

Thurgau

Amt für Umwelt Kanton Thurgau
Landwirtschaftsamt Kanton Thurgau

Pilotprojekt

Anpassung an den Klimawandel

Projektbericht

Entwicklung von Instrumenten zur Früherkennung
und von Lösungsansätzen für die Thurgauer
Land- und Ernährungswirtschaft beim Umgang
mit Wasserknappheit

Impressum

Herausgeber

Thurgau



Amt für Umwelt Kanton Thurgau
Bahnhofstrasse 55
8510 Frauenfeld

Landwirtschaftsamt Kanton Thurgau
Promenadenstrasse 8
8510 Frauenfeld

Projektteam

Dr. Marco Baumann, Amt für Umwelt TG, Abt. Wasserbau/Hydrometrie

Ueli Bleiker, Landwirtschaftsamt TG, Amtschef

Dr. Thomas Egli, Egli Engineering AG

Sebastian Hofer, Egli Engineering AG

Robert Holzschuh, Amt für Umwelt TG, Abt. Wasserbau/Hydrometrie, Projektleiter

Walter Schild, Landwirtschaftsamt TG, Abt. Boden- und Pachtrecht

Betreuung BAFU:

Samuel Zahner, Bundesamt für Umwelt, Sektion Revitalisierung/Gewässerbewirtschaftung

Begleitgruppe

Dr. Beat Baumgartner, Amt für Umwelt, Amtschef; Hermann Brenner, BBZ Arenenberg, Leiter Pflanzenschutz; Philipp Engel, Beerenpflanzer VTB, Präsident; Prof. Jürg Fuhrer, Agroscope, Leiter der Forschungsgruppe Klima/Lufthygiene; Ralph Gilg, Obstverband TOV; Ulrich Göttelmann, Amt für Umwelt, Abt. Wasserbau/Hydrometrie; Markus Hausammann, Verband Thurgauer Landwirtschaft VTL, Präsident; Edwin Huber, Obstverband TOV, Präsident

Hans Ott, Gemüseproduzenten GVTS, Präsident; Martina Lehner-Zahnd, Egli Engineering AG

Achim Kayser, Amt für Umwelt TG, Stv. Abteilungsleiter Boden; Emil Kuratli, Amt für Umwelt, Wassernutzung / Rohstoffe; Daniel Staubli, BBZ Arenenberg, Gruppenleiter Obst, Gemüse, Beeren; Silvan Ziegler, Verband Thurgauer Landwirtschaft

Angaben zum Dokument

Berichtstatus:	Abgeschlossen
Datum:	09.11.2017
Bearbeitung:	Egli Engineering AG Sebastian Hofer / Thomas Egli / Norina Steingruber / Martina Lehner
Datei:	407_Trockenheit TG_Bericht_Lang_20171109.docx

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



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	7
Einführung	7
1 Grundlagen	8
1.1 Systemabgrenzung	8
Grundwasserschutz.....	8
Versorgungssicherheit der öffentlichen Wasserversorgung	8
Versorgungssicherheit der privaten Wasserversorgung, inkl. Brauchwasser.....	9
Grundwasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung	9
Quellfassungen in Konkurrenz mit der Ökologie.....	9
Entnahmen aus Oberflächengewässer für die landwirtschaftliche Bewässerung inkl. Seewasser-Entnahmen.....	9
Entnahmen für die Beschneigung	9
Nutzungen mit Rückgabe.....	9
1.2 Klimaszenarien.....	10
«Normaljahr heute» (Referenz).....	10
«Eher trockener Sommer 2060 / Mittlerer Sommer Ende Jahrhundert» (Trocken)....	11
«Extremjahr 2060» (,Szenario 4014‘ / Extrem)	11
1.3 Sozioökonomisches und demographisches Szenario	12
1.3.1 Bevölkerungsentwicklung.....	12
1.3.2 Veränderung in der Flächennutzung.....	12
1.3.3 Veränderung der Wirtschaftsstruktur	13
1.3.4 Annahmen für 2060.....	13
1.4 Landwirtschaft im Jahr 2060	14
1.4.1 Allgemeine Entwicklung	14
1.4.2 Entwicklung der Nutzung	15
Gemüseanbau.....	15
Beeren.....	15
Obst.....	15
Ackerbau	15
Grasland.....	15
Zusammenfassung.....	15
1.4.3 Bewässerungstechnologien	16
1.4.4 Veränderungen bei den zu bewässernden Kulturen.....	16
1.4.5 Marktsituation	17
2 Daten-Erhebung ‚Walter will es wissen‘	18
2.1 Problemstellung	18

2.2	Arbeitsschritte und Methodik.....	18
2.3	Resultat	19
3	Regionen.....	22
3.1	Planungsgebiete	22
3.2	Wasser - Verbrauch	23
3.2.1	Bestehende Konzessionen	23
	Bewässerung.....	23
	Konzessionen.....	23
	Gemeinschaften	24
	Brauchwasser.....	24
	Wasserversorgung Trinkwasser.....	24
3.2.2	Verbrauch Planungsgebiet «Geisslibach plus» (1996-2016).....	25
3.2.3	Kantonsweite Modellierung des Bewässerungsbedarfs landwirtschaftlicher Kulturen.....	26
	Pflanzen-Zusatzwasserbedarf vs. Bewässerungsbedarf	26
	Vergleichsstation für Bedarfsberechnung	27
	Zuordnung der Landwirtschaftlichen Kulturen	28
	Bewässerungseffizienz.....	28
	Zuordnung der Bodeneigenschaften.....	29
	Bewässerungswürdigkeit der Kulturen.....	30
	Parameter zur Berechnung	31
	Hinweise und Einschränkungen.....	31
	Resultate	32
	Vergleich gemeldeter Bewässerungsentnahmen mit dem modellierten Bedarf	33
	Interpretation	33
3.3	Wasser - Dargebot	34
3.3.1	Gewässer-Messstationen.....	34
3.3.2	Mittlere Abflusshöhen MQ-CH	35
3.3.3	Bodensee	36
3.3.4	Grundwasser	36
3.3.5	Kennwert Q_{347}	37
3.3.6	Studie ‚Auswirkungen der Klimaänderung auf das Grundwasser und Niedrigwasserverhältnisse in der Schweiz‘.....	37
3.4	Vergleich Dargebot – Verbrauch.....	37
3.4.1	Wasserbilanz: Modelliertes Dargebot – modellierter Bedarf.....	38
	Modelliertes Dargebot	38
3.4.2	Modellierter Bedarf.....	40
3.4.3	Resultate	40
3.4.4	Sensible Regionen	42

Interpretation	42
Fazit.....	43
3.5 Ökologische Konflikte bei Wasserentnahmen	44
4 Info-Plattform	44
4.1 Bedürfnisabklärung	44
4.2 Rechtlicher Rahmen.....	45
4.3 Nutzer	45
4.4 Gestaltungsvorschlag.....	45
4.5 Trockenheitsbulletin	46
5 Instrumente zur Einschränkung	48
5.1 Rangordnung.....	48
5.1.1 Entnahmekonzessionen - Stand heute	49
5.1.2 Kriterien bei Neukonzessionierungen bzw. Verlängerungen	49
5.2 Bewässerungs-Gemeinschaften	49
5.3 Runder Tisch.....	50
5.4 Entnahmebeschränkungen	51
5.4.1 Kriterien	51
5.4.2 Ausnahmegewilligungen	51
6 Anpassung	52
6.1 Organisatorische Massnahmen	52
6.1.1 Bewässerungsgemeinschaften fördern.....	52
6.1.2 Wasserressourcenplanung gemäss Modul 2, BAFU	52
6.1.3 Praxis der Konzessionserteilung.....	53
Bewässerungstechnik	53
6.2 Grundwasserentnahmen.....	53
6.3 Alte Weiher reaktivieren	54
6.4 Anpassung der Kulturen.....	54
6.5 Bodenbearbeitung	54
6.6 Bewässerungstechnik verbessern	54
6.6.1 Klassische Beregnung (Sprinkler und Weitwurfregner)	54
6.6.2 Tropfenbewässerung	55
6.6.3 Beregnungsbalken	55
6.6.4 Reduktion Bewässerungsverlust.....	55
Bewässerungszeiten	55
Spritzweite	55
Messung der Bodenfeuchte	55
Nebeneffekt: Senkung Energiebedarf	56

6.7	Bewässerungswürdigkeit / Bodenpunktekarte	56
6.8	Datengrundlage verbessern	57
6.8.1	Wassernutzung	57
6.8.2	Abflussmessstellen.....	57
	Anzahl und Verteilung der Messstellen.....	57
	Niedrigwasserrinnen.....	57
6.8.3	Konzessionen verwalten	58
6.9	Bauliche Massnahmen	58
	Vernetzung von Leitungen	58
	Neuerschliessung von Grundwasservorkommen	58
	Seewasserleitung im Zuge von BTS/OLS.....	59
6.10	Planerische Massnahmen.....	59
	Quellen	60
7	Anhang.....	63
7.1	Karte der Verteilung der Bewässerungskonzessionen	63
7.2	Auswertung der Messstationen.....	64
7.2.1	Geisslibach plus	64
7.2.2	Tuenbach	64
7.3	Resultat Bewässerungsbedarf	65
7.3.1	Szenario «Normaljahr – heute» (Referenz)	65
7.3.2	Szenario «Eher trockener Sommer 2060 / Mittlerer Sommer Ende Jahrhundert» 66	
7.3.3	Szenario «Extremjahr 2060».....	66
7.4	Diagramme Wasserbilanz Dargebot – Bedarf	67
7.5	Karten Wasserbilanz Dargebot – Bedarf	69
7.6	Zuordnung der Kulturen nach Fuhrer zu Kategorien Landwirtschaftsamt TG	73
7.7	Zuordnung Kulturen nach Fuhrer (Zusammenfassung).....	74

Zusammenfassung

Das vorliegende Projekt bestätigt die Annahme, dass es in Zukunft im Kanton Thurgau zu periodischen Wasserknappeitsproblemen kommen kann. Dies zeigt erstmals ein Modell, das den Verbrauch und das Dargebot an verfügbarem Wasser räumlich quantifiziert. Dazu werden drei Szenarien berechnet: «Normaljahr heute», «Eher trockener Sommer 2060 / Mittlerer Sommer Ende Jahrhundert» und «Extremjahr 2060». Aus den Ergebnissen werden für die Vegetationsperiode monatliche Bilanzen abgeleitet, die als Wasserknappeitskarten und Diagramme visualisiert werden.

Zudem untersucht das Projekt die Entwicklung der landwirtschaftlichen Flächennutzung im Jahr 2060.

Anhand der Szenarien und Entwicklungen werden Instrumente aufgezeigt, die zukünftig bei der Bewältigung von Trockenphasen helfen können. Erste Erkenntnisse aus dem Projekt werden in Form von Trockenheitsbulletins zur Information der Betroffenen und der Öffentlichkeit seit Sommer 2017 umgesetzt und erfolgreich erprobt.

Dieser Projektbericht umfasst weiter die Grundlagen, Systemabgrenzungen und Definitionen sowie Ergebnisse zu Vorabklärungen und die Resultate der Untersuchung zum Postulat von Hansjörg Walter vom Juni 2010 im Bundesrat («Walter will es wissen»).

Die konzentrierten Erkenntnisse des hier vorliegenden ausführlichen Projektberichtes werden in einem separaten Resultatebericht anschaulich zusammengefasst [29].

Einführung

Modelle zeigen, dass sich der Wasserhaushalt der Schweiz in Zukunft verändert und die Landwirtschaft vermehrt Probleme mit der Wasserverfügbarkeit insbesondere für Bewässerungen haben wird. Durch die Optimierung von bewässerungsintensiven landwirtschaftlichen Produktionen, die Verlagerung in andere Gebiete, die Umstellung von Kulturen oder die Zufuhr von Wasser in die heutigen Anbauregionen, können die Auswirkungen von Trockenperioden und Perioden mit Wasserknappeit abgeschwächt werden.

Durch Früherkennung von Engpässen bei der Wasserbeschaffung, strukturelle Anpassungen, geeignete Kommunikation sowie transparenten Kriterien für die Bewässerungsrechte können Konflikte vermieden werden. Der Kanton kann bei drohender Wasserknappeit effizient reagieren.

Mit RRB Nr. 736 vom 28. August 2012 wurde das Amt für Umwelt (AfU) beauftragt, gemeinsam mit anderen betroffenen Fachstellen, sowie unter Berücksichtigung der betroffenen Verbände und der Gemeinden, Vorschläge für den Umgang mit Wasserknappeit zu erarbeiten.

1 Grundlagen

1.1 Systemabgrenzung

Folgende Abbildung zeigt die häufigsten Problemfelder bei Wasserknappheit gemäss ‚Expertenbericht‘ [33]:

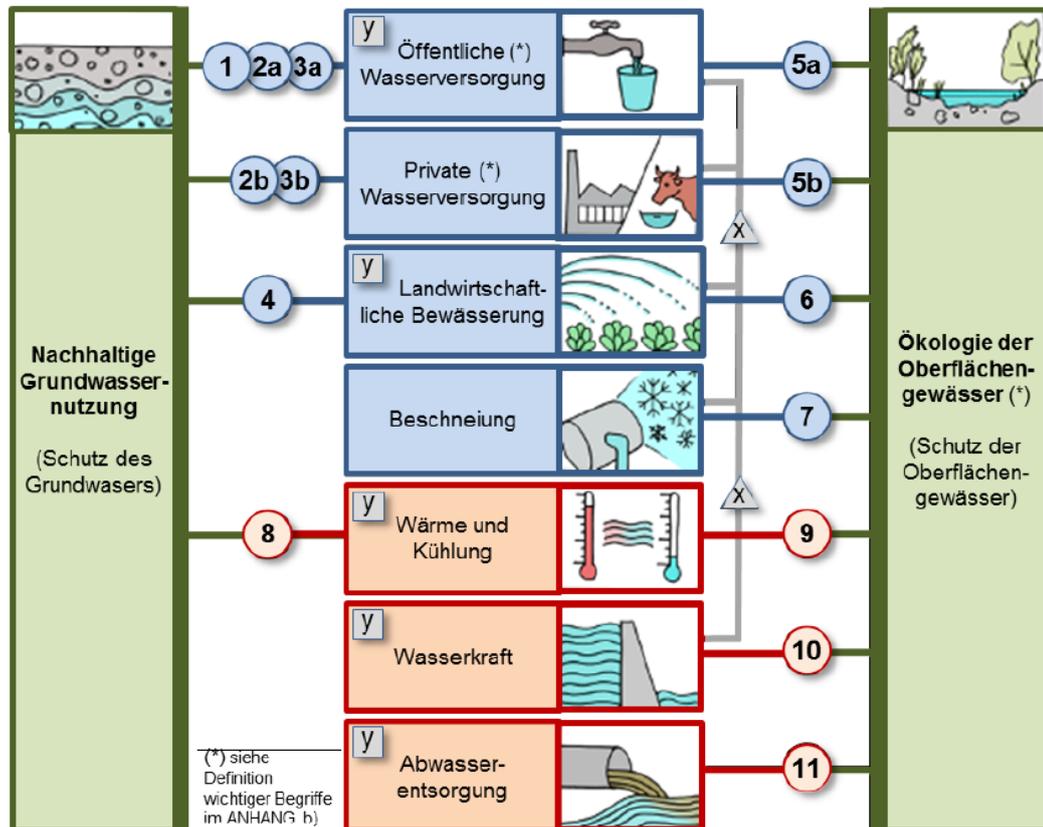


Abbildung 1: Die häufigsten Problemfelder bei Wasserknappheit, aus[33].

Das Projektteam hat sich auf die Bearbeitung der oben dargestellten Punkte wie folgt geeinigt.

Grundwasserschutz

Die Schutzzonen werden im Kanton Thurgau rechtskräftig ausgeschieden (Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998). Es sind keine zusätzlichen Areale zu schützen. Die Trinkwasserversorgung wird von D. Zimmer (AfU TG, Abt. Gewässerqualität /-nutzung) im Projekt ‚Übergeordnete Wasserversorgungsplanung‘ bearbeitet.

⇒ Keine weitere Bearbeitung

Versorgungssicherheit der öffentlichen Wasserversorgung

Bei Wasserknappheit steht die öffentliche Wasserversorgung in Konkurrenz mit anderen Wasser-Nutzern, insbesondere mit der Bewässerung. Die Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasser-Versorgung hat höchste Priorität. Dies ist im kantonalen Richtplan verankert [38]. Die Trinkwasserversorgung in Notlagen ist im Kanton Thurgau entsprechend umgesetzt.

⇒ Keine vertiefte Bearbeitung

Versorgungssicherheit der privaten Wasserversorgung, inkl. Brauchwasser

Die privaten Wasserversorgungen sind ein ‚Auslaufmodell‘ und mengenmässig nicht relevant. Sie werden im vorliegenden Projekt ausgeklammert.

Beim Brauchwasser gibt es Konzessionäre aus der Industrie mit sehr grossen Kontingenten, wobei die meisten das Wasser wieder in den Vorfluter zurückführen oder versickern. Eventuelle Konflikte sollen aufgezeigt werden. Eventuell sind Kriterien für die Einschränkung der Entnahmen nötig und die Betriebe werden bezüglich Infoplattform ebenfalls berücksichtigt.

⇒ Konflikte aufzeigen

Grundwasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung

Dies ist einer der Hauptpunkte für die Thurgauer Land- und Ernährungswirtschaft im Umgang mit Wasserknappheit.

⇒ Wird vertieft bearbeitet

Quellfassungen in Konkurrenz mit der Ökologie

Im Kanton Thurgau werden rund 33 Mio. m³/Jahr Trinkwasser aus Grund-, See- und Quellwasser gewonnen[9].

- Grundwasser 16 Mio. m³/Jahr (49 %)
- Seewasser 13 Mio. m³/Jahr (40 %)
- Quellwasser 4 Mio. m³/Jahr (11 %)

Mögliche Konflikte der Quellfassung mit der Ökologie oder sensiblen Lebensräumen werden im Kontext dieser Studie nicht vertieft betrachtet.

Entnahmen aus Oberflächengewässer für die landwirtschaftliche Bewässerung inkl. Seewasser-Entnahmen

Die ökologischen Folgen hängen von verschiedenen Faktoren ab (Wassertemperatur, Wassermenge, Dauer des Niedrigwassers). Zusammen mit der Jagd und Fischereiverwaltung soll abgeklärt werden, wo dies besonders relevant ist und wo sensible Regionen diesbezüglich bestehen.

- ⇒ Konflikte bezüglich Ökologie aufzeigen, keine weiteren Analysen
- ⇒ Bezüglich Wasserentnahme-Mengen und Restwasser (Q₃₄₇) wird dieser Punkt vertieft bearbeitet

Entnahmen für die Beschneidung

Beschneidungsanlagen haben im Kanton Thurgau keine Relevanz.

⇒ Keine weitere Bearbeitung

Nutzungen mit Rückgabe

Diese Nutzungen können qualitative Veränderungen des Wassers zur Folge haben (Temperaturerhöhungen, Schadstoffbelastungen, etc.). Die Restwasserstrecken bei Wasserkraftwerken sind im Thurgau stellenweise über 1 km lang. Auf diesen Strecken werden keine Entnahme-Konzessionen erteilt.

Eventuell sind auch für die Wasserkraft Einschränkungen bei Wasserknappheit nötig.

⇒ Konflikte aufzeigen

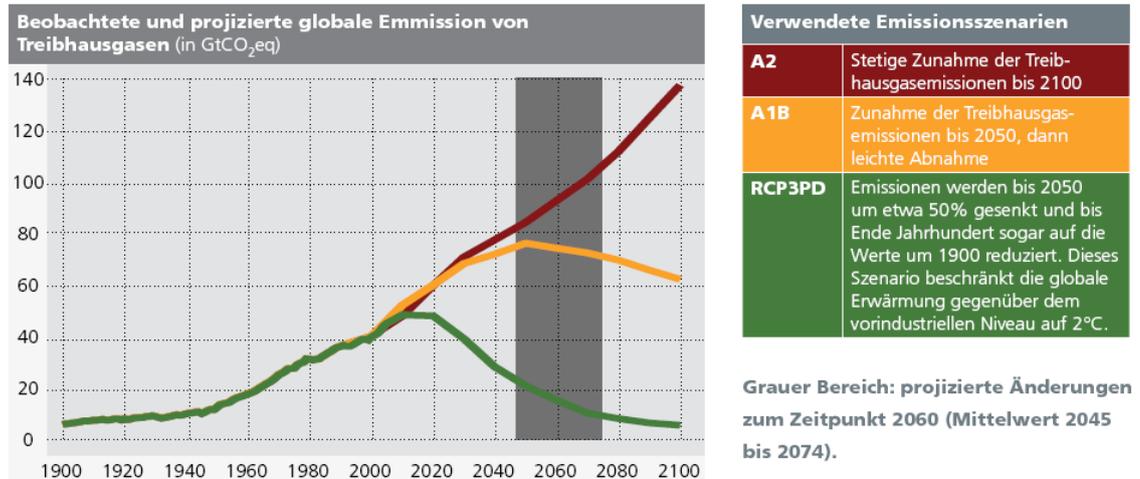


Abbildung 2: Emissionsszenarien gemäss [45]

1.2 Klimaszenarien

Die Situation und der Bewässerungsbedarf sollen für ein Normaljahr sowie für ein Extremjahr heute und im Jahre 2060 aufgezeigt werden. Es ist gemäss dem Projekt CH2011 [26] zu erwarten, dass das Klima in der Schweiz im Laufe des 21. Jahrhunderts signifikant vom heutigen Zustand abweichen wird. Die mittleren Niederschlagsmengen im Sommer dürften überall in der Schweiz abnehmen.

Die für das vorliegende Projekt verwendeten Klimaszenarien basieren auf den Aussagen von CH2011. Es wird dabei auf das Emissionsszenario A1B abgestützt, welches ein mittleres Szenario darstellt (Abbildung 2) und für welches das Projekt CH2011 die besten Datengrundlagen liefert [50].

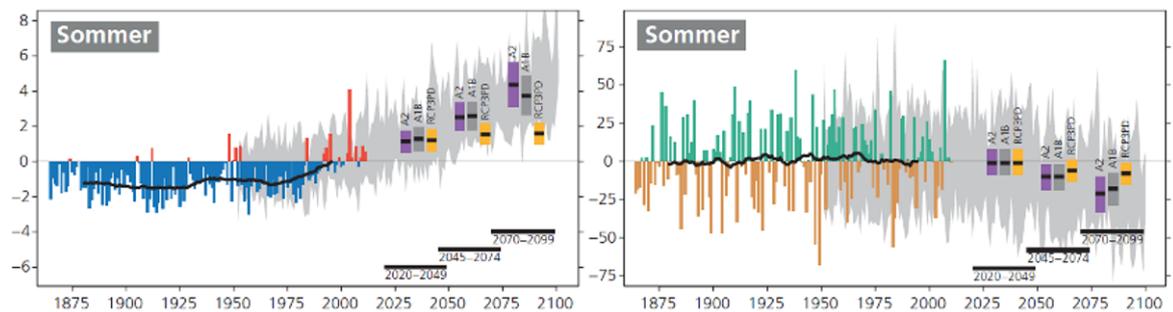


Abbildung 3: Swiss Climate Change Scenarios CH2011 [27]

Die Modellierungsergebnisse in Abbildung 3 zeigen die Tendenz der Klimaänderungssignale für die Temperatur und den Niederschlag. Die schwarze Linie zeigt den Mittelwert der 10 Modelketten (farbige Linien). Der graue Bereich widerspiegelt die Standardabweichung der natürlichen Variabilität. Eine generelle Erwärmung bis ins Jahr 2060 um 1.1 bis 3.4 °C wird als wahrscheinlich angenommen [45]. Niederschlagsänderungen sind sehr unsicher. Wie in Abbildung 3 gezeigt ist im Sommer tendenziell mit einer deutlichen Abnahme zu rechnen [45].

«Normaljahr heute» (Referenz)

In der Praxis und bei Umfragen (siehe auch Kapitel 2) zeigte sich, dass es kein bestimmtes Durchschnitts-Jahr gibt. Es wird deshalb in Anlehnung an die Berechnung des Bewässerungsbedarfs von verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturen [50] als Referenz

und Normaljahr der Durchschnitt der MeteoSchweiz Beobachtungen der Referenzperiode von 1981 – 2010 verwendet.

In der Nomenklatur von Smith und Fuhrer entspricht dies dem Szenario «Ref» [32].

«Eher trockener Sommer 2060 / Mittlerer Sommer Ende Jahrhundert» (Trocken)

Für den Kanton Thurgau war das Jahr 2003 ein extremes Trockenjahr. Es wurde ein Sonderstab gebildet und schliesslich ein allgemeines Verbot von Wasserentnahmen aus Oberflächengewässer erlassen. Nach dem heutigen Stand des Wissens entspricht der Sommer 2003 bezüglich Wasserbedarf und Wasserdargebot ungefähr einem mittleren Sommer gegen Ende des Jahrhunderts, was zum Beispiel anhand der Abbildung 3 begründet werden kann:

- Die mittlere Lufttemperatur im Sommer 2003 liegt etwa in dem Bereich der modellierten Lufttemperatur gegen Ende des Jahrhunderts unter dem Szenario A1B (Abbildung 3). Die Lufttemperatur beeinflusst die Pflanzenverdunstung und somit massgeblich den Pflanzenwasserbedarf.
- Bezüglich Wasserdargebot im Sommerhalbjahr sind die Sommerniederschläge und das Wasserdargebot aus der Schneeschmelze entscheidend. Die Niederschläge im Sommerhalbjahr 2003 lagen ungefähr 40% unter dem langjährigen Mittel. Das Sommerhalbjahr 2003 ist diesbezüglich also etwas pessimistischer als das Emissionsszenario A1B gegen Ende des Jahrhunderts (Abbildung 3). Im Vergleich zum Jahr 2003 wird der fortschreitende Klimawandel allerdings zusätzlich zu einem Anstieg der Schneefallgrenze führen, was zu einer zusätzlichen Abnahme des Wasserdargebots im Frühling und Frühsommer führen wird. Insgesamt wird im Sommerhalbjahr gegen Ende des Jahrhunderts somit auch ein ähnliches Wasserdargebot wie im Sommer 2003 erwartet.

Wie die Abbildung 3 weiter zeigt, entspricht das Sommerhalbjahr 2003 für die mittlere Zukunft (2045 – 2074) nach dem heutigen Stand des Wissens einem eher trockenen Sommer und erst gegen Ende des Jahrhunderts ungefähr einem durchschnittlichen. Mit Hilfe von Messungen und Modellierungen aus dem Jahr 2003 wird somit für einen mittleren Sommer gegen Ende des Jahrhunderts geschlossen, was gleichzeitig einem eher trockenen Sommer 2060 entspricht.

Für die Verbrauchsmodellierung wird das Szenario «CCmax» [32] von Smith und Fuhrer angewendet, was einem trockenen Sommer um 2060 entspricht. Dieses verwendet die auf dem A1B Emissionsszenario basierende Klimamodellkette ETHZ-HadCM3Q0-CLM.

«Extremjahr 2060» (‚Szenario 4014‘ / Extrem)

Zusammen mit den Änderungen der mittleren Temperaturen und des mittleren Niederschlags ist auch eine Änderung im Charakter von Extremereignissen zu erwarten. Es ist von häufigeren, intensiveren und länger anhaltenden Wärmeperioden und Hitzewellen im Sommer auszugehen [26]. Das verwendete Extremjahr ist eine Kombination aus den Jahren 2003 (warm-trockener Sommer) und 2011 (trockener Frühling) [50]. Es wird deshalb als ‚Szenario 4014‘ (Summe von 2003 + 2011) bezeichnet.

Im ‚Szenario 4014‘ wird für jeden Monat der jeweils schlechteste Parameter von 2003 und 2011 angenommen (tiefster Grundwasserstand, kleinste Wasserführung, höchste Temperatur, etc.). Es geht nicht um präzise, wahrscheinliche Entwicklungen, sondern um ein fiktives Szenario. Es geht darum abzuschätzen, wie die Ressourcen bei bestimmten Ereignissen reagieren könnten, nicht um eine Zukunftsprognose [50]. Durch die Synthese der Monate aus verschiedenen Jahresläufen kann es teilweise zu überraschenden und unerwarteten Effekten kommen. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die

„Vorgeschichte“ der Monate beim Zusammenfügen der Monate aus 2003 und 2011 nicht berücksichtigt wird und es so zu unerwarteten Sprüngen in den Werten kommen kann. In der Nomenklatur von Smith und Fuhrer entspricht dies dem Szenario «Extrem» [32].

1.3 Sozioökonomisches und demographisches Szenario

1.3.1 Bevölkerungsentwicklung

Gemäss der kantonalen Bevölkerungsstatistik zählten Ende 2015 266'510 Personen zur ständigen Wohnbevölkerung im Kanton Thurgau [40] (.).

Im Zusammenhang mit der Bevölkerungsentwicklung wurden vom Bundesamt für Statistik (BfS) drei neue Grundscenarien erstellt. Gemäss mittlerem Bevölkerungsszenario / Referenzszenario (A-00-2015) nimmt die gesamtschweizerische Bevölkerung zwischen 2015 und 2025 um durchschnittlich 0.9 %, zwischen 2025 und 2035 um 0.7 % und zwischen 2035 und 2045 um 0.3 % pro Jahr zu, was für den Zeitraum von 2015 bis 2045 einem mittleren Zuwachs von 0.7 % entspricht [13]. Gemäss dem „mittleren“ Szenario des BfS [12][1] nimmt die ständige Thurgauer Wohnbevölkerung bis ins Jahr 2035 somit auf rund 286'713 Personen zu [12].

Das stärkste Wachstum zeigen die Bezirke Arbon und Kreuzlingen, das tiefste der Bezirk Weinfelden. Analog der gesamtschweizerischen Entwicklung [1] wird angenommen, dass es auch im Kanton Thurgau nach 2050 zu einer Stabilisation der Bevölkerungszahl kommt (vgl. RRB Nr. 560). Somit dürfte die ständige Wohnbevölkerung bis ins Jahr 2060 nur noch in geringem Masse zunehmen, so dass für alle Auswirkungsbereiche dieses Projekts keine grösseren Einflüsse aufgrund der Bevölkerungsveränderung zu erwarten sind.

1.3.2 Veränderung in der Flächennutzung

Der Kanton Thurgau ist landwirtschaftlich geprägt: Über die Hälfte der Kantonsfläche (52 %) wird von der Landwirtschaft genutzt, hauptsächlich für den Acker- und Futterbau [39]. Etwa ein Fünftel (21 %) des Kantons Thurgau ist bewaldet oder mit Büschen bedeckt und gut ein Achtel (14 %) der Kantonsfläche gilt als unproduktive Fläche, worin der Bodensee den grössten Teil einnimmt (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Landnutzung im Kanton Thurgau (heute) gemäss Bundesamt für Statistik, Datenstand 4.12.2014

Die **Siedlungsfläche** beansprucht im Kanton Thurgau einen Anteil von 12 %. Das Siedlungsflächenwachstum hat sich in den vergangenen Jahren leicht abgeschwächt. Zwischen den Jahren 1996 und 2008 hat die Siedlungsfläche jährlich um durchschnittlich 101 Hektaren zugenommen. Dies auf Kosten der **Landwirtschaftsfläche**, welche im Kanton Thurgau jährlich um rund 100 Hektaren abgenommen hat. Die landwirtschaftliche Nutzfläche im Kanton Thurgau umfasste 2015 insgesamt 49'644 Hektaren [41].

Wenn man davon ausgeht, dass sich die bisherige Entwicklung fortsetzen würde, könnte die landwirtschaftliche Nutzfläche im Kanton Thurgau bis in das Jahr 2060 auf ca. 45'000 Hektaren abnehmen. Aufgrund des revidierten Raumplanungsgesetzes, wird sich die bisherige Entwicklung allerdings kaum noch in gleichem Masse fortsetzen. Die Ausdehnung des Siedlungsgebietes wird bedeutend weniger ausgeprägt sein.

1.3.3 Veränderung der Wirtschaftsstruktur

Zum heutigen Zeitpunkt sind im Kanton Thurgau die Land- und Forstwirtschaft (6 % der Beschäftigung) und der industriell-gewerbliche Sektor (36 %) deutlich stärker vertreten als im Schweizer Schnitt. Mehr als jeder zweite Beschäftigte im Kanton Thurgau arbeitet im Dienstleistungssektor.

Die Beschäftigung im landwirtschaftlichen Sektor nahm zwischen 2005 und 2013 ab [39].

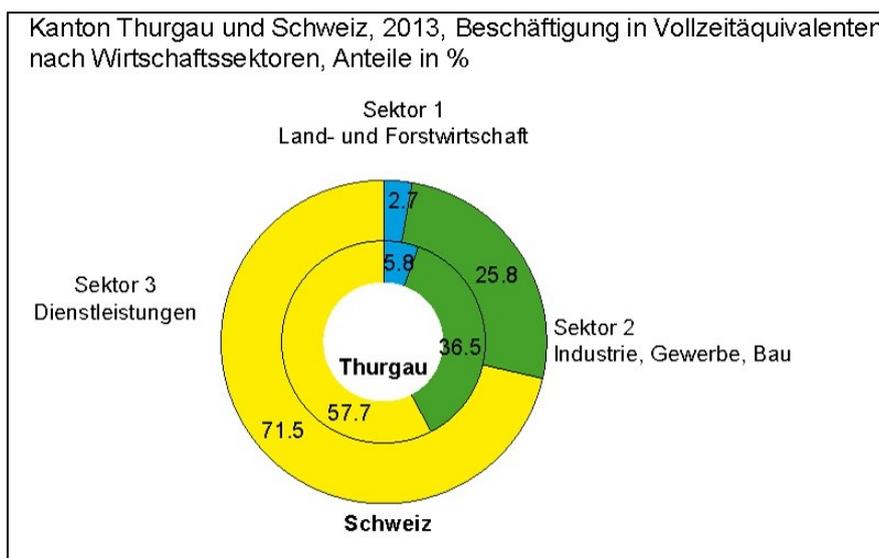


Abbildung 5: Beschäftigung nach Wirtschaftssectoren, Schweiz und Kanton Thurgau gemäss Bundesamt für Statistik, Datenstand 18.08.2015

1.3.4 Annahmen für 2060

Aufgrund der obig beschriebenen sozioökonomischen und demographischen Szenarien werden bezüglich der zu erwartenden Veränderungen im Kanton Thurgau eine Reihe von Annahmen getroffen (vgl. Tabelle 1).

Thematik	Szenario / Erkenntnis	Getroffene Annahme
Bevölkerungsentwicklung	Bevölkerungswachstum bis ca. 2050, danach Stagnation	Bedarf an landwirtschaftlichen Produkten im Kanton wird sich bis 2060 leicht erhöhen und danach stagnieren
Flächennutzung	Jährlich nimmt die Landwirtschaftsfläche im Kanton Thurgau um ca. 20 Hektaren ab	Die zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Nutzfläche wird bis 2060 stetig abnehmen
Wirtschaftsstruktur	Abnehmende Beschäftigung im landwirtschaftlichen Sektor zwischen 2005 und 2013	Beschäftigung im landwirtschaftlichen Sektor wird bis 2060 weiterhin abnehmen

Tabelle 1: Übersicht Szenarien und getroffene Annahmen für den Kanton Thurgau

Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass im Jahr 2060 die Schweizer Landwirtschaft in ähnlichem Masse Unterstützungsbeiträge und Direktzahlungen erhält.

Aufgrund der beschriebenen Szenarien kann angenommen werden, dass die zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Nutzfläche weiterhin abnehmen und der Bedarf an landwirtschaftlichen Produkten aufgrund des Bevölkerungswachstums leicht zunehmen wird.

Aufgrund der relativ grossen Unsicherheiten im Zusammenhang mit der künftigen Entwicklung (Intensivierung der Bewirtschaftung, Verbesserung der Bewässerungstechnologien, Veränderung der Nutzungen, usw.) ist es schwierig, künftige Veränderungen beim Bewässerungsbedarf bis 2060 abzuschätzen. Um zumindest eine Tendenz der Entwicklungen festzustellen, wurde in Zusammenarbeit mit Vertretern aus der Landwirtschaft des Kantons Thurgau ein Szenario «Trockenheit und Landwirtschaft im Jahr 2060» erarbeitet. Dieses wird im Kapitel 1.4 beschrieben.

1.4 Landwirtschaft im Jahr 2060

Um den Zustand im Jahr 2060 bezüglich Trockenheit und Landwirtschaft abschätzen oder zumindest einen groben Trend erkennen zu können, wurden die Vertreter der Verbände (Obst, Gemüse, Beeren, Ackerbau, Grasland) mittels eines Fragebogens befragt.

Inhalt des Fragebogens waren folgende Themen:

- Entwicklung der Nutzung
- Bewässerungstechnologien
- Veränderungen bei den bewässerten Kulturen
- Marktsituation

Die fünf von den Befragten ausgefüllten Fragebögen wurden ausgewertet. Die Resultate der Auswertung werden im Folgenden zusammengefasst.

1.4.1 Allgemeine Entwicklung

Zur Frage, welche Entwicklungen bzw. Veränderungen in der Landwirtschaft im Kanton Thurgau in den nächsten 45 Jahren im Zusammenhang mit der zunehmenden Trockenheit erwartet werden, wird oft erwähnt, dass der Bewässerungsbedarf aufgrund des zu erwartenden Klimawandels zunehmen wird. Insbesondere wird dies die intensiven Kulturen wie Gemüse, Beeren oder Obst betreffen. Auch Grasland wird vermehrt bewässert werden müssen.

Die Befragten sind aber mehrheitlich davon überzeugt, dass bis 2060 Fortschritte bei den Bewässerungstechnologien gemacht werden und somit zunehmend intelligenter und effizienter bewässert wird.

Ebenfalls wird angenommen, dass der Anbau von weniger wasserbedürftigen Kulturen (wie bspw. Mais, Soja und Getreide) und neuer, dem Klima angepasster Kulturen zunehmen wird.

1.4.2 Entwicklung der Nutzung

Im Folgenden werden die erwartenden Veränderungen je Nutzung beschrieben.

Gemüseanbau

Das befragte Gremium ist sich einig, dass der Gemüseanbau in Zukunft zunehmen wird. Dies unter der Voraussetzung, dass die entsprechende Infrastruktur verfügbar ist.

Die Zunahme der Gemüseanbauflächen wird voraussichtlich auf Kosten der Ackerbau- und Graslandflächen stattfinden.

Beeren

Die Anbauflächen der Beeren werden eher zunehmen.

Obst

Der Obstanbau wird im Jahr 2060 vermutlich stagnierend sein, da der Markt gesättigt ist und die Anbauflächen nicht ausgebaut werden können, da bereits genügend Produktion vorhanden ist.

Ackerbau

Über die zu erwartenden Veränderungen im Ackerbau sind sich die Befragten uneins. Die Mehrheit der Befragten geht von einer abnehmenden Anbaufläche aus, in der Annahme, dass sinkende Erzeugerpreise den Anbau von Ackerfrüchten reduzieren werden. Vereinzelt wird die Annahme vertreten, dass aufgrund des zunehmenden Nebenerwerbs in der Landwirtschaft der Ackerbau an flächenmässiger Bedeutung gewinnen wird.

Grasland

Auch im Zusammenhang mit dem Grasland gehen die Ansichten der Befragten etwas auseinander. Mehrheitlich gehen die befragten Verbandsvertreter davon aus, dass die Anbauflächen stagnieren werden. Die Umstellung auf extensivere Tierhaltung wird zwar mehr Grasland benötigen, bei einer sich reduzierenden Tieranzahl kann trotzdem eine Stagnation der Fläche erwartet werden.

Einer der Befragten ist der Ansicht, dass die Anbauflächen beim Grasland abnehmen werden.

Zusammenfassung

Zum heutigen Zeitpunkt nehmen die Kulturen in etwa folgenden Anteil an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche ein [23]:

- Beeren: ca. 0.5 %
- Gemüse: ca. 2 %
- Obst: ca. 5 %
- Ackerbau: ca. 30 %
- Grasland: ca. 60 %

Auch in Zukunft werden im Kanton Thurgau flächenmässig Ackerbau und Graswirtschaft vorherrschend sein. Die Spezialkulturen (Beeren, Obst und Gemüse) werden jedoch stark an Bedeutung gewinnen.

1.4.3 Bewässerungstechnologien

Im Zusammenhang mit der Entwicklung der Bewässerungstechnologien gehen die Befragten davon aus, dass die Bewässerung in erster Linie effizienter und wassersparender funktionieren wird. Die Festlegung des Bewässerungsbedarfs der einzelnen Kulturen wird vermehrt mit Messinstrumenten festgestellt und per Datenfernübertragung an den Landwirten übermittelt. Ebenfalls werden sich die Auffangbecken für Regenwasser und die Aufbereitung verbessern. Auf diese Weise kann in Zukunft zielgerichteter und mit minimalem Verlust bewässert werden.

Auf die Frage, bei welchen Nutzungen die stärkste Entwicklung bezüglich Bewässerungstechnologien zu erwarten sind, gehen die Meinungen auseinander. Während die eine Hälfte der Befragten die grösste Entwicklung im Bereich Ackerbau und Grasland erwartet, gehen die anderen davon aus, dass die Bewässerungstechnologien insbesondere im Bereich der Beeren- und Obstnutzungen weiterentwickelt werden. Für die verstärkte Forschung und Entwicklung im Bereich Ackerbau / Grasland spricht, dass es sich dabei um Kulturen handelt, welche bis anhin noch nicht im grossen Stil bewässert wurden und ein grosser Markt vorhanden ist. Eine grosse Rolle dabei wird die Speicherung des Wassers (bspw. in Form von Weiher oder Becken) spielen. Die Bewässerungstechnologien im Bereich Beeren und Obst sind bereits sehr gut entwickelt, weswegen kaum noch Neuerungen erwartet werden.

Die Antworten zeigen, dass im Zusammenhang mit der künftigen Entwicklung der Bewässerungstechnologien noch grosse Unsicherheiten bestehen.

Ziemlich einig ist man sich hingegen bei der Frage, ob damit zu rechnen ist, dass im Jahr 2060 die bestehenden Systeme auch bei Kulturen, welche heute noch mit herkömmlichen Techniken bewässert werden (bspw. Gemüse, Ackerbau), durch neue, effizientere Bewässerungssysteme ersetzt werden. Dies wird gemäss Ansicht der Befragten wahrscheinlich der Fall sein.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Entwicklungen im Bereich der Bewässerungstechnologien ein Trend hin zu einer „intelligenten“ Bewässerung mit minimalem Wasserverlust erwartet werden. Bei welchen Nutzungen diese Entwicklung vorrangig voranschreiten wird, ist schwierig abzuschätzen. Man ist sich aber einig, dass die Speicherung von Wasser, beispielsweise in Form von Speicherseen, eine grössere Rolle spielen sollte und voraussichtlich auch wird. Die Bewilligungspraxis ist dahingehend zu verbessern. In Zukunft ist auch ein gesteigerter Anbau von Gemüse in Gewächshäusern denkbar, allenfalls auch in Kombination mit dem Einsatz neu verfügbarer, effizienter Beleuchtungstechnologie.

1.4.4 Veränderungen bei den zu bewässernden Kulturen

Bei anhaltender Tendenz zu trockeneren Sommern ist zu erwarten, dass auch Kulturen künstlich bewässert werden müssen, die heute ohne Bewässerung auskommen. Im Extremfall könnte erst die Bewässerung eine ausreichende Ertragshöhe oder die Ernte an sich ermöglichen. Ernteauffälle können für Landwirte generell eine existentielle Bedrohung darstellen.

Folgende Kulturen müssen gemäss Ansicht der Befragten voraussichtlich im Jahr 2060 ebenfalls bewässert werden:

- Kartoffeln (werden bereits heute schon oft bewässert)
- Mais (wird auch bereits heute bewässert)
- allgemeines Industrie-Gemüse wie Erbsen und Bohnen

- Sonnenblumen
- Zuckerrüben
- Kernobst
- Grasland

1.4.5 Marktsituation

Es wird davon ausgegangen, dass bis in das Jahr 2060 der Bedarf an landwirtschaftlichen Produkten unabhängig vom Bevölkerungswachstum etwa gleich bleiben oder allenfalls etwas zunehmen wird. Der Trend hin zu frischen Produkten und die Zusammensetzung des Einkaufskorbes wird sich voraussichtlich verändern: weniger Fleisch, weniger Getreide, mehr Gemüse und Früchte.

Die Frage, ob in Zukunft der Bedarf an landwirtschaftlichen Produkten vermehrt über Produkte aus dem Ausland abgedeckt wird, ist schwierig zu beantworten und hängt wohl stark von der Preisentwicklung ab. Wenn die Preissituation identisch bleibt, dann wird der Trend eher wieder auf inländische Produkte fallen und der Konsument wird lokal produzierte Lebensmittel bevorzugen. Zudem wird entscheidend sein, wie der Konsument über die Produktionsart informiert wird. Frische Produkte mit hoher Wertschöpfung aus der Schweiz werden voraussichtlich auch in Zukunft einen hohen Stellenwert geniessen.

2 Daten-Erhebung ‚Walter will es wissen‘

2.1 Problemstellung

Entsprechend eines Postulats von Hansjörg Walter vom Juni 2010 hat der Bundesrat einen Bericht zu den zukünftigen Herausforderungen bezüglich Wasser und Landwirtschaft verabschiedet. Das Problem der zunehmenden Wasserknappheit, welches jedoch regional und saisonal begrenzt auftritt, soll durch vorausschauende Planung und einzugsgebietsbezogene Betrachtung angegangen werden. Um präventive Massnahmen umsetzen zu können, müssen das Wasserangebot und der Wasserbedarf bekannt sein. Zu den Grundlagen gehört auch eine Erhebung bei den Landwirtschaftsbetrieben, um herauszufinden, wie viel Wasser sie saisonal für die Bewässerung ihrer Kulturen brauchen, das heisst wieviel Wasser aus Oberflächengewässern und / oder Grundwasser entnommen wird.

2.2 Arbeitsschritte und Methodik

Um die obig beschriebene Fragestellung zu beantworten, wurden die zum heutigen Zeitpunkt in der Landwirtschaft für die Bewässerung genutzten Wassermengen in Form von stichprobearartigen Befragungen bei den Landwirten erhoben.

Es war geplant, pro definierter landwirtschaftlicher Region 3 bis 5 repräsentative Bauernbetriebe, welche eine Konzession zur Bewässerung haben, zu befragen. Folgende Daten sollten monatsweise eingeholt werden:

- Geförderte Wassermengen in m^3 / Monat.
- Wann wird gefördert? Auswahl: Nachts 22.00-4.00 Uhr, Morgens 4.00-10.00 Uhr, Mittags 10.00-16.00 Uhr, Abends 16.00-22.00 Uhr
- Maximale Tagesfördermenge in m^3 / Tag je Monat für ein Normaljahr und ein Trockenjahr.
- Minimale Tagesfördermenge in m^3 / Tag je Monat für ein Normaljahr und ein Trockenjahr.
- Steht in normalen Jahren genügend Wasser zur Bewässerung zur Verfügung? (Ja/Nein) Wenn Nein: Wie oft (Anz. / Jahr), wie lange (Anzahl Tage) und wie viel fehlen (m^3 / Tag)?
- Reicht das konzessionierte Wasser in Normaljahren und Trockenjahren zur ausreichenden Bewässerung?
- Steht in Normaljahren und Trockenjahren theoretisch genügend Wasser (unabhängig von der Konzession) zur Bewässerung zur Verfügung?
- Wassersituation in Trockenjahren am Beispiel vom Sommer 2003
- Zeiten an denen der Bedarf nicht gedeckt werden konnte
 - Wann und wie lange (Startdatum, Anzahl Tage)
 - Wie viel konnte noch gepumpt werden (m^3 / Tag)
 - Wie viel wäre eigentlich nötig gewesen? (m^3 / Tag)
 - Welche Schäden/Probleme sind dadurch entstanden? (Qualitativ, Schäden in CHF)

Im Rahmen eines dafür einberufenen Workshops mit den Vertretern der Verbände (Obst, Gemüse, Beeren, Ackerbau, Grasland) wurde jedoch schnell klar, dass eine solche

Detailbefragung der Landwirte kein befriedigendes Resultat erbringen würden, da die Landwirte die Zahlen üblicherweise nicht in diesem Detailierungsgrad dokumentieren. Der Versand des angedachten Fragebogens erwies sich daher als nicht zielführend. Als Alternative einigte man sich im Rahmen des Workshops darauf, dass je Hauptkultur (sprich Obst, Gemüse, Beeren und Ackerbau) der jährliche Wasserverbrauch in einem „Normaljahr“, in einem nassen Jahr und in einem Trockenjahr ermittelt werden soll. Die Verbandsvertreter erklärten sich in der Folge bereit, die erforderlichen Daten zu liefern. In der Tabelle 2 ist ersichtlich, in welcher Form die vorliegenden Zahlen erhoben wurden:

Flächennutzung	Verbandsvertreter	Art und Weise der Erhebung
Beeren	Philipp Engel, Präsident Beerenpflanzler VTB	Abschätzung aufgrund der Durchschnittszahlen über mehrere Jahre, Hochrechnung auf gesamte Kantonsfläche
Gemüse	Hans Ott, Präsident Gemüseproduzenten GVTS	Befragung von 5 repräsentativen Betrieben, Hochrechnung auf gesamte Kantonsfläche
Obst	Edwin Huber, ehemaliger Präsident Obstverband TOV	Daten stützen sich auf einen Produzenten, der sehr genau und gewissenhaft alles dokumentiert für die Bewässerung von Äpfel, Birnen und Kirschen Verifizierung der Zahlen mit Vertreter des BBZ Arenenberg Hochrechnung auf gesamte Kantonsfläche
Ackerbau	Silvan Ziegler, Verband Thurgauer Landwirtschaft VTL	Befragung von 5 repräsentativen Betrieben, Hochrechnung auf den ganzen Kanton Thurgau
Grasland	--	Keine quantitative Erhebung, da angenommener Verbrauch gering ist

Tabelle 2: Zusammenstellung zu Art und Weise der Datenerhebung

2.3 Resultat

Die gesammelten und ermittelten Zahlen wurden in der Folge in einer Übersicht zusammengestellt und nach einem heutigen «Durchschnittsjahr», einem heute vorkommenden eher feuchten Jahr («Minimaljahr») und den heute bekannten Trockenjahren («Maximaljahr») geordnet (siehe Abbildung 6).

Ebenfalls sind in der Übersicht je Kultur weitere Informationen wie Anbaufläche, bewässerte Fläche, bewässerten Kulturen, Angaben zu den Jahren und zur Sensitivität (wie empfindlich reagieren die Kulturen auf Wassermangel / Bewässerungsbedarf) vermerkt.

Mangels Informationen, wird bei der Hochrechnung, von gleichbleibenden bewässerten Flächen für die drei Szenarien ausgegangen.

Der scheinbare Widerspruch, dass die bewässerte Fläche für die Nutzungsart Gemüse die Anbaufläche übersteigt, ist darin begründet, dass nach früh geernteten Kulturen wie Gerste, Weizen oder Raps oft noch Gemüse angebaut wird. Erstere Kultur gilt nach üblicher Definition als Hauptkultur und diese wird in diesem Fall, im Gegensatz zum Gemüse, in der Regel nicht bewässert. [8].

	Flächennutzung	Anbaufläche total [ha] <small>Quelle: LwA Kt. TG + BBZ Arenenberg (2015)</small>	bewässerte Fläche [ha] <small>Quelle: LwA Kt. TG + BBZ Arenenberg (2015)</small>	bewässerte Kulturen	Verbrauch in [m ³ /ha]	Jahre	Hochrechnung Bewässerungsbedarf ganzer Kanton [m ³]	Sensitivität
Durchschnittsjahr	Beeren	149	149	Erdbeeren, Strauchbeeren (Freiland, Tunnels)	700		105'000	hoch (weil viele Kulturen gedeckt)
	Gemüse	900	1400	div.	950	2010, 2011, 2012, 2013	1'330'000	mittel
	Obst	1'495	160	Äpfel, Birnen, Kirschen	100	2004, 2007, 2010	16'000	hoch (insbesondere Kirschen)
	Ackerbau	17'474	1'000	hauptsächlich Kartoffeln, auch Erbsen, Bohnen, Spinat, Chicorée, Zuckerrüben, selten Weizen, Mais, Getreide	550	2013, 2014	550'000	mittel
	Grasland				wenig			gering (nur in Notsituationen, dann aber viel)
	Gesamter Bewässerungsbedarf Kanton Thurgau (alle Kulturen)							2'001'000
Minimaljahr	Beeren	149	149	Erdbeeren, Strauchbeeren (Freiland, Tunnels)	650		97'500	hoch (weil viele Kulturen gedeckt)
	Gemüse	900	1400	div.	500	1996, 2013, 2012	700'000	mittel
	Obst	1'495	160	Äpfel, Birnen, Kirschen	50	2013	8'000	hoch (insbesondere Kirschen)
	Ackerbau	17'474	1'000	hauptsächlich Kartoffeln, auch Erbsen, Bohnen, Spinat, Chicorée, Zuckerrüben, selten Weizen, Mais, Getreide	100	2010, 2012, 2013	100'000	mittel
	Grasland				wenig			gering (nur in Notsituationen, dann aber viel)
	Gesamter Bewässerungsbedarf Kanton Thurgau (alle Kulturen)							905'500
Maximaljahr	Beeren	149	149	Erdbeeren, Strauchbeeren (Freiland, Tunnels)	800		120'000	hoch (weil viele Kulturen gedeckt)
	Gemüse	900	1400	div.	1'500	2003, 2011, 2012	2'100'000	mittel
	Obst	1'495	160	Äpfel, Birnen, Kirschen	250	2003	40'000	hoch (insbesondere Kirschen)
	Ackerbau	17'474	1'000	hauptsächlich Kartoffeln, auch: Erbsen, Bohnen, Spinat, Chicorée, Zuckerrüben, selten Weizen, Mais, Getreide	1'100	2003, 2011, 2013, 2014	1'100'000	mittel
	Grasland				wenig			gering (nur in Notsituationen, dann aber viel)
	Gesamter Bewässerungsbedarf Kanton Thurgau (alle Kulturen)							3'360'000

Abbildung 6: Übersicht Auswertung Bewässerungsbedarf Kanton Thurgau gemäss Umfrage

Die Daten aus der Umfrage zu ‚Walter will es wissen‘ konnten aufgrund ihres ungenügenden Detaillierungsgrades nicht für die weiteren Analysenschritte zur Ermittlung des Verbrauchs beigezogen werden. Die Auswertung stellt jedoch trotzdem eine wichtige Grundlage dar und dient in der Folge für die Verifikation der in den folgenden Arbeitsschritten ermittelten Zahlen zum Bedarf. Zudem können weitere wichtige Erkenntnisse aus der Erhebung gezogen werden. Dies betrifft einerseits die Datengrundlage: Da die Daten nicht im gewünschten Detaillierungsgrad vorlagen, musste die Vorgehensweise im Projekt entsprechend angepasst werden. Als neuer Ansatz wird eine Modellierung (siehe 3.4.2) gewählt. Eine in Zukunft bessere Dokumentation der Verbrauchszahlen seitens der Landwirte ist aufgrund der neuen Erkenntnisse notwendig.

Die Resultate aus der Umfrage zu ‚Walter will es wissen‘ stellen aufgrund ihrer Praxisnähe auf jeden Fall eine wichtige Grundlage für weitere Analysen dar.

3 Regionen

Das lokal vorkommenden Grundwasser und die Oberflächengewässer sind wichtige Bezugsorte für die heute eingerichteten landwirtschaftlichen Bewässerungssysteme. In den Trockensommern 1976 und 2003 hat sich gezeigt, dass es bei der Wassernutzung zu Engpässen kommen kann. Um eine Situationsanalyse zum Wasserdargebot und Wasserverbrauch machen zu können, wird eine Übersicht der Dargebots- und Nutzungsverhältnisse benötigt. Die Situation soll in einem Durchschnittsjahr sowie in einem Extremjahr (z.B. 2003) aufgezeigt werden. Es werden dazu die Oberflächengewässer (Flüsse, See, Bäche, Weiher) sowie das Grundwasser in die Untersuchung mit einbezogen.

Für die einzelnen Planungsgebiete (siehe Kapitel 3.1) wurde ermittelt, wo wie viel Wasser für die Landwirtschaft verfügbar ist und wo wie viel zur Bewässerung von Kulturen benötigt wird. Dies wurde zum einen für den heutigen Zustand ermittelt, zum anderen für den Zustand im Jahr 2060 prognostiziert.

Um den Zustand für das Jahr 2060 abzuschätzen, sind neben den Klimaszenarien auch die zu erwartenden sozioökonomischen und demographischen Veränderungen zu berücksichtigen. Die getroffenen Annahmen bezüglich der Klimaszenarien und der sozioökonomischen und demographischen Veränderungen werden im Kapitel 1.3 beschrieben.

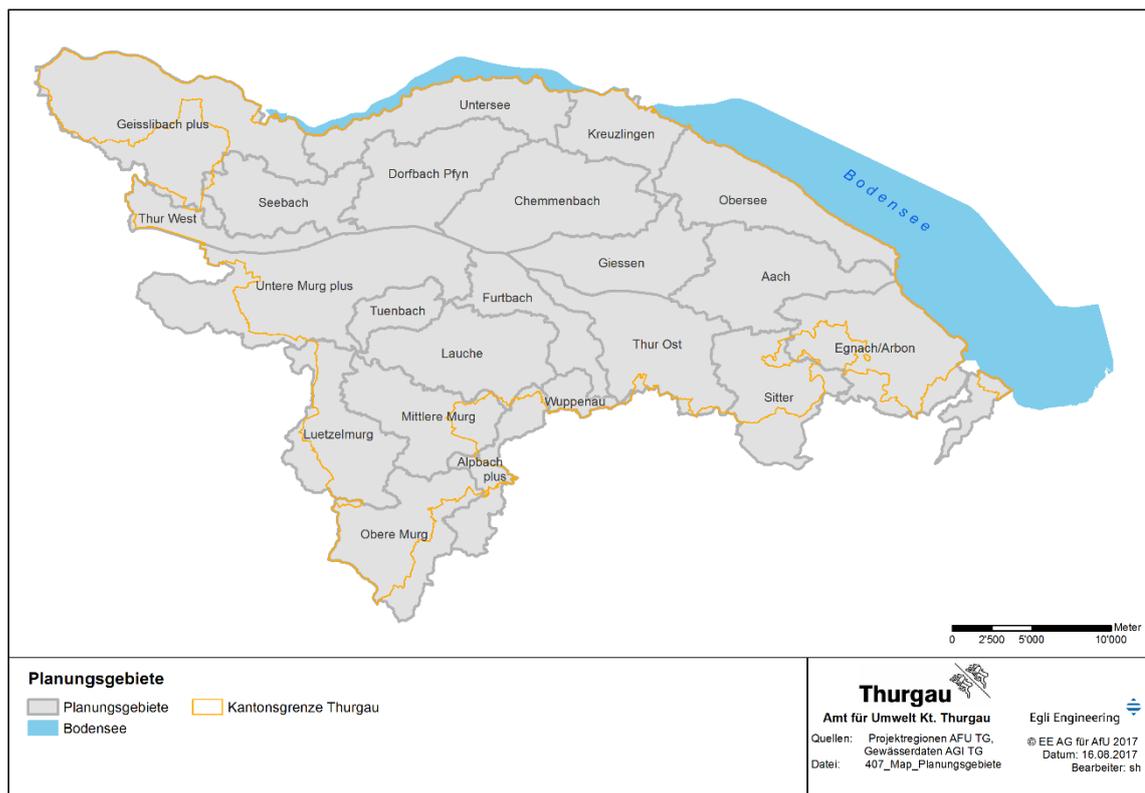


Abbildung 7: Lage der Planungsgebiete

3.1 Planungsgebiete

Der Kanton Thurgau wurde anhand der Planungsgebiete zur kantonalen Revitalisierungsplanung in 23 Regionen unterteilt. Diese Gebiete orientieren sich an den natürlichen Einzugsgebieten. Die Planungsgebiete decken sich darum nicht zwingend mit den Kantons Grenzen. In Abbildung 7 sind diese Gebiete, welche auch für das vorliegende Projekt als Grundlage dienen, abgebildet.

Der Bewässerungsbedarf sowie das Dargebot wurden innerhalb dieser Planungsgebiete summiert und können so miteinander verglichen werden.

3.2 Wasser - Verbrauch

In diesem Kapitel werden die Verbraucher, insbesondere die landwirtschaftliche Bewässerung, genauer untersucht. Um Wasser aus Oberflächengewässer oder dem Grundwasser nutzen zu können, muss eine Bewilligung (Konzession) beim Amt für Umwelt erteilt sein. Neben der Analyse der aktuellen Konzessionen wird der Bedarf zur optimalen Bewässerung der landwirtschaftlichen Kulturen berechnet.

3.2.1 Bestehende Konzessionen

Aus den vorhandenen Grundlagen [4] ist ersichtlich, dass aktuell 239 Konzessionen für Wasserentnahmen zur Bewässerung erteilt sind. Als aktuelle Konzessionen (siehe auch Tabelle 3) wurden die Datensätze ohne Ablaufdatum oder mit einem Eintrag im Feld ‚DatAblauf‘ ab 1.1.2016 [4] ermittelt.

Tabelle 3: Konzessionen gemäss Zusammenstellung der Wasserrechte des Amts für Umwelt (Stand 2016) [4]

Nutzungsart	aktuelle Konzessionen (Anzahl)
Bewässerung	239
Wasserversorgung	112
Brauchwasser	211
Trinkwasser privat	25
Entnahme aus Weiher	3
Total	590

Für das vorliegende Projekt sind vor allem die Nutzungsarten ‚Bewässerung‘ und ‚Wasserversorgung‘ sowie die grossen Konzessionäre für Brauchwasser interessant. Die privaten Trinkwasser-Konzessionen werden im Projekt ausgeklammert, da sie nicht relevant sind und die Verbraucher künftig an das öffentliche Netz angeschlossen werden sollen.

Die Konzessionen enthalten Angaben zur Fördermenge in l/min und haben ein Kontingent in m³ pro Jahr.

Bewässerung

Die genaue Fläche des heute bewässerten Landwirtschaftslandes ist gemäss Auskunft des Landwirtschaftsamtes (A. Bruun, 2.6.2016) nicht bekannt. Wie die Umfrage (Kapitel 2, Abbildung 6) zeigt, gibt es von den Verbänden jedoch Schätzungen zur bewässerten Fläche von rund 2'700 ha.

Konzessionen

Die Analyse der Bewässerungs-Konzessionen [4] zeigt folgendes Bild:

- 37 Konzessionen für Rhein- und Seewasser
 - 13 Konzessionen bestehen für den Hochrhein
 - 8 weitere für den Seerhein bei Kreuzlingen
 - 16 Konzessionäre verwenden Wasser aus dem Boden- oder Untersee
- 110 Konzessionen für Grundwasserentnahmen, hauptsächlich im Thurtal
- 16 Konzessionen für die Thur

- 15 Konzessionen für die Sitter
- 16 Konzessionen für den Seebach beim Hüttwiler- /Nussbaumersee

Die restlichen der Konzessionen wurden für verschiedene kleinere Bäche erteilt oder die Gewässerart wurde nicht erfasst respektive ist unbekannt. Eine grafische Darstellung der Resultate ist im Anhang 7.1 ersichtlich.

Gemeinschaften

Einige Regionen mit bewässerungsintensiver Landwirtschaft haben sich zu Gemeinschaften zusammengeschlossen. Somit wird jeweils eine Konzession für die Bewässerungsgemeinschaft ausgestellt. Die Wasserverteilung innerhalb des Perimeters wird von der Gemeinschaft geregelt.

Grössere Gemeinschaften mit einer Konzession zur Wasserentnahme aus Oberflächengewässer

- Lauchetal
- Seebachtal
- Sitter
- Schlattingen-Basadingen und Umgebung
- Etwilen

Die Bewässerungsgemeinschaft «Schlattingen-Basadingen und Umgebung» vereint aktuell 19 Mitglieder.

Der Anteil der Bewässerungskonzessionen an der gesamten Wassernutzung ist mit 4 % der Gesamtmenge relativ gering. Es sind gut 3'000'000 m³/Jahr konzessioniert (siehe Abbildung 8).

Brauchwasser

Wie oben beschrieben, sind aktuell 211 Konzessionen für Brauchwasser in Kraft. Die grössten Nutzer sind Industriebetriebe (Prozess- /Kühlwasser, Kieswaschen) und Fischzuchtanlagen. Weiter machen Weiher-Speisungen einen grossen Teil der Brauchwasserkonzessionen aus. Es sind aktuell 16 Nutzer mit einem Kontingent von > 100'000 m³/Jahr eingetragen. Neben einer Weiherspeisung aus der Murg in Wängi braucht die Model AG am meisten Wasser (2'500'000 m³/Jahr aus dem Grundwasser). Alle Nutzungen sehen eine Rückgabe des Wassers in den Vorfluter bzw. in den See oder eine Rückversickerung vor.

Gesamthaft sind gut 10'000'000 m³/Jahr als Brauchwasser konzessioniert.

Wasserversorgung Trinkwasser

Die höchste Priorität bezüglich Wassernutzung kommt der Trinkwasserversorgung zu [38]. Das Trinkwasser wird aus dem Bodensee oder dem Grundwasser gewonnen. Es sind aktuell 55 Konzessionen von >100'000 m³/Jahr eingetragen. Das Seewasserwerk in Frasnacht hat mit jährlich 21'900'000 m³ das grösste Kontingent.

Gesamthaft sind gut 70'000'000 m³/Jahr als Trinkwasser konzessioniert. Wie die Abbildung 8 zeigt, ist die öffentliche Wasserversorgung mit einem Anteil von über 80 % die grösste Nutzerin der Wasserressourcen.

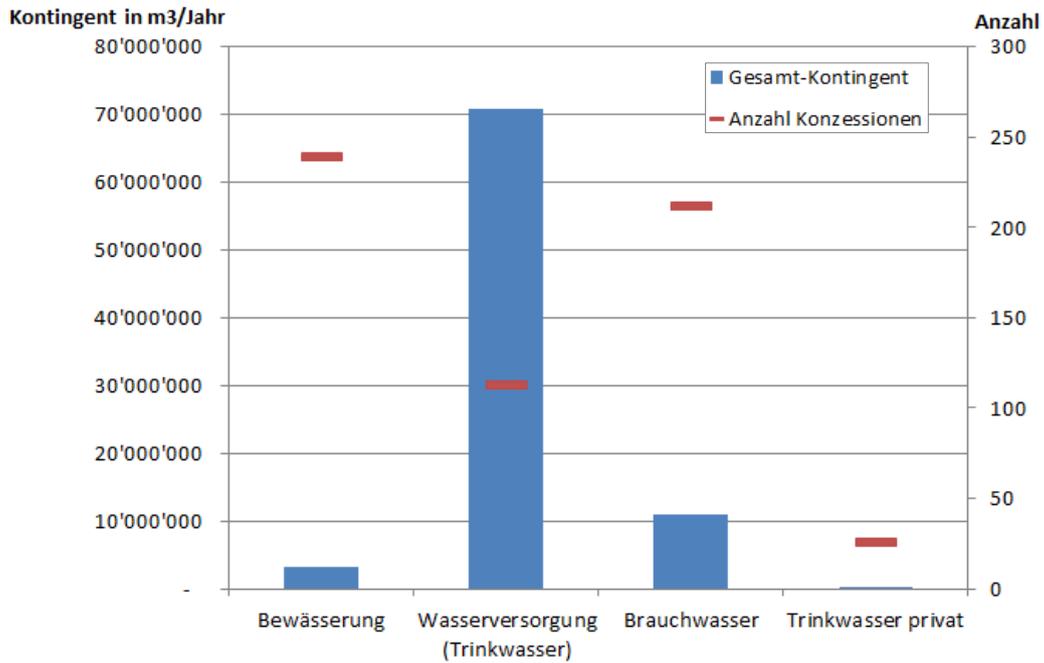


Abbildung 8 Übersicht Wasserkonzessionen und Kontingente

Von den restlichen Nutzungsarten (Trinkwasser privat / Entnahme aus Weiher) sind keine Kontingente bekannt oder es handelt sich um unbedeutende Mengen.

3.2.2 Verbrauch Planungsgebiet «Geisslibach plus» (1996-2016)

Die Bewässerungsgemeinschaft «Schlattingen, Basadingen und Umgebung» im Planungsgebiet «Geisslibach plus» konnte als einzige landwirtschaftliche Konzessionärin im Rahmen des Projektes verwertbare Daten liefern [46]. Die Kooperation entnimmt im wesentlichen Wasser aus dem Rhein bei Diessenhofen und in geringem Mass auch Grundwasser (<10 %). Für den Geisslibach selbst bestehen keine Entnahmekonzessionen.



Abbildung 9: Entwicklung der bewässerten Fläche der Bewässerungsgemeinschaft «Schlattingen, Basadingen und Umgebung» im Modellgebiet «Geisslibach plus» seit 1996 [46]

Jahr	Bewässerung (m3)	Fläche ha	Bewässerungsmenge (m ³) pro ha
1996	96'030	260	370
1997	177'279	273	648
1998	310'392	293	1'059
1999	97'190	304	320
2000	130'826	326	401
2001	144'576	359	403
2002	205'728	371	555
2003	495'382	402	1'233
2004	364'718	434	841
2005	306'166	439	698
2006	433'264	453	957
2007	221'972	446	497
2008	284'061	457	622
2009	317'382	457	695
2010	308'638	473	652
2011	405'135	485	835
2012	277'193	522	531
2013	376'377	522	721
2014	229'975	535	430
2015	521'141	535	973
2016	230'180	545	422

Tabelle 4: Bewässerungsmengen der «Bewässerungsgemeinschaft Schlattigen, Basadingen und Umgebung» im Planungsgebiet Geisslibach plus [41]

Die bewässerten Flächen haben in der Region «Geisslibach plus» kontinuierlich zugenommen und sich von 1996 bis 2016 mehr als verdoppelt. Eine grafische Darstellung der Daten und der Vergleich mit dem im Rahmen des Pilotprojektes modellierten Bewässerungsbedarfs zeigt Abbildung 12.

3.2.3 Kantonsweite Modellierung des Bewässerungsbedarfs landwirtschaftlicher Kulturen

Da bis auf die Region «Geisslibach plus» keine Entnahmedaten von den landwirtschaftlichen Konzessionären bereitgestellt werden konnten, wird für die kantonsweite Modellierung des Bedarfs ein neuer Ansatz entwickelt.

Pflanzen-Zusatzwasserbedarf vs. Bewässerungsbedarf

Die Ermittlung des Bewässerungsbedarfs erfolgt über den ganzen Kanton einheitlich. Die Berechnung basiert auf einer Methodik [50], die von Prof. Dr. Jürg Fuhrer (Agroscope) zur Ermittlung des Pflanzen-Zusatzwasserbedarfs erarbeitet wurde [33] [50]. Der Pflanzen-Zusatzwasserbedarf ist die Wassermenge, welche die angebaute Kultur für das optimale Wachstum braucht, abzüglich des Niederschlags:

$$[\text{Bewässerungsbedarf}] = [\text{Pflanzen-Zusatzwasserbedarf}] - [\text{Bewässerungsverlust}]$$

Im Rahmen des Projektes wird der Bedarf für die Klimaszenarien «Normaljahr heute» (Ref), «Eher trockener Sommer 2060 / Mittlerer Sommer Ende Jahrhundert» (CCmax) und «Extremjahr 2060» (Extrem / Szenario 4014) berechnet.

Körnung, Gründigkeit	Bodentyp	Klima-szenario	3	4	5	6	7	8	9	10	Jahres-summe
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Ref	0	0	0	5	0	0	0	0	5
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	CCmax	0	0	0	5	5	0	0	0	10
toniger Lehm 110cm, nFK: 226mm	1	Extrem	0	0	0	130	0	0	0	0	130
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Ref	0	0	5	15	10	0	0	0	30
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	CCmax	0	0	5	20	15	0	0	0	40
sandiger Lehm 110cm, nFK: 142mm	2	Extrem	0	0	50	110	15	0	0	0	175
sandiger Lehm 60cm, nFK: 77mm	3	Ref	0	0	15	30	15	0	0	0	65

Tabelle 5: Pflanzen Zusatz-Wasserbedarf in mm für die Vegetationsperiode März bis Oktober nach Smith/Fuhrer für Winterweizen an der Station „REH“ (Zürich-Affoltern) [53]

Vergleichsstation für Bedarfsberechnung

Die klimatischen Bedingungen in der Schweiz unterscheiden sich regional teils erheblich. Darum stehen für die Ermittlung des Pflanzen-Zusatzwasserbedarfs nach Methode Fuhrer und Smith 14 Stationen zur räumlichen Einordnung zur Verfügung. Für das vorliegende Projekt wurde die Station „REH“ (Zürich-Affoltern) gewählt. [53]

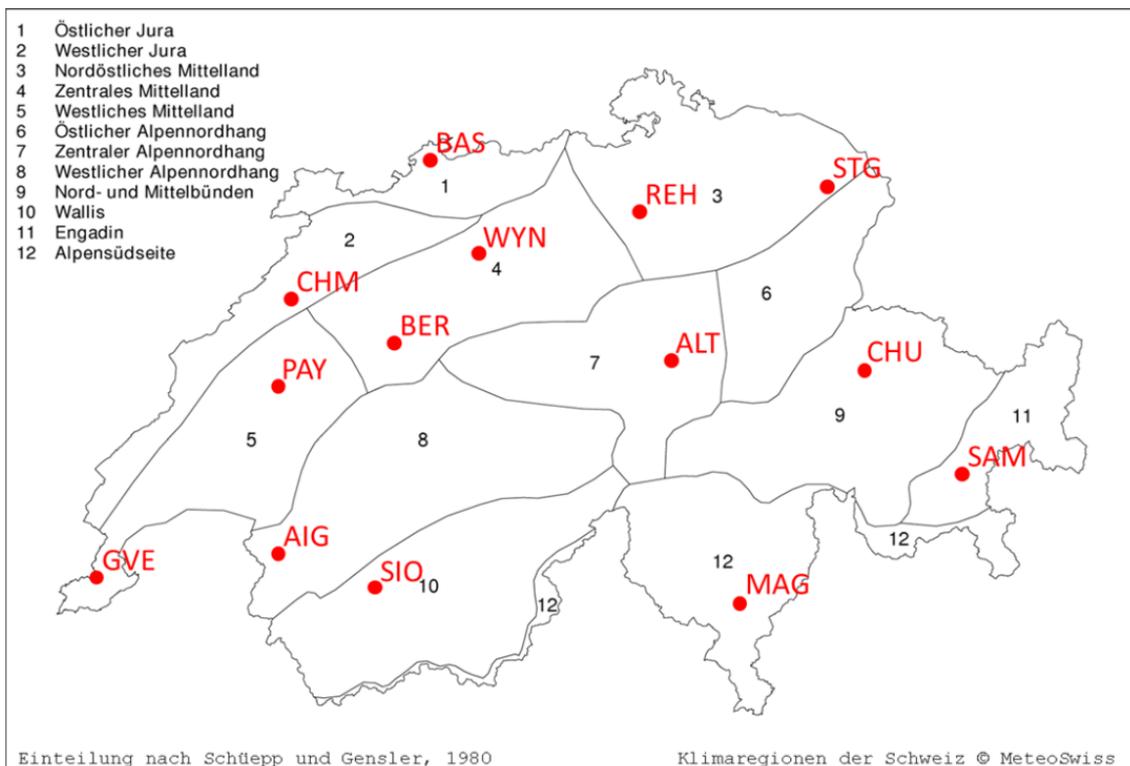


Abbildung 10: Verfügbare Vergleichsstationen für die Modellierung des Bewässerungsbedarfs nach J. Fuhrer [53]

Zuordnung der Landwirtschaftlichen Kulturen

Die Ermittlung des Pflanzen-Zusatzwasserbedarfs nach der Methode von Fuhrer und Smith setzt die Zuordnung der landwirtschaftlichen Nutzflächen zu zwölf definierten Haupt-Kulturen voraus. Die Daten des Landwirtschaftsamtes zur Verteilung der Kulturen im Kanton Thurgau sind mit 93 verschiedenen Kulturen wesentlich detaillierter aufgeschlüsselt. Zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfs müssen die 93 Einzelkulturen den 12 Kulturen [50] zugeordnet werden.

Bei direkten Entsprechungen zwischen den Kulturbezeichnungen nach Fuhrer und den Bezeichnungen des Landwirtschaftsamtes, wurde die Codierung nach Fuhrer übernommen (Bsp.: „Kartoffeln – Landwirtschaftsamt“ zu „Kartoffel - Fuhrer“).

Für Kulturen nach Einteilung des Landwirtschaftsamtes, für die es keine direkte Entsprechung in den Kategorien nach Fuhrer gibt, wurden mögliche Zuweisungen abgesprochen. Wo es möglich und sinnvoll erschien, wurde eine Kategorie nach Fuhrer zugewiesen. Es wurde die Kategorie gewählt, für die der ähnlichste Wasserbedarf im Jahresgang erwartet wird (Bsp.: „Birnen - Landwirtschaftsamt“ zu „Äpfel – Fuhrer“).

Die Zuordnung ist im Anhang 7.6 ersichtlich. Sie wurde Anhand von Erfahrungswerten von Mitarbeitern des Landwirtschaftsamtes TG, insbesondere des angegliederten BBZs Arenenberg, durchgeführt. Auf weitere Recherchen oder Literaturanalysen wurde aufgrund der beschränkt zur Verfügung stehenden Mittel verzichtet [24].

Bei der Diskussion fiel auf, dass Kirschen laut der Tabellen von J. Fuhrer weit weniger Wasser benötigen als Zwetschgen. Nach Erfahrung des Landwirtschaftsamtes ist dies mit den heutigen im Thurgau eingesetzten Sorten nicht mehr zutreffend. Aus diesem Grund wurde festgelegt das Steinobst der Kategorie ‚Zwetschgen‘ nach Fuhrer zuzuordnen. Dies obwohl die Kirschenanlagen den weitaus grössten Anteil des Steinobstes ausmachen.

Birnen benötigen deutlich mehr Wasser als Äpfel. Mangels einer eigenen Kategorie ‚Birnen‘ bei Fuhrer wird dennoch angenommen, dass die Birnen mit der Kategorie Apfel am besten abgedeckt werden.

Für knapp 1.4 % der Flächen wird keine Zuordnung gemacht (siehe Anhang 7.7). Es handelt sich um Flächen, bei denen keine sinnvolle Zuordnung möglich ist (Brachen, Saumflächen, Schon- und Heckenstreifen, Baumschulen, kleinflächige Sonderkulturen, etc.).

Die räumliche Zuordnung zur Verarbeitung der Kultur-Daten im GIS erfolgt über die Gemeinde- und Liegenschaftsnummern. Die Kulturen werden so der Geometrie einer Liegenschaft zugeordnet.

Bewässerungseffizienz

Der Berechnungsansatz nach J. Fuhrer ermittelt den Pflanzen-Zusatzwasserbedarf, also die Wassermenge, welche die angebaute Kultur für das optimale Wachstum braucht, abzüglich des Niederschlages. Zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfs wird der Bewässerungsverlust mit einbezogen, da eine Bewässerungseffizienz von 100 % in der Praxis nicht erreicht wird [30]. Bei der klassischen Berechnung beträgt die Bewässerungseffizienz ca. 50-70 %, wobei die Effizienz durch Verdunstung im Einzelfall stark schwankt. Einfluss haben insbesondere die Bewässerungszeit (Tag / Nacht) und der Bewässerungsdruck (Spritzweite).

Mit Tropfenbewässerung, die teils wesentlich höhere Effizienzwerte erreicht, wurde im Thurgau in den letzten Jahren experimentiert. Sie hat sich bislang jedoch kaum durchgesetzt und spielt heute eine sehr untergeordnete Rolle.

Beregnungsbalken-Bewässerungssysteme werden im Thurgau vermehrt erfolgreich eingesetzt. Laut Keller Landtechnik machten diese 2016 ca. 35 % der neu verkauften Systeme aus. Sie bringen eine Verringerung der Bewässerungsverluste um ca. 15 % gegenüber klassischer Beregnung und arbeiten besonders bei Tagbewässerung effizienter als klassische Sprinkler.

In Absprache mit den Projektpartnern und Experten wird für die Modellierung zur Vereinfachung eine generelle Bewässerungseffizienz von 60 % für alle Kulturen angenommen [24] [43].

Die Bewässerungseffizienz kann im Berechnungsmodell über die Angabe der Prozentzahl angepasst werden. Für die Berechnungen im Projekt wurden 60 % verwendet.

Zuordnung der Bodeneigenschaften

Zur Bestimmung des Bewässerungsbedarfs nach Fuhrer [50] ist jeder Standort einer bestimmten Körnung und Gründigkeit der folgenden drei Kategorien zuzuordnen:

- Toniger Lehm tL, 110 cm
- Sandiger Lehm sL, 110 cm
- Sandiger Lehm sL, 60 cm

Die Bodenübersichtskarte differenziert die Bodenarten (Körnungen) stärker. Anhand des Attributs ‚K_OB_AL‘ und ‚K_UB_AL‘ (Körnung im Oberboden und Unterboden, Hauptboden Landwirtschaft) aus der Bodenübersichtskarte wird eine Zuteilung zu den oben genannten Körnungen durchgeführt. Die mit Abstand grösste Kategorie im Kanton Thurgau stellt der Boden mit dem Attribut ‚L‘ (Lehm) sowohl im Ober- wie auch im Unterboden dar. Die Korngrößenverteilung dieser Bodenart liegt zwischen den obigen Kategorien des tonigen und sandigen Lehms. In Absprache mit den Projektbeteiligten wird die in Tabelle 6 dargestellte Zuordnung der Bodenarten verwendet.

Sandiger Boden hat bezüglich des Wasserrückhaltevermögens schlechtere Eigenschaften. Um das Wasserrückhaltevermögen nicht zu überschätzen, wird die Bodenart Lehm der Kategorie ‚sandiger Lehm‘ zugeordnet.

Attribut Bodenübersichtskarte [1] Oberboden)	Attribut Bodenübersichtskarte [1] K_UB_AL (Unterboden)	Zuordnung zur Bodenart (Fuhrer / Smith)
IrS (lehmreicher Sand)		sL (sandiger Lehm)
IU (lehmiger Schluff)		tL (toniger Lehm)
sL (sandiger Lehm)		sL (sandiger Lehm)
tL (toniger Lehm)		tL (toniger Lehm)
L (Lehm)	IrS (lehmreicher Sand)	sL (sandiger Lehm)
	IS (lehmiger Sand)	sL (sandiger Lehm)
	IU (lehmiger Schluff)	tL (toniger Lehm)
	sL (sandiger Lehm)	sL (sandiger Lehm)
	tL (toniger Lehm)	tL (toniger Lehm)
	tU (toniger Schluff)	tL (toniger Lehm)
	L (Lehm)	sL (sandiger Lehm)

Tabelle 6: Zuordnung der Bodenarten

Da im Datensatz der Bodenübersichtskarte [1] keine absolute Gründigkeit des Bodens erfasst wurde, wird die Gründigkeit mit Hilfe des Attributs der pflanzennutzbaren Gründigkeit GRD_AL zugeordnet (siehe Tabelle 7).

Attribut Bodenübersichtskarte [1] GRD_AL	Pflanzennutzbare Gründigkeit in cm gemäss Bodenkartierschlüssel	Zuordnung zur Durchwurzelungstiefe (Fuhrer / Smith)
k2	70 – 100	110 cm
k3	50 – 70	110 cm
k4	30 – 50	60 cm
k5	10 – 30	60 cm
k6	< 10	60 cm

Tabelle 7: Zuordnung Gründigkeit des Bodens

Anhand der pflanzennutzbaren Gründigkeit wird so eine Zuordnung zu folgenden Kategorien für die Durchwurzelungstiefe möglich:

- 30 cm
- 60 cm
- 110 cm

Bewässerungswürdigkeit der Kulturen

Im Rahmen der Diskussion zu den Möglichkeiten der Einschränkung des Wasserverbrauchs, wurde die Frage aufgeworfen, ob es sinnvoll ist, die landwirtschaftlichen Kulturen bezüglich ihrer Bewässerungswürdigkeit zu bewerten und zu priorisieren. Bestimmte Kulturen könnten so bei Trockenheit von der Bewässerung ausgeschlossen werden.

Eine allgemeine Definition der „Bewässerungswürdigkeit“ ist nicht möglich, da sie wesentlich von den Zielen und der Perspektive der Betroffenen abhängt. So spielen etwa politische und betriebswirtschaftliche Aspekte eine Rolle.

Des Weiteren sind die Auswirkungen von Wassermangel auch innerhalb einer Kultur von weiteren Parametern abhängig. Jede Pflanze ist über die ganze Vegetationsperiode gesehen unterschiedlich empfindlich auf Wassermangel. So kann bei manchen Kulturen Trockenheit in frühen Wachstumsphasen zu Totalausfällen führen und später unproblematisch sein oder nur zu geringen qualitativen oder quantitativen Ernteeinbussen führen. Deshalb ist eine pauschale Aussage ab wann Wassermangel eintritt – und ob sich dann eine Bewässerung lohnt – nicht möglich.

Aufgrund dieser Schwierigkeiten bei der Festlegung der Bewässerungswürdigkeit entsprechend der physiologischen Bedürfnisse der Kulturen wurde folgende vereinfachenden Annahmen getroffen:

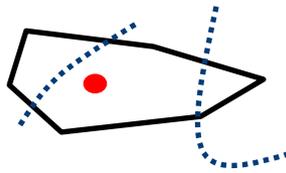
- Ja, die Bewässerungswürdigkeit ist gegeben, wenn es sich primär um Nahrungsmittel handelt. Bei Wassermangel kann nicht mehr die notwendige Qualität und Quantität erreicht werden. Unter Umständen kann die Kultur gar nicht etabliert werden oder stirbt während der Trockenheit völlig ab.
- Nein, die Bewässerungswürdigkeit ist nicht gegeben, wenn es sich um Futtermittel handelt. Die Kulturen reagieren mit mehr oder weniger Ertragsausfall (aber nicht mit Totalausfall) und Qualitätseinbussen. Dies hat nachfolgend in der Verwertung (Tierhaltung) Konsequenzen.

Die Zuordnung ist in Anhang 7.6 ersichtlich. Die Zuordnungen wurden anhand von Erfahrungswerten von Mitarbeitern des Landwirtschaftsamtes TG und des angegliederten BBZs Arenenberg durchgeführt. Auf weitere Recherchen oder Literaturanalysen wurde verzichtet [24].

Parameter zur Berechnung

Die Berechnung des Bewässerungsbedarfs wird mit Hilfe eines geografischen Informationssystems GIS durchgeführt. Hierzu werden die Landwirtschaftsflächen [44] mit den Bodeneigenschaften verschnitten. Den Schnittflächen wird der Bewässerungsbedarf nach den Tabellen von Fuhrer und Smith [50] zugeordnet und so der Pflanzen-Zusatzwasserbedarf abgeleitet.

Folgende Annahmen und Vereinfachungen werden für das Modell vorgenommen:



- Der Schwerpunkt (roter Punkt) der landwirtschaftlichen Fläche (schwarz umrandet) ist massgebend für die Zuordnung der jeweiligen Bodeneigenschaften.
- Falls die angegebene Durchwurzelungstiefe einer Kultur in der Klassifikation nach Fuhrer [50] fehlt, wird die nächst grössere respektive die nächst kleinere Durchwurzelungstiefe verwendet (siehe Tabelle 7).

Hinweise und Einschränkungen

Exposition

Der Einfluss der Exposition ist in der Methodik nach Fuhrer nicht vorgesehen. Der Einbezug der Exposition ist im Rahmen dieses Projektes aufgrund beschränkt zur Verfügung stehenden finanziellen Ressourcen nicht möglich.

In den zugrundeliegenden Klimaszenarien sind die Niederschläge und Verdunstungsraten mit eingerechnet. Sie beinhalten sämtliche Veränderungen wie Temperatur und Niederschlag.

Als Grundlage standen folgende Daten zur Verfügung.

- Eine Excel-Liste mit sämtlichen Kulturen und deren Anbauflächen im Jahr 2015 [44]
- Die Daten der Bodenübersichtskarte des AGI [1]
- Der Datensatz li_liegenschaften der Amtlichen Vermessung [2]
- Tabelle zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfs nach Fuhrer [50]

Bewässerungseffizienz

Für Testläufe ist derzeit eine Anpassung der globalen Bewässerungseffizienz einfach möglich. Für Folgeprojekte ist somit eine Anpassung des Modells denkbar, die eine individuelle Bewässerungseffizienz für die 12 Einzelkulturen nach J. Fuhrer ermöglicht.

Bodenart und Durchwurzelungstiefe

Für die Berechnung des Pflanzen-Wasserbedarfs wurde die Bodenübersichtskarte verwendet. Die Klassierungen der Bodeneigenschaften für die Methodik nach J. Fuhrer bedürfen einiger Annahmen zur Zuordnung der Bodeneigenschaften.

In einigen Fällen konnten keine sinnvollen Zuordnungen gemacht werden:

- Die Kombination aus ‚Gründigkeit 60 cm‘ und ‚Körnung toniger Lehm‘ ist in der Klassifikation nach Fuhrer [50] nicht vorgesehen und kann nicht sinnvoll zugeordnet werden. Für die davon betroffenen 380 Flächen, unter anderem das gesamte Gemeindegebiet von Horn, erfolgt keine Berechnung.
- Bei knapp 9 % der Flächen konnten keine Bodeneigenschaften zugeordnet werden, da die Bodenkarte [1] diese nicht abdeckt.

Eventuell liefert die aktuell laufende Bewertung der Landwirtschaftlichen Eignungen von Böden (Bodenpunktekarte) eine bessere Grundlage. Die Bodenpunktekarte stand zum Zeitpunkt der Modellentwicklung noch nicht zur Verfügung.

Resultate

Das Resultat der Berechnung des Bewässerungsbedarfs gemäss [30] liegt pro Planungsgebiet in m³ pro Szenario vor (Anhang 7.3).

Die einzelnen Parzellen wurden innerhalb der Planungsgebiete (siehe Kapitel 3.1) zusammengefasst. Daraus resultiert der Bewässerungsbedarf für die einzelnen Einzugsgebiete. Abbildung 11 zeigt beispielhaft eine Darstellung des modellierten Bewässerungsbedarfs bezogen auf die Anbauflächen der Kulturen für den Monat Juni und das Szenario ‚Trocken‘. Die Bewässerungseffizienz wurde mit 60 % angenommen. Es sind nur bewässerungswürdige Kulturen in die Berechnung eingeflossen (siehe oben). Mit einem hohen Bedarf stechen die Regionen ‚Geisslibach plus‘, ‚Dorfbach Pfyn‘ und ‚Chemmenbach‘ hervor. Die Gebiete rund um Murg und Lützelmurg dagegen zeigen einen geringen Bedarf.

Aufgrund der Verfügbarkeit der Daten zur Verteilung der landwirtschaftlichen Kulturen, konnte der Bewässerungsbedarf nur innerhalb des Kantonsgebietes modelliert werden. Somit sind Anbauflächen, die ausserhalb des Kantons Thurgau und ausserhalb der Planungsgebiete liegen, nicht berücksichtigt.

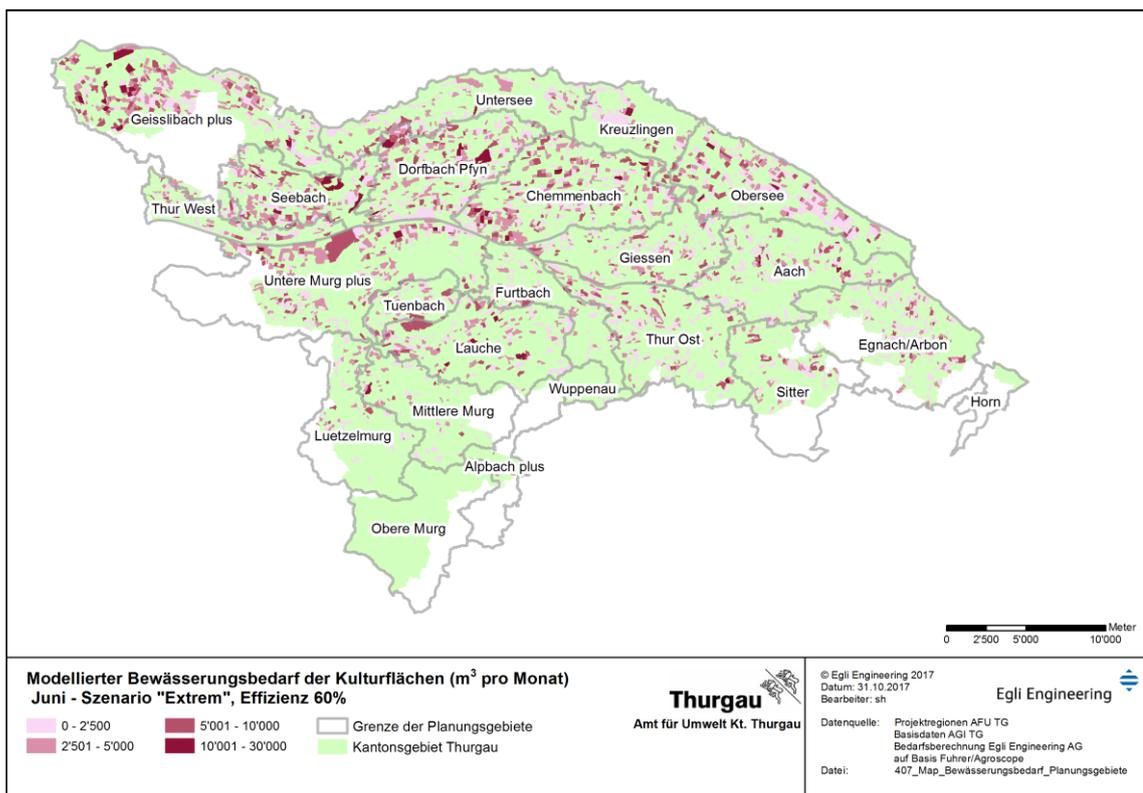


Abbildung 11: Beispiel einer Darstellung des modellierten Bewässerungsbedarfs für bewässerungswürdige Landwirtschaftsflächen (alle Kulturen)

Ein direkter Vergleich der Resultate mit der Auswertung ‚Walter will es wissen‘ (siehe Kapitel 1) ist schwierig, da die Kulturen verschieden kategorisiert wurden und die Angaben aus der Umfrage stark divergieren. Der Bewässerungsbedarf von Beeren und Gemüse stimmt im Referenz- respektive Normaljahr jedoch gut überein.

Vergleich gemeldeter Bewässerungsentnahmen mit dem modellierten Bedarf

Da im Rahmen dieses Projektes ausschliesslich Entnahmemengen der Bewässerungsgemeinschaft Schlattingen, Basadingen und Umgebung im Planungsgebiet «Geisslibach plus» zur Verfügung stehen, werden diese im Folgenden mit dem modellierten Bewässerungsbedarf verglichen. [46]

Abbildung 12 zeigt den Vergleich zwischen die gemeldeten Entnahmemengen mit dem modellierten Bedarf. Im Modell wird eine statische Bewässerungsfläche aufgrund aller als bewässerungswürdig eingestuften Flächen bestimmt (3'684 ha). Die Bewässerungsgemeinschaft im Bereich Geisslibach bewässert allerdings nach eigenen Angaben nur einen Bruchteil dieser Fläche. Die Fläche betrug 260 ha im Jahr 1996 und wurde bis 2016 stetig auf 545 ha ausgebaut (Abbildung 9). Um diesen Umständen Rechnung zu tragen, sind die Szenarien-Werte in der Abbildung auf die realen Flächenverhältnisse normalisiert.

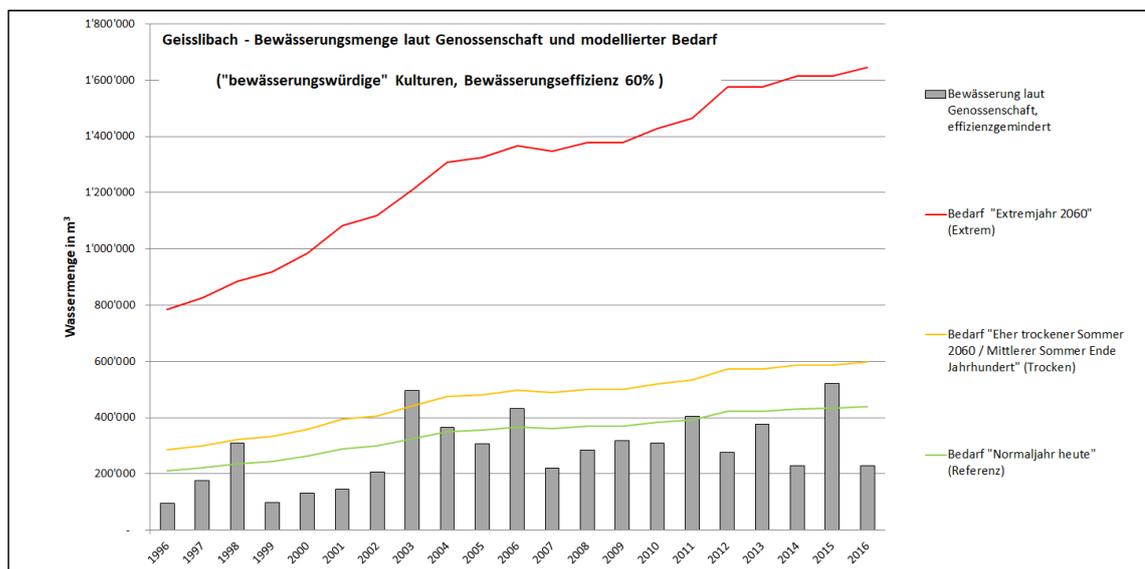


Abbildung 12: Vergleich der bewässerten Fläche der Bewässerungsgemeinschaft im Planungsgebiet ‚Geisslibach plus‘ mit dem modellierten Bewässerungsbedarf. Die konstante Bewässerungsfläche aus dem Modell ist auf die in den Jahren real bewässerte normalisiert. [46]

Interpretation

Das Resultat der Berechnung gemäss oben beschriebener Methodik gibt einen Hinweis, wieviel Wasser die Pflanzen für ein optimales Wachstum benötigen. Der Bewässerungsbedarf macht jedoch keine Aussage darüber, ob sich eine Bewässerung für gewisse Kulturen auch effektiv lohnt (Kosten / Aufwand / Mehrertrag).

Wiesen und Weiden (ca. 60 % aller Landwirtschaftsflächen im Kt. Thurgau) zum Beispiel wurden für die Berechnungen als nicht bewässerungswürdig eingestuft und deshalb von der Berechnung ausgeschlossen.

Auf den ersten Blick zeigt das Beispiel Geisslibach plus (Abbildung 12), dass die Wasserentnahmen der Bewässerungsgemeinschaft und der modellierte Wasserbedarf des Referenz-Szenario „Normal-Jahr heute“ sich ungefähr in derselben Grössenordnung bewegen. Die Wasserentnahmen der Bewässerungsgemeinschaft im Trockenjahr 2003 entsprechen recht genau dem Szenario «Eher trockener Sommer 2060 / Mittlerer Sommer Ende Jahrhundert». In anderen eher trockenen Jahren liegt die Entnahmemenge zwischen diesen Szenarien (1998, 2006, 2011, 2015).

Der modellierte Bewässerungsbedarf bei Annahme des Szenarios «Extremjahr 2060» liegt bei einem mehrfachen der heutigen Entnahmemengen.

Tendenziell scheinen die gemessenen Bewässerungsmengen der Gemeinschaft nicht im gleichen Mass mit der stetigen Vergrösserung der bewässerten Anbauflächen anzusteigen, wie die modellierten Bedarfsmengen. Dies könnte auf eine Zunahme der Bewässerungseffizienz hindeuten.

Hinweis:

Es wird empfohlen im Rahmen eines Folgeprojektes zu untersuchen, ob und wie die im Falle des Extrem-Szenarios benötigten Mengen an Bewässerungswasser bereitgestellt werden könnten.

Da für die anderen Planungsgebiete keine Entnahmemengen bekannt sind, wird empfohlen in Zukunft die Aufzeichnungen bei den Konzessionären einzufordern. Dies wurde nun eingeleitet.

Vorab sollte berechnet werden, ob die konzessionierten Wassermengen den modellierten Bedarf für das Szenario «Extremjahr 2060» abbilden können.

Es wird empfohlen zu prüfen, ob die aus dem Bedarfs-Modell herrührenden grosse Differenz zwischen den Szenarios «Extremjahr 2060» und «Eher trockener Sommer 2060 / Mittlerer Sommer Ende Jahrhundert» plausibel ist.

3.3 Wasser - Dargebot

3.3.1 Gewässer-Messstationen

Der Kanton Thurgau betreibt 24 Pegel-Stationen an Fliessgewässern. Diese messen den Wasserstand in müM. Sämtliche Daten werden zusammen mit den Stationen anderer Betreiber in der Region Thurgau-Schaffhausen auf www.hydrodaten.tg.ch publiziert. Die Abbildung 13 zeigt, wo die Messstationen liegen und bei welchen Gewässern der Abfluss in m³/s oder nur der Pegel im müM. gemessen wird. Um Angaben zum Wasser-Dargebot machen zu können, sind vor allem die Abflussmessungen relevant.

Dauer der verfügbaren Messereien

Die Messreihen sind je nach Station von sehr unterschiedlicher Qualität. An einigen Stationen sind zwar lange Messreihen vorhanden, bei denen jedoch aus technischen Gründen Werte fehlen (z.B. ab 1974 an der Lauche in Matzingen mit fehlenden Daten für einen Zeitraum von 1999 bis 2005).

Die Daten der Messstationen wurden ausgewertet hinsichtlich

- Mittlerer monatlicher Abfluss im m³/s
- Monatliche Abflusssummen in m³
- Tagesmittel von Mai bis September in m³/s

Verfügbare Messstellen

Es sind nur für wenige der Untersuchungsregionen geeignete Messstellen vorhanden. Zudem sind diese ungleich in den Einzugsgebieten verteilt. So kann eine Station oben, mittig oder unten im Gewässerverlauf liegen. Dies erschwert Aussagen zum Abfluss der Untersuchungsgebiete.

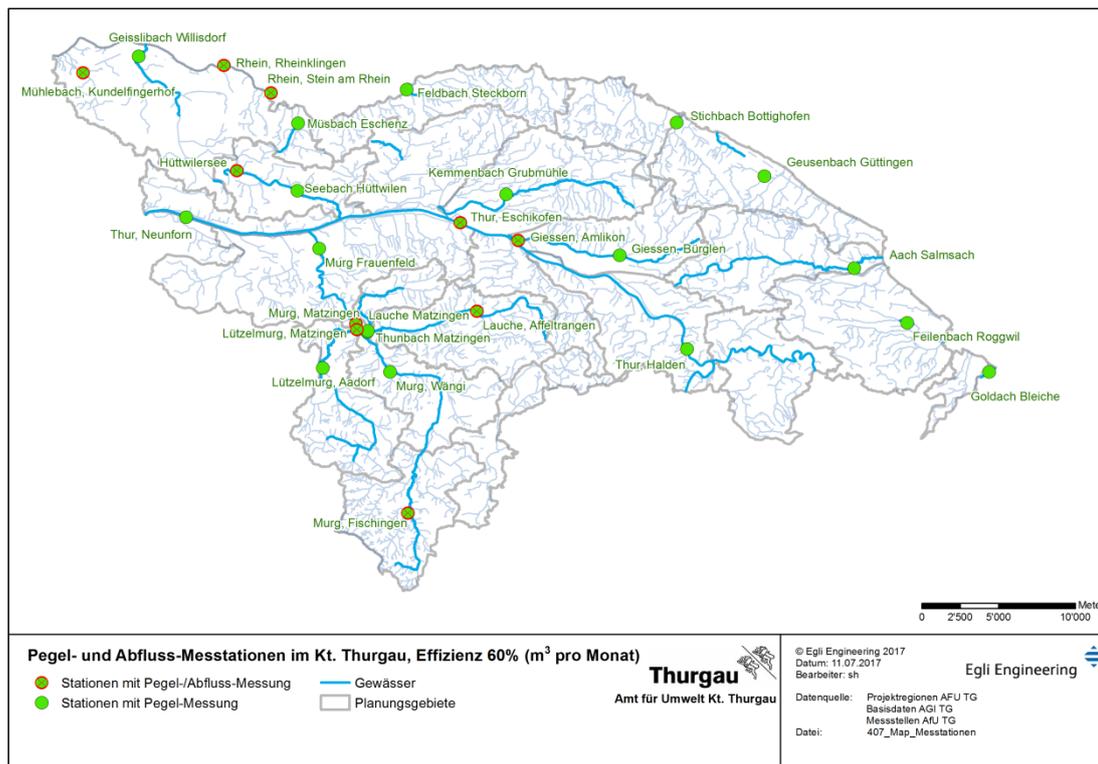


Abbildung 13 Messstationen im Kanton Thurgau

Störquellen Wasserentnahmen

Wasserentnahmen verringern die Abflussmenge von Fliessgewässern. Wie stark die im Feld gemessenen Werte der Messstationen von etwaigen Wasserentnahmen im Oberlauf beeinflusst sind, ist nicht dokumentiert.

Fehlerquelle Messungenaugigkeit

Zudem ist die Abfluss-Bestimmung, insbesondere bei Niedrigwasser, an einigen Messstationen mit recht hohen Fehlern behaftet, da die Bauweise der Pegelanlagen nicht für Niedrigwasser optimiert sind (fehlende Niedrigwasserbündelung) [3].

Aufgrund der Einschränkungen in der Anwendbarkeit der Daten wird ein alternativer Ansatz zur Bestimmung des Wasser Dargebots gewählt. Es wird eine Modellierung anhand der mittleren Abflusshöhen MQ-CH des BAFU angewendet.

3.3.2 Mittlere Abflusshöhen MQ-CH

Das Bundesamt für Umwelt BAFU stellt mit den Datensätzen ‚MQ-GWN_CH‘ und ‚MQ_CH‘ Informationen zum simulierten, natürlichen mittleren Abflussverhalten für das Gewässernetz, respektive flächenbasierte Abflussdaten der Schweiz zur Verfügung [15] [16].

Bei ‚MQ-GWN_CH‘ werden sämtliche Einzugsgebiete mit einer Fläche von 3 km² bis 500 km² berücksichtigt. Die Abflüsse wurden auf der Basis der Periode 1981 - 2000 modelliert. Es wurde geprüft, ob die Daten für die Planungsgebiete genutzt werden können, für die keine Messstationen oder konkreten Messdaten vorliegen. Da sich der Datensatz ‚MQ-GWN_CH‘ auf das Gewässernetz bezieht, der modellierte Bewässerungsbedarf dagegen auf die Untersuchungsgebiete als Fläche, erscheint es zielführender, die Abflüsse modellbasiert auf Basis der MQ-CH-Datensatzes für die Ausdehnung der Untersuchungsgebiete zu bestimmen. Für dieses Vorgehen spricht zudem, dass die für das Projekt definierten Planungsgebiete nicht unbedingt den Einzugsgebieten einzelner Gewässer entsprechen.

Mit dem MQ-CH-Datensatz stellen das BAFU und die WSL Abflussdaten in einem 500 x 500 Meter Raster über die ganze Schweiz zur Verfügung [17]. Der Datensatz dient insbesondere zur Abschätzung von Abflüssen für ungemessene Gebiete. Im vorliegenden Fall kommt vorteilhaft hinzu, dass die Abflüsse für alle Regionen nach derselben Methodik berechnet werden können und Störungen wie Wasserentnahmen nicht zum Tragen kommen. Die dreizehn Rasterdatensätze beinhalten den mittleren jährlichen und die zwölf mittleren monatlichen Abflüsse. Ein Datensatz enthält pro Rasterzelle (500x500m) den mittleren natürlichen Abfluss der Periode 1981-2000. Dies deckt zwei Drittel des Eingangs angenommenen Referenzzeitraums. Allerdings sind die Messreihen der Pegel ebenfalls meist nicht vollständig. Die Herleitung des Datensatzes, der Anwendungsbereich, die Anwendungsgrenzen und die erwartete Genauigkeit sind in einer Begleitdokumentation des BAFU zum Datensatz MQ-CH beschrieben [48].

3.3.3 Bodensee

Der Bodensee fasst mit einer Seeoberfläche von 536 km² rund 48 km³ Wasser. Rund 5 Millionen Menschen beziehen ihr Trinkwasser aus dem Bodensee. Gemäss den Angaben des Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung beträgt die Trinkwasserentnahme 172 Mio. m³ jährlich. Bei einem Wasserdurchfluss von 11.5 Milliarden m³ pro Jahr entspricht dies 1 bis 2 % der Durchflussmenge.

Die mittlere jährliche Verdunstungshöhe der Seeoberfläche beträgt 883 mm [33]. Dies ergibt eine Verdunstung von jährlich 473 Mio. m³ Wasser. Dies ist ein Vielfaches der Entnahme für Trinkwasser. Langfristig rückläufige Gesamtniederschläge und erhöhte Verdunstungsraten werden für Seewasserwerke als nicht relevant eingestuft [20].

Das Projekt ‚KlimBo‘ der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee IGKB [37] kommt zum Schluss, dass auch unter den geänderten Rahmenbedingungen des Klimawandels eine nachhaltige Bereitstellung von Trinkwasser aus dem Bodensee gesichert ist.

3.3.4 Grundwasser

Der wichtigste Aquifer im Kanton Thurgau findet sich im Thurtal. Im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts Weinfelden-Bürglen wurde ein regionales Grundwassermodell des Thurtals erstellt. In einer separaten Studie [50] wurden die im vorliegenden Projekt vorgeschlagenen Klima-Szenarien modelliert (siehe Kapitel 0). Die Ergebnisse werden wie folgt zusammengefasst.

Bezüglich der Auswirkungen von Trockenperioden auf die Grundwasserverhältnisse kann das Thurtal in zwei Teilbereiche unterteilt werden:

Im Teil östlich von Müllheim reagiert der Grundwasserspiegel stark auf Trockenperioden. Der Wasserspiegel sinkt während Trockenperioden kontinuierlich ab, bis die Thur wieder mehr Wasser führt oder im Herbst die Grundwasserneubildung aus Niederschlag einsetzt.

Im Teil westlich Müllheims wird der Grundwasserspiegel durch die Binnenkanäle kontrolliert. Das aus der Thur infiltrierende Wasser gelangt grösstenteils direkt in die Binnenkanäle. Steht weniger Grundwasser oder weniger Thurinfiltrat zur Verfügung, wird auch weniger abgeführt. In diesem Talbereich gibt es deshalb während Trockenzeiten kaum Veränderungen des Grundwasserspiegels. Die grössten Pumpwerke des Thurtals befinden sich im Ostteil des Thurtals. Hier steht das Grundwasser mit einer grossen Mächtigkeit zur Verfügung. Die Pumpwerke verfügen über sehr hohe Konzessionsmengen. Eine Beschränkung dieser Mengen zu Trockenzeiten sollte in Betracht gezogen werden.

Die Verletzlichkeit auf Trockenperioden ist im Osten des Thurtals grösser als im Westen. Wegen der geringen Mächtigkeit kann im Westen pro Brunnen jedoch weniger Wasser

gefördert werden als im Osten. Bei einer Anordnung von Brunnen zwischen Thur und Binnenkanal steht sehr viel Grundwasser zur Verfügung. [52]

Es kann festgestellt werden, dass die Ausschöpfung einiger grosser Konzessionen zur Wasserentnahme schon heute die potentielle tägliche Fördermenge, bei welcher der Grundwasserspiegel nicht tiefer als 4m über den Stauer abgesenkt wird, überschreiten (Gugel Brunnen 1 und 2 in Berg, Pumpwerk Tannerwies). Im Szenario 2003 ist dies für die Mehrzahl der Brunnen der Fall. Hier übersteigt die konzessionierte Fördermenge das modellierte Grundwasserdargebot meist mehrfach. [52]

Die Entnahme von Grundwasser zur Bewässerung (ca. 10 %) spielt in den Szenarien des Thur-Modells eine geringe Rolle im Vergleich zur Trinkwasserförderung. Sollte sich der Anteil der Bewässerungsentnahmen erhöhen, ist zu beachten, dass der Betrag der benötigten Wassermenge in Trockenzeiten deutlich höher ist, als in durchschnittlichen Zeiten. [52]

3.3.5 Kennwert Q_{347}

Der Q_{347} ist eine statistische Grösse, die zur Bestimmung von Mindestrestwassermengen herangezogen wird. Er bezeichnet diejenige Abflussmenge, welche an 347 Tagen im Jahr erreicht oder überschritten wird, gemittelt über 10 Jahre.

In Zukunft sind im östlichen Mittelland Zunahmen der Unterschreitungsdauer bis 9 Tage möglich, sehr wahrscheinlich sind aber nur Zunahmen bis 3 Tage [19]. Dies bedeutet, dass in Zukunft der Abfluss Q_{347} etwas tiefer ausfallen wird. Auch der Niedrigwasserabfluss während einer zusammenhängenden Trockenperiode (genannt AM7) wird in ferner Zukunft (im Jahr 2085) deutlich abnehmen (Abnahme um bis zu 40 %) [19].

Je nach Gewässer sind die berechneten Q_{347} -Werte detailliert zu betrachten. Zum Beispiel wird der Abfluss im Seebach über den gesteuerten Auslauf des Hüttwilersees beeinflusst, so dass die Pegelmessungen an der Messstation beeinflusst werden. [5]

Gemäss GSchG, Art. 32, kann die Mindestrestwassermenge in Notsituationen gesenkt / angepasst werden. [21]

3.3.6 Studie ‚Auswirkungen der Klimaänderung auf das Grundwasser und Niedrigwasserverhältnisse in der Schweiz‘

Die vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) durchgeführten Studie mit geplanter Laufzeit von November 2013 - Oktober 2016 soll die Auswirkungen der Klimaänderung auf das Grundwasser und die Niedrigwasserverhältnisse in der Schweiz erkunden. Als Resultat sollen Informationen und Werkzeuge zur Verwaltung von Wasserressourcen in der Schweiz im Hinblick auf Trockensituationen abgeleitet werden. Die Studie legt besonderes Augenmerk auf die Wechselwirkung zwischen Oberflächen- und Grundwasser. Ab 2017 soll eine schweizweit anwendbare Berechnungsmethode erarbeitet sein, mit der Risikogebiete für Trockenheit erkannt werden können. Allerdings fehlt es laut BAFU noch an einer landesweiten Kartierung der Böden, um die Modelle überall anwenden zu können. [50]

3.4 Vergleich Dargebot – Verbrauch

In Kapitel 3.2 wird der Wasserverbrauch beschrieben und in Kapitel 3.3 mögliche Quellen für das Dargebot von Wasser.

Die verfügbaren Daten sind zum Teil unvollständig, inkonsistent und schwer miteinander ins Verhältnis zu setzen. Auf der Verbraucherseite sind zum Beispiel weder die tatsächlichen Entnahmemengen, noch der Anteil oder die Fläche der tatsächlich bewässerten landwirtschaftlichen Kulturen im Kanton bekannt. Auf Seiten des Dargebots sind die

verfügbaren Grundwassermengen für eine Modellierung derzeit ungeeignet quantifiziert. Weiter ist unklar wie stark die Entnahmen zur Bewässerung die Abflussmessungen an den Messstellen beeinflussen. Die Verteilung von Wasser aus den Flüssen oder dem Bodensee in die Planungsgebiete ist für eine Modellierung derzeit nicht ausreichend beschrieben.

Um trotz dieser Unzulänglichkeiten eine Aussage zu sensiblen Regionen bezüglich Trockenheit zu ermöglichen, wurde eine alternative Lösung angewendet. Hierzu wird eine Methode entwickelt, um aus den schweizweit verfügbaren mittleren Abflusshöhen (MQ-CH) ein kantonsweit vergleichbares Wasserdargebot zu ermitteln, von dem der ebenfalls einheitlich modellierte Bewässerungsbedarf abgezogen werden kann. Das Resultat ist eine modellierte Wasserbilanz für die drei Klimaszenarien.

Die erarbeiteten Informationen zum Wasserverbrauch und zum Wasserdargebot helfen, um die Konsequenzen aus den modellierten Wasserbilanzen abzuleiten. Sie geben wichtige Hinweise zur weiteren Einschätzung einer möglichen Wasserknappheit in der Zukunft.

3.4.1 Wasserbilanz: Modelliertes Dargebot – modellierter Bedarf

Modelliertes Dargebot

Für die Berechnung der Wasserbilanz wurde ein GIS-Modell entwickelt. Im Modell wird aus den mittleren Abflusshöhen (MQ-CH) ein Wasserdargebot je Szenario und Monat der Vegetationsperiode von März bis Oktober auf Basis der Regionen berechnet (siehe Kapitel 3.3.2). In Abbildung 14 sind die Abflusshöhen dargestellt, die im Modell den Regionen zugewiesen und in Abflusswerte mit Kubikmetern pro Monat umgerechnet werden. Gut zu erkennen ist die relativ hohe Abflussbildung im Bereich von Murg und Lützelmurg.

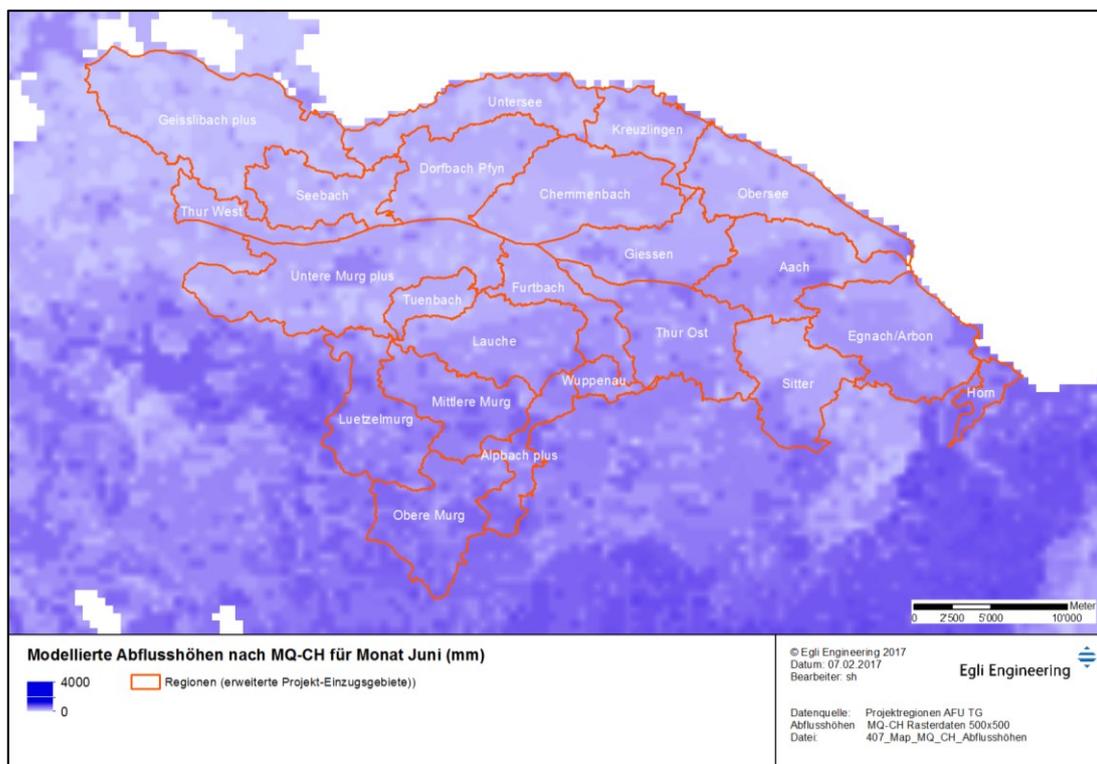


Abbildung 14: Modellierte Abflusshöhen nach MQ-CH

Von diesem Dargebot wird der modellierte Wasserbedarf (siehe Kapitel 3.2.2) pro Monat und Region subtrahiert.

Minderung für Trockenheitsszenarien

Das modellierte Dargebot nach MQ-CH stellt das mittlere Dargebot für die Jahre 1980 bis 2000 dar. Für die Szenarien „Extremjahr – heute (Trocken / 2003)“ und Extremjahr – 2060 (Extrem / 4014) wird das Dargebot gemindert. Hierzu werden aus den Daten der Pegelmessstellen die mittleren monatlichen Abflüsse für jedes Gewässer ermittelt und mit dem langjährigen Monatsmittel ein Verhältnis gebildet. Für jeden Monat wird schliesslich der Mittelwert aus allen gewässerbezogenen Anteilen berechnet. Dieser durchschnittliche Anteil aller Gewässer am durchschnittlichen langjährigen Monatsabfluss ergibt den Faktor zur Minderung pro Monat und Szenario.

Die Werte zur Minderung sind in den folgenden Tabellen dargestellt und sind wie folgt zu lesen: Der Abfluss des Geisslibachperimeters betrug im Monat Juni des Jahres 2003 nur ca. 42 % des langjährigen mittleren Abflusses. Das Dargebot im Juni wird für das Szenario auf den mittleren Anteil aller Gewässer von 23 % des langjährigen Juni-Abflusses gemindert. Die Entnahmekonzessionen am Rhein werden dabei nicht einbezogen.

Minderung Q_{347}

Da ein Mindestabfluss Q_{347} (siehe 3.3.5) im Gewässer zu gewährleisten ist, wird das Dargebot um einen Faktor für Q_{347} gemindert. Zur Vereinfachung wird ein einheitlicher Faktor für alle Gebiete bestimmt. Er wird gebildet, indem die langjährigen mittleren monatlichen Abflüsse der bekannten Messstellen mit ihren spezifischen Q_{347} -Werten ins Verhältnis gesetzt werden. Der gerundete Durchschnitt aller Werte von 15 % wird als Faktor für die Minderung auf die Restwassermenge Q_{347} in das Modell eingesetzt (siehe Tabelle 10).

Tabelle 8: Minderung des Monatsabflusses der Planungsgebiete für das Szenario Extremjahr heute (Trocken / 2003)

Monat	Geisslibach plus %	Seebach %	Tuenbach %	Giessen %	Lützelmurg Aadorf %	Murg Wängi %	Aach, Salmisach	Minderung % (Gesamtmittel)
Jan	99.01	138.68	103.53	105.20	113.86	114.07	125.60	114.28
Feb	94.61	97.63	73.28	64.29	73.82	65.90	93.74	80.47
Mrz	78.39	73.06	64.42	61.50	90.78	89.96	68.52	75.23
Apr	45.70	35.84	34.95	12.33	41.47	37.49	30.97	34.11
Mai	43.72	27.78	24.46	10.31	45.19	59.88	39.52	35.84
Juni	41.81	25.53	16.25	2.33	29.41	27.44	19.56	23.19
Juli	44.20	28.97	20.87	5.56	34.70	29.68	37.29	28.75
Aug	32.20	24.71	23.53	1.03	30.54	24.27	20.39	22.38
Sep	48.12	23.38	23.76	0.90	32.44	22.24	18.30	24.16
Okt	67.55	39.25	100.82	42.04	89.80	95.05	86.96	74.50
Nov	53.72	38.92	91.57	52.23	62.06	78.81	87.95	66.46
Dez	53.28	40.00	64.73	16.87	46.65	65.81	46.90	47.75

Tabelle 9: Minderung des Monatsabflusses der Planungsgebiete für das Szenario Extrem 2060 (4014)

Monat	Geisslibach	Seebach	Tuenbach	Giessen	Lützelmurg, Aadorf	Murg, Wängi	Aach, Salsach	Gesamtmittel
Jan	99.01	138.68	103.53	98.82	107.38	108.05	114.29	109.96
Feb	55.84	90.51	58.70	52.08	51.39	47.30	44.74	57.22
Mrz	49.14	54.55	47.94	47.70	45.27	50.47	62.26	51.05
Apr	45.70	35.84	34.95	12.33	41.47	36.18	30.97	33.92
Mai	43.72	23.41	23.91	10.31	28.13	35.13	26.35	27.28
Juni	41.33	21.28	16.25	2.33	29.41	27.44	19.56	22.51
Juli	44.20	28.97	20.87	5.56	34.70	29.68	37.29	28.75
Aug	32.20	24.71	23.53	1.03	30.54	24.27	20.39	22.38
Sep	48.12	23.38	23.76	0.90	32.44	22.24	18.30	24.16
Okt	57.71	39.25	47.54	42.04	79.39	80.92	70.83	59.67
Nov	34.61	25.15	36.75	37.90	29.17	28.21	17.14	29.85
Dez	53.28	40.00	64.73	16.87	46.65	65.81	46.90	47.75

Tabelle 10: Herleitung des Faktors zur Minderung des modellierten Dargebotes der Planungsgebiete auf Q₃₄₇

Name	mittlerer Abfluss Messstellen [m ³ / Mt]	Q ₃₄₇ Messstellen [m ³ /s]	Q ₃₄₇ [m ³ /Mt]	Anteil Q ₃₄₇ am Monatsabfluss [%]
Aach	1'944'000	0.110	285'120	14.67
Chemmenbach	1'023'840	0.059	152'928	14.94
Giessen	702'432	0.015	38'880	5.54
Lauche	2'407'968	0.135	349'920	14.53
Lützelmurg	1'264'896	0.129	334'368	26.43
Murg, Mittlere Murg	3'888'000	0.450	1'166'400	30.00
Seebach	492'480	0.029	75'168	15.26
Tuenbach	404'352	0.020	51'840	12.82
Faktor Minderung Q₃₄₇			Mittelwert	14.91

3.4.2 Modellierter Bedarf

Das Vorgehen, die Vereinfachungen und Annahmen für die Modellierung des landwirtschaftlichen Bewässerungsbedarfs sind in Kapitel 3.2.2 beschrieben. Dies betrifft unter anderem die angenommene Bewässerungseffizienz von 60 % und die Bewässerungswürdigkeit der Kulturen.

3.4.3 Resultate

Die modellierten Wasserbilanzen können numerisch-tabellarisch, in Diagrammen und in Karten dargestellt werden. Im Folgenden werden Beispiele der Diagramme und Karten vorgestellt. Weitere Auswertungen finden sich in den Anhängen 7.4 und 7.5.

Die Diagramme zeigen klar den Jahresverlauf der Bilanzen und die Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarien. Im Beispiel Chemmenbach (Abbildung 15) ist deutlich ein Maximum für den Wasserbedarf für das Extrem-Szenario im Juni zu erkennen. Von Mai bis September kippt

die Bilanz im Extremszenario ins Negative. Besonders im Juni herrscht dabei ein grosses Defizit. Das Trockenszenario zeigt im Juli und September ein kleines Defizit. Die Bilanz für das Referenzjahr bleibt dagegen stets deutlich im positiven Bereich. Wenn eine optimale Versorgung der landwirtschaftlichen Kulturen mittels Bewässerung erzielt werden soll, bleibt in diesen Monaten für beide Trockenheitsszenarien kein Spielraum für weitere Entnahmen. Die volle Versorgung über die Abflussneubildung kann nicht gewährleistet werden.

Die kartografische Darstellung in Abbildung 16 verdeutlicht die räumliche Verteilung des verfügbaren Wasserdargebots. Die Karte zeigt das Szenario «Extrem 2060» im Monat Juni. In den Planungsgebieten Obere Murg, Alpbach plus bis Wuppenau wird ein Bilanz-Überschuss erwartet. Er ist auf die landwirtschaftliche Nutzung (viel Grasland) und das hohe Dargebot zurückzuführen. Die Regionen «Geisslibach plus» und «Chemmenbach» haben die deutlichste negative Bilanz.

In einigen Planungsgebieten, dürfte zumindest in der angedeuteten 1-km-Pufferzone die Negativbilanz durch Fluss- und See-Wasser verringert werden können. Im Gebiet Geisslibach wird heute schon fast zu hundert Prozent mit Rheinwasser bewässert.

Hinweise:

Während das modellierte Dargebot nach MQ-CH auf einer Datenbasis von 1980 - 2000 basiert, greift das Modell für den Bewässerungsbedarf auf eine Datenbasis mit Referenzzeitraum von 1981 - 2010 zurück. Sollte eine bessere Modellbasis verfügbar werden, ist eine Neuberechnung zu prüfen.

Der angewendete einheitliche Faktor für die Minderung Q_{347} für den gesamten Kanton ist eine sehr starke Vereinfachung im Modell. Als Alternative wird vorgeschlagen pro Gebiet einen spezifischen Faktor Q_{347} zu bestimmen. Hierfür ist zu prüfen, ob die GIS-Applikation Q_{347} des BAFU genutzt werden kann [35].

Weitere Entnahmen für Trink- oder Brauchwasser sind nicht berücksichtigt, wie auch die Verwendung von Grundwasser oder Wasser aus Bodensee und Rhein!
Ebenso werden keine detaillierten Aussagen zu Nutzungskonflikten (z.B. Restwasserstrecken von Wasserkraftanlagen) abgeleitet.

Für eine umfassende Bilanz fehlen Angaben zu den tatsächlichen Entnahmemengen pro Region (Landwirtschaft, Trinkwasser, etc.) und zur quantitativen Verfügbarkeit von Grund-, See- und Rheinwasser.

Zur Klärung dieser Sachverhalte beziehungsweise Lösung der Einschränkungen sind weitere Abklärungen nötig, die in weiterführenden Projekten aufgenommen werden können.

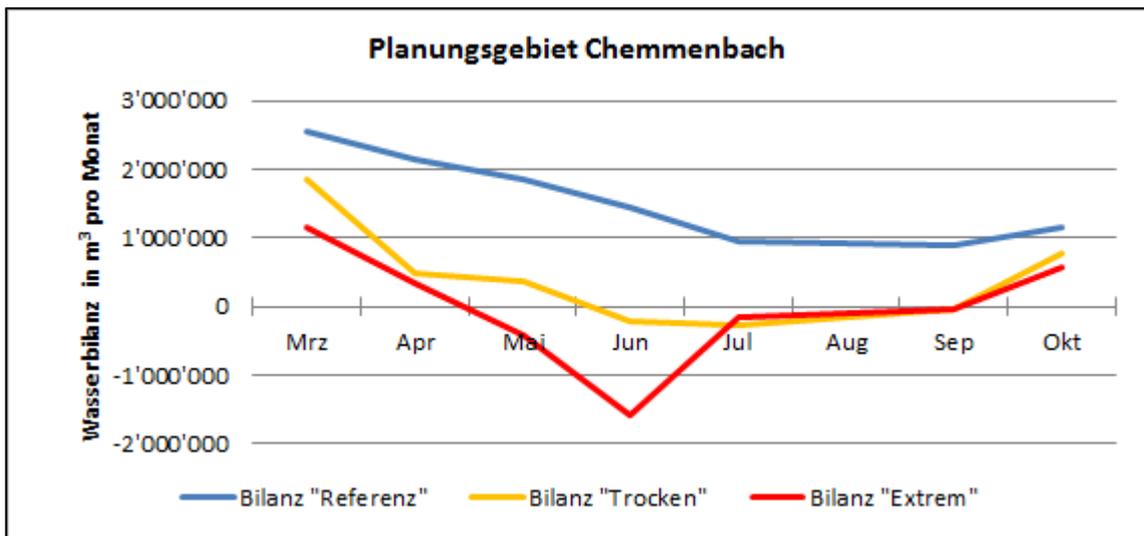


Abbildung 15: Diagramm Wasserbilanz Chemmenbach

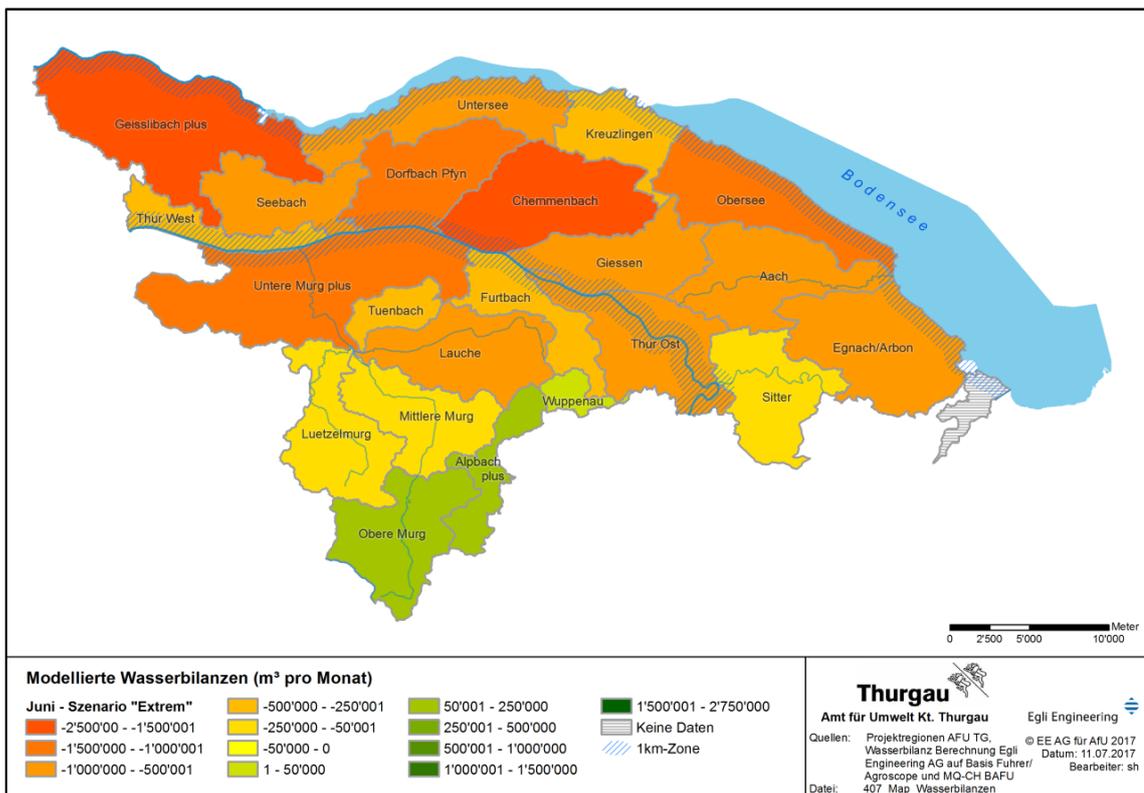


Abbildung 16: Modellierte Wasserbilanz für das Szenario Extrem im Monat Juni (ohne Wasser aus Bodensee und Flüssen)

3.4.4 Sensible Regionen

Interpretation

Die Karten finden sich in Abbildung 16 und im Anhang 7.5.

Die Rolle von Fluss-, See- und Grundwasser

Die reine Gegenüberstellung von modellierten Abflusssummen und Bedarfsmengen für die Gesamtfläche der Untersuchungsgebiete lässt ausser Betracht, dass vielerorts zusätzlich mit

Wasser aus Thur, Rhein und Bodensee sowie Grundwasser bewässert wird. Dies gilt insbesondere für die in der Karte angedeutete 1km-Zone und für weite Teile des Gebietes ‚Geisslibach plus‘.

Referenz-Szenario («Normaljahr heute»)

Im Referenz-Szenario ist in aller Regel genug Wasser verfügbar und eine Entnahme-Beschränkung wäre nicht zu erwarten. Dies deckt sich mit den bekannten Beobachtungen. Die Verfügbarkeit von Wasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung sinkt bis zum Ende der Bewässerungszeit, erreicht aber keine problematischen Werte.

Trocken-Szenario («Eher trockener Sommer 2060 / Mittlerer Sommer Ende Jahrhundert»)

Im Trocken-Szenario wurde für den Monat August in 19 von 22 Regionen eine negative Bilanz berechnet. Im Juni sind es für die Hälfte der Regionen mit einem gewissen Defizit mit Schwerpunkt in der Region Geisslibach zu rechnen.

Extrem-Szenario («Extremjahr 2060»)

Im Extrems-Szenario wurde für den Monat August in 18 von 22 Regionen eine negative Bilanz berechnet. Im Monat Juni sogar für 19 von 22 Regionen. Die negativen Bilanzen fallen im Juni deutlich negativer aus als im August. Dies kommt am deutlichsten in den Regionen ‚Geisslibach plus‘, und ‚Chemmenbach‘ zu tragen und ist auf den relativ hohen Wasserbedarf der angebauten Kulturen im Juni zurückzuführen.

Die Berechnungen zeigen deutlich, in welchen Regionen eine bewässerungsintensive Landwirtschaft vorherrscht. Dabei wird Angenommen, dass im Jahr 2060 in dieser Region weiter bewässerungsintensive Landwirtschaft betrieben wird.

Fazit

Mit Ausnahme der Gebiete Wuppenau, Alpbach plus und Obere Murg ist entsprechend der Modellierung mit negativen Wasserbilanzen für das Extremszenario zu rechnen. Dies entspricht einem Grossteil der Fläche des Kantons Thurgau. Zudem handelt es sich um die heute in der Regel intensiver genutzten landwirtschaftlichen Gebieten.

Auch wenn akute Trockenheitsprobleme mit Fluss-, See- und Grundwasser teils gelöst werden können, ist die Wasserbilanz negativ und zeigt ein generelles Defizit auf. Die Auswirkung von Wasserentnahmen aus diesen oft als unbegrenzt nutzbar angesehenen Systemen wurde nicht untersucht (siehe auch Kapitel 3.5).

Hinweise:

Um das Gesamtsystem zu verstehen ist es wichtig, die zur Verfügung stehenden und die heute schon entnommenen Mengen an Fluss-, See- und Grundwasser zu kennen. Diese Daten werden heute nicht oder nur in Ausnahmefällen erfasst. Zudem sind die Auswirkungen von Entnahmen aus diesen Systemen wenig untersucht. Somit sind auch fundierte Angaben zu Entnahmegrenzen schwierig.

Um den Umfang und die Folgen von Entnahmen aus Fluss-, See- und Grundwasser besser zu verstehen, ist es nötig Methoden zu entwickeln, um diese besser zu erfassen. Erst so wird die genauere Quantifizierung und Bewertung möglich. Einmalige Erhebungen sind im Zusammenhang mit Klimafragen von eher eingeschränktem Wert, so dass ein früher Erfassungsbeginn von Vorteil ist. Zudem sollte die Erfassung möglichst kontinuierlich, über die Region verteilt und einheitlich erfolgen, um Zeitreihen und Mittelwerte bilden zu können.

Ein Folgeprojekt zur Definition der Erfassungskriterien und zur Planung der Umsetzung wird empfohlen.

3.5 Ökologische Konflikte bei Wasserentnahmen

Die ökologischen Folgen hängen von verschiedenen Faktoren ab (Wassertemperatur, Wassermenge, Dauer des Niedrigwassers). Laut ursprünglicher Planung sollte zusammen mit der Fischerei abgeklärt werden, wo dies besonders relevant ist und wo sensible Regionen diesbezüglich bestehen. Denkbar sind Konflikte besonders auch in Bereichen, wo sich Entnahmen durch nicht-landwirtschaftliche Nutzer mit landwirtschaftlichen Entnahmen überschneiden (z. B.: Konflikte mit Wasserkraft-Anlagen und deren Restwasserstrecken).

Da die Verfügbarkeit von belastbaren Daten zu Wasserentnahmen durch die Landwirtschaft und den natürlichen Wassermengen der Bäche keine hinreichende Bewertung eventueller Konflikte zulassen, wurde auf die Befragung der Fischerei-Vertreter verzichtet.

Es ist heute jedoch bekannt, dass zum Beispiel das Ökosystem des Hochrheins bei längerer Trockenheit und Hitze an seine Grenzen kommt. Dies hat das Massensterben von Äschen, Forellen und Aalen im Jahr 2003 verdeutlicht. Zentraler Faktor sind die Kombination aus hoher Wassertemperatur bei Niedrigwasser mit sinkender Wasserqualität [26]. Welchen Beitrag hierbei landwirtschaftliche Entnahmen spielen ist unbekannt.

Hinweis:

Eine fundierte Aussage zu den ökologischen Konflikten erscheint schwierig und sollte bei Bedarf gezielt in einem eigenen Projekt angegangen und bewertet werden.

4 Info-Plattform

Zur Verbesserung der Kommunikation in Situationen mit Wasserknappheit soll frühzeitig und proaktiv informiert werden. Um die Bedürfnisse der Nutzer, hauptsächlich Landwirte mit Bewässerungsbedarf, zu erkennen und geeignete Lösungen zu finden, wurde im Rahmen dieses Projektes ein Workshop durchgeführt. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden Vorschläge für eine künftige Informations-Plattform erarbeitet. Ein Teil der Erkenntnisse wurde im Sommer 2017 schon provisorisch umgesetzt.

4.1 Bedürfnisabklärung

In Zusammenarbeit mit verschiedenen Vertretern der Landwirtschaft (Verbände Spezialkulturen, BBZ Arenenberg, VTL) wurden die aktuelle Situation und das Verbesserungspotenzial sowie die Bedürfnisse an eine Informationsplattform bei Wasserknappheit erörtert.

Folgende Punkte wurden dabei genannt:

- Die Art der Kommunikation sollte verbessert werden.
 - Die Formulierung des Entnahmeverbotes ist oft unglücklich: feinfühler formulieren.
 - Die Kommunikation muss aktueller sein.
 - Eine Kommunikation über das Amtsblatt ist nicht ideal, da zu träge.
 - Es ist auf eine zielgerichtete und Akteur-gerechte Kommunikation zu achten.
- Nach Möglichkeit sollten nur die Konzessionäre informiert werden. Informationen, die nicht zu weit gestreut werden, erregen weniger Aufmerksamkeit in den Medien.
- Entnahmebeschränkungen sollten nach Gewässer differenziert erfolgen (regional).
- Entnahmebeschränkungen könnten auf www.hydrodaten.tg.ch publiziert werden.
- Die Daten der Messstellen können verwendet werden (z.B. der Wert Q₃₄₇).

- Eine Vorstufe vor dem generellen Entnahmeverbot wäre hilfreich.
- Ein Ampelsystem wäre übersichtlich und einfach lesbar. Regionen werden je nach Pegel grün, gelb, orange oder rot dargestellt.
- Es könnte eine SMS-Warnung eingeführt werden, wenn ein bestimmter Grenzwert für eine bestimmte Region erreicht oder unterschritten wird.
- Die Einführung sollte über die Verbände kommuniziert werden, dies würde wohl auch die Akzeptanz erhöhen.
- Per Email an die Verbandsmitglieder könnte ein Hinweis auf die kritische Situation erfolgen.
- Die Informationen zu möglichen Entnahmebeschränkungen sind anschliessend der Homepage www.hydrodaten.tg.ch zu entnehmen.

4.2 Rechtlicher Rahmen

Die Veröffentlichung oder Ankündigung von Entnahmebeschränkungen über eine Homepage hat aus rechtlicher Sicht einen rein informativen Charakter. Rechtsverbindlich ist ausschliesslich die offizielle Publikation im Amtsblatt des Kantons Thurgau [10].

Dennoch wird eine Vorankündigung von Entnahmebeschränkungen von Seiten der betroffenen Parteien begrüsst, da sie die Vorlaufzeit für die Planung und Vorbereitung in Notsituationen verlängern kann.

4.3 Nutzer

Die Info-Plattform soll mit Blick auf die Bedürfnisse bestimmter Nutzergruppen eingerichtet werden. Folgende mögliche Zielgruppen wurden identifiziert:

- Landwirte
- Wasserwerke
- Fischerei
- Industrie

4.4 Gestaltungsvorschlag

Aufgrund der durchgeführten Diskussion und der Erkenntnisse wurde ein erster Gestaltungsvorschlag erarbeitet (Abbildung 17). Die ursprünglich diskutierte Darstellung von Einzugsgebieten nach Farben wurde verworfen, da eine Auflösung auf Gewässerebene gebraucht wird. So kann die Bewässerung in Fluss- oder Seenähe weiter möglich sein, während für Kleingewässer im gleichen Gebiet eine Entnahmebeschränkung angezeigt ist.

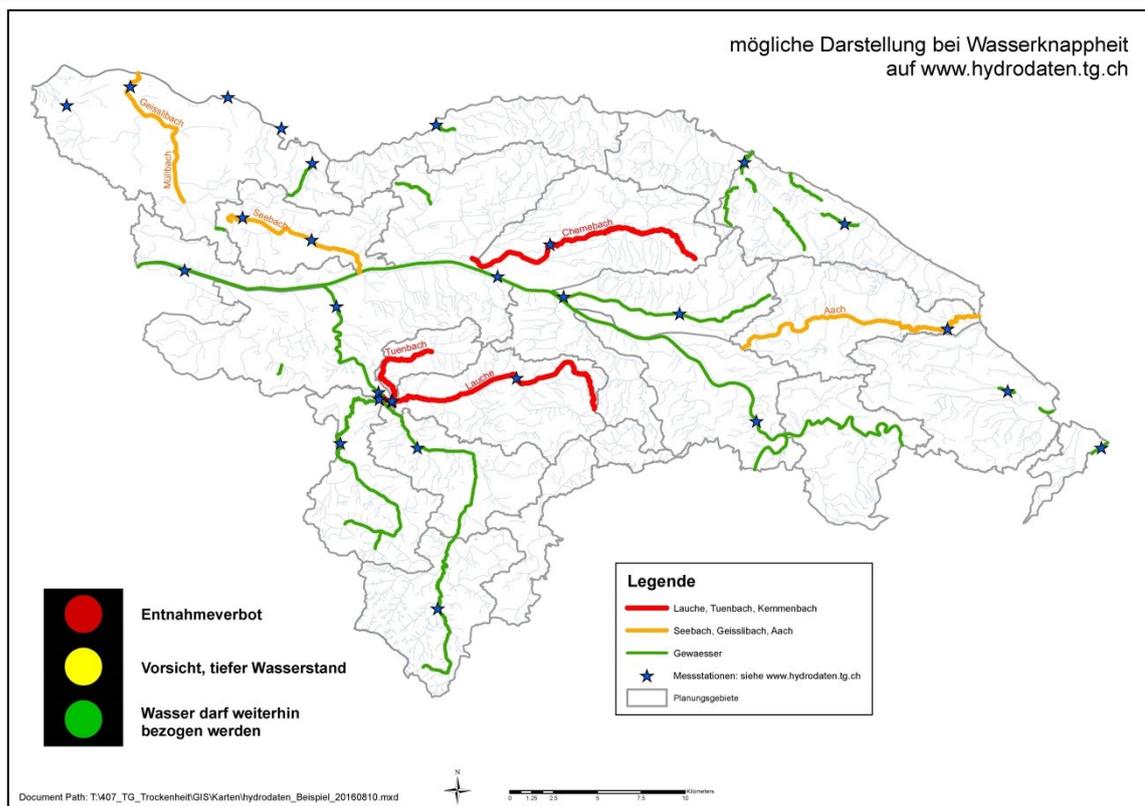


Abbildung 17: Prototypischer Vorschlag für eine Infoplattform

4.5 Trockenheitsbulletin

Ein Trockenheits-Bulletin wird – im Bedarfsfall – bereits heute vom AfU erstellt. Dieses kann als Grundlage für die kartografische Darstellung in der Infoplattform dienen. Die Infoplattform ermöglicht somit einen schnellen und übersichtlichen räumlichen Überblick über das, wenn nötig detailliertere, Trockenheitsbulletin.

Das ursprünglich für amtsinterne Trockenheitsbulletin wurde ab 2017 aufgrund der Erkenntnisse aus diesem Projekt neu ausgerichtet. Der kantonale «Führungsstab Wasserknappheit» kommuniziert einen öffentlichen Bulletinauszug mit aktuellen Status- und Trendinformationen frühzeitig an andere Ämter, landwirtschaftliche Verbände und die Zeitung «Thurgauer Bauer». Im Falle einer Entnahmebeschränkung wird zusätzlich die Veröffentlichung im Amtsblatt des Kanton Thurgaus angewiesen (Abbildung 18 und Abbildung 19).

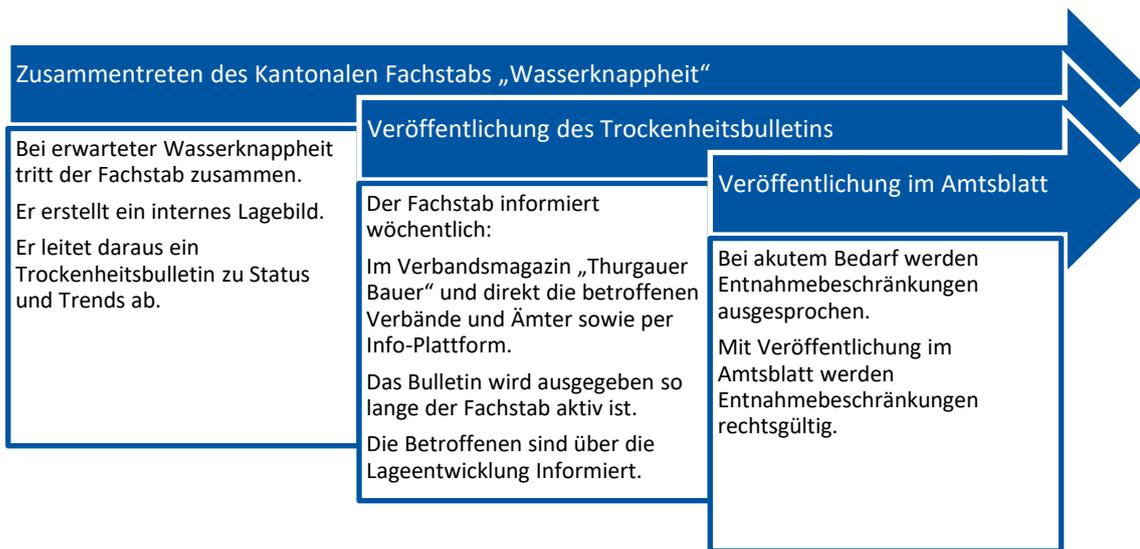


Abbildung 18: Kommunikation im Trockenheitsfall (seit 2017)

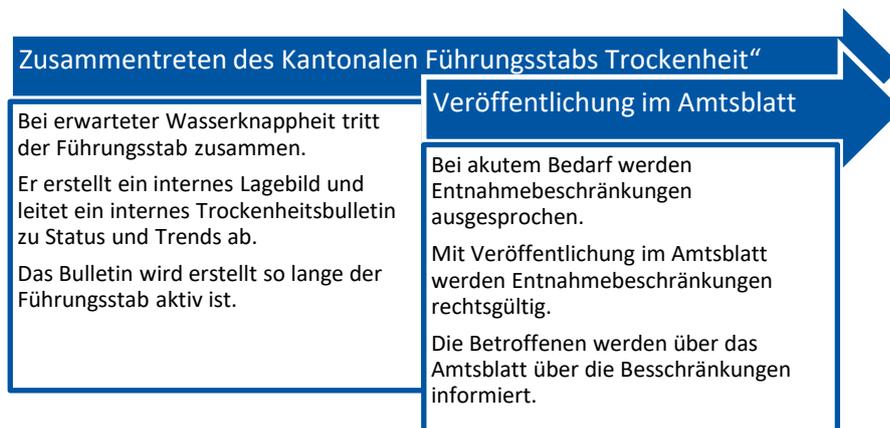


Abbildung 19: Kommunikation im Trockenheitsfall (vor 2017)

Hinweise:

Bevor ein konkreter Vorschlag für die Info-Plattform erarbeitet wird, sollte die generelle Machbarkeit und der Kostenrahmen geklärt werden.

Die Umsetzung einer Info-Plattform sollte in einem eigenen Projekt erfolgen.

Die seit 2017 verbesserten Informationswege haben sich bewährt, sollten bei Bedarf revidiert und fest installiert werden.

5 Instrumente zur Einschränkung

Für die Bewältigung von Ausnahmesituationen sollen einfach handhabbare Regeln und Kriterien festgelegt werden, welche die regionale Situation und die Abwägung verschiedener Interessen berücksichtigen [49].

5.1 Rangordnung

Bei der Priorisierung von Einschränkungen sollte folgendes berücksichtigt werden:

- Ob aktuell Konflikte zwischen den Entnahmen zur landwirtschaftlichen Bewässerung und den Brauchwasserentnahmen bestehen ist derzeit unbekannt, beziehungsweise ungeklärt. Bei verbreiteter Trockenheit sind Konflikte denkbar. Es gibt derzeit keine verbindlichen Regeln oder Gesetze zur Lösung solcher Konflikte.
- „Die öffentliche Wasserversorgung hat grundsätzlich Priorität vor allen anderen Nutzungsansprüchen“, Kantonaler Richtplan TG [38].
- Ebenfalls fehlen derzeit Möglichkeiten um die Art der Nutzung von Trinkwasser verbindlich einzuschränken (z.B. für Swimmingpool). Auch die Verwendung von aufbereitetem Trinkwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung ist so möglich. Aufgrund der grundsätzlichen Priorität zur Gewährleistung der Trinkwasserversorgung ist der Nutzen von Trinkwasser-Verbrauch-Regeln für die Landwirtschaft fraglich (Stufe Gemeinde).
- In Einzelfällen wurde schon Trinkwasser zu vergünstigten Preisen an Landwirte abgegeben. Voraussetzung ist, dass genügend Trinkwasser im Verbund vorhanden ist. Diese Praxis wird in der allgemeinen Diskussion teilweise als kritisch betrachtet.
- Psychologischer Aspekt: wenn für Landwirtschaft die Wasserentnahme eingeschränkt wird, sollten die Wasserversorger auf sparsamen Umgang mit Trinkwasser hinweisen (kein Autowaschen, Pool füllen, Rasen/Garten bewässern, etc.)

Da für Wasserentnahmen gemäss Gewässerschutzgesetz GSchG und Wassernutzungsgesetz WNG immer eine Bewilligung (Nutzung bis 2 Monate) oder eine Konzession (Nutzung länger als 2 Monate) nötig ist, ist die Konzessionierung ein wichtiges Instrument zur Bewirtschaftung der Wasserressourcen.

Hinweise:

Mit Ausnahme der Sicherstellung der Trinkwasserversorgung ist die Rangordnung für den Bezug von Wasser in Trockensituationen für Landwirtschaft, Industrie, Gewerbe und Private im Kanton Thurgau nicht definiert.

Um bei einer Verschärfung der Situation vorbereitet zu sein, wird empfohlen das Thema in die politische Diskussion aufzunehmen und auf eine breite Basis mit Vertretern der unterschiedlichen Interessen zu stellen.

Ziel wäre es, einen Rahmen zu schaffen, der für alle Beteiligten in Trockensituationen die Spielregeln klärt.

5.1.1 Entnahmekonzessionen - Stand heute

Die Konzessionen enthalten folgende Angaben:

- Maximal erlaubte Pumpenleistung in Liter pro Minute
- Entnahmemenge als Kontingent in m³ pro Jahr (erwarteter Durchschnitt mehrerer Jahre)
- Entnahmestelle und Zweck der Wasserentnahme

Die konzessionierte Entnahmemenge darf gemäss Art. 30 GSchG höchstens 20 % der Abflussmenge Q₃₄₇ betragen. Wo keine Statistik einer Abflussmessstelle vorliegt, wird der Minimalabfluss Q₃₄₇ aufgrund der Charakteristik des Einzugsgebiets und der Abflussspenden für den jeweiligen Bachabschnitt berechnet. Es dürfen generell höchstens 1 m³/s entnommen werden. [51]

Die Anlagen müssen mit einer Wasseruhr versehen sein, wobei die bezogene Wassermenge dem Amt für Umwelt zu melden ist. Dieser Pflicht kommt jedoch nur ca. die Hälfte aller Konzessionäre nach.

5.1.2 Kriterien bei Neukonzessionierungen bzw. Verlängerungen

Wenn die Entnahmestelle im Perimeter einer Bewässerungsgemeinschaft liegt, so muss der Gesuchsteller der Gemeinschaft beitreten und sein Wasser innerhalb der bereits konzessionierten Wassermenge beziehen.

Sofern das Gewässer genügend Wasser führt und die ersuchte Wassermenge die gesetzlichen Vorgaben nicht übersteigt (siehe oben), wird die Konzession in der Regel erteilt.

Bei Konzessionsverlängerungen wird insbesondere der Wert Q₃₄₇ anhand der aktuellen Daten überprüft und die zulässige Fördermenge, wenn nötig angepasst.

5.2 Bewässerungs-Gemeinschaften

Einige Regionen mit bewässerungsintensiver Landwirtschaft, insbesondere mit Entnahme aus Oberflächengewässern, haben sich bereits heute zu Gemeinschaften zusammengeschlossen (vergl. Kapitel 0). Somit wird jeweils eine Konzession für die Bewässerungsgemeinschaft ausgestellt. Die Wasserverteilung innerhalb des Perimeters wird von der Gemeinschaft geregelt.

Die Vorteile einer Gemeinschaft sind insbesondere:

- nur 1 Ansprechpartner für das AfU, 1 Konzessionär
- die Gemeinschaft koordiniert den Wasserbedarf selbständig
- die Mitglieder kennen sich gut, kurze Wege, persönlicher Kontakt
- es können individuelle, kurzfristige und unkomplizierte Lösungen gefunden werden (z.B.: wer muss unbedingt bewässern, zeitliche Staffelung, Abstimmung Ober-Unterlieger, etc.)
- der Zusammenhalt und die Zusammenarbeit unter den Beteiligten wird gefördert
- eine gesunde soziale Kontrolle wird gefördert (wer unrechtmässig bewässert, kann das nicht ungesehen tun)

Gemeinschaften sind weiterhin zu fördern. Die nachfolgend als ‚Runder-Tisch‘ beschriebene Methode wird von den Bewässerungsgemeinschaften intern bereits heute so gelebt und umgesetzt.

5.3 Runder Tisch

Als Instrument zur Einschränkung ist die Förderung «Runder Tische» der Konzessionäre in den Bewässerungsregionen denkbar. Dabei Treffen sich die Bewässerungsgemeinschaften und alle Involvierten einer betroffenen Region / eines Einzugsgebietes bei absehbaren Engpässen der Kontingente. Der Umgang mit der Situation wird besprochen. Dabei wird geklärt, wer wann wieviel Wasser bekommt, welche Konditionen und Bedingungen dabei gelten sollen. Das gemeinsame verhandeln wird komplett fixen Reglementen vorgezogen, da jede Situation verschieden ist. Jeder Beteiligte hat je nach Zeitpunkt andere Kulturen in anderen Wachstumsphasen zu wässern.

Die Bewässerungsgemeinschaft «Schlattingen, Basadingen und Umgebung» im Geisslibachperimeter wendet ein solche Vorgehen schon heute an.

Die Vereinbarungen zur zeitlichen Staffelung der Wasserentnahmen kann sinnvoll sein, damit der Oberlieger dem Unterlieger nicht das Wasser ‚wegnimmt‘.

In Zeiten ohne gravierende Wasserknappheit können einfache technische Hilfen die Absprachen der Beteiligten vereinfachen. Bewässerungsgemeinschaften im Kanton Solothurn haben teilweise gute Erfahrungen mit der Absprache von Bewässerungszeiten per «doodle»-Umfrage gemacht.

Hinweise:

Es wird empfohlen die Idee des runden Tisches zu Verbreiten und Vorschläge dafür zu machen.

Mögliche Mitglieder / Eingeladene:

- Vertreter Bewässerungsgemeinschaft
- Weitere Landwirte mit Bewässerungsbedarf
- Industrie mit Wasserbedarf (Brauchwasser)
- Gemeinden / Wasserversorgungen
- Jagd-/Fischereiverwaltung
- Kantonale Fachstellen Landwirtschaftsamt / BBZ, AfU, etc.

Der möglich Rechtsstatus solcher Runden Tische ist zu klären.

5.4 Entnahmebeschränkungen

Entnahmebeschränkungen sind Massnahmen mit oft einschneidender Auswirkung für die Betroffenen. Umso wichtiger ist eine klare und vorausschauende Kommunikation.

Wo der Wasserpegel unter die Wert des Q_{347} gefallen ist, wird derzeit von Amtes wegen ein Entnahmeverbot erlassen.

Aus juristischer Sicht erlangt ein Entnahmeverbot seine Rechtswirksamkeit ab Veröffentlichung im kantonalen Amtsblatt [10]. Eine Info-Plattform (siehe Kapitel 4) ermöglicht es den Betroffenen sich schon vor der Veröffentlichung auf eine möglicherweise bevorstehende Entnahmebeschränkung vorzubereiten.

5.4.1 Kriterien

Als ein Kriterium zur Festlegung eines Entnahmeverbots dient heute im Kanton Thurgau die Grenze, dass der Abfluss in einem Gewässer unter die Marke des Q_{347} (siehe 3.3.5) gefallen ist.

Eine Schwierigkeit ergibt sich daraus, dass der Wert Q_{347} nicht konstant ist, sondern über Zeitreihen von Abflussmessungen definiert wird. Die Q_{347} -Werte sind also regelmässig neu zu bestimmen. Weitere Erschwernisse ergeben sich aus der Verteilung und Verfügbarkeit von Abflussmessstellen bzw. -daten.

Für Entnahmen aus Seen und Grundwasservorkommen sind keine Kriterien bekannt. Hier würde es sich anbieten, dass die Wegleitung zum Vollzug angemessener Restwassermengen des BAFU zur Anwendung kommen könnte [25]. Danach erfüllen Wasserentnahmen aus Seen oder Grundwasservorkommen die Bedingungen gemäss Artikel 31-35 GSchG sinngemäss, wenn die Entnahmen die Wasserführung eines Fließgewässers mit ständiger Wasserführung wesentlich beeinflussen (Artikel 29 Buchstabe b GSchG, Artikel 34 GSchG und Kap. 6). Allerdings ist diese Regel recht grob und nimmt zum Beispiel keine Rücksicht auf ökologisch relevante Grössen, wie die Wassertemperatur und Qualität (siehe 3.5).

5.4.2 Ausnahmewilligungen

Ausnahmewilligungen in Trockenperioden werden bis anhin erteilt, wenn dringender Bewässerungsbedarf besteht (z.B. eine Ernte dadurch gerettet werden kann) und eine Entnahme verantwortbar ist. Die bisher angewendeten objektiven Kriterien für die Vergabe von Ausnahmewilligungen sind: hat es Wasser beim Entnahmeort, Fischbestand.

Allerdings sind Ausnahmen auch unter den Landwirten nicht unumstritten. So werden Ausnahmewilligungen als nicht zielführend betrachtet, wenn diese an den Gemeinschaften vorbei erteilt würden. Zuerst müsste mit den Gemeinschaften Rücksprache genommen werden [34].

Hinweise:

Die eher produktions-orientierten Kriterien und Betrachtung erlauben derzeit eine hohe Bandbreite in der Auslegung. Weitergehende ökologische Kriterien (z.B. Qualität des Gewässers, Temperaturverhältnisse des Gewässers, Biologie des Gewässers) spielen nur teilweise eine Rolle. Es wird empfohlen die einschlägigen Entwicklungen in der Schweiz zu beachten und einen objektiven Regel-Katalog zu entwickeln.

6 Anpassung

Als Anpassungen wurden im Laufe des Projektes verschiedene mögliche Massnahmen diskutiert und vorgeschlagen.

6.1 Organisatorische Massnahmen

6.1.1 Bewässerungsgemeinschaften fördern

Das Modell der Bewässerungsgemeinschaften hat sich in der Praxis bisher bewährt. Das Eigeninteresse der Beteiligten hilft ohne besondere Steuerung von aussen bei drohender Wasserknappheit die Bewässerung und die Verteilung des Wassers gerecht, schnell und problemangepasst zu lösen. Die Bildung von Nutzergruppen soll weiter gefördert werden. Langfristiges Ziel könnte die Entwicklung sein, dass sich alle Nutzer, welche ihr Wasser aus demselben Fliessgewässer beziehen, in einer Gemeinschaft zu organisieren. [7]

Hinweise:

Es ist zu prüfen, in wie fern es Sinn macht, die Subventionierung von Bewässerungsinfrastruktur durch Bund und Kanton an die Beteiligung der Grundeigentümer in einer Gemeinschaft zu binden.

Die Benutzergruppen sollen angeregt werden, ein Reglement Trockenzeiten zu erstellen.

Es ist zu prüfen, in welchen Regionen der Bedarf zur Förderung von Gemeinschaften besteht.

6.1.2 Wasserressourcenplanung gemäss Modul 2, BAFU

Das BAFU stellt mit dem „Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz – Modul 2: Vorgehen für eine regionale Wasserressourcenplanung“ einen Leitfaden zur Wasserressourcenplanung bereit [22]. Derzeit sind Kanton Thurgau, mit Ausnahme der Konzessionierungen, die in Modul 2 vorgeschlagenen Planungsinstrumente nicht vorhanden realisiert.

Der kantonale Richtplan und viele weitere Planungsinstrumente befassen sich heute ausführlich mit Fragen aus Umwelt- und Naturschutz. Die Anliegen der Landwirtschaft und der Bewässerungen dagegen sind bislang nicht im Fokus dieser Planungsgrundlagen.

Die wasserbauliche Einzugsgebietsplanung für die Festlegung von Massnahmen zur Behebung der erkannten Defizite bezüglich Naturgefahren und Ökologie ist in Vorbereitung. Hier könnten Bestimmungen zum Q₃₄₇ oder Gedanken zu multifunktionalen Speichern einfließen. Das bestehende Konzept des AfU hat den Fokus Hochwasserschutz. [7]

Hinweise:

Bei der „Wasserbaulichen Einzugsgebietsplanung“ ist das Thema Trockenheit mit in die Planung aufzunehmen. Hierbei ist der Aufwand von personellen Ressourcen mit zu bedenken.

Weiter sollte das Thema der Wasserverteilung und Wasserspeicherung zur Sicherung der landwirtschaftlichen Produktion integraler Teil der übergeordneten Planung (GWP, etc.) werden.

Es wird empfohlen die Erstellung eines Sachplans Wasser in die politische Diskussion einzubringen, der die Wasserressourcenplanung für die Trinkwasserversorgung, Landwirtschaft, etc. regeln soll.

Im Zuge eines Sachplans Wasser könnte die Erweiterung der Wasserbilanzen unter Einbezug des Bedarfs von Landwirtschaft und Trinkwasserversorgung dienlich sein.

6.1.3 Praxis der Konzessionserteilung

Da für Wasserentnahmen gemäss Gewässerschutzgesetz GSchG und kantonalen Wassernutzungsgesetz WG immer eine Bewilligung (Nutzung bis 2 Monate) oder eine Konzession (Nutzung länger als 2 Monate) nötig ist, ist die Konzessionierung ein wichtiges Instrument zur Bewirtschaftung der Wasserressourcen [51], [42]. Sie wird heute schon angewendet.

Folgende Massnahmen werden vorgeschlagen:

Hinweise:

Neben der maximalen Entnahmemenge ist die erforderliche Restwassermenge in der Konzession schriftlich festzuhalten.

Die Konzessionäre sind dazu zu verpflichten, das Wasserdargebot im Gewässer zu überprüfen.

Bei Neukonzessionierungen sind die Kriterien für die Verlängerung bzw. Re-Konzessionierung zu beschreiben.

Zur Überwachung neue Messstellen zu schaffen.

Da das Q_{347} keine fixe Grösse darstellt, sind die Entnahmemengen und Restwassermengen periodisch alle 10 Jahre zu überprüfen.

Dies erfordert, dass eine Methodik eingesetzt wird, um den Q_{347} -Wert auch in Gebieten mit unzureichendem Messnetz festzulegen. Der verstärkte Einsatz des BAFU-GIS-Tools zur Bestimmung von Q_{347} ist zu prüfen.

Es ist zu prüfen, ob zukünftige Konzessionen im Regelfall nur noch an Gemeinschaften erteilt werden.

Bewässerungstechnik

Verbesserte Bewässerungstechniken können einen Beitrag zur Verringerung des Bewässerungsbedarfs leisten. Allerdings ist die Einführung von neuen Techniken neben den Vorteilen auch mit Investitionen verbunden (siehe 6.6).

Hinweise:

Um Planungssicherheit für die Betroffenen zu schaffen, wird für die Forderung nach und Förderung von optimierten Bewässerungstechniken vorgeschlagen, diese in die Konzessionen aufzunehmen („Bewässerungstechnik x ist bis 20xx erlaubt“). [7]

6.2 Grundwasserentnahmen

Die derzeit bekannten Grundwasservorkommen werden genutzt. Zwischen Bischofszell und Amriswil gibt es theoretisch erschliessbare Aquifere.

Bei bestehenden Konzessionen zur Entnahme aus Grundwasserbrunnen werden derzeit keine Angaben bezüglich des minimalen erlaubten Grundwasserstands und der Tiefe des Brunnens gemacht. Dies könnte bei andauernder Trockenheit zu Übernutzungen führen. [7]

Hinweise:

Bei der Vergabe und Revision von Konzessionen zu Grundwasserentnahmen sind zusätzlich zur Entnahmemenge die Minimumkoten festzulegen, welche jederzeit eingehalten werden müssen.

6.3 Alte Weiher reaktivieren

Der Verband Thurgauer Landwirtschaft schlägt vor, alte trockengelegte Weiher als Speicher zu reaktivieren. Entscheidend sei hierbei, dass die Speicher explizit als Landwirtschaftliche Speicher für Trockenheit und nicht als Biotope im Sinne des Naturschutzes definiert werden [7].

Hinweise:

Es wird empfohlen das Thema in die landwirtschaftliche Planung aufzunehmen und auf eine breite Basis mit Vertretern der unterschiedlichen Interessen zu stellen.

6.4 Anpassung der Kulturen

Welche Kulturen und Sorten in Zukunft eingesetzt werden, ist Teil der Ausbildung und Beratung und wird vom BBZ Arenenberg umgesetzt. In der Regel setzen sich geeignete Kulturen von alleine durch. [7]

6.5 Bodenbearbeitung

Die Methoden der Bodenbearbeitung haben grossen Einfluss auf den Wasserhaushalt und die Speicherfähigkeit des Bodens. Dies wird seitens des BBZ Arenenberg heute schon in der Aus- und Weiterbildung thematisiert. Eventuell könnten sich hier Synergieeffekte für weitere Projekte und angewandte Forschung ergeben könnten. Ein Beispiel ist die Untersuchung der Anwendbarkeit des «Controlled Traffic Farmings» durch Agroscope.[7]

Hinweise:

Es wird empfohlen die Forschung rund um Themen wie das «Controlled Traffic Farming» weiter zu verfolgen und die Ergebnisse in die weitere Planung einzubringen, sowie den Landwirten zu vermitteln.

6.6 Bewässerungstechnik verbessern

Eine Klimaveränderung mit häufigeren Trockenjahren wird die Grenzen der Rentabilität im Feld- und Ackerbau zugunsten von technischen Anpassungen verschieben. Schon heute ist eine Tendenz weg von den klassischen Sprinklern und Weitwurfregnern hin zum vermehrten Einsatz von Beregnungsbalken zu beobachten. Dieser Trend wird wahrscheinlich durch vermehrte Trockenphasen verstärkt. [44]

6.6.1 Klassische Beregnung (Sprinkler und Weitwurfregner)

In der Praxis kann für die Bewässerungseffizienz der klassischen Sprinkler-Beregnung von 50-70 % oder 60 % als vereinfachter Mittelwert ausgegangen werden. Die Effizienz schwankt im Einzelfall besonders durch folgende Faktoren:

- Bewässerungszeit (Tag/Nacht) wegen Verdunstung (siehe unten)
- Bewässerungsdruck / Spritzweite wegen Verdunstung (siehe unten)

Die Aufwände und Anwendung der klassischen Beregnung sind den Nutzern aus der Praxis bekannt. Auch wenn klassische Beregnungsanlagen schon vorhanden und die Investitionen oft abgeschrieben sind, investiert ein Teil der Nutzer schon heute in effizientere Beregnungsbalkensysteme. [44]

6.6.2 Tropfenbewässerung

Im Thurgau haben einige Betriebe in den letzten Jahren mit Tropfenbewässerung experimentiert. Diese Technik hat sich in den meisten Fällen nicht durchgesetzt. Ein rentabler Einsatz ist derzeit nur bei mehrjährigen Kulturen teilweise möglich. Hauptgrund sind die hohen Installations-, Material- und Entsorgungsaufwände die sich nur bei mehrjährigen Kulturen bezahlt machen.

Ein rentabler Einsatz ist bei einjährigen Kulturen derzeit praktisch nicht umzusetzen. Dabei ist die Einjährigkeit häufig durch die notwendigen Fruchtwechsel gegeben. Faktoren wie die Kombinierbarkeit der Bewässerung mit der Düngung und geringerer Energiebedarf sind für die Rentabilität untergeordnet.

Nach Einschätzungen aus der Praxis werden Tropfenbewässerungssysteme bis auf weiteres nur für ausgewählte Kulturen rentabel sein und eine Rolle spielen. [43]

6.6.3 Beregnungsbalken

Im Thurgau werden vermehrt Beregnungsbalken erfolgreich eingesetzt und machen derzeit ca. 35 % der neu verkauften Beregnungssysteme aus. Die geringe Fallhöhe von ca. 1.5 m führt zu verminderter Verdunstung und senkt die Bewässerungsverluste um ca. 15 % gegenüber der klassischen Beregnung durch Sprinkler. Besonders bei Tagbewässerung ist die Effizienzsteigerung deutlich. [44]

6.6.4 Reduktion Bewässerungsverlust

Bewässerungszeiten

Theoretisch ist eine Beregnung nur nachts oder bei Tag zumindest mit Balken- oder Tropfensystem optimal [43].

In der Praxis ist eine rigide Umsetzung oder das Vorschreiben einer gewissen Technik problematisch. Der Einsatz von Techniken mit besonders hohem Wasserverlust könnte zu gewissen Tageszeiten untersagt werden. Für Sprinkler gilt dies heute bereits von 11.00 – 19.00 Uhr (Konzessionsauflage).

Kürzere Bewässerungszeiten ergeben Stress für die Kulturen und die Konzessionsnehmer. Weiter ist die Einhaltung schwer zu gewährleisten. Zudem ist der Pflanzzeitpunkt für die Landwirte zum Teil von den Lieferanten vorgegeben. Neupflanzungen müssen teils auch zu ungünstigen Zeiten gewässert werden. [7]

Die aktuelle Zeitenregelung wird darum grundsätzlich als geeignet betrachtet [7].

Spritzweite

Weniger Druck und kurze Spritzweite führen zu deutlich weniger Verdunstung [43].

Messung der Bodenfeuchte

Die Messung der Bodenfeuchte ergibt ein hohes Potential für Einsparungen, kommt jedoch heute noch selten zum Einsatz. Heute gibt es im Thurgau vier feste, vom Kanton betriebene Stationen.

Technisch erfolgt die Messung über mechanische oder elektronische Saugkerzen. Sie ermöglicht die Anpassung der Bewässerung an die vorherrschende Bodenart und die aktuelle Bodenfeuchte. Sie verringert nicht nur das Risiko einer Überbewässerung, sondern verkleinert auch die Bewässerungszeit und –menge. Dies kann in Folge den möglichen Anteil von Nachtbewässerung erhöhen und dadurch die Verdunstungsverluste abermals herabsetzen.

Ein Teil der Überbewässerung wird jedoch über das Grundwasser wieder dem Wasserdargebot zugeführt und bleibt somit im System.

Die Verbreitung von selbstständigen Bodenfeuchte-Messungen durch Landwirte ist ungeklärt. In der Praxis wird die Messung der Bodenfeuchte insbesondere von kleinen Betrieben als zu aufwändig angesehen. [7]

Nebeneffekt: Senkung Energiebedarf

Eine effiziente Bewässerung reduziert als Nebeneffekt den Energiebedarf (Pumpenleistung, Fördermengen) der Landwirtschaft. Das Sparpotential wird von kleinen Betrieben eher wenig relevant angesehen. [7]

Hinweise:

Die Optimierungsmöglichkeiten über die Bewässerungszeit und den Bewässerungsdruck sind auszunutzen. Weiter ist zu prüfen, wie die Bewirtschafter bei Investitionen in effizientere Techniken unterstützt werden können.

Beregnungsbalken zahlen sich auf längere Sicht schon heute für viele Nutzer wirtschaftlich aus. Es ist zu prüfen, wie die Betroffenen von einer Umstellung überzeugt werden und in ihrer Investition unterstützt werden können.

Es ist zu prüfen, wie die Verbreitung der Messung der Bodenfeuchte zur Optimierung der Bewässerung forciert werden kann.

Im Rahmen von Massnahmen zur Optimierung der Bewässerung sollte das Argument der Kostenersparnis über die Energiekosten mit in die Diskussion eingebracht und eingerechnet werden.

6.7 Bewässerungswürdigkeit / Bodenpunktekarte

Die Bodenpunktekarte (Schätzwert des Bodens in Punkten) befindet sich zurzeit in Arbeit. Sie liefert Hinweise, wo gute Böden zu finden sind und wo sich langfristig die Produktion und Bewässerung von gewissen Kulturen lohnt. Weiter liefert die Bodenpunktekarte Informationen zur Textur (Korngrössenzusammensetzung) der Böden, die Einfluss auf die Wasserspeicherfähigkeit der Böden hat.[7]

So kann die Bodenpunktekarte Hinweise liefern, wo wieviel Bewässerung Sinn macht. Weiter geht die Textur der Böden in die Modellierung des Bewässerungsbedarfs ein (siehe 3.4.2).

Hinweis:

Es ist zu prüfen, ob die Bodenpunktekarte für die Modellierung des Bewässerungsbedarfs eine bessere Grundlage bietet, als die im vorliegenden Projekt verwendete kantonale Bodenübersichtskarte.

6.8 Datengrundlage verbessern

Folgende Massnahmen führen zu einer verbesserten Datengrundlage und somit zu einer besseren Kontrolle und Grundlage für künftig nötige Anpassungen.

6.8.1 Wassernutzung

Zur Übersicht und Kontrolle der Konzessionen und der effektiven Wassernutzung sollen die Konzessionäre ihre monatlichen Fördermengen erfassen und dem AfU melden.

- Wasseruhren sind für neue Konzessionen verpflichtend.
- Die Zählerstände sind in einem bestimmten Rhythmus zu erfassen.
- Die Zählerstände sind in einem bestimmten Rhythmus zu melden.

Hinweis:

Die Grundlagen zur Überwachung der Konzessionen sind heute schon in den Bewilligungen festgehalten. Die Umsetzung und die Datenlieferung sind in Zukunft konsequent einzufordern.

6.8.2 Abflussmessstellen

Bezüglich der Abflussmessstationen sind zwei Themen zur Optimierung der Datengrundlage hervorzuheben.

Anzahl und Verteilung der Messstellen

Aus hydrologischer Sicht ist die Einrichtung und der dauerhafte Betrieb weiterer Messstellen an Fliessgewässern wünschenswert, um eine bessere Abdeckung zu erreichen. Derzeit sind bei den kantonalen Pegeln im Thurgau 24 Pegel für die Messung der Pegel-Höhen in Meter über Meer geeignet. Für die Quantifizierung der verfügbaren Abflüsse, sind jedoch keine Pegel-Höhen, sondern Abflussmengen in m³/s relevant. Dies ist derzeit an nur 14 Stationen möglich, von denen auf andere Gewässer extrapoliert werden muss.

Niedrigwasserrinnen

Von den 24 Pegel-Stationen im Kanton Thurgau ist nur ein kleiner Anteil für die Bestimmung von Niedrigwasser-Abflüssen ausgelegt. Dies ist besonders im Kontext von Trockenheitsfragen wichtig, da die genaue Bestimmung von Niedrigwasser-Abflüssen je nach Bauweise des Profils unmöglich ist. Abhilfe schaffen spezielle Messprofile mit Niedrigwasserrinnen (siehe Abbildung 20).

Hinweis:

Die Verbesserung des Abflussstellenmessnetzes ist angezeigt, um verwertbare hydrologische Daten zu Entwicklungen im Zuge des Klimawandels zu erheben.

Es wird empfohlen zu prüfen

- welche bestehenden Höhen-Pegel sich für den Umbau in Abflusspegel eignen.
- welche bestehenden Abflusspegel sich für den Einbau einer Niedrigwasserrinne eignen.
- Wie das Messnetz günstig und sinnvoll erweitert werden könnte.

Die Ergebnisse können als Grundlage für die weitere Messstellenplanung genutzt werden.



Abbildung 20: Abflussmessstation mit Niederwasserrinne an der Biber bei Biberbrugg © Jörg Hammer, BAFU

6.8.3 Konzessionen verwalten

Genaue Standorte und überall kontingentierte Wassermenge erfassen. Die aktuelle Übersicht zu den bestehenden Konzessionen beim AFU muss verbessert werden, damit die Überwachung verbessert und Neukonzessionen auf transparenterer Grundlage vergeben werden können.

6.9 Bauliche Massnahmen

Derzeit sind die Themen der Wasserverteilung und Wasserspeicherung zur Sicherung der landwirtschaftlichen Produktion kaum Gegenstand der übergeordneten Planung (Richtplan, GWP, etc.). Im Zuge des Klimawandels sind im Rahmen der politischen Diskussion auch diverse bauliche Massnahmen zu prüfen.

Vernetzung von Leitungen

Bei zukünftigen Baumassnahmen sollte die Möglichkeit der Vernetzung von Leitungsnetzen mit betrachtet werden. Eine Vernetzung ermöglicht im Ereignisfall lokale Krisenherde mit Wasser aus anderen Gebieten zu versorgen. [7]

Neuerschliessung von Grundwasservorkommen

Zwischen Bischofszell und Amriswil gibt es theoretisch erschliessbare Aquifere. [7]

Seewasserleitung im Zuge von BTS/OLS

Im Zuge der Planung und Ausführung der Strassenbauprojekte BTS/OLS ist zu prüfen, ob es sinnvoll und vorstellbar wäre, Transportleitungen für Bodenseewasser mit zu verlegen. [7]

6.10 Planerische Massnahmen

Im kantonalen Richtplan betrifft das Thema Wasser ausschliesslich die Trinkwasserversorgung. Die Anliegen der Landwirtschaft und der Bewässerungen dagegen stehen derzeit nicht im Fokus der Planungsgrundlagen. [7]

Hinweise:

Die landwirtschaftliche Planung und insbesondere das Thema Trockenheit (Wasserverteilung und Wasserspeicherung zur Sicherung der landwirtschaftlichen Produktion) sind in die übergeordnete Planung einzubeziehen (kantonaler Richtplan, GEP, etc.).

Quellen

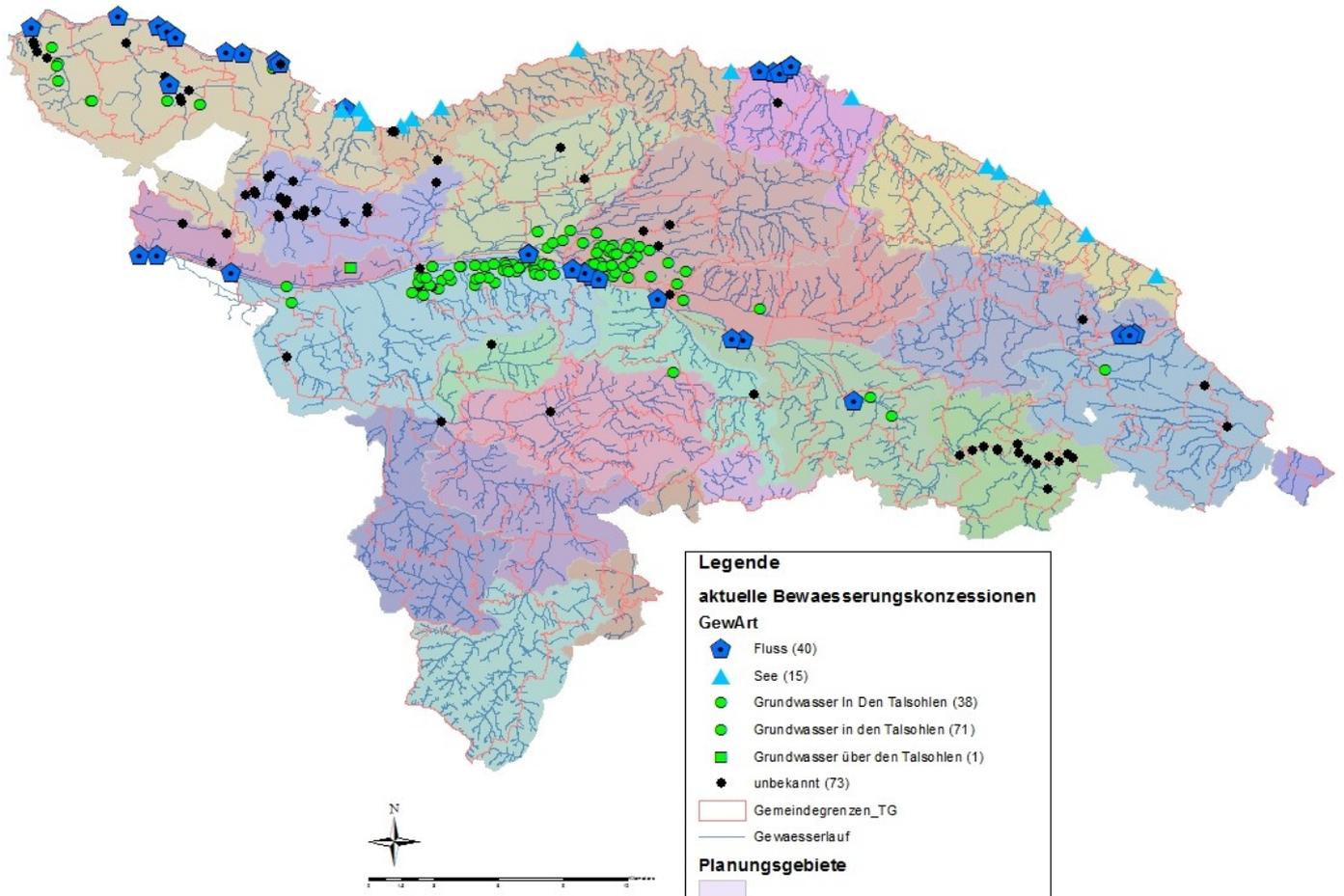
- [1] Amt für Geoinformation AGI (16.2.2016): Datenlieferung Bodenübersichtskarte. Shape-Datei.
- [2] Amt für Geoinformation AGI (16.2.2016): Datenlieferung Amtliche Vermessung ‚li_liegenschaften‘. Shape-Datei.
- [3] Amt für Umwelt Kt. Thurgau (20.12.2016): Diskussion Pegel, E-Mail von und Telefonat mit Robert Holzschuh, Frauenfeld.
- [4] Amt für Umwelt Kt. Thurgau (31.3.2016): Excel ‚Wasserrechte‘, Email von Emil Kuratli / Uli Göttelmann, Amt für Umwelt AfU, Frauenfeld.
- [5] Amt für Umwelt Kt. Thurgau (25.05.2016): Diskussion zu Q₃₄₇, E-Mail von Uli Göttelmann, Amt für Umwelt AfU, Frauenfeld.
- [6] Amt für Umwelt Kt. Thurgau (15.06.2016): Excel ‚Monats- und Tagesmittel verschiedener Stationen‘, Robert Holzschuh, Amt für Umwelt AfU, Frauenfeld.
- [7] Amt für Umwelt Kt. Thurgau (2016): Pilotprojekt - Entwicklung von Instrumenten zur Früherkennung und von Lösungsansätzen für die Thurgauer Land- und Ernährungswirtschaft beim Umgang mit Wasserknappheit - Protokoll der Sitzung vom 15.10.2016, Egli Engineering AG, Frauenfeld.
- [8] Amt für Umwelt Kt. Thurgau (2016): Pilotprojekt - Entwicklung von Instrumenten zur Früherkennung und von Lösungsansätzen für die Thurgauer Land- und Ernährungswirtschaft beim Umgang mit Wasserknappheit - Protokoll der Sitzung vom 13.02.2017, Egli Engineering AG, Frauenfeld.
- [9] Amt für Umwelt Kt. Thurgau (2016): Zahlen und Fakten:
<https://umwelt.tg.ch/themen/wassernutzungen/zahlen-und-fakten.html/2158> (abgerufen am 24.11.2016).
- [10] Amt für Umwelt Kt. Thurgau (2017): Abklärungen zur Rechtswirksamkeit von Entnahmeverboten, telefonische Mitteilung durch Robert Holzschuh (27.04.2017), Amt für Umwelt AfU, Frauenfeld.
- [11] BFS (2010): Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2010-2060. Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel.
- [12] BFS (2011): Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Kantone der Schweiz 2010–2035 – Ständige Wohnbevölkerung nach Kantonen gemäss 3 Szenarien. Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel.
- [13] BFS (2015): Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2015–2045. Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel.
- [14] BFS (2012): Arealstatistik 1979/85, 1992/97, 2004/09: Entwicklung der Bodennutzung und -bedeckung in den Kantonen nach 4 Hauptbereichen. Bundesamt für Statistik BFS, Ausgabe 20120821, Neuchâtel.
- [15] BAFU: Einzugsgebietsgliederung Schweiz EZGG-CH (Datenlieferung vom 11.4.2016), Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- [16] BAFU (2013): Datensatz MQ-GWN-CH. Von www.bafu.admin.ch/mq-gwn-ch-d heruntergeladen am 11.4.2016
- [17] BAFU (2013): Datensatz MQ-CH. Von <http://www.bafu.admin.ch/wasser/13462/13496/15015/index.html?lang=de> heruntergeladen am 29.11.2016
- [18] BAFU (2013): Fliessgewässertypisierung der Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

- [19] BAFU (2012): Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer, Synthesebericht zum Projekt ‚Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz‘ (CCHydro). Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- [20] BAFU (2014): Grundlagen für die Wasserversorgung 2025. Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- [21] BAFU (2016): Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz – Modul 3: Umgang mit Wasserressourcen in Ausnahmesituationen, Bern.
- [22] BAFU (2016): Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz – Modul 2: Vorgehen für eine regionale Wasserressourcenplanung (Entwurf), Bern.
- [23] Brenner Hermann (2015): E-Mail an Egli Engineering, N. Steingruber vom 17. Dezember 2015, BBZ Arenenberg.
- [24] Brenner Hermann (2016): E-Mail an Egli Engineering, S. Hofer vom 21. November 2016, BBZ Arenenberg.
- [25] BUWAL (2000): Angemessene Restwassermengen - Wie können sie bestimmt werden?, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern
- [26] BUWAL (2013): Folgen der Trockenheit für die Gewässer, <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-1371.html> aufgerufen am 24.04.2017
- [27] C2SM, MeteoSchweiz, ETH Zürich, NFS Klima, OcCC (2011): Szenarien zur Klimaänderung in der Schweiz CH2011. www.ch2011.ch
- [28] Egli Engineering (2016): „Pilotprojekt - Entwicklung von Instrumenten zur Früherkennung und von Lösungsansätzen für die Thurgauer Land- und Ernährungswirtschaft beim Umgang mit Wasserknappheit“, Protokoll der Sitzung vom 24.08.2016, St. Gallen
- [29] Egli Engineering (2017): Pilotprojekt – Anpassung an den Klimawandel – Resultatebericht – Entwicklung von Instrumenten zur Früherkennung und von Lösungsansätzen für die Thurgauer Land- und Ernährungswirtschaft beim Umgang mit Wasserknappheit, Amt für Umwelt Kanton Thurgau / Landwirtschaftsamt Kanton Thurgau
- [30] Fuhrer Jürg (2010): Abschätzung des Bewässerungsbedarfes in der Schweizer Landwirtschaft. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich
- [31] Fuhrer Jürg (2012): Bewässerungsbedarf und Wasserdargebot unter heutigen und künftigen Klimabedingungen. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich.
- [32] Fuhrer Jürg, Smith Pascale (2015): Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich.
- [33] Geografisches Institut der Universität Bern (1999): HADES Hydrologischer Atlas der Schweiz - Tafel 4.1 Mittlere jährliche aktuelle Verdunstungshöhen 1973 - 1992. Bern.
- [34] Hagmann Jakob (2016): Gespräch mit dem Vorsitzenden der Bewässerungsgemeinschaft Seebachtal mit Martina Zahnd von Egli Engineering am 13.07.2016, Hüttwilen.
- [35] Helbling, Andreas (2015): Handbuch Applikation Q₃₄₇ – Externe Nutzung, (31.01.2015, Referenz/Aktenzeichen: K271-0599), BAFU, Bern.
- [36] Hunziker Betatech (2015): Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz – Bestimmung von Regionen mit Handlungsbedarf bei Trockenheit. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- [37] Institut für Seenforschung (2015): KlimBo - Klimawandel am Bodensee, Bericht Nr. 60. Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee IGKB.
- [38] Kanton Thurgau (2009): KRP TG – Kantonaler Richtplan Thurgau, Frauenfeld.
- [39] Kanton Thurgau (2016): Dienststelle für Statistik: Raum, Verkehr und Umwelt – Flächennutzung und Raumstruktur: Flächenbedeckung und -nutzung,

- http://www.statistik.tg.ch/xml_8/internet/de/application/d10500/d10651/f10561.cfm
(abgerufen am 29.03.2016).
- [40] Kanton Thurgau (2016): Dienststelle für Statistik: Bevölkerung und Soziales – Bevölkerungsstand,
http://www.statistik.tg.ch/xml_8/internet/de/application/d10460/d10631/f11025.cfm
(abgerufen am 25.05.2016).
- [41] Kanton Thurgau (2016): Dienststelle für Statistik: Wirtschaft und Arbeit – Landwirtschaft,
http://www.statistik.tg.ch/xml_8/internet/de/application/d10636/d10638/f10833.cfm
(abgerufen am 26.05.2016).
- [42] Kanton Thurgau (2008): Wassernutzungsgesetz (WnG), Frauenfeld.
- [43] Keller Technik AG (2016): „Einschätzungen aus der Praxis“ - Telefonat vom 15.12.2016 mit Lukas Keller, E-Mail-Zusammenfassung von S. Hofer
- [44] Landwirtschaftsamt Kt. Thurgau (25.1.2016): Excel ‚KulturenTG_Stand2015_Abgabe‘, Thomas Fröhlich / Andreas Bruun, Kanton Thurgau Landwirtschaftsamt, Frauenfeld.
- [45] MeteoSchweiz (2013): Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [46] Ott Hans (2016): Bewässerungszahlen der Bewässerungsgemeinschaft Schlattingen, Basadingen und Umgebung (Geisslibachperimeter), E-Mail vom 16.11.2016 an S. Hofer
- [47] Ott Hans (2017): Mündliche Hinweise vom Vorstand der Bewässerungsgemeinschaft Schlattingen, Basadingen und Umgebung (Geisslibachperimeter), Telefonat 14.06.2017 an S. Hofer
- [48] Pfändler Martin, Zappa Massimiliano (2008): Die mittleren Abflüsse über die ganze Schweiz Ein optimierter Datensatz im 500×500 m Raster. BAFU, Bern und WSL, Birmensdorf
- [49] Regierungsrat des Kanton Thurgau (2015): RRB Nr. 839, Protokoll vom 03.11.2015, Frauenfeld.
- [50] Schmocker-Fackel Petra, Sinreich, Michael, Bueller Vera: umwelt, (4/2016), Seite 49-52.
- [51] Schweizerischer Bundesrat (1998): Gewässerschutzverordnung (GSchV), Bern.
- [52] Simultec AG (2016): Grundwassermodell Thurtal – Berechnung von Klimaszenarien, Zürich.
- [53] Smith Pascale Dr., Fuhrer Jürg Prof. Dr. (2015): Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft. Agroscope Reckenholz, Reckenholz.
- [54] D. Staubli, BBZ Arenenberg (2016): Expertengespräch mit Herrn Staubli BBZ Arenenberg, Telefonat vom 22.2.2016 mit Martina Zahnd.

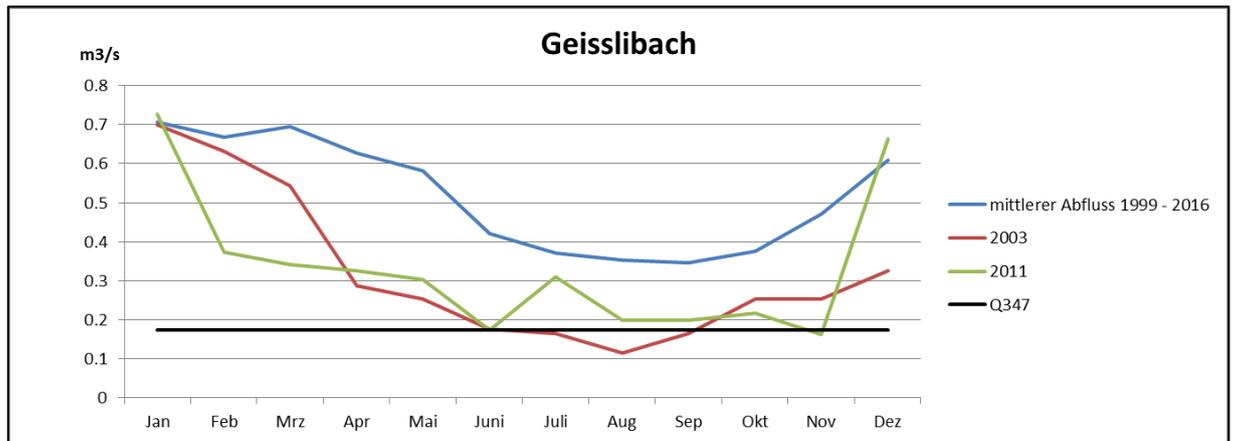
7 Anhang

7.1 Karte der Verteilung der Bewässerungskonzessionen

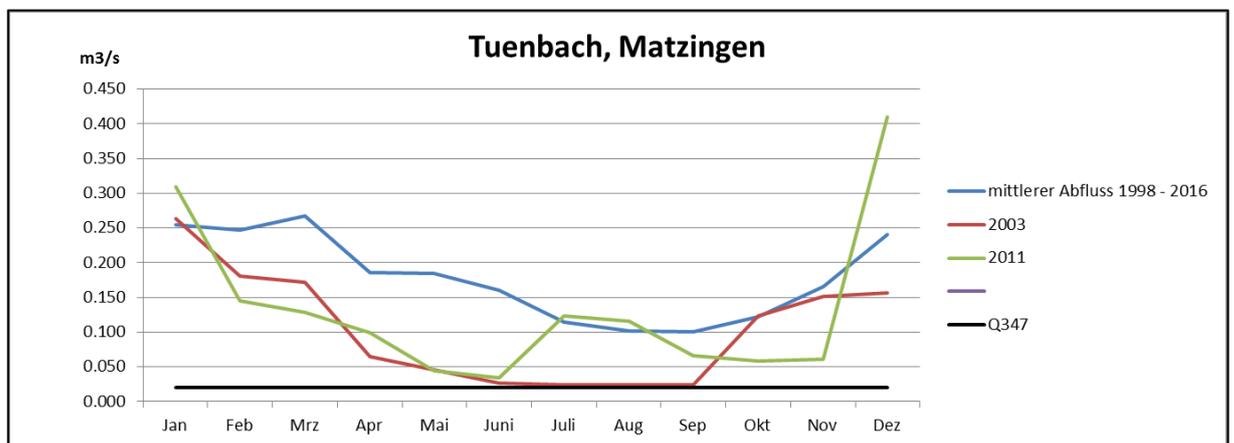


7.2 Auswertung der Messstationen

7.2.1 Geisslibach plus



7.2.2 Tuenbach



7.3 Resultat Bewässerungsbedarf

7.3.1 Szenario «Normaljahr – heute» (Referenz)

Bewässerungsbedarf in m³ pro Monat

Name	Kulturfläche (Are)	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahr
Aach	52'619	-	8'902	36'987	91'135	103'481	42'699	-	-	283'204
Alpbach plus	1'814	-	-	1'348	4'108	2'844	100	-	-	8'400
Chemmenbach	101'424	-	31'482	119'065	311'219	269'606	63'745	-	-	795'117
Dorfbach Pfyn	86'295	-	14'800	87'063	230'156	177'375	26'123	-	-	535'517
Egnach/Arbon	54'582	-	5'509	27'560	60'247	101'158	57'618	-	-	252'092
Furtbach	20'696	-	4'138	22'810	54'848	43'109	6'634	-	-	131'539
Geisslibach plus	130'122	-	38'413	149'334	411'671	362'964	88'822	-	-	1'051'204
Giessen	60'534	-	12'459	55'176	135'366	120'599	30'002	-	-	353'602
Horn	343	Kein Resultat, da Bodeneigenschaften nicht zugeordnet werden konnten								
Kreuzlingen	31'842	-	14'927	43'670	92'446	72'502	9'601	-	-	233'146
Lauche	44'247	-	11'984	50'529	126'163	98'619	16'123	-	-	303'418
Lützelmurg	15'825	-	738	12'737	41'375	32'028	4'847	-	-	91'725
Mittlere Murg	16'274	-	2'115	16'527	46'706	36'209	5'448	-	-	107'005
Obere Murg	436	-	-	374	1'165	812	-	-	-	2'351
Obersee	82'605	-	4'184	51'861	131'161	152'739	60'467	-	-	400'412
Seebach	59'000	-	8'393	57'425	161'380	133'541	26'817	-	-	387'556
Sitter	17'388	-	130	13'950	40'199	38'509	14'410	-	-	107'198
Thur Ost	48'540	-	6'197	41'622	113'307	109'696	34'980	-	-	305'802
Thur West	26'321	-	4'565	26'008	75'003	63'524	14'594	-	-	183'694
Tuenbach	17'503	-	2'940	15'868	47'529	38'313	7'793	-	-	112'443
Untere Murg plus	79'387	-	21'571	87'458	254'291	232'544	63'664	-	-	659'528
Untersee	38'361	-	1'577	29'284	82'064	68'277	14'368	-	-	195'570
Wuppenau	440	-	-	254	848	528	17	-	-	1'647

7.3.2 Szenario «Eher trockener Sommer 2060 / Mittlerer Sommer Ende Jahrhundert»

Bewässerungsbedarf in m³ pro Monat (Trocken / CCmax)

Name	Kulturfläche(Are)	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahr
Aach	52619	0	9336	41377	114607	190066	101098	18621	0	475105
Alpbachplus	1814	0	0	1348	5455	4406	344	95	0	11648
Chemmenbach	101424	0	33629	134808	386310	409053	116127	14303	0	1094230
Dorfbach Pfyf	86295	0	16584	94428	293713	276010	52407	7391	0	740533
Egnach/Arbon	54582	0	7990	30262	72328	207241	145875	27795	0	491491
Furtbach	20696	0	5312	24828	69008	68858	14882	2383	0	185271
Geisslibach plus	130122	0	40942	167915	511693	539882	153750	14004	0	1428186
Giessen	60534	0	13361	61403	170598	201706	68619	12166	0	527853
Horn	343	Kein Resultat, da Bodeneigenschaften nicht zugeordnet werden konnten								
Kreuzlingen	31842	0	17115	47768	113952	106914	17513	2147	0	305409
Lauche	44247	0	13029	56047	158470	153628	30910	2806	0	414890
Lützelburg	15825	0	753	13106	53756	47917	8125	824	0	124481
Mittlere Murg	16274	0	2627	17586	59788	54150	9493	1039	0	144683
Obere Murg	436	0	8	374	1514	1246	11	5	0	3158
Obersee	82605	0	9331	53956	161812	285373	150123	28028	0	688623
Seebach	59000	0	10619	61475	203898	205316	50398	6645	0	538351
Sitter	17388	0	3005	14015	49058	66204	31027	4580	0	167889
Thur Ost	48540	0	9236	44723	140705	182208	74991	12200	0	464063
Thur West	26321	0	5271	28288	94389	97274	27432	3446	0	256100
Tuenbach	17503	0	3129	17336	59929	58830	13766	1297	0	154287
Untere Murg plus	79387	0	23256	98115	315162	343540	108982	11338	0	900393
Untersee	38361	0	3208	30071	105577	114277	34049	5694	0	292876
Wuppenau	440	0	0	254	1102	898	50	0	0	2304

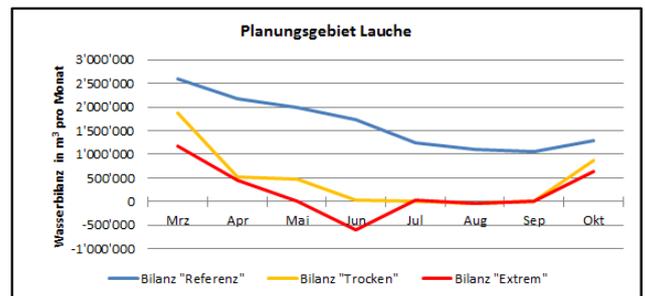
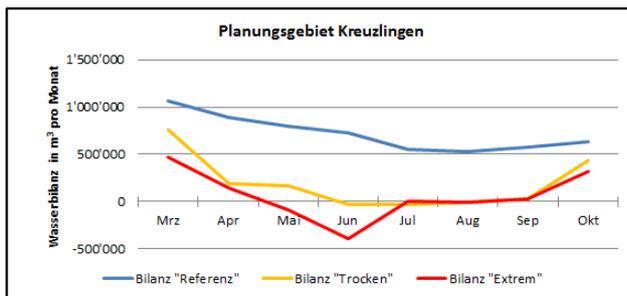
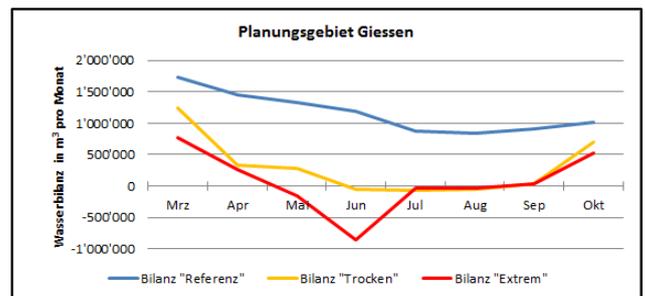
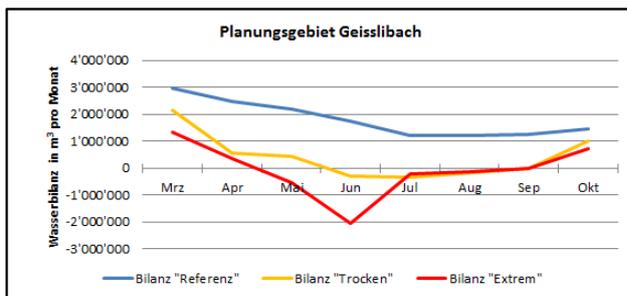
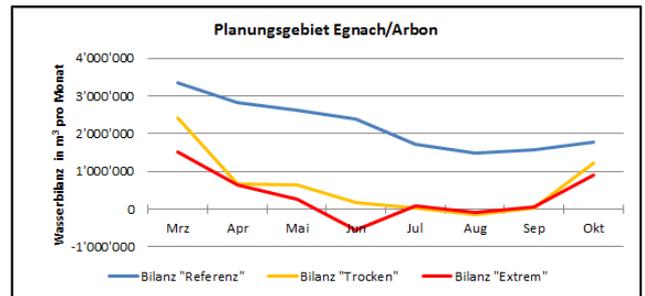
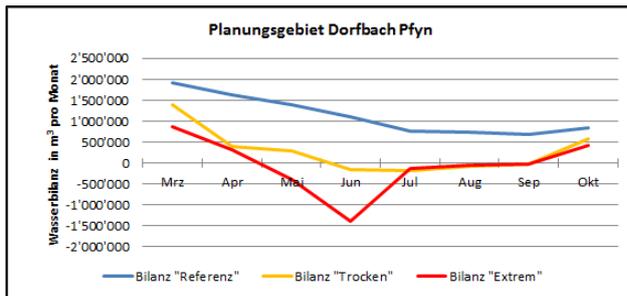
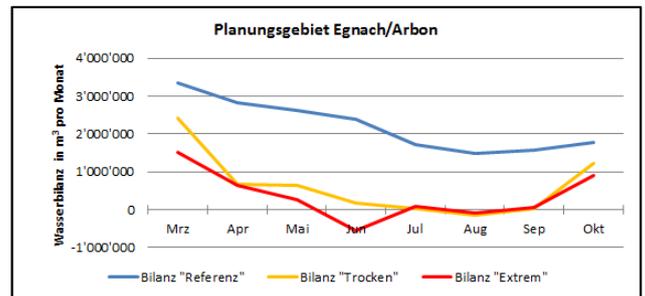
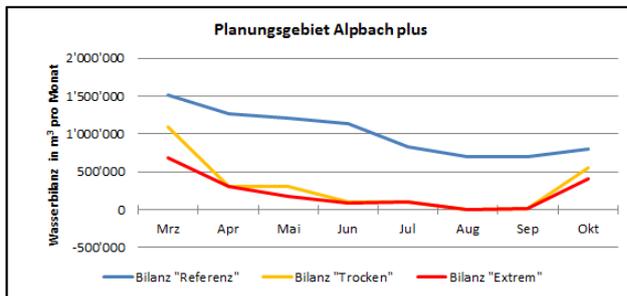
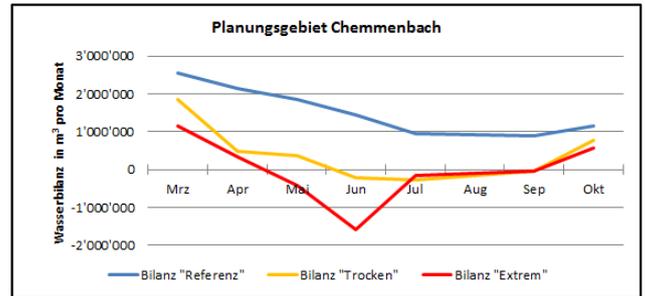
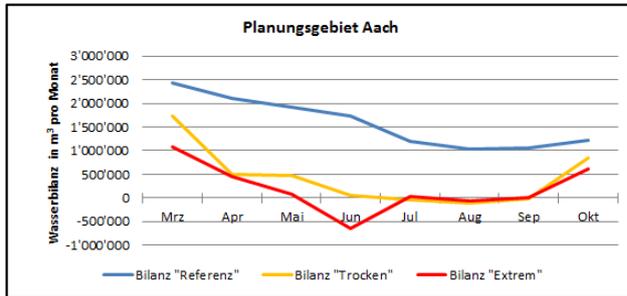
7.3.3 Szenario «Extremjahr 2060»

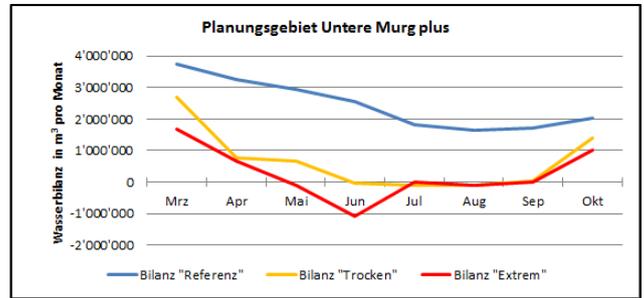
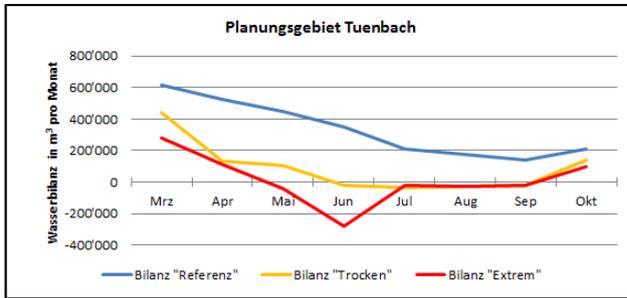
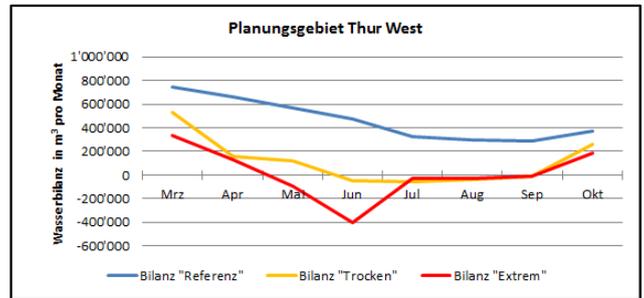
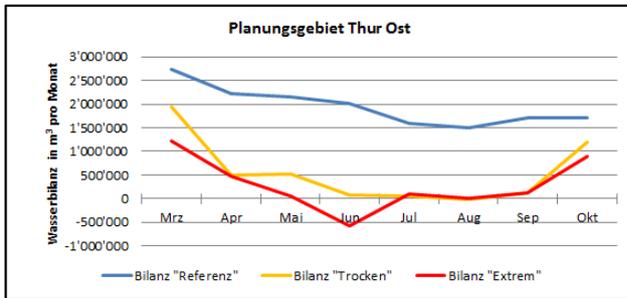
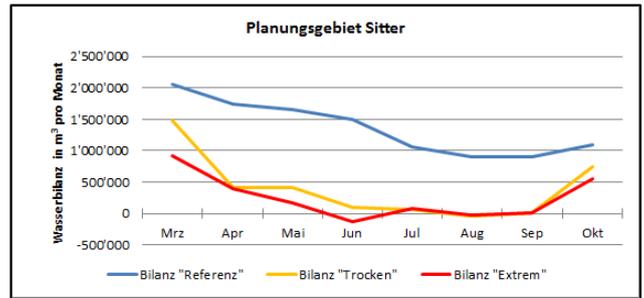
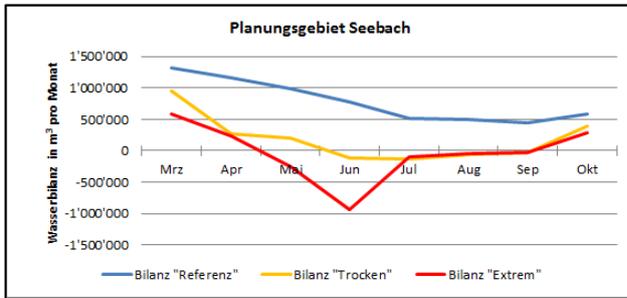
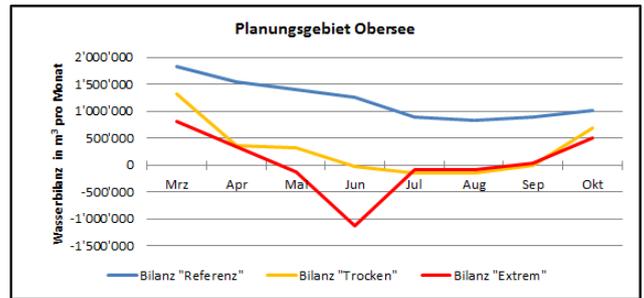
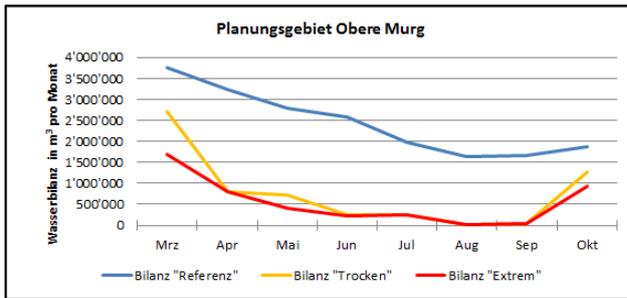
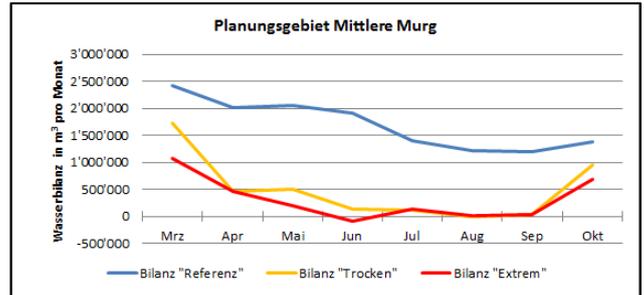
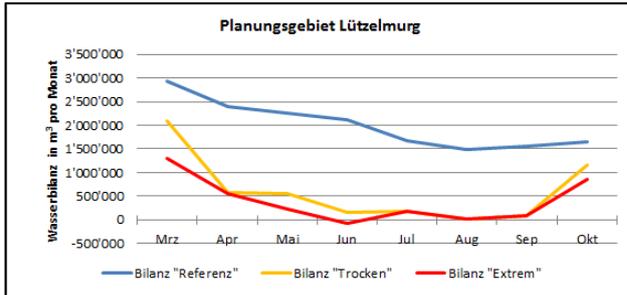
Bewässerungsbedarf in m³ pro Monat (Extrem / CCext)

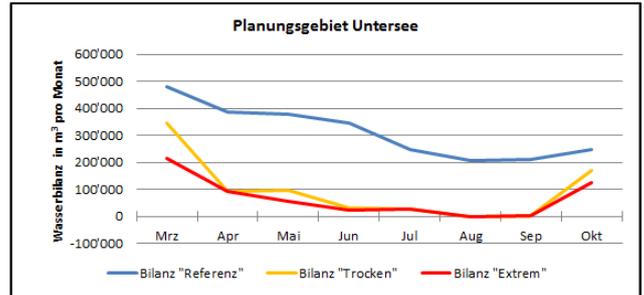
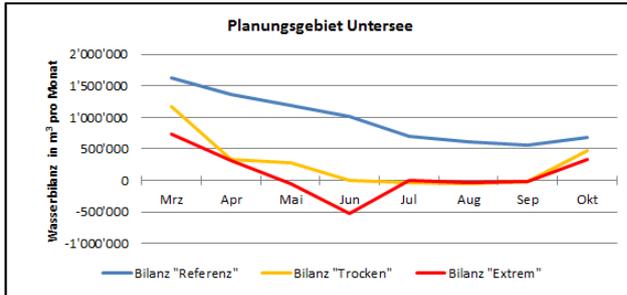
Name	Kulturfläche (Are)	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahr
Aach	52'619	-	54'727	233'854	826'719	133'031	61'689	2'730	-	1'312'750
Alpbachplus	1'814	-	-	13'482	32'411	4'470	148	-	-	50'511
Chemmenbach	101'424	-	197'483	712'257	1'745'984	291'760	85'955	18'319	-	3'051'758
Dorfbach Pfyf	86'295	-	96'689	629'340	1'521'882	223'175	35'365	5'854	-	2'512'305
Egnach/Arbon	54'582	-	38'152	143'827	792'923	143'533	82'046	580	-	1'201'061
Furtbach	20'696	25	28'746	147'312	352'776	54'140	9'019	770	-	592'788
Geisslibach plus	130'122	-	240'885	909'610	2'241'438	385'540	115'990	32'210	-	3'925'673
Giessen	60'534	-	76'567	354'995	986'380	151'894	42'831	2'888	-	1'615'555
Horn	343	Kein Resultat, da Bodeneigenschaften nicht zugeordnet werden konnten								
Kreuzlingen	31'842	1'674	73'486	217'161	472'929	79'043	12'972	2'609	-	859'874
Lauche	44'247	-	77'670	312'482	787'536	115'730	20'072	5'546	-	1'319'036
Lützelburg	15'825	-	4'462	117'953	286'541	41'312	6'468	1'598	-	458'334
Mittlere Murg	16'274	-	15'041	127'289	288'821	44'539	7'260	1'680	-	484'630
Obere Murg	436	-	17	3'432	7'575	917	-	-	-	11'941
Obersee	82'605	-	35'386	351'004	1'267'764	210'703	86'326	984	-	1'952'167
Seebach	59'000	-	58'658	415'772	1'025'964	159'990	36'672	6'796	-	1'703'852
Sitter	17'388	-	15'001	90'741	271'340	45'982	19'113	2'838	-	445'015
Thur Ost	48'540	-	49'120	275'553	782'793	131'641	49'009	5'731	-	1'293'847
Thur West	26'321	-	31'372	186'720	456'868	73'510	19'087	4'446	-	772'003
Tuenbach	17'503	-	18'567	114'961	317'600	44'499	10'132	2'852	-	508'611
Untere Murg plus	79'387	-	135'323	548'610	1'367'535	243'260	84'656	20'401	-	2'399'785
Untersee	38'361	-	16'102	241'460	636'528	94'575	19'281	1'194	-	1'009'140
Wuppenau	440	-	-	2'549	8'009	815	-	-	-	11'373

7.4 Diagramme Wasserbilanz Dargebot – Bedarf

Die Diagramme zeigen die Bilanzwerte

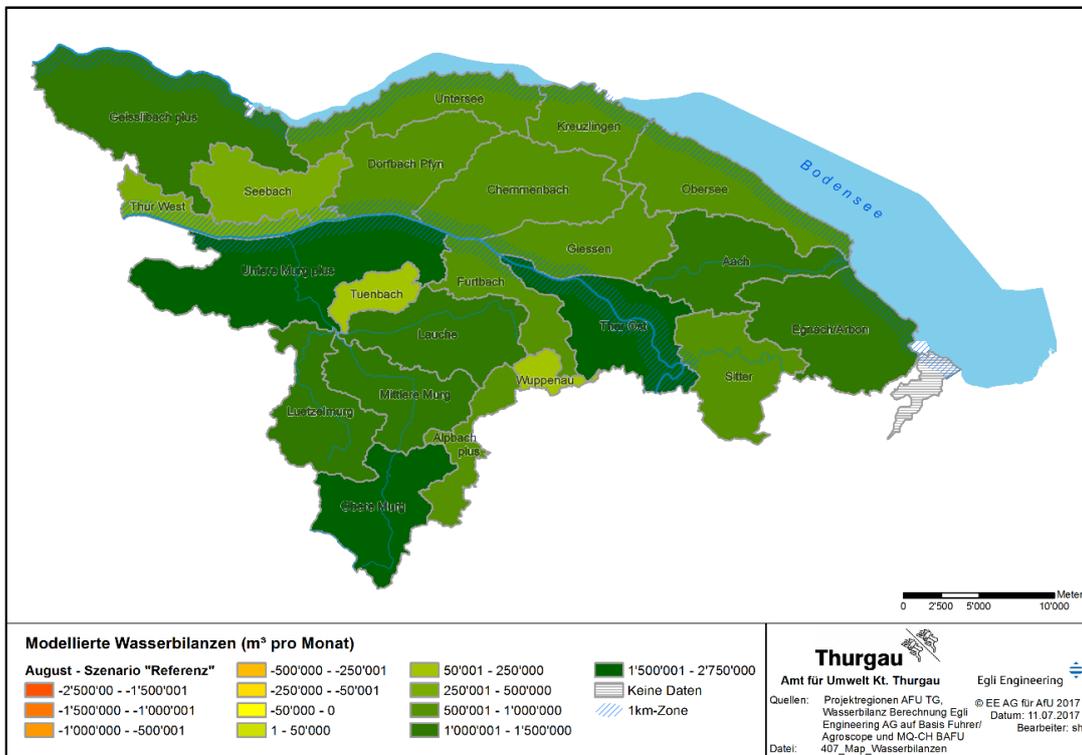


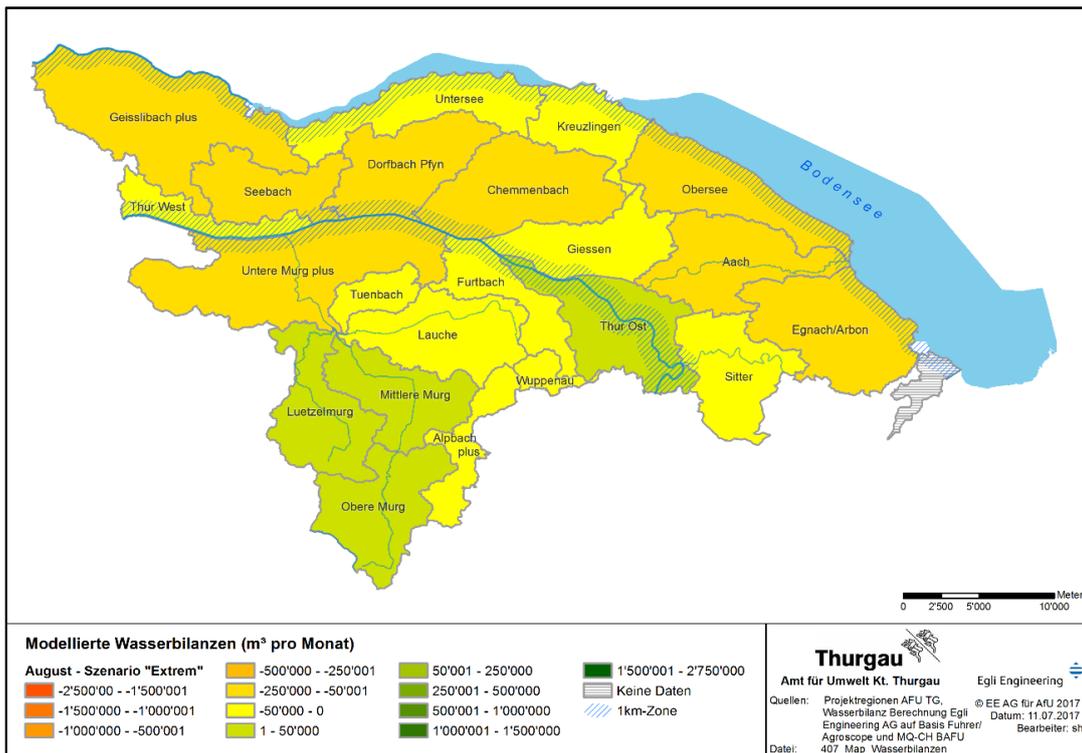
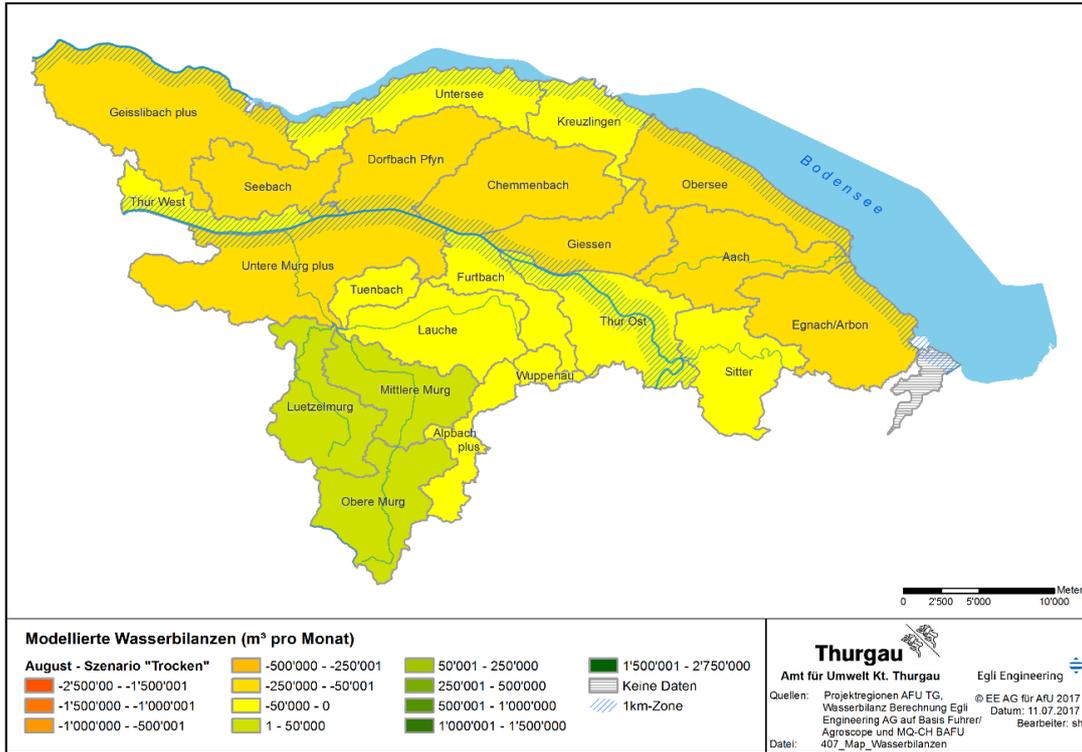


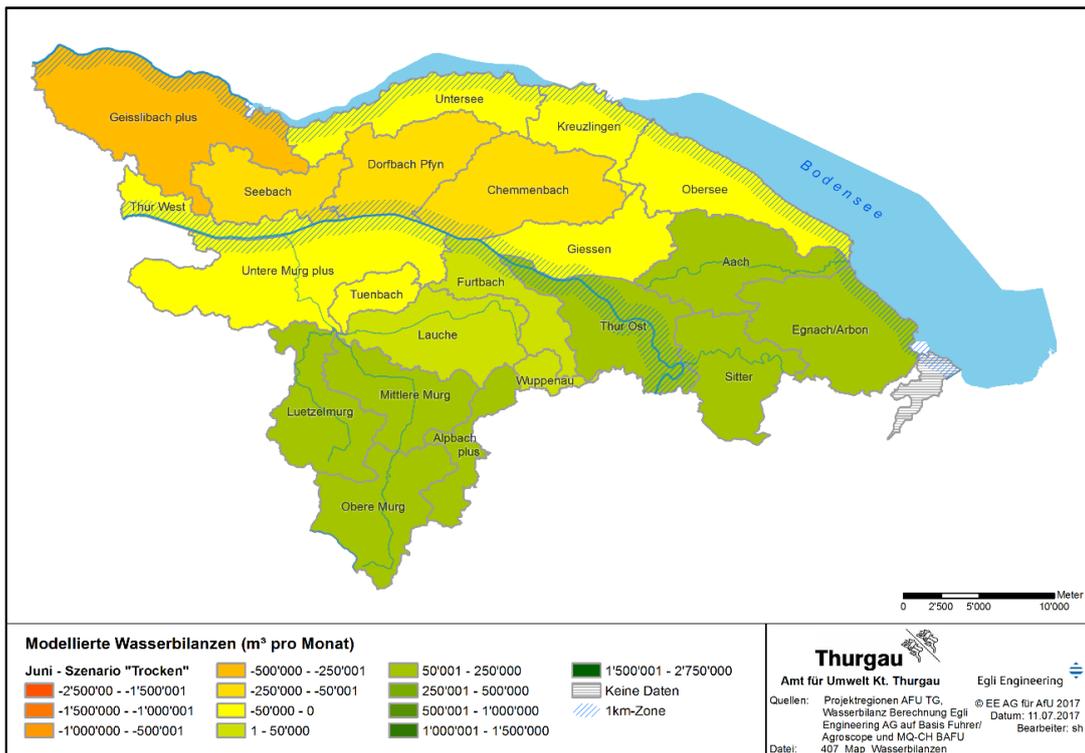
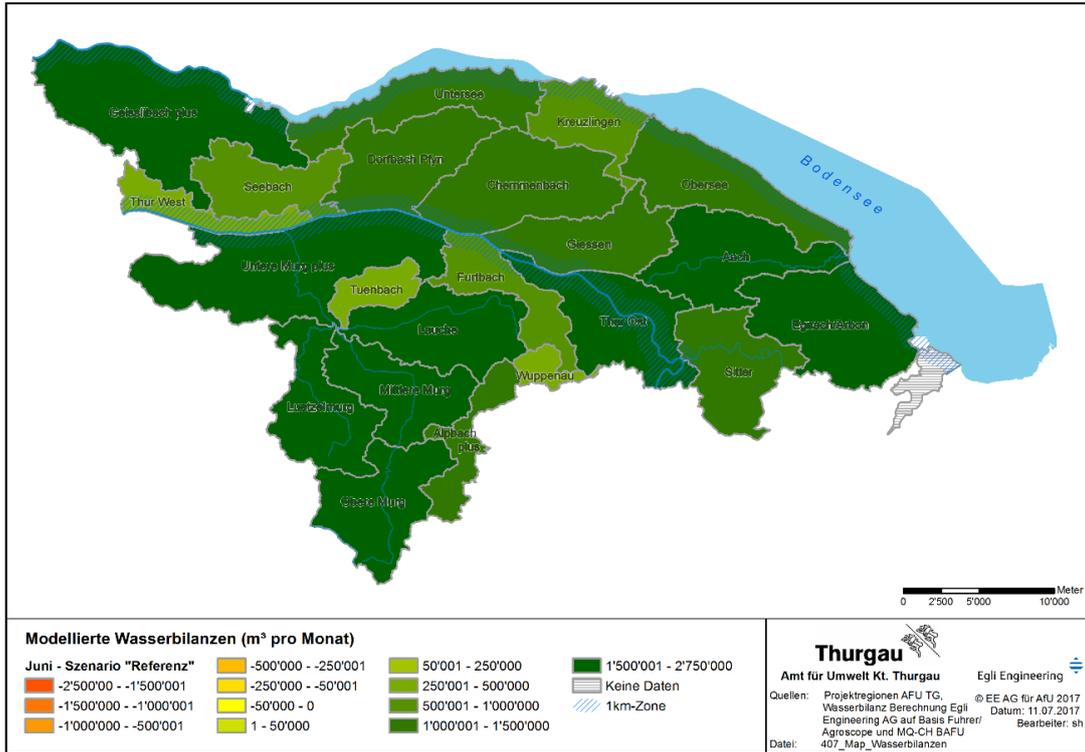


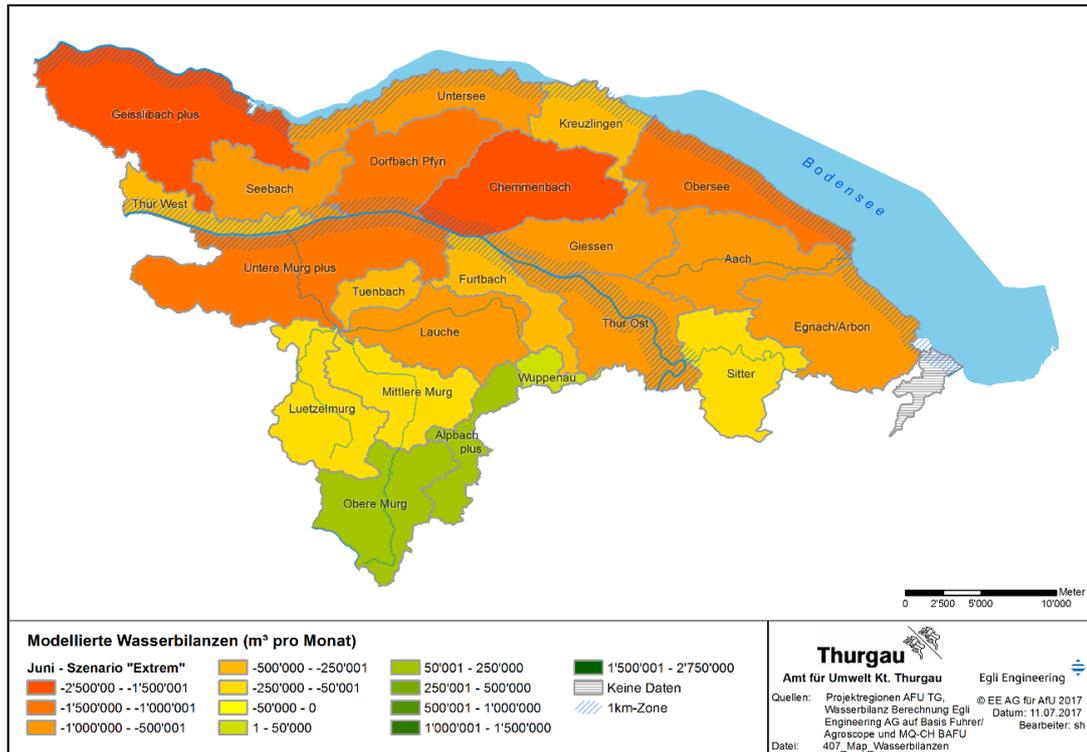
Anmerkung: Aufgrund fehlender Datengrundlage gibt es kein Diagramm zum Planungsgebiet Horn.

7.5 Karten Wasserbilanz Dargebot – Bedarf









7.6 Zuordnung der Kulturen nach Fuhrer zu Kategorien Landwirtschaftsamt TG

Code [LwA TG]	Bezeichnung Kultur	Fläche [a]	Code (Fuhrer)	Bewässerungswürdig
0501	Sommergerste	3'805	11	Nein
0502	Wintergerste	145'818	11	Nein
0504	Hafer	5'590	11	Nein
0505	Triticale	19'386	11	Nein
0507	Futterweizen gemäss Sortenliste swiss granum	34'563	11	Nein
0508	Körnermais	138'792	10	Nein
0511	Emmer, Einkorn	40	11	Nein
0512	Sommerweizen	10'976	11	ja
0513	Winterweizen	471'265	11	ja
0514	Roggen	1'527	11	ja
0516	Dinkel	13'893	11	ja
0517	Getreide für die Saatgutproduktion	2'319	11	ja
0521	Silo- und Grünmais	327'653	10	Nein
0522	Zuckerrüben	248'219	8	Nein
0523	Futterrüben	2'567	8	Nein
0524	Kartoffeln	67'620	9	ja
0525	Pflanzkartoffeln (Vertragsanbau)	1'377	9	ja
0526	Sommerraps zur Speiseölgewinnung	970	11	Nein
0527	Winterraps zur Speiseölgewinnung	112'382	11	ja
0528	Soja	9'849	10	Nein
0531	Sonnenblumen zur Speiseölgewinnung	27'195	10	Nein
0534	Lein	483	0	k.A.
0535	Hanf	422	0	k.A.
0536	Ackerbohnen zu Futterzwecken	2'525	11	Nein
0537	Eiweisserbsen zu Futterzwecken	12'686	10	Nein
0538	Lupinen zu Futterzwecken	100	0	k.A.
0539	Ölkürbisse	1'284	0	k.A.
0541	Tabak	874	10	Nein
0542	Hirse	150	0	k.A.
0545	Einjähriges Freilandgemüse (ohne Konservengemüse)	91'108	2	ja
0546	Freiland-Konservengemüse	23'970	2	ja
0547	Wurzeln der Treibzichorie	3'854	2	ja
0551	Einjährige Beeren (z.B. Erdbeeren)	5'026	1	ja
0552	Einjähriges nachwachsende Rohstoffe (Kenaf usw.)	16	0	k.A.
0553	Einjährige Gewürz- und Medizinalpflanzen	201	1	Nein
0554	Einjährige gärtnerische Freilandkulturen (Blumen, Rollrasen, usw.)	509	0	k.A.
0556	Buntbrache	9'703	0	k.A.
0557	Rotationsbrache	2'016	0	k.A.
0559	Saum auf Ackerflächen	461	0	k.A.
0564	Ackerschonstreifen Ölsaaten (Raps, Sonnenblumen)	140	0	k.A.
0565	Ackerschonstreifen Getreide	758	0	k.A.
0566	Mohn	102	0	k.A.
0569	Mischungen von Ackerbohnen, Eiweisserbsen und Lupinen zu Futterzwecken mit Getreide, mindestens 30 % Anteil Leguminosen bei der Ernte	1'856	11	Nein
0571	Ackerschonstreifen Körnerleguminosen (Ackerbohnen, Eiweisserbsen, Lupinen und Mischungen mit Code 569)	463	0	k.A.
0572	Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge	621	0	k.A.
0592	Sonnenblumen als nachwachsender Rohstoff	320	10	Nein
0597	Übrige offene Ackerfläche, beitragsberechtigt	550	0	k.A.
0598	Übrige offene Ackerfläche, nicht beitragsberechtigt	170	0	k.A.
0601	Kunstwiesen (ohne Weiden)	548'145	12	Nein
0602	Übrige Kunstwiese, beitragsberechtigt (z.B. Schweineweide, Geflügelweide)	2'014	13	Nein
0611	Extensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden)	303'042	12	Nein
0612	Wenig intensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden)	24'354	12	Nein
0613	Übrige Dauerwiesen (ohne Weiden)	1'913'882	12	Nein
0616	Weiden (Heimweiden, übrige Weiden ohne Sömmerungsweiden)	127'923	13	Nein
0617	Extensiv genutzte Weiden	45'503	13	Nein
0631	Futterleguminosen für die Samenproduktion (Vertragsanbau) (Rot-/Weissklee, Luzerne, Esparsette)	669	0	k.A.
0632	Futtergräser für die Samenproduktion (Vertragsanbau)	3'760	12	Nein
0634	Uferwiese (ohne Weiden) entlang von Fließgewässern	215	0	k.A.
0697	Übrige Grünfläche (Dauergrünfläche), beitragsberechtigt	1'610	12	Nein
0698	Übrige Grünfläche (Dauergrünfläche), nicht beitragsberechtigt	1'796	12	Nein
0701	Reben	21'516	7	Nein
0702	Obstanlagen (Äpfel)	132'944	4	ja
0703	Obstanlagen (Birnen)	21'252	4	ja
0704	Obstanlagen (Steinobst)	13'582	5	ja
0705	Mehrfährige Beeren	8'034	1	ja
0706	Mehrfährige Gewürz- und Medizinalpflanzen	1'442	1	ja

Pilotprojekt ‚Anpassung an den Klimawandel‘

0707	Mehrfährige nachwachsende Rohstoffe (Chinaschilf, usw.)	941	0	k.A.
0708	Hopfen	180	0	k.A.
0709	Rhabarbern	1'521	1	ja
0710	Spargeln	4'989	1	ja
0712	Christbäume	7'171	0	k.A.
0713	Baumschule von Forstpflanzen ausserhalb der Forstzone	2'463	0	k.A.
0714	Ziersträucher, Ziergehölze und Zierstauden	6'231	0	k.A.
0715	Übrige Baumschulen (Rosen, Früchte usw.)	5'366	5	Nein
0717	Rebflächen mit natürlicher Artenvielfalt	4'607	7	Nein
0721	Mehrfährige gärtnerische Freilandkulturen (nicht im Gewächshaus)	59	0	k.A.
0731	Andere Obstanlagen (Kiwis, Holunder usw.)	1'065	5	ja
0797	Übrige Flächen mit Dauerkulturen, beitragsberechtigt	42	0	k.A.
0798	Übrige Flächen mit Dauerkulturen, nicht beitragsberechtigt	306	0	k.A.
0801	Gemüsekulturen in Gewächshäusern mit festem Fundament	2'878	2	ja
0802	Übrige Spezialkulturen in Gewächshäusern mit festem Fundament	1'093	0	k.A.
0803	Gärtnerische Kulturen in Gewächshäusern mit festem Fundament	557	0	k.A.
0806	Gemüsekulturen in geschütztem Anbau ohne festes Fundament	808	2	ja
0807	Übrige Spezialkulturen in geschütztem Anbau ohne festes Fundament	1'956	0	k.A.
0808	Gärtnerische Kulturen in geschütztem Anbau ohne festes Fundament	411	0	k.A.
0810	Pilze in geschütztem Anbau mit festem Fundament	3	0	k.A.
0847	übrige Kulturen in geschütztem Anbau ohne festes Fundament, beitragsberechtigt	34	0	k.A.
0848	Übrige Kulturen in geschütztem Anbau mit festem Fundament	215	0	k.A.
0851	Streueflächen	11'872	0	k.A.
0852	Hecken-, Feld- und Ufergehölze (mit Krautsaum)	10'618	0	k.A.
0857	Hecken-, Feld- und Ufergehölze (mit Pufferstreifen)	1'415	0	k.A.
0897	Übrige Flächen innerhalb der LN, beitragsberechtigt	1'294	0	k.A.
0898	übrige Flächen innerhalb der LN, nicht beitragsberechtigt	3'698	0	k.A.
Total		5'049'650		

Vorschlag: 09.05.2016, Martina Lehner, Egli Engineering AG

Anpassung / Ergänzung: 17.11.2016, Hermann Brenner, BBZ Arenenberg

7.7 Zuordnung Kulturen nach Fuhrer (Zusammenfassung)

Code (Fuhrer)	Kultur (Fuhrer)	Fläche [a]	Anteil
0	nicht zugeordnet	69'391	1.37 %
1	Erdbeere	21'213	0.42 %
2	Zwiebel	122'618	2.43 %
3	Randen frisch + Lager	-	0.00 %
4	Apfel	154'196	3.05 %
5	Zwetschge	20'013	0.40 %
6	Kirsche	-	0.00 %
7	Rebe	26'123	0.52 %
8	Zuckerrübe	250'786	4.97 %
9	Kartoffel	68'997	1.37 %
10	Körnermais	517'369	10.25 %
11	Winterweizen	826'915	16.38 %
12	Grünland gemäht	2'796'589	55.38 %
13	Grünland beweidet	175'440	3.47 %
Summe		5'049'650	100.00 %

Basieren auf Vorschlag von Martina Lehner, Egli Engineering AG (09.05.2016) mit Anpassung / Ergänzung von Hermann Brenner, BBZ Arenenberg (17.11.2016).