



SCHLUSSBERICHT, 28.10.2020

Landwirtschaft und Bewässerung im Klimawandel – Anpassung als Chance!

Grundlagenbericht (Bericht I) für die Region Bünztal

Ein Projekt im Rahmen des Pilotprogramms zur Anpassung an den
Klimawandel, gefördert durch das Bundesamt für Landwirtschaft BLW

Auftraggeber: Kanton Aargau, Abteilung Landschaft und Gewässer
zusammen mit Landwirtschaft Aargau

Impressum

Foto: Bewässerung beim Rückhaltebecken in Wohlen 2018
(Bild: Christian Breitschmid/CHMedia)

Empfohlene Zitierweise

Autor: Ecoplan, Sofies-Emac
Titel: Landwirtschaft und Bewässerung im Klimawandel – Anpassung als Chance!
Untertitel: Grundlagenbericht (Bericht I) für die Region Bünztal
Auftraggeber: Kanton Aargau, Abteilung Landschaft und Gewässer und Landwirtschaft Aargau
Ort: Bern
Datum: 28.10.2020

Workshopgruppe

Anken Thomas (Agroscope), Auckenthaler Adrian (Amt für Umwelt und Energie Kt. BL), Bryner Urs (Landwirt), Dierauer Hansueli (FiBL), Furrer Roland (Gemeinde Möriken-Wildegg), Frey Alfred (Landwirtschaft Kt. AG), Hagenbuch Christoph (Bauernverband Aargau), Hunziker Christian (Landwirt), Keiser Andreas (HAFL), Kräuchi Norbert (Abtl. Landschaft und Gewässer Kt. AG), Lienert Christophe (Fachbereich Hydrometrie Kt. AG), Meier Stefan (AGIS), Melliger Ramona (Sektion Natur und Landschaft Kt. AG), Mühlethaler Maëlle (Landwirtschaft Aargau), Obrist Robert (FiBL), Pellet Didier (Agroscope), Perroud Arsene (Regionalverband Unteres Bünztal), Rätzer Hans (Gemeinde Othmarsingen), Rätzer Thomas (Landwirt), Salvisberg Ueli (BLW), Schaub Daniel (Abteilung für Umwelt Kt. AG), Schibli Martin (Waldburger Ingenieure AG), Schmid Herbert (Begleitkommission Melioration Othmarsingen), Schmocker Petra (BAFU), Schulthess Jürg (Abteilung Gewässer und Materialabbau Kt. SH), Stähli Manfred (WSL), Suter Michael (Landwirt), Wohler Christian (Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg)

Projektteam

Samuel Zahner, Ecoplan (Projektleitung)
Martin Fritsch, Sofies-Emac
Eva Wieser, Ecoplan
Domenica Bucher, Sofies-Emac
Felix Walter, Ecoplan

Mit Beiträgen von

Stefan Meier, AGIS, Abteilung Landschaft und Gewässer Kanton Aargau
Christian Wohler, Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg

Der Bericht gibt die Auffassung des Projektteams wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers bzw. der Auftraggeberin oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

ECOPLAN

Forschung und Beratung
in Wirtschaft und Politik

ECOPLAN AG
www.ecoplan.ch
Monbijoustrasse 14
3011 Bern
+41 31 356 61 61

Dätwylerstrasse 25
6460 Altdorf
+41 41 870 90 60

sofies e m a c
leading sustainability

Sofies – Emac AG
www.sofiesgroup.com
Wildbachstrasse 46
8008 Zürich
+41 44 380 31 44

Sofies Group
Rue du Vuache 1, CP 2091
1211 Genève1
+41 22 338 15 24

Vorbemerkungen zum Grundlagenbericht

Der vorliegende Grundlagenbericht (Bericht I) wird durch zwei weitere Berichte aus dem Pilotprojekt ergänzt: durch die Strategie (Bericht II) mit konkreten Massnahmenvorschlägen und einen Kurzbericht zuhanden des BLW (Bericht III) zur Weiterentwicklung des Instruments der Landwirtschaftlichen Planung zum Umgang mit Trockenheit.

Der Grundlagenbericht:

- stellt das gemeinsam entwickelte System «Landwirtschaft und Trockenheit» vor
- entspricht einer umfassenden Situationsanalyse der
 - exogenen Faktoren, die im Rahmen des Projekts kaum oder gar nicht beeinflussbar sind, wie z. B. die Politik, das Wetter und Klima oder der Markt (Kapitel 3)
 - endogenen Faktoren, die beeinflussbar sind, wie z. B. die Wasserversorgung, die landwirtschaftliche Produktion oder das Bewässerungsmanagement (Kapitel 4)
- modelliert mit verschiedenen Szenarien den zukünftigen Bewässerungsbedarf und die Risiken von Wasserknappheit für verschiedene Gebiete im Projektperimeter (Kapitel 4.2.3 und 4.4.1)
- ist eine Art Nachschlagewerk

Der Grundlagenbericht dient allen, die bei der Umsetzung der Strategie (Bericht II) gefordert sind: die Fachstellen im Bereich Landwirtschaft, Wasser und Boden der Verwaltung des Kantons Aargau und weiteren Kantonen des Schweizer Mittellands, die Bundesverwaltung, sowie an die landwirtschaftliche Beratung, den Bauernverband Aargau, die Forschung und an innovative Betriebe.

Da ein umfassender, systemischer Ansatz verfolgt wird, stellt der Bericht bestehende Grundlagen zusammen und ergänzt diese punktuell. Nicht jedes Thema ist gleich detailliert aufgearbeitet, sondern jeweils soweit, wie es für den Strategieprozess erforderlich war.

Kurzfassung

Das erweiterte Bünztal zeichnet sich insgesamt durch fruchtbare Böden aus. Im Vergleich mit anderen Regionen des Kantons Aargau ist der Flächenanteil, auf dem bewässerungswürdige Kulturen angebaut werden, überdurchschnittlich hoch – zumindest im unteren Bünztal (Abschnitt 4.2.2). Bei aktuellen Produktionsbedingungen lohnt sich eine Bewässerung aus finanzieller Sicht grundsätzlich bei allen Spezialkulturen (Gemüse, Obst, Beeren) und Kartoffeln. Diese machen im Bünztal durchschnittlich knapp 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche¹ aus. Auf den übrigen rund 90 % werden Kulturen angebaut, welche aus heutiger Sicht nicht bewässerungswürdig sind.

Wasserdargebot Oberflächengewässer und Bewässerungsbedarf

Der Zugang zu den für die Bewässerung notwendigen Wasserressourcen ist nicht in allen Teileinzugsgebieten sichergestellt. Dies hat sich anhand der Erfahrungen in den Sommermonaten der vergangenen Jahre gezeigt und wird durch die Situationsanalyse im Pilotprojekt bestätigt. An der Bünz mussten die Wasserentnahmen aufgrund von Niedrigwasser oder hohen Wassertemperaturen immer häufiger sistiert werden (Abschnitt 3.3.1). Die hydrologischen Szenarien Hydro-CH2018 bestätigen, dass die Bünz im Sommer kein zuverlässiger Wasserbezugsort mehr ist.

Weiter zeigen Wasserknappheitsmodellierungen für die Zukunft ein differenzierteres Bild für die betrachteten Teileinzugsgebiete (siehe Abbildung 4-16). Den Modellierungen liegt ein Vergleich des Bewässerungsbedarfs einerseits und dem hydrologischen Dargebot der Oberflächengewässer und des Niederschlags andererseits zugrunde. Dabei werden zwei Klimaszenarien² und zwei Bewässerungsszenarien unterschieden: In einem Fall werden alle bewässerungsbedürftigen Kulturen bewässert, im andern Fall nur bewässerungswürdige Kulturen. Es zeigt sich:

- Aus der Reuss steht auch in Zukunft noch genügend Wasser für die landwirtschaftliche Bewässerung zur Verfügung.
- Unter der Annahme, dass sämtliche bewässerungsbedürftige Kulturen bewässert werden, kann im gesamten Bünztal und im Birrfeld der theoretische Bewässerungsbedarf der heute angebauten Kulturen unter künftigem Klima in den Monaten Juni bis September bei weitem nicht durch Niederschlag und Oberflächengewässer gedeckt werden. Besonders stark betroffen sind die Teileinzugsgebiete Bünz-Nord und Bünz-Mitte.
- Werden in Zukunft lediglich die aus heutiger Sicht bewässerungswürdigen Kulturen bewässert, kann der Bewässerungsbedarf zwar deutlich gesenkt werden. Doch selbst in diesem

¹ Beitragsberechtigte Fläche gemäss Direktzahlungsverordnung (DZV).

² Ein Klimaszenario beschreibt einen schwachen Klimawandel in naher Zukunft bzw. einen erfolgreichen Klimaschutz. Das zweite Klimaszenario beschreibt einen starken Klimawandel in mittlerer bis ferner Zukunft bzw. ohne starke Reduktion der Treibhausgase. Verwendet wurden Szenarien zur Klimaänderung in der Schweiz der Generation CH2011. Beide basieren auf dem Emissionsszenario A1B, bilden aber unterschiedliche Modellketten ab (Abbildung 4-11).

Fall reicht das Dargebot aus Oberflächengewässer und Niederschlag im Teileinzugsgebiet Bünz-Nord nicht aus, um den Bewässerungsbedarf zu decken. In den Teileinzugsgebieten Birrfeld und Bünz-Mitte kann der Bedarf der bewässerungswürdigen Kulturen in einem durchschnittlichen Juli bei schwachem Klimawandel noch gedeckt werden, bei starkem Klimawandel jedoch nicht mehr.

- Bei den Szenarien zur Bewässerungswürdigkeit handelt es sich um Extremszenarien. Vermutlich werden sich die Agrarpolitik und der Markt in den nächsten Jahrzehnten an die zunehmende Trockenheit anpassen, so dass mehr Kulturen bewässerungswürdig werden, als dies heute der Fall ist. Somit ist es am wahrscheinlichsten, dass die Knappheitssituation irgendwo zwischen den vier dargestellten Szenarien liegt. Genaue Prognosen sind aufgrund der Systemunsicherheiten heute jedoch nicht möglich.

Kommunale Wasserversorgung

Die Möglichkeiten für den Wasserbezug aus der kommunalen Wasserversorgung unterscheidet sich von Gemeinde zu Gemeinde stark. So kann z. B. in Othmarsingen heute sehr viel Wasser aus der öffentlichen Wasserversorgung für Bewässerungszwecke abgegeben werden, weil ein grosser industrieller Wasserbezüger vor kurzem seinen Betrieb eingestellt hat. In anderen Gemeinden konnte gemäss einer Umfrage des Landwirtschaftlichen Zentrums Liebegg im Jahr 2018 nicht immer die gewünschte Wassermenge an die Landwirtschaft abgegeben werden.

In den stark von Wasserknappheit betroffenen Gebieten sind heute die Bünz und die kommunale Wasserversorgung die wichtigsten Wasserbezugsquellen. Die öffentliche Wasserversorgung stösst bereits heute vielerorts an ihre Grenzen. Angesichts der Prognosen für das Bevölkerungswachstum wurde darum das Projekt «Wasser 2035» lanciert, welches die kommunale Wasserversorgung mit einer grossen Ringleitung regional sicherstellen soll. Zusätzliches Wasser soll vor allem aus dem ergiebigen Grundwasservorkommen Länzert erschlossen werden, welches im Westen an den Projektperimeter angrenzt. Hier wird der Grundwasserstrom insbesondere durch das untere Seetal von Süden und andererseits durch die Aare gespiesen.

Anfälligkeit der heutigen Produktion auf Trockenheit und Hitze

Selbst wenn der Wasserbezug für die Bewässerung und eine effiziente Nutzung für die Zukunft sichergestellt werden, wird die zunehmende Trockenheit zu einem immer grösseren volkswirtschaftlichen und betrieblichen Risiko. Wie einleitend erwähnt, gelten bei heutigen Bedingungen nur knapp 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Projektperimeters als bewässerungswürdig. Dieser Anteil ist im kantonalen Vergleich relativ hoch, doch lohnt sich – aus rein wirtschaftlicher Sicht – eine Bewässerung auf dem Grossteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche bei heutigen Produktionsbedingungen nicht.

Die flächenmässig wichtigsten Nutzungen (gemäss BLW-Flächenkatalog³) im Projektperimeter nach Anteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche sind (Abschnitt 4.2.1): Kunstwiesen (18 %), Winterweizen (13 %), übrige Dauerwiesen (10 %), extensiv genutzte Wiesen (9 %), Silo- und Grünmais (8 %), Weiden (7 %), Körnermais (5 %), Wintergerste (5 %), einjährige Freilandgemüse (ohne Konservengemüse) (4 %) und Winterraps (4 %).

Knapp die Hälfte (46 %) der landwirtschaftlichen Nutzfläche wird futterbaulich genutzt. Dies ist zwar etwas weniger als im gesamten Kanton (54 %), und doch hat der Futterbau auch im Projektperimeter eine zentrale Bedeutung für die landwirtschaftliche Produktion, denkt man etwa an die graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion. Grasland ist zwar relativ widerstandsfähig und kann sich nach dem Wiedereinsetzen des Regens rasch erholen und den erlittenen Rückstand kompensieren, wenn nicht sogar überholen.⁴ Gleichzeitig haben die Erfahrungen gezeigt, dass der trockenheitsbedingte Futtermangel zu Importabhängigkeiten führt und diese je nach Zeitpunkt der Trockenphase andauern können.

Auch im Ackerbau wird erwartet, dass viele der heute angebauten Kulturen mit der Trockenheit und Hitze in den Sommermonaten Mühe haben, was unter anderem die Abschätzungen des zukünftigen Bewässerungsbedarfs wichtiger Kulturen nach Smith und Fuhrer⁵ zeigen (Abschnitt 4.2.2): So wird beispielsweise erwartet, dass der Bewässerungsbedarf von Körnermais unter zukünftigem Klima gerade im Monat August deutlich zunimmt. Ob sich in diesem Fall eine Bewässerung wirtschaftlich lohnen wird, ist offen – und hängt auch von den lokalen Produktionsbedingungen ab. So wird z. B. in der Broye-Ebene⁶ Mais bereits grossflächig bewässert. Gleichzeitig ist gemäss einer Experteneinschätzung⁷ dessen systematische Bewässerung aus wirtschaftlicher Sicht kein Thema, solange über drei Jahre hinweg nicht immer Bedingungen wie in einem Hitzesommer herrschen. Hinzu kommt, dass die Hitze einen limitierenden Faktor darstellt für Körnermais. Es zeigt sich zwar, dass die Kultur bisher von der Temperaturzunahme leicht profitieren konnte. Längerfristig muss aber mit einer zunehmenden Limitierung durch Hitzestress und Ertragsminderungen aufgrund einer beschleunigten Pflanzenentwicklung gerechnet werden.⁸ Bei der zweiten flächenmässig bedeutenden Kultur, dem Winterweizen kann trockenes Wetter durchaus auch positive Effekte auf die Erträge haben, indem der Krankheitsdruck reduziert wird. Dennoch zeigen die Modellierungen von Smith und Fuhrer, dass auch bei Winterweizen im Juni und Juli Bewässerungsbedarf bestehen wird, wobei sich die erforderlichen Mengen je nach Bodentyp unterscheiden. Als drittes Beispiel sind die Zuckerrüben zu nennen, die insbesondere in den Teileinzugsgebieten Bünz-Nord (5 %) und

³ Bundesamt für Landwirtschaft BLW, „Vollzugshilfe Merkblatt Nr. 6. Flächenkatalog und Beitragsberechtigung 2020“, 19. Februar 2020.

⁴ Olivier Huguenin-Elie, Symposium von European Grassland Federation (EGF) und Eucarpia: Bilanz unter dem Gesichtspunkt des Klimas, 16. August 2019.

⁵ Pascale Smith und Jürg Fuhrer, „Anhang j) Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft“, in *Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz.*, von Olivier Chaix u. a., 2015.

⁶ Bedeutendes Anbauggebiet in den Kantonen Freiburg und Waadt.

⁷ In: Katharina Scheuner, „Bewässerung ist nur selten rentabel“, *die grüne*, 21. April 2016, 12–16.

⁸ Annelie Holzkämper und Jürg Fuhrer, „Wie sich der Klimawandel auf den Maisanbau in der Schweiz auswirkt“, *Agrarforschung Schweiz* 6, Nr. 10 (2015): 440–47.

Birrfeld (7 %) bedeutend sind. Die Erfahrungen aus den Jahren 2015 und 2018 zeigen, dass die Ernte unterdurchschnittlich ausfiel.⁹ Bereits aktuell besteht in den Monaten Juli und August Bewässerungsbedarf. Mit fortschreitendem Klimawandel nimmt dieser weiter zu. Gemäss einer Experteneinschätzung wird der Anbau von Zuckerrüben auf leichten Böden eine Herausforderung sein und ist ohne Bewässerung grundsätzlich in Frage zu stellen.¹⁰

Von der Situationsanalyse zur Anpassungsstrategie

Die Kapitel 3 und 4 legen die Basis für das gemeinsame Problemverständnis. Daraus resultiert der im separaten Bericht II vorgestellte Ansatz, um die von Trockenheit ausgehenden Risiken zu minimieren. Die entwickelte Strategie besteht aus 3 Stossrichtungen, 7 Handlungsfeldern und 27 Massnahmenvorschlägen zur Anpassung an den Klimawandel.

⁹ Bundesamt für Umwelt BAFU, „Hitze und Trockenheit im Sommer 2018“, Umwelt-Zustand, 2019, 42.

¹⁰ Experteneinschätzung des Landwirtschaftlichen Zentrums Liebegg im Rahmen der Vernehmlassung der Strategie (Bericht II).

Inhaltsübersicht

	Kurzfassung.....	4
	Inhaltsübersicht	8
	Abkürzungsverzeichnis.....	10
1	Ausgangslage.....	11
1.1	Problemstellung	11
1.2	Zweck des Berichts und Abgrenzung	11
1.3	Untersuchungsraum	12
2	Umgang mit Unsicherheiten und Systemabgrenzung	15
2.1	Vorgehen nach Landwirtschaftlicher Planung.....	15
2.2	Systemischer Ansatz und Aufbau des Berichts	16
2.3	Methoden und Übertragbarkeit	19
2.4	Unsicherheiten	19
3	Exogene Systembereiche.....	21
3.1	Politikbereiche	21
3.2	Wetter und Klima.....	24
3.3	Gewässer	32
3.3.1	Wasserdargebot Oberflächengewässer.....	33
3.3.2	Wasserdargebot Grundwasser	38
3.3.3	Wassertemperatur Oberflächengewässer	43
3.4	Boden	45
3.5	Natur und Landschaft.....	50
3.6	Markt	53
4	Endogene Systembereiche	58
4.1	Kommunale Wasserversorgung.....	58
4.2	Landwirtschaftliche Produktion	64
4.2.1	Landwirtschaftliche Produktion im Projektperimeter	64
4.2.2	Anfälligkeit der Nutzungen hinsichtlich Trockenheit.....	70
4.2.3	GIS-Analyse Teil a: Abschätzung des Bewässerungsbedarfs bei heutiger Produktion	78
4.2.4	Betriebliche Anpassungen an Trockenheit	82
4.3	Absatz und Wertschöpfung	85
4.4	Bewässerungsmanagement.....	91

4.4.1	GIS-Analyse Teil b: Vergleich von Bewässerungsbedarf und Wasserdargebot.....	92
4.4.2	Bewässerungsentscheid	95
4.4.3	Wasserbezug	98
4.5	Wissen und Technik.....	103
5	Literatur.....	111
6	Anhang.....	116
6.1	Entnahmeeinschränkungen im Sommer 2018.....	116
6.2	Projekt «Wasser 2035».....	118
6.3	Grundlagen und weitere Ergebnisse der GIS-Analyse	126
6.4	Umfrage Wasserbedarf Landwirtschaft.....	136
6.5	Systembild: Zooms.....	138

Abkürzungsverzeichnis

Ämter, Fachstellen und weitere Organisationen	
AfU	Abteilung für Umwelt (Kt. AG)
ALG	Abteilung Landschaft und Gewässer (Kt. AG)
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BLV	Bundesamts für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
BVA	Bauernverband Aargau
BWL	Bundesamt für wirtschaftliche Landesversorgung
HAFL	Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften
KOBO	Kompetenzzentrum Boden
Liebegg	Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg (Kt. AG)
LwAG	Landwirtschaft Aargau (Kt. AG)
Weitere Abkürzungen	
AGIS	Aargauisches Geografisches Informationssystem
AP22+	Agrarpolitik ab 2022
EZG	Einzugsgebiet
GIS	Geografisches Informationssystem
HADES	hydrologischem Atlas der Schweiz
HF	Handlungsfeld
IKA	Interkommunalen Anstalt
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LP	Landwirtschaftliche Planung
PNG	pflanzennutzbare Gründigkeit
RCP	Representative Concentration Pathway (Emissionsszenario)
RLS	Regionale Landwirtschaftliche Strategien
«Wasser 2035»	Projekt «Vision regionaler Wasserverbund Bünztal-Reusstal»

1 Ausgangslage

1.1 Problemstellung

Der Kanton Aargau zählt zu den Top-5-Agrarkantonen der Schweiz. Ein wichtiges Anbauggebiet ist das Bünztal. Seit dem Jahr 2003 war die Landwirtschaft in diesem Gebiet immer wieder von Wasserknappheit betroffen, ebenso Natur und Landschaft, etwa die Bünzaue, ein Auengebiet von nationaler Bedeutung. Die Problematik hat im Sommer 2018 dazu geführt, dass der Kanton einen Dialog zwischen der Verwaltung und den Verbänden zum Umgang mit Trockenheit lancierte.¹¹ Die betroffenen Akteure sind sich einig, dass es anstelle kurzfristiger Notmassnahmen langfristig wirksame Massnahmen zur Anpassung braucht. Zur Weiterführung dieses Prozesses wurde das Pilotprojekt «*Landwirtschaft und Bewässerung im Klimawandel – Anpassung als Chance!*» initiiert.

Vor dem Hintergrund von zunehmender Trockenheit wurde das Pilotprojekt auf folgende Hauptpunkte ausgerichtet, welche für die Region bisher fehlten:

- Ein gemeinsames ganzheitliches Systemverständnis der Landwirtschaft und Bewässerung, welches die Einflüsse von Boden, Wasser, Landnutzung und dem Markt berücksichtigt;
- Die Erarbeitung und Bereitstellung von Wissens- und Entscheidungsgrundlagen;
- Die Entwicklung einer langfristig orientierten Strategie mit präventiv wirksamen Massnahmen für ein widerstandsfähiges und nachhaltiges Produktionssystem.

Unabhängig von diesem Pilotprojekt laufen in der Region die nachfolgenden Aktivitäten, welche ebenfalls vom Thema Trockenheit betroffen sind und mit denen Schnittstellen bestehen:

- Moderne Melioration Othmarsingen
- Projekt «Wasser 2035» (siehe Kapitel 4.1 und Anhang 6.2)
- Entwicklungsschwerpunkt Klimaschutz und Klimaanpassung des Kantons Aargau¹²

1.2 Zweck des Berichts und Abgrenzung

Ziel und Zweck des vorliegenden Grundlagenberichts (Bericht I) ist es darum, unter Berücksichtigung der oben genannten Aktivitäten:

- eine ganzheitliche Systemanalyse vorzunehmen und das von den Akteuren gemeinsam entwickelte Systemverständnis abzubilden,

¹¹ Departement Bau, Verkehr und Umwelt BVU Kt. AG, „Trockenheit: Dialog zwischen Verwaltung und Verbänden ist lanciert. Medienmitteilung vom 10.8.2018“, 10. August 2018, https://www.ag.ch/de/weiteres/aktuelles/medienportal/medienmitteilung/medienmitteilungen/mediendetails_105040.jsp.

¹² Regierungsrat Kt. AG, „Bulletin zur Regierungsratssitzung. Regierungsrat will Entwicklungsschwerpunkt ‚Klimaschutz und Klimaanpassung‘ schaffen.“, 10. Mai 2019, https://www.ag.ch/de/aktuelles/medienportal/medienmitteilung/medienmitteilungen/mediendetails_121926.jsp.

- eine umfassende Wissens- und Entscheidungsgrundlage für weiterführende Massnahmen bereitzustellen, welche bereits vorhandene Grundlagen berücksichtigt und diese wo nötig und sinnvoll mit weiteren Analysen ergänzt.
- die angewandten Methoden, verwendeten Grundlagen und damit verbundenen Unsicherheiten nachvollziehbar zu dokumentieren und damit die Übertragbarkeit sicherzustellen.

Der Grundlagenbericht wird mit Strategieteil (Bericht II) ergänzt. Dieser beinhaltet die im Rahmen der Workshops erfolgten Beiträge zur Strategieentwicklung und zeigt sowohl kurz- als auch langfristige Massnahmen zur Anpassung an die Trockenheit auf.

1.3 Untersuchungsraum

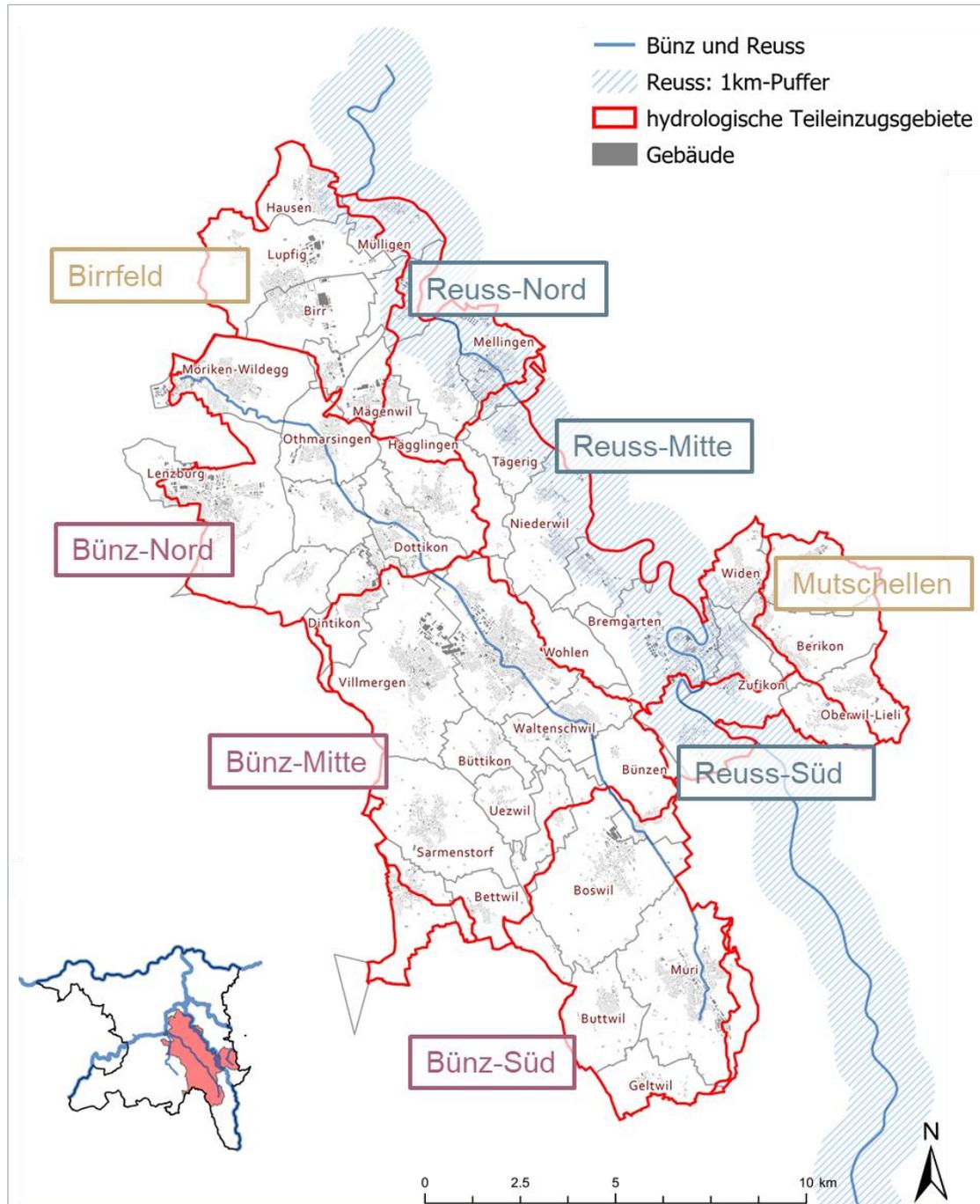
Projektperimeter ist das erweiterte Bünztal. Um Fragen der regionalen Wasserversorgung und insbesondere Schnittstellen zum Projekt «Wasser 2035» (siehe Abschnitt 4.1c) zu nutzen, geht der Projektperimeter über das Bünztal hinaus und umfasst neben den im hydrologischen Einzugsgebiet der Bünz liegenden auch weitere, vom Projekt «Wasser 2035» berücksichtigte Gemeinden. Letztere liegen im Einzugsgebiet der Reuss und weisen eine aus hydrologischer Sicht unterschiedliche Ausgangslage auf. Der Projektperimeter ist also der grösste gemeinsame Nenner zwischen dem hydrologischen Einzugsgebiet der Bünz und dem vom Projekt «Wasser 2035» betrachteten Raum. Das Einzugsgebiet der Bünz wird jedoch bewusst detaillierter betrachtet, da dort die Hot-Spots der Wasserknappheitsprobleme liegen. Auf die Situation im Reusstal wird nur punktuell eingegangen.

Für hydrologische Analysen musste der Projektperimeter in Teileinzugsgebiete unterteilt werden (Abbildung 1-1, Abbildung 1-2). Diese Einteilung richtet sich nach topographischen Kriterien.¹³ So werden Gebiete zusammengefasst, aus welchen alles Wasser aus dem am tiefsten gelegenen Punkt herausfliesst. Drei der Teileinzugsgebiete decken ungefähr das Bünztal ab – zwei davon das untere Bünztal, das dritte liegt im oberen Bünztal. Sie werden im Bericht hydrologisches Teileinzugsgebiet Bünz-Nord, Bünz-Mitte und Bünz-Süd genannt. Die Teileinzugsgebiete Reuss-Nord, Reuss-Mitte und Reuss-Süd umfassen die Gemeinden entlang der Reuss. Weiter liegen im Projektperimeter zwei Teileinzugsgebiete, aus welchen das Wasser weder in die Bünz, noch in die Reuss abfliesst. Sie werden nach der Region benannt, die sie ungefähr abdecken. Dabei ist zu beachten, dass die hydrologischen Teileinzugsgebiete nicht entlang der administrativen Grenzen, also der Gemeindegrenzen, verlaufen. Trotzdem wurden in Abbildung 1-2 die einzelnen Gemeinden jeweils einem Teileinzugsgebiet zugeordnet, dem sie am ehesten entsprechen. In Abbildung 1-1 sind zudem das Bilanzierungsgebiet sowie zwei Messstationen eingezeichnet, welches für Analysen des Abflusses der Bünz resp. der Reuss betrachtet wurden (beides ist massgebend für Kapitel 3.3). Innerhalb des Projektperimeters und am nördlichen Rand des Hauptbetrachtungsraums findet ebenfalls die moderne Melioration Othmarsingen (Teileinzugsgebiet Bünz-Nord) statt. Der vorliegende Grundlagenbericht

¹³ Die Teileinzugsgebiete basieren auf: Bundesamt für Umwelt BAFU, „Einzugsgebietsgliederung Schweiz, EZGG-CH. Topographische Einzugsgebiete der Schweizer Gewässer.“, 2015. Sie unterteilt den Raum in Einzugsgebiete von durchschnittlich 1.8 km² Fläche. Für die hier verwendeten Teileinzugsgebiete wurden diese aggregiert.

wurde in enger Zusammenarbeit mit diesem Projekt erstellt, so dass der Fall Othmarsingen als Fallbeispiel bei einigen Kapiteln vertieft betrachtet wird.

Abbildung 1-1: Projektperimeter mit Teileinzugsgebieten und hydrologischen Messstationen



Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG, „Übersicht Projektperimeter und Teileinzugsgebiete inkl. Messstationen. Auf Anfrage“, 2020.

Abbildung 1-2: Übersicht Teileinzugsgebiete und Gemeinden

Teil-EZG	Gemeinde	Region ¹⁴
Bünz-Nord	Ammerswil	Lebensraum Lenzburg Seetal
	Lenzburg	Lebensraum Lenzburg Seetal
	Möriken-Wildegg	Lebensraum Lenzburg Seetal
	Dottikon	Unteres Bünztal
	Dintikon	Unteres Bünztal, Lebensraum Lenzburg Seetal
	Häggingen	Unteres Bünztal
	Hendschicken	Unteres Bünztal, Lebensraum Lenzburg Seetal
	Othmarsingen	Unteres Bünztal, Lebensraum Lenzburg Seetal
Bünz-Mitte	Büttikon	Unteres Bünztal
	Sarmenstorf	Unteres Bünztal
	Uezwil	Unteres Bünztal
	Villmergen	Unteres Bünztal
	Waltenschwil	Unteres Bünztal, oberes Freiamt
	Wohlen	Unteres Bünztal
	Bettwil	Oberes Freiamt, Lebensraum Lenzburg Seetal
	Bünzen	Oberes Freiamt
	Kallern	Oberes Freiamt
Bünz-Süd	Boswil	Oberes Freiamt
	Buttwil	Oberes Freiamt
	Geltwil	Oberes Freiamt
	Muri	Oberes Freiamt
Reuss-Nord	Birrhard	Brugg Regio
	Melligen	Baden Regio
	Mülligen	Brugg Regio
	Wohlenschwil	Baden Regio
Reuss-Mitte	Bremgarten	Mutschellen-Reusstal-Kelleramt
	Fischbach-Göslikon	Mutschellen-Reusstal-Kelleramt
	Niederwil	Mutschellen-Reusstal-Kelleramt
	Tägerig	Baden Regio
	Widen	Mutschellen-Reusstal-Kelleramt
	Zufikon	Mutschellen-Reusstal-Kelleramt
Mutschellen	Berikon	Mutschellen-Reusstal-Kelleramt
	Oberwil-Lieli	Mutschellen-Reusstal-Kelleramt
	Rudolfstetten-Friedlisberg	Mutschellen-Reusstal-Kelleramt
Birrfeld	Birr	Brugg Regio
	Brunegg	Brugg Regio
	Hausen	Brugg Regio
	Lupfig	Brugg Regio
	Mägenwil	Baden Regio

¹⁴ Die Einteilung entspricht der Zugehörigkeit zu den 12 Regionalplanungsverbände des Kantons Aargau gemäss: https://www.ag.ch/de/dvi/wirtschaft_arbeit/aargau_services/regionen/unteres_buenztal/unteresbuenztal.jsp

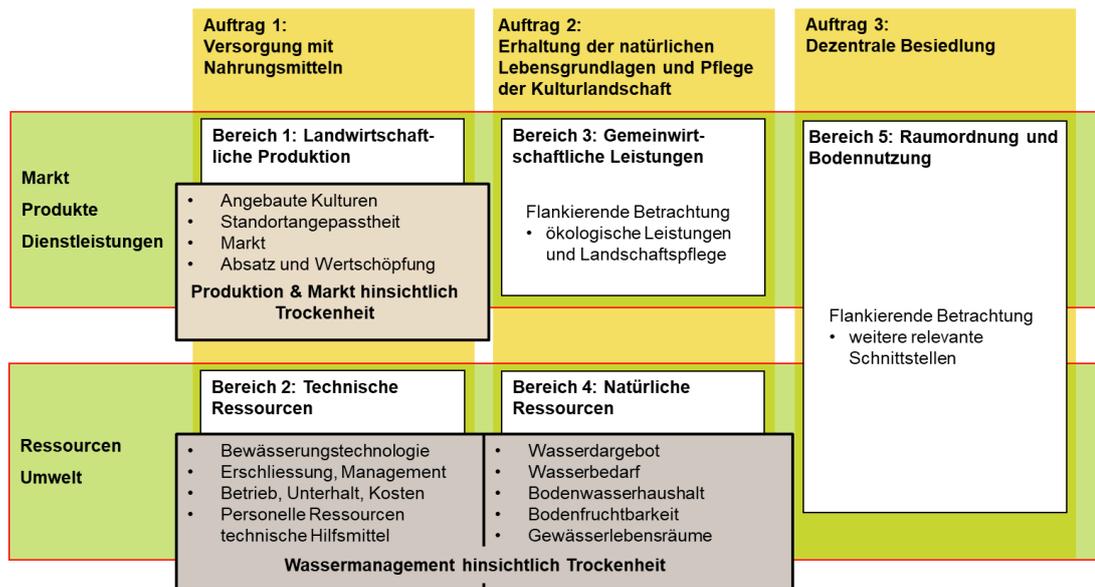
2 Umgang mit Unsicherheiten und Systemabgrenzung

2.1 Vorgehen nach Landwirtschaftlicher Planung

Die Landwirtschaftliche Planung (nachfolgend LP genannt) ist ein Instrument und Verfahren zur ganzheitlichen Entwicklung landwirtschaftlicher und landschaftlicher Räume. Initiiert durch das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) wurde das Instrument eingeführt, damit sowohl die Behörden auf Stufe Bund, Kanton, Region und Gemeinde als auch die Landwirtschaft selbst mittels einer LP Massnahmen entwickeln und für eine Umsetzung vorbereiten können. So sollen grössere raumrelevante Projekte wie z. B. Strassenbauten oder Hochwasserschutzprojekte, umfassendere Planungen oder Strukturverbesserungsmassnahmen unter Einbezug der verschiedenen landwirtschaftlichen, landschaftlichen und raumplanerischen Interessen realisiert werden können. Seit Januar 2018 ist die LP in der Strukturverbesserungsverordnung (SVV) des Bundes verankert (Art. 14. Bst. j). Kernelemente der Landwirtschaftlichen Planung sind die Partizipation und sektorübergreifende Sichtweise. Die LP ist methodisch so aufgebaut, dass sich damit auch die Auswirkungen von Trockenheit bearbeiten lassen. Im Rahmen einer LP werden mit den betroffenen Akteuren üblicherweise 4 bis 5 Workshops durchgeführt. Für das Pilotprojekt wurde das Verfahren auf 3 Workshops konzentriert. Beim ersten Workshop lag der Fokus auf der Entwicklung des Systembilds und beim zweiten Workshop auf der SWOT-Analyse und den Entwicklungsszenarien (siehe Bericht II). Im Rahmen des dritten Workshops werden Handlungsfelder und Massnahmen diskutiert.

Eine LP umfasst üblicherweise die fünf Sachbereiche Landwirtschaftliche Produktion, Technische Ressourcen, Gemeinwirtschaftliche Dienstleistungen, natürliche Ressourcen, Raumordnung und Bodennutzung (siehe weisse Kästchen in Abbildung 2-1). Die fünf Sachbereiche ergeben sich durch die Kombination der drei Hauptaufgaben der Landwirtschaft gemäss Bundesverfassung (Art. 104 BV) und den zwei Ebenen Markt/Produkte/Dienstleistungen sowie den dazu notwendigen Ressourcen. Für jeden der fünf LP-Bereiche wurde systematisch überlegt, welche Fragestellungen sich hinsichtlich Trockenheit stellen. Die meisten und konkretesten Fragen stellen sich in den Bereichen 1, 2 und 4.

Abbildung 2-1: Erweiterung und Anwendung der LP zum Umgang mit Trockenheit



Quelle: eigene Abbildung, basierend auf Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Suissemelio, und Geosuisse, „Wegleitung Landwirtschaftliche Planung. Position und Entwicklung der Landwirtschaft im Zusammenhang mit raumrelevanten Vorhaben.“, 2009.

Legende: hellbraun: Fokusthema Produktion-Markt hinsichtlich Trockenheit
 dunkelbraun: Fokusthema Wassermanagement hinsichtlich Trockenheit
 weiss: 5 Sachbereiche einer üblichen LP, hinsichtlich Trockenheit nur von flankierender Relevanz
 gelb: 3 Hauptaufträge der Landwirtschaft gemäss Verfassung
 grün: 2 Ebenen Markt/Produktion/Dienstleistungen und Ressourcen/Umwelt

2.2 Systemischer Ansatz und Aufbau des Berichts

Um dem Ziel einer ganzheitlichen Systemanalyse gerecht zu werden, wurde eine systemischer Ansatz gewählt. Das Systembild diente insbesondere dazu, ein gemeinsames Systemverständnis mit den betroffenen Akteuren zu entwickeln. Weiter hilft das Systembild, disziplin- und sachbereichsübergreifende Zusammenhänge und Lösungsoptionen zu erkennen (siehe Anhang 6.5 und Bericht II).

Auf Basis von Abbildung 2-1 wurde am ersten Workshop zusammen mit den Akteuren der Prototyp eines Systembilds entwickelt. Die Leitfrage an die Workshop-Teilnehmenden lautete dabei:

Wie sieht das landwirtschaftliche System bezüglich Trockenheit gemäss den Erfahrungen aus den Trockenjahren 2003, 2015 und 2018 aus?

Im Anschluss wurde das Systembild mit Hilfe von Literatur und Expertengesprächen weiter differenziert (siehe Abbildung 2-2). Das System lässt sich in elf thematische Systembereiche einteilen, welche sich durch detaillierte Systemelemente beschreiben lassen. Dabei unterscheiden sich:

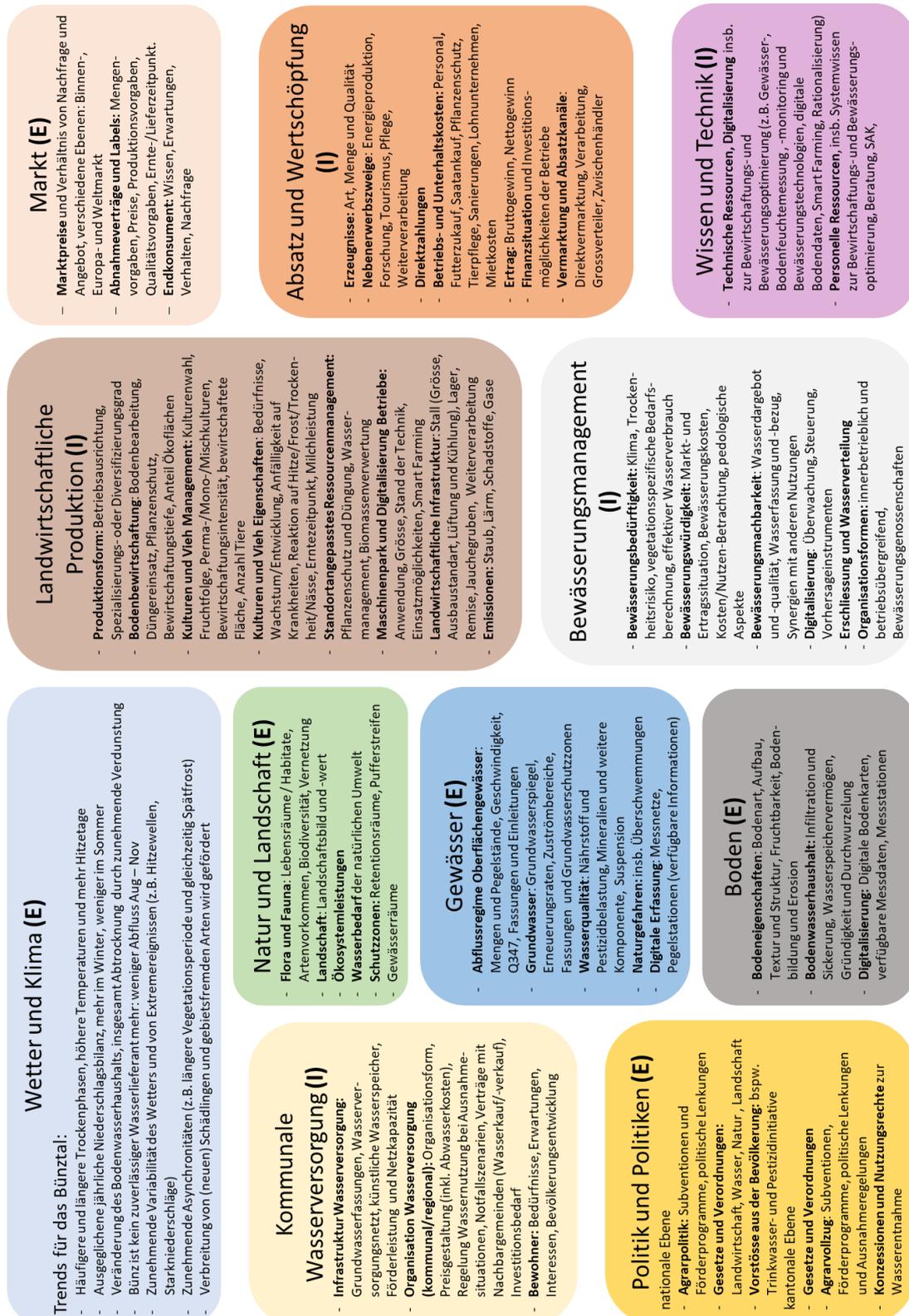
- **Exogene Systembereiche**, die aus Systemelementen bestehen, die im Rahmen des Projekts gar nicht oder nur sehr schwer beeinflusst werden können. Dazu zählen Politik und Politiken, Wetter und Klima, Gewässer, Boden, Natur und Landschaft und letztlich auch der Markt aus der Optik der einzelnen Betriebe.
- **Endogene Systembereiche**, die beeinflussbar sind, indem bei einzelnen Systemelementen Anpassungen vorgenommen werden, was sich wiederum auf weitere Systemelemente auswirkt. Definiert wurden die fünf Bereiche Kommunale Wasserversorgung, Landwirtschaftliche Produktion, Absatz und Wertschöpfung, Bewässerungsmanagement und Wissen und Technik.

Für ein ganzheitliches Systemverständnis sind sowohl die exogenen als auch die endogenen Systembereiche zu betrachten. Sie tragen aber unterschiedlich zum Systemverständnis bei. Die erste Gruppe der nicht beeinflussbaren Systembereiche dient dazu, dass die Rahmenbedingungen – also was gegeben ist – stets mitgedacht werden und sich Überlegungen zu möglichen Veränderungen danach richten. Die endogenen Systembereiche und deren Zusammenhänge mit den exogenen Bereichen geben Hinweise für Handlungsoptionen.

Der Bericht ist nach der Logik des Systembilds aufgebaut: Zuerst – in Kapitel 3 – werden die exogenen Systembereiche dargestellt. Sie bilden den Rahmen, innerhalb dessen die durch das Pilotprojekt beabsichtigte Strategieentwicklung zu erfolgen hat. Dann – in Kapitel 4 – folgt die Beschreibung derjenigen Systembereiche, wo Änderungen denkbar sind. Zusammen bilden die beiden Kapitel die Grundlagen des Pilotprojekts.

Im Bericht II folgen dann strategische, auf diesen Grundlagen basierende Überlegungen zu den Stärken und Schwächen (endogen) und Risiken und Chancen (exogen) des Systems und zu möglichen, mit der Workshopgruppe diskutierten Entwicklungsszenarien. Daraus werden Handlungsfelder und Vorschläge für Massnahmen abgeleitet.

Abbildung 2-2: System «Landwirtschaft und Trockenheit» im Überblick



Quelle: eigene Darstellung

2.3 Methoden und Übertragbarkeit

Für jeden Systembereich stellt der Bericht die wichtigsten Wissensgrundlagen und Systemzusammenhänge hinsichtlich Trockenheit in einem separaten Teilkapitel vor. Die angewandten Methoden reichen von GIS-Analysen, Synthesen der Klimaszenarien CH2018, Auswertungen von Messreihen, Literaturrecherchen bis hin zu Umfragen und unterscheiden sich für jeden Systembereich. Die entsprechenden Datengrundlagen und angewandten Methoden werden darum jeweils zu Beginn der einzelnen Kapitel aufgeführt.

Um die Übertragbarkeit auf andere Regionen im Kanton Aargau und auf das gesamte Mittelland so weit wie möglich zu gewährleisten, wurde ein stufenweises, flexibles Vorgehen gewählt:

- Das entwickelte Systembild mit den elf Systembereichen dient als Ausgangslage für viele betroffene Regionen im Mittelland. Die einzelnen Systemelemente und Zusammenhänge werden sich jedoch unterscheiden und sind situationsspezifisch anzupassen.
- In Kapitel 3 werden viele prozessorientierte Grundlagen zur Verfügung gestellt, welche weitgehend auch für andere Regionen im Mittelland gelten.
- Wo nötig und zweckmässig können für ausgewählte Systembereiche weitere vertiefende Analysen gemacht werden, oder umgekehrt auch vereinfachte Methoden gewählt werden.

2.4 Unsicherheiten

Der vorliegende Bericht beschreibt zum einen die heutige Situation und macht zum anderen Aussagen zur Zukunft, was unumgänglich mit Unsicherheiten behaftet ist. Um die Komplexität zu reduzieren mussten zudem Annahmen getroffen werden, welche Systembereiche weitgehend von aussen bestimmt sind (siehe Kapitel 2.2). Weiter sind die zur Verfügung stehenden Datengrundlagen nicht immer vollständig bzw. liegen in unterschiedlichen Genauigkeiten vor. Die Aussagen sind somit auch system- und datenbedingt mit Unsicherheiten behaftet. Wo nötig wird deshalb zu Beginn in den einzelnen Kapiteln auf die jeweiligen spezifisch angewandten Methoden, Grundlagen und Unsicherheiten eingegangen.

a) Beobachtungen, Referenzperiode

Wird die aktuelle Situation beschrieben, basieren die Erkenntnisse auf Messungen und Beobachtungen der Vergangenheit. Die Daten umfassen im Idealfall einen längeren Zeitraum. In vielen Fällen kann so von der Vergangenheit in die Zukunft geschlossen werden oder die Beobachtungen dienen als Referenzperiode für den Vergleich mit künftigen Entwicklungen. Für die Beurteilung der Klimaentwicklung umfasst die Referenzperiode in der Regel die Jahre 1981 bis 2010, diese Zeit gilt somit als gegenwärtige Norm des Schweizer Klimas. Ein Jahr, das im mittleren Bereich dieser Referenzperiode liegt, wird daher auch als Normaljahr bezeichnet.

b) Zukunftsszenarien

Die Beschriebe der Zukunft sind nicht als Prognosen zu verstehen, sondern als Szenarien. Diese zeigen nach dem heutigen Stand des Wissens mögliche Entwicklungen auf. Sowohl für die Entwicklung des Klimas als auch für sozioökonomische Entwicklungen wird auf Szenarien zurückgegriffen – was in jedem Fall mit Unsicherheiten verbunden ist.

- **Klimaszenarien:** Mittels unterschiedlicher Klimaszenarien werden mögliche Entwicklung des Klimas abgeschätzt. Dabei sind Annahmen zu treffen, z. B. darüber, wie viel Treibhausgase weltweit emittiert werden. Zur Erstellung der Klimaszenarien braucht es zudem Klimamodelle, welche die für das Klima massgebenden Prozesse abbilden. Für die Schweiz mit ihrer komplexen Topografie müssen möglichst kleinräumige Klimamodelle verwendet werden. Trotzdem können nicht alle Prozesse vollständig abgebildet werden (mehr dazu in Kapitel 3.2).
- **Ereignisbasierte Ansätze:** Im Vergleich zu den Klimaszenarien können ereignisbasierte Ansätze sehr illustrativ sein, weil sie mit konkreten Erfahrungen der Betroffenen verbunden sind. So können die Erfahrungen aus den Trockenjahren 2003, 2015 oder 2018 ein Vorgegeschmack auf das künftige Klima geben. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich mit dem Klimawandel nicht nur die Wetterextrem häufen, sondern auch schleichende Veränderungen vor sich gehen. Da diese weniger offensichtlich und erst ab dem Erreichen eines gewissen Ausmasses spürbar sind, besteht die Gefahr, dass sie bei einem ereignisbasierten Ansatz tendenziell unterschätzt werden. Aus diesem Grund werden ereignisbasierte Ansätze in diesem Bericht wo möglich in Kombination mit den Beobachtungen und den Klimaszenarien verwendet.
- **Sozioökonomische Szenarien:** Während beispielsweise das Bevölkerungswachstum abgeschätzt werden kann, sind andere sozioökonomische Entwicklungen nur sehr schwer bis gar nicht absehbar. Welches sind etwa die Bedürfnisse der Konsumenten im Jahr 2060? Oder mit welchen politischen Instrumenten wird die Landwirtschaft in zwanzig Jahren gesteuert? Aufgrund dieser Unsicherheiten gehen wir, wo nicht anders vermerkt, von der heutigen Situation aus.

3 Exogene Systembereiche

3.1 Politikbereiche

Politik und Politiken¹⁵ werden insofern als exogenen Faktoren verstanden, als dass damit die Richtung einer Entwicklung bestimmt wird, welche im Rahmen des Projekts nicht beeinflusst werden kann. Im politischen Prozess werden Aufträge bestimmt, welche dann durch Gesetze, Verordnungen oder weitere Erlasse umgesetzt werden. Ebenfalls sehr wichtig sind Vorstösse aus der Bevölkerung, da sie sowohl die politische Entscheidungsfindung beeinflussen als auch Gesetzesänderungen initiieren können, z. B. in Form eines Gegenvorschlags zu einer Volksinitiative oder durch eine Gesetzesänderung, die in Folge einer angenommenen Volksinitiative notwendig wird. Nachfolgend wird auf die Rechtsgrundlagen im Bereich Landwirtschaft, Klima, Gewässer und Boden auf nationaler resp. kantonaler Ebene verwiesen, denn sie bilden den Rahmen, innerhalb dessen Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel zu erfolgen haben.

a) Methode und Datengrundlage

Methode	Grundlagen
Literaturarbeit	Rechtliche Grundlagen und entsprechende Erläuterungen (Literaturangaben im Text): Priorisierung und Zusammenfassung relevanter Inhalte

b) Landwirtschaft

Die Agrarpolitik der Schweiz fusst auf Art. 104 der Bundesverfassung (BV). Demnach hat der Bund dafür zu sorgen, dass die Landwirtschaft durch eine nachhaltige und auf den Markt ausgerichtete Produktion einen wesentlichen Beitrag zur sicheren Versorgung der Bevölkerung, Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen, zur Pflege der Kulturlandschaft und zur dezentralen Besiedlung des Landes vom Bund sorgt. Die Erbringung dieser gemeinwirtschaftlichen Leistungen wird durch Direktzahlungen an die Landwirtschaftsbetriebe gefördert. Die Ausrichtung dieser Subventionen ist an Kriterien geknüpft und durch das Landwirtschaftsgesetz (LwG) geregelt.

Mit der Agrarpolitik 2022+ (AP22+) steht dieses vor einer weiteren Reformetappe. Eine mögliche Änderung betrifft die Förderung einer standortangepassten Landwirtschaft durch entsprechende Beiträge. Diese werden allerdings nur dann ausgerichtet, wenn eine vom Bund bewilligte regionale landwirtschaftliche Strategie (RLS) vorliegt. Mit diesem Ansatz sollen die Kantone grösseren Gestaltungsfreiheit im Umgang mit standort- und regionspezifischen

¹⁵ Die Unterscheidung von Politik und Politiken ist üblich, um zwischen dem Prozess der politischen Entscheidungsfindung (Politik) und den Inhalten eines politischen Programms (Politiken) zu differenzieren. Politiken umfassen also alle politischen Entscheidungen, die einen direkten oder indirekten Einfluss auf die Bevölkerung haben, wie z.B. Gesetze, Verordnungen oder Massnahmen.

Herausforderungen erhalten.¹⁶ Der Kanton Aargau begrüsst grundsätzlich den Vorschlag zur Erstellung von RLS zur Koordination der diversen regionalen Förderinstrumente sowie zu deren gezielten und spezifischen Umsetzung.¹⁷

Angedacht ist, dass RLS neben den Bereichen Biodiversität, Landschaftsqualität und nachhaltige Ressourcennutzung auch land- und regionalwirtschaftliche Strukturen sowie den Zustand der ländlichen Infrastruktur berücksichtigen.¹⁸ Denn ein zweiter Schwerpunkt der Agrarpolitik besteht in der Förderung der ländlichen Entwicklung und in Strukturverbesserungen. Als wichtiges Instrument dafür dienen à-fonds-perdu Beiträge, die gemeinsam von Bund und Kanton ausgerichtet werden, um Massnahmen zur Stärkung der Wirtschafts- und Lebensverhältnisse im ländlichen Raum zu fördern. Dazu gehört auch die Finanzierung von Projekten zur Bodenverbesserung, was unter anderem durch Meliorationen erfolgt. Im Kanton Aargau laufen zurzeit¹⁹ 10 Gesamtmeliorationsprojekte²⁰ (auch Moderne Meliorationen genannt), die Verbesserungen auf betrieblicher, aber auch auf gesellschaftlicher Ebene (z. B. durch Landschaftspflege oder Landschaftsumgestaltung) anstreben. In dieses Projekt fliessen Erkenntnisse aus der Modernen Melioration Othmarsingen ein.

c) Klima

Um die Ziele des Klimaabkommens von Paris zu erreichen, hat der Bundesrat beschlossen, dass die Schweiz bis 2050 nicht mehr Treibhausgasemissionen ausstossen soll, als von Senken aufgenommen werden kann – dies unter Berücksichtigung der neusten Erkenntnisse des IPCC, welcher die Zielerreichung nur im Falle eines drastischen Rückgangs der weltweiten Treibhausgasemissionen und des Erreichens von Nettonull um 2050 als möglich erachtet. Der Kern der Schweizer Klimapolitik bildet das CO₂-Gesetz. Sein Zweck besteht darin, die Treibhausgasemissionen, insbesondere die CO₂-Emissionen, zu vermindern.²¹ Dafür definiert es Zielvorgaben und Instrumente, um die angestrebten Emissionsreduktionen zu erreichen. Zurzeit wird das Gesetz revidiert mit dem Ziel, ab 2020 eine Klimapolitik zu verfolgen, die den Anforderungen des Klimaabkommens von Paris gerecht wird. Der Vorschlag des Bundesrates mit Massnahmen in den Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr wird momentan im Parlament diskutiert. Was die Landwirtschaft betrifft, schlägt der Bundesrat vor, sämtliche Massnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen über die Agrarpolitik zu regeln.²²

¹⁶ Bundesamt für Landwirtschaft BLW, „Vernehmlassung zur Agrarpolitik ab 2022 (AP22+). Erläuternder Bericht.“ (Bern, 2018), 84.

¹⁷ Regierungsrat Kt. AG, „Agrarpolitik ab 2022. Antwort des Regierungsrats.“, 6. März 2019, 24.

¹⁸ Bundesamt für Landwirtschaft BLW, „Vernehmlassung zur Agrarpolitik ab 2022 (AP22+). Erläuternder Bericht.“, 89.

¹⁹ Stand Sommer 2019, Übersicht gemäss: Departement Finanzen und Ressourcen, Kt. AG, „Übersicht aktuelle Meliorationsprojekte, Stand Sommer 2019.“, 2019.

²⁰ Gesamtmeliorationen oder Moderne Meliorationen sind multifunktional ausgerichtete Projekte, die aufgrund der regionalen Gegebenheiten sowie der Bedürfnisse von Natur und Landschaft ausgestaltet werden.

²¹ Art. 1 Abs. 1 CO₂-Gesetz

²² Schweizerischer Bundesrat, „Botschaft zur Totalrevision des CO₂-Gesetzes nach 2020“, 2017, 248.

Neben den Massnahmen zum Klimaschutz regelt das CO₂-Gesetz auch das Vorgehen bezüglich Anpassung an den Klimawandel. Der Bund koordiniert Massnahmen und sorgt für die Erarbeitung dafür notwendiger Grundlagen²³, was durch eine Anpassungsstrategie²⁴ und dadurch initiierte Pilotprojekte²⁵ erfolgt. Die Kantone sind für die Umsetzung von Anpassungsmassnahmen zuständig.

Um sowohl die Klimaanpassung, aber auch Massnahmen zum Klimaschutz auf kantonaler Ebene voranzutreiben, hat der Kanton Aargau das Thema Klimawandel zu einem departementsübergreifenden und übergeordneten Entwicklungsschwerpunkt²⁶ erklärt, der im Aufgaben- und Finanzplan aufgenommen wird.²⁷

d) Gewässer

Vorgaben zum Gewässerschutz gehen auf das nationale Gewässerschutzgesetz (GSchG) zurück. Es definiert z. B. Anforderungen an die Wasserqualität oder Grundlagen für die Sicherung des Raumbedarfs der Gewässer, für angemessene Restwassermengen, für Sanierungsmassnahmen oder Revitalisierungen. Für den Vollzug des GSchG sind grundsätzlich²⁸ die Kantone zuständig.

Eine für dieses Projekt relevante Kantonsaufgabe besteht darin, Bewilligungen für Wasserentnahmen, die über den Gemeindegebrauch²⁹ hinausgehen, zu erteilen. Um die gesetzlich geforderten Restwassermengen einzuhalten, darf einem Fliessgewässer höchstens 20 % der Abflussmenge Q_{347} entnommen werden. Zudem werden weitere ökologische Kriterien, wie z. B. die fischökologische Bedeutung des Gewässers oder die Wassertemperatur berücksichtigt. Im Kanton Aargau werden Wasserentnahmen durch die Sektion Gewässernutzung der Abteilung Landschaft und Gewässer bewilligt. Diese sind an Auflagen gebunden.³⁰ Bei Entnahmen aus einem Bach behält sich die Bewilligungsbehörde vor, die Wasserentnahmen bei kritischen Abfluss- und/oder Temperaturverhältnissen kurzfristig einzuschränken resp. zu verbieten.

²³ Art. 8 CO₂-Gesetz

²⁴ Bundesamt für Umwelt BAFU, „Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012.“ (Bern, 2012); Bundesamt für Umwelt BAFU, „Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014–2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014“, 2014.

²⁵ Bundesamt für Umwelt BAFU, „Pilotprogramm Anpassung an den Klimawandel“, 2018, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klimawandel-stoppen-und-folgen-meistern/anpassung-an-den-klimawandel/pilotprogramm-anpassung-an-den-klimawandel.html>.

²⁶ Der Vorschlag geht auf eine am 5. März 2019 eingereichte Motion der GLP-Fraktion zurück, die vom grossen Rat am 10. September 2019 überwiesen wurde.

²⁷ Regierungsrat Kt. AG, „Bulletin zur Regierungsratssitzung. Regierungsrat will Entwicklungsschwerpunkt ‚Klimaschutz und Klimaanpassung‘ schaffen.“

²⁸ Ausnahmen regelt Art. 48 GSchG.

²⁹ Art. 29 GSchG

³⁰ Departement Bau, Verkehr und Umwelt BVU Kt. AG, „Auflagen und Hinweise für die Wasserentnahmen aus einem Bach“, o. J., zugegriffen 28. Dezember 2019; Departement Bau, Verkehr und Umwelt BVU Kt. AG, „Auflagen und Hinweise für die Wasserentnahmen aus einem Fluss“, o. J.

Ein zweites wichtiges Instrument des GSchG besteht in der Ausscheidung von Grundwasserschutz-zonen. Dadurch sollen diejenigen Grundwasservorkommen geschützt werden, die für die Trinkwasserversorgung genutzt werden. Zudem soll durch die Ausscheidung verhindert werden, dass der Grundwasserdurchfluss nachteilig beeinflusst oder behindert wird.³¹

e) Boden

Die gesetzlichen Grundlagen für den qualitativen Bodenschutz und die langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bestehen aus dem Umweltschutzgesetz (USG) und der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo). Es zeigen sich schweizweit allerdings grosse Vollzugsdefizite.³² Im Rahmen des Forschungsprogramms NFP 68 wurden in den Jahren 2013 - 2018 Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung des Bodens erarbeitet, die auch der politischen Entscheidungsfindung dienen sollen. Zurzeit wird ein nationales Kompetenzzentrum Boden aufgebaut, dessen Gründung aufgrund der Wissenslücken bezüglich Art, Umfang und Qualität der Böden politisch angestossen wurde.³³ Dadurch entsteht eine Fachstelle für Bodeninformationen. Zwei weitere, im Mai 2020 verabschiedete Instrumente des Bundes zur nachhaltigen Nutzung sind einerseits die Bodenstrategie Schweiz und andererseits der Sachplan Fruchtfolgefläche. Der quantitative Bodenschutz erfolgt über Instrumente der Raumplanung.

3.2 Wetter und Klima

Dieser Abschnitt ist als Synthese der für das Projekt wichtigsten Auswirkungen des Klimawandels zu verstehen. Auswirkungen auf die Gewässer sind im separaten Kapitel 3.3 aufgeführt.

a) Methode und Datengrundlage

Methode	Grundlagen
Synthese Klimaszenarien	Klimaszenarien CH2018: Auswahl und Beschrieb der wichtigsten Entwicklungen für die Landwirtschaft im Bünztal
Literaturrecherche	Literatur zu spezifischen Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft (Literaturangaben im Text)
Auszug Projektergebnisse	Projekt Klimaanalyse: Die Klimaanalyse des Kantons Aargau identifiziert heutige und künftige Hitzeinseln, was auch für die Landwirtschaft relevant sein kann

³¹ Bundesamt für Umwelt BAFU, „Grundwasser als Trinkwasser“, 24. November 2019, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-wasser/wasser-fachinformationen/massnahmen-zum-schutz-der-gewaesser/grundwasserschutz/grundwasser-als-trinkwasser.html>.

³² Urs Steiger, Paul Knüsel, und Lucienne Rey, „Die Ressource Boden nachhaltig nutzen. Nationales Forschungsprogramm NFP 68. Gesamtsynthese.“, 2018.

³³ 2015 nahm das Parlament die Motion Müller-Altermatt 12.4230 an, die ein Kompetenzzentrum Boden fordert.

Emissionsszenarien: verschiedene Annahmen bzgl. Klimaschutz und Zeitraum

Die Klimaszenarien CH2018 basieren auf den Emissionsszenarien des IPCC³⁴. Diese beschreiben die Entwicklung der Treibhausgasemissionen über das laufende Jahrhundert hinweg. Je nachdem, wie erfolgreich Anstrengungen zum Klimaschutz ausfallen, können die Emissionen unterschiedlich stark reduziert werden. In den Klimawissenschaften werden häufig drei Emissionsszenarien verwendet: eines beschreibt eine Entwicklung mit konsequentem Klimaschutz (RCP2.6), eines mit begrenztem Klimaschutz (RCP4.5) und eines ohne Klimaschutz (RCP8.5).³⁵ Im Bericht werden in der Regel Aussagen gemacht, die auf dem mittleren Emissionsszenario RCP4.5 beruhen und somit von einem begrenzten Klimaschutz ausgehen. Betrachtet wird dabei ein Zeithorizont bis 2060. In der Klimawissenschaften spricht man dabei üblicherweise von Entwicklungen bis um die Mitte des Jahrhunderts (Zeitraum 2045 - 2074).

Modellketten und Unsicherheiten

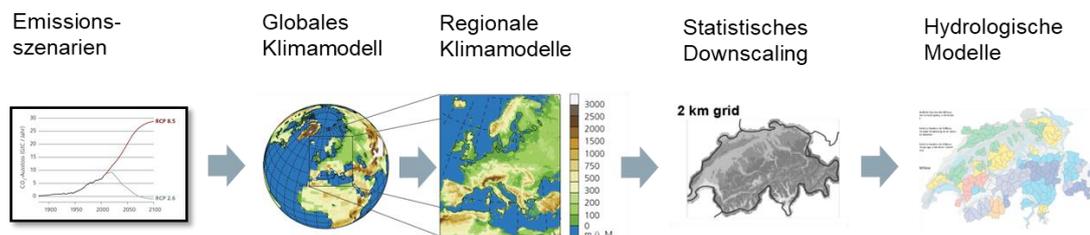
Der Weg, um von den Emissionsszenarien zu den Klimaszenarien CH2018 zu kommen, erfolgt entlang einer Modellkette (Abbildung 3-1). Zuerst werden globale Klimamodelle berechnet, die anschliessend auf eine bestimmte Region angepasst werden. Ausgehend von regionalen Klimamodellen werden mittels statistischer Methoden wiederum Modelle kalibriert, welche eine ausreichende Auflösung haben, um einzelne Regionen der Schweiz abzubilden. Um Aussagen über spezifische Auswirkungen des Klimawandels zu erhalten, zum Beispiel zu Veränderungen des Abflusses der Bünz (Abschnitt 3.3.1 im Folgekapitel), werden die Klimaszenarien mit weiteren Modellen, in diesem Fall hydrologischen Modellen kombiniert.

Bei diesem Aneinanderreihen mehrere Modelle dient jeweils der Output des größeren Modells als Input für das detailliertere. Dadurch entstehen bei jedem Konkretisierungsschritt neuen Unsicherheiten. Hinzu kommt, dass die Klimaszenarien CH2018 immer über einen gewissen Bereich streuen.³⁶ In der Regel ist dieser Unsicherheitsbereich in den Abbildungen dargestellt. In gewissen Fällen, z. B. bei Szenarien zur Entwicklung des Abflusses der Bünz in Kapitel 3.3, ist nur der Median als mittlerer Erwartungswert abgebildet.

³⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change

³⁵ Die Emissionsszenarien werden mit RCP abgekürzt, was für Representative Concentration Pathways steht. Sie geben den Strahlungsantrieb (in Watt pro m²) an, der bis Ende Jahrhundert erreicht wird und von der Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre abhängt. Je stärker der Klimaschutz ausfällt, desto mehr Emissionen können reduziert werden, desto tiefer fällt der Strahlungsantrieb aus.

³⁶ National Centre for Climate Services NCCS, Hrsg., *CH2018 - Klimaszenarien für die Schweiz* (Zürich, 2018), 21.

Abbildung 3-1: Modellkette zur Erstellung einer Aussage zu Auswirkungen des Klimawandels

Quelle: eigene Darstellung basierend auf National Centre for Climate Services NCCS, Hrsg., *CH2018 - Klimaszenarien für die Schweiz* (Zürich, 2018).

b) Grundlegende Entwicklungen

Bisherige und zukünftige Temperaturentwicklung

Mit fast 2 °C Erwärmung der bodennahen Lufttemperatur seit 1864 hat die Lufttemperatur in der Schweiz etwa doppelt so stark zugenommen wie im globalen Durchschnitt.³⁷ Am schnellsten erwärmte sich das Klima seit den 1980er-Jahren. Neun der zehn wärmsten Jahre seit Messbeginn lagen im 21. Jahrhundert. Die Klimaszenarien CH2018 zeigen eine weitere deutliche Temperaturzunahme (Abbildung 3-2). Für ein Szenario ohne Klimaschutz wird im Jahresmittel von einer Erwärmung um 3.3 - 5.4 °C ausgegangen. Erheblich stärker als die Durchschnittstemperaturen werden die Höchsttemperaturen steigen. Für jedes zusätzliche Grad, um welches die Durchschnittstemperatur zunimmt, verdoppelt sich ungefähr die Anzahl der sehr heißen³⁸ Tage.³⁹ Die Anzahl Hitzetage mit Temperaturen von über 30 °C nimmt insbesondere in tiefen Lagen und somit im Mittelland stark zu (Abbildung 3-3).

Hitze verteilt sich nicht zwingend gleichmässig über ein Gebiet. Wo im Kanton Aargau die heutigen und zukünftigen Hitzeinseln liegen, und wo sich wertvolle Ausgleichsräume und Durchlüftungsbahnen befinden, wurde mit dem Projekt «Klimaanalyse» untersucht.⁴⁰ Die Ergebnisse der Modellrechnungen sind ab Ende 2020 auf dem Geodatenportal des Kantons (AGIS-Vierwer) einsehbar. Als Beispiel zeigt Abbildung 3-4 die Klimaanalysekarte für den gesamten Projektperimeter. Es handelt sich dabei um die aktuelle Situation bei Sonnenhöchststand (21. Juni). Der Ausschnitt deckt also ein grosses Gebiet ab. Mit den online zur Verfügung gestellten, hochauflösten Ergebnissen ist es jedoch möglich, einzelne Parzellen genauer zu betrachten.

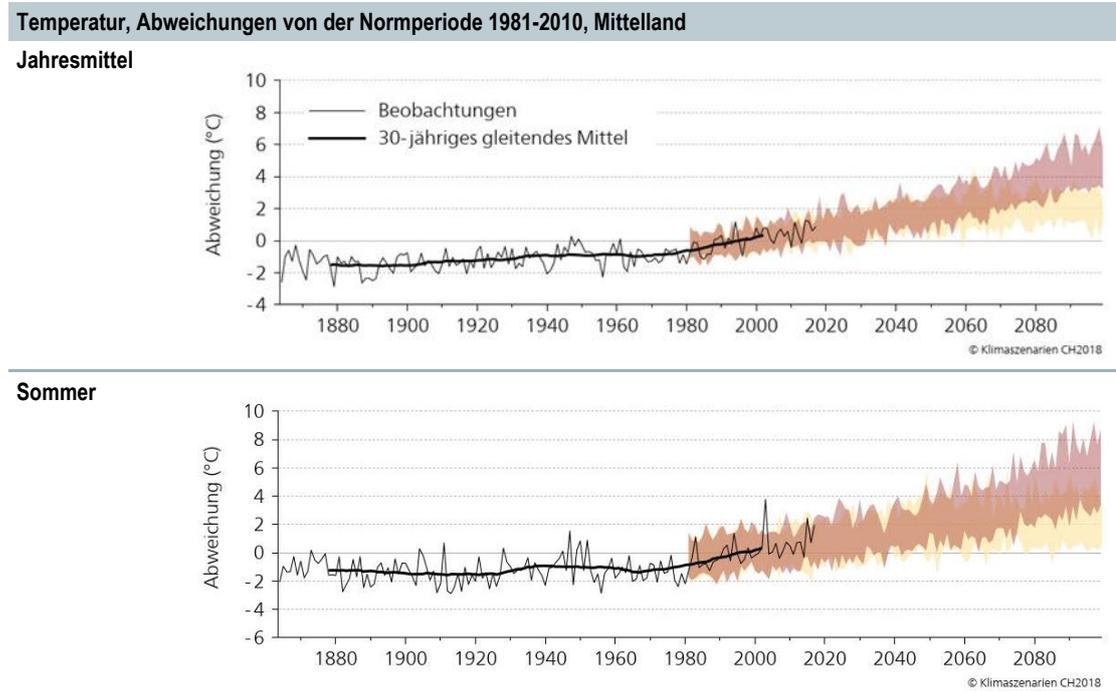
³⁷ Michael Begert, Reto Stöckli, und Mischa Croci-Maspoli, „Klimaentwicklung in der Schweiz – Vorindustrielle Referenzperiode und Veränderung seit 1864 auf Basis der Temperaturmessung“, Fachbericht MeteoSchweiz, 2018.

³⁸ Als «sehr heisse» Tage werden diejenigen Tage bezeichnet, welche die Temperatur der 1 % heissesten Tage aller Sommer der Referenzperiode (1981 – 2010) erreichen bzw. überschreiten.

³⁹ National Centre for Climate Services NCCS, *Klimaszenarien für die Schweiz*, 10.

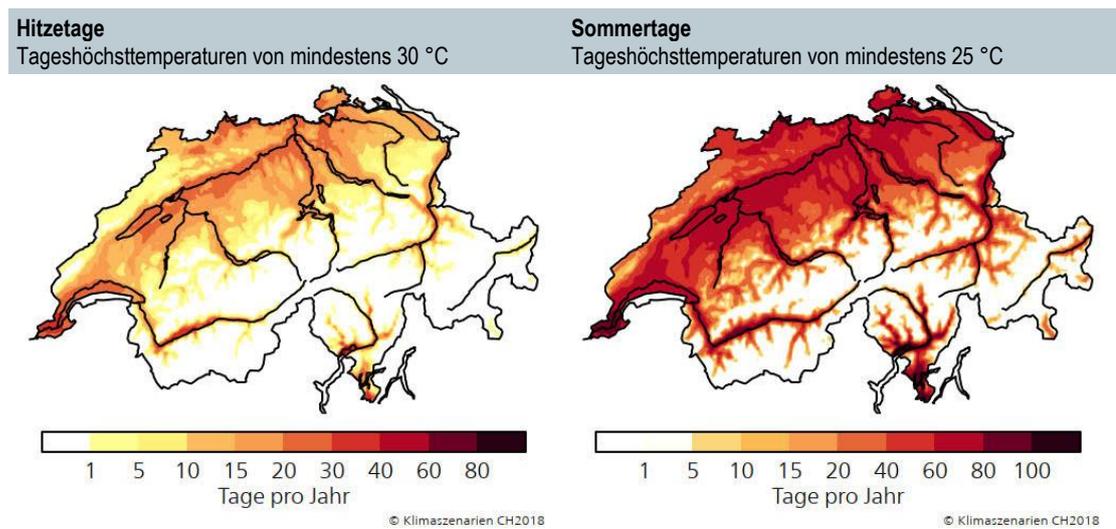
⁴⁰ Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG, „Klimaanalyse“, Klimaanalyse, 2020, https://www.ag.ch/de/verwaltung/bvu/umwelt_natur_landchaft/klimawandel/klimaanalyse/klimaanalyse.jsp.

Abbildung 3-2: Bisherige und zukünftige Temperaturentwicklung im Jahresmittel und Sommer, bei begrenztem (RCP4.5, gelb) resp. ohne Klimaschutz (RCP8.5, rot)



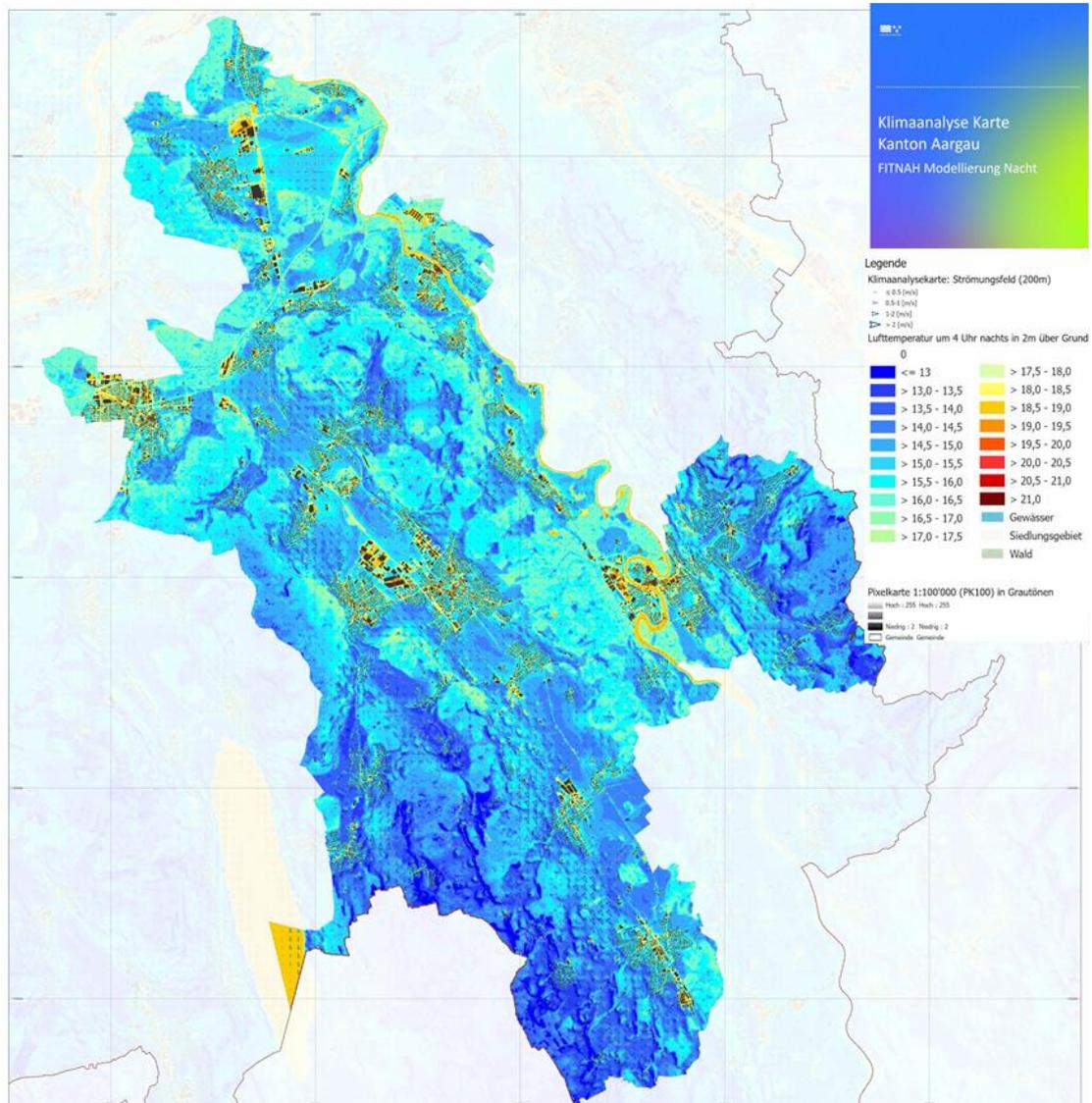
Quelle: Webatlas, National Centre for Climate Services NCCS, „CH2018-Webatlas“, 2020, <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/materialien-und-daten/daten/ch2018-webatlas.html>.

Abbildung 3-3: Hitze und Sommertage bis Mitte Jahrhundert (Zeitraum 2060) mit begrenztem Klimaschutz (RCP4.5)



Quelle: Webatlas, National Centre for Climate Services NCCS.

Abbildung 3-4: Klimaanalysekarte Kanton Aargau, Ausschnitt Projektperimeter als Beispiel

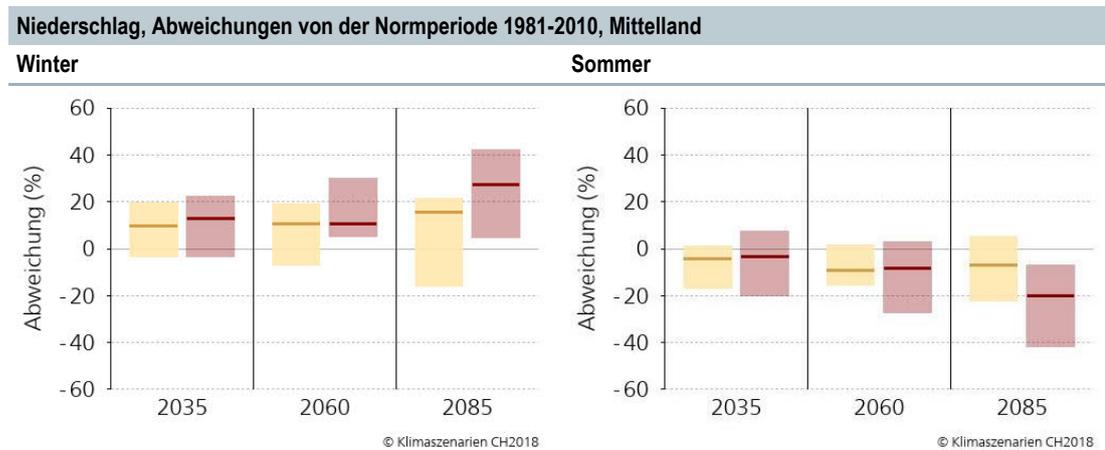


Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG, 2020: Klimaökologische Analyse des Kantons Aargau – Klimaanalysekarte.

Bisherige und zukünftige Niederschlagsentwicklung

Betrachtet man die Entwicklung des Niederschlages über ein ganzes Jahr hinweg, zeichnet sich keine wesentliche Veränderung ab. Es kann insgesamt von einer mehr oder weniger gleichbleibenden Niederschlagsmenge ausgegangen werden. Was sich hingegen verändert, ist die saisonale Verteilung. Messreihen zeigen bereits eine Zunahme der Winterniederschläge um 20 – 30 % seit 1864. Dieser Trend dürfte sich fortsetzen. Im Sommer hingegen ist in Zukunft mit einer Abnahme der mittleren Niederschläge zu rechnen. Wie die zukünftigen Niederschläge im Winter und Sommer von der Normperiode abweichen, ist in Abbildung 3-5 dargestellt.

Abbildung 3-5: Entwicklung des Niederschlags im Winter und Sommer mit begrenztem (RCP4.5, gelb) resp. ohne Klimaschutz (RCP8.5, rot)



Quelle: Webatlas, National Centre for Climate Services NCCS.

c) Für die Landwirtschaft besonders bedeutende Auswirkungen

Zunehmende Trockenheit

Die Kombination aus höheren Temperaturen, häufigeren Hitzetagen und geringeren Niederschlagsmengen im Sommer führt zu häufigeren und längeren Trockenphasen. Was die drei Auswirkungen angeht ist beim RCP-Szenario 4.5 bis 2060 von folgenden Veränderungen⁴¹ auszugehen (siehe auch Abbildung 3-6):

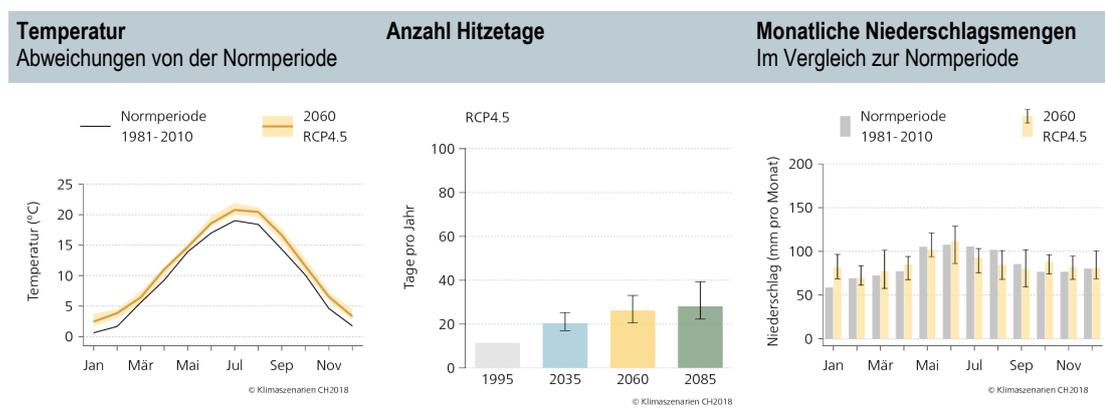
- Die mittlere Temperatur steigt insgesamt an, insbesondere in den Sommermonaten um rund 2°C.
- Die Anzahl Hitzetage steigt von heute 11.3 auf 26.1 pro Jahr an.
- Die mittleren Niederschlagsmengen gehen in den Sommermonaten um ca. 15 mm pro Monat zurück.

Mit diesen klimatischen Veränderungen sind Konsequenzen auf die Landwirtschaft verbunden. Durch den Anstieg der mittleren Temperatur verlängert sich die Vegetationsperiode. Gleichzeitig nimmt die Verdunstung zu (siehe Abschnitt zum veränderten Bodenwasserhaushalt). Gerade an Hitzetagen erhöht sich die Verdunstung stark, wodurch der Bewässerungsbedarf steigt. Die Hitze stellt aber nicht nur eine Belastung für Kulturen dar, sondern kann ebenso einen Stress für Tiere bedeuten. Insofern sind auch die Ergebnisse des Projektes «Klimaanalyse» interessant, da sie heutige und zukünftige Hitzeinseln identifizieren.⁴²

⁴¹ Die Daten beziehen sich auf die Messstation Buchs/Aarau.

⁴² Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG, „Klimaanalyse“.

Abbildung 3-6: Entwicklung von Temperatur, Hitzetage und Niederschlag bis Mitte Jahrhundert (2060) an der Station Buchs/Aarau mit begrenztem Klimaschutz (RCP4.5)



Quelle: Webatlas, National Centre for Climate Services NCCS.

Zunehmende Extremereignisse: Starkniederschläge und Hagel

Die Klimaszenarien CH2018 gehen zudem von häufigeren und intensiveren Starkniederschlägen aus. Die physikalische Erklärung dafür ist, dass wärmere Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann, was wiederum heftigere Niederschlagsereignisse zur Folge hat. Bei einem Szenario ohne Klimaschutz ist bis Mitte Jahrhundert für die ganze Schweiz davon auszugehen, dass während des stärksten Niederschlagstags des Jahres durchschnittlich zirka 10 % mehr Niederschlag fällt. Tritt dieses Ereignis im Sommer auf, ist sogar mit rund 20 % mehr Regen als heute zu rechnen.⁴³ Das Auftreten eines solchen Ereignisses kann in einem Jahr die mittleren monatlichen Niederschlagsmengen stark beeinflussen. Grundsätzlich kann ein solches Starkniederschlagsereignis zu jeder Jahreszeit auftreten.

Ein weiteres Wetterextrem mit verheerenden Auswirkungen auf die Landwirtschaft ist Hagel. Dieser entsteht ausschliesslich bei starken Gewittern. Mit dem Klimawandel könnte das Hagelrisiko steigen, da sich mit den höheren Temperaturen und mehr Luftfeuchtigkeit entscheidende Faktoren in eine Richtung entwickeln, die mehr und heftigere Gewitter erwarten lässt. Es bestehen allerdings noch Wissenslücken, wie sich diese Entwicklungen auf Hagel auswirken. Im Projekt «Hagelklima Schweiz»⁴⁴ soll eine Klimatologie – also eine statistische Auswertung von langjährigen Datenreihen – der Häufigkeit und Intensität von Hagelereignissen in der Schweiz erstellt werden. Weiter sollen die Auftretenswahrscheinlichkeiten von Hagelstürmen inkl. der zu erwartenden Korngrößen modelliert werden.

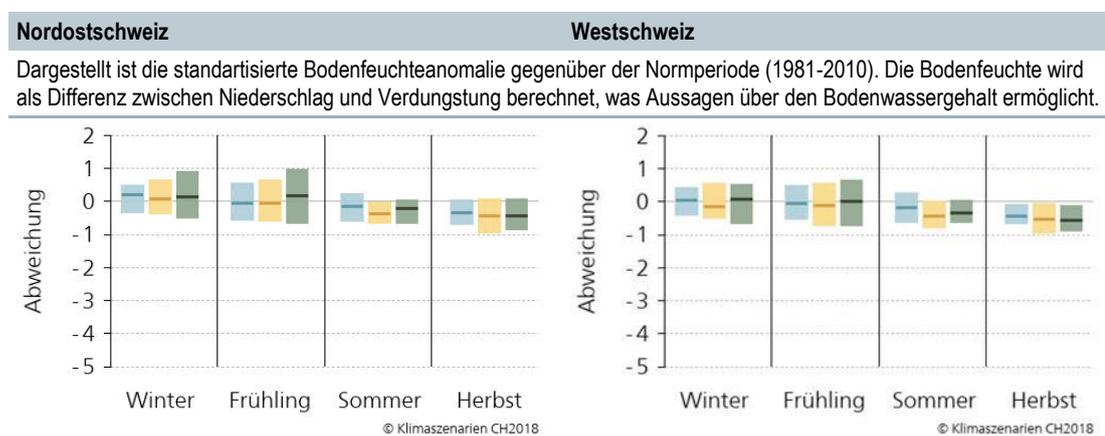
⁴³ National Centre for Climate Services NCCS, *Klimaszenarien für die Schweiz*, 8.

⁴⁴ National Centre for Climate Services NCCS, „Hagelklima Schweiz“, 2019, <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/das-nccs/themenschwerpunkte/hagel.html>.

Veränderter Bodenwasserhaushalt

Insgesamt ist von einer Abtrocknung der Böden aufgrund der zunehmenden Verdunstung auszugehen, was auf die ansteigenden Temperaturen zurückzuführen ist. In den Sommermonaten wird der Rückgang der mittleren Bodenfeuchte durch die abnehmenden Niederschläge zusätzlich verstärkt. Insgesamt ist die Modellierung des Bodenwasserhaushalts viel komplexer als beispielsweise die Modellierung des Abflusses eines Fließgewässers. Ein Grund dafür ist, dass die Bodeneigenschaften auf kleinem Raum sehr stark variieren (siehe Kapitel 3.4). Eine klimatologische Einschätzung zum Bodenwassergehalt kann mittels Bodenfeuchte-Indikatoren erfolgen. So gibt Abbildung 3-7 Hinweise darauf, wie die Bodenfeuchte insbesondere im Sommer und Herbst abnimmt, berechnet aus der Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung (Evapotranspiration) pro Tag.

Abbildung 3-7: Veränderung des Bodenwassergehalts nach Jahreszeit mit begrenztem Klimaschutz (RCP4.5) für die Zeiträume 2035 (blau), 2060 (gelb) und 2085 (grün)



Quelle: Webatlas, National Centre for Climate Services NCCS.

Mit zunehmenden Extremen wie Trockenheit, aber auch Starkniederschlägen, wird die Pufferkapazität von Böden wichtiger, wie z. B. bereits heute in ariden Gebieten. Bei intakter Wasserspeicherkapazität kann ein Boden zum einen dazu beitragen, dass niederschlagsfreie Perioden von wenigen Wochen möglichst ohne Ernteauffälle überstanden werden. Zum andern dient ein Boden als Puffer, um Abflussspitzen durch die Aufnahme von Wasser zu dämpfen. In diesem Zusammenhang diskutiert die Forschung über einen Verstärkereffekt, indem bereits ausgetrocknete Böden sogar dazu beitragen könnten, dass sich ortsfeste Hochdruckgebiete regenerieren und sich dadurch Perioden mit ausbleibenden Niederschlägen verlängern.

Systemasynchronitäten

Der Klimawandel kann insbesondere durch zeitliche Verschiebungen einzelner Prozesse dazu führen, dass gewisse Systemkomponenten nicht mehr aufeinander abgestimmt sind. Man kann

in diesem Zusammenhang von Systemasynchronitäten sprechen. Für die Landwirtschaft bedeutende Beispiele sind:

- Einerseits längere Vegetationsperioden – andererseits noch immer Spätfrosttage
- Einerseits trockenere Sommer und Herbst – andererseits zunehmende Starkniederschläge

Veränderter Schädlingsdruck

Weiter fördert der Klimawandel die Ausbreitung von Neobiota und kann zu erhöhtem Schädlingsdruck beitragen. Grundsätzlich profitieren Unkräuter und Schadinsekten von den veränderten Bedingungen. Höhere Temperaturen, mildere Winter und längere Vegetationsperioden begünstigen ihre Entwicklung. Diese beginnt nicht nur früher, sondern vollzieht sich auch rascher. Im Falle von Schadinsekten kann dies dazu führen, dass eine zusätzliche Schädlingsgeneration ausgebildet wird – wie es z. B. beim Apfelwickler beobachtet wird.⁴⁵ Hinzu kommt, dass sich invasive, gebietsfremde Schadinsekten, wie z. B. die Kirschessigfliege, die marmorierte Baumwanze oder die Edelkastaniengallwespe im wärmeren Klima besser ausbreiten können.⁴⁶ Es ist jedoch nicht in jedem Fall von einem erhöhten Schädlingsdruck auszugehen. Wie am Beispiel der Möhrenfliege beobachtet wurde, kann Hitze und Trockenheit die Ausbildung der zweiten und dritten Generation erschweren.⁴⁷

Differenzierte Betrachtungen sind besonders bei pilzlichen und bakteriellen Krankheitserregern nötig, da ihr Auftreten stark klima- und witterungsabhängig ist.⁴⁸ Warme und eher trockene Sommer könnten zu einem Rückgang von feuchteliebenden Krankheiten führen. Gleichzeitig führten beispielsweise im regenreichen Frühling 2016 Pilzkrankungen zu einer schlechten Weizenernte.⁴⁹

3.3 Gewässer

Der Systembereich «Gewässer» umfasst Faktoren, die für die Nutzung der Ressource Wasser bedeutend sind. Mit einer Analyse des heutigen und zukünftigen Wasserdargebots wird untersucht, wie gross der Anteil des Niederschlags ist, welcher in Oberflächengewässer abfließt (Abschnitt 3.3.1) oder im Grundwasser (Abschnitt 3.3.2) zwischengespeichert wird. Neben den Auswirkungen des Klimawandels auf die verfügbaren Wassermengen, sind auch Entwicklungen der Wasserqualität zu berücksichtigen. Eine bereits beobachtbare Auswirkung des

⁴⁵ National Centre for Climate Services NCCS, „Schadorganismen an Kulturpflanzen“, 25. Februar 2019, <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/das-nccs/themenschwerpunkte/schadorganismen-landwirtschaft.html>.

⁴⁶ „Schweizer Landwirtschaft im (Klima)wandel“, FOKUS Magazin (Brugg, 2019), 24f.

⁴⁷ Agroscope, „Klimaerwärmung bremst Gemüseschädling“, 10. April 2018, <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/aktuell/medieninformationen/medienmitteilungen.msg-id-70369.html>.

⁴⁸ Organe consultatif sur les changements climatiques OcCC und ProClim, „Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft“, 2007, 48.

⁴⁹ Bundesamt für Landwirtschaft BLW, „Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft“, Agrarbericht 2019, 2019, <https://www.agrarbericht.ch/de/service/dokumentation/publikationen>.

Klimawandels ist die Erhöhung der Wassertemperatur von Oberflächengewässer (Abschnitt 3.3.3), was mit Konsequenzen auf die Wassernutzung verbunden sein kann.

3.3.1 Wasserdargebot Oberflächengewässer

a) Methode / Datengrundlage

Methode	Grundlagen
Datenauswertung	Hydrometrische Daten für das Einzugsgebiet der Bünz an der Station Othmarsingen ⁵⁰ und das Einzugsgebiet der Reuss an der Station Mellingen ⁵¹ : Auswertung der monatlichen Abflüsse
Synthese hydrologischer Szenarien	Im Rahmen von Hydro-CH2018 ⁵² entwickelte, auf den Klimaszenarien CH2018 beruhende, hydrologische Szenarien zur zukünftigen Entwicklung des Wasserdargebots im Bilanzierungsgebiet der Bünz ⁵³ , aktuell noch provisorische, nicht publizierte Ergebnisse ⁵⁴

Messtationen und Bilanzierungsgebiet der Bünz

Aussagen zum bisherigen Abfluss basieren auf Messungen an den Stationen Othmarsingen resp. Mellingen. Für Aussagen zur Zukunft wird das Bilanzierungsgebiet der Bünz gemäss hydrologischem Atlas der Schweiz (HADES) betrachtet, mit Gebietsausfluss in Dottikon. Dort fliesst der Holzbach in die Bünz, es besteht jedoch keine Messtation. Das betrachtete Gebiet ist also flächenmässig etwas kleiner als das Einzugsgebiet Bünz-Othmarsingen, worauf sich die beobachtete Messreihe bezieht.

b) Bünz

Situation heute: Station Othmarsingen

Die Jahressganglinie der Bünz stellt die Verteilung des mittleren monatlichen Abflusses basierend auf Messungen von 1977 - 2010 dar. Es handelt sich um einen typischen, durch Regen und Verdunstung gespiesenen Mittellandbach (pluviales Regime). Im langjährigen Mittel ist der Abfluss im Winter und Frühling somit grösser als im Sommer und Herbst. Die mittleren Monatsabflüsse bewegen sich zwischen gut 1 m³/s und knapp 2.5 m³/s, wobei aufgrund des

⁵⁰ Stationsnummer FG_0332, Einzugsgebiet Bünz-Othmarsingen, Stationshöhe: 390 m.ü.M., Fläche: 110.6 km², mittlere Höhe: 533 m.ü.M., Daten gemäss <https://www.ag.ch/app/hydrometrie/station/>.

⁵¹ Stationsnummer CH-0051, Einzugsgebiet Reuss-Mellingen Stationshöhe: 345 m.ü.M., Fläche: 3386 km², mittlere Höhe: 1259 m.ü.M., 1.8 % vergletschert, Daten gemäss <https://www.hydrodaten.admin.ch/de/2018.html>.

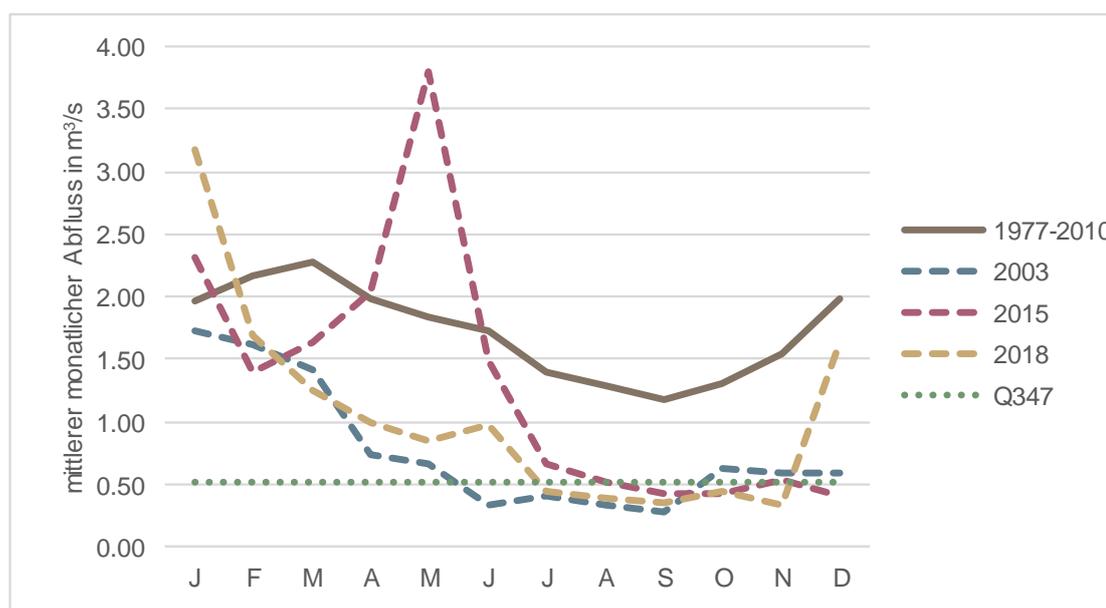
⁵² Das Ziel von Hydro-CH2018 besteht darin, bestehende Wissenslücken bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserressourcen in der Schweiz zu füllen. Die Erarbeitung hydrologischer Grundlagen zum Klimawandel ist ein Themenschwerpunkt des NCCS, siehe dazu: <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/das-nccs/themenschwerpunkte/hydro-ch2018.html>. Erkenntnisse aus den lancierten Forschungsprojekten werden 2021 in einem Synthesebericht vorgestellt.

⁵³ Bilanzierungsgebiet Nr. 278, Fläche: 95.4 km², mittlere Höhe: 545 m.ü.M.

⁵⁴ Provisorische Ergebnisse aus: Geographisches Institut der Universität Bern GIUB, „Hydro-CH2018 Projekt: Update hydrologische Szenarien mit den neuen Klimaszenarien. Provisorische Zwischenergebnisse.“, o. J.

starken pluvialen Einflusses zwischen den Jahren grosse Unterschiede zu beobachten sind. So führte beispielsweise der relativ feuchte Frühling 2015 zu deutlich über dem langjährigen Mittel liegenden Abflüssen. Anschliessend regnete es während Monaten nur wenig, wodurch die Abflüsse ab Mitte Sommer rasch in den Niedrigwasserbereich absanken (vgl. Abbildung 3-8) Die Niedrigwasserkenngrosse Q_{347} ⁵⁵ für den betrachteten Zeitraum beträgt $0.52 \text{ m}^3/\text{s}$. Durch die starke Abhängigkeit des Abflusses der Bünz von den Niederschlägen stellen sich vergleichsweise rasch Niedrigwassersituationen ein.

Abbildung 3-8: Jahresganglinie der Bünz an der Messstation Othmarsingen, für die Periode 1977-2010 (inkl. Q_{347}) und die Jahre 2003, 2015, 2018.



Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Daten des Fachbereichs Hydrometrie, BVU Kt. AG.

Einschränkungen der Wasserentnahmen aufgrund von Niedrigwasser

Zum Schutz der Gewässerökologie mussten in den letzten Jahren aufgrund häufig auftretender Niedrigwasserereignisse die Bewilligungen für Wasserentnahmen an der Bünz oft eingeschränkt werden (Abbildung 3-9, Abbildung 3-10). Vergleicht man die Anzahl sistierter Wasserentnahmen an der Bünz mit der Anzahl Sistierungen im gesamten Kanton, so zeigt sich, dass mindestens ein Drittel aller Sistierungen an der Bünz erfolgen. Dies liegt auch daran, dass vergleichsweise viele Bewilligungen für Wasserentnahmen aus der Bünz bestehen (vgl. Abbildung 6-1). In den Hitzesommern 2015 und 2018 dauerte die Niedrigwassersituation an, sodass

⁵⁵ Die Abflussmenge Q_{347} ist diejenige Abflussmenge, die, gemittelt über den betrachteten Zeitraum, durchschnittlich während 347 Tagen (5. Perzentil) eines Jahres erreicht oder überschritten wird.

Entnahmen erst im Winter wieder bewilligt werden konnten. In beiden Jahren wurden relativ viele kurzfristige Bewilligungen für Entnahmen aus der Reuss erteilt (11 resp. 9 Bewilligungen).

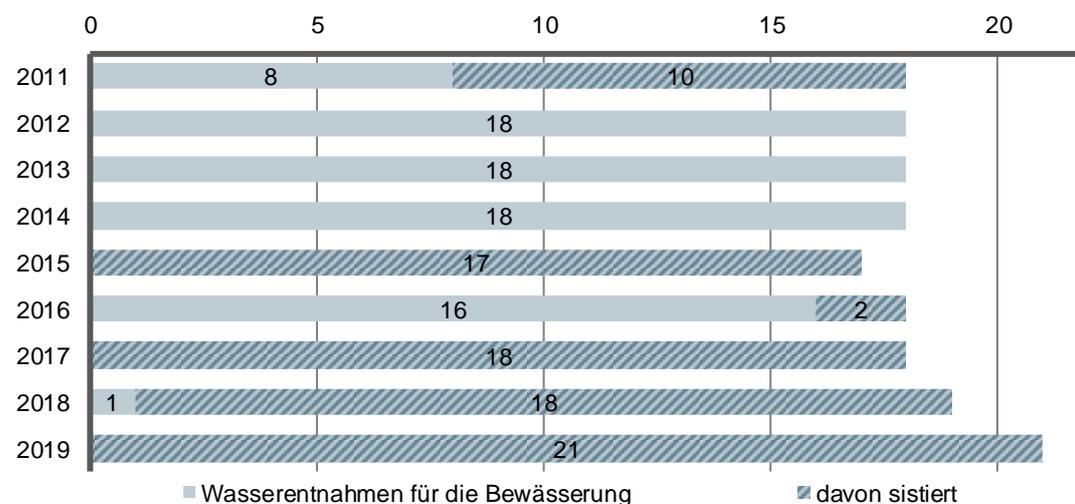
Abbildung 3-9: Sistierte Wasserentnahmen an der Bünz und im Vergleich zum Kanton

Jahr	Anzahl*	Anteil**	sistiert ab	sistiert bis	Zeitraum
2011	11	65 %	30.05-05.07.2011	10-19.08.2011	Juni/Juli - August
2012-2014: keine Sistierungen					
2015	20	63 %	03.08.2015	02.02.2016	August - Februar
2016	2	33 %	07.10.2016	05.12.2016	Oktober - Dezember
2017	21	84 %	27.06.2017	25.07.2017	Juli
2018	19	31 %	17-29.07.2018	12.12.2018	Juli - Dezember
2019	25	68 %	18-29.07.2019	04.11.2019	Juli - November

* Bünz inkl. Zuflüsse
 ** % aller im Kt. AG sistierten Entnahmen

Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Sektion Gewässernutzung (F. Belotti, S. Nater).

Abbildung 3-10: (Sistierte) Wasserentnahmen für die Bewässerung an der Bünz (inkl. Zuflüsse)



Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Sektion Gewässernutzung (F. Belotti, S. Nater).

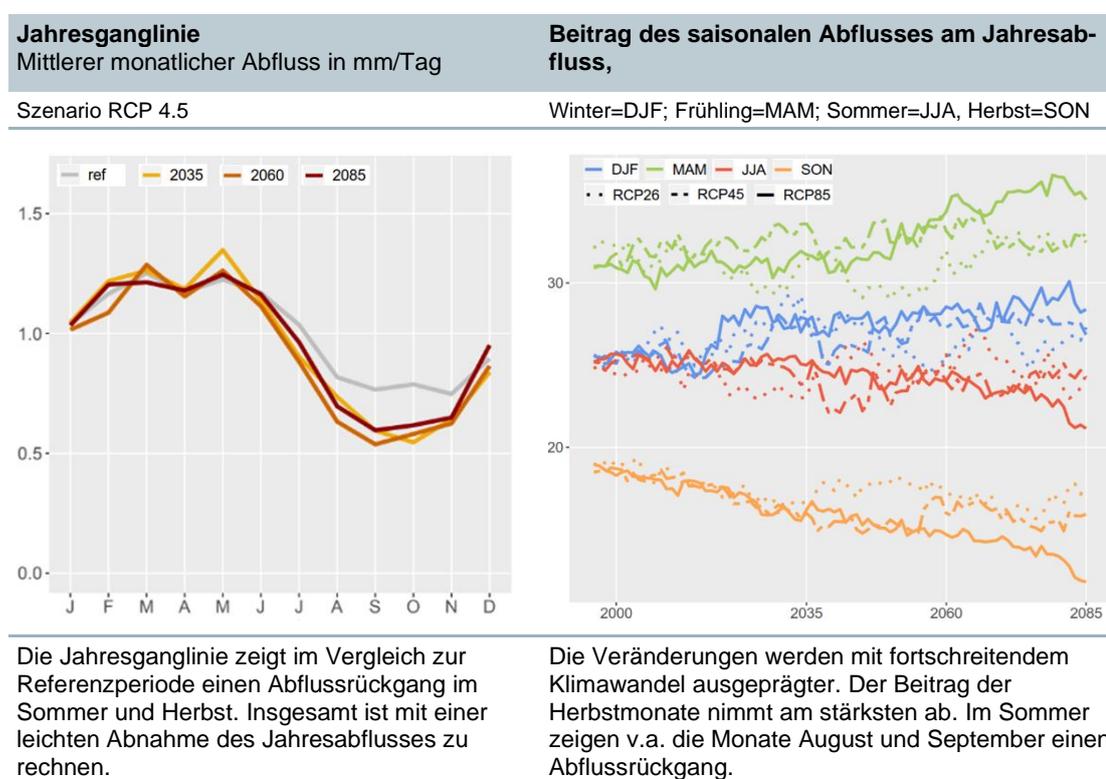
Zukünftige Situation

Für pluvial geprägte Mittellandfliessgewässer im Allgemeinen und die Bünz im Speziellen zeichnet sich in der Zukunft eine klare Tendenz ab: Mit dem Klimawandel geht der monatliche Abfluss in den bereits abflussarmen Monaten des Spätsommers und Herbsts weiter zurück (siehe Abbildung 3-11). Im Winter und Frühling bleiben die monatlichen Abflüsse auf ähnlichem Niveau. Über das Jahr hinweg ist mit einer leichten Abnahme des Jahresabflusses zu rechnen.

Gemäss den hydrologischen Szenarien CH-2018 ist für das Mittelland von einer negativen Jahresbilanz, einem im Vergleich zur Normperiode geringeren Jahresabfluss, auszugehen.⁵⁶

Zwar bestehen, was die Entstehung von Trockenheit angeht, noch Unsicherheiten, etwa bzgl. grossräumiger Zirkulationsmuster in der Atmosphäre. Aufgrund der rückläufigen Abflüsse im Spätsommer und Herbst ist jedoch zu erwarten, dass Niedrigwasserereignisse an der Bünz immer häufiger vorkommen und ausgeprägter auftreten. Die hydrologischen Szenarien CH-2018 zeigen für viele Gebiete im Mittelland eine deutliche Akzentuierung von Niedrigwasser.⁵⁷

Abbildung 3-11: Auswirkungen des Klimawandels auf den Abfluss der Bünz, Simulationen im Rahmen von Hydro-CH2018



Quelle: Simulationen durchgeführt vom Geographischen Institut der Universität Bern im Rahmen des Projektes Hydro-CH2018

⁵⁶ Bundesamt für Umwelt BAFU, „Synthesebericht Hydro-CH2018 (Entwurf)“, Umwelt-Wissen (Bern, o. J.).

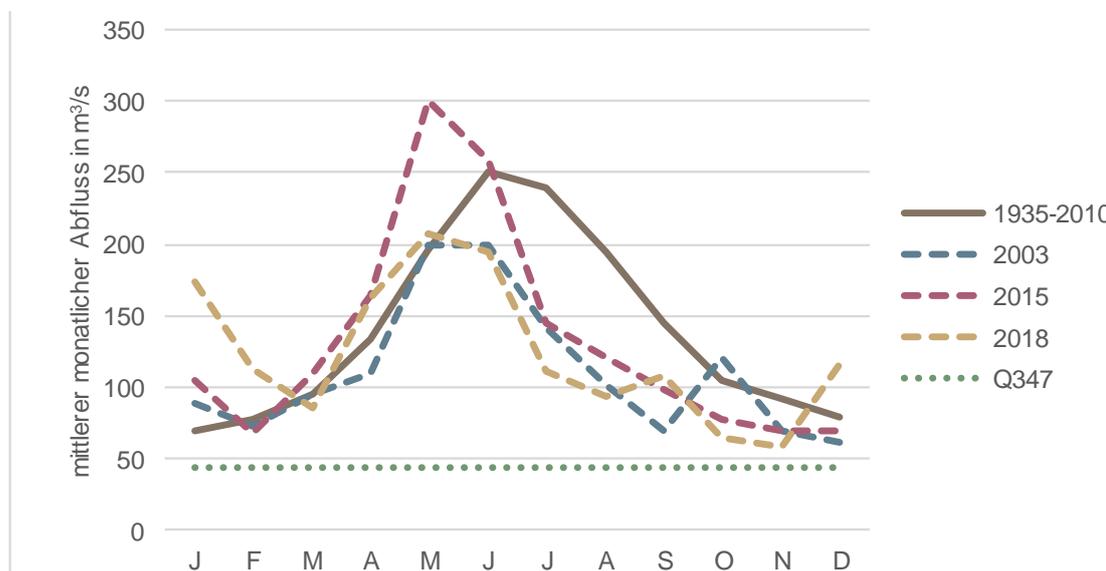
⁵⁷ Bundesamt für Umwelt BAFU.

c) Reuss

Situation heute: Station Mellingen – Reuss

Die mittlere Abflussganglinie der Reuss bewegt sich im langjährigen Mittel zwischen rund 70 m³/s und 250 m³/s und damit in einer ganz anderen Grössenordnung als diejenigen der Bünz. Der viertgrösste Fluss der Schweiz importiert Wasser aus den Alpen ins Mittelland. Insgesamt ist das Abflussregime geprägt durch das grosse alpine Einzugsgebiet, die ausgleichende Wirkung der vorgelagerten Seen und damit verbunden durch die Regulierung der Seepegel in Luzern (Vierwaldstättersee) und Cham (Zugersee).⁵⁸ Als alpin gespiesenes Gewässer ist ihr Abflussregime⁵⁹ nicht nur vom Niederschlag, sondern auch vom Schnee geprägt. Damit steigt der Abfluss mit der einsetzenden Schneeschmelze an und erreicht sein Maximum im Frühsommer. Die Niedrigwasserperiode liegt nicht im Spätsommer und Herbst – wie bei der Bünz – sondern üblicherweise im Winter, wenn der Niederschlag in Form von Schnee zwischengespeichert wird. Die Trockenjahre 2003, 2015 und 2018 haben jedoch gezeigt, dass auch der Abfluss in der Reuss im Sommer und Herbst deutlich unter das langjährige Mittel fallen kann, wobei die Niedrigwasserkenngrosse Q₃₄₇ nicht erreicht wurde (Abbildung 3-12). Darum gab es bisher auch keine Sistierungen von Wasserentnahmen (vgl. Abbildung 6-1).

Abbildung 3-12: Jahresganglinie der Reuss an der Messstation Mellingen, für die Periode 1935-2010 (inkl. Q₃₄₇) und die Jahre 2003, 2015, 2018



Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Daten des BAFU

⁵⁸ Abteilung für Umwelt Kt. AG, Amt für Umweltschutz Kt. ZG, und Dienststelle Umwelt und Energie Kt. LU, „Untersuchung der Reuss und ihrer Zuflüsse unterhalb des Vierwaldstättersees in den Jahren 1999-2003. Zusammenstellung zur Untersuchung der Wasserqualität.“, 2005.

⁵⁹ Zwischen dem Vierwaldstättersee bis zur Aare weist die Reuss ein nivo-pluviales Abflussregime auf.

Mögliche Entwicklungen

Aktuelle Zukunftsmodellierung (im Rahmen von Hydro-CH2018) zur Entwicklung des Abflusses, wie sie für die Bünz erstellt wurden (vgl. Abbildung 3-11) liegen für die Reuss zwischen dem Vierwaldstättersee und der Aare keine vor. Der für diese Projekt interessante Abschnitt der Reuss ist geprägt durch den Vierwaldstättersee im Oberlauf, was die Berechnungsgrundlagen für eine Modellierung des zukünftigen Abflusses entscheidend beeinflusst. Insgesamt kann aber festgehalten werden, dass Seen wie Puffer wirken und die Reuss somit träger auf Trockenheit reagiert als etwa die Bünz. Für den Moment müssen die Beobachtungen der Jahre 2003, 2015 und 2018 als Hinweise für zukünftige Reaktionen auf Trockenheit genügen. Diese deuten darauf hin, dass das Abflussmaximum jeweils früher im Jahr einsetzen könnte und mit etwas tiefer ausfallenden monatlichen Abflüssen gerechnet werden muss. Insgesamt – und gerade im Vergleich zur Bünz – kann davon ausgegangen werden, dass Entnahmeeinschränkungen aufgrund von Niedrigwasser im Sommer auch in Zukunft selten sein werden.

3.3.2 Wasserdargebot Grundwasser

a) Methode und Datengrundlagen

Methode	Grundlagen / Vorgehen
Synthese des Projekts «Wasser 2035»	Im Rahmen vom Projekt «Wasser 2035» erfolgten Abklärungen bzgl. Grundwasservorkommen: Zusammenfassung ausgewählter Inhalte
Literaturarbeit	Bestehende Untersuchungen, da keine regionalen Klimafolgenabschätzung vorhanden (Literaturangaben im Text)

b) Beobachtungen im Kanton Aargau

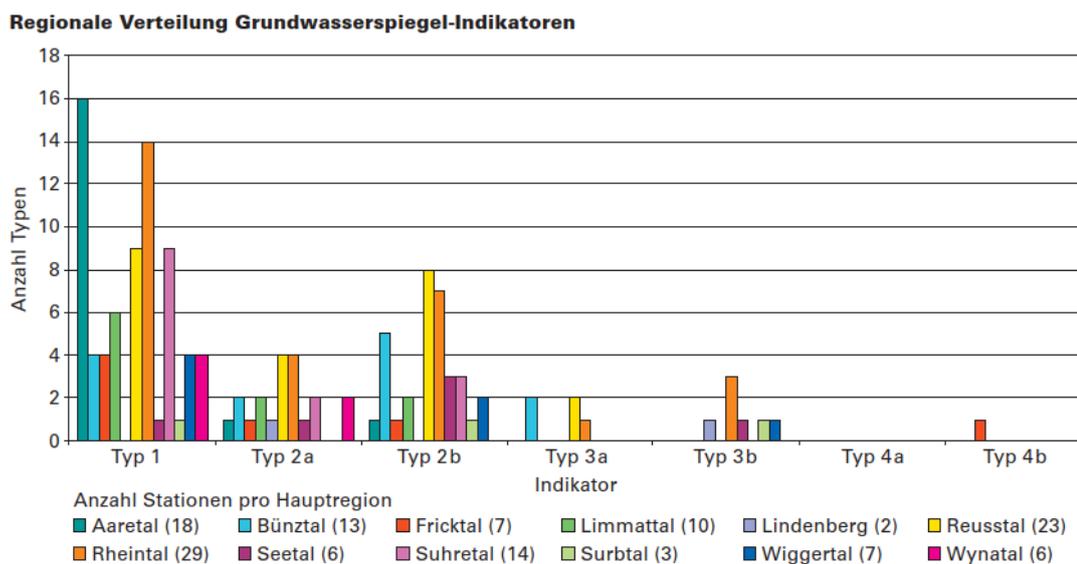
Trendanalyse⁶⁰ der Grundwasserspiegel bestehender Grundwasserstationen

Der Kanton Aargau weist als Wasserschloss ergiebige Grundwasservorkommen auf. Aus den Ergebnissen einer Trendanalyse lässt sich schliessen, dass es gesamtkantonal betrachtet keine klare Tendenz für Veränderungen der Grundwasserspiegel gibt. Der Kanton Aargau hat Datenreihen von 138 Grundwasserstationen statistisch analysiert, um anhand dieser Langzeitreihen Aussagen zur Entwicklung der Grundwasserspiegel zu machen. Die errechneten Trends und beobachteten Tendenzen müssen sich dabei in der Zukunft nicht fortsetzen, stellen aber die Entwicklung über einen langen Zeitraum dar. Bei 72 Grundwasserstationen konnte kein Trend festgestellt werden. 25 Stationen besitzen einen positiven Trend und damit einen steigenden Grundwasserspiegel, 41 einen negativen Trend und damit sinkenden Grundwasserspiegel. Bei mehr als der Hälfte der einen negativen Trend aufweisenden Stationen bewegt sich der Grundwasserspiegel zudem innerhalb eines niedrigen Schwankungsbereichs von unter 5 Metern. Angesichts der Grösse der Grundwasserkörper und der ergiebigen Flussspeisung stellen Schwankungen in diesem Ausmass keine Gefährdung für die Grundwasserneubildung

⁶⁰ Stefanie Hübner, „Wie ist es um das Aargauer Grundwasser bestellt?“, *Umwelt Aargau*, Nr. 60 (2013): 9–11.

dar. Es kann festgehalten werden, dass sich in Regionen, die viele Grundwasserstationen umfassen, meistens alle drei Trends nachweisbar sind (Abbildung 3-13).

Abbildung 3-13: Regionale Verteilung der Grundwasserspiegel-Indikatoren: Typ 1: keine Prägung, Typ 2: schwach ausgeprägt, Typ 3: stark ausgeprägt, Typ 4: sehr stark ausgeprägt, a: steigend, b: sinkend



Quelle: Stefanie Hübner, „Wie ist es um das Aargauer Grundwasser bestellt?“, *Umwelt Aargau*, Nr. 60 (2013): 10.

c) Grundwasserdargebot im Projektperimeter

Wie die kantonale Analyse zeigt, weisen im Bünztal 4 Stationen keinen Trend, weitere 4 Stationen einen positiven und 5 Stationen einen negativen Trend auf. Im Bünztal liegt mit der Station Eichholz auch die Station mit dem stärksten positiv ausgeprägten Trend. Im Aaretal weisen 16 der 18 ausgewerteten Stationen im Aaretal keinen Trend auf, wobei je 1 Station einen positiven resp. negativen Trend zeigt.

Grundwasservorkommen Bünztal

Für die Wasserversorgung einzelner Regionen sind die jeweiligen Grundwasservorkommen und deren Qualität (siehe unten) entscheidend. Das Bünztal selbst ist ein Grundwasserleiter für lokale Grundwasservorkommen mit mittlerer Grundwassermächtigkeit. Im Leitbild Wasserversorgung Aargau wurde festgehalten, dass der zunehmende Wasserbedarf der Region Bünztal durch Vernetzung der einzelnen Wasserversorgungen aufgefangen werden kann. Insbesondere die Vernetzung mit einer Grundwasserfassung im Aaretalgrundwasser sollte

ausreichen, um den Bedarf auch an Spitzentagen zu decken.⁶¹ Messungen des Grundwasserspiegels liegen für verschiedene Stationen vor.⁶² Ein Grundwasserschutzareal⁶³ gibt es im Bünztal nicht.

Grundwasservorkommen Länzert

Die ergiebigen Grundwasservorkommen im Gebiet Länzert, das nordwestlich von Lenzburg liegt, sind auch für den betrachteten Projektperimeter bedeutend. So wird im Rahmen des Projekts «Wasser 2035» überprüft, wie die Wasserversorgungen des Bünz- und Reusstals mit einer Ringleitung untereinander verbunden werden können, um v.a. einen Anschluss an das Gebiet Länzert zu ermöglichen (siehe Abschnitt 4.1c)).

Das gesamte Gebiet Länzert ist gemäss Gewässerschutzkarte⁶⁴ dem Gewässerbereich Au⁶⁵ zugeordnet. Weite Teile liegen zudem im Bereich des in den 1990er-Jahren ausgeschiedenen Grundwasserschutzareal Länzert. Das Gebiet liegt im untersten Abschnitt des Seetals. Im Gebiet zwischen Rapperswil und Wildeggen ist einerseits der Grundwasserstrom des Unteren Seetals aus Süden und andererseits die Aare als Vorfluter im Norden für den Verlauf des Grundwasserspiegels bestimmend. Die Grundwassermächtigkeit beträgt ca. 5 m im Süden und rund 20 m im Norden.⁶⁶ Hinweise auf eine Übernutzung der Grundwasserkommens gibt es gemäss einer Auswertung des Grundwasserspiegelverlaufs nicht. Die Analyse zeigt jedoch den Einfluss der Aare bei Grundwasserfassungen, die nahe am Fluss liegen. Dieser manifestiert sich in raschen, nur kurz dauernden Anstiegen des Grundwasserspiegels.⁶⁷ Am höchsten liegt der Grundwasserspiegel im Frühling und Frühsommer, also dann, wenn die Aare aufgrund der Schneeschmelze vergleichsweise hohe Abflüsse aufweist.⁶⁸

⁶¹ Departement Bau, Verkehr und Umwelt BVU Kt. AG, „Leitbild Wasserversorgungen Aargau. Bericht.“, 2007, 48.

⁶² Täglich aktualisierte Werte für die Fassung Langelen (Dintikon), jährlich aktualisierte Werte für die Fassungen Grundacker (Hendschiken), Schützenaus (Dottikon), Unterzelg (Villmergen), Kreuzster (Villmergen), Eichholz (Wohlen).

⁶³ Grundwasserschutzareale sind speziell ausgeschiedene Gebiete, in welchen der Schutz des unterirdischen Gewässers im Hinblick auf eine künftige Grundwasserbewirtschaftung (Nutzung oder Anreicherung) vorsorglich sichergestellt werden soll. Sie werden durch die Kantone ausgeschieden, in den Gewässerschutzkarten dargestellt und in die jeweilige Richt- und Nutzungsplanung integriert.

⁶⁴ Die Gewässerschutzkarte ist das zentrale planerische Instrument für die Umsetzung des Grundwasserschutzes.

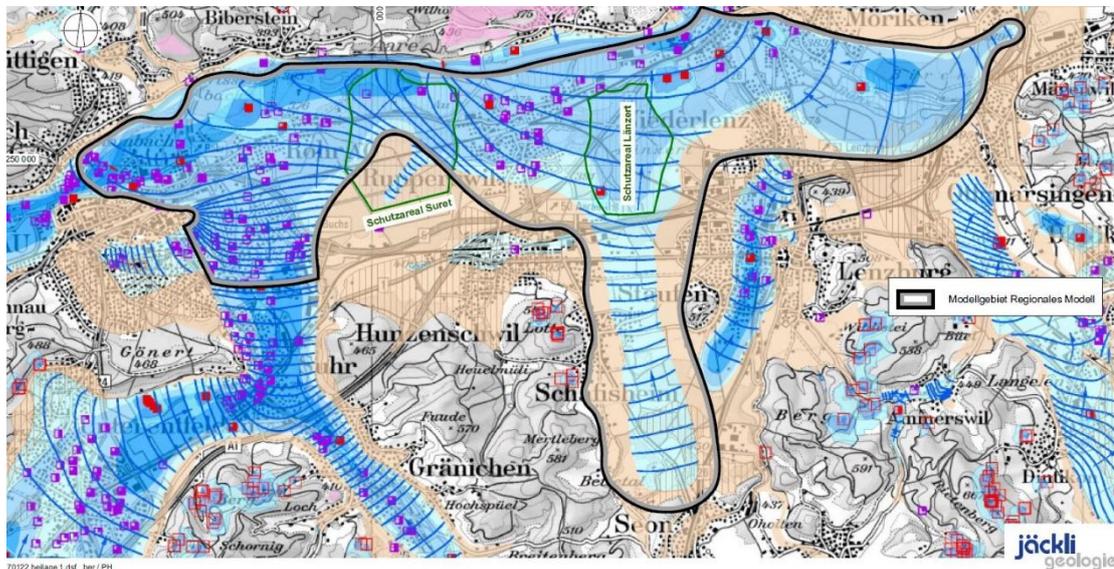
⁶⁵ Der Gewässerschutzbereich AU umfasst die nutzbaren unterirdischen Gewässer so wie die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete. Zum Gewässerschutzbereich Au gehören sämtliche Grundwasserleiter mit nutzbarem Grundwasser.

⁶⁶ Jäckli Geologie, „Projekt Wasser 2035. Grundwasservorkommen Länzert und Grundwasserfassungen Hard. Hydrogeologische und brunnenbautechnische Bestandesaufnahme“, 2017, 6.

⁶⁷ Jäckli Geologie, 8.

⁶⁸ Jäckli Geologie, 8.

Abbildung 3-14: Grundwasservorkommen Suret/Länzert, bearbeiteter Ausschnitt Grundwasserkarte



Quelle: Jäckli Geologie, „Projekt Wasser 2035. Grundwasservorkommen Länzert und Grundwasserfassungen Hard. Hydrogeologische und brunnenbautechnische Bestandesaufnahme“, 2017.

d) Mögliche Entwicklungen mit dem Klimawandel⁶⁹

Der Klimawandel wirkt sich auf Niederschläge, Bodenfeuchte und Abflussregime von Oberflächengewässern aus (vgl. Abschnitte 3.1 und 3.3.1). Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung sind demnach nicht auszuschliessen. Da sich die Klimafolgen je nach betrachteter Region, Höhenlage und Jahreszeit unterschiedlich manifestieren, ist auch von verschiedenen Konsequenzen auf die Grundwasserneubildung auszugehen. Insgesamt kann angenommen werden, dass es zu saisonalen Umverteilungen der Grundwasserneubildung kommt. Ob sich diese Veränderungen über das Jahr hinweg ausgleichen und somit von einer ausgeglichenen Jahresbilanz ausgegangen werden kann, ist lokal unterschiedlich und kann nicht abschliessend beurteilt werden. Massive Veränderungen sind aber eher unwahrscheinlich, da die Jahresniederschläge auch mit fortschreitendem Klimawandel konstant bleiben. Hydro-CH2018 weist darauf hin, dass, je nachdem ob ein Grundwasservorkommen direkt oder indirekt gespeist wird, unterschiedliche Effekte des Klimawandels zu berücksichtigen sind.

Direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlag:

- Klimabedingte veränderte Niederschlagsmuster können zu einer verstärkten Neubildung in den Wintermonaten und einer abnehmenden Neubildung in den Sommermonaten führen, wobei die Auswirkungen auf die Jahresbilanz standortabhängig und nicht eindeutig sind.

⁶⁹ Abschnitt basiert auf Erkenntnissen aus Hydro-CH2018: Bundesamt für Umwelt BAFU, „Synthesebericht Hydro-CH2018 (Entwurf)“.

- Zunehmende Temperaturen und folglich mehr Verdunstung tragen zu einer Austrocknung der Böden bei. Das Bodenfeuchtedefizit muss zuerst kompensiert werden, bevor die Neubildung einsetzen kann.

Indirekte Neubildung aus einem Fliessgewässer:

- Aufgrund veränderter Abflussregime ändert sich auch die Ausgangslage für die Neubildung. Insbesondere bei den sich stärker wandelnden schnee- und gletschergeprägten Abflussregime (wie z. B. Reuss und Aare) ist mit Auswirkungen auf die Neubildung zu rechnen.
- Intensivere und häufigere Niedrigwasserereignisse können zu einer Abnahme der Neubildung führen, gerade in Zeiten, in denen der Wasserbedarf zunimmt.

e) Einfluss der Grundwasserqualität auf das Dargebot

Für die Wasserversorgungssicherheit ist nicht nur die mengenmässige Entwicklung der Grundwasservorkommen entscheidend, sondern vor allem auch die Wasserqualität. Können Vorgaben zum Grundwasserschutz nicht eingehalten werden, z. B. aufgrund von Überschreitungen von für die Trinkwasserversorgung massgeblichen Grenzwerten, müssen Grundwasserfassungen aufgegeben oder zumindest vorübergehend geschlossen werden, was sich wiederum auf das Wasserdargebot auswirkt. Im Rahmen des Projekts «Wasser 2035» wurden sämtliche Wasserfassungen beurteilt. Dabei wurde auch Fassungen mit einer hohen Nitratbelastung identifiziert.⁷⁰ Als Beispiel kann die Grundwasserfassung Grundacker in Hendschicken genannt werden, die immer wieder zu hohe Nitratgehalte ausweist. Bei tiefem Grundwasserstand können in diesem Fall nur rund 40 % der konzessionierten Grundwassermenge genutzt werden.⁷¹ Bei anderen Fassungen ist die Schutzzonenausscheidung nicht ausreichend oder aufgrund von Überbauungen nicht mehr möglich. So wird z. B. die Grundwasserfassung Schäggi in Hägglingen per 2020 stillgelegt.

Auch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln und deren Abbauprodukte können zu Qualitätsproblemen führen. Als Beispiel kann die Belastung des Trinkwassers mit Abbauprodukten des Fungizides Chlorothalonil aufgeführt werden. Aufgrund einer Neubeurteilung des Bundesamts für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) im Juni 2019 wurde dafür ein Höchstwert eingeführt, der z. B. an der Grundwasserfassung Eichholz stark überschritten wurde. Die Wasserversorgung von Wohlen (IBW) reagierte umgehend und nahm die Fassung ausser Betrieb. Da rund 70 % des Wohler Trinkwassers aus den Grundwasservorkommen Länzert stammt, wo die Messwerte unter dem zulässigen Höchstwert lagen, konnte die Versorgung trotzdem sichergestellt werden.⁷² Das Beispiel Chlorothalonil zeigt jedoch, dass künftig weitere Wasserfassungen für die Trinkwasserversorgung, nicht als Folge des Klimawandels, sondern aufgrund ungenügender Wasserqualität, ausfallen könnten.

⁷⁰ Martin Schibli und Martin Künzli, „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünztal-Reusstal. Technischer Bericht Phase 2.“, 2017, 20f.

⁷¹ Schibli und Künzli, 20.

⁷² IBW, „Chlorothalonil-Rückstände im Wohler Trinkwasser: Sofortmassnahmen der ibw“, 23. Juli 2019.

3.3.3 Wassertemperatur Oberflächengewässer

a) Methode und Datengrundlagen

Methode	Grundlagen
Datenauswertung	Hydrometrische Daten für das Einzugsgebiet der Bünz an der Station Othmarsingen: Messungen in einem Extremjahr
Literaturarbeit	Literatur zu allgemeinen Entwicklungen der Wassertemperatur gemäss Forschungsarbeiten im Rahmen von Hydro-CH2018 (Literaturangaben im Text): Zusammenfassung zentraler Botschaften

b) Bisherige Beobachtungen

Wie eine Trendanalyse⁷³ von 52 Messstationen an Schweizer Fließgewässern zeigt, sind die Wassertemperaturen im Zeitraum 1979 - 2018 im Mittel um 0.33 °C pro Jahrzehnt angestiegen. Betrachtet man lediglich die letzten 20 Jahre, so ist ein Anstieg von 0.37 °C pro Jahrzehnt auszumachen. In der Studie wurden auch alpine Gewässer berücksichtigt, wo die Erwärmung aufgrund des Schmelzwassereinflusses grundsätzlich tiefer ausfällt. Im Umkehrschluss ist im Mittelland also von einem ausgeprägteren Anstieg der Wassertemperatur auszugehen. Da in der Analyse auch Daten der Messstation in Mellingen berücksichtigt wurden, liegen spezifische Resultate für die Reuss vor (Abbildung 3-15).

Abbildung 3-15: Anstieg der Wassertemperatur pro Jahrzehnt an der Messstation Reuss-Mellingen.

Zeitraum	Jährlich	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
1999-2018	0.47	0.29	0.38	0.68	0.5
1979-2018	0.43	0.23	0.48	0.65	0.36

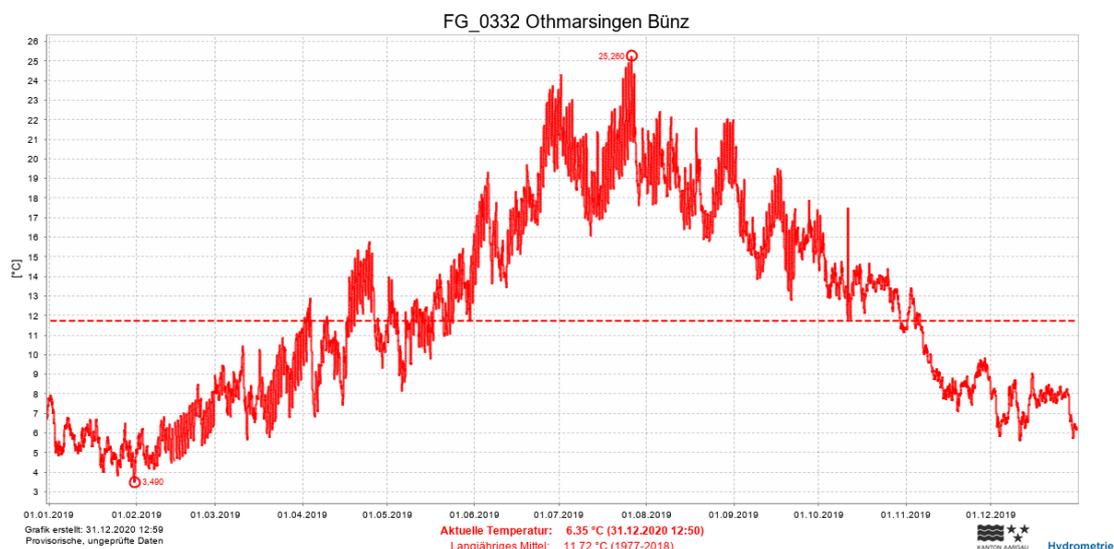
Quelle: eigene Darstellung basierend auf Michel et al. (Entwurf)

Die Wassertemperatur wird auch an den Messstationen des Fachbereich Hydrometrie Aargau erfasst.⁷⁴ Somit liegen lange Messreihen vor, die im Rahmen des Projektes jedoch nicht detaillierter ausgewertet wurden. Abbildung 3-16 zeigt die Wassertemperatur der Bünz des Jahres 2019.

⁷³ Adrien Michel u. a., „Stream Temperature Evolution in Switzerland over the Last 50 Years“, preprint (Rivers and Lakes/Mathematical applications, 20. August 2019), <https://doi.org/10.5194/hess-2019-366>.

⁷⁴ Fachbereich Hydrometrie Kt. AG, „Übersicht Stationen und Daten-Download Fachbereich Hydrometrie“, 2019, <https://www.ag.ch/app/hydrometrie/station/?id=11559>. Sämtliche Daten sind öffentlich verfüg- und downloadbar.

Abbildung 3-16: Messungen der Wassertemperatur der Bünz an der Station in Othmarsingen



Quelle: Automatisch generierte Grafik, Onlineportal Fachbereich Hydrometrie Kt. AG, „Übersicht Stationen und Daten-Download Fachbereich Hydrometrie“, 2019, <https://www.ag.ch/app/hydrometrie/station/?id=11559>.

c) Zukünftige Entwicklungen

Zwar resultiert der bereits beobachtete Anstieg aus verschiedenen klimabedingten Veränderungen, doch am bedeutendsten ist der Anstieg der Lufttemperatur. Steigt diese weiter an – wie es die Klimaszenarien CH2018 zeigen (siehe Kapitel 3.2) – ist daher auch mit einem weiteren Anstieg der Wassertemperatur zu rechnen. Hinzu kommt, dass sich die Ausgangslage durch häufigere und intensivere Niedrigwasserperioden (Abschnitt 3.3.1) zusätzlich verschärft. Tatsächlich wird die Temperatur eines Fließgewässers bei kleinem Abfluss stärker durch den Wärmeaustausch mit der Atmosphäre beeinflusst: Einerseits fließt das Wasser langsamer, wodurch mehr Zeit für den Austausch besteht, andererseits geht bei geringerer Wassertiefe der Wärmeaustausch schneller vor sich.⁷⁵ Die Kombination aus rückläufigen Abflüssen im Spätsommer und Herbst und zunehmenden Hitzetagen kann zu Temperaturmaxima führen. Während bei der Bünz die tiefen Niedrigwasserabflüsse dazu führen dürften, dass die Erwärmung in abflussarmen Zeiten besonders stark ausfällt, dürfte dieser Effekt bei der Reuss weniger ausgeprägt sein.

Als Folge erwärmter Fließgewässer ist zu nennen, dass wichtige ökologische Schwellenwerte der Wassertemperatur, z. B. der Schwellenwert zum Ausbruch der Proliferativen Nierenkrankheit (PKD) bei Fischen, immer häufiger erreicht werden.

⁷⁵ Martin Schmid, „verwundBAR: Wie verändert die Energienutzung die Gewässertemperaturen?“, WSL Berichte. Forum für Wissen., 2019, 34.

3.4 Boden

Fruchtbare Böden sind die Grundlage für die landwirtschaftliche Produktion (Kapitel 4.2). Je nach Bodeneigenschaften und -bearbeitung reagiert eine Kultur unterschiedlich auf Trockenheit und Hitze. Gesunde, tiefgründige, durchlässige und mittelschwere Böden liefern in der Regel auch bei unregelmässigen Niederschlägen genügend Wasser und Nährstoffe für ein gutes Pflanzenwachstum.⁷⁶ Viele Bodeneigenschaften sind standortabhängig, weshalb der Systembereich «Boden» als exogen und somit kaum beeinflussbar betrachtet wird. Die Bodenbearbeitung hingegen erfolgt durch die Landwirtinnen und Landwirte und stellt daher ein sehr wichtiges beeinflussbares Systemelement dar.

a) Methode und Datengrundlagen

Methode	Grundlagen
GIS-Analyse	Digitalisierte Bodenkarte 1:25'000: Einteilung der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Projektperimeters in drei Bodentypen
Literaturarbeit	Literatur zum Bodenwasserhaushalt: Darstellung wichtiger Grundlagen (Literaturangaben im Text)

Bodenkartierung in der Schweiz

Informationen über die Verteilung und Eigenschaften der verschiedenen Böden liegen in der Schweiz nur für einen Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche vor. Ein Archiv mit Bodendaten aus den Jahren 1963 bis 1996 wurde durch Agroscope in Zusammenarbeit mit dem Bund, den Kantonen und der Privatwirtschaft digitalisiert.⁷⁷ Es resultierten Bodenkarten für verschiedene Gebiete. Im Kanton Aargau umfassen diese rund die Hälfte des Kantonsgebiet. Daten liegen auch für den Projektperimeter vor: für den ganzen Perimeter im Massstab 1:25'000 und für einzelne Gemeinden im Massstab 1:5'000. Die den ganzen Projektperimeter umfassende Bodenkarte stellt auch eine wichtige Grundlage für die Analyse des Wasserbedarfs der Landwirtschaft⁷⁸ (siehe Abschnitt 4.4.2) dar. Aktuell wird nun auch für den Perimeter der Modernen Melioration Othmarsingen eine Bodenkartierung erstellt.

⁷⁶ Andreas Rüschi u. a., „2018 – Sonne und Schatten für die Landwirtschaft“, ZUP. Zürcher Umweltpraxis, 2019, 8.

⁷⁷ Urs Grob, Urs Zihlmann, und Armin Keller, „Schatz gehoben: Bodendaten aus vier Jahrzehnten inventarisiert und digitalisiert“, *Geomatik Schweiz* 113, Nr. 5 (2015): 148–49.

⁷⁸ Jürg Fuhrer und Pascale Smith, „Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft. Im Auftrag vom Amt für Umweltschutz und Energie, Kt. BL“, 2015.

b) Wichtige Bodeneigenschaften

Grundlagen für den Bodenwasserhaushalt

Der Boden besteht aus Festmaterial und Hohlräumen, auch Poren genannt. Diese enthalten Wasser und Bodenluft. Je nach Volumen der Poren erfüllen sie verschiedene, für den Wasserhaushalt des Bodens bedeutende Funktionen⁷⁹:

- Grobporen, dienen der Wasserversickerung und dem Gasaustausch (Sickerwasser)
- Mittelporen, speichern für die Pflanzen verfügbares Wasser (pflanzenverfügbares Wasser)
- Feinporen, speichern für die Pflanzen nicht verfügbares Wasser (Totwasser)

Die unterschiedlichen Anteile von Grob-, Mittel- und Feinporen in einem Boden wirken sich demnach auf die Sauerstoff-, Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen aus. Während das Mittel- und Feinporensystem vor allem abhängig ist von der Bodenart, wirkt sich die Bodenstruktur auf die Grob- und Mittelporensysteme aus.⁸⁰

Massgeben für die Bodenart sind die unterschiedlichen Korngrößen des Festmaterials eines Bodens. Der Boden setzt sich aus gröberen (Sand), etwas feineren (Schluff) und sehr feinen (Ton) Partikeln zusammen. Ein sandhaltiger Boden wird als leichter Boden, ein tonhaltiger Boden als schwerer Boden bezeichnet. Die Mischungsverhältnisse von Sand, Schluff und Ton bestimmen die Bodenart. Ein Lehmboden beispielsweise ist zu ähnlich grossen Anteilen aus Sand (40 %), Ton (25 %) und Schluff (35 %) zusammengesetzt. Dies führt auch zu einem ausgewogenen Gemisch aus Grob-, Mittel- und Feinporen und folglich zu einer guten Durchlüftung, Wasserdurchlässigkeit und Speicherung von pflanzenverfügbarem Wasser. Ein Boden, der mehrheitlich aus Sand besteht, weist zwar eine sehr gute Durchlüftung und Wasserdurchlässigkeit auf, kann pflanzenverfügbares Wasser aber nicht wirklich speichern, da vorwiegend Grobporen und wenig Mittel- und Feinporen vorhanden sind.

Die Bodenstruktur beschreibt die räumliche Anordnung der einzelnen Bodenbestandteile. Sie ist zum einen von natürlichen Abläufen (Witterung, Wurzelaktivität, bodenbiologische Aktivität), aber auch von landwirtschaftlichen Aktivitäten (Befahren, Bearbeiten) abhängig.⁸¹ Ein verdichteter Boden weist beispielsweise ein geringeres Speichervermögen für Bodenluft auf, da die Form und Menge der Grobporen im Boden verändert wurden. Dies kann sich negativ auf das Wachstum der Pflanzen auswirken.

Eine für das Pflanzenwachstum massgebliche Bodeneigenschaft ist die durchwurzelbare Bodentiefe. Damit ist derjenige Raum gemeint, der für die Wurzeln einer Pflanze erreichbar ist und der die Pflanze mit Wasser und Nährstoffen versorgt, auch pflanzennutzbare Gründigkeit (PNG) genannt. Neben der Entwicklungstiefe des Bodens kann die PNG durch Steine oder

⁷⁹ Peter Weisskopf u. a., „Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Ackerböden durch Bewirtschaftungsmassnahmen“, 6.

⁸⁰ Weisskopf u. a., 8.

⁸¹ Agroscope, „Einfluss von landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf die Bodenstruktur und Bodenfunktionen“, 2020, <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/boden-gewaesser-naehrstoffe/bodenfruchtbarkeit-bodenschutz/bodenstruktur-bodenfunktionen.html>.

stehendes Wasser eingeschränkt werden.⁸² Ein Boden mit geringer PNG trocknet bei anhaltender Trockenheit schneller aus. Im Gegensatz dazu kann ein Boden mit grosser PNG viel Wasser aufnehmen und speichern und die Pflanzen damit bei ausbleibenden Niederschlägen versorgen.

In Abbildung 3-17 zeigt das Wasserspeichervermögen von Böden abhängig von ihrer Gründigkeit und Körnung. Als Indikatoren wird die leicht und schwernutzbare Feldkapazität angegeben (nFK). Diese Grösse gibt an, wie viel leicht resp. schwer pflanzenverfügbares Wasser im Boden gespeichert werden kann. Geht man von einem bestimmten täglichen Verbrauch aus, kann die Dauer der nutzbaren Feldkapazität berechnet werden.

Abbildung 3-17: Wasserspeichervermögen von Böden

Gründigkeit	Körnung	nFK I	nFK s	täglicher Verbrauch	Dauer nFK I	Dauer nFK s
30 cm	sandiger Lehm	24 mm	48 mm	4 mm	6 Tage	12 Tage
30 cm	lehmgiger Schluff	30 mm	51 mm	4 mm	8 Tage	13 Tage
30 cm	lehmgiger Ton	6 mm	33 mm	4 mm	2 Tage	8 Tage
50 cm	sandiger Lehm	32 mm	76 mm	4 mm	8 Tage	19 Tage
75 cm	sandiger Lehm	40 mm	111 mm	4 mm	10 Tage	27 Tage
100 cm	sandiger Lehm	45 mm	149 mm	4 mm	11 Tage	37 Tage

nFK I = leicht nutzbare Feldkapazität = leicht pflanzenverfügbares Wasser

nFK s = schwer nutzbare Feldkapazität = schwer pflanzenverfügbares Wasser

täglicher Wasserverbrauch ≈ ETP

Quelle: Peter Weisskopf u. a., „Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Ackerböden durch Bewirtschaftungsmassnahmen“, 10.

Weitere bestimmende Faktoren für die Wasserbilanz

Neben der Kapazität zur Wasserspeicherung ist für die Wasserbilanz eines Bodens ebenso die Wasserzufuhr und der Wasserverlust bestimmend. Letztere setzt sich aus der Evapotranspiration, dem Oberflächenabfluss und der Versickerung zusammen. Wie in Kapitel 3.2 aufgezeigt, nimmt die Verdunstung mit fortschreitendem Klimawandel zu, was mit Auswirkungen auf die Bodenfeuchte verbunden ist. Um den Oberflächenabfluss und damit den Verlust von

⁸² Cécile Wanner, Ubald Gasser, und Claudia Loretz, „Staubtrocken! Wo Pflanzen am schnellsten durstig sind“, ZUP. Züricher Umweltpraxis, 2019, 23f.

Wasser, aber auch Bodenerosion, möglichst gering zu halten, ist die Erhaltung der Pufferfunktion von Böden zentral.

c) Böden im Projektperimeter

Gemäss Einschätzungen der Workshopgruppe ist die Variabilität der Bodentypen auf kleinem Raum sehr gross. Auf den meisten Parzellen gibt es sowohl schwere als auch leichte Böden. Dennoch spricht die Workshopgruppe von einem Nord-Süd Gradienten was die Bodenfeuchte betrifft. So sind im oberen Bünztal die Böden häufiger vernässt. Dort gibt es auch besonders viele Drainage. Die Bodenfruchtbarkeit wird insgesamt als sehr gut eingeschätzt.

Einteilung in drei Bodentypen zur Abschätzung des Bewässerungsbedarfs

Um den theoretischen Bewässerungsbedarf der Landwirtschaft nach der Methode von Smith und Fuhrer⁸³ (siehe Abschnitte 4.2.2, 4.2.3 und 4.4.1) einzuschätzen, mussten die standort-spezifischen Bodeneigenschaften für jede betrachtete Kultur ermittelt werden. Unterschieden werden folgende drei Bodentypen⁸⁴:

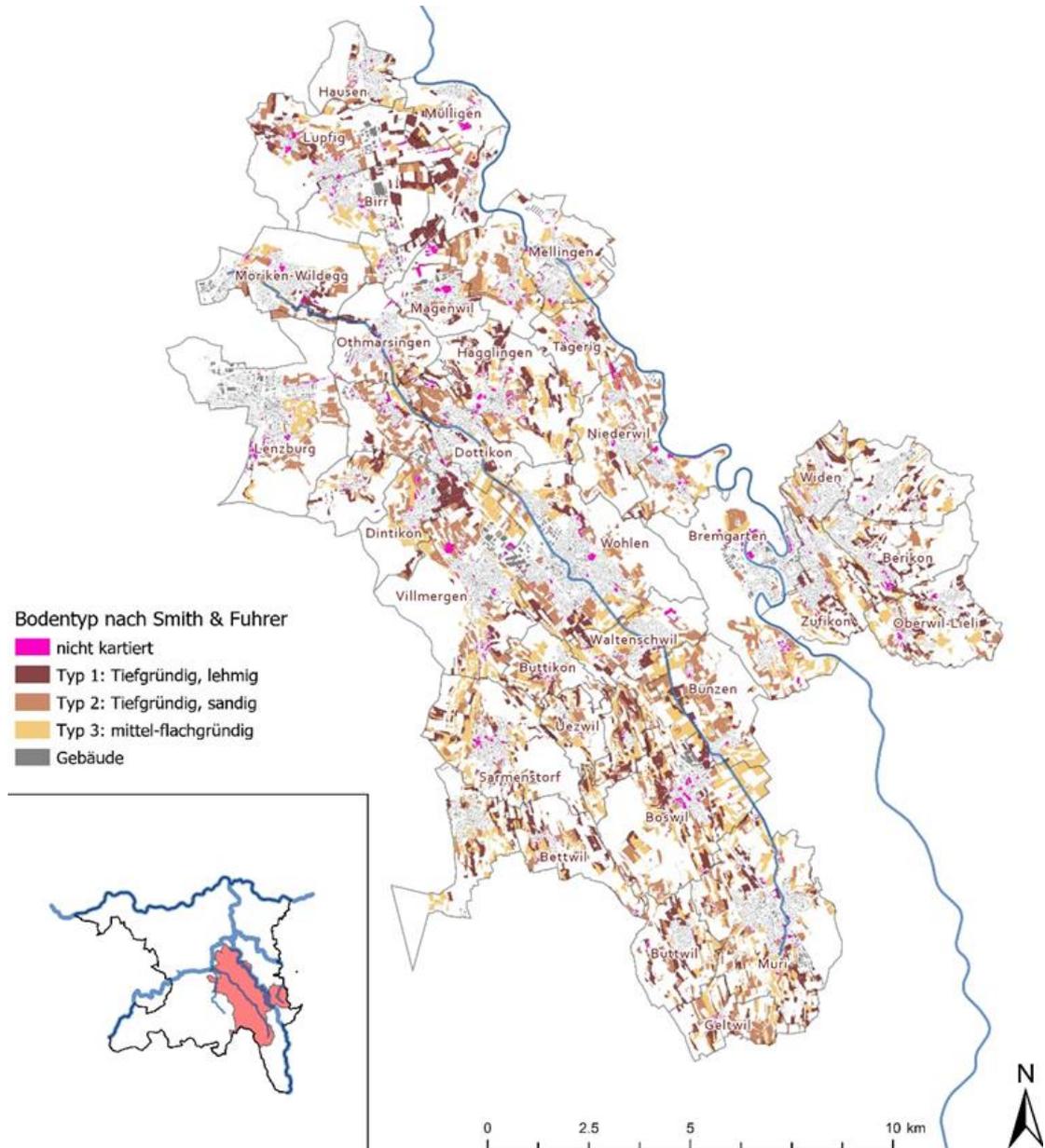
- Typ 1: Tiefgründige Braunerde, max. Durchwurzelungstiefe 110 cm, «toniger Lehm»
- Typ 2: Tiefgründige Parabraunerde, max. Durchwurzelungstiefe 110 cm, «sandiger Lehm»
- Typ 3: Mässig-tiefgründige Kalkbraunerde, max. Durchwurzelungstiefe 60 cm, «sandiger Lehm»

Als Grundlage für die Einteilung diente die Bodenkarte. Da diese jedoch weitere Bodentypen differenziert, hatte eine Zuteilung jeder in der Analyse berücksichtigten Fläche zu einem der aufgeführten Bodentypen zu erfolgen. Es resultiert die in Abbildung 3-18, welche einen Überblick der Böden im Projektperimeter gibt.

⁸³ Pascale Smith und Fuhrer, „Anhang j) Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft“.

⁸⁴ Alexander Zorn und Markus Lips, „Wirtschaftlichkeit der Bewässerung ausgewählter Kulturen im Kanton Basel-Landschaft. Im Auftrag vom Amt für Umweltschutz und Energie, Kt. BL“, 2016.

Abbildung 3-18: Bodentyp (Gründigkeit und Körnung) der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit trockenheitsanfälligen Kulturen



Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG, „Bewässerungsbedarfsprognose nach Smith & Fuhrer im Bünzetal und Umgebung, ausgewählte Karten. Auf Anfrage“, 2020.

Zoom: Bodenkarte zur Bestimmung von Bodeneigenschaften

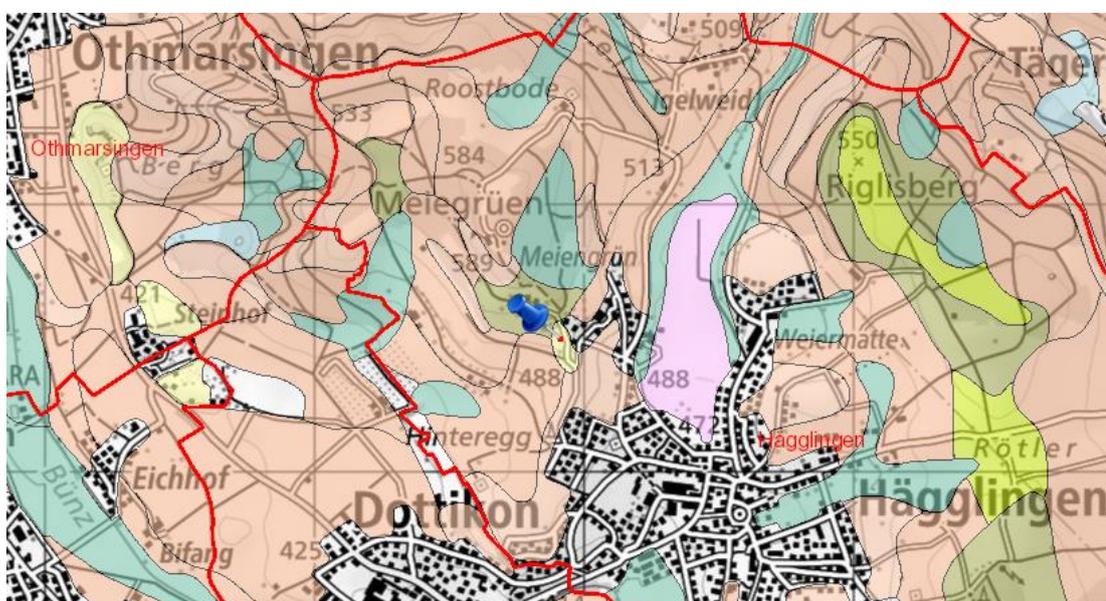
Detailliertere Angaben zur PNG und Bodenart lassen sich aus der digitalisierten Bodenkarte⁸⁵ ablesen. Gelbe und braune Farbtöne zeigen eine ungehinderte Wassersickerung. Je heller die

⁸⁵ Geoportal Kt. AG, „Online Karten. AGIS“, 2020, <https://www.ag.ch/app/agisviewer4/v1/agisviewer.html>.

Farbe ist, desto geringer fällt die PNG aus. Ein helles Gelb stellt also auf einen empfindlichen Standort dar, der wenig Wasser speichern kann (vgl. Abbildung 3-19). Grüne Farben weisen auf eine gehemmte Wassersickerung und blaue Farbtöne auf die Anwesenheit von Grundwasser im Boden hin. Weiter sind Angaben zur Bodenart hinterlegt. Unterschieden werden folgende Bodentypen: Aueboden, Braunerde, Sauer Braunerde, Fluvisol, Fahlgley, Pseudogley, Kalkbraunerde, Moor, Halbmoor, Regosol, Rendzina, Parabraunerde, Braunerde-Gley, Buntley, Auffüllung, Braunerde-Pseudogley.⁸⁶

Die Angaben sind allerdings nicht für jeder Parzelle gleich ausführlich. Auch ist die Auflösung für parzellenscharfe Aussagen zu gering, hochaufgelöste Bodendaten stellen deshalb eine für die Klimaanpassung in der Landwirtschaft bedeutende Wissenslücke dar (vgl. Kapitel 4.5).

Abbildung 3-19: Ausschnitt der Bodenkarte, der Pin weist auf einen auf Trockenheit anfälligen, ziemlich flachgründigen Boden hin



Quelle: Geoportal Kt. AG, „Online Karten. AGIS“, 2020, <https://www.ag.ch/app/agisviewer4/v1/agisviewer.html>.

3.5 Natur und Landschaft

Natur und Landschaft sind in dem Sinne als exogene Faktoren zu betrachten, als dass ihre Besonderheiten und Bedürfnissen bei der Ausarbeitung einer Anpassungsstrategie zu berücksichtigen sind. So sind etwa Gewässerlebensräume auf ausreichend Wasser und eine gute Vernetzung angewiesen.

⁸⁶ Weiterführende Informationen zu den Bodentypen und Hinweise zur standortgerechten Nutzung und Bearbeitung: Agridea, „Ackerböden standortgerecht nutzen. Datenblätter Ackerbau“, 2010..

a) Methode und Datengrundlage

Methode	Grundlagen
Literaturarbeit	Berichte der Regionalplanungsverbände und weitere Dokumente (Literaturangaben im Text): Auszüge zu Landschaftsbild und -zielen und Naturwerten

b) Landschaftselemente und Naturwerte

Landschaft und Siedlungsstruktur

Das Bünztal weist einen breiten, flachen Talboden auf. Prägendes Landschaftselement des Talbodens ist die Bünz. Ehemals war der Talboden nass und voller Flachmoore. Durch dessen Entwässerung konnte nutzbare, sehr fruchtbare Flächen gewonnen werden. Heute gibt es einige wenige Relikte der Moorlandschaft, Flachmoore und Feldgehölze aus der Zeit vor der Landumnutzung, deren Erhaltung und Förderung ein Ziel des Naturschutzes ist.⁸⁷ Ein wichtiger Naturwert des unteren Bünztals sind Erlenbruchwälder⁸⁸ in Waltenschwil, Wohlen und Villmergen.⁸⁹ Abgesehen von einem kleinen Waldstück südlich von Dottikon gibt es keinen Wald im Talboden. Hingegen sind die Talhänge bewaldet, wobei der Osthang teilweise bebaut und stellenweise von Hecken und Obstbaumgärten strukturiert ist.⁹⁰ Generell werden die flacheren Hangpartien als Ackerland genutzt und sind somit offener als die steileren, als Grasland genutzten Hänge.⁹¹

Die Siedlungsstruktur gestaltet sich aus drei unterschiedlichen, quer zur Bünz von der einten Hügelkette zur andern reichenden Siedlungsbändern. Südlich von Villmergen und Wohlen lösen Einzelsiedlungen diese Siedlungsbänder ab. Trotz der Entwicklung blieb der ländliche Charakter des Bünztals grösstenteils erhalten, insbesondere der offene Talboden zwischen den Siedlungsbändern. Dieser soll gemäss dem Regionalen Entwicklungskonzept möglichst freigehalten werden und für Tiere durchgängig sein.

Bünz und Bünzaue

Die Bünz erstreckt sich über 28 km und ist damit der längste Bach im Kanton Aargau. Verschiedene Abschnitte der in den 1930-Jahren im Zuge der Bünzkorrektur verfestigten und begradigten Bünz wurden in den letzten Jahren durch Renaturierungsmassnahmen punktuell

⁸⁷ Regionalplanungsverband Oberes Freiamt REPLA, „Regionales Raumkonzept 2040“ (Brugg, 2018), 30.

⁸⁸ Ein Bruchwald ist ein dauernd vernässter, zeitweise auch überstauter sumpfiger Wald (Nicole Imesch u. a., „Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald.“, Umwelt-Vollzug (Bern, 2015), 180.).

⁸⁹ Regionalplanungsverband Unteres Bünztal, „Regionales Entwicklungskonzept (REK)“ (Hägglingen, 16. August 2017), 22.

⁹⁰ Regionalplanungsverband Unteres Bünztal, 22.

⁹¹ CreaTo, „Landschaftsqualitätsprojekt Regionalplanungsverband Unteres Bünztal. Projektbericht.“ (Ennetbaden, 2015), 9.

ökologisch aufgewertet. Weitere Renaturierungsprojekte sind in Planung.⁹² Normalerweise befinden sich naturnahe Gewässerabschnitte jedoch in den Nebengewässern der Bünz.⁹³ Eine bedeutende Ausnahme bildet die Bünzau. Der Abschnitt zwischen dem Bahndamm von Othmarsingen und der Gemeinde Möriken wurde in Folge eines Hochwasserereignisses im Mai 1999 völlig umgestaltet. Das Auengebiet entstand also spontan und innert weniger Stunden. Nach dem Beschluss, die Aue zu erhalten, wurde diese Teil des Auenschutzparks des Kantons Aargau. Aufgrund ihrer morphologischen Dynamik wurde sie zudem im Verzeichnis der Auengebiete nationaler Bedeutung aufgenommen. Tatsächlich ändert sich je nach Wassermenge das Gelände. Dadurch werden immer wieder neue und unterschiedliche Lebensräume geschaffen, die von für Auen typische Arten – z. B. Heuschrecken und Laufkäferarten – besiedelt werden. Die Vernetzung bachaufwärts ist allerdings aufgrund eines Wehrs ausgangs von Dotikon nicht gewährleistet.

c) Bedürfnisse der natürlichen Umwelt

Gewässerraum und ökologische Aufwertung

Während im regelmässig überfluteten Bereich der Bünzau ausschliesslich eine extensive Nutzung möglich ist, zeichnet sich das Bünztal ansonsten durch eine intensive landwirtschaftliche Nutzung aus (siehe Kapitel 4.2). Für Ökosysteme im und am Wasser ist deshalb die Ausscheidung des Gewässerraums⁹⁴, der nur extensiv gestaltet und bewirtschaftet werden darf, von grosser Bedeutung. Durch den Gewässerraum sollen die natürlichen Funktionen der Gewässer gewährleistet werden. Diese unterscheiden sich je nach Lebensraum:

- Aquatischer Lebensraum: Transport von Wasser und Geschiebe, Vernetzung von Lebensräumen im Gewässer, Strukturvielfalt der Gerinnesohle, Erhaltung typischer Arten
- Amphibischer Lebensraum: Vernetzung zwischen Gewässer und Uferbereich, Anreicherung von Grundwasser, Strukturvielfalt des Uferbereichs
- Terrestrischer Lebensraum: Vernetzung entlang der Gewässer, Pufferwirkung, Strukturvielfalt, Überflutungsdynamik, Entwicklung typischer Pflanzengemeinschaften, Erhaltung typischer Arten

⁹² Gemäss kantonaler Revitalisierungsplanung sind die Streckenabschnitte zwischen der Aaremündung und Möriken sowie zwischen dem Bahndamm Othmarsingen und Othmarsingen prioritär zu revitalisieren: Departement Bau, Verkehr und Umwelt BVU Kt. AG, „Revitalisierungen an der Bünz“, 2020, https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt_natur_landschaft/hochwasserschutz/revitalisierung/revitalisierung_der_buenz/Revitalisierungen_an_der_Buenz.jsp.

⁹³ Susette Burger, „Bünz: Vom Kanal zum dynamischen Bach“, *Umwelt Aargau* 37 (2007): 12.

⁹⁴ Gemäss Art. 36a GSchG und Art. 41a-c GSchV sind die Kantone verpflichtet, den Raumbedarf für die Gewässer zu sichern, indem sie den Gewässerraum festlegen und gewährleisten. Der Regierungsrat des Kantons Aargau hat im März 2016 die behördenverbindliche Fachkarte Gewässerraum verabschiedet. Sie definiert den bei der Nutzungsplanung zu berücksichtigenden Gewässerraum für jedes Gewässer, zur Umsetzung liegt eine kantonale Arbeitshilfe vor.

Aufwertungen ausserhalb der Gewässer

Ausserhalb des Gewässerraums erfolgt der Naturschutz unter anderem durch ökologische Aufwertungsmassnahmen. Dieser werden vom Kanton gezielt gefördert, z. B. durch den Abschluss von Bewirtschaftungsverträgen im Bereich Biodiversität über das Programm Labiola.⁹⁵ So bieten heute etwa arten- und blütenreichere Fromentalwiesen oder Buntbrachen Lebensräume für Pflanzen und Tiere. Grundsätzlich wird gemäss Landschaftsqualitätsprojekt des Regionalplanungsverband Unteres Bünztal angestrebt, dass die landwirtschaftlich genutzten Gebiete im Talboden inkl. dem Siedlungs- und Waldrand zu einer offenen, vielfältigen Ackerlandschaft mit naturnahen und extensiv genutzten Flächen wird. Für die Talflanken wird eine reich strukturierte und abwechslungsreiche Kulturlandschaft angestrebt. Zudem sollen die Moorflächen offengehalten werden.⁹⁶

3.6 Markt

Der Markt formt einen Systembereich, der nicht durch das Projekt oder die Landwirtschaft selbst direkt gesteuert werden kann, aber sehr wohl bestimmend ist für die landwirtschaftliche Anpassung an den Klimawandel. Zentrale Elemente dieses Systembereichs sind die Produzentenpreise, zu welchen die Betriebe ihre Produkte verkaufen können, sowie die allgemeinen Bestimmungen rund um den Verkauf der Produkte. Wichtige Akteure in diesem Systembereich sind die Abnehmer, Verarbeiter und Grossverteiler sowie die Endkonsumenten. Eine systematische Erfassung der Produktionszahlen, Abnahmebedingungen und der Produzentenpreise im Bünztal kann im Rahmen des Pilotprojekts nicht vorgenommen werden. Auch liegen für das Bünztal keine entsprechenden Datengrundlagen vor. Darum werden beispielhafte Zusammenhänge aufgezeigt. Für eine Übersicht zur gesamtschweizerischen Agrarmarktentwicklungen (inkl. Preisentwicklungen) verweisen wir auf die Webseiten des Schweizerischen Bauernverbandes⁹⁷ und des BLW⁹⁸.

a) Methode und Datengrundlagen

Methode	Grundlagen
Workshops	Workshop-Beiträge in Bezug auf den Markt: Auswertung und Synthese der Diskussionen resp. Gruppenarbeiten
Betriebsgespräche	Betriebsgespräche (2-3 stündig) mit den sechs Betriebsleitern aus Othmarsingen im Rahmen des landwirtschaftlichen Entwicklungskonzepts für die Melioration Othmarsingen
Literaturarbeit	Literatur als Ergänzung und zur Ausführung der obigen Grundlagen (Literaturangaben im Text)

⁹⁵ Departement Finanzen und Ressourcen, Kt. AG, „Programm Labiola. Biodiversität.“, 2020, https://www.ag.ch/de/dfr/landwirtschaft/programm_labiola/biodiversitaet_1/biodiversitaet.jsp.

⁹⁶ Creato, „Landschaftsqualitätsprojekt Regionalplanungsverband Unteres Bünztal. Projektbericht.“, 17.

⁹⁷ Abrufbar unter: <https://www.sbv-usp.ch/de/themen/maerkte/>

⁹⁸ Abrufbar unter: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/markt.html>

b) Reaktionen des Markts auf Trockenheit

Unterschiedliche Reaktionen 2003 und 2015 im Bünztal

Wetterextreme haben nicht nur auf das Angebot von bestimmten landwirtschaftlichen Produkten (Menge und Qualität) einen Einfluss, sondern auch auf die Nachfrage, z. B. nach Futtermitteln. Erfahrungen aus vergangenen Jahren haben gezeigt, dass die Märkte bei Trockenheit nicht immer gleich reagieren. So wurden am ersten Workshop die Auswirkungen der Trockenheit in den Jahren 2003 und 2018 miteinander verglichen.

Demnach führte die Trockenheit 2003 zu einem Anstieg der Produzentenpreise für knapp werdende Güter. 2018 hingegen blieben die Produzentenpreise ungefähr auf dem gleichen Niveau. Die Teilnehmer des Workshops vermuten, dass die zunehmende Globalisierung zusammen mit dem rückläufigen direkten Kontakt zwischen Abnehmern und Produzenten für diese unterschiedliche Marktreaktion verantwortlich sind. Es wird davon ausgegangen, dass die Versorgungslücken durch verstärkte Importe wieder wettgemacht wurden, was dazu führte, dass die Konsumenten sich beim Einkauf kaum eines Engpasses bewusst waren und diesen – wenn überhaupt – durch die Medien erfahren haben. Dieses Beispiel zeigt zwei Regulierungsmöglichkeiten des Marktes, um auf Knappheit zu reagieren: Einerseits durch Anpassung der Preise und andererseits durch Einfuhr von Produkten, wobei die Schweiz für letzteres von ihrer hohen Kaufkraft profitiert.

Fallbeispiel: Auswirkung von Trockenheit auf die Futterpreise in Süddeutschland

Wie sich Dürreschocks auf die Preise von Heu und Futtergetreide (Futterweizen und -gerste) auswirken wurde in einer Studie⁹⁹ systematischer untersucht. Folgende Passagen sind für dieses Kapitel besonders interessant:

- *«Unsere Resultate zeigen, dass Dürreschocks in Süddeutschland [beim Heu] zu einer erheblichen Preiserhöhung führten (bis zu +13 % [...]). Preiserhöhungen in Folge eines Dürreschocks traten dabei nicht gleich zum Zeitpunkt des Dürreschocks, sondern mit einer zeitlichen Verzögerung von 3 Monaten ein. Die Preiserhöhungen durch Dürreereignisse hielten ungefähr ein Jahr an.»*
- *«Unsere Ergebnisse zeigen klarere und ökonomisch relevante Effekte von Dürren auf Heupreise, jedoch nicht auf Futtergetreidepreise. Die unterschiedlichen Preisreaktionen können mit den unterschiedlichen Markteigenschaften der Futtermittel verbunden werden, nämlich in Bezug auf Transport- und Transaktionskosten sowie Marktintegration. Im Kontext Klimawandel zeigen unsere Ergebnisse auch, dass häufiger auftretende Dürreereignisse nicht nur Effekte auf Erträge, sondern auch Preise und Preisvolatilität bei Heu haben können. Das zeigt somit auch Anpassungsbedarf an den Klimawandel auf. Beispielsweise könnten eine stärkere Nutzung von Online-Marktplätzen zu einer Erhöhung der Markttransparenz und somit zu einer Verringerung des Effekts von Dürreschocks auf Heupreise führen.»*

⁹⁹ Sergei Schaub und Robert Finger, „Wie wirkt sich Dürre auf Futterpreise aus?“, *Agrarpolitik* (blog), 28. Januar 2020, <https://agrapolitik-blog.com/2020/01/28/wie-wirkt-sich-duerre-auf-futterpreise-aus/>, im Rahmen des Projektes DIVERSGRASS der ETH Zürich

Abnahmeverträge

Als weitere Reaktion auf den Klimawandel kann eine Anpassung der Abnahmeverträge beobachtet werden. Die Landwirte aus Othmarsingen berichten davon, dass für trockenheitssensible Kulturen manche Abnahmeverträge heute eine Bewässerung voraussetzen. Hat der Landwirt keine Möglichkeit diese Kulturen zu bewässern, oder zeigt sich im Nachhinein, dass der Landwirt nur ungenügend bewässert hat, erhält er für das kommende oder die kommenden Jahre keine Abnahmeverträge mehr. Dass die Abnehmer die Anforderung an die Qualität (z. B. Grösse und Form) der Produkte anpassen, bzw. bei ungünstigen Wetterlagen lockern würden, war den Teilnehmern des Workshops nicht bekannt. Gemäss ihren Beobachtungen nehmen die Anforderungen an Produkte laufend zu, jedoch ohne Rücksicht auf mögliche durch Trockenheit verursachte Auswirkungen und Einschränkungen.

Als problematisch zeigt sich dabei, dass die Grossverteiler ihre Aktionen weit im Voraus planen. Die heutige Praxis der Planung von Aktionen ist von möglichen Knappheitsphasen völlig entkoppelt und hat wenig mit der Regionalität des lokalen Angebots zu tun. Damit wird es praktisch unmöglich den Ankauf und Verkauf von landwirtschaftlichen Produkten auf die regionale Wetterlage anzupassen. Vertreter der Landwirtschaft bemängelten deshalb im Workshop 1, dass die Abnehmer und insbesondere die Grossverteiler von landwirtschaftlichen Produkten wenig Verständnis für die durch Trockenheit und Hitze verursachten Schwierigkeiten zeigen.

Gemäss ihren Einschätzungen hat diese Entkopplung auch zu einer weiteren Entkopplung zwischen landwirtschaftlicher Produktion und den an die Endkonsumenten verkauften Produkten stattgefunden. Ursprünglich bestimmte die inländische Produktion, was die Endkonsumenten im Geschäft kaufen konnten. Heute bestimmt die von den Grossverteilern angenommene bzw. stimulierte Konsumentennachfrage die Produktpalette, welche die Produzenten liefern müssen (siehe Abschnitt d)). In der Konsequenz werden die Folgen klimabedingter Wetterlagen, wie z. B. Trockenheit, im aktuellen System zu einem grossen Teil durch die Betriebe selbst getragen.

c) Wirkung des Marktes auf die Klimaanpassung der Landwirtschaft

Wichtiger Hebel für die landwirtschaftliche Produktion

Aus den Diskussionen anlässlich der Workshops und den Betriebsgesprächen im Rahmen der Modernen Melioration Othmarsingen ergibt sich folgendes Bild: Die Othmarsinger Landwirte schätzen ihre Abhängigkeit vom Markt als gross ein. Sie verfolgen Preisentwicklungen wie auch weitere Marktentwicklungen (z. B. Angebot im In- und Ausland) entsprechend aufmerksam, da sie sich beispielsweise auf die Produktionskosten auswirken könnten.

Der Hebel des Marktes auf die landwirtschaftliche Produktion stellen die Abnahmebedingungen dar. Die wichtigsten Grössen für die Landwirtschaftsseite sind dabei die Produzentenpreise, die Qualitätsbedingungen der Produkte (z. B. Grösse, Zuckergehalt, Farbe) sowie konkrete Vorgaben an die Produktion (z. B. in Bezug auf Bewässerung oder Pflanzenschutz). Sie

alle wirken sich über den Bruttogewinn oder die Produktionskosten auf den Nettogewinn des Betriebes aus.

Reaktionen auf veränderte Marktbedingungen

Die Betriebe können innerhalb ihres Handlungsspielraums mit kurz- oder langfristigen Massnahmen auf veränderte Marktbedingungen reagieren:

- Eine kurzfristige Massnahme wäre beispielsweise die Vergrösserung der Produktionsfläche für eine bestimmte Kultur, um von besonders attraktiven Abnahmebedingungen profitieren zu können.
- Langfristige Massnahmen basieren auf strategischen Überlegungen und sind oft mit grösseren Investitionen verbunden. Als Beispiele für langfristige Massnahmen ist die Umstellung von Milch- auf Fleischwirtschaft oder die Anpassung der Kulturen zu nennen.

Meist reagieren die Betriebe mit kurzfristigen Massnahmen auf den Markt. Aus den Betriebsgesprächen lässt sich schliessen, dass dies nicht nur an den hohen Investitionen liegt, sondern auch an den Investitionsrisiken, welche aus der Volatilität des Marktes resultieren. Was die klimabedingten Trockenperioden angeht, reagieren die Betriebe noch wenig mit einer systematischen und grundlegenden Umstellung ihrer Produktion. Im Vordergrund stehen aktuell immer noch Notmassnahmen, wie vermehrte Bewässerung. Es hat sich jedoch ein Bewusstsein eingestellt, dass dieses Vorgehen keine haltbare und nachhaltige Lösung sein kann.

d) Rolle der Konsumenten

Grossverteiler und Abnehmer begründen ihre Vorgaben an die Produkte und die Produktion zu weiten Teilen mit den Ansprüchen der Konsumenten. Die Endkonsumenten bestimmen durch ihren Konsum die Nachfrage, von welcher gerne die Wünsche und Bedürfnisse der Endkonsumenten abgeleitet werden. Die Teilnehmer des ersten Workshops sind sich deshalb einig, dass der Endkonsument ein zentraler Akteur ist, der über seine Nachfrage die Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion mitgestaltet.

Es stellt sich daher die Frage, ob und wie die Konsumenten dazu bewegt werden können, mit ihrem Konsum die Landwirtschaft in der Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen. Im Rahmen dieses Grundlagenberichts lässt sich diese Frage nicht beantworten. Als Anregung werden aber folgende Fragen aufgeworfen:

- *Wer ist der Konsument?* Wenn man vom Konsumenten spricht, muss beachtet werden, dass es verschiedene Typen gibt, die sich mehr oder weniger durch verschiedene Anreize leiten lassen. So kann der Kaufentscheid durch den Preis, den Geschmack, soziale oder nachhaltige Überlegungen oder andere Kriterien gefällt werden. Preissensitive Konsumenten lassen sich folglich stärker durch die Preisgestaltung der Grossverteiler lenken. Im ersten Workshop waren sich die Teilnehmer zudem einig, dass die Endkonsumenten sehr begrenzte Kenntnisse über die klimatischen Herausforderungen für die landwirtschaftliche Produktion haben. Gleichzeitig werden bereits andere Informationen zu den Inhaltsstoffen und zur Regionalität sowie Labels an die Konsumenten getragen. Unter diesen Aspekten scheint eine Sensibilisierung der Endkonsumenten zum Thema Trockenheit sehr wichtig,

muss jedoch im Gesamtkontext einer umfassenden und nachvollziehbaren Produkte- und Produktionsinformation angegangen werden. Dies ist jedoch nur möglich, wenn dazu alle Akteure der Wertschöpfungskette mitwirken.

- *Wer ist verantwortlich für das Konsumverhalten?* Es stellt sich damit die Frage, wie viel Verantwortung den Konsumenten übertragen werden darf und wie viel Verantwortung die Verkaufsstellen tragen, die mit der Preisgestaltung, Produktdarstellung, Produktinformation und ihrem Angebot den Kaufentscheid massgeblich beeinflussen.
- *Braucht es politische Massnahmen?* Basierend auf den obigen Überlegungen wurde im Workshop 1 die Frage aufgeworfen, ob der Konsum durch regulatorische Eingriffe aktiv gelenkt werden müsste. Zur Diskussion stehen breiter gefasste Verpflichtung zur Produkte- und Produktionsinformation

Fallbeispiel Othmarsingen: Abhängigkeitsverhältnisse

Die Betriebe in Othmarsingen nehmen den Markt neben der Politik und dem Klimawandel als eine der grossen Herausforderungen für ihren Alltag und ihre Zukunft wahr. Besonders entscheidend im Markt sind für sie die Entwicklung der Produzentenpreise, also derjenigen Preise, welche sie für ihre Produkte erhalten. Anders als beim Klimawandel, sehen sie sich beim Markt und bei der Politik gezwungen, schnell auf Veränderungen zu reagieren. Bezüglich Klimawandel planen sie hingegen eher eine kontinuierliche Anpassung.

Fünf der sechs Landwirte in Othmarsingen bauen Konservengemüse (Erbsen und Bohnen) an und liefern dieses an die Frigemo AG in Mellingen. Da das Konservengemüse sehr sensibel auf Trockenheit und Hitze reagiert, sind die Abnahmeverträge an Bewässerungsmöglichkeiten gebunden. Die Landwirte müssen nachweisen, dass sie bewässern können. In Trockenperioden werden sie vom Abnehmer daran erinnert, dass sie bewässern müssen. Vor der Ernte werden die Kulturen kontrolliert. Stellt sich dabei heraus, dass sie nicht gemäss Anweisungen bewässert wurden, erhält der Betrieb keinen weiteren Abnahmevertrag. Die Frigemo AG als Markt-Akteur hat somit einen sehr direkten Einfluss auf die Klimaanpassungsmassnahme Bewässerung. Betriebe, welche noch keine eigene Bewässerungsanlage haben, überlegen sich nun, eine anzuschaffen. Die höheren Produktionskosten durch die Bewässerung tragen die Landwirte. Ein Betrieb in Othmarsingen vermutet, dass er 2018 aufgrund der Bewässerungskosten keinen Nettogewinn mit dem Konservengemüse erzielen konnte. Dieses Beispiel zeigt, dass die Risiken und Folgen des Klimawandels im aktuellen Marktsystem grösstenteils auf die landwirtschaftlichen Betriebe zurückfallen. Dies obwohl der Markt einen wesentlichen Einfluss darauf hat, inwiefern sich die Betriebe auf den Klimawandel anpassen.

Besonders problematisch ist dies, da die Betriebe in einem starken Abhängigkeitsverhältnis zu den Grossverteilern stehen. Der grösste Nettogewinn wird über Wertschöpfungsketten mit Grossverteilern erzielt. Zu den Endkonsumenten haben die Landwirte in Othmarsingen kaum Kontakt. Ein Betrieb führt einen grösseren Hofladen, ein weiterer Betrieb verkauft ebenfalls regelmässig Produkte direkt an die Endkonsumenten. Die Absatzkanäle über die Direktvermarktung sind finanziell gesehen eher klein, sind jedoch ausbaufähig und stellen ein wachsendes Potenzial dar, das es allerdings sehr professionell zu nutzen gilt. Am Beispiel des Hofladens wird auch sichtbar, wie der Markt die Folgen von Trockenheit abfedern kann, sodass die Endkonsumenten den Wirkungen von Trockenheit ausweichen können, indem sie beim Ausfall der lokalen Produkte bei den grossen Detailhändlern einkaufen.

4 Endogene Systembereiche

4.1 Kommunale Wasserversorgung

Der Systembereich «Kommunale Wasserversorgung» umfasst sowohl Überlegungen zur Organisation als auch zur Infrastruktur. Wichtige Akteure sind die Gemeinden, die für die Wasserversorgung und die damit verbundenen Aufgaben zuständig sind. Da gerade bezüglich der Organisation Spielraum im Vollzug besteht (Verträge mit Nachbargemeinden, Zusammenschluss zu einem regionalen Wasserverbund, Festlegung des Wasserpreises etc.), wird die kommunale Wasserversorgung als beeinflussbaren Systembereich verstanden.

a) Methode und Datengrundlage

Methode	Grundlagen
Workshops	Workshop-Beiträge in Bezug auf die kommunale Wasserversorgung: Auswertung und Synthese der Diskussionen resp. Gruppenarbeiten
Synthese «Wasser 2035»	Auszüge aus dem technischen Bericht der Projektphase 2 (Literaturangabe im Text)
Betriebsgespräche	Betriebsgespräche (2-3 stündige) mit den sechs Betriebsleitern aus Othmarsingen im Rahmen des landwirtschaftlichen Entwicklungskonzepts für die Moderne Melioration Othmarsingen
Literaturarbeit	Rechtliche Grundlagen und entsprechende Erläuterungen (Literaturangaben im Text): Darlegung der Zuständigkeiten und Aufgaben

b) Aufgabe und Organisation

Zuständigkeiten von Gemeinden und Kanton

Gemäss Art. 53 der Verfassung des Kantons Aargau liegt die Wasserversorgung in der Autonomie der Gemeinden. Der Kanton «fördert und koordiniert die Vorkehren der Gemeinden zur Sicherstellung der Wasserversorgung». Diese Regelung fundiert auf dem Subsidiaritätsprinzip. Dem Kanton kommt eine mehrfache Aufsichtsfunktion zu:

- Er konzessioniert die als Trinkwasser genutzten Grundwasserentnahmen.
- Er genehmigt die ausgeschiedenen Schutzzonen der Grundwasser- und Quelfassungen.
- Er überprüft die lebensmittelrechtlichen Anforderungen, darunter die Wasserqualität.

Grundsätzlich gelten für die Nutzung der unterirdischen Gewässer die Bestimmungen des Wassernutzungsgesetz (WnG). Dieses regelt zwei weitere wichtige Kompetenzen:

- Die Gemeinden dürfen den Wasserverbrauch bei drohendem Wassermangel einschränken, und zwar für Bedürfnisse, die durch die Trinkwasserversorgung gedeckt werden.
- Der Kanton darf Trink- und Brauchwassernutzungen zum Schutz vor der Übernutzung des Grundwassers einschränken.

Der Kanton ist zudem mit der Aufgabe des planerischen Grundwasserschutzes nach Vorgaben des Bundes betraut. Die Umsetzung erfolgte:

- Auf Ebene Nutzungspläne (eigentümerverbindlich): durch die Ausscheidung von 15 Grundwasserschutzarealen.
- Auf Ebene Richtplan (behördenverbindlich): durch die Festlegung von «kantonalen Interessengebieten für die Grundwassernutzung» und «vorrangige Grundwassergebiete von kantonalen Bedeutung».

Weiter ist im Richtplan festgehalten, dass das Leitbild zur Wasserversorgung aus dem Jahr 2007¹⁰⁰ von den Gemeinden als Grundlage für die Sicherstellung der Trink- und Brauchwasserversorgung zu berücksichtigen ist. Dieses steht vor einer Überprüfung. Und zwar soll es dahingehend überarbeitet werden, dass eine regionale Planung der Beschaffung und Wasser- verteilung der Trinkwasserressourcen vorangetrieben werden kann.¹⁰¹ Beabsichtigt wird eine verbesserte Wasserversorgungsstruktur mit einer geeigneten Infrastruktur zur Wasserverteilung, damit zukünftige Engpässe vermieden werden können. Eine optimierte und stärkere regionale Zusammenarbeit sollte etwa dazu führen, dass die Grundwasservorkommen in den grossen Flusstälern als Wasserlieferanten für grundwasserärmere, teils dicht besiedelte Seitentäler genutzt werden können. Bisher sind die Wasserversorgungen im Kanton Aargau nur vereinzelt regional organisiert. Der Regierungsrat des Kantons Aargau beabsichtigt zudem, bei der Überarbeitung des Leitbilds den landwirtschaftlichen Bedarf für Bewässerungswasser einzubeziehen.¹⁰²

Weitere Instrumente zur Steuerung der Trinkwasserversorgung stehen auf kantonaler Ebene nicht zur Verfügung. Ob in Zukunft eine stärkere Steuerung durch den Kanton anzustreben ist und mit welchen Gesetzesanpassungen dies verbunden wäre, wird zudem anlässlich eines Postulats¹⁰³ überprüft.

Auf Bundesebene wird zurzeit die Verordnung über die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Notlagen (VTN) revidiert. Obwohl für die Trinkwasserversorgung die Kantone und Gemeinden zuständig sind, sollen bei grosser Knappheit, z. B. als Folge anhaltender Trockenheit, Vorschriften des Bundes zur Sicherung der Trinkwasserversorgung greifen. Es sind Bestrebungen erkennbar, dass die revidierte Verordnung die Zusammenarbeit und Koordination von Kantonen und Gemeinden resp. Betreibern von Wasserversorgungen verbessern soll.¹⁰⁴

¹⁰⁰ Departement Bau, Verkehr und Umwelt BVU Kt. AG, „Leitbild Wasserversorgungen Aargau. Bericht.“

¹⁰¹ Stephan Attiger, „Mehr Versorgungssicherheit durch regionale Zusammenarbeit“, *Zeitschrift des Aargauischen Gewerbeverbands*, Nr. 6 (18. Juni 2019): 5.

¹⁰² Regierungsrat Kt. AG, „Stellungnahme des Regierungsrats zur Motion 19.116. Motion Alois Huber, SVP, Mörken-Wildegg (Sprecher), Ralf Bucher, CVP, Mühlau, Christoph Hagenbuch, SVP, Oberlunkhofen, Colette Basler, SP, Zeihen, Robert Obrist, Grüne, Schinznach, Michael Wetzler, CVP, Ennetbaden, und Michael Notter, BDP, Niederrohrdorf, vom 7. Mai 2019 betreffend Sicherstellung von Bewässerungsmöglichkeiten; Ablehnung beziehungsweise Entgegennahme als Postulat.“, 2. Juli 2019, 2.

¹⁰³ Die von Bauernvertretern eingereichte Motion 19.116 zur Sicherstellung der Bewässerungsmöglichkeiten wurde am 5.11.2019 vom Grossen Rat als Postulat überwiesen.

¹⁰⁴ Regierungsrat Kt. AG, „Stellungnahme des Regierungsrats zur Motion 19.116. Motion Alois Huber, SVP, Mörken-Wildegg (Sprecher), Ralf Bucher, CVP, Mühlau, Christoph Hagenbuch, SVP, Oberlunkhofen, Colette Basler, SP,

Zuständigkeiten bzgl. Abgaben für die landwirtschaftliche Bewässerung

Die Gemeinden bestimmen, ob Wasser aus der öffentlichen Wasserversorgung zu Bewässerungszwecken abgegeben werden kann, resp. ob diese einzuschränken sind. Massgebend sind die von den Gemeinden erlassenen Wasserversorgungsreglemente. Dort ist beispielsweise geregelt, dass vorübergehende Wasserabgaben für Bewässerungen ab Hydranten einer Bewilligung des Gemeinderates bedürfen.¹⁰⁵ Auch legt ein kommunales Reglement die Grundsätze und Bedingungen für Einschränkungen der Wasserabgabe fest. So müssen etwa voraussehbare Einschränkungen rechtzeitig bekanntgegeben werden.¹⁰⁶

Eine Rechtsgrundlage, mit welcher der Kanton die Gemeinden verpflichtet könnte, Wasser für die Bewässerung aus dem Trinkwassernetz abgeben zu müssen, gibt es nicht. Auch können die Wasserversorgungsreglemente vom Kanton nicht kurzfristig mit weiterführenden Bestimmungen übersteuert werden.¹⁰⁷

Einschränkungen

Kommt die kommunale Wasserversorgung an ihre Grenzen, dürfen die Gemeinden den Wasserverbrauch einschränken, und zwar für Bedürfnisse, die durch die Trinkwasserversorgung gedeckt werden. Im Sommer 2018 kam es etwa zu folgenden Einschränkungen:¹⁰⁸

- Abstellen der Laufbrunnen
- Aufrufe zum Wassersparen an die Bevölkerung oder Verbote (Autowäsche, Pools, Gartenbewässerung)
- Limitierung oder Verbot der landwirtschaftlichen Bewässerung

In welchen Gemeinden Einschränkungen erfolgten wird aus den Abbildung 6-1, Abbildung 6-2 und Abbildung 6-3 ersichtlich. Weiter quantifiziert Abbildung 6-2, wie viel Wasser für Bewässerungszwecke in den Gemeinden abgegeben werden konnte.

Zeihen, Robert Obrist, Grüne, Schinznach, Michael Wetzel, CVP, Ennetbaden, und Michael Notter, BDP, Niederrohrdorf, vom 7. Mai 2019 betreffend Sicherstellung von Bewässerungsmöglichkeiten; Ablehnung beziehungsweise Entgegennahme als Postulat., 2f.

¹⁰⁵ Stellvertretend für weitere Gemeinden: Gemeinde Othmarsingen, „Wasserreglement“, 22. November 2019, 11.

¹⁰⁶ Stellvertretend für weitere Gemeinden: Gemeinde Othmarsingen, 9.

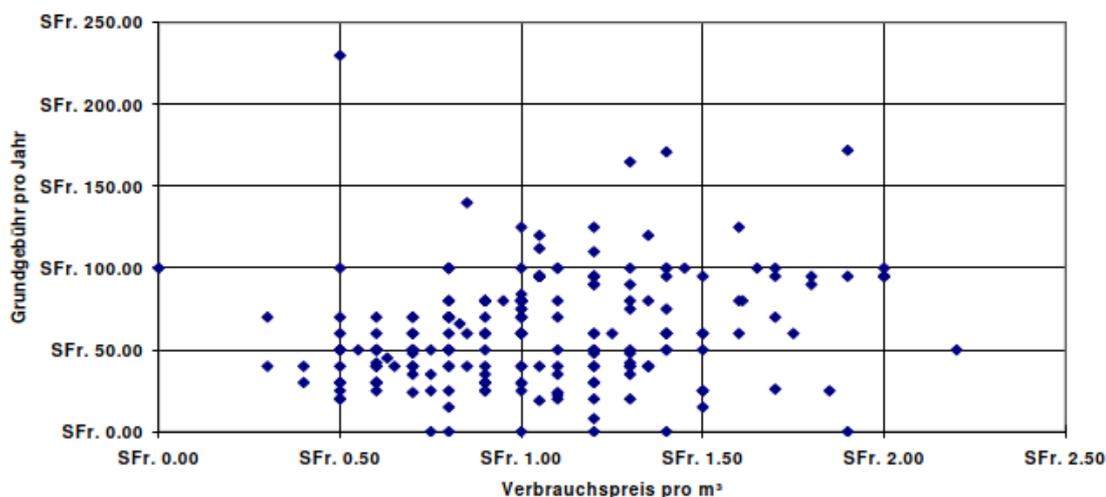
¹⁰⁷ Regierungsrat Kt. AG, „Stellungnahme des Regierungsrats zur Motion 19.116. Motion Alois Huber, SVP, Möriken-Wildegg (Sprecher), Ralf Bucher, CVP, Mühlau, Christoph Hagenbuch, SVP, Oberlunkhofen, Colette Basler, SP, Zeihen, Robert Obrist, Grüne, Schinznach, Michael Wetzel, CVP, Ennetbaden, und Michael Notter, BDP, Niederrohrdorf, vom 7. Mai 2019 betreffend Sicherstellung von Bewässerungsmöglichkeiten; Ablehnung beziehungsweise Entgegennahme als Postulat.“, 1.

¹⁰⁸ Peter Lehmann und Martin Schibli, „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünztal-Reusstal. Präsentation Vernehmlassung Phase II“, 27.

Festlegung und Höhe des Wasserpreises

Der Wasserpreis setzt sich aus einem Grund- und einem Verbrauchspreis zusammen.¹⁰⁹ Die Gemeinden setzen die Ansätze per Reglement fest.¹¹⁰ Der Verbrauchspreis ist für alle Bezüger innerhalb einer Gemeinde gleich hoch und wird pro m³ bezogenem Trinkwasser berechnet. Gemäss dem kantonalen Leitbild aus dem Jahr 2007 beträgt die Verbrauchsgebühr im Schnitt 1.04 CHF/m³, wobei der tiefste Ansatz bei 0.30 CHF/m³ (Mumpf und Buttwil) und der höchste Ansatz bei 2.20 CHF/m³ (Olsberg) liegt. Die Grundgebühr wird entweder in Abhängigkeit der Wasserzählergrösse oder pauschal pro Bezüger verrechnet. Auch diese fällt je nach Gemeinde unterschiedlich hoch aus. Dass der Wasserpreis stark variiert, lässt darauf schliessen, dass die Anlage- und Kostenstrukturen auf Seite der Versorger unterschiedlich hoch ausfallen.

Abbildung 4-1: Tarifstruktur der Wasserversorgungen im Kanton Aargau (Grundgebühr und Verbrauchspreis)



Quelle: Departement Bau, Verkehr und Umwelt BVU Kt. AG, „Leitbild Wasserversorgungen Aargau. Bericht.“, 2007.

Regionale Versorgungssysteme

Grossmehrheitlich werden die Wasserversorgungen als Eigenwirtschaftsbetrieb der Gemeinden geführt. Sie sind somit für die Sicherstellung der Wasserversorgung auf ihrem Gemeindegebiet verantwortlich. Teilweise bestehen allerdings Verträge zwischen den Gemeinden zur Abgabe von Trinkwasser oder auch von Löschwasser.¹¹¹ Im Projektperimeter liegen zwei

¹⁰⁹ Hinzu kommt eine einmalige Anschlussgebühr und sowie Abwassergebühren.

¹¹⁰ Stellvertretend für weitere Gemeinden: Gemeinde Othmarsingen, „Reglement über die Finanzierung der selbsttragenden Betriebe Wasser und Abwasser sowie der Strassen“, 22. November 2019, 14.

¹¹¹ Schibli und Künzli, „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünztal-Reusstal. Technischer Bericht Phase 2.“, 28ff.

regionale Wasserversorgungsverbände (REWA Birrfeld, RWV Mutschellen), welche Aufgaben im Bereich der Wasserbeschaffung, -speicherung oder -verteilung für verschiedene Versorgungen übernehmen. Die Wasserversorgung sämtlicher Gemeinden regional zu organisieren und v.a. langfristig sicherzustellen, wird mit dem Projekt «Wasser 2035» (vgl. Abschnitt 4.1c) angestrebt.

Versorgungsnetze¹¹² und Speicher

Damit der Wasserbezug von benachbarten Versorgungen möglich ist, braucht es Netzverbindungen oder Stufenpumpwerke. Dabei weisen Netzverbindungen unterschiedliche Funktionen auf, welche auch kombiniert werden können: Notverbindungen sollen Löschwasserlieferungen oder die Notversorgung sicherstellen, regelmässig genutzte Verbindungen dienen je nach Gemeinde und Vertrag der Vollversorgung, der Deckung des Spitzenbedarfs, der Durchleitung für andere Versorgungen oder der gemeinsamen Nutzung von Anlagen.

Die Speichervolumen der Wasserversorgungen sind wichtig, um den Ausgleich zwischen Tages- und Nachtbedarf und Notreserven im Falle von Betriebsstörungen zu gewährleisten. Man spricht in diesem Zusammenhang von Brauchreserve. Zusätzlich wird Speichervolumen reserviert, das nur im Löschfall freigegeben wird (Löschreserve).¹¹³ Bei fehlendem Speichervolumen (oder fehlendem Wasserbedarf) kann es vorkommen, dass Quellwasser nicht genutzt werden kann. Gemäss dem Leitbild Wasserversorgung des Kantons überlaufen aus diesem Grund rund 7 % des Quellwassers.

c) Projekt «Wasser 2035»: Regionaler Wasserverbund

Ob und wie sich die regionale Situation der Wasserversorgungen im Bünz- und Reusstal mit dem Bau einer leistungsstarken Ringleitung resp. einer klugen Vernetzung optimieren lässt, wird mit dem Projekt «Wasser 2035» überprüft und geplant. Das Projekt «Wasser 2035» sieht vor, die Wasserversorgungen im Bünz- und Reusstal zu verbinden und allen Beteiligten einen Anschluss an das ergiebige Grundwasservorkommen im Gebiet Länzert (nordwestlich von Lenzburg) zu ermöglichen. Ein Ziel ist es, dadurch den künftigen Spitzenbedarf decken und die Versorgungssicherheit erhöhen zu können, ohne dass die gemeindeeigenen Wassergewinnungsanlagen weiter ausgebaut werden müssten.

Anlass zum Projekt «Wasser 2035» hat gegeben, dass die konzessionierte Entnahmemengen aus der bedeutenden Grundwasserfassung Hard II auf dem Gemeindegebiet von Niederlenz angesichts des künftigen Eigenbedarfs von Lenzburg und Wohlen und den von den Nachbarn benötigten Wasserbezugsoptionen als weitestgehend ausgeschöpft beurteilt wurde. Bevor eine Konzessionserhöhung oder der Ausbau der bestehenden Transportleitung in Betracht gezogen wurde, sollte die Idee einer Ringleitung resp. einer Vernetzung geprüft werden.¹¹⁴

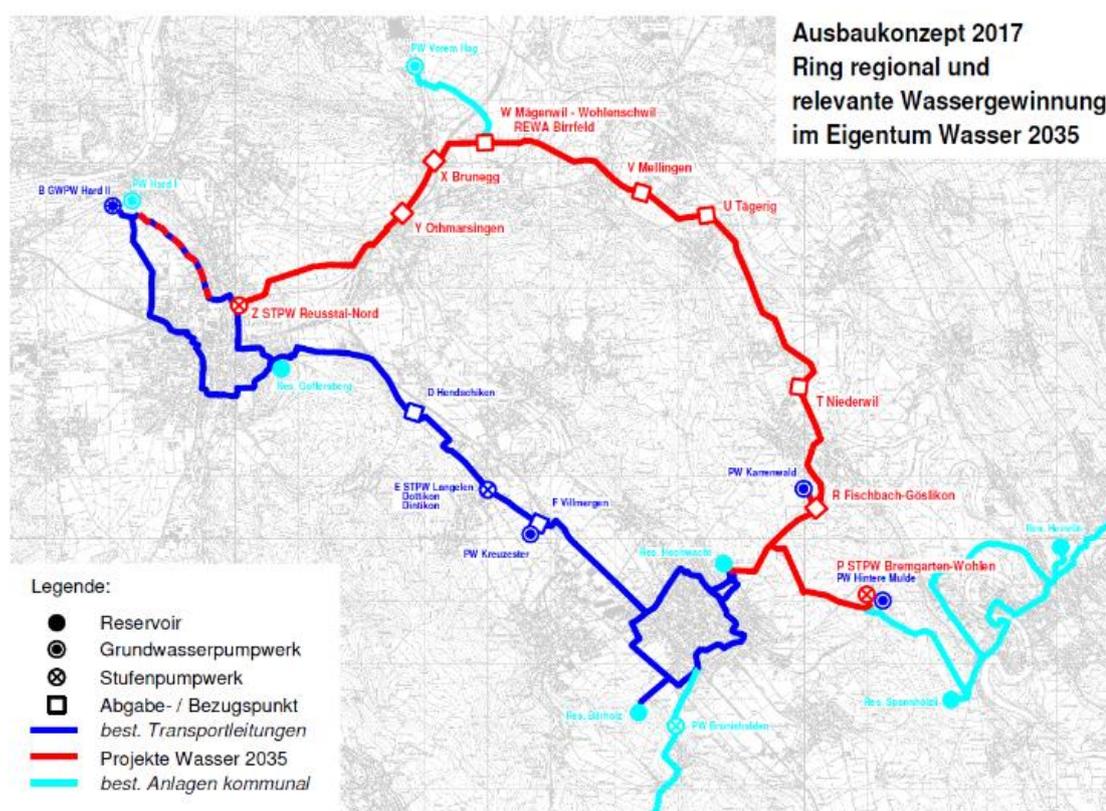
¹¹² Departement Bau, Verkehr und Umwelt BVU Kt. AG, „Leitbild Wasserversorgungen Aargau. Bericht.“, 13.

¹¹³ Departement Bau, Verkehr und Umwelt BVU Kt. AG, 10.

¹¹⁴ Schibli und Künzli, „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünztal-Reusstal. Technischer Bericht Phase 2.“, 7.

23 Gemeinden aus dem Bünz- und Reusstal haben im Jahr 2014 ihr Interesse am Projekt bekundet. Für den geplanten Wasserverbund Reusstal und Bünztal wurden seither Konzepte zur Organisation, Finanzierung und zum Betrieb erarbeitet und nach Vernehmlassungen überarbeitet. Grundsätzlich können sich die im Projektperimeter liegenden Gemeinden eine Partnerschaft mit dem Projekt «Wasser 2035» vorstellen. Die Übertragung der eigenen Wassergewinnungsanlagen und Leitungsbauten in die regionale Organisation vom Projekt «Wasser 2035», wie es das ursprüngliche Ausbaukonzept (Abbildung 4-2) vorsieht, wurde von den meisten Gemeinden aus politischen oder wirtschaftlichen Überlegungen abgelehnt.¹¹⁵ So wurde geprüft, wie am technischen Konzept festgehalten werden kann, ohne dass eine Eigentumsübertragungen notwendig wäre. Den Gemeinden wird nun die Gründung einer interkommunalen Anstalt (IKA) vorgeschlagen, zu deren Beitritt sich die Gemeindeversammlungen auszusprechen haben, sofern die Gemeinden nach wie vor an der Teilnahme beim Projekt «Wasser 2035» interessiert sind.

Abbildung 4-2: Ursprüngliche Ausbauvariante von «Wasser 2035» gemäss Konzept (2017)



Quelle: Wasser 2035, „Konzept ‚Wasser 2035‘. Organisation, Betrieb und Finanzierung“, 22. Juni 2017, 18.

¹¹⁵ Lehmann und Schibli, „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünztal-Reusstal. Präsentation Vernehmlassung Phase II“, 13.

Fallbeispiel Othmarsingen: Versorgungssystem mit Kapazitäten

Othmarsingen ist in einer privilegierten Situation, was die Wasserversorgung anbelangt: Dank dem Wegfall eines grossen Trinkwasserverbrauchers (Metzgerei) verfügt die Gemeinde über ein Versorgungssystem mit grossen Kapazitätsreserven. Othmarsingen bedient eine Pumpstation für Trinkwasser, welche pro Tag maximal 3000 m³ Wasser pumpen kann. Davon kann Othmarsingen maximal 1300 m³ pro Tag für sich nutzen, der Rest wird an benachbarte Gemeinden geliefert.

Die Kosten für Trinkwasser fallen für den Bezug von Wasser für Bewässerungszwecke gleich hoch aus wie für die Haushalte (0.70 CHF/m³), wobei die Landwirtschaft keine zusätzlichen Abwassergebühren für die Bewässerung bezahlt. Im Kanton Aargau variieren die Kosten für Trinkwasser zwischen 0.30 bis 3.00 CHF/m³. Die Kosten in Othmarsingen sind also relativ tief.

Es darf jeweils nur ein Hydrant auf einmal für die Bewässerung genutzt werden. Damit wird sichergestellt, dass im Notfall die lokale Feuerwehr bei Bedarf genug Wasser beziehen kann. Die Landwirte müssen sich deshalb untereinander absprechen und bei grosser Trockenheit auch tagsüber bewässern, auch wenn dann die Verdunstungsrate höher ist.

4.2 Landwirtschaftliche Produktion

Auf den Systembereich «Landwirtschaftliche Produktion» wird in diesem Kapitel wie folgt eingegangen: Abschnitt 4.2.1 und 4.2.2 geben einen Überblick zu den landwirtschaftlichen Nutzungen in den Teileinzugsgebieten des Projektperimeters und deren Anfälligkeit hinsichtlich Trockenheit. Im Abschnitt 4.2.3 werden GIS-basierte Modellierungen vorgestellt, anhand welcher der theoretische Bewässerungsbedarf ermittelt wird, der bei fortschreitendem Klimawandel für die Ertragssicherung von potenziell bewässerungsbedürftigen resp. aus heutiger Sicht bewässerungswürdigen Kulturen bestehen würde. Auf das methodische Vorgehen wird jeweils direkt zu Beginn der Abschnitte eingegangen. Abschnitt 4.2.4 gibt schliesslich eine Einschätzung zu bereits erfolgten Anpassungen der landwirtschaftlichen Produktion an Trockenheit und Hitze und wichtigen Voraussetzungen dafür. Auf den mit der landwirtschaftlichen Produktion stark zusammenhängende Systembereich «Absatz und Wertschöpfung» wird im Folgekapitel 4.3 eingegangen.

4.2.1 Landwirtschaftliche Produktion im Projektperimeter**a) Methode und Datengrundlagen**

Methode	Grundlagen
Datenauswertung	AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche: Auswertung der im Rahmen der Betriebsstrukturdatenerhebung erfassten Flächendaten
Expertenbefragung	Christan Wohler (Leiter Spezialkulturen, Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg)

Betriebsstrukturdatenerhebung als Grundlage

Um die Direktzahlungsbeiträge zu berechnen, werden im Kanton Aargau landwirtschaftliche Daten im GIS (geografisches Informationssystem) erfasst. Diese Flächendaten dienen als Grundlage für die Auswertungen in diesem Kapitel. Sie werden jährlich im Rahmen der Datenerhebung zur Betriebsstruktur direkt durch die Landwirtinnen und Landwirte nachgeführt. Pro Jahr kann eine Nutzung pro Nutzungsfläche¹¹⁶ angegeben werden. Die jeweilige Nutzung wird mit einem Code gemäss den Vorgaben des BLW¹¹⁷ erfasst. Weder Zweit- noch Zwischenkulturen werden im GIS erfasst.

Aufgrund der hohen Anzahl möglicher Nutzungen mussten diese 122 BLW-Codes für die Auswertung in Nutzungsgruppen zusammengefasst werden (siehe Anhang 6.3a). Analysiert wurden die für das Jahr 2019 erfassten Flächendaten, weshalb die Fruchtfolge ungenügend abgebildet ist. Ein Vergleich der Daten von 2019 mit denjenigen für das Jahr 2018 zeigt jedoch, dass sich die Anteile der einzelnen Nutzungsgruppen in diesen zwei Jahren – zumindest über den ganzen Projektperimeter betrachtet – nicht massgeblich verändert haben. Die grösste Abweichung ergibt sich beim Futtergetreide und beträgt 4.3 %: Der Anbau von Futtergetreide ging um rund 80 ha zurück, von insgesamt 1960 ha (2018) auf 1880 ha (2019).

b) Landwirtschaftliche Nutzungen im Projektperimeter

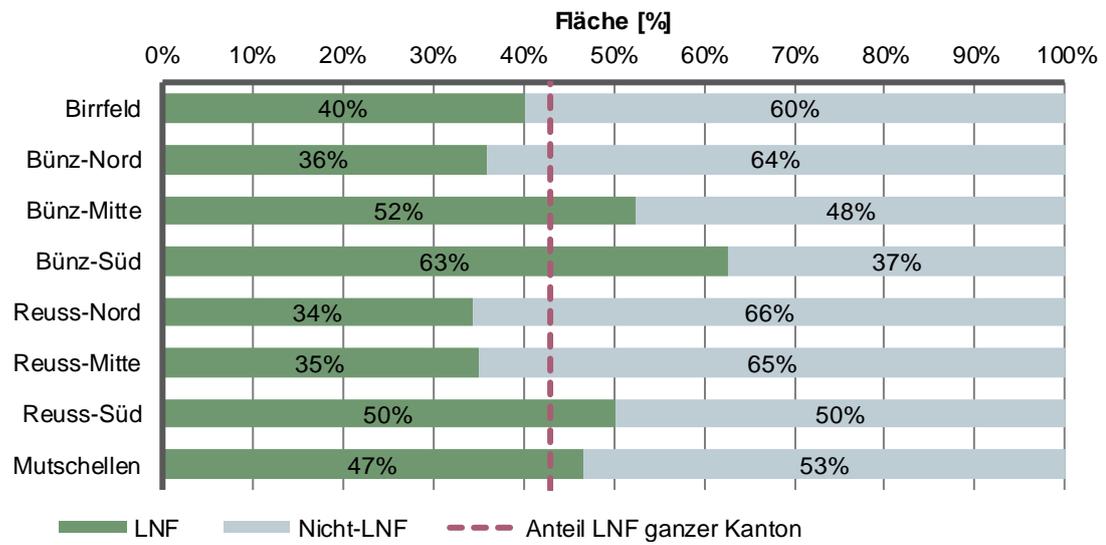
Wie Abbildung 4-3 zeigt, liegt der Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche¹¹⁸ (LN) im gesamten Projektperimeter leicht über dem kantonalen Durchschnitt, wobei deutliche Unterschiede zwischen den Teileinzugsgebieten bestehen. Insbesondere im Bünztal ist der Anteil der LN hoch, so werden 63 % der Gesamtfläche von Bünz-Süd resp. 52 % von Bünz-Mitte landwirtschaftlich genutzt.

¹¹⁶ Unter Nutzungsfläche (auch Kulturfläche) versteht man eine Fläche, auf welcher eine bestimmte Nutzung bzw. Kultur vorkommt. (siehe auch Departement Finanzen und Ressourcen Kt. AG., „Anleitung Betriebsstrukturdatenerhebung 2020. Anleitung zur Datenerfassung mit agriGIS“, 19. Februar 2020, https://www.ag.ch/media/kanton_aargau/dfr/dokumente_3/landwirtschaft_2/direktzahlungen_beitraege_2/AgriGIS_Anleitung_LWAG_2020.pdf.)

¹¹⁷ Bundesamt für Landwirtschaft BLW, „Vollzugshilfe Merkblatt Nr. 6. Flächenkatalog und Beitragsberechtigung 2020“.

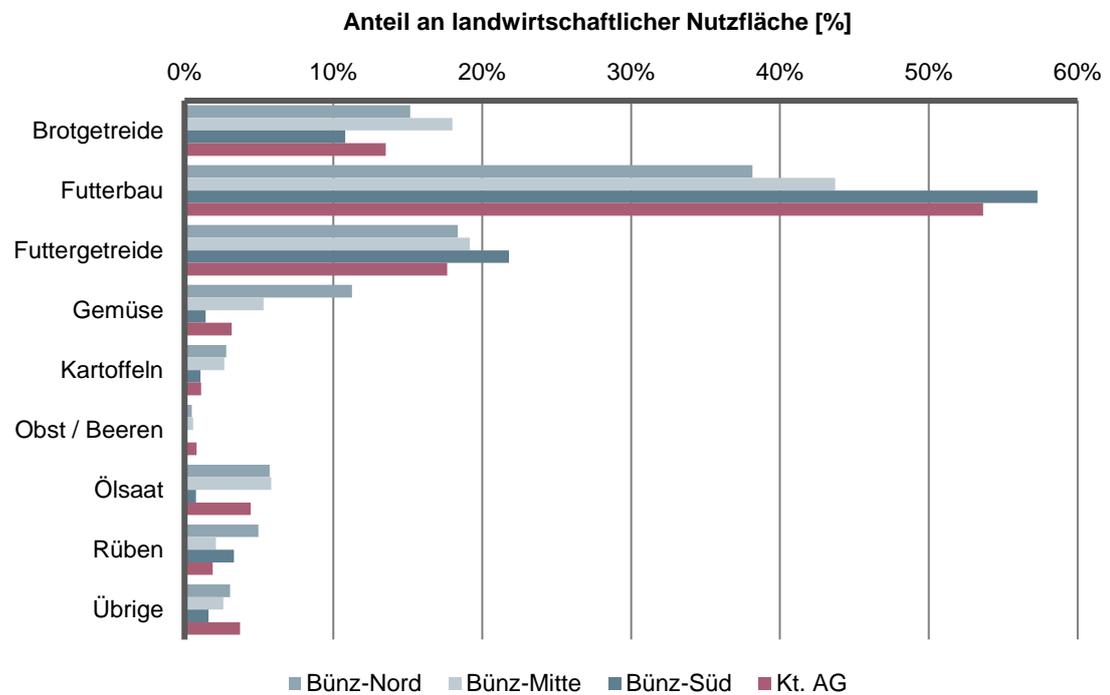
¹¹⁸ Beitragsberechtigte Fläche gemäss Direktzahlungsverordnung (DZV)

Abbildung 4-3: Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche, nach Teileinzugsgebiet



Quelle: Eigene Auswertung der AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche, Jahresstand 2019

Abbildung 4-4: Landwirtschaftliche Nutzung im Bünztal im Vergleich zum Gesamtkanton (rot)



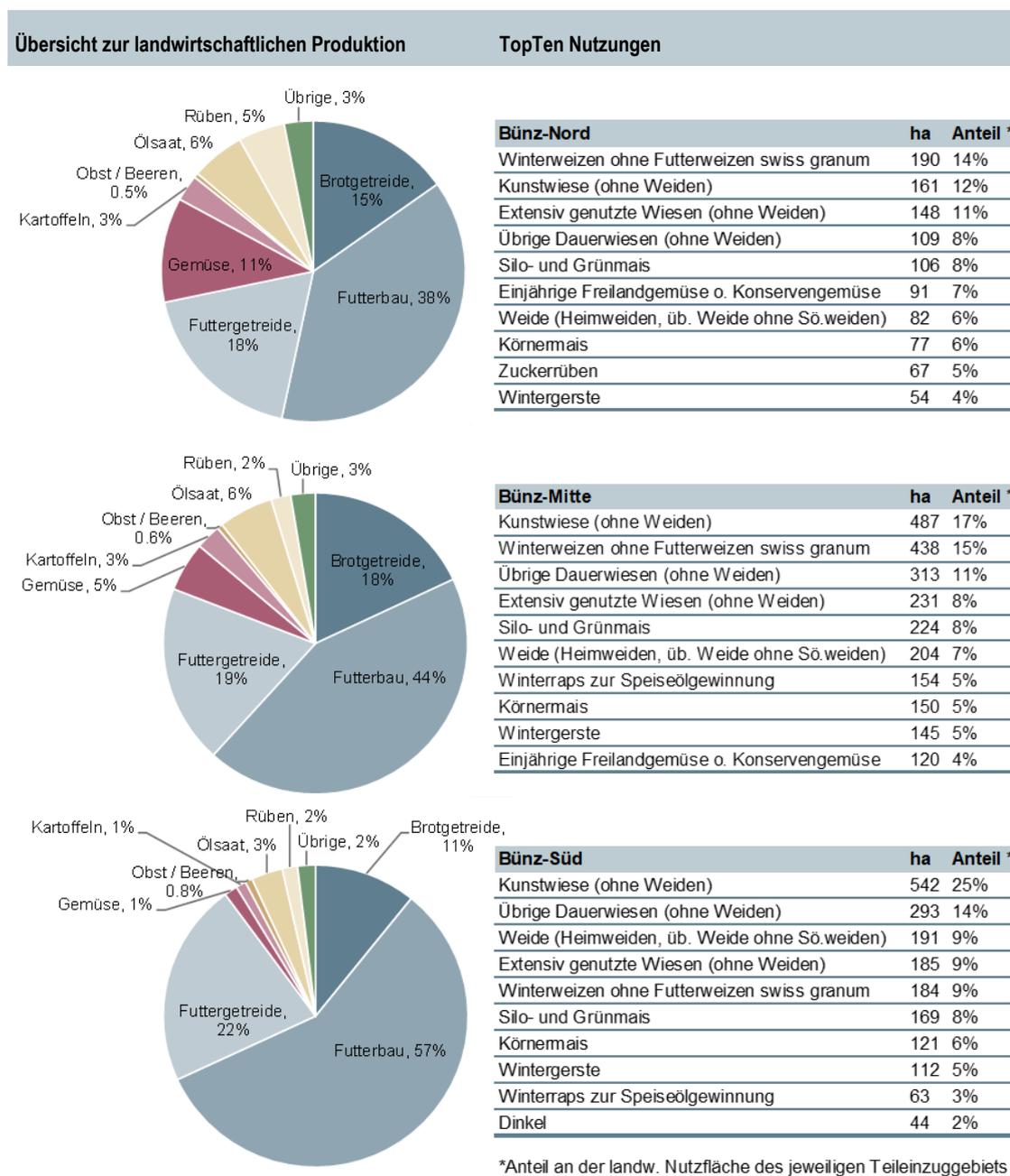
Quelle: Eigene Auswertung der AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche, Jahresstand 2019

Landwirtschaftliche Nutzungen im Bünztal

Aufgrund der guten und ebenen Böden wird das Bünztal ackerbaulich intensiv genutzt. Der Ackerbau hat gerade im unteren Bünztal (Bünz-Nord und Bünz-Mitte) grosse Bedeutung. So liegt der Anteil der Flächen für den Anbau von Futter- und Brotgetreide, Kartoffeln, Ölsaaten und Rüben jeweils deutlich über dem kantonalen Durchschnitt (Abbildung 4-4). Auch der Gemüsebau ist in diesen beiden Teileinzugsgebieten wichtig. Während im Durchschnitt 3 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Kantons Aargau für den Gemüsebau genutzt wird, sind es in Bünz-Nord 11 % und in Bünz-Mitte 5 % (Abbildung 4-5). Insbesondere der traditionelle Gemüsebau (Lagergemüse) hat sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt (mehr Fläche, zunehmende Spezialisierung auf den Betrieben). Beeren- und Obstbau kommt vereinzelt vor. Der Anteil des Futterbaus fällt im unteren Bünztal vergleichsweise tief aus. Dessen Bedeutung nimmt zu, je weiter südlich man geht. Im Teileinzugsgebiet Bünz-Süd liegt der Anteil der futterbaulichen Nutzung sogar über dem kantonalen Durchschnitt. Somit ist dort auch die Tierhaltung (Milchvieh und Mast) wichtig. Auch die Anzahl Schweinemastbetriebe nimmt in Richtung Süden zu. Zudem gibt es in den letzten Jahren im Freiamt eine wachsende Anzahl von Geflügelmastbetrieben.

Bei der Betrachtung der 10 flächenmässig bedeutendsten Nutzungsarten (Abbildung 4-5) fällt wiederum die ackerbaulich intensive Nutzung auf. Winterweizen, Silo- und Grünmais, Körnermais und Wintergerste sind in allen drei Teileinzugsgebieten des Bünztals in den «TopTen» der Nutzungsarten. Auch die Bedeutung des Gemüsebaus im unteren Bünztal wird ersichtlich: «Einjährige Freilandgemüse ohne Konservengemüse» gehört sowohl in Bünz-Nord als auch Bünz-Mitte zu den 10 häufigsten Nutzungsarten.

Abbildung 4-5: Landwirtschaftliche Nutzung im Bünztal, pro Teileinzugsgebiet



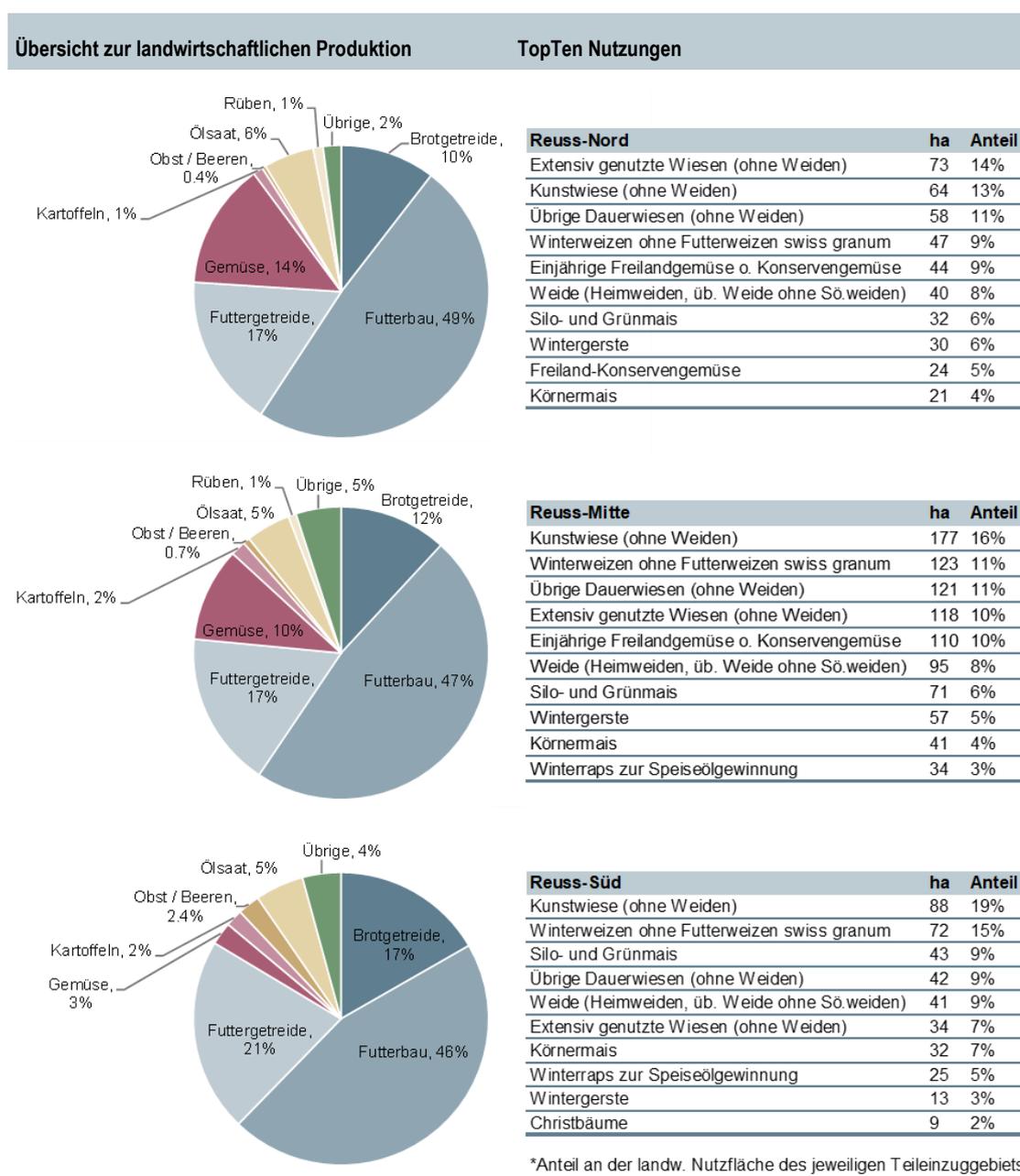
Quelle: Eigene Auswertung der AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche, Jahresstand 2019

Landwirtschaftliche Nutzung im restlichen Projektperimeter

Der restliche Projektperimeter wird ackerbaulich ebenfalls intensiv genutzt (Abbildung 4-6, Abbildung 4-7). Im Birrfeld fällt der hohe Anteil an Brotgetreide (22 %) auf. Auch der Anbau von Kartoffeln und Rüben ist bedeutend und liegt klar über dem kantonalen Durchschnitt. Dasselbe gilt für den Gemüseanbau. Dieser macht auch in den Teileinzugsgebieten Reuss-Mitte (10 %) einen

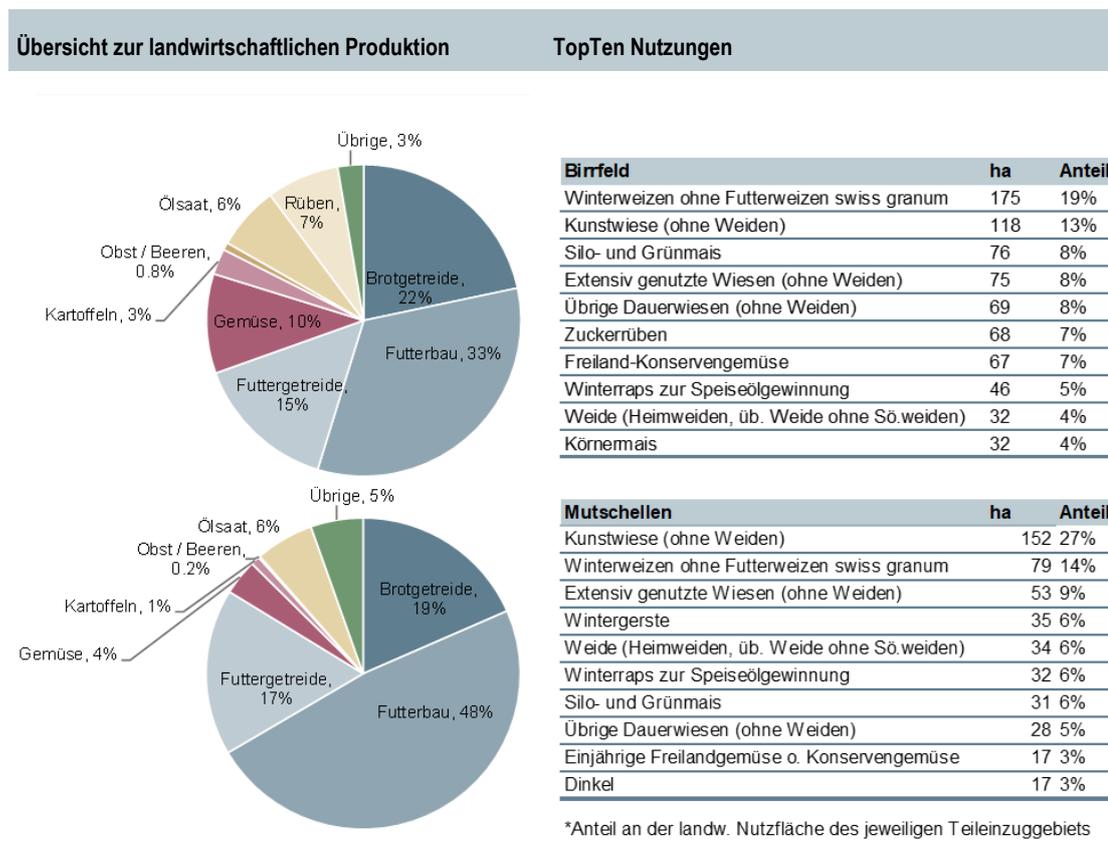
und Reuss-Nord (14 %) einen überdurchschnittlichen Anteil aus. Hingegen fällt die Bedeutung des Futterbaus vergleichsweise tiefer aus als im gesamten Kanton, wo 54 % der LN für den Futterbau genutzt werden. Am tiefsten ist der Anteil im Birrfeld (33 %), bei den anderen Teileinzugsgebieten liegt er zwischen 46 und 49 %. Hier ist also auch ein gewichtiger Unterschied zum Teileinzugsgebiet Bünz-Süd festzustellen, wo der Anteil des Futterbaus mit 57 % über dem kantonalen Durchschnitt liegt.

Abbildung 4-6: Landwirtschaftliche Nutzung im Reusstal, pro Teileinzugsgebiet,



Quelle: Eigene Auswertung der AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche, Jahresstand 2019

Abbildung 4-7: Landwirtschaftliche Nutzung im erweiterten Perimeter, pro Teileinzugsgebiet



Quelle: Eigene Auswertung der AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche, Jahresstand 2019

4.2.2 Anfälligkeit der Nutzungen hinsichtlich Trockenheit

a) Methode und Datengrundlagen

Methode	Grundlagen
Datenauswertung	AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche: Auswertung der im Rahmen der Betriebsstrukturdatenerhebung erfassten Flächendaten, kombiniert mit den Bewässerungsbedarf-Tabellen von Smith und Fuhrer (2015) und Einschätzungen der Bewässerungswürdigkeit durch das Landwirtschaftliche Zentrum Liebegg
Expertenbefragung	Christan Wohler (Leiter Spezialkulturen, Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg)
Literaturrecherche	Erfahrungen zu Hitze und Trockenheitsanfälligkeit von bewässerungsbedürftigen Kulturen

Definitionen

- **Bewässerungswürdigkeit:** Eine Kultur gilt dann als bewässerungswürdig, wenn der durch die Bewässerung erzielte Ertrags- und / oder Qualitätsgewinn die Kosten der Bewässerung aufwiegen.¹¹⁹
- **Bewässerungsbedürftigkeit:** Der Bewässerungsbedarf einer Kultur entspricht der erforderlichen Wassermenge, die nicht bereits durch die Wasserreserven des Bodens gedeckt ist und die zusätzlich zu den Niederschlägen durch Bewässerung zugeführt werden muss, damit die physiologischen Funktionen der Kultur nicht beeinträchtigt werden. Der Bewässerungsbedarf ist somit nicht mit dem grundsätzlichen bzw. gesamten Wasserbedarf einer Kultur zu verwechseln.¹²⁰

Allgemeine Beurteilung der Bewässerungswürdigkeit aus heutiger Sicht

Die Einschätzung, bei welchen Kulturen sich eine Bewässerung finanziell lohnt, erfolgte durch das Landwirtschaftliche Zentrum Liebegg (siehe Anhang 6.3). Diese Einteilung orientiert sich an den heutigen Produktionsbedingungen. Wie sich die Bewässerungswürdigkeit in Zukunft entwickelt, ist aufgrund der zahlreichen bei der Beurteilung zu berücksichtigenden Faktoren kaum abschätzbar (siehe Abschnitt 4.4.2b).

Grundlagen für die Beurteilung der Bewässerungsbedürftigkeit

Die Abschätzung des theoretischen Bewässerungsbedarfs der heute angebauten Kulturen im Projektperimeter für das zukünftige Klima erfolgt nach der Methode von Smith und Fuhrer¹²¹, wie sie im Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz¹²² vorgestellt wurde. Als Grundlage dienen deren für die Praxis entwickelten Bewässerungsbedarf-Tabellen. Solche liegen für 12 wichtige, potenziell bewässerungsbedürftige Kulturen und verschiedene Durchwurzelungstiefen¹²³ vor: Erdbeere, Zwiebel, Randen, Apfel, Zwetschge, Kirsche, Rebe, Zuckerrübe, Kartoffel, Körnermais, Winterweizen, Grünland (siehe Abbildung 6-10). Die Bedarfsschätzungen sind jeweils für drei Bodentypen mit unterschiedlicher Körnung und Gründigkeit, und somit mit unterschiedlich nutzbaren Feldkapazitäten, angegeben (siehe Abschnitt 3.4c).

Die Bewässerungsbedarf-Tabellen basieren auf den Klimaszenarien CH2011 (vgl. Abbildung 4-15). Der Datensatz erlaubt Aussagen zu vier Klimaszenarien um das Jahr 2060 (Zeithorizont 2045 - 2074). Das Referenzszenario (Ref) basiert auf der Wetterstation Wynau und umfasst

¹¹⁹ Weiterführende Literatur zur Bewässerungswürdigkeit: Jürg Fuhrer u. a., „Wasser und Schweizer Landwirtschaft“, *Aqua & Gas*, Nr. 7/8 (2013): 35; Michel Rickmann und Heinz Sourell, Hrsg., *Bewässerung in der Landwirtschaft*, Themenbibliothek Pflanzenproduktion (Clenze: Erling Verlag, 2014), 111.

¹²⁰ Fuhrer und Smith, „Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft. Im Auftrag vom Amt für Umweltschutz und Energie, Kt. BL“, 26.

¹²¹ Pascale Smith und Fuhrer, „Anhang j) Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft“.

¹²² Olivier Chaix u. a., *Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz.*, 2015.

¹²³ Wo angebracht werden drei Durchwurzelungstiefen (30, 60 und 110 cm) unterschieden.

die Periode 1981 - 2013. Die Szenarien «eher schwacher Klimawandel» (CCmin) und «starker Klimawandel» (CCmax) basieren auf dem Emissionsszenario A1B und sind Ergebnis von zwei unterschiedlichen Klimamodellketten (vgl. Abbildung 4-11). Ein drittes synthetisches Szenario kombiniert die Daten aus dem jeweils trockensten Monat der Jahre 2003 und 2011 und bildet so ein «fiktives Extremjahr» ab.

Methodische Unsicherheiten

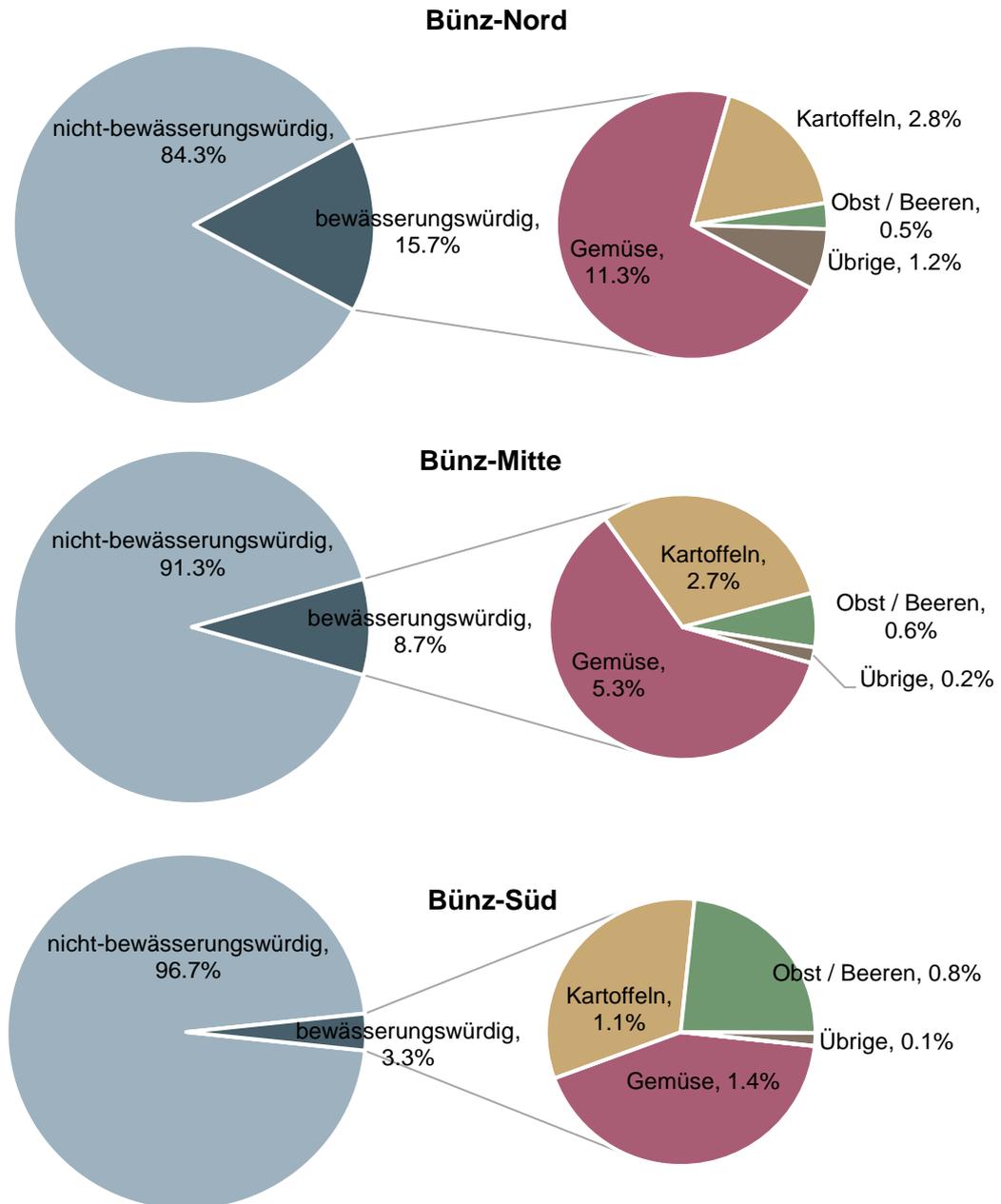
Da eine grobe Einschätzung der Bewässerungswürdigkeit für den gesamten Projektperimeter im Vordergrund steht, wird nicht weiter auf die Unterschiede auf betrieblicher Ebene eingegangen. Je nach Marktsituation und Positionierung eines Betriebs kann die Einschätzung jedoch von diesen allgemeinen Annahmen abweichen. Auch die zukünftige Entwicklung der Bewässerungskosten ist schwer abschätzbar. Was die Bewässerungsbedarf-Tabellen betrifft, ist auf die mit den verwendeten Klimaszenarien verbundenen Unsicherheiten hinzuweisen. Die effektive Anfälligkeit einer Kultur hängt stark vom Auftretenszeitpunkt des Trockenheitsereignisses ab, was mit den Klimaszenarien nicht abgebildet werden kann. Weiter entstehen Vereinfachungen durch die Typisierung der Böden in nur drei Bodentypen. Ebenso konnte der Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungsformen auf die Wasserreserven des Bodens nicht differenziert betrachtet werden. Schliesslich fehlen Bewässerungsbedarf-Tabellen für einige wichtige Kulturen. So gibt es etwa keine Abschätzungen für eine Ölsaat, wie z. B. Winterraps. Auch beim Gemüse wären zusätzliche Daten für weitere Kulturen für eine detailliertere Betrachtung notwendig.

b) Bewässerungswürdige Nutzungen im Projektperimeter

Geht man davon aus, dass i.d.R. alle Spezialkulturen (Gemüse, Obst, Beeren) und Kartoffeln bewässerungswürdig sind, dann lohnt sich aus wirtschaftlicher Sicht heute eine Bewässerung bei 9.6 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Projektperimeters. Damit ist der Anteil bewässerungswürdiger Flächen im Projektperimeter heute deutlich höher als im kantonalen Durchschnitt (5.4 %). In den Teileinzugsgebieten Bünz-Nord (15.7 %), Birrfeld (14 %), Reuss-Nord (15.6 %) und Reuss-Mitte (13.6 %) liegt der Anteil jeweils deutlich über diesem kantonalen Durchschnittswert. Gegen Süden nimmt der Anteil der bewässerungswürdigen Flächen jedoch ab. So liegt er im Futterbau-dominierten Teileinzugsgebiet Bünz-Süd bei lediglich 3.3 %. Aus Abbildung 4-8 geht für die drei Teileinzugsgebiete im Bünztal hervor, welchen Anteil jeweils das Gemüse, die Kartoffeln und der Obst- und Beerenbau an der bewässerungswürdigen Fläche ausmacht. Auffallend ist die wichtige Bedeutung des Gemüsebaus und der Kartoffeln im Teileinzugsgebiet Bünz-Nord (siehe Abschnitt 4.2.1b).

Aufgrund des vergleichsweise hohen Anteils bewässerungswürdiger Kulturen, ist es für die Region besonders wichtig den Wasserbezug zur Bewässerung dieser bewässerungswürdigen Kulturen sicherzustellen (siehe Abschnitt 4.4.3) und die Bewässerung selbst zu optimieren (siehe Kapitel 4.5).

Abbildung 4-8: Anteil bewässerungswürdiger Nutzungen im Bünztal



Quelle: Eigene Auswertung der AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche, Jahresstand 2019

Anfälligkeit von Gemüse

Für einige Kulturen mit Bedeutung im Industriegemüsebau hat die Liebegg die Bewässerungswürdigkeit differenzierter eingeschätzt. Grundsätzlich gilt, dass diese mit zunehmender Wertschöpfung höher ausfällt (In Abbildung 4-9). Weiter sind gepflanzte Kulturen (viele Frischgemüsearten, wie z. B. Salat) tendenziell bewässerungsbedürftiger als gesäte.

Abbildung 4-9: Bewässerungswürdigkeit einiger im Industriegemüseanbau bedeutender Kulturen (qualitative Einschätzung)

Bewässerungswürdigkeit	befriedigend	gut	sehr gut	ausgezeichnet
	Bohnen	Karotten	Kabis	Blumenkohl
	Erbsen	Spinat		
	Randen			

Quelle: Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg¹²⁴

Die Bewässerung ist im Gemüsebau heute eine Notwendigkeit, um die Erträge zu sichern und die Qualitätsanforderungen zu erreichen. Für drei bedeutende Kulturen sind hier beispielhaft bisherige Erfahrungen zusammengefasst:

- **Erbsen:** Hitze- und Trockenperioden führen während und nach der Blüte zu erheblichen Ertragseinbussen. Insbesondere zu Beginn des Hülsenwachstums ist der Wasserbedarf als hoch einzuschätzen. Bisher konnte der Wasserbedarf i.d.R. auf guten Böden durch die Winterfeuchtigkeit und Niederschläge gedeckt werden. In den letzten Jahren war es aber mehrmals nötig, die Erbsen zu bewässern. Trockene Bedingungen im letzten Kultur Drittel müssen nicht zwingend zu Ertragseinbussen führen, sofern die Böden tiefgründig sind und unterhalb von 60 cm Bodenwasser verfügbar ist.
- **Bohnen:** Die Pflanze reagiert mit Blütenfall oder krummen Hülsen auf Wassermangel. Bei einem Wasserüberschuss wird sie anfälliger auf Krankheiten. Ausreichend Wasser ist vor allem nach der Blüte notwendig.
- **Spinat:** Zur Keimung wird viel Wasser benötigt, weshalb bei trockener Witterung eine Vorwergberegnung sinnvoll ist. Beim Spinat ist eine gleichmässige Feuchtigkeit im Bereich der Durchwurzelungstiefe (30 cm Bodentiefe) notwendig.

Anfälligkeit von Kartoffeln

Kartoffelknollen sind empfindlich gegenüber hohen Temperaturen und abrupten Wechsel in der Wasserversorgung. Die Folge sind beispielsweise Knollenmissbildungen wie Zwiewuchs, Wachstumsrisse und Hohlherzigkeit. Oft treiben die Tochterknollen im Boden wieder aus, wobei Stärke als Reaktion ausgelagert wird und ein glasiges Knollenfleisch zur Folge hat. Dies führt zur vollständigen Entwertung und zu Einkommensverlusten bei den Produzenten führt. In den Sommern 2003 und 2006 mussten bedeutende Mengen der verfüttert und die Fehlmengen importiert werden.¹²⁵

¹²⁴ Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, „FAQ Bewässerung“, zugegriffen 16. Mai 2020, <https://www.liebegg.ch/de/faq-bewaesserung.html>.

¹²⁵ Theodor Ballmer u. a., „Potenzial der Tröpfchenbewässerung im Kartoffelbau bei veränderten Klimabedingungen“, *Agrarforschung Schweiz* 3, Nr. 5 (2015): 244–51.

Anfälligkeit im Beeren- und Obstbau

Obwohl der Obst- und Beerenbau im Projektperimeter flächenmässig eine untergeordnete Bedeutung hat, sind die jeweiligen Kulturen für die Wertschöpfung bedeutend. Gerade im Bünztal haben sich einzelne Betriebe im Beerenbau spezialisiert. Bewässerung ist in diesem Fall eine Voraussetzung für die Produktion. Sofern der Wasserbezug sichergestellt werden kann, stellt die Trockenheit also kein zusätzliches Risiko dar, da eine Bewässerungsinfrastruktur besteht. Bei Hitze gilt es, Schäden in den Beerenkulturen zu vermeiden. Bei starker Sonneneinstrahlung und Temperaturen ab 25 °C besteht die Gefahr von Verbrennungen auf den Früchten. Anfällig sind vor allem Erdbeeren (soweit sie in Ernte sind), Himbeeren, Stachelbeeren, Johannisbeeren und Brombeeren in ungedeckten Kulturen, d. h. ohne Netz- und Regenschutzabdeckungen. Eine Kühlung kann durch Beregnung (während der grössten Hitze) oder durch Schattierung bei Tunnelkulturen erzielt werden.¹²⁶

c) Nicht-bewässerungswürdige, aber -bedürftige Nutzungen im Projektperimeter

Anfälligkeit im Futterbau

Im Projektperimeter macht der Futterbau insbesondere in den südlichen Teileinzugsgebieten einen überdurchschnittlichen Anteil aus (siehe Abbildung 4-4). Für die Milch- und Fleischproduktion ist die Anfälligkeit von Grasland auf Hitze und Trockenheit ein indirektes Risiko. Fallen die Erträge tiefer als gewöhnlich aus, kommt es zu Engpässen beim Futter, wie dies Erfahrungen aus dem Hitzesommer 2018 gezeigt haben:¹²⁷ Zwar waren die ersten beiden Grasschnitte noch überdurchschnittlich gut, mit der Trockenheit in der zweiten Sommerhälfte wuchs das Gras dann allerdings nicht mehr nach. Die Importe von Dürrfutter stiegen im Verlaufe des Jahres sukzessive an. Im Jahr 2018 wurden 100 000 Tonnen mehr Heu und Luzerne importiert als in durchschnittlichen Jahren seit 2010. Die Situation erholte sich erst im Frühjahr 2019 wieder.

Untersuchungen zu den Auswirkungen von Trockenheit auf Kunst- und Naturwiesen und deren Futtererträge zeigten, dass die Dauer der Trockenphase entscheidend ist für deren Anfälligkeit. In einem Simulationsversuch kam es auf Versuchsflächen nach dem ersten Monat ohne Wasser noch zu keinen Einbussen, nach dem zweiten Monat unter Trockenstress ergaben sich jedoch bis 80 % geringere Erträge. Nach dem Entfernen der für den Versuch angelegten Regendächer zeigte sich, dass die Resilienz der Gräser hoch war: Während dem Trockenstress investierten die Pflanzen in das Wachstum der Wurzeln und können so profitieren, wenn der Boden wieder feucht ist. Gleichzeitig wird dann im Boden sehr viel pflanzenverfügbarer Stickstoff frei, was sich ebenfalls positiv auf den Wiederaustrieb auswirkt.¹²⁸ In der Forschung zum

¹²⁶ Strickhof, „Merkblatt Hitze und Beeren“, 2018, https://www.liebegg.ch/upload/rm/merkblatt-hitze-beeren-2018.pdf?_=1561700235000.

¹²⁷ Bundesamt für Umwelt BAFU, „Hitze und Trockenheit im Sommer 2018“, 43.

¹²⁸ Agroscope, „Landwirtschaft im Klimawandel – forschen, entscheiden, umsetzen. Medienmitteilung vom 14.1.2019.“, Medienmitteilungen, 14. Januar 2019, <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/aktuell/medieninformationen/medienmitteilungen.msg-id-73649.html>.

Futterbau wird dann auch ein besonderes Augenmerk auf Trockenheit gelegt.¹²⁹ Untersucht wird ebenfalls, wie sich der Klimawandel auf die Mähzeitpunkte auswirkt. So wird beispielsweise grundsätzlich davon abgeraten, intensiv genutzte Wiesen im Sommer bei hohen Temperaturen und trockenen Bedingungen zu mähen.¹³⁰

Die Bewässerungsbedarf-Tabelle für gemähtes Grünland (Abbildung 4-10) zeigen eine allgemeine Abschätzung des monatlichen Bewässerungsbedarfs. Die Anfälligkeit auf Trockenheit nimmt mit dem Klimawandel klar zu, wobei der Bewässerungsbedarf deutlich ansteigt, je stärker der Klimawandel ausfällt. Insbesondere bei einem extremen Szenario muss von einem deutlich höheren Bewässerungsbedarf ausgegangen werden. Wie eben erwähnt, ist jedoch entscheidend, zu welchem Zeitpunkt die Trockenheit auftritt und wie lange diese andauert.

Abbildung 4-10: Abschätzung des zukünftigen Bewässerungsbedarfs von Grünland (gemäht) für drei Klimaszenarien, Bodentypen und zwei Durchwurzelungstiefen

Theoretischer Bewässerungsbedarf												
Grünland gemäht	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
Durchwurzelungstiefe Max: 60cm	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Ref	0	0	0	10	15	10	5	0	35
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmin	0	0	0	10	15	10	5	0	45
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmax	0	0	5	15	30	30	10	5	95
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Extrem	0	0	50	100	35	45	0	0	225
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Ref	0	0	5	20	20	15	5	0	70
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmin	0	5	5	20	25	15	5	0	75
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmax	0	5	10	25	40	35	10	5	130
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Extrem	0	30	45	95	45	40	0	0	255
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref	0	0	5	20	20	15	5	0	70
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin	0	5	5	20	25	15	5	0	75
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax	0	5	10	25	40	35	10	5	130
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem	0	30	45	95	45	40	0	0	255
Grünland gemäht	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref	0	0	0	0	5	0	0	5
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmin	0	0	0	0	5	5	0	0	10
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmax	0	0	0	0	10	15	5	0	40
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Extrem	0	0	0	100	45	25	0	0	165
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Ref	0	0	0	5	10	10	0	0	30
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmin	0	0	0	10	15	10	0	0	35
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmax	0	0	0	10	25	30	10	0	80
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Extrem	0	0	45	90	50	40	0	0	220
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref	0	0	5	20	20	15	5	0	70
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin	0	5	5	20	25	15	5	0	75
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax	0	5	10	25	40	35	10	5	130
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem	0	30	45	95	45	40	0	0	255	

Quelle: Pascale Smith und Jürg Fuhrer, „Anhang j) Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft“, in *Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz.*, von Olivier Chaix u. a., 2015.

¹²⁹ Siehe z.B. folgende Publikationen: M Suter, D Hofer, und A Lüscher, „Drought resistance of functionally different forage species is related to their nitrogen acquisition and deficiency.“, *Grassland Science in Europe*, Nr. 22 (2017): 431–33; J.A. Finn u. a., „Short- and long-term effects on yield of grassland monocultures and mixtures exposed to simulated drought“, *Grassland Science in Europe*, Nr. 22 (2017): 320–22; Eric Mosimann, Nadège Bossuyet, und David Frund, „Préparation de la production fourragère au changement climatique“, *Agrroscope Science*, Nr. 49 (2017).

¹³⁰ Nadège Bossuyet u. a., „Wann sollten intensiv genutzte Wiesen gemäht werden?“, *Agrarforschung Schweiz*, 2018, 13.

Anfälligkeit im Ackerbau

Wie in Kapitel 4.2.1 gezeigt, werden insbesondere das untere Bünztal und die Teileinzugsgebiete im Reusstal und Birrfeld ackerbaulich intensiv genutzt.

Detailliertere Untersuchungen zu den klimabedingten Auswirkungen auf den Ackerbau konnten im Rahmen dieses Projekt nicht durchgeführt werden, warum ebenfalls Erkenntnisse aus anderen Gebieten mitberücksichtigt werden. So haben detaillierte Modellierungen für das bedeutende Anbauggebiet in der Broye-Ebene ergeben, dass aufgrund des Klimawandels bis 2050 bei Mais, Weizen und Kartoffeln mit reduzierten Erträgen um 10 % bis 2050 zu rechnen ist.¹³¹ Zudem nimmt der Bewässerungsbedarf zu: bei Kulturen wie Kartoffeln und Zuckerrüben spielt dies eine grössere Rolle, bei Kulturen wie Weizen oder Raps tendenziell eher nicht.¹³²

Abgesehen von den Kartoffeln, die als bewässerungswürdig eingestuft wurden, lohnt sich im Allgemeinen eine Bewässerung im Ackerbau aus wirtschaftlicher Sicht nicht. Nachfolgend wird für die drei Kulturen Winterweizen, Körnermais und Zuckerrüben kurz auf die Bedeutung im Projektperimeter und die Anfälligkeit hinsichtlich Trockenheit eingegangen. Zu jeder dieser drei Kulturen existiert eine Bewässerungsbedarf-Tabelle, welche im Anhang abgebildet ist (Abbildung 6-10), und welche u. a. als Grundlage für folgende Einschätzungen dient:

- **Winterweizen:** Flächenmässig ist der Anbau von Winterweizen sehr bedeutend für die Region (zwischen 9 % und 19 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche, je nach Teileinzugsgebiet). Bisher bestand bei Winterweizen kaum Bewässerungsbedarf. Gemäss den Modellierungen nimmt der Bewässerungsbedarf bei einem starken Klimawandel im Juni und Juli zu und kann, insbesondere auf sandigen Böden, in Zukunft bereits im Mai auftreten. Grundsätzlich zeigen die Erfahrungen, dass Trockenheit auch eine Chance darstellen kann, da der Krankheitsdruck in diesem Fall tiefer ist.
- **Körnermais:** Der Bewässerungsbedarf des im Bünztals auf 6 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche angebauten Körnermais hängt gemäss den Modellierungen stark vom Bodentyp ab. Bei mässig-tiefgründigen sandigen Böden besteht das Risiko, dass bei fortschreitendem Klimawandel im Juli und August erhöhter Bewässerungsbedarf bestehen wird. Auch bisher kam es zu trockenheitsbedingten Ertragseinbussen. Diese fallen jedoch unterschiedlich aus, je nach Zeitpunkt und Dauer der Trockenheit sowie abhängig vom Standort und Saatzeitpunkt. Gemäss einer Experteneinschätzung¹³³ ist die systematische Bewässerung von Mais aus wirtschaftlicher Sicht kein Thema, solange über drei Jahre hinweg nicht immer Bedingungen wie in einem Hitzesommer herrschen und solange die Bewässerung von Beginn weg eingeplant werden müsse. Dieser letzte Punkt gründet darauf, dass eine

¹³¹ Niklaus Lehmann, Simon Briner, und Robert Finger, „The impact of climate and price risks on agricultural land use and crop management decisions“, *Land Use Policy* 35 (1. November 2013): 119–130, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.05.008>.

¹³² Robert Finger, Werner Hediger, und Stéphanie Schmid, „Irrigation as Adaptation Strategy to Climate Change—a Biophysical and Economic Appraisal for Swiss Maize Production“, *Climatic Change* 105, Nr. 3 (1. April 2011): 509–28, <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9931-5>; N. Lehmann u. a., „Adapting Crop Management Practices to Climate Change: Modeling Optimal Solutions at the Field Scale“, *Agricultural Systems* 117 (2013): 55–65, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.12.011>.

¹³³ Experteneinschätzung aus Scheuner, „Bewässerung ist nur selten rentabel“, 14.

Bewässerung mit Rollomat nicht machbar sei, sobald die Maisbestände zu hoch sind. Hinzu kommt, dass die Hitze ein limitierender Faktor darstellt für Körnermais. Es zeigt sich zwar, dass die Kultur bisher von der Temperaturzunahme leicht profitieren konnte.¹³⁴ Längerfristig muss aber mit einer zunehmenden Limitierung durch Hitzestress und Ertragsminderungen aufgrund einer beschleunigten Entwicklung gerechnet werden, wodurch die Klimaeignung in den aktuellen Hauptanbaubereichen deutlich abnimmt.¹³⁵

- **Zuckerrüben:** Die insbesondere in Bünz-Nord (5 %) und Birrfeld (7 %) flächenmässig bedeutenden Zuckerrüben weisen bereits unter aktuellen Bedingungen im Juli und August ein Wasserdefizit auf. Mit fortschreitendem Klimawandel nimmt dieses weiter zu. Die Erfahrungen aus den Jahren 2015 und 2018 zeigen, dass die Ernte unterdurchschnittlich ausfiel.¹³⁶

Was die Ölsaaten anbelangt, liegen keine Bewässerungsbedarf-Tabelle vor. Winterraps ist mit einem Anteil zwischen 3 % und 6 % flächenmässig nicht unbedeutend für den Projektperimeter. Als Winterkultur ist der Raps von der Sommertrockenheit prinzipiell weniger gefährdet.

4.2.3 GIS-Analyse Teil a: Abschätzung des Bewässerungsbedarfs bei heutiger Produktion¹³⁷

a) Methode und Datengrundlage

Methode	Grundlagen
GIS-Analyse	Die vom Kanton Aargau durchgeführte GIS-Analyse basiert auf folgenden Grundlagen: <ul style="list-style-type: none"> – Bewässerungsbedarf-Tabellen Smith und Fuhrer (2015) – AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche – AGIS-Bodenkarte
Datenauswertung	AGIS-Daten zu den landwirtschaftlichen Nutzungen: Auswertung des Anteils der potenziell bewässerungsbedürftigen und der bewässerungswürdigen Flächen an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche im Bünztal

Grundsätzlich basiert die GIS-Analyse zur räumlichen Quantifizierung des zukünftigen, theoretischen Bewässerungsbedarfs auf den Bewässerungsbedarf-Tabellen von Smith und Fuhrer (2015), die im Abschnitt 4.2.2a) genauer beschrieben werden. Diese werden mit den GIS-Datensätzen zur landwirtschaftlichen Nutzfläche und den Bodenparametern aus der digitalisierten Bodenkarte kombiniert. Ein detaillierter, technischer Beschrieb der Umsetzung im GIS kann auf Anfrage beim Kanton Aargau bezogen werden. Die Methode erlaubt, basierend auf den

¹³⁴ Annelie Holzkämper u. a., „Spatial and Temporal Trends in Agro-Climatic Limitations to Production Potentials for Grain Maize and Winter Wheat in Switzerland“, *Regional Environmental Change* 15, Nr. 1 (Januar 2015): 109–22, <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0627-7>.

¹³⁵ Holzkämper und Fuhrer, „Wie sich der Klimawandel auf den Maisanbau in der Schweiz auswirkt“.

¹³⁶ Bundesamt für Umwelt BAFU, „Hitze und Trockenheit im Sommer 2018“, 42.

¹³⁷ Mit dem ersten Teil der GIS-Analyse (Teil a) erfolgen Abschätzungen des theoretischen Bewässerungsbedarfs, ausgehend von der heutigen landwirtschaftlichen Produktion. Im Teil b werden diese Bedarfsberechnungen dem Wasserdargebot gegenübergestellt, was Aussagen zur Wasserknappheit ermöglicht. Teil b folgt in Abschnitt 4.4.1 im Kapitel «Bewässerungsmanagement».

Faktoren Klimaregion, Kulturen und Durchwurzelungstiefe, Boden sowie Klimaszenarien den theoretischen Bewässerungsbedarf pro Monat für die Zukunft abzuschätzen.

Der Datensatz zur landwirtschaftlichen Nutzfläche unterscheidet 122 verschiedene Nutzungen gemäss dem Flächenkatalog des BLW (siehe Abschnitt 4.2.1a). Um eine flächendeckende Analyse des theoretischen Bewässerungsbedarfs vorzunehmen, musste für jede im Perimeter vorkommende Nutzung bestimmt werden, ob bei zunehmender Trockenheit Bewässerungsbedarf bestehen könnte und wenn ja, welcher der vorliegenden Bewässerungsbedarf-Tabelle von Smith und Fuhrer (2015) die Nutzung zugeordnet werden soll. Diese Zuordnung erfolgte durch das Landwirtschaftliche Zentrum Liebegg in Absprache mit Fachspezialisten der Abteilung Landwirtschaft des Kantons Aargau (siehe Anhang 6.3). Auch die Bodeninformationen mussten für die Analyse in drei Bodentypen vereinfacht werden (siehe Kapitel 3.4).

Um die Anzahl Modellrechnungen auf eine handhabbare Anzahl zu reduzieren wurde der monatliche Bewässerungsbedarf nur für die Monate zwischen Juni und September und für die zwei Szenarien «eher schwacher Klimawandel» und «starker Klimawandel» abgeschätzt. Das Szenario «extremer Klimawandel» und die restlichen, in den Bewässerungsbedarf-Tabellen aufgeführten Monate wurden weggelassen.

Abbildung 4-11: Grundlagen und verwendete Klimaszenarien für die GIS-Analyse (Teil a)

Grundlagen zur Abschätzung des Bewässerungsbedarfs	
GIS-Daten	<ul style="list-style-type: none"> – AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche (gemäss Betriebsstrukturdatenerhebung 2019) – Typisierte Bodenkarte
Pflanzenwasserbedarf	– Tabellen Smith und Fuhrer (2015)
Generation	– CH2011
Klimaszenarien	
Emissionsszenario	– A1B
Szenario Eher schwacher Klimawandel	<ul style="list-style-type: none"> – CCmin: Modellkette SMHI-BCM-RCA (deckt den unteren Bereich aller verfügbaren Projektionen für A1B ab) – Zeithorizont 2060 (2045-2074)
Szenario Starker Klimawandel	<ul style="list-style-type: none"> – CCmax: CH2011 Modellkette ETHz-HadCM3Q0-CLM (deckt den oberen Bereich aller verfügbaren Projektionen für A1B ab) – Zeithorizont 2060 (2045-2074)

Differenzierung zwischen Bewässerungsbedürftigkeit und Bewässerungswürdigkeit

Zum einen wird der theoretische Bewässerungsbedarf für den Fall berechnet, dass sämtliche potenziell bewässerungsbedürftige Kulturen auch bewässert würden. Diese Resultate zum theoretischen Bewässerungsbedarf werden mit einer zweiten Berechnung ergänzt: Damit wird abgeschätzt, wie hoch der theoretische Bewässerungsbedarf wäre, wenn nur die aus heutiger Sicht als bewässerungswürdig eingeschätzten Kulturen bewässert würden.

Methodische Unsicherheiten

Die Unsicherheiten der GIS-Analyse sind insgesamt gross. Sie basiert auf zahlreichen Vereinfachungen und Annahmen. So mussten z. B. die im Bünztal sehr heterogenen Böden auf Basis der vorhandenen Bodenkarten zu drei Kategorien typisiert werden. Vereinfachungen waren auch bei der Zuweisung der einzelnen Nutzungen zu den vorhandenen Bewässerungsbedarf-Tabellen erforderlich. Eine differenzierte Betrachtung des Bewässerungsbedarfs verschiedener Gemüsearten war etwa nicht möglich. Auch konnten unterschiedliche Anbaumethoden nicht berücksichtigt werden. Hinzu kommt, dass die AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche nur die Hauptkultur abbilden, nicht aber Zweit- oder Zwischenkulturen. Zudem entsprechen sie einer Momentaufnahme: Ausgegangen wurde von der für die Ausrichtung der Direktzahlungen massgeblichen Betriebsstrukturdatenerhebung des Jahres 2019. Ein Vergleich mit dem Jahr 2018 zeigte, dass sich die Nutzungen nicht massgeblich unterscheiden (siehe Abschnitt 4.2.1a), so dass die anderen Unsicherheiten überwiegen. Die Wahl der angebauten Kulturen bietet aber Potenziale für die Klimaanpassung, somit kann sich in Zukunft der Anteil bewässerungsbedürftiger resp. -würdiger Kulturen massgeblich verändern. Der in Abbildung 4-12 abgeschätzte Bewässerungsbedarf geht von einer Bewässerungseffizienz von 100 % aus. In der Realität liegt die Bewässerungseffizienz je nach Technologie zwischen 60 - 90 % (siehe Kapitel 4.5).

b) Theoretischer Bewässerungsbedarf in Zukunft

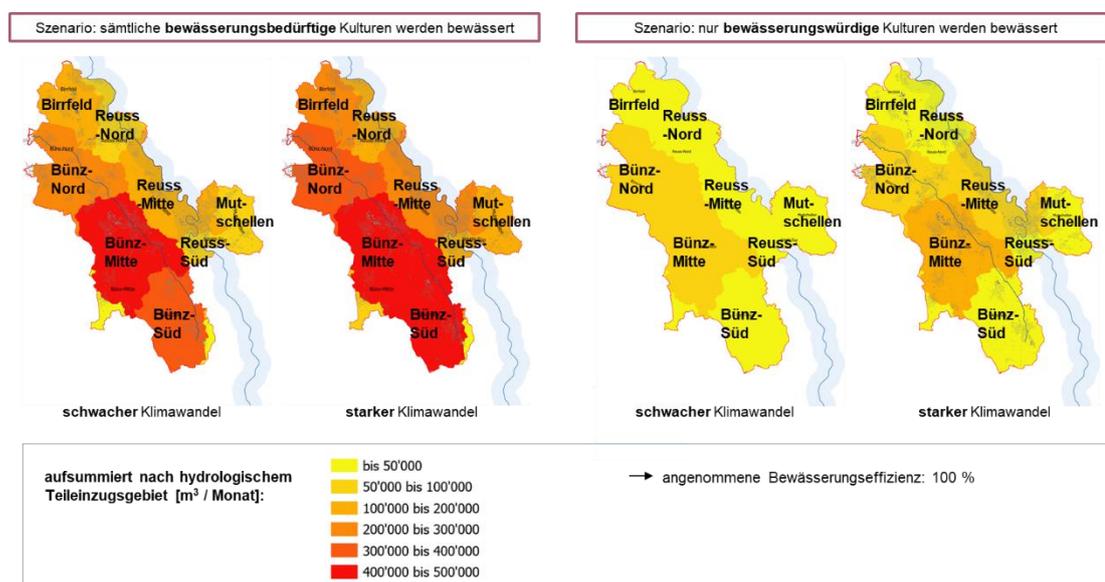
Das Resultat der GIS-Analyse ist eine räumliche Quantifizierung des theoretischen Bewässerungsbedarfs um das Jahr 2060 basierend auf der heutigen landwirtschaftlichen Nutzung. Abbildung 4-12 zeigt für die Teileinzugsgebiete den zum Niederschlag und im Boden gespeicherten Wasser zusätzlichen Wasserbedarf, welcher unter dem künftigen Klima im Monat Juli nötig wäre, um die Erträge aus den heute angebauten Kulturen zu sichern. Im Gegensatz zu den Resultaten der Wasserbilanz wurde hier noch kein Korrekturfaktor zur Bewässerungseffizienz eingerechnet. Folglich gibt der Bewässerungsbedarf die benötigte Wassermenge bei einem theoretischen Effizienzgrad von 100 % an.

Von allen berechneten Monaten ist im Juli der theoretische Bewässerungsbedarf am höchsten, was auf die rückläufigen Niederschläge, die hohe Verdunstung und den hohen Wasserbedarf der Pflanzen aufgrund deren Entwicklungsstand zurückzuführen ist. Das Teileinzugsgebiet Bünz-Mitte weist für beide Klimaszenarien den höchsten theoretischen Bewässerungsbedarf auf. Neben dem hohen Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche, ist dies auch darauf zurückzuführen, dass es flächenmässig das grösste Teileinzugsgebiet ist. Den zweithöchsten Bedarf hat das Teileinzugsgebiet Bünz-Süd. Den vergleichsweise geringsten Bewässerungsbedarf weist das Gebiet vom Mutschellen bis an die Reuss und das Teileinzugsgebiet Reuss-Nord auf.

Die unteren zwei Karten in Abbildung 4-12 zeigen den Bewässerungsbedarf für den Fall, dass ausschliesslich die aus heutiger Sicht bewässerungswürdigen Kulturen (vgl. Abschnitt 4.2.2b) bewässert würden. Wiederum ist der Bewässerungsbedarf im Teileinzugsgebiet Bünz-Mitte am grössten. Bei einem starken Klimawandel würden im Juli bereits über 100 000 m³

Bewässerungswasser benötigt, um den Bedarf der Spezialkulturen und Kartoffeln an zusätzlichem Wasser zu decken. Auch im Teileinzugsgebiet Bünz-Nord zeigt sich nun ein vergleichsweise hoher Bedarf, was auf den überdurchschnittlichen Anteil bewässerungswürdiger Kulturen (16 %) zurückzuführen ist. Hingegen fällt der Bewässerungsbedarf in Bünz-Süd bei dieser Betrachtung deutlich tiefer aus, was durch den geringen Anteil bewässerungswürdiger Kulturen (3.3 %) erklärt werden kann.

Abbildung 4-12: Theoretischer Bewässerungsbedarf der bewässerungsbedürftigen Kulturen (oben) resp. bewässerungswürdigen Kulturen (unten) für den Monat Juli, aufsummiert nach Teileinzugsgebiet für den Zeithorizont 2045 – 2074



Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG, „Bewässerungsbedarfsprognose nach Smith & Fuhrer im Büntal und Umgebung, ausgewählte Karten. Auf Anfrage“.

Gemäss den Modellierungen sind die Wassermengen, die für die Bewässerung sämtlicher aus heutiger Sicht bewässerungswürdiger Kulturen notwendig wären, bereits beachtlich: So müsste beispielsweise im Teileinzugsgebiet Büntal-Mitte im bewässerungsintensivsten Monat Juli müssten bei einem moderaten Klimawandel Mitte Jahrhundert mehr als 100 000 m³ Wasser zur Bewässerung zur Verfügung stehen, wenn der Ertrag aus dem Gemüse- und Kartoffelanbau im unteren Büntal (Büntal-Nord und Büntal-Mitte) gesichert werden soll. Vergleicht man nun diese Grössenordnung mit der Wassermenge, die notwendig wäre, um sämtliche potenziell bewässerungsbedürftige Kulturen zu bewässern, zeigt sich, dass rund 6x so viel Wasser benötigt würde, und zwar mehr als 600 000 m³.

Es ist festzuhalten, dass diese Zahlen aufgrund der methodischen Vereinfachungen resp. Annahmen und den damit verbundenen Unsicherheiten als Grössenordnungen zu verstehen sind.

4.2.4 Betriebliche Anpassungen an Trockenheit

a) Methode und Datengrundlage

Methode	Grundlagen
Workshops	Workshop-Beiträge in Bezug auf die landwirtschaftliche Produktion im Klimawandel: Auswertung und Synthese der Diskussionen resp. Gruppenarbeiten
Betriebsgespräche	Betriebsgespräche (2-3 stündige) mit den sechs Betriebsleitern aus Othmarsingen im Rahmen des landwirtschaftlichen Entwicklungskonzepts für die Moderne Melioration Othmarsingen.
Literaturarbeit	Literatur als Ergänzung und zur Ausführung der obigen Grundlagen (Literaturangaben im Text)

b) Bisherige Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion

Gemäss den Beiträgen aus den Workshops und Betriebsgesprächen kam es in der Landwirtschaft im Bünztal bis jetzt erst zu kleineren Anpassungen an den Klimawandel. In den letzten Jahren haben die Betriebe vermehrt in Witterungsschutz (Hagelnetz, Regendach, feste und nicht feste Tunnelanlagen), Bewässerungsanlagen (auch Überkopfbewässerung gegen Frost), Schattierung, Heizmöglichkeiten und in weitere ähnliche Massnahmen investiert. Die Teilnehmer wiesen in den Workshops darauf hin, dass man im unteren Bünztal bereits Erfahrung mit Trockenheit hat. Dadurch, und weil hier die Mehrheit der bewässerungswürdigen Flächen sind, ist bereits eine gewisse Infrastruktur und Erfahrung für Bewässerung vorhanden. Es handelt sich dabei in der Regel um Beregnungssysteme und (noch) nicht um wassersparende Bewässerungssysteme (vgl. Abschnitt 4.5b) oder auf Trockenheit ausgerichtete Produktionssysteme. Dies zeigt sich auch daran, dass die Fruchtfolgepläne bis jetzt nicht merklich angepasst wurden. Auch ist der Zusammenhang zwischen ungenügendem Wasserdargebot und effektiv eingestellten Kulturen als Folge von Wasserknappheit noch zu wenig systematisch erfasst worden. Effektive Ernteauffälle wurden bisher nur geschätzt.

Einzelne Massnahmen, die in den Betriebsgesprächen mit den sechs Betriebsleitern aus Othmarsingen genannt wurden, sind in der Box am Ende dieses Abschnitts aufgeführt.

c) Voraussetzungen für weiterführende Anpassungsmassnahmen

Standortangepasstheit

Die Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel trägt idealerweise auch zur Standortangepasstheit der Landwirtschaft bei. So wurde in beiden Workshops das Konzept der Standortangepasstheit mehrfach eingebracht. Der Begriff wird insbesondere in der AP22+ aufgegriffen (siehe Kapitel 3.1), wobei der Begriff v.a. mit der Forderung nach einer standortangepassten und ressourceneffizienten Lebensmittelproduktion in Verbindung gebracht wird. Der Bund versteht unter Standortangepasstheit folgendes:

«Wirkung und Nutzen landwirtschaftlicher Tätigkeiten sind stark vom jeweiligen Standort geprägt. So haben biologische und physikalische Eigenschaften sowie sozioökonomische

Gegebenheiten an einem Standort einen Einfluss auf die wirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten von landwirtschaftlichen Betrieben. Gleichzeitig können landwirtschaftliche Tätigkeiten auch negative Auswirkungen auf die Umwelt haben. Diese können je nach Sensibilität des Standorts dazu führen, dass die Tragfähigkeit von Ökosystemen überschritten wird. Das bedeutet, dass die Ökosysteme dauerhaft geschädigt werden und die Ökosystemleistungen nicht mehr erbracht werden können.

Mit einer Anpassung der Landwirtschaft an den jeweiligen Standort werden diese räumlichen Eigenheiten berücksichtigt. Die standortspezifischen ökonomischen, sozialen und ökologischen Potenziale sollen genutzt werden. Dabei gilt es, die ökologische Tragfähigkeit der von der Tätigkeit am Standort beeinflussten Ökosysteme einzuhalten. Mit der AP22+ sollen die agrarpolitischen Instrumente verstärkt auf eine standortangepasste Landwirtschaft ausgerichtet werden»¹³⁸

Inwiefern die Landwirtschaft im Bünztal standortangepasst ist, wurde bis jetzt nicht untersucht. In Bezug auf Bewässerung wird aber oft argumentiert, dass sich der Kanton Aargau als Wasserschloss besonders für bewässerungswürdige Kulturen eignet.

Flexibilität

Da die Anpassung an den Klimawandel ein andauernder Prozess ist und stets auf Veränderungen exogener Systembereiche wie dem Markt und der Politik reagiert werden muss, bedingt die Klimaanpassung eine langfristige Flexibilität. Gemäss Diskussionen in den Workshops, Betriebsgesprächen und bilateralen Gesprächen innerhalb der Projektgruppe sind für die Flexibilität und eine kurze Reaktionszeit eines Betriebs folgende Faktoren entscheidend:

- Zur Verfügung stehende finanzielle Mittel (die Flexibilität ist somit direkt abhängig von der Wertschöpfung, siehe Kapitel 4.3)
- Abzahlungen getätigter Investitionen
- Notwendige Infrastruktur und Geräte zur Anpassung
- Zonenkonformität der Anpassungsmassnahmen (z. B. ist Witterungsschutz oder bodenunabhängige Produktion je nach Zone nicht möglich)
- Betriebsleitenden Person, deren Wille zur Veränderung, Knowhow und Nachfolgesituation des Betriebs
- Netzwerk des Betriebs, insbesondere im Sinne der Zusammenarbeit mit anderen Betrieben und das Verhältnis zu weiteren Partnern und Abnehmern

Diversifizierung als Anpassungsstrategie

Eine breite Abstützung eines Betriebes auf verschiedene Sorten, Kulturen und Einkommenszweige– auch ausserhalb der Landwirtschaft –federt für viele Schweizer Betriebe die Effekte

¹³⁸ Bundesamt für Landwirtschaft BLW, „Vernehmlassung zur Agrarpolitik ab 2022 (AP22+). Erläuternder Bericht.“, 38.

von Extremereignissen ab.¹³⁹ Ist ein Betrieb hingegen stark spezialisiert, ist er auch exponierter gegenüber veränderten Produktionsbedingungen. So haben z. B. Betriebe, welche sich vorwiegend auf Futterbau und Tierhaltung konzentrieren, bei Trockenheit Probleme, da der Ertrag aus dem Futterbau die eigenen Futterbedürfnisse nicht mehr abdeckt.

In den letzten Jahren gab es im Bünztal sowie in der restlichen Schweiz eine klare Tendenz zur Spezialisierung in der Landwirtschaft. Klassische Mischbetriebe mit Milchvieh, Mast, Futterbau und Ackerbau verschwinden zunehmend. Ein wichtiger Grund für die Spezialisierung ist der zunehmende wirtschaftliche Druck und die spezifischeren Produkte- und Qualitätsanforderungen. Viele ehemalige Mischbetriebe haben sich deshalb für oder gegen Viehwirtschaft entschieden und sich entsprechend spezialisiert. Wenn es eine Diversifizierung gibt, dann mehrheitlich innerhalb einer Produktionsform, für welche die Betriebe die bestehenden Maschinen und Infrastrukturen verwenden können bzw. nicht zusätzlich in einen neuen Maschinenpark investieren müssen.

Möglichkeiten zur Diversifizierung ergeben sich z. B. dann, wenn eine neue Nachfrage für attraktive landwirtschaftliche Produkte entsteht. Ein aktuelles Beispiel dafür ist CBD-Hanf, wie er auf einem Betrieb in Othmarsingen versuchsweise angebaut wird. Allerdings ist für die Beurteilung der Diversität zu beachten, wie gross der Anteil einer neuen Kultur an der gesamten bewirtschafteten Fläche ist. Wird z. B. auf einem Betrieb mit 20 - 30 ha versuchsweise auf 0.5 - 1 ha CBD-Hanf angebaut, kann kaum von einem Beitrag an die Diversifizierung gesprochen werden. Für eine längerfristige Diversität muss sich zuerst erweisen, dass ein neues Produkt für den Betrieb rentabel ist und auf dem Markt Bestand haben, damit sich eine stabile Nachfrage einstellt und attraktive Produzentenpreise möglich werden (siehe Kapitel 3.6).

Fallbeispiel Othmarsingen: Umgang mit Trockenheit und Hitze

Die Betriebe haben ihre Bewirtschaftung in verschiedenen Bereichen an die zunehmende Trockenheit und Hitze angepasst. Die Gesamtheit der Massnahmen, welche in den Betriebsgesprächen genannt wurden, werden hier aufgeführt. Neben der Bewässerung handelt es sich vorwiegend um kleinere Anpassungen. Grössere Umstellungen in der Bewirtschaftung wurden (noch) nicht vorgenommen. Die Betriebe geben an, dass ihnen hierfür das Wissen fehlt, dass sie zu wenig Erfahrungswerte haben oder dass die ihnen vorgeschlagene oder in Frage kommende Anpassungsmöglichkeiten zu kontrovers diskutiert werden.

- **Bewässerung:** Alle Betriebe geben an, im Sommer 2018 bewässert zu haben. Zwei Betriebe besitzen eigene Bewässerungsanlagen mit Pumpe und Haspeln, die anderen Betriebe mieten die Anlagen bei diesen beiden Betrieben. Bewässert wird in Othmarsingen durch Beregnung. Eine Ausnahme ist der Vertragsanbau von CBD-Hanf, welcher eine Tröpfchenbewässerung beinhaltet. Bewässert wurden bis jetzt vorwiegend die Spezialkulturen.
- **Intensivierung im Frühling:** Ein Betrieb versucht nun in den ersten zwei Schnitten 60 % des Jahresertrags für Futter zu ernten. Folgen dann ein trockener und heisser Sommer bzw. Herbst, steht mindestens mehr als die

¹³⁹ Lehmann, Briner, und Finger, „The impact of climate and price risks on agricultural land use and crop management decisions“.

Hälfte des potenziell erntbaren Futters zur Verfügung. Damit diese Intensivierung im Frühling gelingt, bringt der Betrieb im Frühling mehr Dünger auf die Wiesen aus.

- Ausbau der Winterkulturen: Ein anderer Betrieb baut mehr Winterraps an. So kann er zu einem Zeitpunkt ansäen, wo ausreichend Wasser vorhanden ist. Auch während des grossen Wachstums im Frühling gibt es noch genügend Wasser.
- Weniger bis keine Winterfrucht und Zwischenfutter, damit die Winterfeuchte im Boden besser für die Hauptfrucht genutzt werden kann.
- Senkung des Tierbestands: Ein Betrieb gibt an, dass sie im Jahr 2018 Tiere verkauft haben, weil das Futter zu knapp war.
- Anpassung in der Viehhaltung: Bei Hitze werden die Tiere in der Nacht auf die Weide gelassen. Die heissen Tageszeiten verbringen sie im kühleren Stall, in dem Ventilatoren und Duschen für Abkühlung sorgen.
- Anpassung der Bodenbearbeitung: Wenn nötig, erst kurz vor der Aussaat pflügen. Diejenigen Betriebe, die früher pflügen, haben mehr Probleme mit der Trockenheit. Direktsaat oder Frässaat in Kombination mit Gruppen (v.a. zur Unkrautbekämpfung, da Betriebe bereits seit 10 Jahren auf Glyphosat verzichten).
- Luzerne im Futterbau: Ein Betrieb überlegt sich, in Zukunft auch Luzernen anzubauen. Die Luzerne ist toleranter gegenüber Trockenheit und wird deshalb oft in Spanien und Frankreich angebaut. Herausfordernd ist, dass sie durchlässigen Boden braucht, keine Düngung mag und die Prozessierung (Konservierung) anders ist als beim gewöhnlichen Gras. In Frage käme der Anbau für den Betrieb deshalb nur auf einer kleinen Fläche als eine Art Versicherung bei Trockenheit (z. B. 2 - 3 ha).

4.3 Absatz und Wertschöpfung

Der Systembereich «Absatz und Wertschöpfung» beinhaltet die verschiedenen Aspekte des Verkaufs der landwirtschaftlichen Produkte durch die Betriebe und die daraus generierte Wertschöpfung (brutto und netto). Der Bruttogewinn der Landwirtschaft ist direkt abhängig von den Systembereichen «landwirtschaftliche Produktion» (Kapitel 4.2) und «Markt» (Kapitel 3.6).

Die landwirtschaftlichen Erzeugnisse machen in der Regel den Hauptteil des Bruttogewinns eines Haupterwerbsbetriebs im Mittelland aus. Dazu kommen weitere Einnahmen aus Nebenerwerbszweigen und Direktzahlungen. Vom Bruttogewinn abgezogen werden die Kosten für die Betriebskosten (z. B. für Futter oder Treibstoff) sowie Unterhaltskosten, Abschreibungen und Investitionen. Die Finanzsituation ist wiederum entscheidend für die Flexibilität des Betriebes und seine Möglichkeiten, sich an veränderte Bedingungen anzupassen (Abschnitt 4.2.4c).

a) Methode und Datengrundlagen

Methode	Grundlagen
Workshops	Workshop-Beiträge in Bezug auf Absatz und Wertschöpfung: Auswertung und Synthese der Diskussionen resp. Gruppenarbeiten
Betriebsgespräche	Betriebsgespräche (2-3 stündige) mit den sechs Betriebsleitern aus Othmarsingen im Rahmen des landwirtschaftlichen Entwicklungskonzepts für die Moderne Melioration Othmarsingen.
Literaturarbeit	Literatur als Ergänzung und zur Ausführung der obigen Grundlagen (Literaturangaben im Text)

b) Situation im Bünztal

Über die Art, Qualität und Menge der verkauften landwirtschaftlichen Produkte, die damit erzeugte Wertschöpfung und die Absatzkanäle im Bünztal können anhand der Daten zur landwirtschaftlichen Nutzung, den Expertengesprächen und den Betriebsgesprächen in Othmarsingen nur allgemeine Aussagen gemacht werden.

Im Bünztal wird eine vielfältige Produktpalette erzeugt, welche relativ repräsentativ für den Kanton Aargau ist (siehe Kapitel 4.2). Sie umfasst einerseits typische tierische Produkte wie Rohmilch, Eier, Geflügelfleisch, Schweinefleisch und Rindfleisch. Ergänzend dazu wird in kleineren Mengen auch Futter verkauft. Der grösste Teil der Futterproduktion bleibt für den Eigengebrauch auf dem Betrieb oder findet nach einem Verarbeitungsschritt (z. B. Trocknung) wieder zurück auf einen Betrieb im Bünztal. Weitere wichtige Produkte aus dem Bünztal sind Getreide, Kartoffeln und Zuckerrüben. In den Teileinzugsgebieten Bünz-Nord und Bünz-Mitte liefern Spezialkulturen weitere wichtige Produkte. Sie werden zwar auf kleineren Flächen angebaut, bringen aber eine besonders hohe Wertschöpfung pro Fläche und sind deshalb wirtschaftlich betrachtet durchaus relevant. Hierbei handelt es sich vorwiegend um Lagergemüse (z. B. Zwiebeln, Randen, Karotten) und weitere Gemüsekulturen. Obst und Beeren kommen in kleineren Mengen hinzu.

Für diesen Bericht gehen wir davon aus, dass die Absatzkanäle in Othmarsingen relativ repräsentativ sind für das Bünztal. Demnach werden die meisten Produkte an grössere Produzenten und Vermarkter weiterverkauft. Die Direktvermarktung, sei es an die Bevölkerung oder Gastronomie, ist eher eine Ausnahme. Der Absatz über die Direktvermarktung und über kleinere, regionale Abnehmer (z. B. regionale Läden und Händler) ist bei Spezialkulturen am weitesten verbreitet. Aus Abbildung 4-13 können die Produkte und Abnehmer in Othmarsingen entnommen werden.

Abbildung 4-13: Produkte und Abnehmer in Othmarsingen

Produkt	Abnehmer
Konservengemüse	Frigemo AG, Mellingen
Weiteres Gemüse	Verschiedene regionale Händler Direktvermarktung Restaurants / Gastronomie
Zuckermais	Unicorn (Suisse) SA, Niederwil
Weizen	IP-SUISSE Getreidecenter Freiamt AG, Wohlen
Raps	Agrosolution AG
Zuckerrüben	Schweizer Zucker AG, Zuckerfabrik Frauenfeld
Getreidesaatgut	Ostschweizer Saatgutproduzenten
Futter	UFA AG Savoldi AG Direktvermarktung
Milch	Emmi Mittelland Molkerei, Suhr
Fleisch	Anicom AG
Eier	Direktvermarktung und Restaurants

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Betriebsgesprächen

Interessant ist die Beziehung der Milchproduzenten zum Grossverteiler Emmi. Die Milchbetriebe in Othmarsingen sind Mitglieder des Verbands Milchproduzenten Mittelland (MPM). Über den Verband verkaufen sie ihre Milch an Emmi. Dadurch sind sie als Lieferanten sehr gut organisiert und können beim Abnehmer (Emmi) bessere Abnahmekonditionen zugunsten ihrer Interessen verhandeln. Damit sind die Milchproduzenten an sich markttechnisch gut aufgestellt. Es sind jedoch auch die Milchproduktionsbetriebe, die gegenüber dem Klimawandel anfällig sind, indem bei Trockenheit insbesondere Futtermittel knapp werden können. Eine Bewässerung des Futterbaus kommt jedoch aus ökonomischen Gründen kaum in Frage. Müssen Futtermittel zugekauft werden, entstehen zusätzliche Abhängigkeiten und auch Unsicherheiten, da auch der nationale und internationale Futtermittelmarkt von allfälligen Trockenphasen direkt beeinflusst werden kann (siehe nachfolgender Abschnitt).

c) Mögliche Entwicklungen angesichts von Trockenheit und Hitze

Einfluss von Trockenheit und Hitze auf Absatz und Wertschöpfung

Wie sich der Klimawandel insgesamt auf die landwirtschaftliche Wertschöpfung auswirkt, muss differenziert betrachtet werden. Ein wärmeres Klima kann unter dem Strich zu höherer Wertschöpfung führen. Die jährliche Auswertung der landwirtschaftlichen Einkommen¹⁴⁰ hat

¹⁴⁰ Agroscope, „Landwirtschaftliche Einkommen sind 2018 gestiegen“, 8. Oktober 2019, <https://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/58626.pdf>.

ergeben, dass diese 2018 gegenüber dem Vorjahr um 4,1 % stiegen. Als Grund dafür wurden auch die aussergewöhnlich trockenen, warmen und sonnigen Witterungsbedingungen genannt. Es handelt sich dabei um eine summarische Betrachtung. So wurde angemerkt, dass unter anderem die Einnahmen aus der Obst- und Weinernte und die stabilen Milchpreise die wetterbedingten Ertragseinbussen im Acker- und Futterbau kompensiert hätten. Bei der Tierhaltung habe die Trockenheit zu erhöhten Kosten geführt, was unter anderem auf den trockenheitsbedingten Futterzukauf zurückzuführen sei. Der Schweizerische Bauernverband bestätigt diese positive Auswirkung auf das Gesamteinkommen, weist aber darauf hin, dass einige Kosten vom Trockensommer 2018 erst im Folgejahr zu Buche schlagen, wenn beispielsweise der Futtermittelvorrat zu Ende geht. Zudem zeigt eine solche Gesamtbetrachtung nicht auf, welche individuellen Folgen die Trockenheit je nach Region und Produktionsausrichtung für einzelne Betriebe hatte.¹⁴¹

Eine schweizweite Auswertung der Flächenerträge wichtiger Ackerkulturen zeigt, dass in den letzten Jahren sowohl in nassen als auch trockenen Jahren Ertragseinbussen verzeichnet wurden (Abbildung 4-14, siehe auch Abschnitt 4.2.2c).¹⁴² Interessant ist der Vergleich zwischen den Jahren 2018, 2015 und 2003: Da die Trockenheit im 2018 und 2015 nicht so früh einsetzte wie im 2003, fielen die Ertragseinbussen vergleichsweise geringer aus. Im Jahr 2018 war die Ernte nur bei den Zuckerrüben unterdurchschnittlich. Hingegen litt der Futterbau im Trockenjahr 2018. Zwar fehlen im Gegensatz zum Ackerbau genau Zahlen zu den Erträgen, da der geerntete Ertrag nicht verkauft, sondern im eigenen Betrieb zur Fütterung der Tiere verwendet wird. Die Zollstatistik weist für das Jahr 2018 jedoch so hohe Zahlen für Dürrfutterimporte aus wie noch nie: So wurden 100 000 Tonnen mehr als durchschnittlichen in den Jahren seit 2010 importiert, womit zusätzlich Futterkosten von mindestens 35 Millionen Franken verbunden sind.

Abbildung 4-14: Abweichung (%) der Flächenerträge gegenüber dem Mittelwert 2000-2018

Kultur	Ø Flächen- ertrag 2000–2018 in dt/ha	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Winterweizen	58	3	-4	3	-9	8	-1	-2	1	2	4	0	8	0	-8	8	5	-24	6	-1
Wintergerste	64	-4	-11	0	-12	9	-3	-1	-5	-4	2	-5	3	3	-8	17	10	-11	16	3
Körnermais	94	2	-5	-2	-9	2	2	-10	8	3	10	0	3	-4	-13	-7	-5	8	13	4
Kartoffeln	394	8	-5	-1	-15	0	-2	-18	6	9	18	-2	16	4	-17	13	-9	-13	4	2
Zuckerrüben	751	4	-21	2	-5	3	2	-12	-1	5	10	-4	23	14	-9	20	-11	-14	5	-11
Raps	33	-9	-8	-3	-14	7	2	-6	-8	-8	-5	-5	2	-5	-1	23	13	5	16	3

Quelle: Bundesamt für Umwelt BAFU, „Hitze und Trockenheit im Sommer 2018“, Umwelt-Zustand, 2019.

¹⁴¹ Daniel Erdin, „Das Trockenjahr 2018“, *Agristat*, Nr. 11 (2018): 6–10.

¹⁴² Bundesamt für Umwelt BAFU, „Hitze und Trockenheit im Sommer 2018“.

Abhängigkeiten entlang der Wertschöpfungsketten

Je nach Produkt und Absatzkanal entstehen strukturelle und preisliche Abhängigkeiten, welche von den Betrieben allein nicht verändert werden können und die Wertschöpfung, insbesondere in den Phasen von Trockenheit, stark beeinflussen können. Zusammengefasst werden drei grössere und sich beeinflussende Abhängigkeiten von den Betrieben als die wichtigsten angesehen (siehe auch Kapitel 3.6):

- Der Einfluss und Vorgaben durch die Grossverteiler und/oder Verarbeiter: Hier sind es immer wieder die zu starren Abnahmeverträge, welche den Betrieben in den Trockenphasen zu schaffen machen, v.a. wenn es darum geht, die Liefertermine einzuhalten oder die verlangten Grössen, Formen oder Farben der Produkte garantieren zu können. Hinzu kommt, dass insbesondere im Gemüsebau immer häufiger eine Bewässerung als Grundbedingung für den Abschluss von Abnahmeverträgen verlangt wird.
- Die Preisentwicklung auf den nationalen und internationalen Märkten: Dies betrifft v.a. die Preise für Futtermittel, Milch sowie Fleisch. Trockenheit erhöht z. B. die Preise für den Zukauf von Futtermitteln oder senkt u. U. die Schlachtpreise, wenn, wie z. B. in Othmarsingen geschehen, anstatt Futtermittel zuzukaufen, die Tierbestände reduziert werden.
- Das Verhalten der Konsumenten: Durch das Zwischenschalten der Grossverteiler ist den Konsumenten auch in den Trockenphasen zu wenig bewusst, wie die Betriebe mit den Bedingungen von Knappheit zu kämpfen haben. Zum fehlenden Wissen kommen noch die fehlenden Alternativen hinzu, sich mit Nahrungsmitteln einzudecken. Der Anteil der Direktvermarktung nimmt zwar laufend zu, liegt nach Schätzungen des Schweizerischen Bauernverbands über alles gesehen bei rund 5 % des Gesamtmarktes.

Die Einführung der Bewässerung kann diese Abhängigkeiten beeinflussen. Was die Abnahmeverträge betrifft, erhöht die Bewässerung die Flexibilität, die Vorgaben auf einer technischen Ebene besser erfüllen zu können. Die strukturellen Abhängigkeiten bleiben jedoch bestehen.

- Für die Sicherung von Futtermittelerträgen sind enge ökonomische Grenzen gesetzt, indem die Bewässerungskosten für rein bewässerungsbedürftige Kulturen zu hoch sind.

Die Erhöhung des Anteils der Direktvermarktung eröffnet den Betrieben jedoch konkrete Optionen, sich flexibler und robuster aufzustellen, indem insbesondere die hochwertigen und bewässerungswürdigen Kulturen, wie Gemüse, Beeren und Früchte sich für den Direktverkauf auch besser eignen. Hier bietet insbesondere die Digitalisierung die Möglichkeit, neue Absatz- und damit Wertschöpfungsketten aufzubauen, welche den Betrieben mehr unternehmerisches Handeln erlauben.

Versicherungslösungen als Teil des Risikomanagements

Aufgrund der zunehmenden Extremereignisse in den letzten Jahren spielen Versicherungen in der Landwirtschaft eine immer grössere Rolle. Seit einigen Jahren können auch Dürreversicherungen abgeschlossen werden. Immer mehr Betriebe lassen sich gegen Trockenheitsrisiken versichern. Im Jahr 2018 waren in der Schweiz bereits rund 12 % der offenen Ackerfläche

gegen Trockenheit versichert.¹⁴³ In anderen europäischen Ländern ist dieser Trend ebenfalls beobachtbar. Seit 2019 können beispielsweise Betriebe in Polen Wintergetreide vor Schäden durch Trockenheit absichern. Die Versicherung ist Teil eines Pilotprojekts des Versicherungsunternehmens Concordia. Die Versicherungsprämie wird durch das Trockenheitsrisiko berechnet, welches aus der Lage und Bodenkategorie abgeleitet wird. Der polnische Staat übernimmt dabei 65 % der Prämienkosten.¹⁴⁴

Zukünftig sollten auch flexiblere und günstigere Versicherungslösungen möglich sein, welche die Möglichkeiten der Digitalisierung und Simulation nutzen, wie beispielsweise satellitenbasierte Versicherungslösungen.¹⁴⁵

Es ist anzumerken, dass mit Versicherungen nur der ökonomische Schaden ausgeglichen werden kann.

Fallbeispiel Othmarsingen: Folgen von Trockenheit und Hitze auf Absatz und Ertrag

Die Trockenheit und Hitze im Jahr 2018 führte bei den Betrieben in Othmarsingen zu spürbaren Ernteeinbussen, tieferer Produktqualität und höheren Produktionskosten (Bewässerung), was sich negativ auf das Nettoeinkommen der Betriebe auswirkte.

Das Trockenjahr 2018 hatte vor allem den Futter- und den Ackerbau beeinträchtigt. Aufgrund der Trockenheit im Sommer 2018 fiel die Ernte für Gras und Mais gering aus. Zudem konnten schon im Jahr 2017 weniger Schnitte gemacht werden. Aufgrund dessen musste ein Betrieb im Jahr 2018 für 5500 CHF Mais kaufen, um das eigene Futter zu ergänzen. Wie viele andere Betriebe musste auch dieser Betrieb aufgrund der Futterknappheit Tiere verkaufen. Das sei trotz der tiefen Fleischpreise immer noch wirtschaftlicher gewesen, als Futter zu kaufen oder Futterflächen zu bewässern. Zudem litten auch die Milchkühe unter der Hitze. Dabei sei nicht nur ihre Milchleistung zurückgegangen. Auch die Qualität der Milch hat bei der Hitze gelitten, da der Eiweiss- und Fettgehalt der Milch bei Hitzestress abnehmen. Der betroffene Landwirt schätzt, dass ihn die Trockenheit von 2018 rund 15 % des Rohertrags gekostet hat.

Ein Landwirt beobachtete, dass in den Jahren 2013, 2015, 2016, 2017 und 2018 der Ertrag aus dem Futterbau aufgrund von Trockenheit sehr knapp ausfiel. Wenn zwei magere Jahre aufeinander folgen, ist das für Viehbetriebe problematisch. Ein Jahr mit knappem Futterertrag kann in der Regel überbrückt werden, wenn aus dem Vorjahr genug Vorrat im Silo liegt. Ist dies nicht der Fall, sind die Betriebe gezwungen, Futter zuzukaufen oder Tiere zu verkaufen. Das Problem beim Futterzukauf sei aber, dass die Preise in der Regel zu hoch und die Qualität zu unsicher ist. Aus diesem Grund entscheiden sich die Betriebe vorwiegend für den Tierverkauf.

Ein anderer Betrieb schätzt seine Netto-Ertragseinbussen im Jahr 2018 auf rund 100'000 CHF. Hauptverantwortlich seien dabei die Ernteeinbussen und Bewässerungskosten bei den Bohnen gewesen. Er ist nicht der einzige, bei

¹⁴³ „Schweizer Landwirtschaft im (Klima)wandel“.

¹⁴⁴ Schweizer Bauer, „Polen: Dürreversicherung für Bauern“, 2019, <https://www.schweizerbauer.ch/politik--wirtschaft/international/polen-duerreversicherung-fuer-bauern-47757.html>.

¹⁴⁵ Robert Finger, „Klimawandel – Grosses Anpassungspotenzial der Landwirtschaft“, *Agrarpolitik* (blog), 21. Februar 2019, <https://agrarpolitik-blog.com/2019/02/21/klimawandel-grosses-anpassungspotenzial-der-landwirtschaft/>.

welchem die Bohnen zu Ertragseinbussen führten. Fünf der sechs Othmarsinger Betriebe bauen Konservengemüse (vorwiegend Erbsen und Bohnen) im Vertragsanbau an. Im Sommer 2018 mussten alle die zur Produktion von Konservengemüse bestimmten Felder bewässern. Die Kosten für die Bewässerung sind im Vergleich zur Wertschöpfung durch die Ernte so hoch, dass die Landwirte annehmen, eine Bewässerung lohne sich finanziell schnell nicht mehr. Beim Konservengemüse geht ein Betrieb seit den letzten fünf Jahren von Ertragseinbussen um die 20 % aus. Trotzdem haben sie ein Interesse, die Flächen zu bewässern, da sie ansonsten keine Abnahmeverträge mit dem Abnehmer abschliessen können. Sie rechnen damit, dass sich die Produktion von Konservengemüse in den nächsten Jahren unter dem Strich trotz oder gerade wegen einer systematischeren Bewässerung lohnen kann.

Die landwirtschaftlichen Betriebe bemängeln das fehlende Entgegenkommen der Abnehmer und Grossverteiler bei den Herausforderungen, welche der Klimawandel bringt. Heute bleibt das Risiko grösstenteils bei den Betrieben hängen (siehe Kapitel 3.6). Damit sie im fortschreitenden Klimawandel gut wirtschaften können, erwarten sie auch ein Verständnis und eine Unterstützung seitens der Abnehmer. Diese drei Beispiele aus Othmarsingen für (kleine) Anpassungen von Seiten Abnehmer zeigen, dass ein Entgegenkommen möglich ist:

- Unicorn AG (Zuckermais Produzent) hat 2018 begonnen, die Betriebe, welche bewässert haben, mit einem kleinen Beitrag zu entschädigen (500 CHF pro Durchgang von 20 l/m²).
- Die Savoldi AG macht bei Getreidekulturen Qualitätsprämien. Diese sind zwar nicht direkt an eine Bewässerung gekoppelt, machen diese aber eher lohnenswert.
- Die Frigemo AG (Abnehmer für Konservengemüse) arbeitet neuerdings auch samstags. Damit reagiert sie auf ihre limitierte Infrastruktur und ermöglicht einen optimaleren Erntezeitpunkt. Denn aufgrund der limitierten Infrastruktur muss die Frigemo AG die Warenabnahme streng koordinieren. Das bedeutet auch, dass sie den Erntezeitpunkt bestimmt. Dabei kann es vorkommen, dass der gesetzte Erntezeitpunkt zu früh oder zu spät ist. Die Folge davon sind Qualitätseinbussen, welche zu Lasten des landwirtschaftlichen Betriebs gehen. Durch diese Anpassung gewinnt auch die Frigemo AG an Flexibilität und letztlich die Lieferung von qualitativ guten Produkten.

4.4 Bewässerungsmanagement

Das Bewässerungsmanagement beinhaltet die Planung, Organisation und Ausführungsform der Bewässerung und damit auch alle Entscheidungen, welche bezüglich Bewässerung gefällt werden. Ob, wie, in welcher Menge, in welchen Zeitintervallen, nach welchen objektiven Kriterien und wann idealerweise bewässert wird, hängt von verschiedenen Systemelementen ab, wobei einige davon nicht direkt durch die Landwirtschaft beeinflusst werden können (z. B. Witterung, Wasserqualität, Produzenten- oder Wasserpreise). Obwohl gewisse Entscheidungsgrundlagen also von aussen gegeben sind, bleibt für das Bewässerungsmanagement ein grosser und wichtiger Handlungsspielraum.

Vereinfacht ausgedrückt können drei Hauptgründe aufgeführt werden, die einzeln oder in Kombination ausschlaggebend sind, weshalb sich ein Betrieb für eine Bewässerung entscheidet:¹⁴⁶

¹⁴⁶ Rickmann und Sourell, *Bewässerung in der Landwirtschaft*, 111ff.

- *Ertragsermöglichung*: Wenn der Anbau der Kultur ohne Bewässerung gar nicht möglich wäre.
- *Ertragssicherung*: Wenn ohne Bewässerung der erforderte Ertrag – sei es in Bezug auf die Menge und/oder in Bezug auf die Qualität – nicht erreicht werden kann. Im Gemüse-, Früchte- und Beerenbau, wo z. B. ein hoher Preisdruck herrscht und hohe Qualitätsansprüche bestehen, gilt es Trockenphasen durch gezielte Bewässerungsgaben zu kompensieren. Ohne Bewässerungsmöglichkeit wäre die für den Markt erforderliche hohe Produktqualität nicht zu erreichen und somit wäre ein wirtschaftlicher Pflanzenbau nicht möglich.
- *Ertragsoptimierung*: Wenn durch die Bewässerung die Ertragsmenge und/oder die Qualität so gesteigert werden kann, dass höhere Erlöse erzielt werden können.

Hinweise zur bewässerten Fläche im Bünztal gibt die Umfrage der Liebegg: Von den durch die 33 Betriebe bewirtschafteten 880 Hektaren wird rund ein Drittel bewässert.

4.4.1 GIS-Analyse Teil b: Vergleich von Bewässerungsbedarf und Wasserdargebot

a) Methode und Datengrundlage

Der zweite Teil der GIS-Analyse basiert auf den in Abschnitt 4.2.3 vorgestellten Resultaten. Dort sind auch Ausführungen zur Methode und Datengrundlage für die Abschätzung des theoretischen Bewässerungsbedarfs zu finden.

Wasserbilanz

Mit der sogenannten Wasserbilanz wird der theoretische Bewässerungsbedarf (vgl. Abschnitt 4.2.3) dem Wasserdargebot gegenübergestellt. Für die Umsetzung im GIS braucht es dazu einen Rasterdatensatz des Wasserdargebots. Das BAFU stellt diese Geodatensatz für die mittleren monatlichen Abflüsse der Fließgewässer für die zwei Zeithorizonte 2021 - 2050 («nahe Zukunft») und 2070 - 2099 («ferne Zukunft») zur Verfügung. Der verwendete Datensatz beruht auf den Klimaszenarien CH2011. Im Vergleich zu den Abflussprojektionen in Kapitel 3.3 überschätzen diese älteren Rasterdaten den Abfluss tendenziell. Um das nutzbare Wasserdargebot der Zukunft abzuschätzen, müssen von den mittleren monatlichen Abflüssen die Restwassermengen abgezogen werden. Dazu wurde basierend auf der Abflussmessreihe der Station Othmarsingen (seit 1977) das Verhältnis zwischen mittlerem Monatsabfluss und der Niedrigwasserkenngrosse Q_{347} hergeleitet. Basierend auf dem statistischen Zusammenhang wurde das nutzbare Dargebot um 20 % des Q_{347} reduziert. Die Grundlagen des Bewässerungsbedarfs und des Dargebots basieren auf Klimaszenarien für unterschiedliche Zeiträume (Abbildung 4-15). Um keine falsche Genauigkeit vorzutäuschen, wird bei den Resultaten der Wasserbilanz darum auf eine Angabe des betrachteten Zeithorizonts verzichtet, stattdessen wird ein Szenario milder und starker Klimawandel beschrieben. Für die Wasserbilanz muss zudem eine Annahme der Bewässerungseffizienz getroffen werden. Analog dem Pilotprojekt des Kantons Baselland ging man bei Beeren und Obst von einer Bewässerungseffizienz von 90 % und für alle weiteren Nutzungen von 65 % aus.

Abbildung 4-15: Grundlagen und verwendete Klimaszenarien für die GIS-Analyse (Teil a und b)

	Grundlagen Teil a Theoretischer Bewässerungsbedarf (siehe Abschnitt 4.2.3)	Grundlagen Teil b Wasserdargebot
GIS-Daten	<ul style="list-style-type: none"> – AGIS-Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche – Typisierte Bodenkarte 	<ul style="list-style-type: none"> – MQ-Rasterdatensatz BAFU aus CCHydro (2012)
Pflanzenwasserbedarf	<ul style="list-style-type: none"> – Tabellen Smith und Fuhrer (2015) 	
Abflussmessstation		<ul style="list-style-type: none"> – Othmarsingen (seit 1977)
Generation Klimaszenarien	<ul style="list-style-type: none"> – CH2011 	<ul style="list-style-type: none"> – CH2011
Emissionsszenario	<ul style="list-style-type: none"> – A1B 	<ul style="list-style-type: none"> – A1B
Szenario Eher schwacher Klimawandel	<ul style="list-style-type: none"> – CCmin: Modellkette SMHI-BCM-RCA – Zeithorizont 2060 (2045-2074) 	<ul style="list-style-type: none"> – Delta Change aus 10 Ensembles-Modellketten als Input in hydrologisches Modell – Zeithorizont nahe Zukunft (2021-2050)
Szenario Starker Klimawandel	<ul style="list-style-type: none"> – CCmax: CH2011 Modellkette ETHz-HadCM3Q0-CLM – Zeithorizont 2060 (2045-2074) 	<ul style="list-style-type: none"> – Delta Change aus 10 Ensembles-Modellketten als Input in hydrologisches Modell – Zeithorizont ferne Zukunft (2070-2099)

Quelle: eigene Darstellung

Methodische Unsicherheiten

Zu den Unsicherheiten, die bereits bei den Berechnungen des theoretischen Bewässerungsbedarfs entstehen, kommen weitere hinzu. So entspricht die Wasserbilanz lediglich einem Vergleich zwischen dem theoretischen Bewässerungsbedarf und dem Wasserdargebot aus den Oberflächengewässer. Weitere Wasserbezugsorte werden nicht betrachtet. Weiter sind mit den getroffenen Annahmen zur Bewässerungseffizienz und zur Dargebotsminderung Unsicherheiten verbunden. Zudem werden die Unsicherheiten in der Modellkette der alten Klimaszenarien, auf welchen der verwendete Rasterdatensatz beruht, grösser eingeschätzt als bei der Nachfolgeneration CH2018. Die Resultate der GIS-Analyse eignen sich darum in erster Linie für räumliche Vergleiche und zur Identifikation von Risikogebieten für Wasserknappheit, nicht aber zu absoluten Aussagen auf Parzellenebene.

b) Wasserbilanz in Zukunft

Der Vergleich zwischen dem theoretischen Bewässerungsbedarf bei heutiger landwirtschaftlicher Produktion und dem Wasserdargebot aus Oberflächengewässer und Niederschlag gibt Hinweise darauf, welche Gebiete in Zukunft besonders stark von Wasserknappheit betroffen sein können. Die Verwendung von Wasser aus der öffentlichen Wasserversorgung oder dem Grundwasser wurde nicht berücksichtigt.

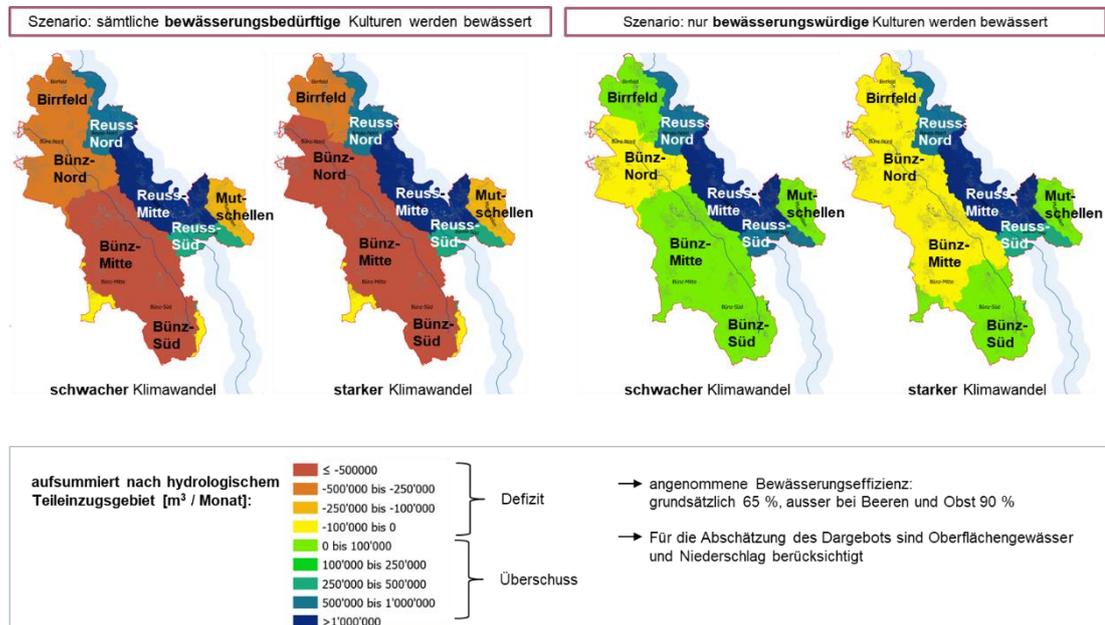
Die Ergebnisse (Abbildung 4-12) widerspiegeln die unterschiedliche Situation im Bünztal und Reusstal: Im Bünztal und im Birrfeld übersteigt der theoretische Bewässerungsbedarf im Monat Juli das Wasserdargebot aus den Oberflächengewässern im Bünztal und im Birrfeld bei weitem. Ebenfalls ein Defizit zeigt das Gebiet Mutschellen, wenn auch weniger ausgeprägt als im Bünztal. Im Reusstal hingegen ist die Wasserbilanz positiv, was heisst, dass das verfügbare Oberflächenwasser den theoretischen Wasserbedarf decken mag.

Werden nur die bewässerungswürdigen Kulturen angeschaut, sieht die Situation anders aus – zumindest bei eher schwachem Klimawandel. In diesem Fall ist im Monat Juli nur gerade im Teileinzugsgebiete Bünz-Nord ein Defizit auszumachen, und zwar in der Grössenordnung von bis zu 100'000 m³. Bei starkem Klimawandel gelangen allerdings auch die Teileinzugsgebiete Bünz-Mitte und Birrfeld in den negativen Bereich. Die beiden Klimaszenarien bilden ein durchschnittliches Jahr bei unterschiedlich starkem Klimawandel ab. In der Realität wird die Wasserbilanz in Zukunft vermutlich zwischen diesen beiden Szenarien schwanken. Im Teileinzugsgebiet Bünz-Süd würde das Wasserdargebot aus den Oberflächengewässern gemäss diesen Abschätzungen ausreichen, um die bewässerungswürdigen Kulturen anzubauen, wobei zu erwähnen ist, dass diese dort nur gerade 3.3 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmachen.

Obwohl die Ergebnisse aufgrund der zahlreichen zu treffenden Annahmen kritisch zu würdigen sind, lässt sich daraus ableiten, dass längerfristig:

- im Bünztal und im Birrfeld bei gleichbleibender landwirtschaftlicher Nutzung der theoretische Bewässerungsbedarf der Kulturen bei weitem nicht mehr mit Entnahmen aus Oberflächengewässern und den Niederschlägen gedeckt werden kann,
- das Wasserdargebot aus der Reuss in der Regel ausreicht, um den Bewässerungsbedarf der heute dort angebauten Kulturen auch in Zukunft zu decken.
- die Wasserbilanz deutlich weniger dramatisch ausfällt, wenn in Zukunft nur die heute bewässerungswürdigen Kulturen bewässert würden. Jedoch ist in den Teileinzugsgebieten Bünz-Nord und Bünz-Mitte in Zukunft der Wasserbezug selbst für die bewässerungswürdigen Kulturen beim Bezug aus den Oberflächengewässern nicht sichergestellt.

Abbildung 4-16: Bilanz zwischen Wasserdargebot (Oberflächengewässer) und theoretischem Bewässerungsbedarf der landwirtschaftlichen Nutzung im Juli, aufsummiert nach Teileinzugsgebiet unter zukünftigem Klima



Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG, „Bewässerungsbedarfsprognose nach Smith & Fuhrer im Büntal und Umgebung, ausgewählte Karten. Auf Anfrage“.

4.4.2 Bewässerungsentscheid

a) Methode und Datengrundlagen

Methode	Grundlagen
Workshops	Workshop-Beiträge in Bezug auf das Bewässerungsmanagement: Auswertung und Synthese der Diskussionen resp. Gruppenarbeiten
Betriebsgespräche	Betriebsgespräche (2-3 stündige) mit den sechs Betriebsleitern aus Othmarsingen im Rahmen des landwirtschaftlichen Entwicklungskonzepts für die Moderne Melioration Othmarsingen.
Expertenbefragungen	Überlegungen zur Bewässerungswürdigkeit durch die Liebegg

b) Erfahrungen rund um den Bewässerungsentscheid

Die Gespräche mit Workshopteilnehmenden deuten darauf hin, dass der Bewässerungsentscheid in der Praxis nicht nur auf rein wirtschaftlichen Überlegungen basiert. In vielen Fällen erfolgt keine Vollkostenrechnung, welche für die Abschätzung der Bewässerungswürdigkeit

notwendig wäre.¹⁴⁷ Oft berufen sich die Landwirtinnen und Landwirte auf ihre Erfahrungswerte, um zu entscheiden, ob und wie viel sie bewässern wollen bzw. können (siehe Kapitel 4.5 und Abbildung 4-22). Je nachdem erübrigt sich die Frage, ob man bewässert, da die Bewässerung zur Ertragssicherung notwendig ist (z. B. im Gemüsebau). Im Vordergrund steht dann viel mehr die Frage, wie die Bewässerung möglichst wassereffizient und kostengünstig durchgeführt werden kann.

Es zeigt sich zudem, dass eine gesamtbetriebliche Betrachtung und nicht die Bewässerungswürdigkeit einzelner Kulturen allein als Entscheidungsgrundlage dienen kann. Über den Betrieb gesehen mag sich in gewissen Fällen die Bewässerung einer Kultur – obwohl sie gemäss Berechnungen nicht bewässerungswürdig ist – doch lohnen. Selbst wenn der Bewässerungsentscheid basierend auf den Berechnungen der Bewässerungswürdigkeit gefällt wird, bleibt ein gewisses Risiko bestehen, dass die Bewässerung nicht rentiert. Für einen umfassenden Bewässerungsentscheid braucht es letztlich auch eine Risikoabschätzung, bei der die gemachten Erfahrungen in Bezug auf den Markt (Stichwort: Preisentwicklung), die generelle strategische Ausrichtung des Betriebs, die Flexibilität und Sicherheit gegenüber den Klimaauswirkungen, Innovation und Wissen über neue Technologien sowie Perspektiven für eine überbetriebliche Zusammenarbeit insbesondere zur Bewältigung der Organisation der Wasserbeschaffung miteinfließen.

Unsicherheiten

Im Rahmen der Workshops und Gesprächen wurden folgende Unsicherheiten beim Bewässerungsentscheid identifiziert:

- **Extreme Trockenheit:** Sind die Niederschlagsmengen in einem Jahr geringer oder ungünstig verteilt, muss mehr als für die Abschätzung der Bewässerungswürdigkeit angenommen bewässert werden. Je nach notwendiger Wassermenge lohnt sich die Bewässerung finanziell nicht mehr.
- **Starke Hitze:** Wenn die Bewässerung nicht ausreicht, um die Schäden durch Hitze gering zu halten, nimmt die Qualität und Erntemenge trotz Bewässerung signifikant ab. Dies ist besonders bei hitzeempfindlichen Kulturen wie beispielsweise den Erbsen ein Szenario, das bereits eingetroffen ist. Die Hitze ist somit ein Unsicherheitsfaktor mit zunehmender Bedeutung, weil damit auch die bisherigen Kulturenpläne in Frage gestellt werden.
- **Versorgungsengpässe und ein nicht geregeltes bzw. gesichertes Angebot:** Engpässe alleine erzeugen bereits Unsicherheiten. Sind zudem die Bezugsquellen unsicher, wird die Einführung einer wirtschaftlich und betrieblich sinnvollen, systematischen und nachhaltigen Bewässerung praktisch unmöglich.

¹⁴⁷ Verschiedene Softwareprodukte stehen den Betrieben für die Vollkostenkalkulation zur Verfügung. In der Schweiz verbreitet sind: Proficost Gemüse (Vollkostenrechner für Gemüse von der schweizerischen Zentralstelle für Gemüsebau und Spezialkulturen SZG), Beerenkost (Vollkostenrechner für Beeren von der Agridea in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Obstverband), Arbokost: (Vollkostenrechner für Obst von der Agroscope).

- Einschränkung der Bewässerungskapazität: Müssten mehrere Felder gleichzeitig bewässert werden, kann es sein, dass die Infrastruktur und/oder die Wasserversorgung nicht ausreichen.
- Preisschwankungen auf dem Markt: Wenn die Produzentenpreise schwanken oder sich nicht wie erwartet verhalten.
- Wissen: Im Bünztal sind sich die Landwirtinnen und Landwirte zwar gemäss eigenen Aussagen an sporadische Trockenheit gewohnt. Trotzdem könnten weitere Informationen und Wissen ihnen als Entscheidungsgrundlage helfen. Insbesondere bei der Frage, ab welchem Zeitpunkt und zu welchen Mengen bewässert werden soll (siehe Kapitel. 4.5).

c) Bewässerungsentscheid in der Zukunft

Da der Bewässerungsentscheid grundsätzlich auf der Einschätzung der Bewässerungswürdigkeit beruht, stellt sich die Frage, welche Kulturen auch in Zukunft nach wie vor bewässerungswürdig sind resp. dies werden. Für die GIS-Analyse (vgl. Abschnitte 4.2.3 und 4.4.1) erfolgte eine allgemeine, nicht-betriebsspezifische Einschätzung der Bewässerungswürdigkeit aus heutiger Sicht.

Wie sich die Bewässerungswürdigkeit mit dem Klimawandel entwickelt, hängt einerseits vom Ertrags- und/oder Qualitätsgewinn ab, der sich dank Bewässerung längerfristig erwirtschaften lässt – wofür der Systembereich «Markt» (vgl. Kapitel 3.6) ausschlaggebend ist. Kann in Zukunft mit einem bewässerten Produkt deutlich mehr Ertrag erzielt werden als dies heute der Fall ist, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass dieses bewässerungswürdig wird. Dabei nehmen, wie aufgezeigt, nicht nur die Abnehmer, sondern auch die Konsumenten eine bedeutende Rolle ein.

Andererseits wird die Bewässerungswürdigkeit durch die Kosten der Bewässerung beeinflusst (vgl. Abbildung 4-17). Ansätze zur Kostensenkung auf Betriebsebene sind zum einen die notwendige Wassermenge durch die Erhöhung der Bewässerungseffizienz, den Einsatz wassersparender Technologien oder durch Bodenbearbeitung zu reduzieren. Zum andern kann die Abhängigkeit von der Trinkwasserversorgung durch die Erschliessung alternativer Wasserquellen minimiert werden. Neben der eingesetzten Wassermenge ist auch die Anzahl der Wassergaben entscheidend, die auch von der Ausprägung des Klimawandels.

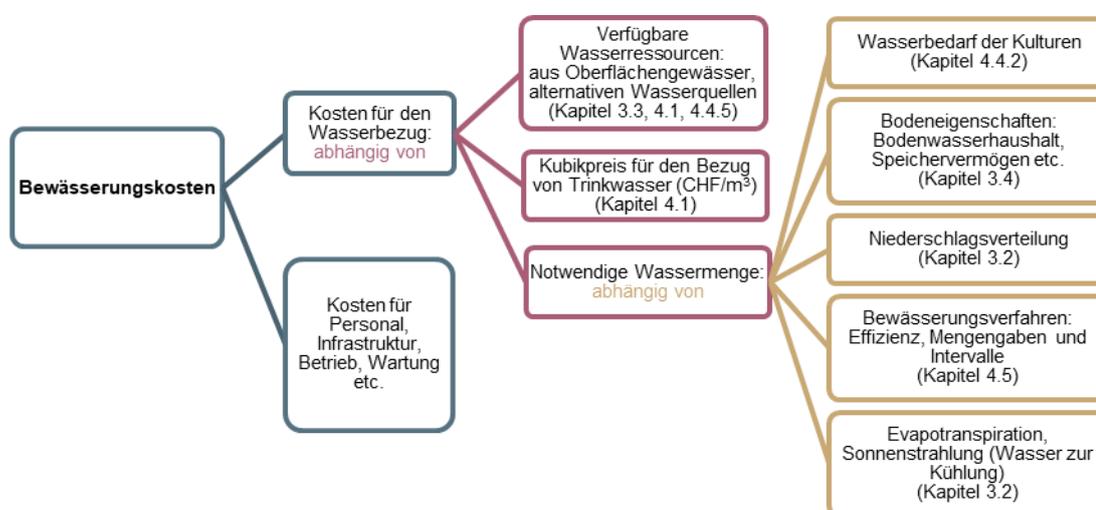
Eine detaillierte Analyse der zukünftigen Bewässerungswürdigkeit ist im Rahmen des Pilotprojekts nicht möglich. Hinweise zur Wirtschaftlichkeit von Bewässerung unter fortschreitendem Klimawandel gibt das Pilotprojekt aus dem Kanton Basel-Landschaft.¹⁴⁸ Für die sechs Kulturen Winterweizen, Körnermais, Kartoffeln, Erdbeeren und Kirschen wurde die Wirtschaftlichkeit der Bewässerung für drei Klimaszenarien untersucht, wobei der resultierende Stundenlohn als Kriterium verwendet wurde. Die Studie kommt unter anderem zum Schluss, dass die Bewässerung von Winterweizen und Kunstwiese bei keinem Klimaszenario Sinn macht. Weiter besagt sie, dass sich die Bewässerung von Körnermais nur bei tiefgründigen Böden lohnt und die

¹⁴⁸ Zorn und Lips, „Wirtschaftlichkeit der Bewässerung ausgewählter Kulturen im Kanton Basel-Landschaft. Im Auftrag vom Amt für Umweltschutz und Energie, Kt. BL“.

Bewässerung von Kartoffeln nur bei starkem Klimawandel. Hingegen lohnt sich die Bewässerung von Kirschen aus heutiger Sicht bei allen Klimaszenarien.

Letztlich sind auch politische Überlegungen für die Einschätzung der zukünftigen Bewässerungswürdigkeit zu berücksichtigen. Steigt bspw. die Bedeutung von hofeigenem Futter aufgrund eines politischen Willens, kann sich die Bewässerung von Kunstwiesen oder Körnermais zur Futterproduktion plötzlich lohnen. Es stellt sich grundsätzlich die Frage, welche Bedeutung der Futterbau angesichts häufigerer Trockenheit haben wird. Die Antwort darauf ist auch eine politische.

Abbildung 4-17: Entscheidende Faktoren für die Höhe der Wasserkosten



Quelle: eigene Darstellung

4.4.3 Wasserbezug

a) Methode und Datengrundlage

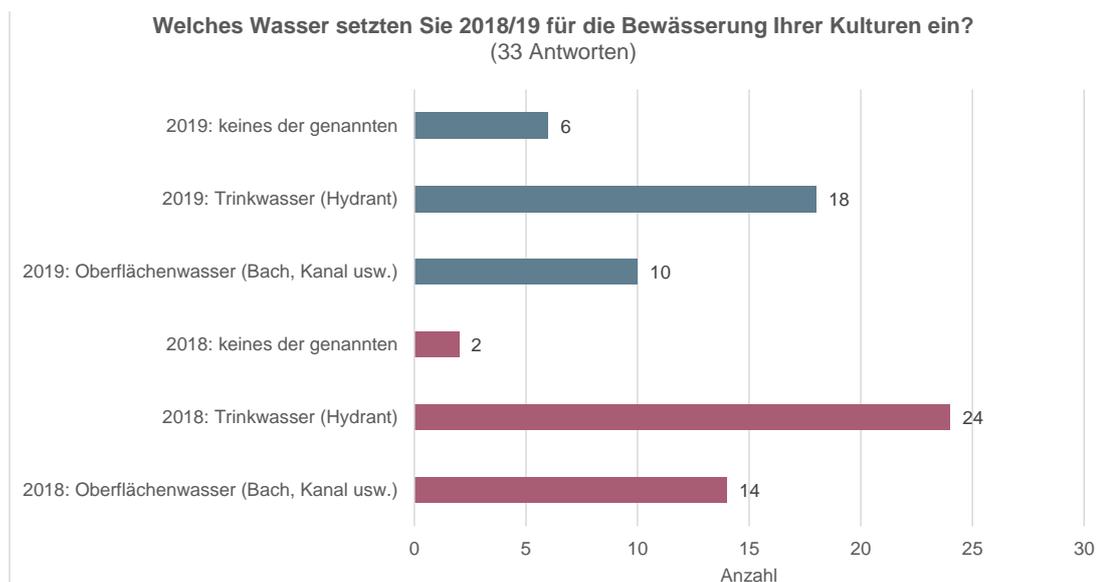
Methode	Grundlagen
Umfrage	Im Rahmen vom Projekt «Wasser 2035» bei den Gemeinden durchgeführte Umfrage zur Situation im Sommer 2018 und 2019: Auswahl einzelner Umfrageergebnisse
Umfrage	Vom Landwirtschaftlichen Zentrum Liebegg durchgeführte Umfrage zur Bewässerung im Sommer 2018 und 2019: Auswahl und Kommentierung einzelner Umfrageergebnisse
Workshops	Workshop-Beiträge in Bezug auf das Bewässerungsmanagement: Auswertung und Synthese der Diskussionen resp. Gruppenarbeiten

b) Bisherige Situation

Trinkwasserversorgung als Absicherung

Das meiste Wasser für Bewässerungszwecke wird im Bünztal von der Trinkwasserversorgung und aus Oberflächengewässer bezogen (Abbildung 4-18). Im Jahr 2019 hat gut die Hälfte der Umfrageteilnehmenden Wasser aus dem Hydranten bezogen. Im Trockenjahr 2018 waren es knapp Dreiviertel. Die öffentliche Wasserversorgung stellt also eine wichtige Absicherung während Knappheitssituationen dar. Wie viel Wasser in den Gemeinden im Jahr 2018 aus der öffentlichen Wasserversorgung für die Bewässerung abgegeben wurde, geht aus einer Umfrage im Rahmen vom Projekt «Wasser 2035» hervor (siehe Abbildung 6-2). Flächendeckende Daten zu den Entnahmemengen aus Oberflächengewässer fehlen. Die Umfrage der Liebegg gibt Anhaltspunkte (vgl. Abbildung 6-17). So geht aus den Ergebnissen hervor, dass die Umfrageteilnehmenden im Jahr 2019 Wasser in derselben Grössenordnung aus dem Leitungsnetz wie aus Oberflächengewässer entnommen haben. Im Trockenjahr 2018 wurde allerdings gut doppelt so viel Wasser aus dem Leitungsnetz bezogen als im Jahr 2019. Der Einsatz von Trinkwasser zu Bewässerungszwecken spielt heute also bereits eine wichtige Rolle.

Weiter gab ein Viertel an, dass die bezogene Tageshöchstmenge unter dem gewünschten Tageshöchstbedarf lag. Insgesamt kann also festgehalten werden, dass der gewünschte Wasserbedarf der Landwirtschaft nicht in jedem Fall durch die Trinkwasserversorgung gedeckt werden konnte. Ein Drittel setzt zudem neben Wasser aus Oberflächengewässern und Trinkwasser auch Wasser anderer Herkunft für die Bewässerung ein. Bezüge aus eigenen Quellen (6 Nennungen), aus dem Grundwasser (3 Nennungen), aus Teichen (2 Nennungen) oder gesammeltes Regenwasser (4 Nennungen) sind angegeben. Gemäss Aussagen am Workshop gibt es im Bünztal keine grösser angelegten Wasserspeicherbecken.

Abbildung 4-18: Herkunft des Bewässerungswassers im Bünztal im Jahr 2018 resp. 2019

Quelle: Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, „Verbrauch von Bewässerungswasser im Bünztal. Umfrageergebnisse (unveröffentlicht)“, 2019.

c) Zukünftige Situation

Aus den bisherigen Erfahrungen mit Trockenheit lässt sich schliessen, dass mit fortschreitendem Klimawandel vermehrt mit Einschränkungen für Entnahmen aus Oberflächengewässern gerechnet werden muss – dies zum Zeitpunkt, wo Bewässerung notwendig wird. Weiter stellt sich die Frage, ob die Versorgungssicherheit aus der öffentlichen Wasserversorgung aufgrund der stofflichen Belastung von Grundwasser gewährleistet werden kann (siehe Abschnitt 3.3.2e). Mit unabhängigeren Bezugsoptionen könnten Nutzungskonflikte vermieden werden. Alternative Bezugsoptionen und die Wasserspeicherung durch Reservoirs und Rückhaltebecken gewinnen an Bedeutung. So schlägt der Bauernverband zur Anpassung an den Klimawandel vor, «Bewässerungsprojekte grossräumig sowie sektorenübergreifend zu koordinieren» und spricht auch davon, die Bereitstellung einer bedarfsgerechten Bewässerung im Rahmen von Meliorationsprojekten anzugehen.¹⁴⁹ Im Zusammenhang mit Wasserspeichern wurden zudem Fragen zur Akzeptanz, zur notwendigen Infrastruktur, zur Investitionshöhe, zu den Rahmenbedingungen (Stichwort Raumplanung) und zum Platzbedarf aufgeworfen.

Organisation der Bewässerung

Der Schweizer Bauernverband empfiehlt ebenfalls überbetrieblich organisierte Bewässerungsgemeinschaften oder -projekte, da sich in diesem Fall die Investitionskosten teilen lassen.¹⁵⁰

¹⁴⁹ „Schweizer Landwirtschaft im (Klima)wandel“, 20.

¹⁵⁰ „Schweizer Landwirtschaft im (Klima)wandel“, 20.

Ob Überlegungen zur Intensivierung der Zusammenarbeit stattfinden, wurde auch in der Umfrage der Liebegg abgefragt. Zwei Drittel geben an, dass keine Überlegungen zum Ausbau der Zusammenarbeit erfolgen. Ein Drittel der Teilnehmenden erwähnt, dass ein solcher angedacht oder in Planung ist. Genannt wird etwa die Miete und gemeinsame Nutzung von Bewässerungsinfrastrukturen. Auch die Stärkung der Zusammenarbeit im Rahmen von Meliorationen wird angegeben. Dennoch muss festgestellt werden, dass keine konkreten Projekte im Bereich einer regionalen Organisation in Vorbereitung sind, was ebenfalls als ein wachsendes Risiko einzustufen ist, da situative Lösungen für einzelne Betriebe oder nur für Knappheitsphasen zunehmend als unsicher einzustufen sind und mit direkten Folgen für die Produktion zu rechnen ist.

Qualität des Bewässerungswassers

Sollten in Zukunft alternative Wasserbezugsquellen vermehrt in Betracht gezogen werden, stellt sich auch die Frage, welche Wasserqualität für die Bewässerung notwendig ist. Nicht alle Landnutzungen erfordern Trinkwasserqualität. Die Anforderungen an die Qualität des Bewässerungswassers hängt unter anderem von der Art der Kultur (für den Rohverzehr bestimmt oder nicht), der Bewässerungsmethode (Kultur wird benetzt oder nicht) und des Bewässerungssystems (anfällig auf Verunreinigungen oder nicht) ab. Je nach Bezugsquelle geht vom Bewässerungswasser ein anderes Risiko für mikrobielle Verunreinigungen der Ernteprodukte aus (Abbildung 4-19). Bei einem vermehrten Einsatz von Wasserspeicher ist zu beachten, dass ein Risiko für lokale Verunreinigungen besteht. Es ist allerdings anzumerken, dass bereits eine Praxis im Umgang mit diesen Risiken besteht, da beim Bewässerungswasser aus Oberflächengewässer im Vergleich zum Trinkwasser ein erhöhtes Kontaminationsrisiko besteht. Seit 2013 verlangt SwissGAP¹⁵¹ eine «Risikoanalyse Bewässerungswasser»¹⁵², mit welcher die Herkunft des Bewässerungswasser, die Anfälligkeit auf Verunreinigungen, die Bewässerungsmethode, der Zeitpunkt der Bewässerung und die Art der Kultur ermittelt wird. Wird ein Risiko erkannt, sind Wasseranalysen durchzuführen.

¹⁵¹ SwissGAP ist weder eine Marke, noch ein Label, sondern ein Produktionsstandard, der von Grossverteilern gefordert wird. So werden nicht direkt Produkte ausgezeichnet, sondern Kriterien für deren Herstellung definiert. SwissGAP wird bei Kartoffeln, Gemüse oder Früchten umgesetzt.

¹⁵² SwissGAP, „Umsetzungsdokumentation“, 2017, 17–18.

Abbildung 4-19: Allgemeine Beurteilung der Quellen von Bewässerungswasser bzgl. mikrobiologischer Qualität

Art des Wassers	Allgemeine Beurteilung
Trinkwasser	Vielseitig genutzt und geeignet für alle Anwendungen, Endreinigung inbegriffen.
Grundwasser	Allgemein gute bis sehr gute mikrobiologische Qualität. Risiko: Kontamination des Schachts.
Wasserspeicher	Im Allgemeinen genügende Qualität. Risiko von lokalen Verunreinigungen.
Fliessende und stehende Gewässer	Grosse Unterschiede der biologischen Parameter während der verschiedenen Jahreszeiten und zwischen den verschiedenen Wasserläufen. Erhöhtes Kontaminationsrisiko.

Quelle: David Drissner und Reto Neuweiler, „Empfehlung zur Beurteilung der mikrobiologischen Qualität von Bewässerungswasser und Ernteprodukt im Salatanbau“, Agroscope Merkblatt, 2017, 2.

Fallbeispiel Othmarsingen: Bewässerung und Organisation

Langfristig gehen die Landwirte davon aus, dass Trockenheit und Hitze zunehmen werden und dass sie deswegen ihre Kulturen häufiger und mehr bewässern müssen. Um das zukünftige Bewässerungsbedürfnis decken zu können, sehen sie einerseits ihren Betrieb in der Pflicht (z. B. indem sie in Bewässerungsanlagen investieren oder sich mehr Wissen aneignen), aber auch die Gemeinde, welche eine professionelle Bewässerung unterstützt.

Grundsätzlich soll die Gemeinde – idealerweise über die Melioration – die nötigen Rahmenbedingungen schaffen, um die Bewässerung in Othmarsingen langfristig zu optimieren und zu sichern. Die neuen Lösungen sollen produktionsorientiert sein und klimatische wie auch gesellschaftliche Entwicklungen berücksichtigen. Nach wie vor gilt als Prämisse, dass auch in Trockenzeiten Wasser für die Bewässerung in ausreichendem Umfang verfügbar ist. Die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung darf durch die Bewässerung nicht beeinträchtigt werden. Dies wird als eine wichtige Voraussetzung angesehen, damit die Bevölkerung akzeptiert, dass die Landwirtschaft aus dem Trinkwasserversorgungsnetz versorgt wird.

Zwei konkrete Wünsche wurden in den Betriebsgesprächen mehrfach genannt:

- **Wasserverteilung:** Einerseits sollen im Rahmen der Melioration Bodenleitungen gelegt werden, um auch auf abgelegenen Feldern (insb. im Grosszelg) bewässern zu können. Heute befinden sich die Hydranten in oder entlang der Bauzone.
- **Alternativer Wasserbezug:** Zudem soll im Rahmen der Melioration geprüft werden, ob und wie man das alte Trinkwasserreservoir für die Bewässerung nutzen könnte. Das alte Reservoir wurde aufgrund der Wasserqualität aufgegeben und befindet sich in der Landwirtschaftszone, in nächster Nähe zu landwirtschaftlich besonders wertvollen Ackerflächen.

In Othmarsingen können zwei Vorteile für die Organisation beispielhaft dargelegt werden:

- Organisation für die Investition und den Betrieb von Bewässerungsanlagen durch Gemeinschaften: Die Bewässerungsinfrastruktur erfordert Investitionen, welche für die meisten Betriebe finanziell merklich ins Gewicht fallen. Aus diesem Grund überlegen sich zwei Betriebe, in Gemeinschaft mit einem anderen Betrieb in eine

Bewässerungsanlage zu investieren. Einer der beiden Betriebe, welcher über eine Bewässerungsanlage verfügt, plant ebenfalls eine Gemeinschaft mit einem weiteren Betrieb und einem grossen Lohnunternehmen.

- Organisation für den Wasserbezug per WhatsApp: Je nach dem, woher das Wasser für die Bewässerung entnommen wird, kann es verschiedene Restriktionen geben. In Othmarsingen darf beispielsweise nur eine Anlage auf einmal Wasser ab dem Trinkwassernetz (Hydrant) beziehen. Das heisst, es können nicht alle Betriebe gleichzeitig bewässern. Aus dieser Einschränkung heraus haben die Landwirte im Sommer 2018 über einen WhatsApp Chat die Bewässerung koordiniert. Der Chat sorgte für Transparenz, Koordination und einen effizienten Einsatz der Geräte.

4.5 Wissen und Technik

Mit dem Systembereich «Wissen und Technik» wird berücksichtigt, dass sich die landwirtschaftliche Praxis aufgrund neuer Erkenntnisse und technischen Hilfsmitteln weiterentwickeln kann. Es wird nachfolgend auf die im Bünztal verwendeten Bewässerungsverfahren und die eingesetzten Hilfsmittel zur Optimierung der Bewässerung eingegangen.

a) Methode und Datengrundlagen

Methode	Grundlagen
Umfrage	Vom Landwirtschaftlichen Zentrum Liebegg durchgeführte Umfrage zur Bewässerung im Sommer 2018 und 2019: Auswahl und Kommentierung einzelner Umfrageergebnisse
Workshops	Workshop-Beiträge in Bezug auf Wissen und Technik: Auswertung und Synthese der Diskussionen resp. Gruppenarbeiten
Literaturarbeit	Literatur zur Ergänzung und Ausführung der obigen Grundlagen (Literaturangaben im Text)

b) Bewässerungstechnik

Bewässerungsverfahren

Die Umfrage der Liebegg gibt Anhaltspunkte über die im Bünztal zur Wasserverteilung eingesetzten Bewässerungssysteme und Geräte (Abbildung 4-20). Dreiviertel der 33 Teilnehmenden geben zudem an, dass die eigene Bewässerungsinfrastruktur gemäss eigenen Einschätzungen dem neusten Stand der Technik entspricht. Jedoch schätzt rund die Hälfte das Alter ihrer Bewässerungsinfrastruktur auf über 5 Jahre. Ein Drittel der Umfrageteilnehmenden setzt mehr als ein Bewässerungssystem ein, somit waren Mehrfachnennungen möglich.

- Klassische Beregnungsverfahren werden am häufigsten eingesetzt:
 - Ein Viertel der Umfrageteilnehmenden nutzt Sprinkler zur Bewässerung. Die Rohr-Regner-Anlagen sind im Gemüsebau weit verbreitet. Vorteile sind etwa die geringe, bodenschonende Niederschlagsintensität oder die Anwendbarkeit auf unförmigen Parzellen. Als Nachteil kann der Arbeitsaufwand fürs Verstellen, die Behinderung beim Hacken der

Kulturen, oder die oft unregelmässige Wasserverteilung genannt werden.¹⁵³ Hinzu kommen Wasserverluste durch Wasserverdunstung des Wasserstrahls und die wichtigere Verdunstung des von der Pflanze aufgefangenen Interzeptionswassers z. B. bei hochstehendem Mais.¹⁵⁴

- Gemäss der Umfrage der Liebegg ist der mobile Haspel das am häufigsten eingesetzte Bewässerungsgerät. 24 der 33 Teilnehmenden geben an, dieses zur Bewässerung zu nutzen. Das Verstellen ist weniger zeitintensiv als bei Sprinkleranlagen, wodurch auch die Flexibilität zum Wechseln der Beregnungspartellen hoch ist. Der Wasserstrahl ist windanfälliger als bei Sprinklern und das Verfahren weniger geeignet für unförmige Partellen.¹⁵⁵ Beim Einsatz von Rollomaten wird das Wasser relativ ungleichmässig verteilt.¹⁵⁶ Auch hier sind die für die Sprinkler genannten Verluste zu beachten.
- Düsenbalken kommen ebenfalls vereinzelt zum Einsatz. Im Gegensatz zur Regenkanone kann die Wasserabgabe präzise auf die zu beregnende Fläche ausgebracht werden, die Beregnungsintensität ist allerdings hoch und kann unter Umständen zu oberflächlichem Abfluss, Bodenverschlammung oder Versickerung unter die aktive Wurzelzone führen.¹⁵⁷
- Tropfbewässerung wird von einem Fünftel der Umfrageteilnehmenden eingesetzt. Bei Obst- und Beerenkulturen gilt Tropfbewässerung als Standardverfahren. Sie eignet sich insbesondere dann, wenn die Kultur auf sandigen Böden mit geringer Wasser-Speicherkapazität wächst, wenig nutzbares Wasser vorhanden ist oder die Wasserversorgung in kurzen Abständen erfolgen soll. Die Anwendung kann sowohl ober- als auch unterirdisch erfolgen (z. B. bei Kartoffeln). Bei einem Anbau ohne Herbizide oder dem Einsatz von Hackrobotern können oberirdische Tropfschläuche problematisch sein. Da die Tropfbewässerung auf häufigen, kleinen Wassergaben basiert, ist ein frühzeitiger Bewässerungsbeginn besonders wichtig. Trocknet die Bodenoberfläche einmal aus, ist eine Wiederbefeuchtung mit der Tropfbewässerung schwierig. Als Nachteil ist zu erwähnen, dass das Bewässerungsverfahren teuer ist und einen hohen Arbeitszeitbedarf für den Auf- und Abbau bedingt. Auch hat das Bewässerungswasser eine hohe Qualität aufzuweisen. Insgesamt führten bisher die Nachteile dazu, dass Tropfbewässerung auf grossen Flächen kaum zum Einsatz kommt.¹⁵⁸ Allerdings sind inzwischen auch ausrollbare Systeme verfügbar, mit denen sich auch grössere Flächen insbesondere für den Gemüsebau bewässern lassen.

¹⁵³ Verband Schweizer Gemüseproduzenten VSGP und Inforama, „Merkblatt. Bewässerungssysteme im Gemüsebau“, 2013, 1.

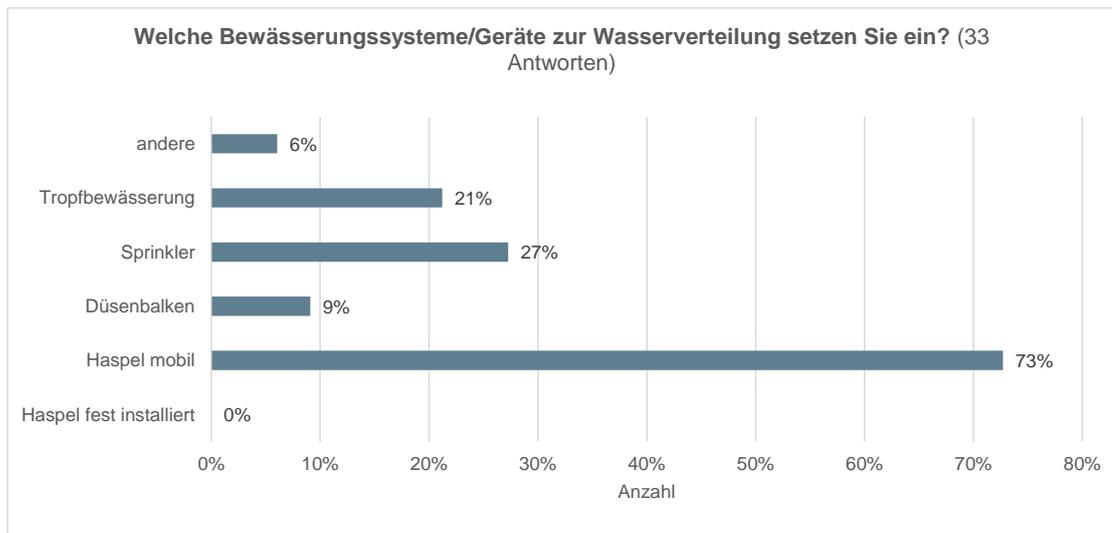
¹⁵⁴ Rickmann und Sourell, *Bewässerung in der Landwirtschaft*, 103.

¹⁵⁵ Verband Schweizer Gemüseproduzenten VSGP und Inforama, „Merkblatt. Bewässerungssysteme im Gemüsebau“, 2.

¹⁵⁶ Peter-Jürgen Paschold, *Bewässerung im Gartenbau* (Stuttgart: Ulmer, 2010), 118.

¹⁵⁷ Verband Schweizer Gemüseproduzenten VSGP und Inforama, „Merkblatt. Bewässerungssysteme im Gemüsebau“, 2.

¹⁵⁸ Führer und Smith, „Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft. Im Auftrag vom Amt für Umweltschutz und Energie, Kt. BL“, 18.

Abbildung 4-20: Verwendete Bewässerungssysteme

Quelle: Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, „Verbrauch von Bewässerungswasser im Bünztal. Umfrageergebnisse (unveröffentlicht)“.

Bewässerungseffizienz

Die Bewässerungseffizienz hängt von der verwendeten Technik ab. Unabhängig davon wirken sich auch standortbedingte Faktoren wie Boden, Topografie und Pflanzenzustand sowie die technische Handhabung der Anlage auf die Effizienz des Wassereinsatzes aus. Abbildung 4-22 schätzt verschiedene Bewässerungsverfahren hinsichtlich ihrer Wassereffizienz ein und fasst Vor- und Nachteile zusammen.

Abbildung 4-21: Vor- und Nachteile sowie Effizienz verschiedener Bewässerungssysteme

Verfahren	Reihenregner	Mobile Beregnung		Mikrobewässerung
System	Rohrbewässerung	Rollomat mit Starkregner	Rollomat mit Düsenwagen	Tropfbewässerung
Vorteile	einfache Technik, einfache Handhabung	grosse Beregnungskapazität	grosse Beregnungskapazität	Einsparung von Wasser und Energie
	universell einsetzbar	weniger arbeitsintensiv als Reihenregner	exakte Randstreifenberegnung	geringer Krankheitsdruck, da keine Überkopfbewässerung
	bodenschonende Niederschlagsintensität	gleichmässige Wasserverteilung (ohne Wind)	präzise Wasserverteilung, geringe Windanfälligkeit	nicht windanfällig
	geeignet für unförmige Parzellen	rasches Verstellen der Anlage zu anderen Kulturen	niedriger Betriebsdruck	niedriger Betriebsdruck
	Frostschutzberegnung möglich			Fertigation möglich
Nachteile	ungleichmässige Wasserverteilung	windanfällig	ungeeignet auf kleinen/unförmigen Parzellen	arbeitsintensiv
	windanfällig	hohe Niederschlagsintensität (ungeeignet für Neupflanzungen)	mittlere bis hohe Niederschlagsintensität	Einschränkung bei mechanischer Pflege
	Behinderung von Pflegemassnahmen	Gefahr von Bodenverschlammung	Wasserverteilung ungenau bei unebener Fahrspur	Verstopfungsgefahr
	arbeitsintensiv	hoher Betriebsdruck notwendig		ungleichmässige Bodendurchfeuchtung (Folgekultur)
		ungeeignet auf kleinen/unförmigen Parzellen		an heissen Tagen müssen Neupflanzungen beregnet werden
Kulturen	alle Freiland-Gemüsekulturen auf nicht wechselnden Flächen und/oder häufiger Beregnung	Kulturen auf wechselnden oder nicht zusammenhängenden Flächen	Intensivkulturen auf wechselnden Flächen	Intensivkulturen mit häufiger Beregnung oder Dauerkulturen mit weitem Reihenabstand
Wasser-effizienz (%)	60–70	60	60	90
Energiebedarf (kWh pro ha und Jahr)	810	1000	1000	160

Quellen: Inforama, Agroscope, UFA-Revue

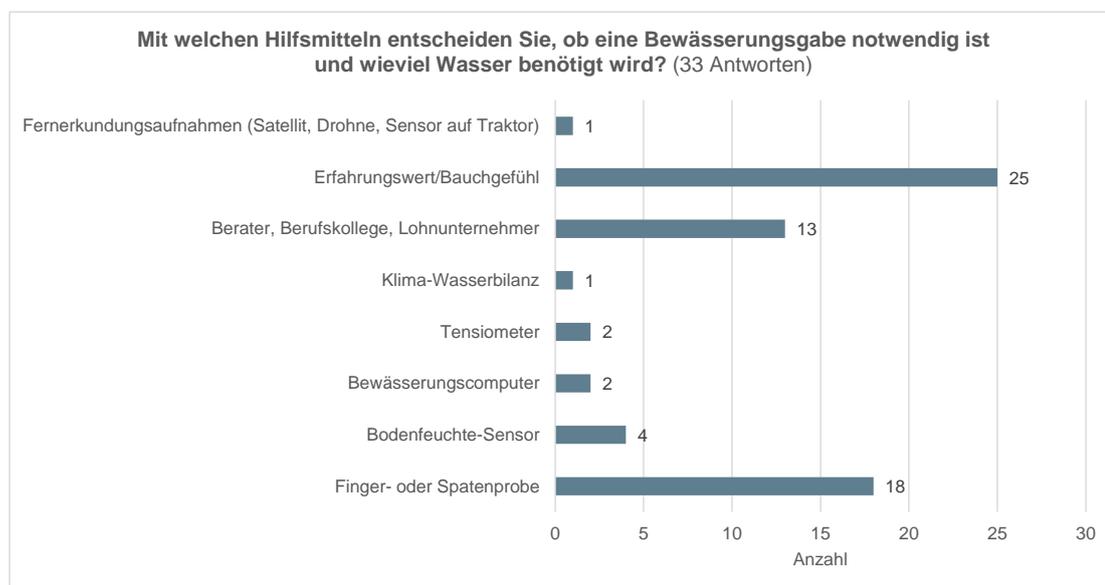
Quelle: Verena Säle, „Bewässerungssysteme im Vergleich. Feldgemüsebau.“, *UFA-Revue*, Nr. 3 (2019): 40–41., nach Jürg Fuhrer und Pascale Smith, „Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft. Im Auftrag vom Amt für Umweltschutz und Energie, Kt. BL“, 2015; Verband Schweizer Gemüseproduzenten VSGP und Inforama, „Merkblatt. Bewässerungssysteme im Gemüsebau“, 2013.

c) Bewässerungsoptimierung

Einsatz von Hilfsmitteln im Bünztal

Aus der durch die Liebegg durchgeführten Umfrage geht hervor, dass Erfahrungswerte sowie die Finger- oder Spatenprobe massgeblich sind für den Bewässerungsentscheid (Abbildung 4-22). So geben 25 der Umfrageteilnehmenden an, durch ihre Erfahrung zu beurteilen, ob und wie viel bewässert wird. Ergänzend dazu ist die Finger- und Spatenprobe ein wichtiges Hilfsmittel. Auch die Erfahrungen anderer (Beratungsstelle, erfahrene Berufskollegen) sind insbesondere in Momenten der Knappheit und der schwierigen Entscheide wichtige Unterstützungen. Auf vier der 33 Betriebe werden Bodenfeuchte-Sensoren eingesetzt. Neuere Technologien zur Messung der Bodenfeuchte oder des Wasserbedarfs der Pflanze finden in der Praxis wenig Anwendung. Gefragt, was sie an der Anschaffung eines technischen Hilfsmittels zur Überwachung der Bodenfeuchte hindert, gibt die Hälfte der Teilnehmenden an, dass sich das bisherige Vorgehen bewährt habe. Als weiteren Hinderungsgrund werden die Anschaffungskosten oder die unsichere betriebliche Zukunft resp. Ausrichtung genannt. An diesen Aussagen zeigt sich, dass eine bewässerte Landwirtschaft auf stabile äussere sowie auch nach innen gerichtet Infrastrukturen und Organisationsformen angewiesen ist. Nachhaltige Bewässerungssysteme bedeuten heute eine Investition in Wissen, Technologie und neuen Produktionsformen kombiniert mit einer kontinuierlichen Weiterentwicklung der Palette der angebauten Kulturen.

Abbildung 4-22: Hilfsmittel für den Bewässerungsentscheid

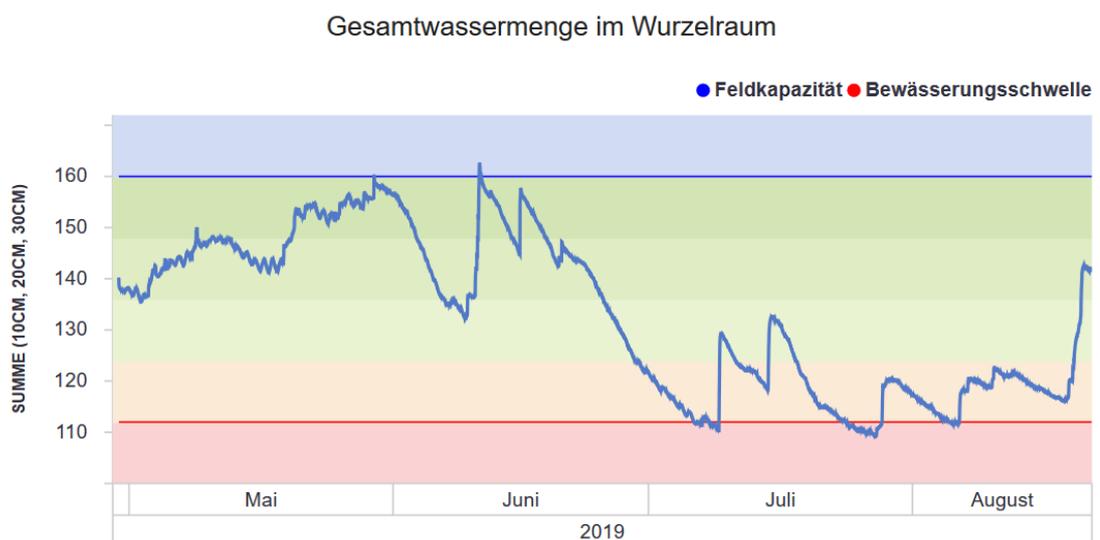


Quelle: Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, „Verbrauch von Bewässerungswasser im Bünztal. Umfrageergebnisse (unveröffentlicht)“.

Bewässerungssteuerung mit Bodensonden

Messungen des verfügbaren Bodenwassers und der Durchwurzelungstiefe können als Grundlage für die Bestimmung des Bewässerungszeitpunktes und der optimalen Wassergabe dienen. Mit Bodensonden werden parzellenspezifische und kontinuierliche Messerwerte zur Bodenfeuchte erfasst.¹⁵⁹ Die Daten und Grafiken mit Bewässerungsempfehlungen sind öffentlich zugänglich.¹⁶⁰ Im Bünztal gibt es zwei Messstationen in Dottikon¹⁶¹ und Wohlen¹⁶². Ziel ist es, den Bewässerungszeitpunkt nicht zu verpassen, da Wassermangel den Pflanzen bereits schadet, bevor sichtbare Symptome auftreten.¹⁶³ Es ist zu beachten, dass sich die von den Messungen hergeleiteten Aussagen auf einen Punkt im Feld beziehen. Da die Böden im Bünztal sehr heterogen sein können, stellt sich die Frage der Übertragbarkeit auf das ganze Feld. Für eine Bewässerungssteuerung ist zudem die Wasserverteilung entscheidend. Ist diese ungleichmässig – wie etwa bei einem Rollmaten –, ist die Übertragbarkeit einzelner Messungen auf das ganze Feld ebenfalls eingeschränkt.¹⁶⁴

Abbildung 4-23: Messung des Bodenwassergehalts mit einer Sonde am Standort Dottikon, 2019



Quelle: Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, „Bewässerungsnetz“, Stationen | Bewässerungsnetz, 2020, <https://bewaesserungsnetz.ch/>.

¹⁵⁹ Der Einsatz von Bodensonden wurde auf Testbetrieben im Rahmen des Projektes «Optimale Wassernutzung im Acker- und Gemüsebau» der HAFL untersucht.

¹⁶⁰ Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, „Bewässerungsnetz“, Stationen | Bewässerungsnetz, 2020, <https://bewaesserungsnetz.ch/>.

¹⁶¹ <https://bewaesserungsnetz.ch/station/1264/dottikon>

¹⁶² <https://bewaesserungsnetz.ch/station/1267/wohlen>

¹⁶³ Verena Säle, „Bewässern: Wann und wie viel ist optimal?“, *UFA-Revue*, Nr. 3 (2019): 38–39.

¹⁶⁴ Paschold, *Bewässerung im Gartenbau*, 118.

d) Wissenslücken

Erwünschte Grundlagen und Daten

Aus der Umfrage der Liebegg geht hervor, dass insbesondere Fachinformationen über die Bewässerungsbedürftigkeit der Kulturen gewünscht werden (vgl. Abbildung 4-24). Die Diskussionen am Workshop zeigten, dass in folgenden Bereichen Wissenslücken bestehen resp. Entscheidungsgrundlagen gewünscht werden:

- Bestimmung des Bewässerungszeitpunkt und zu den Bewässerungsmengen
- Umgang mit Unsicherheiten, wie z. B. der Variabilität des Bodenwasserhaushalts
- Einsatz neuerer, digitaler Tools wie Bodensonden, -messnetzen und Regenradar
- Für Trockenheit und Hitze geeignete Bodenbearbeitung

Zur Optimierung der Bewässerung sind gemäss der Workshopgruppe folgende Daten zentral:

- Kantonsweite Bodendaten in der Auflösung von 1:5000, für die Landwirtschaft idealerweise noch höher aufgelöst nach Mächtigkeit, Textur und Struktur
- Auf Trockenheit ausgelegte Bodenmessnetzte zur Messung der Bodenfeuchte (herkömmlichen Bodenmessnetze¹⁶⁵ eignen sich dafür nur begrenzt, da sie auf zu nasse Böden ausgelegt wurden, u. a. aus Interesse der Bauwirtschaft)

Weitere Wissenslücken bestehen in der Folgenabschätzung der Bewässerung auf die Umwelt. Um zu vermeiden, dass mit zusätzlicher Bewässerung neue Probleme geschaffen werden, sollten die konkreten Auswirkungen auf die Nitrat- und PSM-Auswaschung aufgezeigt werden.

¹⁶⁵ Das Bodenmessnetz (abrufbar unter <https://www.bodenmessnetz.ch/>) beispielsweise ist darauf ausgelegt, Aussagen zur Befahrbarkeit resp. über zulässige Bodenarbeiten zu machen, um das Risiko der Bodenverdichtung im Falle zu nasser Böden zu minimieren.

Abbildung 4-24: Erwünschte Grundlagen zum Thema Bewässerung

Quelle: Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, „Verbrauch von Bewässerungswasser im Bünztal. Umfrageergebnisse (unveröffentlicht)“.

Fallbeispiel Othmarsingen: Bewässerungsinfrastruktur und -methode

In Othmarsingen besitzen 2 der 6 Betriebe beziehungsweise der 4 Vollerwerbsbetriebe eigene Bewässerungsanlagen. Die Betriebe ohne Bewässerungsanlage mieten die Anlagen bei Trockenheit bei den beiden Besitzer-Betrieben. Im Hinblick auf die zunehmende Sommertrockenheit überlegen sich die beiden Vollerwerbsbetriebe ohne Anlage, ebenfalls in eine eigene oder gemeinsame Bewässerung zu investieren. Bis heute (Stand Sommer 2019) wird in Othmarsingen über Beregnung bewässert. Die Betriebe verfügen dafür über mobile Haspel sowie Pumpen, um sowohl aus der Bünz als auch ab dem Hydranten Wasser beziehen zu können.

Wenn möglich, entnehmen die Betriebe das Bewässerungswasser aus der Bünz. Denn dieses hat den Vorteil, wärmer zu sein und eher dieselbe Temperatur wie der Boden zu haben. Das Wasser aus dem Hydranten ist dagegen kühler. Die Kosten für das Wasser aus der Bünz sind in Othmarsingen vergleichbar mit den Kosten für das Trinkwasser (0.7 CHF/m³), da das Wasser mit Dieselmotoren zu den Feldern gepumpt werden muss.

Einige Betriebe bauen versuchsweise THC Hanf an. Die Setzlinge werden vom Abnehmer direkt mit einer Tröpfchenbewässerungsanlage geliefert, welche die Landwirte bei Trockenheit für die Bewässerung nutzen müssen.

5 Literatur

a) Literatur, Studien, Dokumente

- Abteilung für Umwelt Kt. AG, Amt für Umweltschutz Kt. ZG, und Dienststelle Umwelt und Energie Kt. LU. „Untersuchung der Reuss und ihrer Zuflüsse unterhalb des Vierwaldstättersees in den Jahren 1999-2003. Zusammenstellung zur Untersuchung der Wasserqualität.“, 2005.
- Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG. „Bewässerungsbedarfsprognose nach Smith & Fuhrer im Bünztal und Umgebung, ausgewählte Karten. Auf Anfrage“, 2020.
- . „Klimaanalyse“. Klimaanalyse, 2020. https://www.ag.ch/de/verwaltung/bvu/umwelt_natur_landschaft/klimawandel/klimaanalyse/klimaanalyse.jsp.
- . „Übersicht Projektperimeter und Teileinzugsgebiete inkl. Messstationen. Auf Anfrage“, 2020.
- . „Übersichtskarte: Trockenheit im Sommer 2018. Einschränkungen und Massnahmen der Wasesrentnahme in Bezug auf den Wasserbedarf der Landwirtschaft. Nicht veröffentlicht“, 2019.
- Agridea. „Ackerböden standortgerecht nutzen. Datenblätter Ackerbau“, 2010.
- Agroscope. „Einfluss von landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf die Bodenstruktur und Bodenfunktionen“, 2020. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/boden-gewaesser-naehrstoffe/bodenfruchtbarkeit-bodenschutz/bodenstruktur-bodenfunktionen.html>.
- . „Klimaerwärmung bremst Gemüseschädling“, 10. April 2018. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/aktuell/medieninformationen/medienmitteilungen.msg-id-70369.html>.
- . „Landwirtschaft im Klimawandel – forschen, entscheiden, umsetzen. Medienmitteilung vom 14.1.2019.“ Medienmitteilungen, 14. Januar 2019. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/aktuell/medieninformationen/medienmitteilungen.msg-id-73649.html>.
- . „Landwirtschaftliche Einkommen sind 2018 gestiegen“, 8. Oktober 2019. <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/58626.pdf>.
- Attiger, Stephan. „Mehr Versorgungssicherheit durch regionale Zusammenarbeit“. *Zeitschrift des Aargauischen Gewerbeverbands*, Nr. 6 (18. Juni 2019): 4–5.
- Ballmer, Theodor, Thomas Hebeisen, Roger Wüthrich, und Franz Gut. „Potenzial der Tröpfchenbewässerung im Kartoffelbau bei veränderten Klimabedingungen“. *Agrarforschung Schweiz* 3, Nr. 5 (2015): 244–51.
- Begert, Michael, Reto Stöckli, und Mischa Croci-Maspoli. „Klimaentwicklung in der Schweiz – Vorindustrielle Referenzperiode und Veränderung seit 1864 auf Basis der Temperaturmessung“. Fachbericht MeteoSchweiz, 2018.
- Bossuyt, Nadège, Julia Wirthner, Camille Dussoulier, David Frund, Marco Meisser, Silvia Ampuero Kragten, und Eric Mosimann. „Wann sollten intensiv genutzte Wiesen gemäht werden?“ *Agrarforschung Schweiz*, 2018, 8.
- Bundesamt für Landwirtschaft BLW. „Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft“. Agrarbericht 2019, 2019. <https://www.agrarbericht.ch/de/service/dokumentation/publikationen>.
- . „Vernehmlassung zur Agrarpolitik ab 2022 (AP22+). Erläuternder Bericht.“ Bern, 2018.
- . „Vollzugshilfe Merkblatt Nr. 6. Flächenkatalog und Beitragsberechtigung 2020“, 19. Februar 2020.
- Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Suissemelio, und Geosuisse. „Wegleitung Landwirtschaftliche Planung. Position und Entwicklung der Landwirtschaft im Zusammenhang mit raumrelevanten Vorhaben.“, 2009.
- Bundesamt für Umwelt BAFU. „Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014–2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014“, 2014.
- . „Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012.“ Bern, 2012.

- . „Einzugsgebietgliederung Schweiz, EZGG-CH. Topographische Einzugsgebiete der Schweizer Gewässer.“, 2015.
- . „Grundwasser als Trinkwasser“, 24. November 2019. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-wasser/wasser--fachinformationen/massnahmen-zum-schutz-der-gewaesser/grundwasserschutz/grundwasser-als-trinkwasser.html>.
- . „Hitze und Trockenheit im Sommer 2018“. Umwelt-Zustand, 2019.
- . „Pilotprogramm Anpassung an den Klimawandel“, 2018. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klimawandel-stoppen-und-folgen-meistern/anpassung-an-den-klimawandel/pilotprogramm-anpassung-an-den-klimawandel.html>.
- . „Synthesebericht Hydro-CH2018 (Entwurf)“. Umwelt-Wissen. Bern, o. J.
- Burger, Susette. „Bünz: Vom Kanal zum dynamischen Bach“. *Umwelt Aargau* 37 (2007): 8.
- Chaix, Olivier, Heiko Wehse, Yvonne Gander, und Samuel Zahner. *Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz.*, 2015.
- Creato. „Landschaftsqualitätsprojekt Regionalplanungsverband Unteres Bünztal. Projektbericht.“ Ennetbaden, 2015.
- Departement Bau, Verkehr und Umwelt BVU Kt. AG. „Auflagen und Hinweise für die Wasserentnahmen aus einem Bach“, o. J. Zugegriffen 28. Dezember 2019.
- . „Auflagen und Hinweise für die Wasserentnahmen aus einem Fluss“, o. J.
- . „Leitbild Wasserversorgungen Aargau. Bericht.“, 2007.
- . „Revitalisierungen an der Bünz“, 2020. https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt_natur_landschaft/hochwasserschutz/revitalisierung/revitalisierung_der_buenz/Revitalisierungen_an_der_Buenz.jsp.
- . „Trockenheit: Dialog zwischen Verwaltung und Verbänden ist lanciert. Medienmitteilung vom 10.8.2018“, 10. August 2018. https://www.ag.ch/de/weiteres/aktuelles/mediportal/medienmitteilung/medienmitteilungen/mediendetails_105040.jsp.
- Departement Finanzen und Ressourcen Kt. AG. „Anleitung Betriebsstrukturdatenerhebung 2020. Anleitung zur Datenerfassung mit agriGIS“, 19. Februar 2020. https://www.ag.ch/media/kanton_aargau/dfr/dokumente_3/landwirtschaft_2/direktzahlungen_beitraege_2/AgriGIS_Anleitung_LWAG_2020.pdf.
- Departement Finanzen und Ressourcen, Kt. AG. „Programm Labiola. Biodiversität.“, 2020. https://www.ag.ch/de/dfr/landwirtschaft/programm_labiola/biodiversitaet_1/biodiversitaet.jsp.
- . „Übersicht aktuelle Meliorationsprojekte, Stand Sommer 2019.“, 2019.
- Drissner, David, und Reto Neuweiler. „Empfehlung zur Beurteilung der mikrobiologischen Qualität von Bewässerungswasser und Ernteprodukt im Salatanbau“. Agroscope Merkblatt, 2017.
- Erdin, Daniel. „Das Trockenjahr 2018“. *Agristat*, Nr. 11 (2018): 6–10.
- Fachbereich Hydrometrie Kt. AG. „Übersicht Stationen und Daten-Download Fachbereich Hydrometrie“, 2019. <https://www.ag.ch/app/hydrometrie/station/?id=11559>.
- Finger, Robert. „Klimawandel – Grosses Anpassungspotenzial der Landwirtschaft“. *Agrarpolitik* (blog), 21. Februar 2019. <https://agrapolitik-blog.com/2019/02/21/klimawandel-grosses-anpassungspotenzial-der-landwirtschaft/>.
- Finger, Robert, Werner Hediger, und Stéphanie Schmid. „Irrigation as Adaptation Strategy to Climate Change—a Biophysical and Economic Appraisal for Swiss Maize Production“. *Climatic Change* 105, Nr. 3 (1. April 2011): 509–28. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9931-5>.
- Finn, J.A., M Suter, E Haughey, D Hofer, und A Lüscher. „Short- and long-term effects on yield of grassland monocultures and mixtures exposed to simulated drought“. *Grassland Science in Europe*, Nr. 22 (2017): 320–22.
- Fuhrer, Jürg, Annelie Holzkämper, Tommy Klein, Danielle Tendall, und Niklaus Lehmann. „Wasser und Schweizer Landwirtschaft“. *Aqua & Gas*, Nr. 7/8 (2013): 34–39.
- Fuhrer, Jürg, und PASCALLE SMITH. „Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft. Im Auftrag vom Amt für Umweltschutz und Energie, Kt. BL“, 2015.
- Gemeinde Othmarsingen. „Reglement über die Finanzierung der selbsttragenden Betriebe Wasser und Abwasser sowie der Strassen“, 22. November 2019.
- . „Wasserreglement“, 22. November 2019.

- Geographisches Institut der Universität Bern GIUB. „Hydro-CH2018 Projekt: Update hydrologische Szenarien mit den neuen Klimaszenarien. Provisorische Zwischenergebnisse.“, o. J.
- Geoportal Kt. AG. „Online Karten. AGIS“, 2020. <https://www.ag.ch/app/agisviewer4/v1/agisviewer.html>.
- Grob, Urs, Urs Zihlmann, und Armin Keller. „Schatz gehoben: Bodendaten aus vier Jahrzehnten inventarisiert und digitalisiert“. *Geomatik Schweiz* 113, Nr. 5 (2015): 148–49.
- Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL. „Bewässerungsnetz“. Stationen | Bewässerungsnetz, 2020. <https://bewaesserungsnetz.ch/>.
- Holzkämper, Annelie, Dario Fossati, Jürg Hiltbrunner, und Jürg Fuhrer. „Spatial and Temporal Trends in Agro-Climatic Limitations to Production Potentials for Grain Maize and Winter Wheat in Switzerland“. *Regional Environmental Change* 15, Nr. 1 (Januar 2015): 109–22. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0627-7>.
- Holzkämper, Annelie, und Jürg Fuhrer. „Wie sich der Klimawandel auf den Maisanbau in der Schweiz auswirkt“. *Agrarforschung Schweiz* 6, Nr. 10 (2015): 440–47.
- Hübner, Stefanie. „Wie ist es um das Aargauer Grundwasser bestellt?“ *Umwelt Aargau*, Nr. 60 (2013): 9–11.
- Huguenin-Elie, Olivier. Symposium von European Grassland Federation (EGF) und Eucarpia: Bilanz unter dem Gesichtspunkt des Klimas, 16. August 2019.
- IBW. „Chlorothalonil-Rückstände im Wohler Trinkwasser: Sofortmassnahmen der ibw“, 23. Juli 2019.
- Imesch, Nicole, Bruno Stadler, Markus Bolliger, und Olivier Schneider. „Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald.“ Umwelt-Vollzug. Bern, 2015.
- Jäckli Geologie. „Projekt Wasser 2035. Grundwasservorkommen Länzer und Grundwasserfassungen Hard. Hydrogeologische und brunnenbautechnische Bestandesaufnahme“, 2017.
- Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg. „FAQ Bewässerung“. Zugegriffen 16. Mai 2020. <https://www.liebegg.ch/de/faq-bewaesserung.html>.
- . „Verbrauch von Bewässerungswasser im Bünztal. Umfrageergebnisse (unveröffentlicht)“, 2019.
- Lehmann, N., R. Finger, T. Klein, P. Calanca, und A. Walter. „Adapting Crop Management Practices to Climate Change: Modeling Optimal Solutions at the Field Scale“. *Agricultural Systems* 117 (2013): 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.12.011>.
- Lehmann, Niklaus, Simon Briner, und Robert Finger. „The impact of climate and price risks on agricultural land use and crop management decisions“. *Land Use Policy* 35 (1. November 2013): 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.05.008>.
- Lehmann, Peter, und Martin Schibli. „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünztal-Reusstal. Präsentation Vernehmlassung Phase II“. 23. Januar 2019.
- Michel, Adrien, Tristan Brauchli, Michael Lehning, Bettina Schaeffli, und Hendrik Huwald. „Stream Temperature Evolution in Switzerland over the Last 50 Years“. Preprint. Rivers and Lakes/Mathematical applications, 20. August 2019. <https://doi.org/10.5194/hess-2019-366>.
- Mosimann, Eric, Nadège Bossuyet, und David Frund. „Préparation de la production fourragère au changement climatique“. *Agroscope Science*, Nr. 49 (2017).
- National Centre for Climate Services NCCS, Hrsg. *CH2018 - Klimaszenarien für die Schweiz*. Zürich, 2018.
- . „CH2018-Webatlas“, 2020. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/materialien-und-daten/daten/ch2018-webatlas.html>.
- . „Hagelklima Schweiz“, 2019. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/das-nccs/themenschwerpunkte/hagel.html>.
- . „Schadorganismen an Kulturpflanzen“, 25. Februar 2019. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/das-nccs/themenschwerpunkte/schadorganismen-landwirtschaft.html>.
- Organe consultatif sur les changements climatiques OcCC, und ProClim. „Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft“, 2007.
- Pascalie Smith, und Jürg Fuhrer. „Anhang j) Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft“. In *Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der*

- Schweiz., von Olivier Chaix, Heiko Wese, Yvonne Gander, und Samuel Zahner, 2015.
- Paschold, Peter-Jürgen. *Bewässerung im Gartenbau*. Stuttgart: Ulmer, 2010.
- Regierungsrat Kt. AG. „Agrarpolitik ab 2022. Antwort des Regierungsrats.“, 6. März 2019.
- . „Bulletin zur Regierungsratssitzung. Regierungsrat will Entwicklungsschwerpunkt ‚Klimaschutz und Klimaanpassung‘ schaffen.“, 10. Mai 2019. https://www.ag.ch/de/aktuelles/medienportal/medienmitteilung/medienmitteilungen/mediendetails_121926.jsp.
- . „Stellungnahme des Regierungsrats zur Motion 19.116. Motion Alois Huber, SVP, Mörken-Wildegg (Sprecher), Ralf Bucher, CVP, Mühlau, Christoph Hagenbuch, SVP, Oberlunkhofen, Colette Basler, SP, Zeihen, Robert Obrist, Grüne, Schinznach, Michael Wetzel, CVP, Ennetbaden, und Michael Notter, BDP, Niederrohrdorf, vom 7. Mai 2019 betreffend Sicherstellung von Bewässerungsmöglichkeiten; Ablehnung beziehungsweise Entgegennahme als Postulat.“, 2. Juli 2019.
- Regionalplanungsverband Oberes Freiamt REPLA. „Regionales Raumkonzept 2040“. Brugg, 2018.
- Regionalplanungsverband Unteres Bünztal. „Regionales Entwicklungskonzept (REK)“. Hägglingen, 16. August 2017.
- Rickmann, Michel, und Heinz Sourell, Hrsg. *Bewässerung in der Landwirtschaft*. Themenbibliothek Pflanzenproduktion. Clenze: Erling Verlag, 2014.
- Rüsch, Andreas, Martin Bertschi, Markus Bopp, René Gämperle, Christof Gubler, Matthias Schick, David Szalatnay, Daniel Widmer, Lukas Keller, und Susanne Preiswerk. „2018 – Sonne und Schatten für die Landwirtschaft“. ZUP. Züricher Umweltpraxis, 2019.
- Säle, Verena. „Bewässern: Wann und wie viel ist optimal?“ *UFA-Revue*, Nr. 3 (2019): 38–39.
- . „Bewässerungssysteme im Vergleich. Feldgemüsebau.“ *UFA-Revue*, Nr. 3 (2019): 40–41.
- Schaub, Sergei, und Robert Finger. „Wie wirkt sich Dürre auf Futterpreise aus?“ *Agrarpolitik* (blog), 28. Januar 2020. <https://agrarpolitik-blog.com/2020/01/28/wie-wirkt-sich-duerre-auf-futterpreise-aus/>.
- Scheuner, Katharina. „Bewässerung ist nur selten rentabel“. *die grüne*, 21. April 2016, 12–16.
- Schibli, Martin, und Martin Künzli. „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünztal-Reusstal. Technischer Bericht Phase 2.“, 2017.
- Schmid, Martin. „verwundBAR: Wie verändert die Energienutzung die Gewässertemperaturen?“ WSL Berichte. Forum für Wissen., 2019.
- Schweizer Bauer. „Polen: Dürreversicherung für Bauern“, 2019. <https://www.schweizerbauer.ch/politik--wirtschaft/international/polen-duerreversicherung-fuer-bauern-47757.html>.
- „Schweizer Landwirtschaft im (Klima)wandel“. FOKUS Magazin. Brugg, 2019.
- Schweizerischer Bundesrat. „Botschaft zur Totalrevision des CO₂-Gesetzes nach 2020“, 2017.
- Steiger, Urs, Paul Knüsel, und Lucienne Rey. „Die Ressource Boden nachhaltig nutzen. Nationales Forschungsprogramm NFP 68. Gesamtsynthese.“, 2018.
- Strickhof. „Merkblatt Hitze und Beeren“, 2018. https://www.liebegg.ch/upload/rm/merkblatt-hitze-beeren-2018.pdf?_=1561700235000.
- Suter, M, D Hofer, und A Lüscher. „Drought resistance of functionally different forage species is related to their nitrogen acquisition and deficiency.“ *Grassland Science in Europe*, Nr. 22 (2017): 431–33.
- SwissGAP. „Umsetzungsdokumentation“, 2017.
- Verband Schweizer Gemüseproduzenten VSGP, und Inforama. „Merkblatt. Bewässerungssysteme im Gemüsebau“, 2013.
- Wanner, Cécile, Ubald Gasser, und Claudia Loretz. „Staubtrocken! Wo Pflanzen am schnellsten durstig sind“. ZUP. Züricher Umweltpraxis, 2019.
- Wasser 2035. „Konzept ‚Wasser 2035‘. Organisation, Betrieb und Finanzierung“, 22. Juni 2017.
- Weisskopf, Peter, Urs Zihlmann, Hans-Rudolf Oberholzer, Thomas Anken, und Martin Holpp. „Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Ackerböden durch Bewirtschaftungsmassnahmen“. Gehalten auf der Fachtagung „Wasser in der Landwirtschaft“, 23. Januar 2014.

Zorn, Alexander, und Markus Lips. „Wirtschaftlichkeit der Bewässerung ausgewählter Kulturen im Kanton Basel-Landschaft. Im Auftrag vom Amt für Umweltschutz und Energie, Kt. BL“, 2016.

b) Rechtsquellen

Bundesrecht:

Abkürzung	Gesetz / Verordnung	Datum	SR-Nummer
GSchG	Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz)	24.01.1991	814.20
GSchV	Gewässerschutzverordnung	28.10.1998	814.201
LwG	Bundesgesetz über die Landwirtschaft	29.04.1998	910.1
SVV	Verordnung über die Strukturverbesserungen in der Landwirtschaft	07.12.1998	913.1

Kantonales Recht:

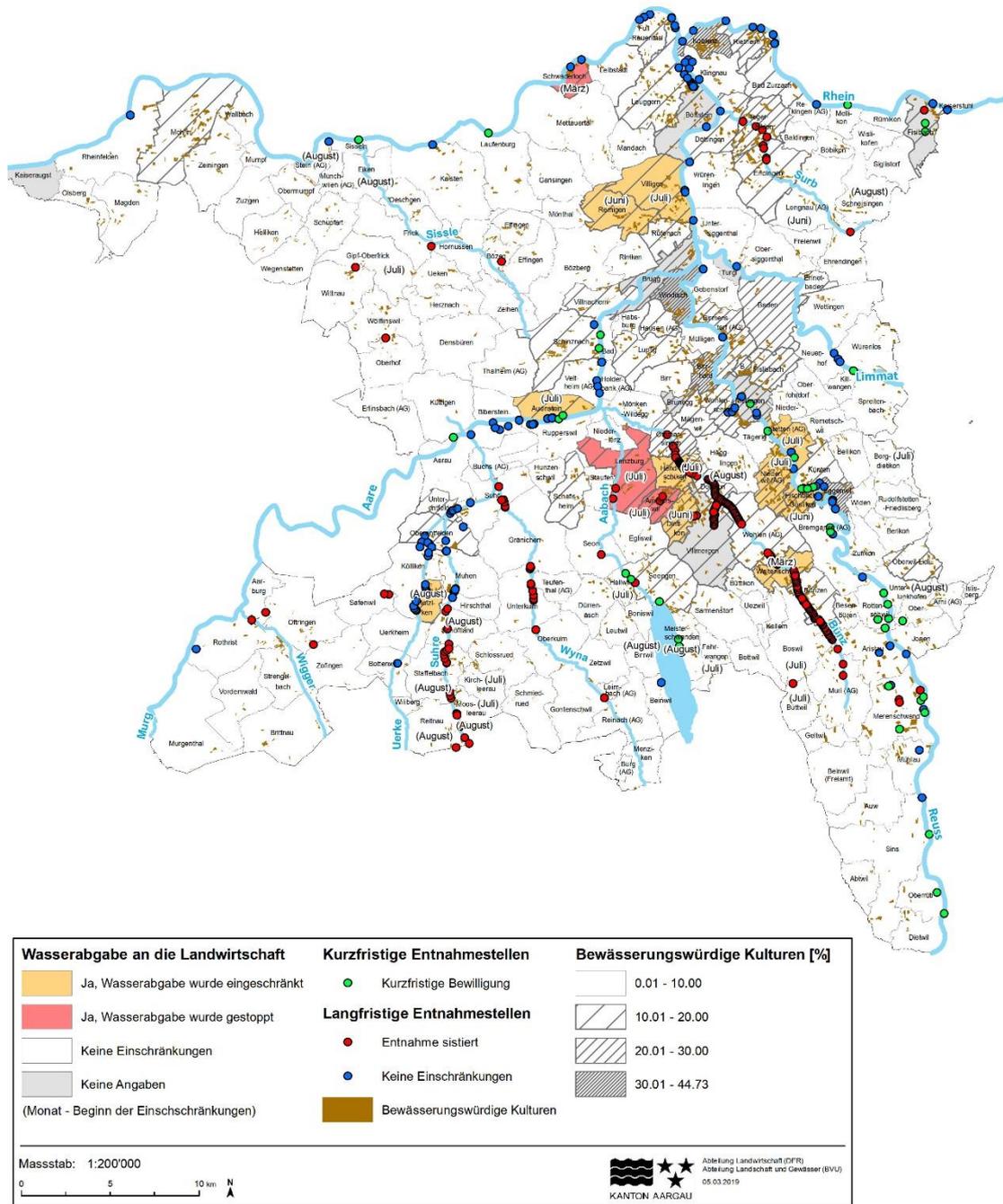
Abkürzung	Gesetz / Verordnung	Datum	Nummer
WnG	Wassernutzungsgesetz	11.03.2008	764.100
LwG AG	Landwirtschaftsgesetz des Kantons Aargau	13.12.2011	910.200

6 Anhang

6.1 Entnahmeeinschränkungen im Sommer 2018

Abbildung 6-1 gibt eine Übersicht zum Anteil der bewässerungswürdigen Kulturen gemessen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche einer Gemeinde. Im Vergleich zum restlichen Kanton werden im Projektperimeter heute relativ viel bewässerungswürdige Kulturen angebaut. Im Bünztal häufen sich die bewässerungswürdigen Kulturen in den Gemeinden Othmarsingen, Dottikon, Dintikon und Amriswil, (mit 20 - 30 % bewässerungswürdige Kulturen auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche einer Gemeinde) und Lenzburg, Hendschiken, Villmergen, Wohlen, Waltenschwil und Bünzen (mit 10 - 20 % bewässerungswürdigen Kulturen).

Abbildung 6-1: Übersicht der Entnahmeeinschränkungen und Massnahmen in Bezug auf den Wasserbedarf der Landwirtschaft im Sommer 2018, inkl. Angaben zum Anteil bewässerungswürdiger Kulturen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche

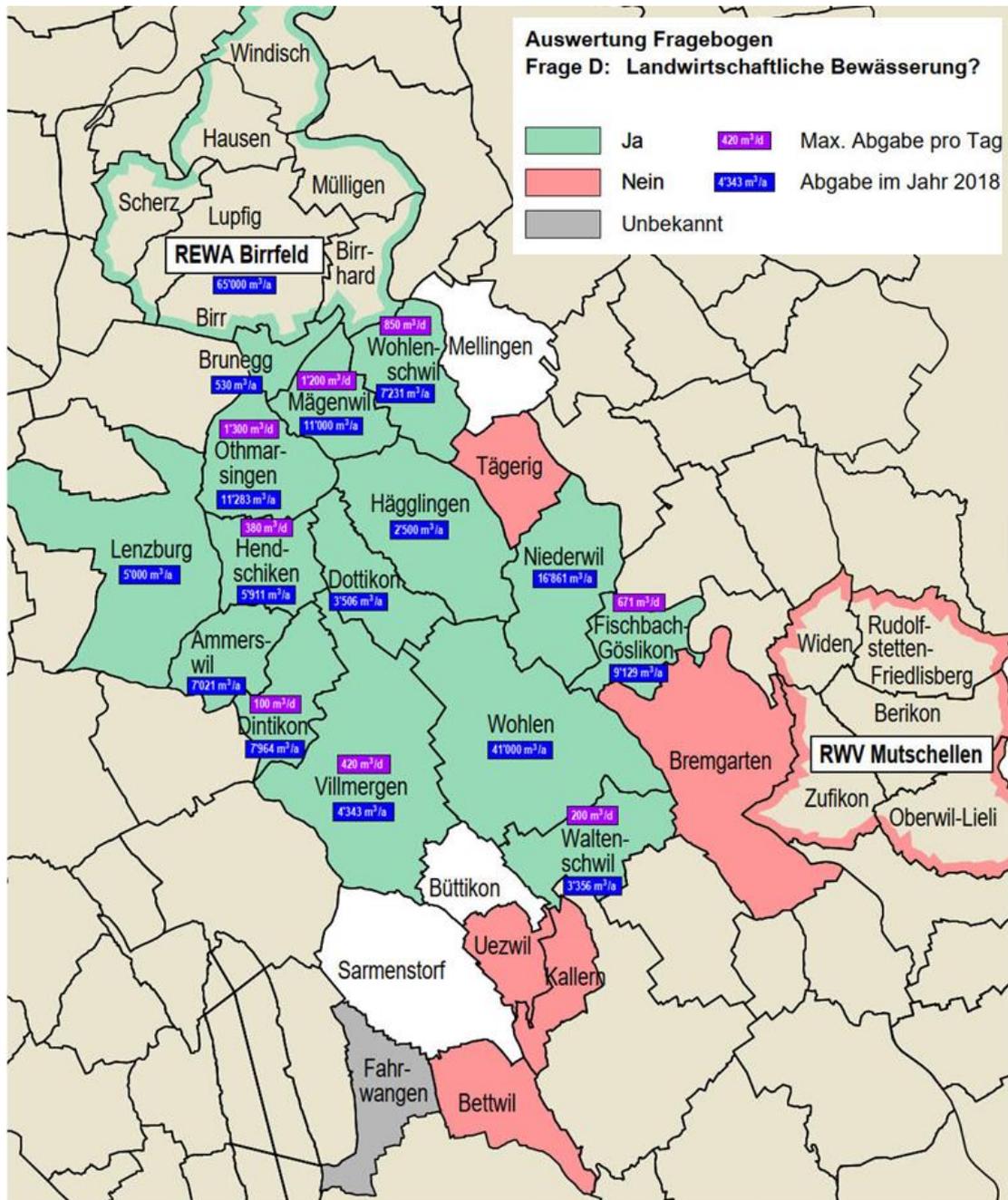


Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG, „Übersichtskarte: Trockenheit im Sommer 2018. Einschränkungen und Massnahmen der Wasesrentnahme in Bezug auf den Wasserbedarf der Landwirtschaft. Nicht veröffentlicht“, 2019.

6.2 Projekt «Wasser 2035»

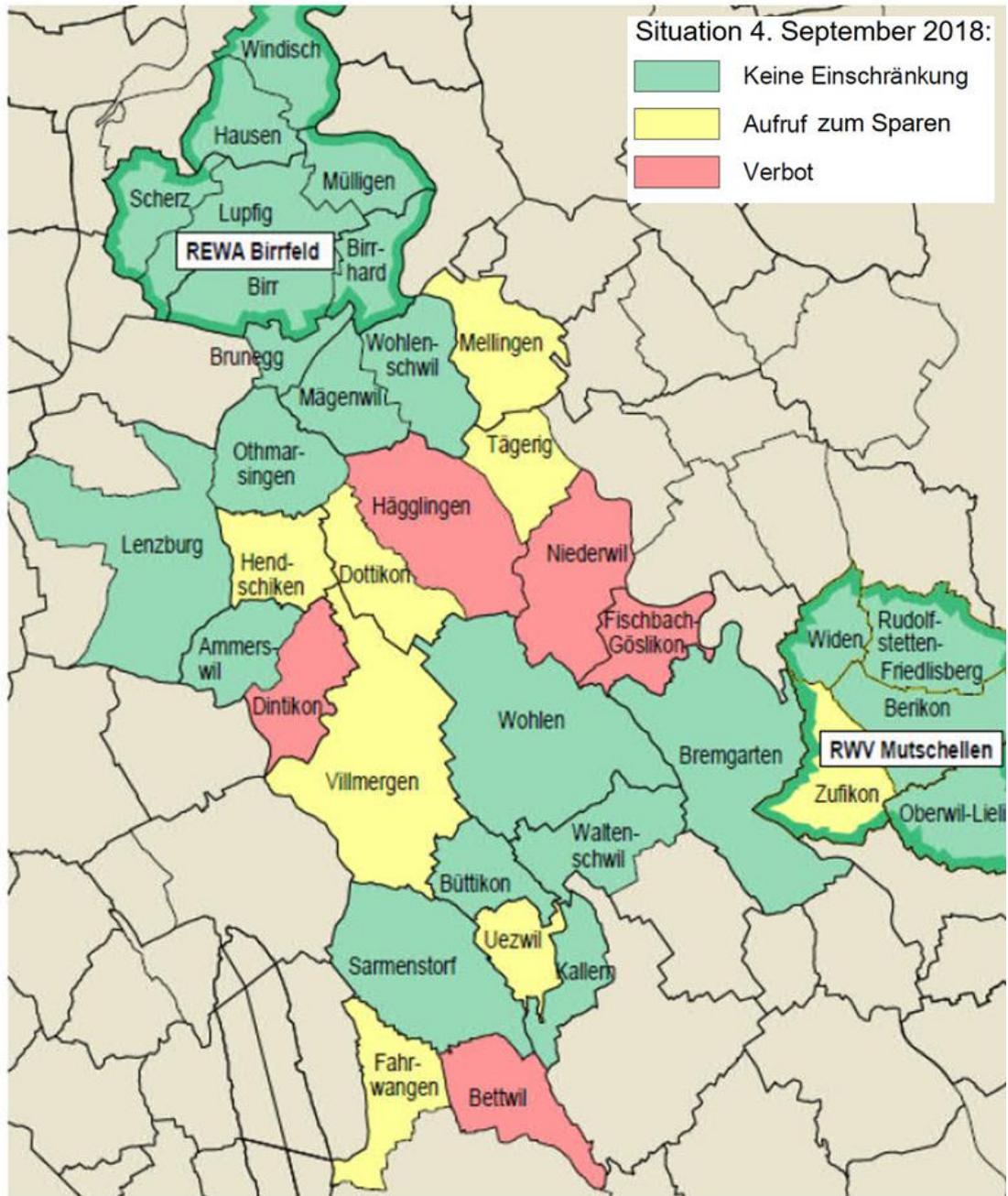
a) Abgaben für die landwirtschaftliche Bewässerung und Einschränkungen

Abbildung 6-2: Wasser aus der Trinkwasserversorgung zur landwirtschaftlichen Bewässerung 2018 (Umfrageergebnisse)



Quelle: Vernehmlassung «Wasser 2035»

Abbildung 6-3: Einschränkungen der kommunalen Wasserversorgung (Umfrageergebnisse)



Quelle: Vernehmlassung «Wasser 2035»

b) Analyse: Wasserbedarf der Gemeinden

Bisheriger Wasserbedarf: mittlerer und maximaler Bedarf

Der mittlere spezifische Wasserbedarf wurde für die im Projektperimeter vom Projekt «Wasser 2035» liegenden Gemeinden ermittelt (siehe Abbildung 6-4). Im Schnitt liegt dieser pro Einwohner und Tag bei 0.3 m³. Der Bezug von Trinkwasser durch Industrie und Gewerbe wurde von den meisten Wasserversorgern nicht separat erfasst. Angaben machten die Gemeinden hingegen zur Menge Wasser, das aus der Trinkwasserversorgung für die landwirtschaftliche Bewässerung abgegeben wurde (vgl. Abbildung 6-2).

Für die ganze Region betrachtet zeigt sich, dass der maximale Bedarf rund doppelt so hoch ausfällt wie der mittlere Bedarf. Gestützt auf den Umfrageergebnissen und den Prognosen vom Projekt «Wasser 2035» kommen die Autoren¹⁶⁶ zum Schluss, dass der Wasserbedarf an einem Spitzentag theoretisch gedeckt ist, praktisch gesehen aber einzelne Verbindungen fehlen, um eine optimale Wasserverteilung bzw. die Bedarfsdeckung garantieren zu können. Für eine mittel- bis langfristige Betrachtung zeigt sich hingegen, dass trotz angenommener Leistungssteigerung an einem Spitzentag rund 2'3000 bzw. 13'700 m³ Wasser pro Tag fehlen. Weiter geht aus den Abklärungen hervor, dass fast jede Wasserversorgung auf eine Nachbarversorgung angewiesen ist.

Zukünftiger Wasserbedarf

Angesichts der Bevölkerungswachstums und der Klimafolgen ist davon auszugehen, dass der Wasserbedarf der Gemeinden in Zukunft steigt. Berechnungen im Rahmen vom Projekt «Wasser 2035» gehen davon aus, dass der mittlere Wasserbedarf bis 2035 um 24 % und bis 2050 um 45 % steigt.¹⁶⁷ Beim maximale Wasserbedarf wird eine mittelfristige Zunahme um 29 % und eine langfristige Zunahme um 56 % angenommen. Die Prognosen nach Gemeinde sind in Abbildung 6-5 aufgeführt. Um dem aufgrund des Klimawandels erhöhten Wasserbedarfs gerecht zu werden, wurde der zukünftige Wasserbedarf jeweils pauschal um einen Klimafaktor¹⁶⁸ erhöht.

Anlässlich der Abklärungen vom Projekt «Wasser 2035» wurden die Bedarfsprognosen mit den verfügbaren Wasserressourcen¹⁶⁹ verglichen. Es resultieren Wasserbilanzen (Abbildung 6-6 und Abbildung 6-7), die Reserven und Defizite nach Gemeinde für die Zeiträume 2014, 2035 und 2050 zeigen. Dabei wird von einer autonomen Wasserversorgung der Gemeinden, also ohne Einspeisungen aus Nachbarversorgungen) ausgegangen. Von Gemeinde zu Gemeinde zeigt sich ein unterschiedliches Bild. So gibt es Gemeinden, die für beide betrachteten

¹⁶⁶ Schibli und Künzli, „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünztal-Reusstal. Technischer Bericht Phase 2.“, 46.

¹⁶⁷ Schibli und Künzli, 39.

¹⁶⁸ Der Klimafaktor beträgt: 5% (bis 2035) und 10% (bis 2050) für den mittleren Bedarf, 10 % (bis 2035) und 20 % (bis 2050) für den maximalen Bedarf.

¹⁶⁹ Das massgebende Dargebot besteht aus dem mittleren Quellertrag und der Konzessionsmenge eines Grundwasserpumpwerks während einer Förderzeit von 12 Stunden.

Zeiträume (2035, 2050) eine Reserve aufweisen (Lenzburg, Othmarsingen, Wohlen, Niederwil, Sarmenstorf, Uezwil, Fahrwangen, Bettwil). Gleichzeitig ist in vielen Gemeinden mit Defiziten zu rechnen, die sich mit der Zeit zuspitzen. Betrachtet man die Wasserbilanzen an einem Spitzentag mit maximalem Wasserbedarf, so zeigt sich, dass einzig in den Gemeinden Lenzburg, Othmarsingen und Niederwil sowohl für den Zeitraum 2035 als auch 2050 von ausreichend Wasser auszugehen ist.

Abbildung 6-4: Mittlerer und maximaler Wasserbedarf nach Gemeinde

Wasserversorgung	Spezifischer Bedarf		Spitzenfaktor
	Mittel [m ³ /E.d]	Maximal [m ³ /E.d]	
Ammerswil	0.261	0.712	2.7
Bettwil	0.307	0.511	1.7
Bremgarten / Hermetschwil	0.339	0.650	1.9
Brunegg	0.245	0.848	3.5
Büttikon	0.232	0.467	2.0
Dintikon	0.328	0.776	2.4
Dottikon	0.304	0.575	1.9
Fahrwangen	0.214	0.497	2.3
Fischbach-Göslikon	0.262	0.907	3.5
Hägglingen	0.302	0.500	1.7
Hendschiken	0.242	0.469	1.9
Lenzburg (SWL)	0.506	0.830	1.6
Mägenwil	0.253	0.723	2.9
Mellingen	0.309	0.578	1.9
Niederwil	0.335	0.740	2.2
Othmarsingen	0.343	0.603	1.8
Sarmenstorf	0.226	0.377	1.7
Tägerig	0.241	0.363	1.5
Uezwil	0.217	0.642	3.0
Villmergen	0.309	0.558	1.8
Waltenschwil	0.310	0.595	1.9
Wohlen (ibw)	0.266	0.603	2.3
Wohlenschwil	0.316	0.772	2.4
Ganze Region	0.316	0.630	2.0

Quelle: Martin Schibli und Martin Künzli, „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünzthal-Reusstal. Technischer Bericht Phase 2.“, 2017, 38.

Abbildung 6-5: Prognosen zukünftiger Wasserbedarf nach Gemeinden

Mittlerer täglicher Wasserbedarf (in m³/Tag)				Maximaler täglicher Wasserbedarf (in m³/Tag)			
Gemeinden	Qmittel			Gemeinden	Qmax		
	Heute	Prognose			Heute	Prognose	
	2014	2035	2050		2014	2035	2050
	[m³/d]	[m³/d]	[m³/d]		[m³/d]	[m³/d]	[m³/d]
Klimafaktor	100%	105%	110%	Klimafaktor	100%	110%	120%
Ammerswil	181	212	237	Ammerswil	493	605	705
Bettwil	164	195	219	Bettwil	273	341	397
Bremgarten / Hermetschwil	2'633	3'362	3'963	Bremgarten / Hermetschwil	5'049	6'752	8'290
Brunegg	173	211	245	Brunegg	599	765	926
Büttikon	227	260	291	Büttikon	457	548	638
Dintikon	709	778	871	Dintikon	1'678	1'928	2'247
Dottikon	1'174	1'383	1'606	Dottikon	2'220	2'741	3'314
Fahrwangen	426	493	550	Fahrwangen	990	1'198	1'394
Fischbach-Göslikon	414	452	506	Fischbach-Göslikon	1'433	1'639	1'909
Hägglingen	711	829	930	Hägglingen	1'177	1'438	1'680
Hendschiken	274	309	359	Hendschiken	530	627	759
Lenzburg (SWL)	4'512	5'872	7'032	Lenzburg (SWL)	7'401	10'091	12'582
Mägenwil	526	651	756	Mägenwil	1'505	1'949	2'357
Mellingen	1'583	1'844	2'141	Mellingen	2'962	3'615	4'369
Niederwil	887	957	1'069	Niederwil	1'960	2'214	2'576
Othmarsingen	904	1'074	1'247	Othmarsingen	1'589	1'978	2'391
Sarmenstorf	625	671	750	Sarmenstorf	1'042	1'172	1'364
Tägerig	345	375	400	Tägerig	519	675	775
Uezwil	99	109	122	Uezwil	293	338	394
Villmergen	2'109	2'852	3'507	Villmergen	3'808	5'396	6'909
Waltenschwil	841	1'011	1'175	Waltenschwil	1'615	2'034	2'460
Wohlen (ibw)	4'093	5'316	6'365	Wohlen (ibw)	9'278	12'625	15'741
Wohlenschwil	466	539	603	Wohlenschwil	1'139	1'378	1'606
Total	24'077	29'755	34'942	Total	48'010	62'048	75'786
Zunahme	0%	24%	45%	Zunahme	0%	29%	58%

Quelle: Schibli und Künzli, 39, 41.

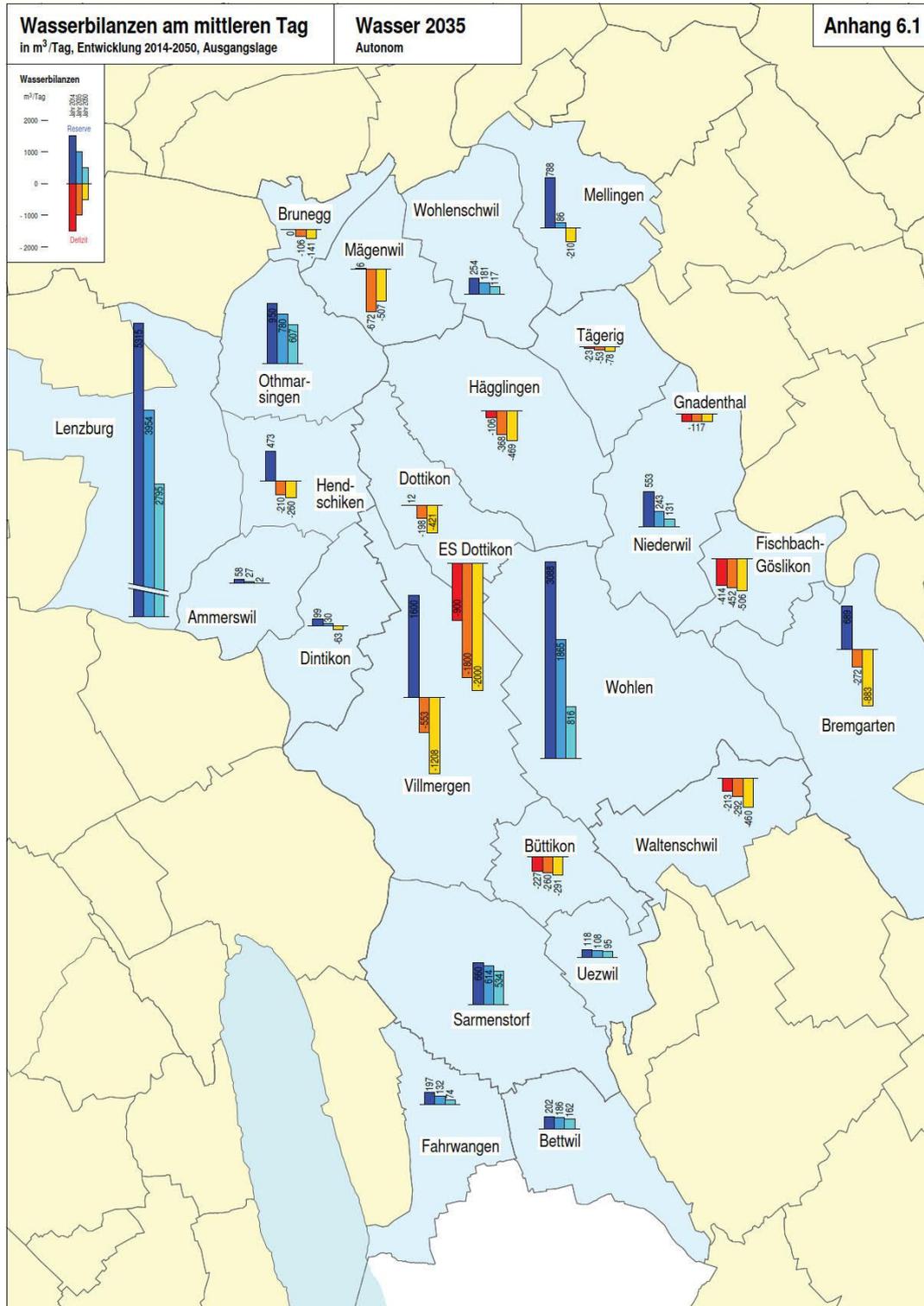
Beurteilung bestehender Fassungen hinsichtlich ihrem Ausbaupotenzial

Durch eine Analyse sämtlicher Wassergewinnungsanlagen wurde überprüft, ob die Quell- und Grundwasserfassungen die gesetzlichen Vorschriften mittel- bis langfristig einhalten können. Aufzugebende Fassungen, Fassungen mit Handlungsbedarf und solche mit Ausbaupotenzial wurden identifiziert. Der Bericht kommt zum Schluss, dass die meisten Grundwasserfassungen aus verschiedenen Gründen nicht mehr stärker genutzt werden können.¹⁷⁰ Für eine Leistungssteigerung ist insbesondere die Grundwasserfassung Hard II in Betracht zu ziehen, die in einem ergiebigen Grundwasservorkommen liegt. Mit einer Konzessionsmenge von aktuell 18'000 l/min ist die Fassung Hard II für die Region Bünz- und Reusstal von grosser Bedeutung. Aus den Abklärungen vom Projekt «Wasser 2035» resultiert, dass eine Leistungssteigerung auf bis zu 21'000 l/min möglich wäre. Für weitergehende Entnahmen müssten gemäss diesen Abklärungen mindestens zwei Fassungen an anderen Orten im Grundwasserschutzareal realisiert werden.¹⁷¹

¹⁷⁰ Schibli und Künzli, „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünz- und Reusstal. Technischer Bericht Phase 2.“, 52.

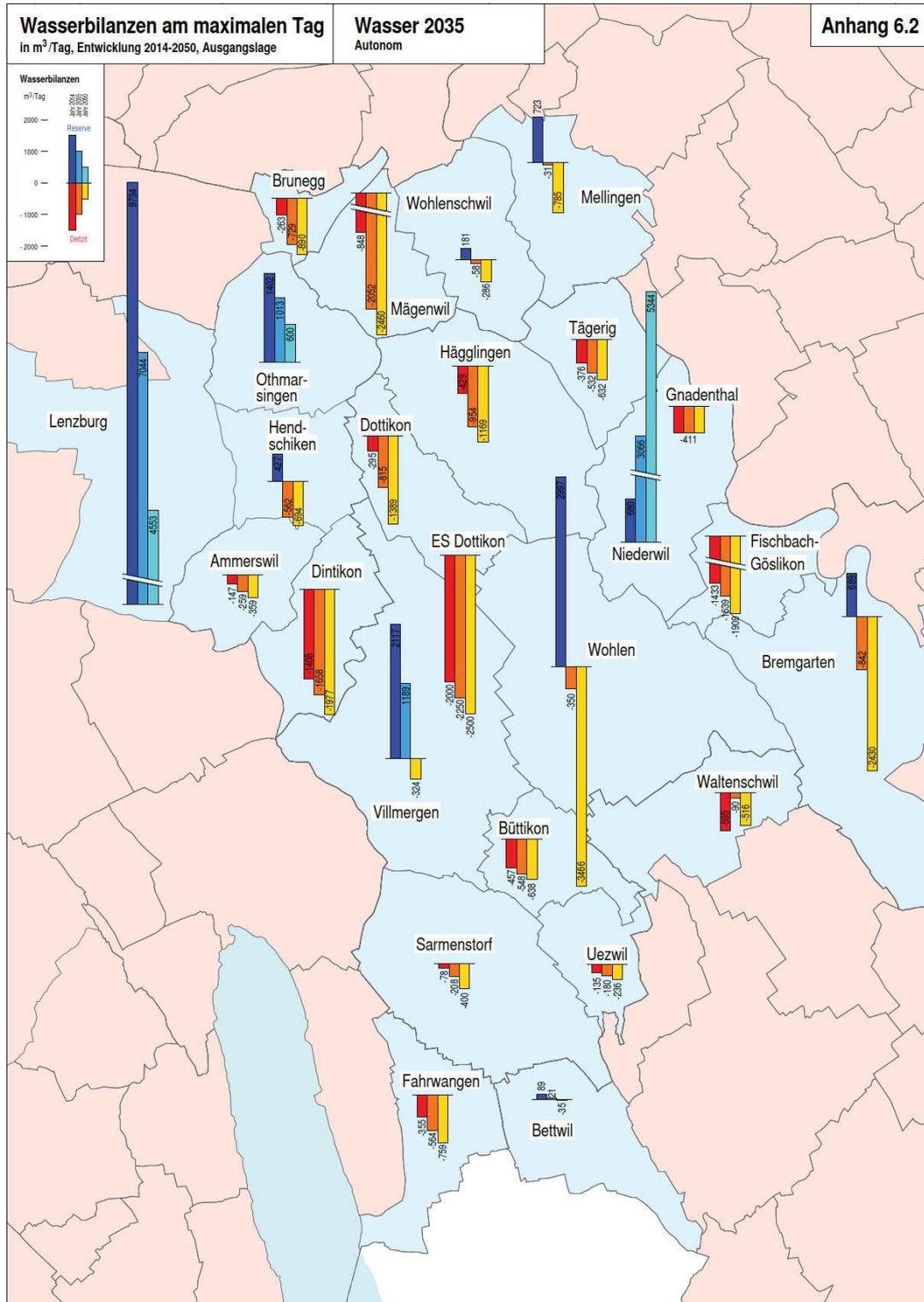
¹⁷¹ Lehmann und Schibli, „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünz- und Reusstal. Präsentation Vernehmlassung Phase II“, 24.

Abbildung 6-6: Vergleich von Wasserbedarf und verfügbaren Wasserressourcen, mittlerer täglicher Wasserbedarf



Quelle: Schibli und Künzli, „Wasser 2035. Vision regionaler Wasserverbund Bünzthal-Reusstal. Technischer Bericht Phase 2.“ Anhang 6.1.

Abbildung 6-7: Vergleich von Wasserbedarf und verfügbaren Wasserressourcen, maximaler täglicher Wasserbedarf



Quelle: Schibli und Künzli Anhang 6.2.

c) Analyse: Handlungsbedarf der Gemeinden

Abbildung 6-8 gibt den Handlungsbedarf einzelner Gemeinden hinsichtlich verschiedener Aufgaben der Wasserversorgungen an. Es ist allerdings festzuhalten, dass die Gemeinden Othmarsingen, Mellingen, Tägerig, Bremgarten, Waltenschwil und Kallern in der Vernehmlassung vermerkt haben, dass der Handlungsbedarf nicht korrekt dargestellt sei. Das Thema Wasserqualität wird in der letzten Spalte aufgegriffen.

Abbildung 6-8: Einschätzung des Handlungsbedarfs: kein (grün), mittel- bis langfristig (gelb), vordringlich (rot)

Wasserversorgungen	autonom			mit Verträgen			5	6	7	8
	1	2	3	1	2	3				
	Wasserbeschaffung im Mittel	Wasserbeschaffung Spitzenbedarf	Versorgungssicherheit	Wasserbeschaffung im Mittel	Wasserbeschaffung Spitzenbedarf	Versorgungssicherheit	Wasserspeicherung Brauchreserve	Wasserspeicherung Löschreserve	Schutzonen	Wasserqualität
Ammerswil	grün	rot	rot	grün	rot	rot	grün	gelb	grün	grün
Bettwil	grün	gelb	rot	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün
Bremgarten / Hermetschwil-Staffeln	grün	gelb	rot	grün	gelb	grün	grün	rot	rot	grün
Brunegg	rot	rot	rot	grün	gelb	grün	grün	grün	rot	grün
Büttikon	rot	rot	rot	grün	rot	grün	grün	gelb	grün	grün
Dintikon	grün	rot	rot	rot	rot	grün	grün	grün	grün	gelb
Dottikon	rot	rot	rot	grün	gelb	grün	rot	rot	rot	grün
ES Dottikon	rot	rot	rot	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün
Fahrwangen	grün	rot	rot	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün
Fischbach-Göslikon	rot	rot	rot	grün	rot	rot	rot	grün	grün	gelb
Hägglingen	grün	rot	rot	gelb	rot	grün	grün	gelb	rot	rot
Hendschiken	gelb	gelb	rot	grün	gelb	grün	grün	grün	rot	gelb
Lenzburg (SWL)	grün	rot	rot	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün
Mägenwil	rot	rot	rot	grün	rot	grün	grün	grün	grün	grün
Mellingen	grün	gelb	gelb	grün	gelb	grün	grün	rot	rot	grün
Niederwil	grün	rot	rot	grün	rot	rot	rot	gelb	grün	gelb
Othmarsingen	grün	rot	rot	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün
Sarmenstorf	grün	rot	rot	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün
Tägerig	rot	rot	rot	grün	rot	rot	grün	grün	grün	grün
Uezwil	grün	rot	rot	grün	rot	grün	grün	grün	grün	grün
Villmergen	gelb	gelb	gelb	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün
Waltenschwil	grün	rot	rot	gelb	rot	grün	grün	rot	grün	rot
Wohlen (ibw)	grün	gelb	rot	grün	gelb	grün	grün	grün	gelb	gelb
Wohlenschwil	grün	rot	rot	grün	rot	grün	grün	grün	grün	grün
REWA Birrfeld	grün	gelb	gelb	grün	rot	grün	grün	grün	gelb	gelb
RWVM Mutschellen	rot	rot	rot	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün

Quelle: Schibli und Künzli, 50.

6.3 Grundlagen und weitere Ergebnisse der GIS-Analyse

a) Einschätzung der 122 Nutzungsarten hinsichtlich Trockenheit

Aus Abbildung 6-9 geht hervor, welche Nutzungen gemäss BLW-Flächenkatalog¹⁷²:

- bei heutigen Produktionsbedingungen bewässerungswürdig sind (3. Spalte).
- welcher Bewässerungsbedarf-Tabelle nach Smith und Fuhrer zugeordnet wurden, um den Bewässerungsbedarf im Perimeter abzuschätzen (4. Spalte).

Aus der letzten Spalte wird jeweils ersichtlich, wie die Nutzungsarten für die Auswertungen in Kapitel 4.2.1 gruppiert wurden.

All diese für die GIS-Analysen erforderlichen Einschätzungen erfolgten durch das Landwirtschaftliche Zentrum Liebegg.

Abbildung 6-9: Einteilung der einzelnen Nutzungen hinsichtlich Trockenheit

Cd.	Nutzungsart	bewässerungswürdig	Zugeordnete Fuhrer-Smith-Tabelle (2015)	Nutzungsgruppe
501	Sommergerste	Nein	Winterweizen	Futtergetreide
502	Wintergerste	Nein	Winterweizen	Futtergetreide
504	Hafer	Nein	Winterweizen	Futtergetreide
505	Triticale	Nein	Winterweizen	Futtergetreide
506	Mischel Futtergetreide	Nein	Winterweizen	Futtergetreide
507	Futterweizen gemäss Sortenlist swiss granum	Nein	Winterweizen	Futtergetreide
508	Körnermais	Nein	Mais	Futtergetreide
509	Reis	Ja	Winterweizen	Reis
511	Emmer, Einkorn	Nein	Winterweizen	Brotgetreide
512	Sommerweizen (ohne Futterweizen der Sortenliste swiss granum)	Nein	Winterweizen	Brotgetreide
513	Winterweizen (ohne Futterweizen der Sortenliste swiss granum)	Nein	Winterweizen	Brotgetreide
514	Roggen	Nein	Winterweizen	Brotgetreide
515	Mischel Brotgetreide	Nein	Winterweizen	Brotgetreide
516	Dinkel	Nein	Winterweizen	Brotgetreide
519	Saatmais (Vertragsanbau)	Nein	Mais	Saatgut
521	Silo- und Grünmais	Nein	Mais	Mais
522	Zuckerrüben	Nein	Rüben	Rüben
523	Futterrüben	Nein	Rüben	Rüben
524	Kartoffeln	Ja	Kartoffeln	Kartoffeln
525	Pflanzkartoffeln (Vertragsanbau)	Ja	Kartoffeln	Kartoffeln
526	Sommerraps zur Speiseölgewinnung	Nein	Winterweizen	Ölsaart
527	Winterraps zur Speiseölgewinnung	Nein	Winterweizen	Ölsaart
528	Soja	Nein	Mais	Proteinpflanzen
531	Sonnenblumen zur Speiseölgewinnung	Nein	Mais	Ölsaart
534	Lein	Nein	-	Ölsaart
535	Hanf	Nein	-	Ölsaart
536	Ackerbohnen zu Futterzwecken	Nein	Winterweizen	Proteinpflanzen
537	Eiweisserbsen zu Futterzwecken	Nein	Mais	Proteinpflanzen
538	Lupinen zu Futterzwecken	Nein	-	Proteinpflanzen
539	Oelkürbisse	Nein	-	Ölsaart
541	Tabak	Ja	-	Tabak
542	Hirse	Nein	-	Brotgetreide
543	Getreide siliert	Nein	Winterweizen	Futtergetreide
544	Leindotter	Nein	Winterweizen	Proteinpflanzen
545	Einjährige Freilandgemüse, ohne Konservengemüse	Ja	Zwiebel	Einjährige Freilandgemüse, ohne Konservengemüse
546	Freiland-Konservengemüse	Ja	Zwiebel	Freiland-Konservengemüse
547	Wurzeln der Treibzichorie	Ja	Zwiebel	Gemüse
548	Buchweizen	Nein	Winterweizen	Übrige
549	Sorghum	Nein	Winterweizen	Futtergetreide
551	Einjährige Beeren (z. B. Erdbeeren)	Ja	Beeren	Einjährige Beeren

¹⁷² Bundesamt für Landwirtschaft BLW, „Vollzugshilfe Merkblatt Nr. 6. Flächenkatalog und Beitragsberechtigung 2020“.

552	Einjährige nachwachsende Rohstoffe (Kenaf, usw.)	Nein	Winterweizen	Nachwachsender Rohstoff
553	Einjährige Gewürz- und Medizinalpflanzen	Ja	Beeren	Einjährige Gewürz- und Medizinalpflanzen
554	Einjährige gärtnerische Freilandkulturen (Blumen, Rollrasen, usw.)	Ja	Zwiebel	Gartenbau
555	Ackerschonstreifen	Nein	-	Biodiversitätsförderfläche
556	Buntbrache	Nein	-	Biodiversitätsförderfläche
557	Rotationsbrache	Nein	-	Biodiversitätsförderfläche
559	Saum auf Ackerfläche	Nein	-	Biodiversitätsförderfläche
566	Mohn	Nein	Winterweizen	Ölsaat
567	Saffor	Nein	Winterweizen	Ölsaat
568	Linsen	Nein	Winterweizen	Gemüse
569	Mischungen von Ackerbohnen, Eiweisserbsen und Lupinen zu Futterzwecken mit Getreide, mindestens 30 % Anteil Leguminosen bei der Ernte (zur Körnergewinnung)	Nein	Winterweizen	Proteinpflanzen
572	Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge	Nein	-	Biodiversitätsförderfläche
573	Senf	Nein	Winterweizen	Ölsaat
574	Quinoa	Nein	Winterweizen	Übrige
590	Sommerraps als nachwachsender Rohstoff	Nein	Winterweizen	Nachwachsender Rohstoff
591	Winterraps als nachwachsender Rohstoff	Nein	Winterweizen	Nachwachsender Rohstoff
592	Sonnenblumen als nachwachsender Rohstoff	Nein	Winterweizen	Nachwachsender Rohstoff
594	offene Ackerfläche, beitragsberechtigt (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)	Nein	-	Biodiversitätsförderfläche
595	übrige offene Ackerfläche, nicht beitragsberechtigt (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)	Nein	-	Biodiversitätsförderfläche
597	übrige offene Ackerfläche, beitragsberechtigt	Nein	-	k.E.
598	übrige offene Ackerfläche, nicht beitragsberechtigt	Nein	-	k.E.
601	Kunstwiesen (ohne Weiden)	Nein	Wiesen	Futterbau
602	Übrige Kunstwiese, beitragsberechtigt (z. B. Schweineweide, Geflügelweide)	Nein	-	Futterbau
611	Extensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden)	Nein	Wiesen	Futterbau
612	Wenig intensiv gen. Wiesen (ohne Weiden)	Nein	Wiesen	Futterbau
613	Übrige Dauerpflanzen (ohne Weiden)	Nein	Wiesen	Futterbau
616	Weiden (Heimweiden, übrige Weiden ohne Sömmerungsweiden)	Nein	-	Futterbau
617	Extensiv genutzte Weiden	Nein	-	Futterbau
618	Waldweiden (ohne bewaldete Fläche)	Nein	-	Futterbau
621	Heuwiesen im Sömmerungsgebiet, Übrige Wiesen (keine BFF)	Nein	-	Futterbau
622	Heuwiesen im Sömmerungsgebiet, Typ extensiv genutzte Wiese	Nein	Wiesen	Futterbau
623	Heuwiesen im Sömmerungsgebiet, Typ wenig intensiv genutzte Wiese	Nein	Wiesen	Futterbau
625	Waldweiden (ohne bewaldete Fläche)	Nein	-	Futterbau
631	Futterleguminosen für die Samenproduktion (Vertragsanbau)	Nein	Wiesen	Saatgut
632	Futtergräser für die Samenproduktion (Vertragsanbau)	Nein	Wiesen	Saatgut
634	Uferwiese (ohne Weiden) entlang von Fließgewässern	Nein	-	Futterbau
693	Weiden (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)	Nein	-	Futterbau
694	Grünfläche ohne Weiden (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)	Nein	-	Futterbau
697	Übrige Grünfläche (Dauergrünfläche), beitragsberechtigt	Nein	Wiesen	Futterbau
698	Übrige Grünfläche (Dauergrünfläche), nicht beitragsberechtigt	Nein	Wiesen	Futterbau
701	Reben	Nein	Reben	Reben
702	Obstanlagen (Äpfel)	Ja	Apfel	Kernobst
703	Obstanlagen (Birnen)	Ja	Apfel	Kernobst
704	Obstanlagen (Steinobst)	Ja	Kirsche	Steinobst
705	Mehrfährige Beeren	Ja	Beeren	Mehrfährige Beeren
706	Mehrfährige Gewürz- und Medizinalpflanzen	Ja	Beeren	Mehrfährige Gewürz- und Medizinalpflanzen
707	Mehrfährige nachwachsende Rohstoffe (Chinaschilf, usw.)	Nein	-	Nachwachsender Rohstoff
708	Hopfen	Ja	Kirsche	Hopfen
709	Rhabarber	Ja	Zwiebel	Dauerkulturen Gemüse
710	Spargel	Ja	Randen	Dauerkulturen Gemüse
711	Pilze (Freiland)	Ja	Zwiebel	Pilze
712	Christbäume	Nein	-	Gartenbau
713	Baumschule von Forstpflanzen ausserhalb der Forstzone	Nein	-	Gartenbau (evtl. Baumschule)
714	Ziersträucher, Ziergehölze, und Zierstauden	Ja	Beeren	Gartenbau
715	Übrige Baumschulen (Rosen, Früchte, usw.)	Ja	Beeren	Gartenbau (evtl. Baumschule)
717	Rebflächen mit natürlicher Artenvielfalt	Nein	Reben	Reben
718	Trüffelanlagen	Nein	-	Trüffelanlagen
719	Maulbeerbaumanlagen (Fütterung Seidenraupen)	Nein	-	Maulbeeranlagen
720	Gepflegte Selven (Edelkastanienbäume)	Nein	-	Hochstammobst
721	Mehrfährige gärtnerische Freilandkulturen (nicht im Gewächshaus)	Ja	Beeren	Gartenbau
722	Baumschule von Reben	Ja	Reben	Gartenbau (evtl. Baumschule)

725	Permakultur (kleinräumige Mischung verschiedener Kulturen mit mehr als 50 % Spezialkulturen)	Nein	Beeren	k.E.
731	Andere Obstanlagen (Kiwi, Holunder, usw.)	Ja	Zwetschge	Übrige Obstarten
735	Reben (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)	Nein	Reben	Reben
797	übrige Flächen mit Dauerkulturen, beitragsberechtigt		keine Einschätzung möglich	k.E.
798	übrige Flächen mit Dauerkulturen nicht beitragsberechtigt		keine Einschätzung möglich	k.E.
801	Gemüsekulturen in Gewächshäusern mit festem Fundament	Ja	Zwiebel	Gemüse aus geschütztem Anbau
802	Übrige Spezialkulturen in Gewächshäusern mit festem Fundament	Ja	Zwiebel	k.E.
803	Gärtnerische Kulturen in Gewächshäusern mit festem Fundament	Ja	Zwiebel	Gartenbau
806	Gemüsekulturen in geschütztem Anbau ohne festes Fundament	Ja	Zwiebel	Gemüse aus geschütztem Anbau
807	Übrige Spezialkulturen in geschütztem Anbau ohne festes Fundament	Ja	Zwiebel	Gartenbau
808	Gärtnerische Kulturen in geschütztem Anbau ohne festes Fundament	Ja	Zwiebel	Gartenbau
810	Pilze in geschütztem Anbau mit festem Fundament	Ja	Zwiebel	Pilze
847	übrige Kulturen in geschütztem Anbau ohne festes Fundament, beitragsberechtigt	Ja	Zwiebel	k.E.
848	übrige Kulturen in geschütztem Anbau mit festem Fundament	Ja	Zwiebel	k.E.
849	übrige Kulturen in geschütztem Anbau ohne festes Fundament, nicht beitragsberechtigt	Ja	Zwiebel	Gartenbau
851	Streueflächen innerhalb der LN	Nein	-	Biodiversitätsförderfläche
852	Hecken-, Feld- und Ufergehölze (mit Krautsaum)	Nein	-	Biodiversitätsförderfläche
857	Hecken-, Feld- und Ufergehölze (mit Pufferstreifen)	Nein	-	Biodiversitätsförderfläche
858	Hecken-, Feld- und Ufergehölze (mit Pufferstreifen) (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)	Nein	-	Biodiversitätsförderfläche
897	übrige Flächen innerhalb der LN, beitragsberechtigt	Nein	-	k.E.
898	übrige Flächen innerhalb der LN, nicht beitragsberechtigt	Nein	-	k.E.

b) Bewässerungsbedarf-Tabellen von 12 wichtigen Kulturen

Hinweise zur Methode und Erläuterungen zu den Klimaszenarien sind in Abschnitt 4.2.2a) aufgeführt.

Abbildung 6-10 Modellierter monatlicher Bewässerungsbedarf (März-Oktober) nach Smith und Fuhrer (2015) für die Klimaregion Zentrales Mittelland (Station Wynau)

Kultur / Durchwurzelungstiefe	Bewässerungsbedarf in mm pro Monat und im Jahr											
	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Ok.	Jahressumme
Erdbeere Durchwurzelungstiefe Max: 30cm	toniger Lehm 110cm, nFK: 62mm	1	Ref	0	0	15	35	30	0	0	0	85
	toniger Lehm 110cm, nFK: 62mm	1	CCmin	0	0	20	35	35	0	0	0	90
	toniger Lehm 110cm, nFK: 62mm	1	CCmax	0	0	20	40	40	5	0	0	110
	toniger Lehm 110cm, nFK: 62mm	1	Extrem	0	20	55	100	35	0	0	0	205
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 39mm	2	Ref	0	5	25	45	40	5	0	0	115
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 39mm	2	CCmin	0	5	25	45	40	5	0	0	125
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 39mm	2	CCmax	0	5	30	50	50	5	0	0	140
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 39mm	2	Extrem	0	25	55	105	50	10	0	0	245
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 39mm	3	Ref	0	5	25	45	40	5	0	0	115
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 39mm	3	CCmin	0	5	25	45	40	5	0	0	125
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 39mm	3	CCmax	0	5	30	50	50	5	0	0	140
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 39mm	3	Extrem	0	25	55	105	50	10	0	0	245

Erdbeere Durchwurzelungstiefe Max: 60cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
		toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Ref	0	0	5	25	20	0	0	0
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmin	0	0	10	25	20	0	0	0	50
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmax	0	0	10	25	25	0	0	0	65
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Extrem	0	0	40	110	25	0	0	0	170
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Ref	0	0	15	30	25	0	0	0	75
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmin	0	0	15	35	25	0	0	0	75
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmax	0	0	15	35	35	5	0	0	95
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Extrem	0	15	40	100	40	0	0	0	200
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref	0	0	15	30	25	0	0	0	75
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin	0	0	15	35	25	0	0	0	75
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax	0	0	15	35	35	5	0	0	95
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem	0	15	40	100	40	0	0	0	200

Zwiebel Durchwurzelungstiefe Max: 30cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
		toniger Lehm 110cm, nFK: 62mm	1	Ref	0	10	30	35	25	0	0	0
	toniger Lehm 110cm, nFK: 62mm	1	CCmin	0	10	25	40	30	0	0	0	105
	toniger Lehm 110cm, nFK: 62mm	1	CCmax	0	15	30	40	40	0	0	0	125
	toniger Lehm 110cm, nFK: 62mm	1	Extrem	0	50	65	115	30	0	0	0	260
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 39mm	2	Ref	0	15	35	45	35	0	0	0	130
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 39mm	2	CCmin	0	15	35	50	40	0	0	0	140
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 39mm	2	CCmax	0	20	35	55	50	0	0	0	160
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 39mm	2	Extrem	0	60	70	115	45	0	0	0	290
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 39mm	3	Ref	0	15	35	45	35	0	0	0	130
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 39mm	3	CCmin	0	15	35	50	40	0	0	0	140
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 39mm	3	CCmax	0	20	35	55	50	0	0	0	160
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 39mm	3	Extrem	0	60	70	115	45	0	0	0	290

Zwiebel Durchwurzelungstiefe Max: 60cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
		toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Ref	0	0	15	25	15	0	0	0
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmin	0	5	15	25	15	0	0	0	60
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmax	0	5	15	30	30	0	0	0	80
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Extrem	0	20	80	105	20	0	0	0	225
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Ref	0	5	20	30	20	0	0	0	85
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmin	0	5	20	35	25	0	0	0	90
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmax	0	10	25	40	35	0	0	0	110
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Extrem	0	45	65	110	25	0	0	0	250
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref	0	5	20	30	20	0	0	0	85
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin	0	5	20	35	25	0	0	0	90
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax	0	10	25	40	35	0	0	0	110
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem	0	45	65	110	25	0	0	0	250

Randen frisch Durchwurzelungstiefe Max: 60cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
		toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Ref	0	0	0	5	15	0	0	0
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmin	0	0	0	5	25	0	0	0	25
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmax	0	0	0	5	40	0	0	0	45
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Extrem	0	0	0	50	45	0	0	0	95
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Ref	0	0	0	10	30	0	0	0	40
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmin	0	0	0	15	30	0	0	0	45
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmax	0	0	0	15	50	0	0	0	65
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Extrem	0	0	0	70	45	0	0	0	115
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref	0	0	0	10	30	0	0	0	40
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin	0	0	0	15	30	0	0	0	45
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax	0	0	0	15	50	0	0	0	65
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem	0	0	0	70	45	0	0	0	115

Randen frisch Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
		toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref	0	0	0	0	0	0	0	0
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmin	0	0	0	0	5	0	0	0	5
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmax	0	0	0	0	10	0	0	0	10
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Extrem	0	0	0	0	50	0	0	0	50
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Ref	0	0	0	0	10	0	0	0	15
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmin	0	0	0	5	15	0	0	0	20
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmax	0	0	0	5	30	0	0	0	35
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Extrem	0	0	0	40	40	0	0	0	80
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref	0	0	0	10	30	0	0	0	40
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin	0	0	0	15	30	0	0	0	45
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax	0	0	0	15	50	0	0	0	65
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem	0	0	0	70	45	0	0	0	115

Randen Lager Durchwurzelungstiefe Max: 60cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Ref		0	0	0	0	5	10	5	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmin		0	0	0	0	5	15	5	0	25
toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmax		0	0	0	0	10	40	10	0	60
toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Extrem		0	0	0	0	25	60	0	0	85
sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Ref		0	0	0	0	15	20	5	0	40
sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmin		0	0	0	0	15	20	5	0	45
sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmax		0	0	0	0	30	45	15	0	85
sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Extrem		0	0	0	15	20	65	0	0	105
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref		0	0	0	0	15	20	5	0	40
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin		0	0	0	0	15	20	5	0	45
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax		0	0	0	0	30	45	15	0	85
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem		0	0	0	15	20	65	0	0	105

Randen Lager Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref		0	0	0	0	0	0	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmin		0	0	0	0	0	0	0	0	5
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmax		0	0	0	0	0	10	5	0	15
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Extrem		0	0	0	0	0	25	0	0	25
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Ref		0	0	0	0	10	0	0	0	15
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmin		0	0	0	0	5	10	5	0	15
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmax		0	0	0	0	5	30	10	0	50
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Extrem		0	0	0	0	0	70	0	0	70
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref		0	0	0	0	15	20	5	0	40
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin		0	0	0	0	15	20	5	0	45
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax		0	0	0	0	30	45	15	0	85
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem		0	0	0	15	20	65	0	0	105

Apfel Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref		0	0	0	0	0	5	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmin		0	0	0	0	5	0	0	0	5
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmax		0	0	0	0	10	10	0	0	20
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Extrem		0	0	0	50	25	45	0	0	120
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Ref		0	0	0	5	10	5	0	0	20
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmin		0	0	0	5	15	10	0	0	25
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmax		0	0	0	5	30	25	5	0	60
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Extrem		0	0	0	95	30	30	0	0	160
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref		0	0	0	15	25	10	0	0	55
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin		0	0	0	15	30	15	0	0	60
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax		0	0	0	20	45	30	5	0	100
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem		0	0	25	95	40	35	0	0	195

Zwetschge Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref		0	0	0	0	0	0	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmin		0	0	0	0	0	0	0	0	5
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmax		0	0	0	0	5	5	0	0	15
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Extrem		0	0	0	45	25	0	0	0	75
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Ref		0	0	0	5	10	0	0	0	15
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmin		0	0	0	5	10	5	0	0	15
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmax		0	0	0	5	25	15	0	0	45
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Extrem		0	0	0	80	35	15	0	0	125
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref		0	0	0	15	20	5	0	0	40
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin		0	0	0	15	25	5	0	0	45
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax		0	0	0	20	35	20	5	0	80
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem		0	0	15	95	30	25	0	0	165

Kirsche Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref		0	0	0	0	0	0	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmin		0	0	0	0	0	0	0	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmax		0	0	0	0	0	0	0	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Extrem		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Ref		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmin		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmax		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Extrem		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref		0	0	0	0	0	0	0	0	5
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin		0	0	0	0	0	0	0	0	5
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax		0	0	0	0	5	5	0	0	10
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem		0	0	0	35	0	0	0	0	35

Rebe Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref		0	0	0	0	0	0	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmin		0	0	0	0	0	0	0	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmax		0	0	0	0	0	0	0	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Extrem		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Ref		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmin		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmax		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Extrem		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin		0	0	0	0	0	0	0	0	0
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax		0	0	0	0	0	5	0	0	5
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem		0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zuckerrübe Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref		0	0	0	0	10	10	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmin		0	0	0	0	15	15	0	0	35
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmax		0	0	0	0	30	45	10	0	85
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Extrem		0	0	0	25	60	55	0	0	140
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Ref		0	0	0	5	35	25	5	0	65
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmin		0	0	0	5	40	25	0	0	70
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmax		0	0	0	5	60	55	10	0	130
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Extrem		0	0	0	70	45	90	0	0	205
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref		0	0	0	20	50	30	5	0	105
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin		0	0	0	20	55	35	5	0	115
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax		0	0	0	25	75	60	15	0	170
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem		0	0	0	90	60	80	0	0	235

Kartoffel Durchwurzelungstiefe Max: 60cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Ref		0	0	0	20	40	15	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmin		0	0	0	20	45	20	0	0	90
toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmax		0	0	0	25	65	40	0	0	130
toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Extrem		0	0	0	120	55	55	0	0	230
sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Ref		0	0	0	30	50	25	0	0	110
sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmin		0	0	0	35	55	25	0	0	120
sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmax		0	0	0	40	75	45	0	0	160
sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Extrem		0	0	0	125	55	70	0	0	245
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref		0	0	0	30	50	25	0	0	110
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin		0	0	0	35	55	25	0	0	120
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax		0	0	0	40	75	45	0	0	160
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem		0	0	0	125	55	70	0	0	245

Körnermais Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref		0	0	0	0	0	5	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmin		0	0	0	0	0	5	0	0	10
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmax		0	0	0	0	0	20	15	0	35
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Extrem		0	0	0	0	0	25	0	0	25
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Ref		0	0	0	0	5	15	5	0	25
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmin		0	0	0	0	5	20	5	0	30
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmax		0	0	0	0	15	50	15	0	75
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Extrem		0	0	0	0	0	90	0	0	90
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref		0	0	0	0	20	30	10	0	60
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin		0	0	0	0	25	30	10	0	65
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax		0	0	0	0	40	55	20	0	115
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem		0	0	0	0	40	85	0	0	120

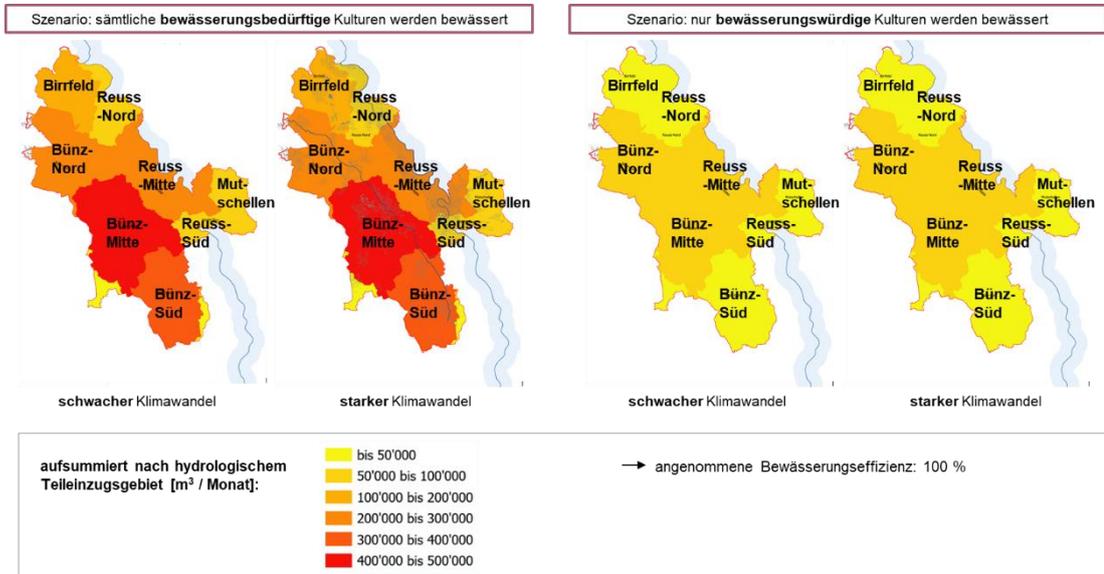
Winterweizen Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref		0	0	0	5	0	0	0	0
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmin		0	0	0	0	5	0	0	0	10
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmax		0	0	0	10	5	0	0	0	15
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Extrem		0	0	0	130	20	0	0	0	150
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Ref		0	0	0	15	10	0	0	0	25
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmin		0	0	0	20	10	0	0	0	30
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmax		0	0	5	25	15	0	0	0	45
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Extrem		0	0	45	135	15	0	0	0	195
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref		0	0	15	30	15	0	0	0	65
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin		0	0	15	35	20	0	0	0	70
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax		0	0	15	40	25	0	0	0	85
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem		0	10	65	135	25	0	0	0	235

Grünland gemäht		Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme	
Durchwurzelungstiefe Max: 60cm	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Ref	0	0	0	10	15	10	5	0	35		
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmin	0	0	0	10	15	10	5	0	45		
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmax	0	0	5	15	30	30	10	5	95		
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Extrem	0	0	50	100	35	45	0	0	225		
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Ref	0	0	5	20	20	15	5	0	70		
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmin	0	5	5	20	25	15	5	0	75		
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmax	0	5	10	25	40	35	10	5	130		
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Extrem	0	30	45	95	45	40	0	0	255		
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref	0	0	5	20	20	15	5	0	70		
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin	0	5	5	20	25	15	5	0	75		
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax	0	5	10	25	40	35	10	5	130		
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem	0	30	45	95	45	40	0	0	255		
	Grünland gemäht		Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref	0	0	0	0	0	5	0	0	5	
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm		1	CCmin	0	0	0	0	5	5	0	0	10		
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm		1	CCmax	0	0	0	0	10	15	5	0	40		
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm		1	Extrem	0	0	0	100	45	25	0	0	165		
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm		2	Ref	0	0	0	5	10	10	0	0	30		
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm		2	CCmin	0	0	0	10	15	10	0	0	35		
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm		2	CCmax	0	0	0	10	25	30	10	0	80		
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm		2	Extrem	0	0	45	90	50	40	0	0	220		
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm		3	Ref	0	0	5	20	20	15	5	0	70		
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm		3	CCmin	0	5	5	20	25	15	5	0	75		
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm		3	CCmax	0	5	10	25	40	35	10	5	130		
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm		3	Extrem	0	30	45	95	45	40	0	0	255		
Grünland beweidet		Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme	
Durchwurzelungstiefe Max: 60cm		toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Ref	0	0	0	5	5	5	0	0	15	
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmin	0	0	0	5	10	5	0	0	20		
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	CCmax	0	0	0	10	15	25	5	0	60		
	toniger Lehm 110cm, nFK: 124mm	1	Extrem	0	0	35	85	25	30	0	0	175		
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Ref	0	0	5	10	15	10	0	0	40		
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmin	0	5	5	15	20	10	0	0	50		
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	CCmax	0	5	5	15	30	25	5	0	90		
	sandiger Lehm 110cm, nFK: 77mm	2	Extrem	0	25	35	90	35	30	0	0	210		
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref	0	0	5	10	15	10	0	0	40		
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmin	0	5	5	15	20	10	0	0	50		
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	CCmax	0	5	5	15	30	25	5	0	90		
	sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Extrem	0	25	35	90	35	30	0	0	210		
	Grünland beweidet		Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klimaszenario	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Jahressumme
	Durchwurzelungstiefe Max: 110cm	toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm		1	CCmin	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm		1	CCmax	0	0	0	0	0	10	0	0	15		
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm		1	Extrem	0	0	0	65	25	15	0	0	105		
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm		2	Ref	0	0	0	5	5	5	0	0	10		
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm		2	CCmin	0	0	0	5	5	5	0	0	15		
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm		2	CCmax	0	0	0	5	15	20	5	0	45		
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm		2	Extrem	0	0	25	85	25	35	0	0	170		
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm		3	Ref	0	0	5	10	15	10	0	0	40		
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm		3	CCmin	0	5	5	15	20	10	0	0	50		
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm		3	CCmax	0	5	5	15	30	25	5	0	90		
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm		3	Extrem	0	25	35	90	35	30	0	0	210		

Quelle: Pascale Smith und Fuhrer, „Anhang j) Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft“.

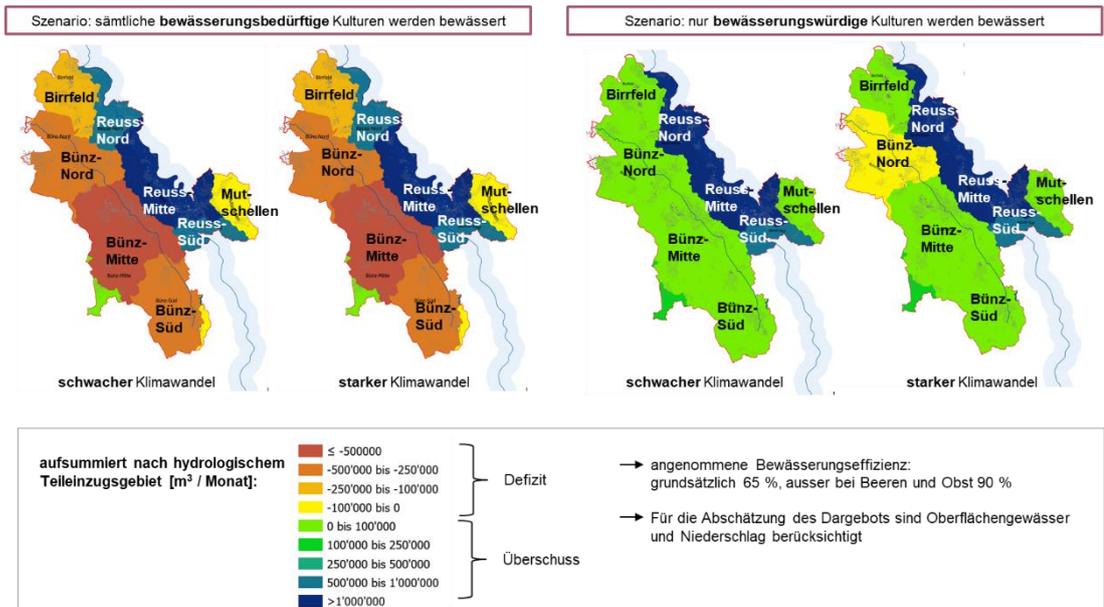
c) Weitere Ergebnisse für Monate Juni, August und September

Abbildung 6-11: Theoretischer Bewässerungsbedarf der bewässerungsbedürftigen Kulturen (links) resp. bewässerungswürdigen Kulturen (rechts) für den Monat Juni, aufsummiert nach Teileinzugsgebiet für den Zeithorizont 2045 – 2074



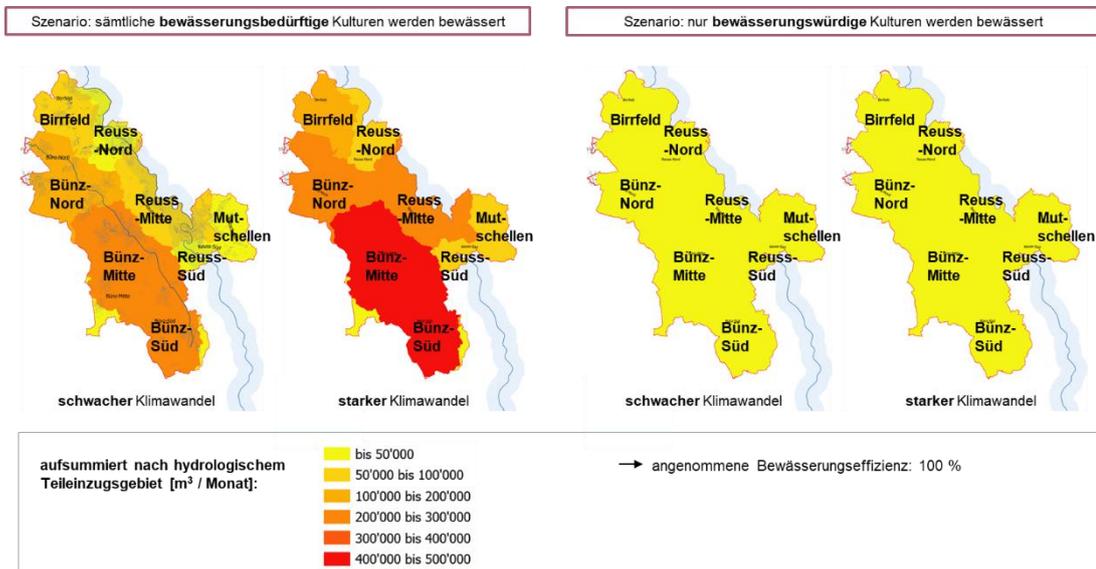
Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG, „Bewässerungsbedarfsprognose nach Smith & Fuhrer im Bünztal und Umgebung, ausgewählte Karten. Auf Anfrage“.

Abbildung 6-12: Bilanz zwischen Wasserdargebot (Oberflächengewässer) und theoretischem Bewässerungsbedarf der landwirtschaftlichen Nutzung im Juni, aufsummiert nach Teileinzugsgebiet unter zukünftigem Klima



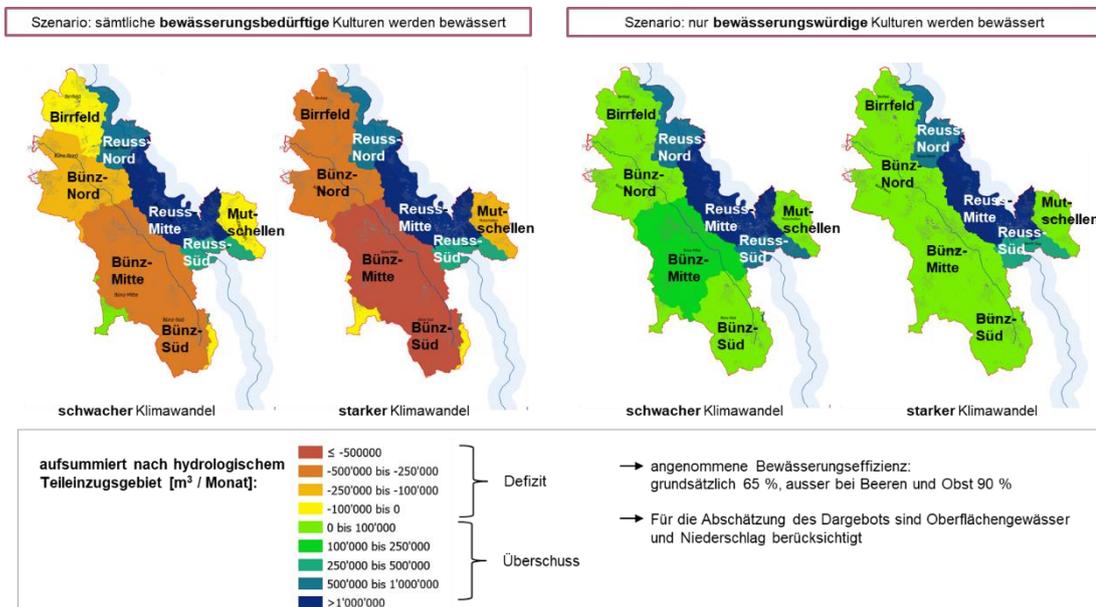
Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG.

Abbildung 6-13: Theoretischer Bewässerungsbedarf der bewässerungsbedürftigen Kulturen (links) resp. bewässerungswürdigen Kulturen (rechts) für den Monat August, aufsummiert nach Teileinzugsgebiet für den Zeithorizont 2045 – 2074



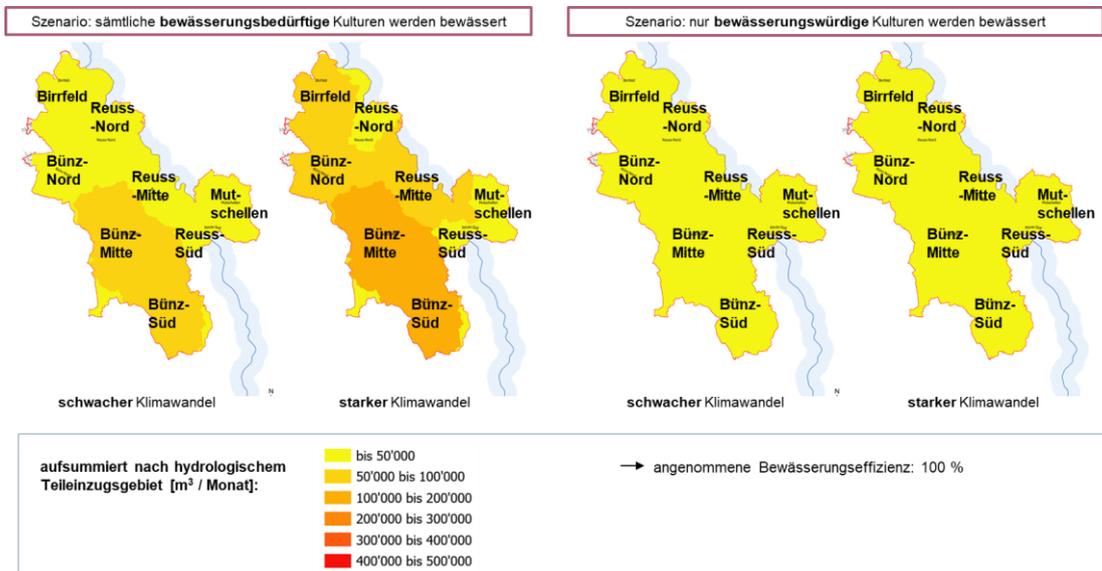
Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG.

Abbildung 6-14: Bilanz zwischen Wasserdargebot (Oberflächengewässer) und theoretischem Bewässerungsbedarf der landwirtschaftlichen Nutzung im August, aufsummiert nach Teileinzugsgebiet unter zukünftigem Klima



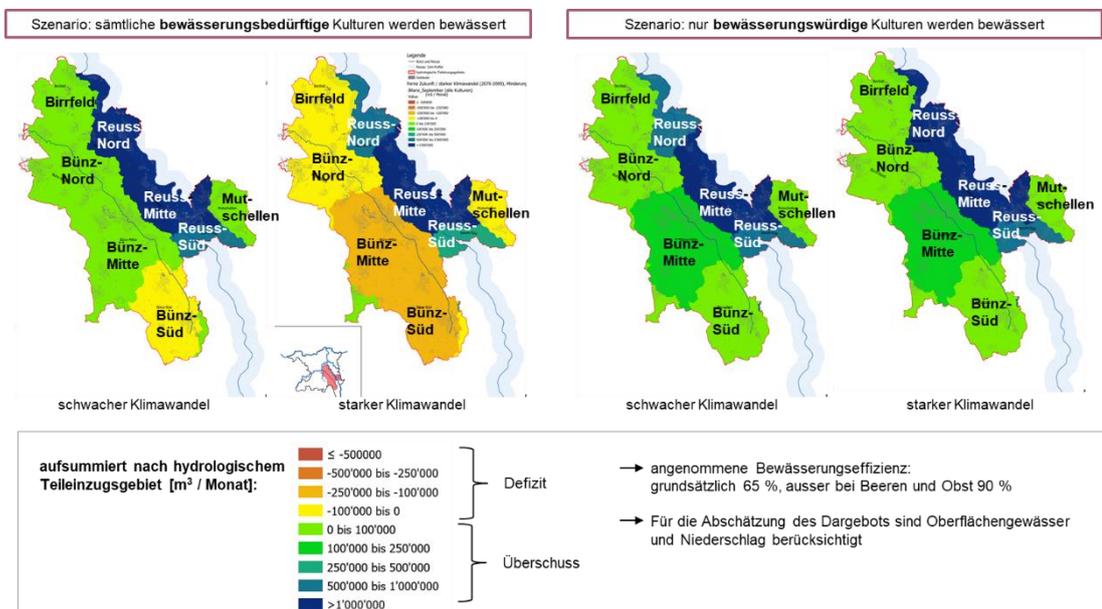
Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG.

Abbildung 6-15: Theoretischer Bewässerungsbedarf der bewässerungsbedürftigen Kulturen (links) resp. bewässerungswürdigen Kulturen (rechts) für den Monat September, aufsummiert nach Teileinzugsgebiet für den Zeithorizont 2045 – 2074



Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG.

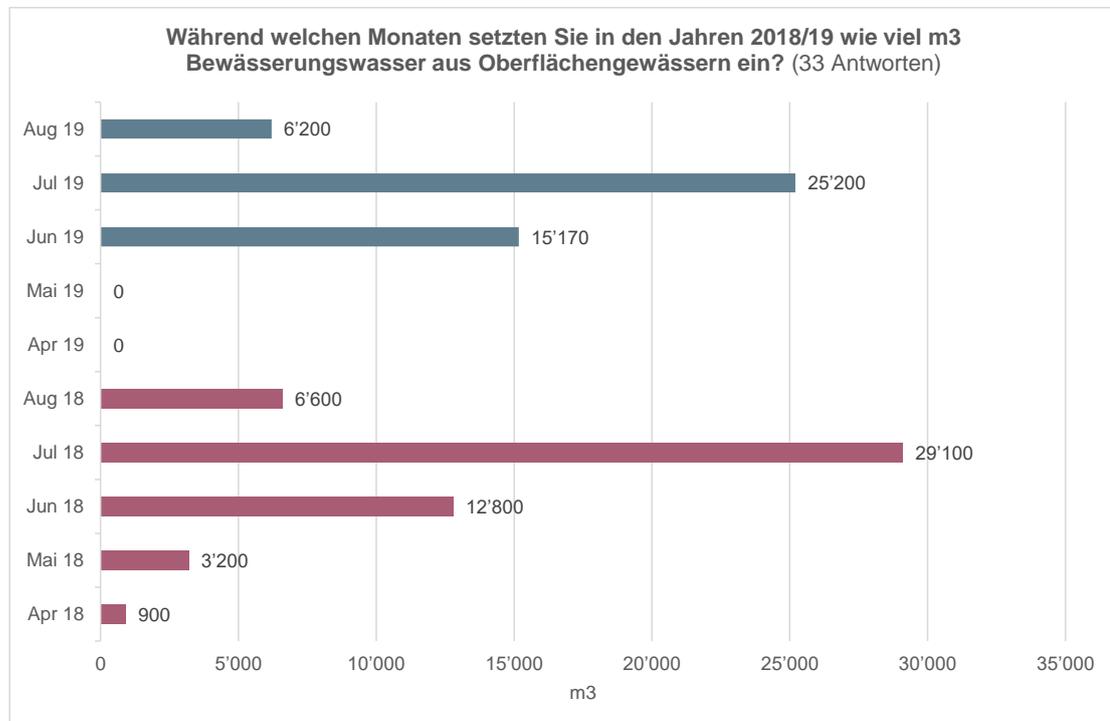
Abbildung 6-16: Bilanz zwischen Wasserdargebot (Oberflächengewässer) und theoretischem Bewässerungsbedarf der landwirtschaftlichen Nutzung im September, aufsummiert nach Teileinzugsgebiet unter zukünftigem Klima



Quelle: Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. AG.

6.4 Umfrage Wasserbedarf Landwirtschaft

Abbildung 6-17: Bewässerung aus Oberflächengewässern (Menge pro Monat, Summe der von den 33 Teilnehmenden angegebenen Entnahmemengen)



Quelle: Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, „Verbrauch von Bewässerungswasser im Bünztal. Umfrageergebnisse (unveröffentlicht)“.

Ausgewählte Zitate aus der Umfrage

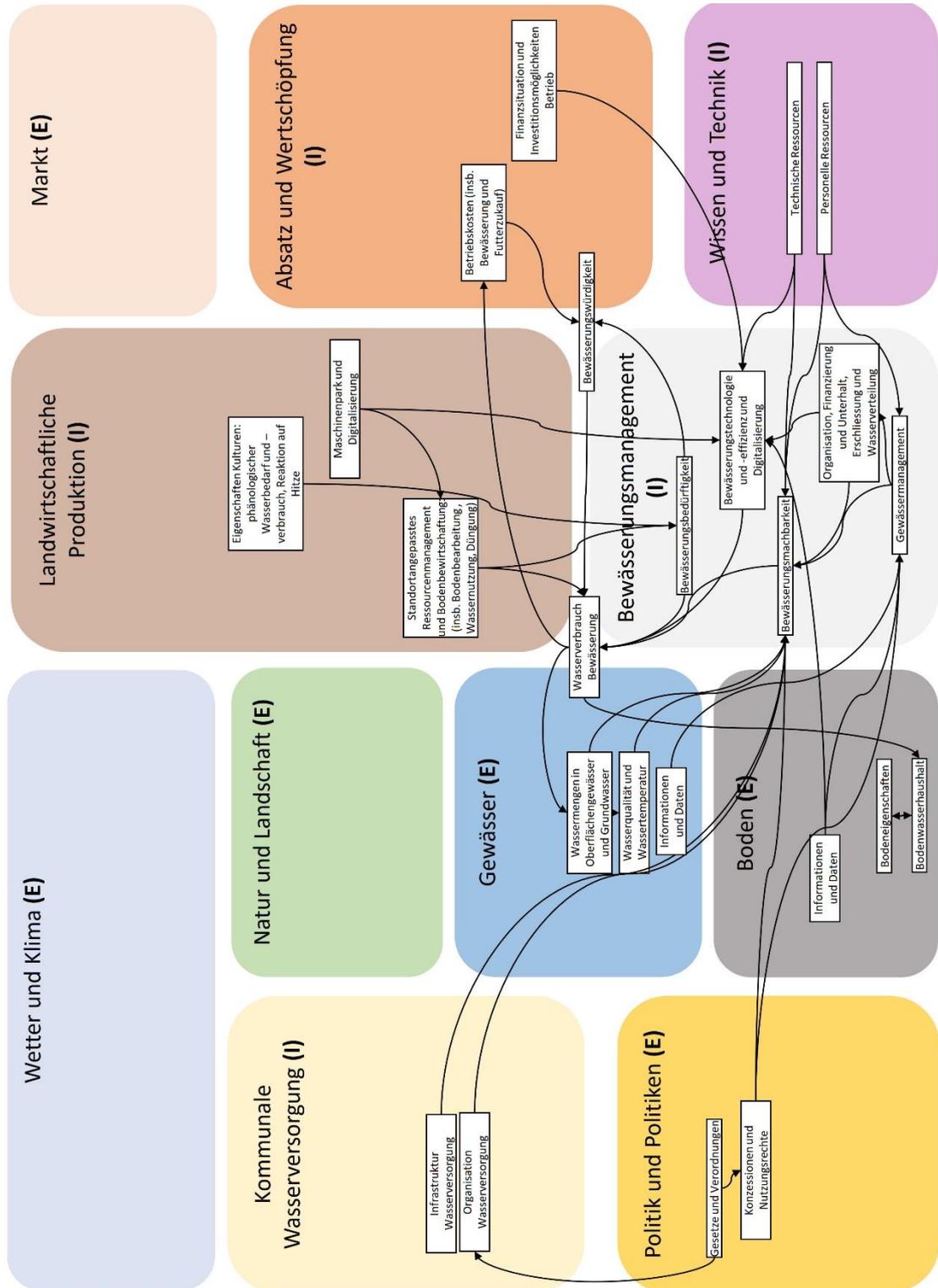
- «Die Wasserabgabe aus der Wasserversorgung sollte regional gleich sein, was den Preis pro Kubikmeter und die Abgabemöglichkeiten anbelangt.»
- «Vor einigen Jahren war bei uns noch die Bewässerungstechnik das Problem, nach hohen Investitionen in diesem Bereich ist heute der Bezug von Wasser, sei es ab Bach oder auch ab Trinkwassernetz (vor allem in kleineren Gemeinden) das Problem.»
- «Der Karottenanbau im Aargau war in den letzten Jahren nur noch mit Bewässerung möglich.»
- «Die Bewässerung wurde bei uns in den letzten Jahren extrem professionalisiert und auch durch verschiedene technische Hilfsmittel (Bodensonden, Mobile Überwachung der Anlagen, Wassermessungen und Aufzeichnungen etc.) zum Betreiben der Anlagen oder auch als Entscheidungshilfen ergänzt.»
- «Bewässerung ist ein sehr grosses Thema. Es darf nicht vergessen werden, dass die Landwirtschaft schon immer bewässern musste, um qualitativ hochwertige Produkte zu

produzieren. Darum befassen wir uns schon seit Jahren mit dem Thema und haben uns immer den Begebenheiten angepasst (neue Technik, Bodenbearbeitung, Wasser sparen). Da aber heute noch ganz andere Organe, wie Fischerei, Naturschutz, Öffentlichkeit, usw.. mitreden wollen und immer sofortige Lösungen erwarten, haben sich die Fronten verhärtet.»

- *«Die Bewässerung wird vom Abnehmer geplant und durchgeführt.»*
- *«Aus meiner Sicht wäre es sinnvoll, im Bünztal auf der Höhe von Muri die Bünz mit Reusswasser zu speisen. Dadurch hätte das Bünztal genügend Wasser. Die gleiche Leitung sollte bei Hochwasser für einen Entlastungstollen zur Reuss dienen. D. h. das Auffangbecken in Muri sollte zum Speisen und zum Ablassen funktionieren, also eine Doppelfunktion einnehmen!»*
- *«Bewässern am Tag bei grosser Hitze und entsprechender Verdunstung verbieten»*
- *«Wir bewässern eher sparsam, meistens nur zur Keimung. Werden auch in Zukunft nicht «auf Teufel komm raus» bewässern – aus Kostengründen.»*
- *«Wasser ist genug vorhanden, aber mit 1.50 CHF/m³ zu teuer.»*

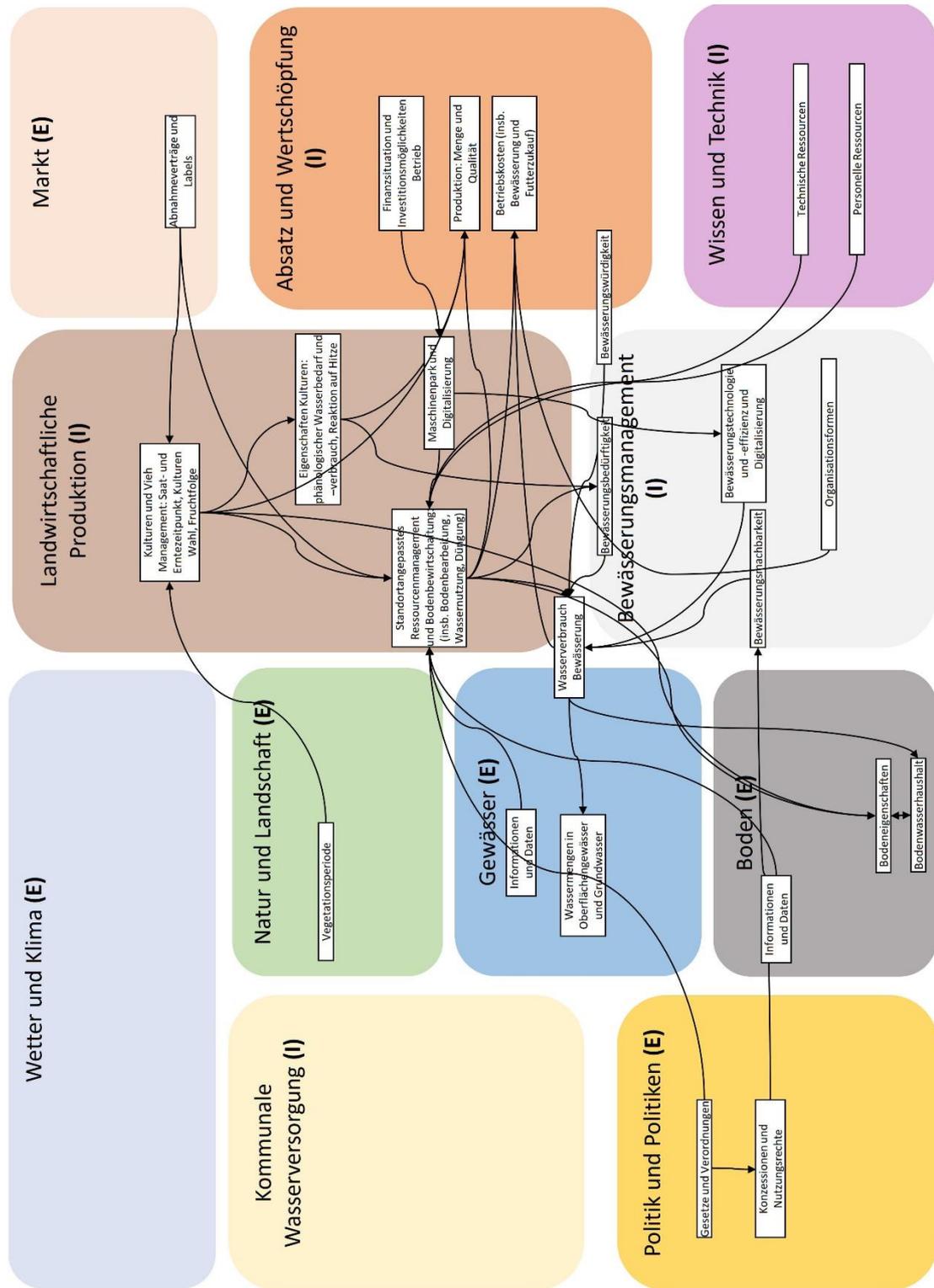
6.5 Systembild: Zooms

Abbildung 6-18: Abhängigkeiten im Systembild: Schwerpunkt Bewässerungsmanagement



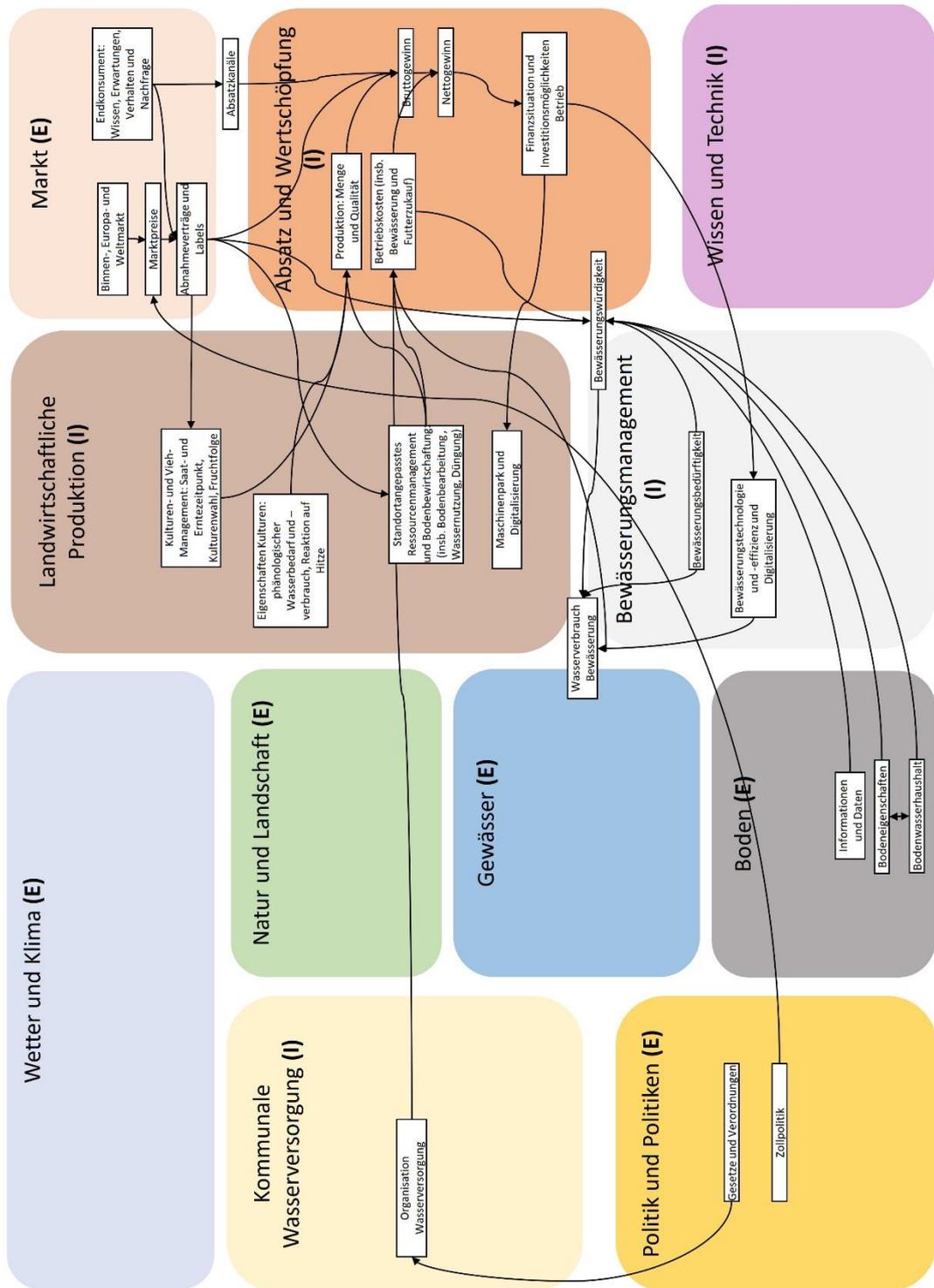
Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 6-19: Abhängigkeiten im Systembild: Schwerpunkt Landwirtschaftliche Produktion



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 6-20: Systembild Schwerpunkt Markt, Absatz und Wertschöpfung



Quelle: eigene Darstellung