02.05.2012.

Scheer, C. (2005): Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge. Vergleichende Bewertung mesoskaliger Modelle. Universität Hannover, Hannover. Dissertation.

Schöfcker, M. (2010): Regionale Bevölkerungsprognose 2009 bis 2050. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung. Abteilung Statistik, Linz.

SCS (1973). A method for estimating volume and rate of runoff in small watersheds. *Technical Paper* 149.

Spendlingwimmer, R., Jung, M., Plank, O., Klingseisen, B. & Heiß, G. (2007): Trinkwasserprospektion zur Wasserversorgung von Rainbach i.M. 2006/2007 - Phase 1., pp. 1-33.

Starzer, C. (2012). Besprechung mit dem Geschäftsführer des Wasserverbands Gruppenwasserversorgung Perg und Umgebung. Mündliche Mitteilung am 02.05.2012.

Statistik Austria (2012): Bundesanstalt Statistik Österreich. Verfügbar unter: <http://www.statistik.at/>

Strauss, F., Formayer, H. & Schmid, E. (2012): High resolution climate data for Austria in the period 2008–2040 from a statistical climate change model. *International Journal of Climatology*. doi:10.1002/joc.3434

Wasserbuch (2013): Wasserinformationssystem Oberösterreich. Amt der oberösterreichischen Landesregierung. Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft.

wpa (2010): Beratende Ingenieure GmbH: Evaluierung des Programms LE07-13 „Abschätzung der bewässerten und bewässerungsbedürftigen landwirtschaftlichen Flächen sowie Integration der Daten in die INVEKOS-Datenbank“. BMLFUW, Wien.

ZAMG (2013): Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung. Verfügbar unter:

<http://www.zamg.ac.at/>

Zelege, K. T., Lockett, D. & Cowley, R. (2011): Calibration and Testing of the FAO AquaCrop Model for Canola. *Agronomy Journal* 103: 1610-1618.

VERZEICHNISSE

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Die einzelnen Untersuchungsgebiete: Eferdinger Becken (1), Machland (2), Gemeinde Münzbach (3) und Gemeinde Rainbach i.M. (4) (rote Ellipsen mit Kennziffern) innerhalb der oberösterreichischen Raumeinheiten (Bildquelle: http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/374403)..... | 9 |
| Abbildung 2: Berechnungsschema von AquaCrop. Abkürzungen: CC = simulated canopy cover; CCpot = potential canopy cover; Ks = water stress coefficient; Kcb = crop coefficient; ETo = reference evapotranspiration; WP* = normalized crop water productivity; HI = Harvest Index. (Raes et al., 2011)..... | 11 |
| Abbildung 3: Übersicht der ausgewählten Raumeinheiten und verwendeten Wetterstationen der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik). | 13 |
| Abbildung 4: Anteilsmäßige Kulturartenverteilung im Eferdinger Becken (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011). | 22 |
| Abbildung 5: Anteilsmäßige Kulturartenverteilung im Machland (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011). | 23 |
| Abbildung 6: Anteilsmäßige Kulturartenverteilung in Münzbach (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011). | 23 |
| Abbildung 7: Anteilsmäßige Kulturartenverteilung in Rainbach (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011). | 24 |
| Abbildung 8: Bodentypen und ausgewählte eBOD-Profilstellen in den Untersuchungsgebieten. Erläuterung der Profilstellen siehe Tabelle 8. | 27 |
| Abbildung 9: Räumliche Niederschlagsverteilung im Bundesland Oberösterreich. Quelle: http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/hs.xsl/18479_DEU_HTML.htm | 33 |
| Abbildung 10: Räumliche Verteilung der Jahres-Durchschnittstemperaturen im Bundesland Oberösterreich. Quelle: http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/hs.xsl/18479_DEU_HTML.htm | 34 |
| Abbildung 11: Lufttemperaturen in Allerheiligen. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: t= Tagesmittel; mtmax = Mittel aller täglichen Maxima; mtmin = Mittel aller täglichen Minima; tmax = absolutes Maximum(=größtes Tagesmaximum); tmin = absolutes Minimum(=kleinstes Tagesminimum). (ZAMG, 2013). | 34 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 12: Niederschlag in Allerheiligen. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: rsum = Mittlere Monatssumme des Niederschlags; rmax = Größte Niederschlagssumme in 24 Stunden; n1 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 1 mm; n10 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 10 mm. (ZAMG, 2013). | 35 |
| Abbildung 13: Lufttemperaturen in Aschach. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: t= Tagesmittel; mtmax = Mittel aller täglichen Maxima; mtmin = Mittel aller täglichen Minima; tmax = absolutes Maximum(=größtes Tagesmaximum); tmin = absolutes Minimum(=kleinstes Tagesminimum). (ZAMG, 2013). | 35 |
| Abbildung 14: Niederschlag in Aschach. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: rsum = Mittlere Monatssumme des Niederschlags; rmax = Größte Niederschlagssumme in 24 Stunden; n1 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 1 mm; n10 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 10 mm. (ZAMG, 2013). | 36 |
| Abbildung 15: Lufttemperaturen in Freistadt. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: t= Tagesmittel; mtmax = Mittel aller täglichen Maxima; mtmin = Mittel aller täglichen Minima; tmax = absolutes Maximum(=größtes Tagesmaximum); tmin = absolutes Minimum(=kleinstes Tagesminimum). (ZAMG, 2013). | 36 |
| Abbildung 16: Niederschlag in Freistadt. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: rsum = Mittlere Monatssumme des Niederschlags; rmax = Größte Niederschlagssumme in 24 Stunden; n1 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 1 mm; n10 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 10 mm. (ZAMG, 2013). | 37 |
| Abbildung 17: Jahresniederschlagssummen in Freistadt. (HISTALP, 2013). | 37 |
| Abbildung 18: Lufttemperaturen Linz. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: t= Tagesmittel; mtmax = Mittel aller täglichen Maxima; mtmin = Mittel aller täglichen Minima; tmax = absolutes Maximum(=größtes Tagesmaximum); tmin = absolutes Minimum(=kleinstes Tagesminimum). (ZAMG, 2013). | 38 |
| Abbildung 19: Niederschlag in Linz. Mittel der Jahre 1971 – 2000. Abkürzungen: rsum = Mittlere Monatssumme des Niederschlags; rmax = Größte Niederschlagssumme in 24 Stunden; n1 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 1 mm; n10 = Zahl der Tage mit Niederschlagssumme ≥ 10 mm. (ZAMG, 2013). | 38 |
| Abbildung 20: Jahresniederschlagssummen in Linz. (HISTALP, 2013). | 39 |
| Abbildung 21: Vergleich von gemessenen Monatsniederschlagssummen an den Wetterstationen Allerheiligen beziehungsweise Bad Zell, Freistadt und Linz in den Jahren 2002 (niederschlagsreich), 2010 (normaler Niederschlag) und 2011 (niederschlagsarm). Die Wetterstationen Allerheiligen und Bad Zell wurden wegen fehlender Daten zusammengefasst: Für das Jahr 2002 wurden die Daten der Station Allerheiligen, für die Jahre 2010 und 2011 wurden die Daten der Station Bad Zell verwendet. Jahresniederschlagssummen: Allerheiligen/ Bad Zell: | |

1.272 mm (2002), 714 mm (2010), 593 mm (2011); Freistadt: 1.238 mm (2002), 783 mm (2010), 686 mm (2011); Linz : 1.236 mm (2002), 897 mm (2010), 753 mm (2011).....40

Abbildung 22: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintertriticale und Grünland für verschiedene Bodenprofile in Münzbach und Rainbach. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....41

Abbildung 23: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Grünland, Körnermais und Winterweichweizen für verschiedene Bodenprofile im Machland und Eferdinger Becken. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.42

Abbildung 24: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintergerste und Zuckerrübe für verschiedene Bodenprofile im Machland und Eferdinger Becken. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....43

Abbildung 25: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von verschiedenen Kulturen für die Bodenprofile in Münzbach und Rainbach. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....45

Abbildung 26: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von verschiedenen Kulturen für die Bodenprofile im Eferdinger Becken. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.47

Abbildung 27: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von verschiedenen Kulturen für die Bodenprofile ML2 und ML8 im Machland. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....48

Abbildung 28: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von verschiedenen Kulturen für die Bodenprofile ML5 und ML10 im Machland. Wasserbilanz in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....49

Abbildung 29: Jahressummen von ET, A(u) und RO für Grünland für verschiedene Böden in den Erntejahren 2000-2011. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 7. Berechnungsperiode für Grünland: 16.09.1999 - 15.09.2011. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss. Für das Erntejahr

| | |
|--|----|
| 2011 (Trockenjahr) simuliert AquaCrop auf dem Bodenprofil Rai2 für Grünland keinen A(u). | 51 |
| Abbildung 30: Wasserbilanz für Mais in Eferding auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012). | 53 |
| Abbildung 31: Wasserbilanz für Winterweizen in Eferding auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012). | 54 |
| Abbildung 32: Wasserbilanz für Wintergerste in Eferding auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012). | 54 |
| Abbildung 33: Wasserbilanz für Erdbeere in Eferding auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012). | 55 |
| Abbildung 34: Wasserbilanz für Sojabohnen in Eferding auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012). | 56 |
| Abbildung 35: Wasserbilanz für Grünland in Rainbach auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012). | 56 |
| Abbildung 36: Wasserbilanz für Wintertriticale in Rainbach auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012). | 57 |
| Abbildung 37: Wasserbilanz für Winterraps in Rainbach auf Basis des Water Footprint und der Agrarstatistik. (Mekonnen & Hoekstra 2010; ZAMG 2011; Statistik Austria, 2012). | 58 |
| Abbildung 38: Jahressummen von ET, A(u) und RO für Körnermais auf verschiedenen Böden in den Erntejahren 2000-2011. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 7. Berechnungsperiode für Körnermais: 30.09.1999 - 29.09.2011. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss. Für das Erntejahr 2011 (Trockenjahr) simuliert AquaCrop auf dem Bodenprofil ML10 für Körnermais keinen A(u). | 59 |
| Abbildung 39: Jahressummen von ET, A(u) und RO für Speiseerdäpfel und Winterweichweizen für das Bodenprofil EB4 in den Erntejahren 2000-2011. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 7. Berechnungsperiode für Speiseerdäpfel: 15.08.1999 - 14.08.2011; Berechnungsperiode für Winterweichweizen: 30.07.2000 - 30.07.2011. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss. | 60 |
| Abbildung 40: Verlauf der Temperatur-Monatsmittel in Eferding (stellvertretende für das Eferdinger Becken) im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011). | 66 |

- Abbildung 41: Verlauf der Temperatur-Monatsmittel in Naarn(stellvertretende für das Machland) im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).67
- Abbildung 42: Verlauf der Temperatur-Monatsmittel in Münzbach im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).67
- Abbildung 43: Verlauf der Temperatur-Monatsmittel in Rainbach im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).68
- Abbildung 44: Verlauf der monatlichen Niederschlagssummen in Eferding (stellvertretende für das Eferdinger Becken) im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).68
- Abbildung 45: Verlauf der monatlichen Niederschlagssummen in Naarn (stellvertretende für das Machland) Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).69
- Abbildung 46: Verlauf der monatlichen Niederschlagssummen in Münzbach im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).69
- Abbildung 47: Verlauf der monatlichen Niederschlagssummen in Rainbach im Vergleich der Jahrzehnte 1991-2000 und 2031-2040. Datenbasis: Sinabell, F.: Projekt „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (ProVision, BMLFUW und BMWF, 2009-2011).70
- Abbildung 48: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Grünland für die Bodenprofile in Münzbach und Rainbach für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1°C und um 2°C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.71
- Abbildung 49: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Grünland für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1°C und um 2°C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle

| | |
|---|----|
| 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss..... | 72 |
| Abbildung 50: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Grünland für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1°C und um 2°C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss. | 73 |
| Abbildung 51: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Corn-Cob-Mix für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss. | 75 |
| Abbildung 52: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Körnermais für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss..... | 77 |
| Abbildung 53: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Körnermais für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss. | 78 |
| Abbildung 54: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Silomais für Bodenprofile in Münzbach für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss..... | 79 |

- Abbildung 55: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Silomais für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....80
- Abbildung 56: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Silomais für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.81
- Abbildung 57: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Sojabohne für Bodenprofile im Machland und Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....82
- Abbildung 58: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Speiseerdäpfel für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....83
- Abbildung 59: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintergerste für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....85
- Abbildung 60: : Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintergerste für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011

- und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....86
- Abbildung 61: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Winterrraps für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....88
- Abbildung 62: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Winterroggen für Bodenprofile in Rainbach für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.90
- Abbildung 63: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintertriticale für Bodenprofile in Münzbach und in Rainbach für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....92
- Abbildung 64: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Wintertriticale für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....94
- Abbildung 65: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Winterweichweizen für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer

- Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.96
- Abbildung 66: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Winterweichweizen für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....97
- Abbildung 67: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Zuckerrübe für Bodenprofile im Machland für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss.....99
- Abbildung 68: Durchschnittlicher Wasserverbrauch von Zuckerrübe für Bodenprofile im Eferdinger Becken für verschiedene Klimawandelszenarien. Wasserbilanz für Referenz-Szenario in mm als Jahresmittel der Jahre 1999-2011 und Standardabweichung. Klimawandelszenarien sind auf Basis des Referenzszenarios mit Erhöhung der täglichen Temperatur um 1 °C und um 2 °C sowie einer Abnahme des Niederschlages um 10 % berechnet. Erläuterung der Bodenprofile siehe Tabelle 8. Abkürzungen: RO = Runoff; ET= Evapotranspiration; A(u)= unterirdischer Abfluss. 100
- Abbildung 69: Grundwasser-Neubildung im Mühlviertel in den Jahren 2001 – 2011. Berechnung nach Renger und Wessolek (1990); Berechnungsschema: Grundwasser-Neubildung = Niederschlag – Evapotranspiration..... 105
- Abbildung 70: Grundwasser-Neubildung im Eferdinger Becken und im Machland in den Jahren 2001 – 2011. Berechnung nach Renger und Wessolek (1990); Berechnungsschema: Grundwasser-Neubildung = Niederschlag – Evapotranspiration. 106

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Tabelle 1: Zuordnung der ausgewählten Kulturarten zu den standardisierten Arten von AquaCrop | 14 |
| Tabelle 2: Festgesetzte Anbau- und Erntetermine sowie Simulationsperiode für die Simulationen mit AquaCrop für das Referenzszenario. | 14 |
| Tabelle 3: Angenommener Wassergehalt des Erntegutes zum Zeitpunkt der Ernte und aus der Agrarstatistik abgeleitete Korrekturfaktoren für die Transpiration; T_r = Transpiration (Statistik Austria, 2012)..... | 16 |
| Tabelle 4: Konstanten für verschiedene Bodennutzungen für die Berechnung der Verdunstung nach dem Verfahren von Renger und Wessolek (1990)..... | 19 |
| Tabelle 5: Kulturartenverteilung in den Untersuchungsgebieten. Abkürzungen: LW = Landwirtschaft (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011)..... | 21 |
| Tabelle 6: Erträge in den Untersuchungsgebieten laut Agrarstatistik in den Jahren 1999-2011 (Statistik Austria, 2012)..... | 25 |
| Tabelle 7: Bodenprofile der ausgewählten Böden aus der eBOD Datenbank; Erläuterung der Horizonte siehe Anhang Tabelle 24; nFK = nutzbare Feldkapazität..... | 29 |
| Tabelle 8: Flächenmäßige Verteilung der eBOD-Bodentypengruppen auf nicht bewaldeten Flächen in den Untersuchungsgebieten und Zuordnung der verwendeten Bodenprofile. (eBOD, 2010). | 31 |
| Tabelle 9: Zuordnung der Bodenprofile in der Darstellung der Ergebnisse. | 32 |
| Tabelle 10: Öffentlicher Wasserverbrauch in den Untersuchungsgebieten. Zusammenfassung der Auskünfte der einzelnen Gemeinden 2012. | 62 |
| Tabelle 11: Jährliche Grundwasser-Neubildung auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Untersuchungsgebieten. Mittel der Jahre 1999 – 2011. Abkürzungen: A(u) = unterirdischer Abfluss, LW = Landwirtschaft, P = Jahresniederschlag. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2011; Lebensministerium, 2011)..... | 106 |
| Tabelle 12: Jährliche Grundwasser-Neubildung auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Untersuchungsgebieten bei Klimawandelszenario +2°C. Berechnungsbasis: Mittel der Jahre 1999 – 2011. Abkürzungen: A(u) = unterirdischer Abfluss, LW = Landwirtschaft, P = Jahresniederschlag. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011) | 107 |
| Tabelle 13: Übersicht der Landnutzung in den Untersuchungsgebieten (Datengrundlagen: Lebensministerium, 2011; ÖK50) | 108 |
| Tabelle 14: Wasserhaushalt der Untersuchungsgebiete (Mittelwerte 1999 - 2011). Abkürzungen: P = Jahresniederschlag, ET= Evapotranspiration, RO = | |

| | |
|--|-----|
| Oberirdischer Abfluss, $A(u)$ = Unterirdischer Abfluss. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011; Gebel et al., 2012; Scheer, 2005) | 109 |
| Tabelle 15: Wasserhaushalt der Untersuchungsgebiete bei Klimawandelszenario +2°C auf Berechnungsbasis der Jahre 1999 - 2011). Abkürzungen: P = Jahresniederschlag, ET= Evapotranspiration, RO = Oberirdischer Abfluss, $A(u)$ = Unterirdischer Abfluss. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011; Gebel et al., 2012; Scheer, 2005) | 109 |
| Tabelle 16: Wasserhaushalt der Untersuchungsgebiete bei Klimawandelszenario +2°C, Niederschlagabnahme -10% auf Berechnungsbasis der Jahre 1999 - 2011). Abkürzungen: P = Jahresniederschlag, ET= Evapotranspiration, RO = Oberirdischer Abfluss, $A(u)$ = Unterirdischer Abfluss. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011; Gebel et al., 2012; Scheer, 2005) | 110 |
| Tabelle 17: Anteil oberflächlicher und unterirdischer Abflüsse an Jahresniederschlägen. Mittel und Schwankungsbreiten der Jahre 1999 – 2011 und für die Klimaszenarien Temperaturerhöhung +2°C und Temperaturerhöhung +2°C, Niederschlagabnahme -10% auf Basis der Jahre 1999 – 2011. Abkürzungen: A(GW) = Basisabfluss, $A(u)$ = unterirdischer Abfluss, A(ZW) = Zwischenabfluss, P = Jahresniederschlag in Simulationsjahr, RO = Runoff. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011; Gebel et al., 2012; Scheer, 2005) | 110 |
| Tabelle 18: Wasserverbrauch ausgewählter Kulturpflanzen bei mittlerem Ertragsniveau (nach Eitzinger et al., 2009)..... | 114 |
| Tabelle 19: Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Humusveränderungen in Ackerböden (Datenbasis: AGES)..... | 116 |
| Tabelle 20: Auswirkungen der Kulturart auf Veränderungen des Bodenhumus (nach: VDLUFA)..... | 117 |
| Tabelle 21: Wasserfußabdruck von ausgewählten Lebensmitteln (nach Hoekstra, 2008) | 118 |
| Tabelle 22: Mittlere Bewässerungsmengen als langjährige Erfahrungswerte der WG Eferdinger Becken (wpa, 2010):..... | 120 |
| Tabelle 23: Kulturartenverteilung im Untersuchungsgebiet auf Gemeindeebene: Die wichtigsten Kulturen. Ermittelt durch kumulierte 80%-Grenze der Anbaufläche gemessen an der gesamten landwirtschaftlich nutzbaren Fläche (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011)..... | 138 |
| Tabelle 24: Abkürzungen der einzelnen Horizonte der Bodenschichten (Quelle: eBOD) | 141 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 25: Water Foot Print für ausgewählte Kulturarten [m ³ /ton] für Oberösterreich; Berechnungsjahre: 1996-2005. (Mekonnen & Hoekstra, 2010)..... | 143 |
| Tabelle 26: Anteil oberflächlicher und unterirdischer Abflüsse an Jahresniederschlägen in den Untersuchungsgebieten. Mittel und Schwankungsbreiten der Jahre 1999 – 2011 und für die Klimaszenareno Temperaturerhöhung +2°C und Temperaturerhöhung +2°C , Niederschlag -10% auf Basis der Jahre 1999 - 2011. Abkürzungen: A(GW) = Basisabfluss, A(u) = unterirdischer Abfluss, A(ZW) = Zwischenabfluss, P = Jahresniederschlag in Simulationsjahr, RO = Runoff. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypengruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011; Gebel et al., 2012; Scheer, 2005) | 144 |
| Tabelle 27: Erfassung der Wassernutzungsrechte nach dem Wasserrechtsgesetz in den Untersuchungsgebieten. Abkürzungen: EM = Entnahmemenge, Emax = Maximale Entnahmemenge, NSW = Niederschlagswasser, GW = Grundwasser, OG = Oberflächengewässer, RWA = Regenwasserabfluss, VM = Versickerungsmenge, RW? = Unklar, ob es sich in der Evidenz um Versickerung von Niederschlagswässern handelt. Quelle: Wasserbuch, Land Oberösterreich, 2012/2013..... | 147 |

ANHANG

Tabelle 23: Kulturartenverteilung im Untersuchungsgebiet auf Gemeindeebene: Die wichtigsten Kulturen. Ermittelt durch kumulierte 80%-Grenze der Anbaufläche gemessen an der gesamten landwirtschaftlich nutzbaren Fläche (Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011)

| Gemeinde | Kulturart | Fläche in ha | % an LW Fläche |
|---------------|-------------------|--------------|----------------|
| Rainbach | Grünland | 2078,2 | 72,0 |
| | Wintertriticale | 192,6 | 6,7 |
| | Winterroggen | 146,5 | 5,1 |
| Münzbach | Grünland | 1021,5 | 69,4 |
| | Silomais | 145,8 | 9,9 |
| | Wintertriticale | 82,4 | 5,6 |
| Schwertberg | Grünland | 254,0 | 31,2 |
| | Körnermais | 131,5 | 16,2 |
| | Winterweichweizen | 126,9 | 15,6 |
| | Wintergerste | 70,3 | 8,7 |
| | Sojabohne | 56,0 | 6,9 |
| | Zuckerrübe | 42,3 | 5,2 |
| Saxen | Grünland | 478,4 | 43,8 |
| | Silomais | 174,8 | 16,0 |
| | Körnermais | 101,1 | 9,3 |
| | Wintergerste | 88,8 | 8,1 |
| | Winterweichweizen | 73,6 | 6,7 |
| Ried/Riedmark | Grünland | 424,9 | 22,9 |
| | Körnermais | 365,0 | 19,6 |
| | Winterweichweizen | 343,1 | 18,5 |
| | Zuckerrübe | 120,9 | 6,5 |
| | Wintergerste | 113,9 | 6,1 |
| | Winterraps | 96,3 | 5,2 |
| | Sojabohne | 95,3 | 3,7 |
| Perg | Grünland | 372,8 | 24,0 |
| | Körnermais | 346,7 | 22,3 |
| | Winterweichweizen | 205,3 | 13,2 |
| | Sojabohne | 176,6 | 11,4 |
| | Wintergerste | 134,1 | 8,6 |

| | | | |
|------------------------|--|----------------|--------------|
| Naarn | Körnermais | 848,0 | 32,5 |
| | Wintergerste | 369,3 | 14,1 |
| | Grünland | 279,6 | 10,7 |
| | Winterweichweizen | 263,9 | 10,1 |
| | Zuckerrübe | 217,2 | 8,3 |
| | Sojabohne | 172,7 | 6,6 |
| Mitterkirchen | Körnermais | 454,0 | 30,2 |
| | Wintergerste | 259,3 | 17,2 |
| | Grünland | 202,2 | 13,4 |
| | Sojabohne | 126,0 | 8,4 |
| | Corn-Cob-Mix (CCM) (wie Mais) | 114,8 | 7,6 |
| | Winterweichweizen | 75,7 | 5,0 |
| Mauthausen | Körnermais | 205,5 | 22,7 |
| | Winterweichweizen | 203,5 | 22,5 |
| | Grünland | 123,3 | 13,6 |
| | Zuckerrübe | 82,0 | 9,0 |
| | Wintergerste | 77,3 | 8,5 |
| Baumgartenberg | Grünland | 210,1 | 22,6 |
| | Körnermais | 201,6 | 21,7 |
| | Winterweichweizen | 133,1 | 14,3 |
| | Sojabohne | 98,1 | 10,6 |
| | Silomais | 61,9 | 6,7 |
| | Wintergerste | 54,6 | 5,9 |
| Arbing | Grünland | 273,8 | 39,2 |
| | Winterweichweizen | 80,6 | 11,5 |
| | Körnermais | 76,0 | 10,9 |
| | Silomais | 61,0 | 8,7 |
| | Wintergerste | 50,7 | 7,3 |
| | Sojabohne | 38,1 | 5,5 |
| Machland Gesamt | Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 11967,8 | 100,0 |
| | Körnermais | 2729,3 | 22,8 |
| | Grünland | 2618,9 | 21,9 |
| | Winterweichweizen | 1505,7 | 12,6 |
| | Wintergerste | 1218,1 | 10,2 |
| | Sojabohne | 762,7 | 6,4 |
| | Zuckerrübe | 462,3 | 3,9 |
| | Silomais | 297,7 | 2,5 |
| | Corn-Cob-Mix (CCM) (wie Mais) | 114,8 | 1,0 |
| | Winterraps | 96,3 | 0,8 |
| Wilhering | Körnermais | 388,0 | 28,1 |
| | Winterweichweizen | 319,9 | 23,2 |
| | Grünland | 169,1 | 12,3 |

| | | | |
|-------------|----------------------------------|--------|------|
| | Sojabohne | 126,7 | 9,2 |
| | Zuckerrübe | 125,5 | 9,1 |
| Walding | Körnermais | 383,9 | 37,4 |
| | Grünland | 304,3 | 29,7 |
| | Winterweichweizen | 90,5 | 8,8 |
| | Sojabohne | 78,9 | 7,7 |
| Scharten | Grünland | 296,6 | 33,2 |
| | Winterweichweizen | 144,8 | 16,2 |
| | Körnermais | 116,9 | 13,1 |
| | Sojabohne | 47,3 | 5,3 |
| | Wintergerste | 35,1 | 3,9 |
| Pupping | Ein- und mehrkulturig Feldgemüse | 237,9 | 26,6 |
| | Körnermais | 163,1 | 18,2 |
| | Winterweichweizen | 108,7 | 12,1 |
| | Speiseerdäpfel | 95,5 | 10,7 |
| | Zuckerrübe | 59,3 | 6,6 |
| | Wintergerste | 42,8 | 4,8 |
| | Sojabohne | 35,4 | 4,0 |
| Ottensheim | Grünland | 252,3 | 52,8 |
| | Körnermais | 84,3 | 17,6 |
| | Wintertriticale | 29,6 | 6,2 |
| | Wintergerste | 26,2 | 5,5 |
| Hinzenbach | Körnermais | 275,3 | 25,3 |
| | Winterweichweizen | 190,9 | 17,6 |
| | Grünland | 167,9 | 15,5 |
| | Ein- und mehrkulturig Feldgemüse | 107,7 | 9,9 |
| | Wintergerste | 72,9 | 6,7 |
| | Zuckerrübe | 67,8 | 6,2 |
| Hartkirchen | Grünland | 1144,4 | 54,4 |
| | Winterweichweizen | 145,2 | 6,9 |
| | Wintergerste | 133,9 | 6,4 |
| | Körnermais | 130,3 | 6,2 |
| | Silomais | 90,3 | 4,3 |
| Goldwörth | Körnermais | 200,9 | 57,6 |
| | Winterweichweizen | 38,0 | 10,9 |
| | Grünland | 27,2 | 7,8 |
| | Sojabohne | 24,6 | 7,1 |
| Fraham | Körnermais | 353,2 | 27,4 |
| | Winterweichweizen | 237,8 | 18,5 |
| | Grünland | 128,1 | 10,0 |
| | Sojabohne | 126,1 | 9,8 |
| | Ein- und mehrkulturig Feldgemüse | 107,8 | 8,4 |

| | | | |
|---------------------------------|--|----------------|--------------|
| | Zuckerrübe | 83,4 | 6,5 |
| Feldkirchen | Körnermais | 789,6 | 40,2 |
| | Grünland | 568,7 | 28,9 |
| | Sojabohne | 140,5 | 7,2 |
| | Zuckerrübe | 110,5 | 5,1 |
| Eferding | Ein- und mehrkulturig Feldgemüse | 37,9 | 29,7 |
| | Körnermais | 30,7 | 24,0 |
| | Grünland | 15,8 | 12,4 |
| | Winterweichweizen | 11,6 | 9,1 |
| | Speiseerdäpfel | 6,7 | 5,3 |
| Aschach | Grünland | 9,9 | 37,7 |
| | Winterweichweizen | 4,1 | 15,9 |
| | Speiseerdäpfel | 3,7 | 14,1 |
| | Wintergerste | 3,3 | 12,6 |
| Alkoven | Körnermais | 702,9 | 25,4 |
| | Winterweichweizen | 675,2 | 24,4 |
| | Grünland | 376,7 | 13,6 |
| | Sojabohne | 213,4 | 7,7 |
| | Zuckerrübe | 188,4 | 6,8 |
| | Wintergerste | 140,4 | 5,1 |
| Eferdinger Becken Gesamt | Landwirtschaftlich genutzte Fläche Gesamt | 13711,9 | 100,0 |
| | Grünland | 3460,9 | 25,2 |
| | Ein- und mehrkulturig Feldgemüse | 491,2 | 3,6 |
| | Körnermais | 3618,9 | 26,4 |
| | Silomais | 90,3 | 0,7 |
| | Winterweichweizen | 1966,7 | 14,3 |
| | Wintertriticale | 29,6 | 0,2 |
| | Wintergerste | 454,6 | 3,3 |
| | Sojabohne | 792,9 | 5,8 |
| | Zuckerrübe | 635,0 | 4,6 |

Grünland umfasst folgende Kategorisierungen: Einmähdige Wiese, Sonstige Grünlandfläche, GLÖZ-G-Flächen (Grünland), Wechselwiese (Egart, Ackerweide), Klee gras; Klee; Elefantengras; Futtergräser; Futterrübe (Runkelrübe, Burgunder, Kohlrübe); Futterkartoffeln; Sonstiges Feldfutter; Dauerweide; Hutweide; Luzerne; Nützlings- und Blühstreifen, Mähwiese/-weide drei und mehr Nutzungen; Mähwiese/-weide zwei Nutzungen

Tabelle 24: Abkürzungen der einzelnen Horizonte der Bodenschichten (Quelle: eBOD)

| | |
|----|---|
| O | organischer Auflagehorizont |
| A | oberster Mineralbodenhorizont, der durch sichtbaren Humus relativ dunkler gefärbt ist |
| Ai | A-Horizont mit beginnender Humusbildung |
| Ag | A-Horizont mit leichter Vergleyung |
| B | Verwitterungshorizont oder Anreicherungshorizont |
| Bv | B-Horizont mit Verwitterung (Oxydation), z.T. mit deutlicher Verlehmung |
| Bt | B-Horizont, der mit Ton aus den oberen Horizonten angereichert ist (Lessivierung) |

| | |
|----------------------------|--|
| Bh | B-Horizont, der mit sichtbarem Humus aus den oberen Horizonten angereichert ist (Lessivierung, Podsolierung oder Solodierung) |
| Bs | B-Horizont, der mit Eisen- und Aluminiumverbindungen aus den oberen Horizonten angereichert ist (Podsolierung) |
| Bg | B-Horizont mit leichter Vergleyung oder Pseudovergleyung |
| C | Ausgangsmaterial, aus dem der Boden entstanden ist (Muttergestein) |
| Cv | angewitterter, oft stark quellender Teil des C-Horizontes |
| Cn | unverwitterter Teil des C-Horizontes |
| D | unterlagerndes Material, das an der Bodenbildung nicht beteiligt ist ("Fremdmaterial" oder Grundgestein) |
| E | Auswaschungshorizont (Lessivierung, Podsolierung oder Solodierung), unter dem A-Horizont liegend |
| Eg | E-Horizont mit leichter Vergleyung |
| G | durch Grundwasser geprägter bzw. stark beeinflusster Horizont (Gleyhorizont) |
| Go | Oxydationsbereich des G-Horizontes |
| Gr | Reduktionsbereich des G-Horizontes |
| Grel | durch Grundwasserabsenkung inaktivierter, ehemaliger Gleyhorizont mit noch deutlich erkennbaren Gleymerkmalen |
| P | Stauzone eines Pseudogleyes, d.h. Zone, in der sich Wasser staut; meist fahle oder graue Farben vorherrschend, gewöhnlich nicht wesentlich humushaltig |
| S | Staukörper eines Pseudogleyes, d.h. Zone, über der sich das Wasser staut; meist rostfarben marmoriert |
| T | Torfschichte |
| Terd | vererdeter Torfhorizont |
| Weitere Buchstabenindices: | |
| ca | Kalziumkarbonat-Anreicherung |
| cs | Kalziumsulfat-Anreicherung |
| sa | Salz-Anreicherung |
| beg | begrabener Horizont |
| fos | fossiler Horizont |
| rel | relikter Horizont |
| p | durch Pflugarbeit beeinflusste Zone |
| rig | durch Rigolen veränderte Zone |

Tabelle 25: Water Foot Print für ausgewählte Kulturarten [m³/ton] für Oberösterreich; Berechnungsjahre: 1996-2005. (Mekonnen & Hoekstra, 2010)

| FAOSTAT code | Primary Crop | Prod. Code (HS) | Prod. Description (HS) | Green | Blue | Grey |
|--------------|--|-----------------|--|-------|------|------|
| 15 | Wheat | 100110 / 100190 | Wheat (Durum wheat, Wheat nes and meslin) | 610 | | 114 |
| 44 | Barley | 100300 | Barley | 364 | | 139 |
| 56 | Maize | 1005 | Maize (corn) | 395 | | 65 |
| 71 | Rye | 100200 | Rye | 533 | | 85 |
| 75 | Oats | 100400 | Oats | 408 | | 84 |
| 97 | Triticale | 100890ae | | 632 | | 65 |
| 116 | Potatoes | 070190 | Potatoes, fresh or chilled nes | 116 | 1 | 19 |
| 157 | Sugar beet | 121291 | Sugar beet, fresh or dried, whether or not ground | 58 | | 8 |
| | | 170112 | Raw sugar, beet* | 379 | | 51 |
| 181 | Broad beans, horse beans, dry | 071350 | Broad beans&horse beans dried,shelled,whether or not skinned or split | 741 | | |
| 236 | Soybeans | 120100 | Soya beans | 1581 | | |
| 270 | Rapeseed | 120500 | Rape or colza seeds, whether or not broken | 1531 | | 143 |
| 358 | Cabbages and other brassicas | 070490 | Cabbages,kohlrabi,kale and sim edible brassicas nes,fresh or chilled | 87 | 3 | 11 |
| 367 | Asparagus | 070920 | Asparagus, fresh or chilled | 1036 | 55 | 98 |
| 372 | Lettuce and chicory | 070511 | Cabbage lettuce (head lettuce) fresh or chilled | 88 | | 13 |
| | | 070519 | Lettuce, fresh or chilled nes | 88 | | 13 |
| 393 | Cauliflowers and broccoli | 70410 | Cauliflowers and headed broccoli, fresh or chilled | 127 | | 18 |
| 394 | Pumpkins, squash and gourds | 070990_b | | 59 | | 10 |
| 397 | Cucumbers and gherkins | 070700 | Cucumbers and gherkins, fresh or chilled | 49 | | 7 |
| 397 | Cucumbers and gherkins | 071140 | Cucumbers&gherkins provisionally presvd,but nt f immediate consumption | 49 | | 7 |
| 426 | Carrots and turnips | 70610 | Carrots and turnips, fresh or chilled | 73 | 12 | 11 |
| 446 | Maize, green | 070990ca | | | | |
| 463 | Vegetables fresh not specified elsewhere | 070990 | Vegetables, fresh or chilled | 119 | 17 | 18 |
| 544 | Strawberries | 81010 | Strawberries, fresh | 239 | 11 | 17 |

*Product fraction (pf) = 0,14 ; Value fraction (vf)= 0,92

Tabelle 26: Anteil oberflächlicher und unterirdischer Abflüsse an Jahresniederschlägen in den Untersuchungsgebieten. Mittel und Schwankungsbreiten der Jahre 1999 – 2011 und für die Klimaszenario Temperaturerhöhung +2°C und Temperaturerhöhung +2°C , Niederschlag -10% auf Basis der Jahre 1999 - 2011. Abkürzungen: A(GW) = Basisabfluss, A(u) = unterirdischer Abfluss, A(ZW) = Zwischenabfluss, P = Jahresniederschlag in Simulationsjahr, RO = Runoff. (Datengrundlagen: AquaCrop-Simulationen, Flächenmäßige Verteilung der eBOD Bodentypen-gruppen (siehe Tabelle 8); Statistik Austria, 2012; Lebensministerium, 2011; Gebel et al., 2012; Scheer, 2005)

| Gebiet | Dategrundlage | Datengrundlage für LW | Von | Bis | Niederschlag (P) [mm] | Runoff [mm] | A(u) [mm] | A(GW) [mm] | A(ZW) [mm] |
|--|--|----------------------------------|------|---------|-----------------------|-------------|-----------|------------|------------|
| Rainbach | AquaCrop 1999-2011; Mittelwert | Alle Kulturen | 1999 | 2011 | 796 | 57 | 106 | 60 | 47 |
| | | | | | % von P | 7,17% | 13,36% | 7,51% | 5,85% |
| | AquaCrop Grünland 19.09.1999 - 15.09.2000 | Grünland | 1999 | 2000 | 710 | 37 | 36 | 18 | 18 |
| | | | | | % von P | 5,21% | 5,12% | 2,60% | 2,52% |
| | AquaCrop Grünland 16.09.2001 - 15.09.2002 | Grünland | 2011 | 2002 | 1152 | 194 | 287 | 215 | 72 |
| | | | | | % von P | 16,82% | 24,89% | 18,63% | 6,26% |
| | AquaCrop Grünland & Wintergetreide Aug. 2000 - Aug. 2001 | Wintertriticale und Winterroggen | 2000 | 2001 | 710 | 38 | 143 | 82 | 61 |
| | | | | | % von P | 5,31% | 20,12% | 11,58% | 8,53% |
| | AquaCrop Grünland 19.09.2010 - 15.09.2011 | Grünland | 2010 | 2011 | 603 | 30 | - | - | - |
| | | | | | % von P | 4,97% | - | - | - |
| AquaCrop Grünland 19.09.2004 - 15.09.2005 | Grünland | 2004 | 2005 | 799 | 44 | 77 | 41 | 36 | |
| | | | | % von P | 5,53% | 9,65% | 5,14% | 4,51% | |
| AquaCrop Wintergetreide Aug. 2004 - Aug. 2005 | Wintertriticale und Winterroggen | 2004 | 2005 | 799 | 45 | 180 | 103 | 77 | |
| | | | | % von P | 5,62% | 22,51% | 12,89% | 9,62% | |
| Aquacrop (1999-2011); Klimaszenario Temp. +2°; Mittelwert | Alle Kulturen | 1999 | 2011 | 796 | 58 | 90 | 53 | 36 | |
| | | | | % von P | 7,23% | 11,25% | 6,71% | 4,53% | |
| Aquacrop (1999-2011); Klimaszenario Temp. +2°, Niederschlag -10%; Mittelwert | Alle Kulturen | 1999 | 2011 | 729 | 51 | 65 | 40 | 26 | |
| | | | | % von P | 6,97% | 8,96% | 5,43% | 3,53% | |
| Münzbach | AquaCrop 1999-2011; Mittelwert | Alle Kulturen | 2000 | 2001 | 911 | 71 | 121 | 82 | 40 |
| | | | | | % von P | 7,79% | 13,32% | 8,95% | 4,37% |

| | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-------------|-------------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | AquaCrop Grünland 19.09.1999 - 15.09.2000 | Grünland | 1999 | 2000 | 800 | 42 | 46 | 28 | 17 |
| | | | | | % von P | 4,56% | 5,02% | 3,11% | 1,91% |
| | AquaCrop Grünland 16.09.2001 - 15.09.2002 | Grünland | 2001 | 2002 | 1157 | 218 | 232 | 213 | 19 |
| | | | | | % von P | 23,98% | 25,51% | 23,40% | 2,11% |
| | AquaCrop Grünland 19.09.2010 - 15.09.2011 | Grünland | 2010 | 2011 | 786 | 35 | - | - | - |
| | | | | | % von P | 3,89% | - | - | - |
| | Aquacrop (1999-2011); Klimaszenario Temp. +2°; Mittelwert | Alle Kulturen | 1999 | 2011 | 911 | 68 | 103 | 70 | 34 |
| | | | | | % von P | 7,43% | 11,34% | 7,65% | 3,69% |
| | Aquacrop (1999-2011); Klimaszenario Temp. +2°, Niederschlag -10%; Mittelwert | Alle Kulturen | 1999 | 2011 | 826 | 52 | 71 | 46 | 25 |
| | | | | | % von P | 6,31% | 8,61% | 5,63% | 2,98% |
| Machland | AquaCrop 1999-2011; Mittelwert | Alle Kulturen | 1999 | 2011 | 824 | 118 | 144 | 107 | 38 |
| | | | | | % von P | 14,38% | 17,53% | 12,95% | 4,59% |
| | AquaCrop Grünland 19.09.1999 - 15.09.2000 | Grünland | 1999 | 2000 | 828 | 97 | 201 | 69 | 132 |
| | | | | | % von P | 11,74% | 24,46% | 8,42% | 16,04% |
| | AquaCrop Grünland 16.09.2001 - 15.09.2002 | Grünland | 2001 | 2002 | 1037 | 219 | 233 | 192 | 40 |
| | | | | | % von P | 26,53% | 28,26% | 23,35% | 4,91% |
| | AquaCrop Grünland 19.09.2010 - 15.09.2011 | Grünland | 2010 | 2011 | 496 | 55 | - | - | - |
| | | | | | % von P | 6,66% | - | - | - |
| | AquaCrop Grünland & Körnermais Sept. 1999 - Sept. 2000 | Grünland und Körnermais | 1999 | 2000 | 846 | 102 | 180 | 69 | 111 |
| | | | | | % von P | 12,35% | 21,91% | 8,40% | 13,51% |
| | AquaCrop Grünland & Körnermais Sept. 2001 - Sept. 2002 | Grünland und Körnermais | 2001 | 2002 | 1052 | 244 | 264 | 243 | 21 |
| | | | | | % von P | 29,64% | 32,04% | 29,51% | 2,53% |
| | AquaCrop Grünland & Körnermais Sept. 2010 - Sept. 2011 | Grünland und Körnermais | 2010 | 2011 | 504 | 57 | - | - | - |
| | | | | | % von P | 6,87% | - | - | - |
| Aquacrop Wintergerste Juli 1999 - Juli 2011 | Wintergerste | 1999 | 2000 | 825 | 57 | 238 | 169 | 69 | |
| | | | | % von P | 6,31% | 26,17% | 18,55% | 7,62% | |

| | | | | | | | | | |
|--|--|-------------------------|-------------|-------------|------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | Aquacrop Wintergerste Juli 2002 - Juli 2003 | Wintergerste | 2002 | 2003 | 1102 | 153 | 407 | 320 | 87 |
| | | | | | % von P | 16,77% | 44,71% | 35,12% | 9,59% |
| | Aquacrop Wintergerste Juli 2010 - Juli 2011 | Wintergerste | 2010 | 2011 | 548 | 3 | - | - | - |
| | | | | | % von P | 0,28% | - | - | - |
| | Aquacrop (1999-2011); Klimaszenario Temp. +2°; Mittelwert | Alle Kulturen | 1999 | 2011 | 824 | 119 | 127 | 95 | 32 |
| | | | | | % von P | 14,44% | 15,44% | 11,59% | 3,85% |
| | Aquacrop (1999-2011); Klimaszenario Temp. +2°, Niederschlag -10%; Mittelwert | Alle Kulturen | 1999 | 2011 | 756 | 104 | 91 | 68 | 23 |
| | | | | | % von P | 13,71% | 12,02% | 9,03% | 2,98% |
| Eferdinger Becken | AquaCrop 1999-2011; Mittelwert | Alle Kulturen | 1999 | 2011 | 866 | 170 | 146 | 100 | 46 |
| | | | | | % von P | 19,60% | 16,91% | 11,58% | 5,32% |
| | AquaCrop Grünland 19.09.1999 - 15.09.2000 | Grünland | 1999 | 2000 | 828 | 137 | 63 | 51 | 11 |
| | | | | | % von P | 15,82% | 7,22% | 5,90% | 1,32% |
| | AquaCrop Grünland 16.09.2001 - 15.09.2002 | Grünland | 2001 | 2002 | 1037 | 287 | 165 | 160 | 4 |
| | | | | | % von P | 33,15% | 19,02% | 18,51% | 0,51% |
| | AquaCrop Grünland 19.09.2010 - 15.09.2011 | Grünland | 2010 | 2011 | 665 | 106 | - | - | - |
| | | | | | % von P | 12,23% | - | - | - |
| | AquaCrop Grünland & Mais 09.1999 - 09.2000 | Grünland und Körnermais | 1999 | 2000 | 846 | 145 | 103 | 51 | 52 |
| | | | | | % von P | 16,74% | 11,95% | 5,89% | 6,06% |
| | AquaCrop Grünland & Mais 09.2001 - 09.2002 | Grünland und Körnermais | 2002 | 2003 | 1052 | 309 | 188 | 184 | 5 |
| | | | | | % von P | 35,65% | 21,76% | 21,23% | 0,52% |
| AquaCrop Grünland & Mais 09.2010 - 09.2011 | Grünland und Körnermais | 2010 | 2011 | 671 | 112 | 11 | 10 | 0 | |
| | | | | % von P | 12,90% | 1,22% | 1,21% | 0,02% | |
| AquaCrop Winterweichweizen Juli 1999 - Juli 2011 | Winterweichweizen | 1999 | 2000 | 871 | 50 | 279 | 180 | 98 | |
| | | | | % von P | 5,82% | 32,16% | 20,83% | 11,33% | |
| AquaCrop Winterweichweizen Juli 2002 - Juli 2003 | Winterweichweizen | 2002 | 2003 | 1111 | 192 | 364 | 305 | 59 | |
| | | | | % von P | 22,21% | 42,00% | 35,21% | 6,78% | |
| AquaCrop Winterweichweizen Juli 2010 - Juli 2011 | Winterweichweizen | 2010 | 2011 | 671 | 6 | 121 | 70 | 51 | |

| | | | | | | | | | |
|--|---|---------------|------|------|---------|--------|--------|-------|-------|
| | | | | | % von P | 0,73% | 13,96% | 8,06% | 5,90% |
| | Aquacrop (1999-2011); Klimaszenario Temp. +2°; Mittelwert | Alle Kulturen | 1999 | 2011 | 866 | 170 | 133 | 75 | 58 |
| | | | | | % von P | 19,61% | 15,32% | 8,63% | 6,70% |
| | Aquacrop (1999-2011); Klimaszenario Temp. +2°; Niederschlag -10%; Mittelwert | Alle Kulturen | 1999 | 2011 | 793 | 149 | 91 | 71 | 19 |
| | | | | | % von P | 18,73% | 11,43% | 8,98% | 2,45% |

Tabelle 27: Erfassung der Wassernutzungsrechte nach dem Wasserrechtsgesetz in den Untersuchungsgebieten. Abkürzungen: EM = Entnahmemenge, Emax = Maximale Entnahmemenge, NSW = Niederschlagswasser, GW = Grundwasser, OG = Oberflächengewässer, RWA = Regenwasserabfluss, VM = Versickerungsmenge, RW? = Unklar, ob es sich in der Evidenz um Versickerung von Niederschlagswässern handelt. Quelle: Wasserbuch, Land Oberösterreich, 2012/2013.

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

