



Markt- und Branchenstudie zur landwirtschaftlichen Bewässerung in Deutschland

Impressum

Herausgeber

ideas into energy gGmbH
Albrechtstraße 12
10117 Berlin
+49 30 886674090
lsg@ideas-into-energy.org
<http://www.ideas-into-energy.org/>

in Kooperation mit:

German Water Partnership e.V.
Reinhardtstraße 32
10117 Berlin
+49 30 300199-1220
sand@germanwaterpartnership.de
<http://www.germanwaterpartnership.de>

Autor*innen

Lucas Schimming, ideas into energy gGmbH
Hanna Sand, German Water Partnership e.V.

Redaktion

Lucas Schimming
ideas into energy gGmbH
Albrechtstraße 12
10117 Berlin
+49 30 886674090
lsg@ideas-into-energy.org
<http://www.ideas-into-energy.org/>

Hanna Sand
German Water Partnership e.V.
Reinhardtstraße 32
10117 Berlin
+49 30 300199-1220
sand@germanwaterpartnership.de
<http://www.germanwaterpartnership.de>

Gestaltung

Hanna Sand
German Water Partnership e.V.
Reinhardtstraße 3
10117 Berlin
+49 30 300199-1220
sand@germanwaterpartnership.de
<http://www.germanwaterpartnership.de>

Stand

August 2021

Bildquellen

Titelbild: Stefan Widua auf unsplash.com

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

1	Herausforderungen für die landwirtschaftliche Bewässerung	1
1.1	Globale Herausforderungen	1
1.2	Herausforderungen in Deutschland	8
2	Die deutsche Landwirtschaft	12
2.1	Kulturpflanzen der deutschen Landwirtschaft in Zahlen	13
2.1.1	Feldfrüchte und Grünpflanzen	14
2.1.2	Dauerkulturen	18
2.2	Wasserintensive Nutzpflanzen	18
2.3	Demographie der landwirtschaftlichen Betriebe	19
3	Wasserressourcen für die Landwirtschaft	23
3.1	Regenwasser	25
3.2	Oberflächenwasser	27
3.3	Grundwasser	32
3.4	Wasseraufbereitung	35
3.5	Strategien für das Wasserressourcenmanagement in der Landwirtschaft	36
4	Status und Trends der Bewässerungssysteme in Deutschland	38
4.1	Regulativer Rahmen	38
4.1.1	EU-Ebene	38
4.1.2	Deutschland	41
4.1.3	Bundesländer	42
4.2	Wirtschaftlicher Rahmen	42
4.2.1	Wasserkosten	42
4.2.2	Share Deals & Land Grabbing	44
4.3	Vorhandene Bewässerungslösungen und Innovationstrends	45
4.3.1	Klimawandel	46
4.3.2	Digitalisierung & Smart Farming	47
4.4	Innovationstrends	48
4.5	Fazit	48
4.6	Öffentliche Förderungen für Innovationen und Projekte im Bewässerungsmanagement	50
5	Regionale Profile landwirtschaftlicher Bewässerung	51
5.1	Hessen	51
5.2	Rheinland-Pfalz	54
5.3	Brandenburg	59
	Literatur	62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wasserstress im Jahr 2040, Abbildung übernommen von Luo et al. [5]	2
Abbildung 2: Wasserentnahme global von 1940 bis 2010; eigene Darstellung nach Hannah Ritchie [6]	3
Abbildung 3: Darstellung relevanter Märkte, eigene Darstellung [8][13][15]	5
Abbildung 4: v. l. n r.: Wasserstress, Wasserdargebot; Wasserbedarf [13]	9
Abbildung 5: Aufteilung der Frischwassernutzung in Deutschland 2016, nach Sektoren [14]	9
Abbildung 6: Täglicher direkter Wasserverbrauch pro Kopf, 2018 [16]	10
Abbildung 7: Bewässerungstechniken in Deutschland (2015)[18]	11
Abbildung 8: Anteil der Fläche für Landwirtschaft an der Bodenfläche insgesamt 2017 in %, Grafik des Statistischen Bundesamtes	12
Abbildung 9: Landwirtschaftliche Fläche nach Ackerland, Dauerkulturen und Dauergrünland, Erhebung 2019, Statistisches Bundesamt	14
Abbildung 10: Aufteilung der Ackerfläche in Deutschland, Statistisches Bundesamt	15
Abbildung 11: Kulturpflanzen der einzelnen Kategorien, in % der Kategorie, 2019	16
Abbildung 12: Erhebungen der bewässerten Fläche durch den Bundesfachverband Feldberegnung [39]	18
Abbildung 13: Anzahl und genutzte Fläche nach Betriebsgrößen 2020, Statistisches Bundesamt [22]	20
Abbildung 14: Verteilung der Betriebe nach Bundesländern 2020, Statistisches Bundesamt [22]	20
Abbildung 15: Durchschnittliche Größe landwirtschaftlicher Betriebe 2010, Abbildung entnommen aus Quelle des Statistischen Bundesamtes [41]	21
Abbildung 16: Rechtsform der landwirtschaftlichen Betriebe, Statistisches Bundesamt 2020 [23]	22
Abbildung 17: Aufteilung der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft, Statistisches Bundesamt 2020 [23]	22
Abbildung 18: Wassergewinnung in Deutschland; Statistisches Bundesamt (2016) [26][27]	24
Abbildung 19: Niederschlagssumme in Deutschland bis 2019, DWD [35]	25
Abbildung 20: Niederschlagsanomalien in Deutschland bis 2019, DWD [35]	26
Abbildung 21: Wasserbilanz der Jahreszeiten Deutschland 2020, Grafik des DWD [35]	26
Abbildung 22: Temperaturanomalien in Deutschland bis 2019, DWD [35]	27
Abbildung 23: Anteile der Branchen an den 10 relevantesten Wasser-Schadstoffen [32]	29
Abbildung 24: Qualität der Oberflächengewässer in Deutschland 2016 [31]	30
Abbildung 25: Chemischer Zustand deutscher Oberflächengewässer, Bewertung ohne Quecksilber, BDE, PAK, TBT, Darstellung des UBA, Stand 2016 [28]	31
Abbildung 26: Grundwasserleiter nach Art der Hohlräume, Ausdehnung und Ergiebigkeit; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [42]	33
Abbildung 27: Mittlere jährliche Grundwasserneubildung von Deutschland, Ausdehnung und Ergiebigkeit; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [44]	34
Abbildung 28: Chemischer Zustand im Grundwasser 2016, Darstellung des UBA; Stand 2016 [28] [46]	35

Abbildung 29: Maßnahmenprogramm für Grundwasserkörper; 2016-2021, Landwirtschaftliche Maßnahmen; LfL Bayern	39
Abbildung 30: Maßnahmenprogramm für Oberflächenwasserkörper; 2016 - 2021 Landwirtschaftliche Maßnahmen; LfL Bayer	39
Abbildung 31: Unterstützung der Landwirte durch GAP 2019 [90]	40
Abbildung 32: Durchschnittsgröße der Betriebe 2020 [70]	45
Abbildung 33: Ökologisch bewirtschaftete Fläche in Hessen (ha) [88]	51
Abbildung 34: Anbauverhältnisse auf dem Ackerland 2019 [89]	52
Abbildung 35: Karte des Verbandsgebietes WHR-Beregnung [100]	53
Abbildung 36: Landwirtschaftliche Bodennutzung in Rheinland-Pfalz; Grafik übernommen vom Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft [51]	55
Abbildung 37: Thermische Situation im Sommer in Rheinland-Pfalz 2003-2020; Grafik übernommen vom Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft [52]	56
Abbildung 38: Anteil der Betriebe mit Bewässerung in Rheinland-Pfalz 2010, Abbildung übernommen vom Statistischen Bundesamt Rheinland-Pfalz [53]	57
Abbildung 39: Beregnungszeiträume der Pflanzen; entwickelt in der DDR an der Landwirtschaftlichen Versuchsstation Berge	60
Abbildung 40: Bewässerungsversuche auf der historischen Versuchsstation Berge, Zeitpunkt unklar	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wasserentnahme global, pro Kopf; OECD Daten [8]	3
Tabelle 2: Beziehung zwischen Wasserstress Faktor und Wassernutzungs-Index [5]	6
Tabelle 3: Liste der 18 in Deutschland gehandelten Wasserfonds [24][25]	8
Tabelle 4: Anbaufläche der Feldfrüchte und Grünpflanzen in Deutschland; Erhebung 2019, Statistisches Bundesamt; in 1.000 ha	17
Tabelle 5: Durchschnittliche Betriebsgröße je Bundesland 2020 in ha pro Betrieb, Statistisches Bundesamt [22]	20
Tabelle 6: Definition PBT- und vPvB-Stoffe nach REACH Verordnung [29]	28
Tabelle 7: Kosten für die Entnahme von Grundwasser [71]	43
Tabelle 8: Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit (ohne Frostschutzberechnung) und bewässerte Fläche 2015, Statistisches Bundesamt [78]	47
Tabelle 9: Auszug öffentlicher Projekte, Förder- und Investitionsprogramme	50

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Definition
BDE	Bromierte Diphenylether
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BRICS	Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika
Destatis	Statistisches Bundesamt Deutschland
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
DWD	Deutscher Wetterdienst
EoDB	Ease-of-Doing-Business
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agricultural Organization
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GrwV	Grundwasserverordnung
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change / Weltklimarat
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LfU	Bayerische Landesanstalt für Umwelt
MLUK	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg
NGO	Non-Governmental Organization / Nichtregierungsorganisation
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
PAK	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PBT	persistent, bioakkumulierend, toxisch
REACH-Verordnung	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals ‚Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien‘
RLP	Rheinland-Pfalz
TBT	Tributylzinn
UBA	Umweltbundesamt
UN	United Nations Organization / Vereinte Nationen
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vPvB	Very persistent, very bioaccumulative / sehr persistent, sehr bioakkumulierend
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

1 Herausforderungen für die landwirtschaftliche Bewässerung

Es mangelt nicht an grundlegenden Wahrheiten und Thesen, um die Bedeutung von Wasser für Menschen auf dem gesamten Planeten zu unterstreichen. „Wasser ist ein kostbares Gut“, „*Wasser ist Lebenselixier*“ oder „*Der Zugang zu sauberem Trinkwasser ist lebensnotwendig*“ sind nur einige Aussagen, die von Regierungen, privaten Unternehmen oder NGOs – wie in diesem Fall *Brot für die Welt* – stets wiederholt werden [1]. Und trotz dieses Tenors sind zwei Milliarden Menschen unterversorgt mit Wasser, etwa die Hälfte der Weltbevölkerung leidet unter temporären Knappheiten der Ressource. Woher diese Engpässe kommen und welche Auswirkungen sie haben, ist regional unterschiedlich, relevant sind dabei Faktoren wie beispielsweise die regionale Verfügbarkeit von Wasser, klimabedingte Entwicklungen beim Wetter, oder in welcher Form die Ressource genutzt wird. Zunächst soll dieses Spannungsverhältnis auf globaler Ebene vorgestellt werden, bevor sich diese Studie auf die Situation der Bewässerung in Deutschland konzentriert.

1.1 Globale Herausforderungen

Lediglich 0,025 % des Wassers auf der Welt ist für den Menschen nutzbares, regeneratives Süßwasser. Weil diese Menge nicht gleich verteilt ist, entsteht in verschiedenen Regionen sogenannter „Wasserstress“. Wasserstress ist definiert durch das Überschreiten eines Wassernutzungs-Indexes von 20 %. Dieser Index definiert das Verhältnis von Wasserentnahme zu für den Menschen verfügbaren Wasserressourcen in einem Land, was als Wasserdargebot bezeichnet wird. Die Berechnung ist in Gleichung 1 dargestellt. [2]

Gleichung 1 Wassernutzungsindex =
$$\frac{\text{Wasserentnahme}}{\text{Zufluss aus dem Ausland} + \text{Niederschlag} - \text{Verdunstung}}$$

Auf der europäischen Ebene hat der *Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa* aus dem Jahr 2011 das Ziel gesetzt, den Schwellenwert von 20 % in den EU-Staaten nicht zu überschreiten [3]. Ein Ziel, das in Deutschland auf Grund der großen Wasserressourcen zwar erreicht wird (Index von 12,8 %), das sich in vielen anderen Ländern der EU allerdings als problematisch darstellt.

2018 hat die UN in ihrem Bericht *Ziele für nachhaltige Entwicklung* darüber informiert, dass weltweit in 22 Ländern ein Wassernutzungs-Index von 70 % überschritten wurde, 31 weitere Länder melden einen Index zwischen 25 % und 70 %. Bereits 2015 hat das *World Resource Institute* Prognosen erstellt, wie sich die Verknappung von Wasserressourcen in 167 Ländern entwickeln wird. Die Szenarien gehen bis in das Jahr 2040, in dem dann für 33 Länder ein Wassernutzungs-Index von über 80 % vorhergesagt wird. Abbildung 1 verdeutlicht die regionale Verteilung. [4][5]

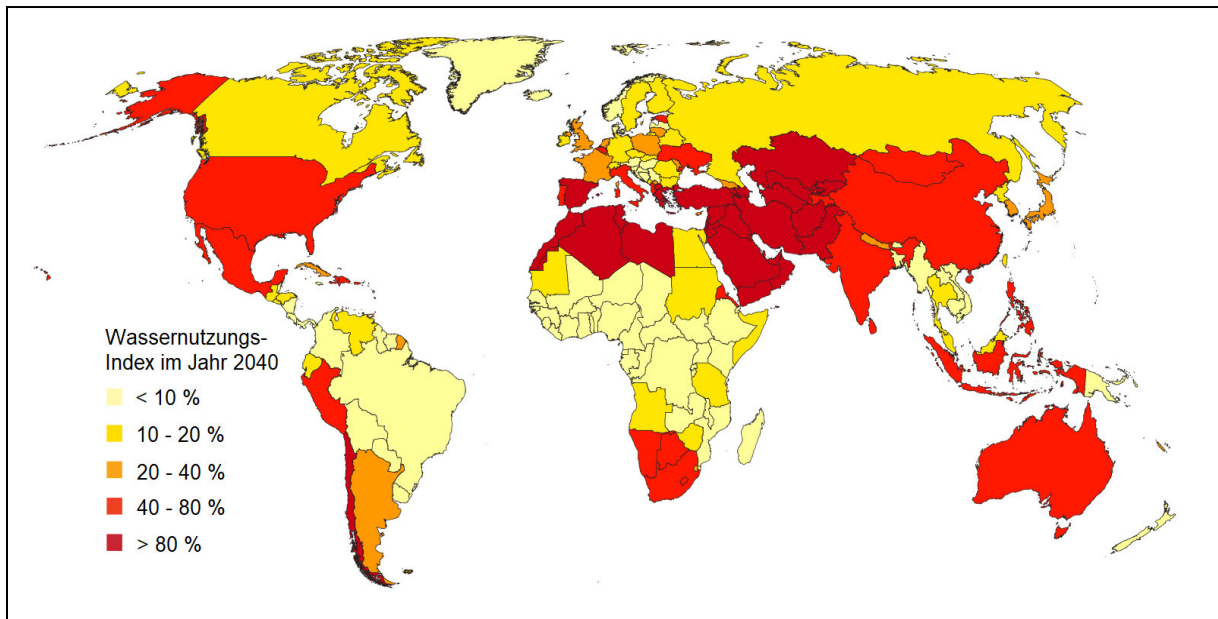


Abbildung 1: Wasserstress im Jahr 2040, Abbildung übernommen von Luo et al. [5]

Im Allgemeinen gilt der Klimawandel als Hauptursache für die Verknappung von Wasserressourcen. Durch den Treibhauseffekt, der zu steigenden Durchschnittstemperaturen führt, verdunstet mehr Wasser an der Erdoberfläche als zuvor. Im Detail sind die Gründe für Wasserstress aber so vielfältig wie die Auswirkungen des Klimawandels selbst und variieren stark zwischen den einzelnen Regionen. Beispielsweise leidet Chile unter steigenden Temperaturen und veränderten Regenfällen entlang der Küste, während Namibia laut dem World Resources Institute verstärkt mit einem Wechsel aus Starkregen, Überschwemmungen und Trockenphasen konfrontiert wird [5].

Auch wenn geopolitische Spannungen an vielen Orten die Wasserversorgung erschweren, ist an dieser Stelle noch ein anderer kritischer Faktor darzustellen. Denn in fast jeder der betroffenen Regionen muss das Bevölkerungswachstum mit seiner katalysierenden Wirkung auf die Verwendung von Wasser genannt werden. Verglichen mit Gleichung 1 steigt durch diesen Prozess die Wasserentnahme, weltweit entfallen aber lediglich 12 % des jährlich gebrauchten Süßwassers (gesamt ca. 4000 km³) auf private Haushalte (Trinkwasser, Sanitäre Anlagen, usw.). Die global weit wichtigere Rolle spielt die Versorgung der Landwirtschaft.

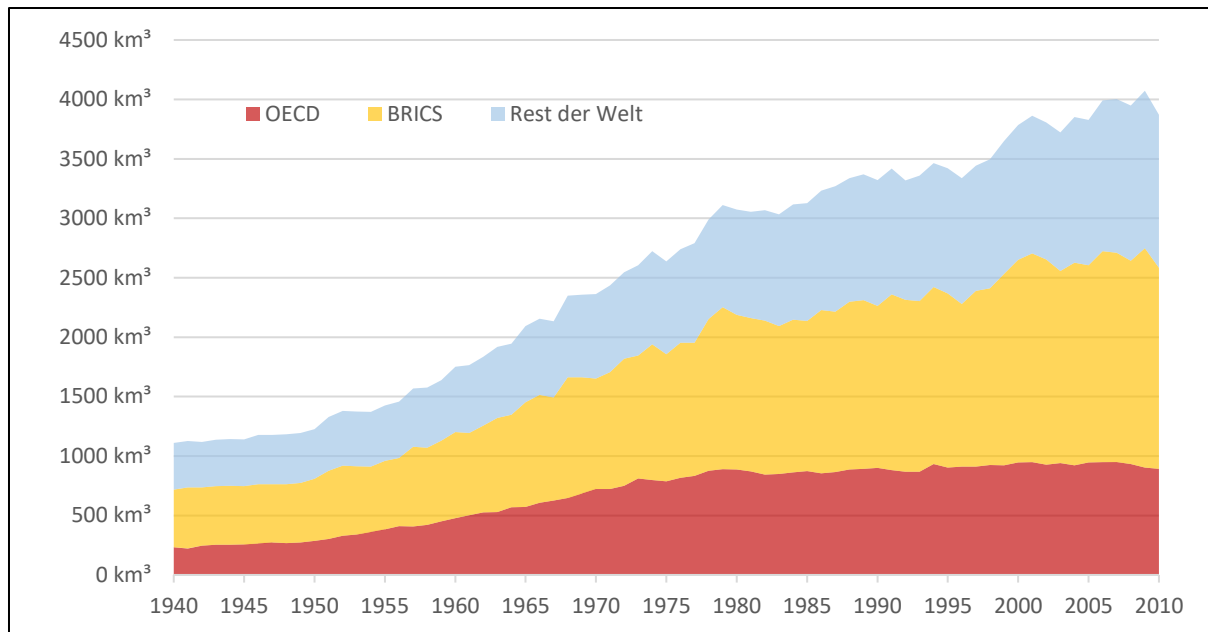


Abbildung 2: Wassarentnahme global von 1940 bis 2010; eigene Darstellung nach Hannah Ritchie [6]

Die Abbildung 2 stellt die Entwicklung der globalen Süßwassarentnahme von 1940 bis 2010 dar, verteilt nach den Ländern der OECD (37 Länder, inklusive Deutschland), den BRICS-Staaten (Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika) und den übrigen Ländern der Welt. Mit mehr als 3,2 Milliarden Einwohnern sind die BRICS-Staaten verantwortlich für 44 % des global verwendeten Wassers. Pro Kopf ist der Wasserverbrauch dieser Länder hingegen unter dem globalen Mittel. Eine Auswahl der Pro-Kopf-Werte ist in Tabelle 1 vergleichend dargestellt, wobei diese nicht die vollständige Hierarchie wiedergibt.

Tabelle 1: Wassarentnahme global, pro Kopf; OECD Daten [8]

Land	Wassarentnahme m³/Kopf	in Daten aus
USA	1207	2015
Griechenland	962	2018
Kanada	855	2015
OECD Durchschnitt	710	2018
Spanien	670	2016
Russland	430	2017
VR China	420	2017
Brasilien	306	2016
Deutschland	290	2016

Alle BRICS-Staaten haben gemeinsam, dass der Großteil des entnommenen Wassers in die Landwirtschaft und damit die Versorgung der Bevölkerung bzw. der Weltbevölkerung fließt, da ein großer Teil des benötigten Wassers für die Produktion von landwirtschaftlichen Exportgütern verwendet wird. In der Volksrepublik China

nutzt die Landwirtschaft etwa 63 % des entnommenen Wassers. Dort fällt 90 % des jährlichen Niederschlages in den Sommermonaten, im nordwestlichen und kontinentalen Teil des Landes liegt die Summe an jährlichem Niederschlag unter 150 mm [7]. Parallel gehört China (ebenso wie Indien) zu den weltweit größten Produzenten von Getreide (hinter den USA). Beiden Ländern wird, wie in Abbildung 1 dargestellt, ein hoher Wassernutzungsindex von 40-80 % bis 2040 prognostiziert, aber auch jetzt werden dort bereits große Teile der Landwirtschaft mit schlecht zu regenerierenden Ressourcen bewässert. 60 % des landwirtschaftlich genutzten Wassers in Indien stammt aus dem Grundwasser oder anderen unterirdischen Ressourcen. [1]

Es stehen also massive Krisen in der Nutzung und Verfügbarkeit von Wasser bevor. Dr. Andrew Steer, der Präsident des World Resources Institute, drückte es 2019 folgendermaßen aus: *“Water stress is the biggest crisis no one is talking about. Its consequences are in plain sight in the form of food insecurity, conflict and migration, and financial instability.”* [9]

Der Umgang mit – und das Management von – Wasser werden in Zukunft eine immer wichtigere Rolle einnehmen. Dieser Bericht konzentriert sich dabei auf die Herausforderungen, Reaktionen und Möglichkeiten des größten anthropogenen Verbrauchers: der Landwirtschaft. Diese ist für 69 % der global entnommenen Wassermengen verantwortlich, 19 % entfallen auf die Industrie und Energieversorgung und die übrigen 12 % entstehen durch die Versorgung von Haushalten.

Die geschilderten Herausforderungen müssen aber auch als Chance wahrgenommen werden, als Möglichkeit für Innovationen, für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und die Erschließung neuer Märkte. Denn der globale Marktplatz für Unternehmen, die sich mit Bewässerungslösungen beschäftigen, wird in den kommenden Jahren konstant steigen und global immer wichtiger und präsenter werden. Dabei spielt nicht nur die klimapolitische Neuausrichtung vieler Staaten eine Rolle; schon die rein ressourcentechnische Verknappung des Wassers wird Investitionen in diesem Bereich unverzichtbar machen. Global wird ein gigantischer Markt entstehen, getrieben durch die BRICS Länder, aber ebenso in vielen anderen Regionen.

Für eine erste Analyse, welche Märkte als leicht zugänglich identifiziert werden können, kann ein Indikator wie das *Ease-of-Doing-Business-Ranking* (EoDB) verwendet werden. In dieser von der Weltbank erstellten Rangliste wird jedem Land ein Wert zwischen 0 und 100 zugewiesen, der aus verschiedenen, die Markteintrittsschranken beschreibenden Aspekten – wie beispielsweise der Verfügbarkeit von Energie – zusammengefasst ist. In Abbildung 3 kann die Relevanz verschiedener Länder als Marktplatz für Bewässerungslösungen abgelesen werden. Dabei ist der Wasserstress-Faktor, welcher dem Land vom World Resources Institute für das Jahr 2040 prognostiziert wurde, über dem EoDB-Score aufgetragen. Die Größe der Blasen in der Darstellung beschreibt die Menge des jährlich für die Landwirtschaft entnommenen Süßwassers und damit die Größe des Marktes für landwirtschaftliche Bewässerung. Der Wasserstress-Faktor steht mit dem Wassernutzungsindex in Beziehung (siehe Tabelle 2) und hat eine Skala von 1 (niedrig) bis 5 (extrem hoch). Er beschreibt demnach den Druck, unter dem sich die untersuchten Länder befinden, das Wassermanagement in ihrer Landwirtschaft zu verbessern. Je weiter rechts oben in der Abbildung ein Land dargestellt ist, desto größer ist der Handlungsdruck bei guten wirtschaftlichen Bedingungen bzw. geringen Markteintrittsschranken. Je größer die Blase ist, desto mehr Wasser wird in der Landwirtschaft verwendet, es können demnach durch diese einfache Analyse verschiedene Zielmärkte identifiziert werden. [8][13][15]

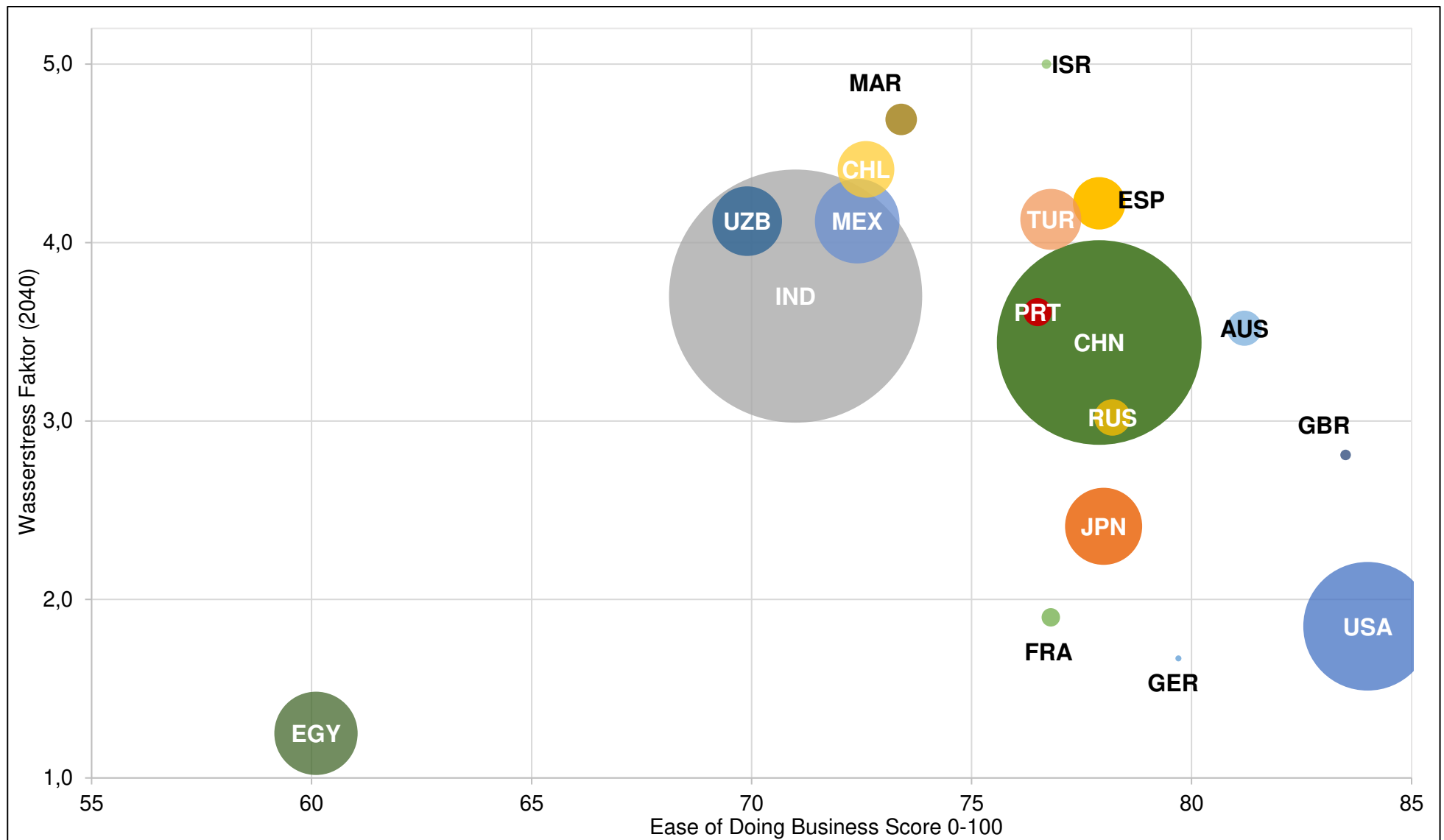


Abbildung 3: Darstellung relevanter Märkte, eigene Darstellung [8][13][15]

Tabelle 2: Beziehung zwischen Wasserstress Faktor und Wassernutzungs-Index [5]

Kategorie	Faktor	Wassernutzungs-Index
Niedrig	0-1	<10%
Niedrig bis mittel	1-2	10% - 20%
Mittel bis hoch	2-3	20% - 40%
Hoch	3-4	40% - 80%
Extrem hoch	4-5	>80%

Die Kürzel der in Abbildung 3 dargestellten Länder stehen für:¹

- AUS – Australien
- CHL – Chile
- CHN – Volksrepublik China
- DEU – Deutschland
- EGY – Ägypten
- ESP – Spanien
- FRA – Frankreich
- GBR – Großbritannien
- IND – Indien
- ISR – Israel
- JPN – Japan
- MAR – Marokko
- MEX – Mexiko
- PRT – Portugal
- RUS – Russland
- TUR – Türkei
- USA – Vereinigte Staaten
- UZB – Usbekistan

Neben Indien und China können Mexiko, die Türkei und Spanien als Märkte mit hohem Potential identifiziert werden. Sie zeichnen sich aus durch eine voraussichtlich hohe Motivation Wasser einzusparen (hoher Wasserstress-Faktor), geringe Markteintrittsschranken und gleichzeitig einen sehr hohen Bedarf an Bewässerungslandwirtschaft.

Chile oder Usbekistan hingegen zeigen hohe Volumina an landwirtschaftlicher Wasserentnahme bei sehr hohem Wasserstress, werden aber von der Weltbank als vergleichsweise schwer zugänglich eingestuft. Diese Märkte sind voraussichtlich stärker von nationalen und internationalen Förderprogrammen sowie Projekten abhängig, die versuchen in- und ausländische Unternehmen und Organisationen für diese außergewöhnlichen Herausforderungen zu gewinnen. Die USA und Japan zeichnen sich durch hohe Mengen an verwendetem Wasser bei gutem EoDB-Score aus, verfügen aber über niedrigere Wasserstress-Faktoren, weshalb die allgemeine Kritikalität des Wassermanagements reduziert ist. Regional kann dies aber auch dort variieren. Auch in Ländern mit geringem Wasserstress-Faktor kann regional ein hoher Bedarf an wassersparenden Maßnahmen bestehen.

Wer bespielt aber diese Märkte? Ein erster Schritt muss es sein, auf staatlicher Ebene einen regulativen Rahmen zu schaffen, in dem zum einen eine Misswirtschaft des Einzelnen mit der Ressource verhindert wird, aber auf der anderen Seite Landwirte und betroffene Unternehmen mit der Problematik nicht allein gelassen werden. Global dominierende Systemintegratoren auf dem Gebiet der Bewässerungslandwirtschaft sind aktuell kaum vorhanden. Ein Name, der dabei oft genannt wird, ist *Netafim*, ein 1965 in Israel gegründetes Unternehmen, dass im Bereich der Tröpfchenbewässerung eines der weltmarktführenden Unternehmen ist. Das Unternehmen, dessen Anteile zu 80 % von dem mexikanischen Unternehmen *Mexichem* gehalten werden, hatte 2018 in diesem

¹ Die Länderkürzel entsprechen den Vorgaben der ISO 3166-1 alpha-3

Bereich einen globalen Marktanteil von 30 %. *Netafim* steht beispielhaft für den sich zurzeit erst entwickelnden Weltmarkt. Mit seiner hervorgehobenen Stellung und seiner globalen Geschäftstätigkeit in rund 110 Ländern, beschäftigt *Netafim* aktuell 5000 Mitarbeiter*innen. Das ist im Vergleich zu anderen Umwelttechnikunternehmen mit ähnlich hoher Globalisierung eine eher geringe Zahl. Das Potential der Branche hat das Unternehmen jedenfalls erkannt, und das Unternehmen investiert massiv, um z.B. den indischen wie den chinesischen Markt für Tröpfchenbewässerung zu erschließen. Man plant laut eigener Aussagen, im Zeitraum von 2018 bis 2020 den Gewinn des Unternehmens um 50 % zu steigern.² [10][11]

Für Beregnungstechnik im Allgemeinen bezeichnet sich das Unternehmen *Rain Bird* selbst als weltmarktführend. Die Zahl der Beschäftigten beträgt etwa 1000, was erneut unterstreicht, wie kleinteilig die Branche ist und in welch frühem Entwicklungsstadium sie sich aktuell noch befindet. Auf dem globalen Markt gibt es demnach Platz für neue Akteure, die national etablierte „State of the Art“-Technologien in einem internationalen Kontext anwenden möchten. Zusätzlich ist es ratsam, nach neuen Innovationen auf dem Gebiet der Bewässerung zu streben. Ein rechtzeitig eingeleiteter Innovationsprozess wird neue Geschäftsmodelle und Unternehmen auf dem sich im Wachstum befindlichen Weltmarkt vor weniger agile Unternehmen positionieren und somit einen entscheidenden Marktvorteil bedeuten.

Die geschilderten Herausforderungen bedürfen aber nicht nur des Engagements von Staat und Wirtschaft, der Bedarf an Investitionen beansprucht auch die Beteiligung privater Anleger*innen. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten, sich an der Zukunft der Wasserwirtschaft zu beteiligen. Zum einen können Aktien der einzelnen Unternehmen, beispielsweise der Pumpen bauenden Aktiengesellschaften KSB erworben werden. Weitere relevante Unternehmen für den Erwerb von Wasseraktien sind die Lindsay Corporation (Bewässerungssysteme) sowie Pentair, Pure Cycle oder Xylem (alle Wassertechnologie-Unternehmen). Zum anderen gibt es gebündelte Fonds der Wasserwirtschaft, in die investiert werden kann. Fonds der Peergroup „Aktien Wasser“ zeichnen sich dadurch aus, dass mindestens 90 % der Portfolien aus Unternehmen des Wassersektors besteht. In Deutschland werden 18 verschiedene Wasserfonds gemanagt oder als Wasser-ETFs gehandelt (Tabelle 3). [24] Einige der Fonds erfüllen dabei einen höheren Standard bei den Nachhaltigkeitskriterien, weshalb ein direkter Vergleich nur eingeschränkt aussagekräftig ist.

² Bezogen auf die Kennzahl EBITDA – Gewinn vor Zinsen, Steuern, Abschreibungen auf Sachanlagen und Abschreibungen auf immaterielle Vermögensgegenstände

Tabelle 3: Liste der 18 in Deutschland gehandelten Wasserfonds³ [24][25]

Wasserfonds	ISIN	Performance 5 Jahre	Volumen in Mio. €
Pictet Water	LU0104884860	45,8 %	5880
PARVEST Aqua C	LU1165135440	45,1%	1800
RobecoSAM Sustainable Water	LU0133061175	48,3 %	1500
iShares Global Water ETF*	IE00B1TXK627	58,9 %	1119
Lyxor ETF World Water*	FR0010527275	43,3 %	624
KBI Institutional Water	IE00B2Q0L939	39,9 %	382
JSS Sustainable Water	LU0333595436	28,9 %	193
KBC Eco Fund Water	BE0175479063	36,7 %	178
Swisscanto Equity Global Water	LU0302976872	36,1 %	174
Variopartner SICAV-Tareno Water	LU0319773478	/	130
DWS Global Water LD	DE000DWS0DT1	26,6 %	113
Vontobel Sustainable Water	LU0995510970	/	59
AGIV - Allianz Global Water	LU1861128061	50,7 %	38
Hornet Infrastructure - Water	LI0034053376	25,1 %	37
FBG Four Elements	LU0298627968	42,6 %	37
ÖkoWorld Water For Life	LU0332822492	19,7 %	32
AMCFM Global Water	LI0046085168	28,2 %	6
KBC Eco Fund CSOB Water	BE0947250453	25,0 %	2

1.2 Herausforderungen in Deutschland

Für Deutschland insgesamt wird ein vergleichsweise niedriger landwirtschaftlicher Wasserstressfaktor von 1,7 (17 %) im Jahr 2040 prognostiziert. Von den etwa 188 km³ jährlichen Wasserdargebots (119 km³ davon regenerativ) werden aktuell lediglich etwa 13 % genutzt. Dennoch kam es regional in den extrem trockenen und heißen Sommern der letzten Jahre zu großen Herausforderungen für die Land- und Forstwirtschaft. Die ausgedehnten Waldbrände im Jahr 2019 oder der Befall von unterversorgten Waldbeständen durch den Borkenkäfer sind an dieser Stelle nur als von der Bewässerungslandwirtschaft unabhängige Beispiele für Auswirkungen der Wasserverknappung zu nennen. Aber auch die Landwirte waren direkt von der Trockenheit betroffen. Beispielsweise wurde im Sommer 2019 durch das brandenburgische Umweltministerium angeordnet, dass tagsüber kein Wasser mehr aus Flüssen, Seen oder Gräben zum Zweck der Bewässerung entnommen werden darf. [13]

Im Detail hat das *World Resources Institute* für Deutschland regionale Wasserstress-Faktoren veröffentlicht, die in Abbildung 4 dargestellt sind. Sie sind der Datenbank *Aqueduct 3.0* entnommen und zeigen, dass auch in

³ Performance und Volumen der Fonds zum Stand 19.08.2020

Deutschland Regionen mit höherem Wasserstress existieren. Davon betroffen ist die Mitte sowie der Nordosten des Landes, die wasserreichen Regionen im Westen leiden unter keinen Versorgungsschwierigkeiten. [13]

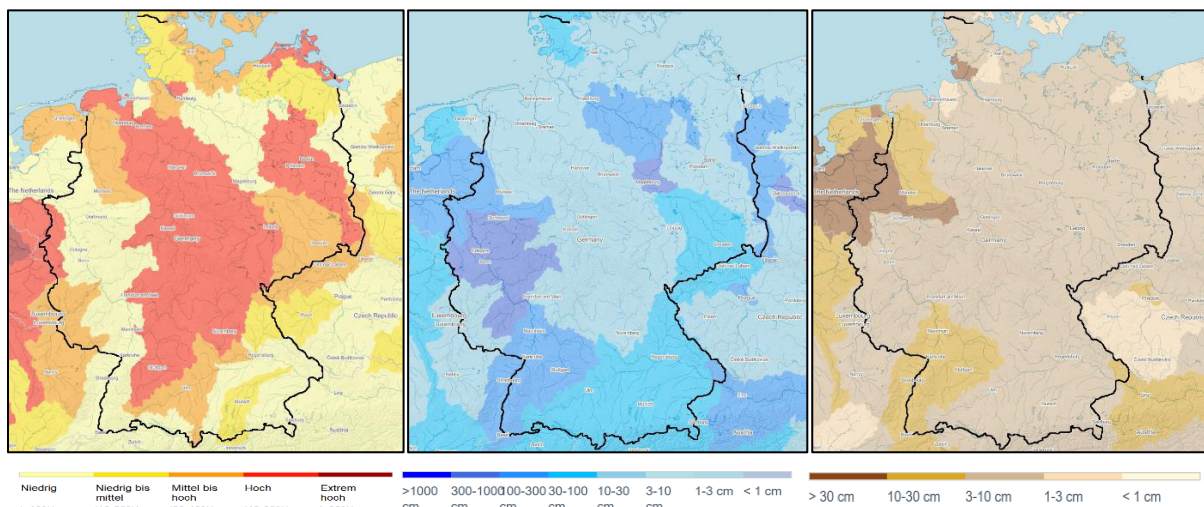


Abbildung 4: v. l. n. r.: Wasserstress, Wasserdargebot; Wasserbedarf [13]

In Deutschland werden etwa 24 km³ Frischwasser jährlich entnommen.⁴ Dieses Volumen ist in den vergangenen 30 Jahren konstant zurückgegangen (46,3 km³ im Jahr 1991). Über die Hälfte des entnommenen Wassers dient dabei der Kühlung in der Energiewirtschaft, lediglich 1,3 % entfallen auf die Bewässerungslandwirtschaft. Der zweitgrößte Verbraucher ist der Bergbau und das verarbeitende Gewerbe mit 24 %, die öffentliche Wasserversorgung liegt bei 22 %. [14]

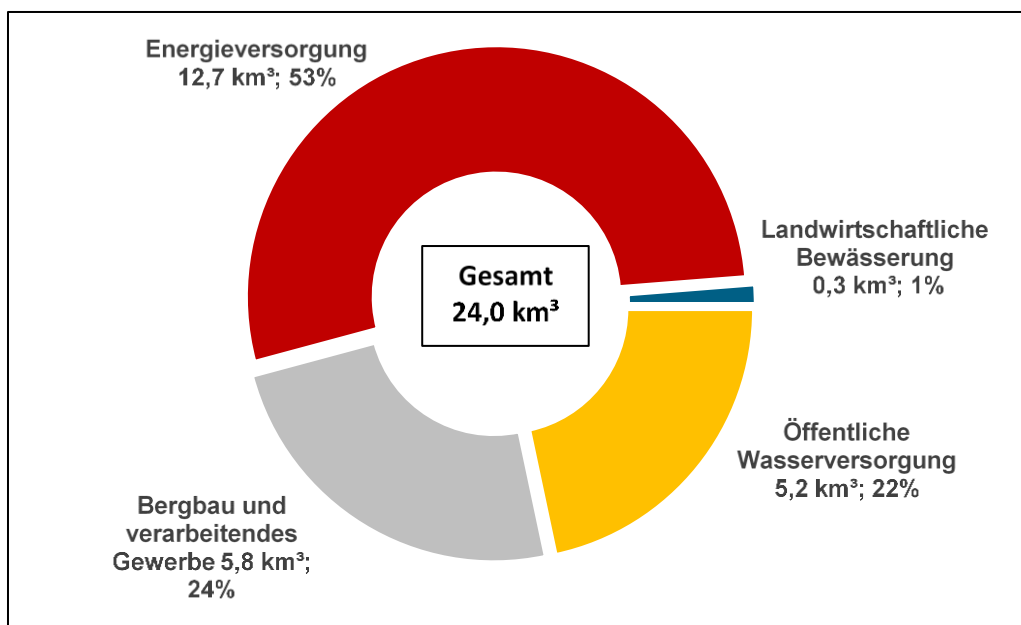


Abbildung 5: Aufteilung der Frischwassernutzung in Deutschland 2016, nach Sektoren [14]

Täglich verbrauchte 2018 jede Person in Deutschland 127 l Wasser direkt. Direkter Wasserverbrauch bezeichnet dabei die Volumina, die im Haushalt verwendet werden. Die Aufteilung ist in Abbildung 6 dargestellt.

⁴ Wert bezüglich 2016

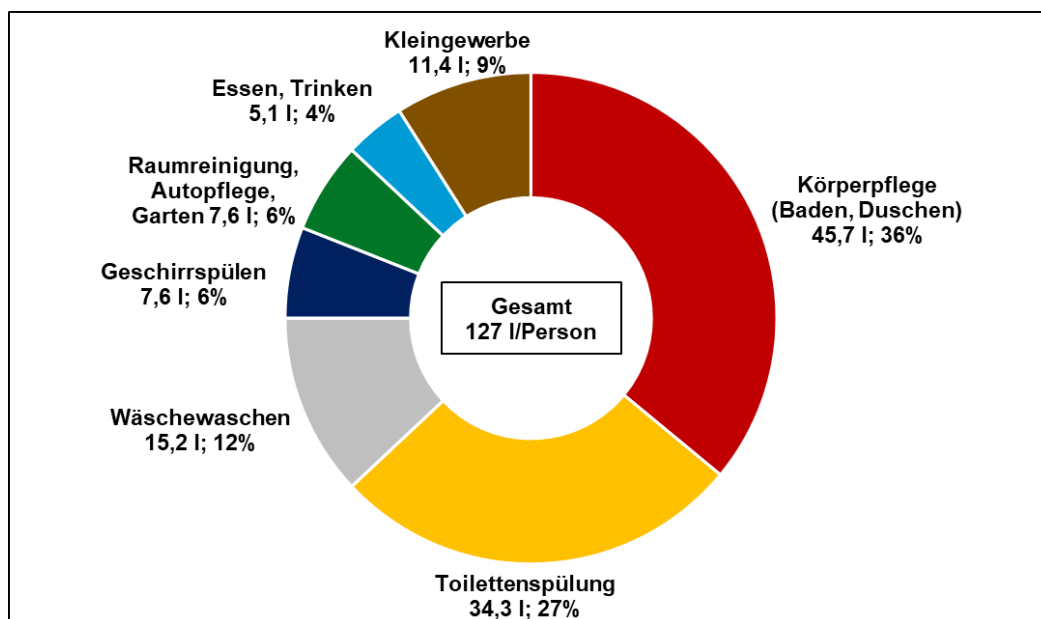


Abbildung 6: Täglicher direkter Wasserverbrauch pro Kopf, 2018 [16]

Die gesamte Wasserentnahme des Landes – von 24 km³ Frischwasser im Jahr – berechnet als Verbrauch pro Kopf und Tag beträgt etwa 790 l (vgl. Tabelle 1). Theoretisch werden demnach in Deutschland weniger Liter pro Kopf an Wasser entnommen und verwendet als im globalen Mittel. Dieses liegt, berechnet aus Informationen der AQUASTAT Datenbank, bei etwa 1290 l pro Tag und Kopf. Doch diese Einstufung trügt, denn um die tatsächliche Wassernutzung der Bevölkerung eines Landes zu beschreiben, ist der Indikator „Wasserfußabdruck“ aussagekräftiger. Dieser bezieht neben dem direkten Verbrauch auch den gesamten indirekten Verbrauch einer Person mit ein. Als indirekt wird das bei der Produktion von konsumierten Gütern benötigte Wasser definiert – dieses wird auch als virtuelles Wasser bezeichnet – und der/dem Verbraucher*in des Endprodukts zugerechnet. Dabei werden auch die im Ausland entnommenen Wasserressourcen, die notwendig sind, um den Konsum in Deutschland aufrecht zu erhalten, der verbrauchenden Bevölkerung zugerechnet. Demnach beträgt der Wasserfußabdruck einer Person in Deutschland im Schnitt 3900 l pro Tag und liegt damit deutlich über dem durchschnittlichen weltweit pro Kopf entnommenen Volumens.

0,3 km³ des jährlich in Deutschland entnommenen Süßwassers wird für die Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen verwendet. Das entspricht etwa der Wassermenge des Tegernsees. Bis dato werden lediglich 2,7 % der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland bewässert, d.h. bei dem überwiegenden Anteil der Flächen reichte - zum Stand 2017 - die Menge an Niederschlag aus, um die landwirtschaftlichen Erträge zu sichern.

Von den 451.800 ha bewässerter Fläche, verteilt auf 15.710 landwirtschaftliche Betriebe, befindet sich ca. die Hälfte in Niedersachsen [17][18]. Die Haupteinsatzgebiete sind dabei der Obstanbau und der Forstschutz. Im Detail wird die Landwirtschaft in Deutschland im Kapitel 2 beschrieben, für die Bewässerung relevante Aspekte werden dort hervorgehoben.

Grundlegend können die Techniken der Bewässerung aufgeteilt werden in Beregnungsanlagen und Tröpfchenbewässerung. Bei einer Erhebung des statistischen Bundesamts von 2015 wurde ermittelt, dass 79 % der Wasser entnehmenden Landwirt*innen Beregnungsanlagen verwenden, die übrigen 21 % verwenden ausschließlich Tröpfchenbewässerung. Beide Technologien kombiniert werden von 11 % der Betriebe verwendet (Abbildung 7). [18]

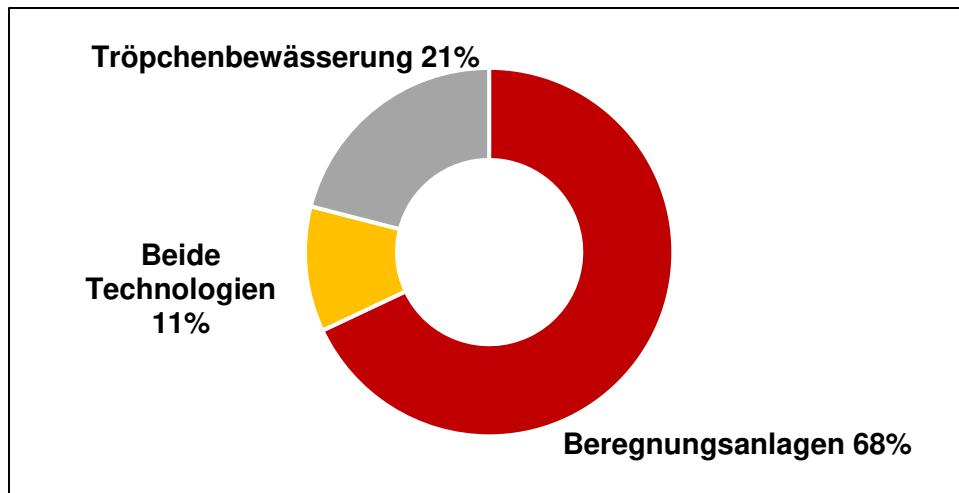


Abbildung 7: Bewässerungstechniken in Deutschland (2015)[18]

Der Frage, welche Ressourcen für die Bewässerung zur Verfügung stehen, widmet sich Kapitel 3, bevor das Kapitel 4 den Status der Bewässerungslandwirtschaft in Deutschland wiedergibt.

2 Die deutsche Landwirtschaft

Etwa 18.314.400 ha in Deutschland werden bewirtschaftet (Landwirtschaft und selbstbewirtschaftete Flächen), was etwa 50,7 % der gesamten Fläche entspricht. Abbildung 8 stellt auf kommunaler Ebene dar, welchen Anteil die Landwirtschaft an der Flächennutzung hat.

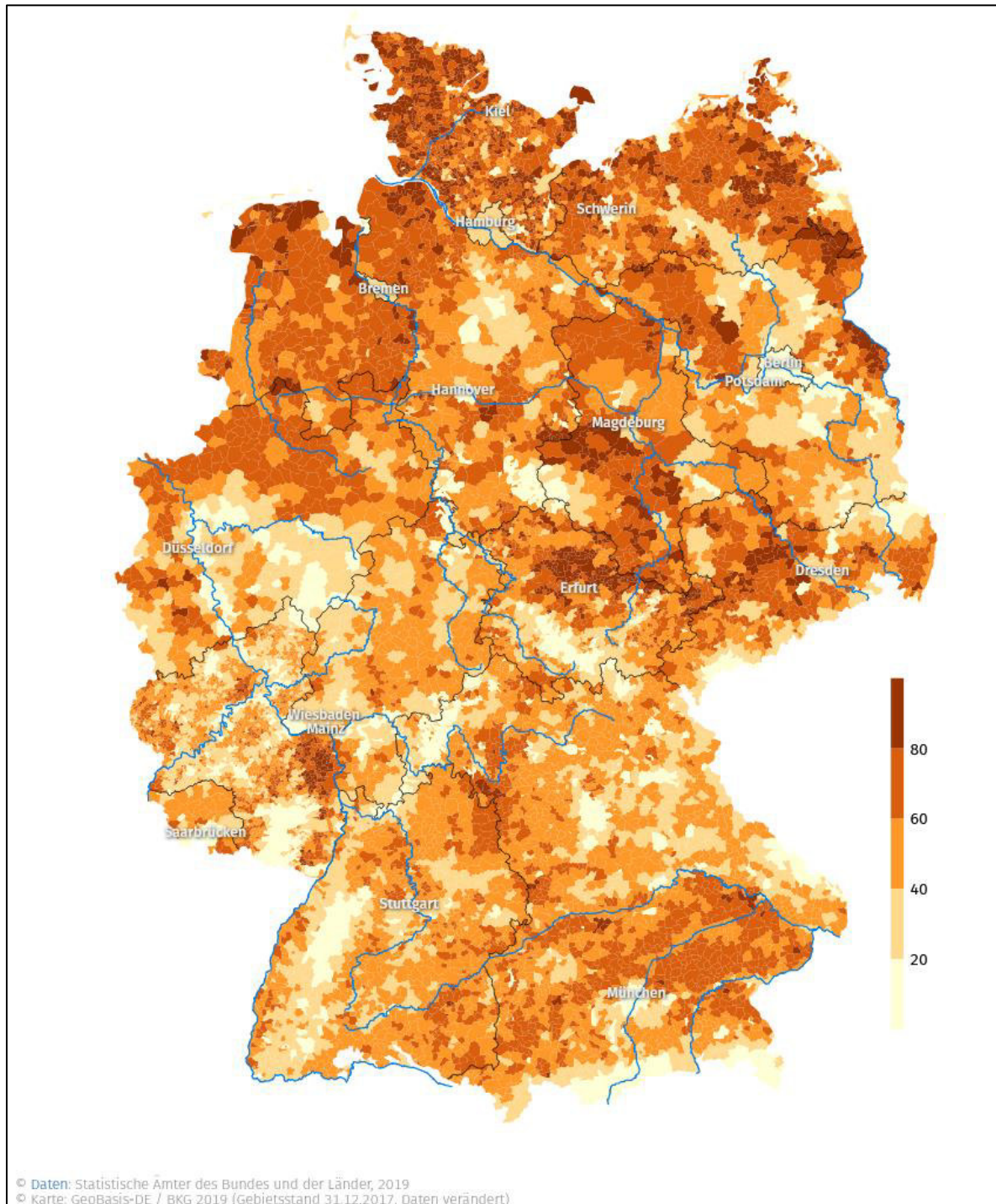


Abbildung 8: Anteil der Fläche für Landwirtschaft an der Bodenfläche insgesamt 2017 in %, Grafik des Statistischen Bundesamtes

Dabei fallen die Bundesländer Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein, Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern als Regionen mit besonders intensiver landwirtschaftlicher Nutzung auf. Dennoch ist anzumerken, dass auch in südlichen Regionen punktuell hohe landwirtschaftliche Flächennutzungsgrade zu beobachten sind.

Trotz der prägenden Rolle der Landwirtschaft in der Flächennutzung ist sie für die Gesamtwirtschaft vergleichsweise wenig relevant. Das Bruttoinlandsprodukt betrug im Jahr 2020 in Deutschland 3.362 Mrd. €, die Land- und Forstwirtschaft (inklusive Fischerei) zeigte sich aber für lediglich 0,8 % des BIP verantwortlich. Innerhalb dieser Kategorie ist für das Jahr 2020 die Bedeutung der Landwirtschaft nicht näher beschrieben, in den letzten dazu existierenden Zahlen aus den Jahren 2017 und 2018 waren es etwa 85 %. [19]

Der Anteil der in der Landwirtschaft Beschäftigten an der Gesamtzahl der Erwerbstätigen ist ebenso gering. Laut Statistischem Bundesamt waren im Jahr 2020 580.000 Personen in der Land- und Forstwirtschaft (inklusive Fischerei) beschäftigt, was bei 44,8 Mio. Erwerbstätigen 1,3 % entspricht. [21]

Viele Basisinformationen zum landwirtschaftlichen Sektor in Deutschland können der Internetseite des Statistischen Bundesamtes (Destatis) entnommen werden. Neben kontinuierlichen Erhebungen erfolgt durch das Statistische Bundesamt eine detaillierte Landwirtschaftszählung in einem zehnjährigen Zyklus. Im März 2020 wurde mit der nächsten Zählung begonnen, die Ergebnisse werden im Lauf des Jahres 2021 veröffentlicht. Angestoßen wird die Erhebung durch das „World Programme for the Census of Agriculture“ der *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) und ermöglicht einen internationalen Vergleich der 151 Staaten, die diese Zählung durchführen. Außerhalb dieses Zyklus‘ erhebt das Statistische Bundesamt natürlich ebenfalls regelmäßig Daten zur Landwirtschaft, die an dieser Stelle aufbereitet werden.

2.1 Kulturpflanzen der deutschen Landwirtschaft in Zahlen

Den 16.595.000 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche stehen etwa 11.420.000 ha (29,8 %) Waldfläche gegenüber. Dies verdeutlicht, wie sehr Deutschland landwirtschaftlich geprägt ist.

Etwa 70 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche wird als Ackerland bewirtschaftet, was 11.663.800 ha entspricht. 4.730.000 ha (etwa 29 %) werden als Dauergrünland bewirtschaftet, wobei Weiden den größten Anteil darstellen. Dauerkulturen werden in Deutschland auf 197.200 ha (etwa 1%) angebaut. In den letzten zehn Jahren ist diese Aufteilung konstant geblieben, wie für die Jahre 2016 bis 2019 in Abbildung 9 abgelesen werden kann. [20]

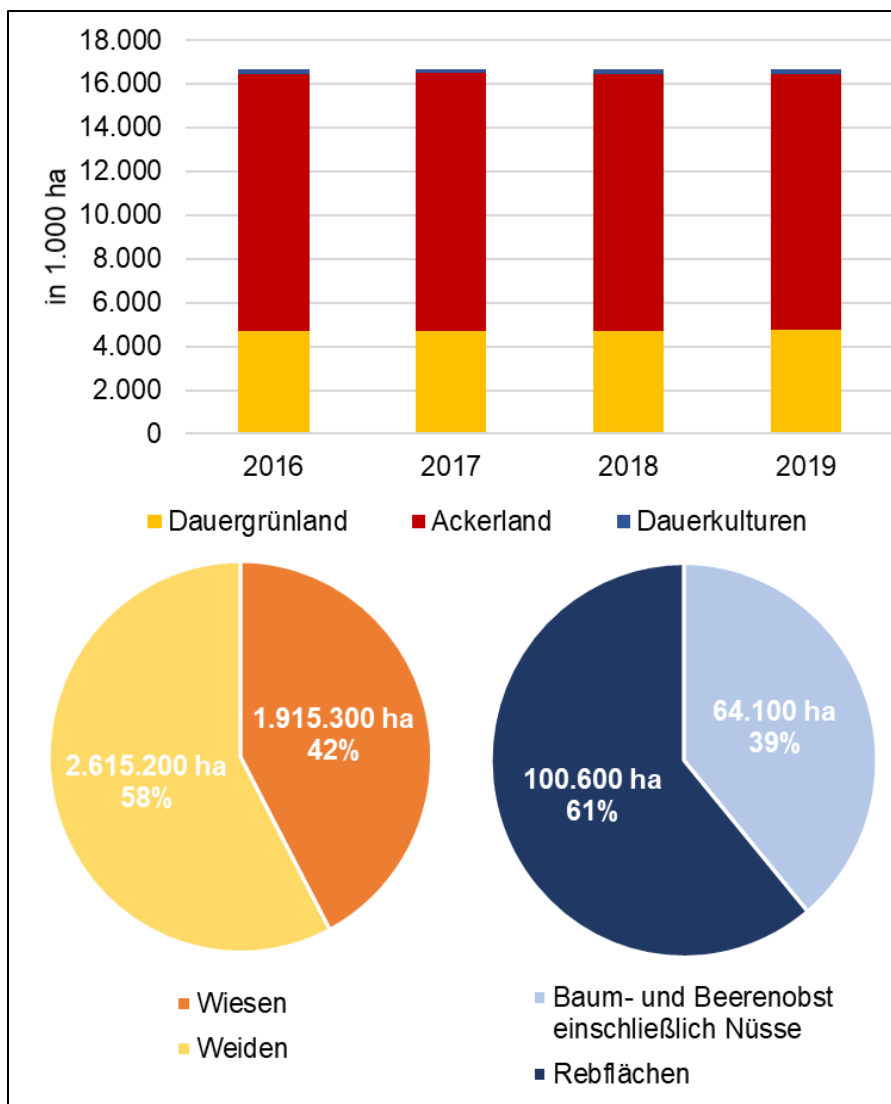


Abbildung 9: Landwirtschaftliche Fläche nach Ackerland, Dauerkulturen und Dauergrünland, Erhebung 2019, Statistisches Bundesamt

2.1.1 Feldfrüchte und Grünpflanzen

Als Dauergrünland werden Flächen bezeichnet, die dem Anbau von Gras oder anderen Grünfutterpflanzen dienen. Diese Flächen können mittels Einsaat oder auf natürliche Weise – der Selbstaussaat – bewirtschaftet werden. Um als Dauergrünland zu gelten, darf die Fläche in sechs aufeinander folgenden Flächenverzeichnissen nicht in die Fruchtfolge einbezogen werden, kann aber teilweise aus Sträuchern und Bäumen bestehen. In diese Definition sind Weideflächen mit einbezogen, die 58 % des Dauergrünlandes ausmachen.

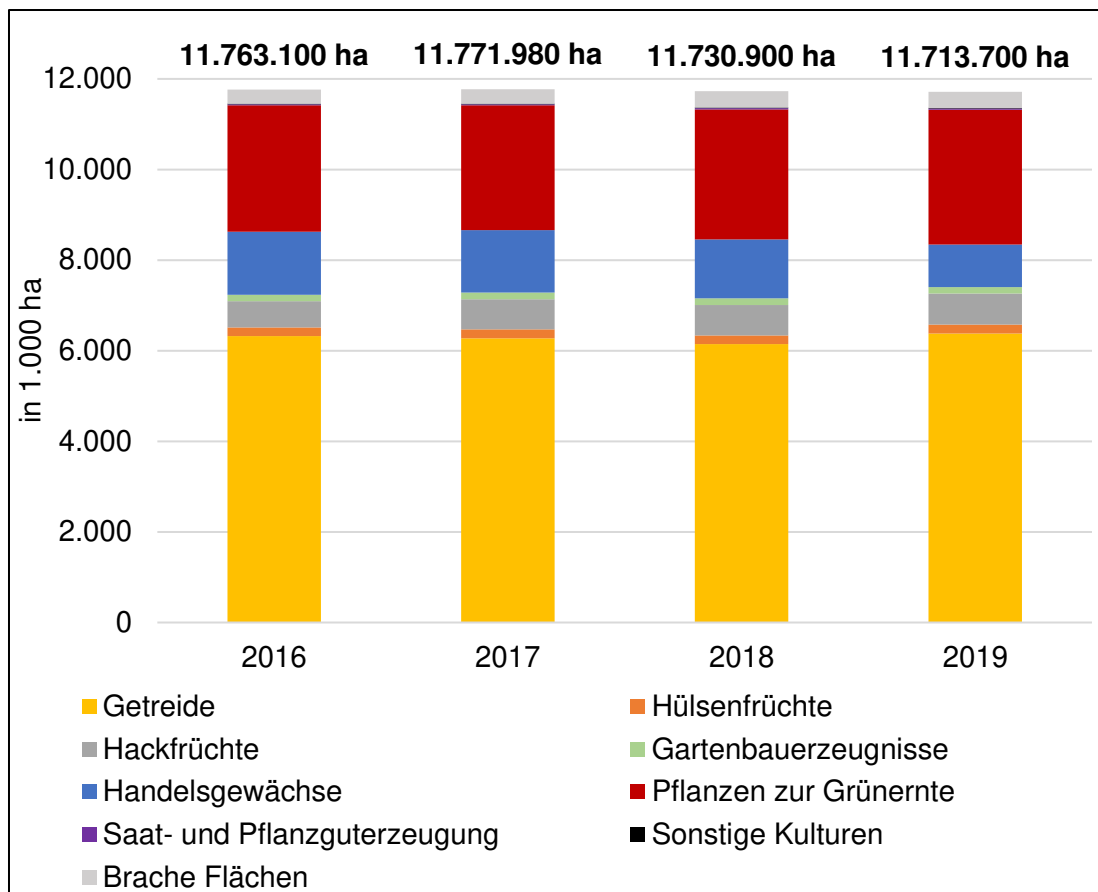


Abbildung 10: Aufteilung der Ackerfläche in Deutschland, Statistisches Bundesamt

Abbildung 10 beschreibt die Aufteilung der Ackerfläche in Deutschland, wobei es sich hier ausschließlich um Feldfrüchte und Grünland handelt. Eine detaillierte Aufteilung der tatsächlich angebauten Feldfrüchte ist in Abbildung 11 dargestellt, die zugehörigen Zahlen sind in Tabelle 4 genannt.

Die deutsche Landwirtschaft ist geprägt vom Getreideanbau. Weizen ist, mit über 3 Mio. ha, die meistangebaute Kulturpflanze. Die Anbaufläche entspricht demnach fast der Größe Nordrhein-Westfalens, dem viertgrößten Bundesland. Gerste, mit etwa 1,7 Mio. ha, folgt auf dem zweiten Platz der Getreidesorten. Beide Kulturen sind in der Regel nicht bewässerungswürdig, ebenso wie Roggen und die übrigen Getreidesorten.

Unter den restlichen etablierten Ackerpflanzen ist der Raps mit 0,85 Mio. ha Anbaufläche hervorzuheben, ebenso wie Mais, für den über 2 Mio. ha aufgewendet werden. Dieser Überblick stellt die Gesamtsituation in Deutschland dar, jedoch sind die regionalen Unterschiede in der Auswahl an Kulturpflanzen extrem. Daher werden am Ende dieses Berichts verschiedene Bundesländer im Detail porträtiert, um die Unterschiede in der Verwendung der Kulturfläche zu verdeutlichen. Ebenso heterogen ist die Verteilung der Dauerkulturen in Deutschland.

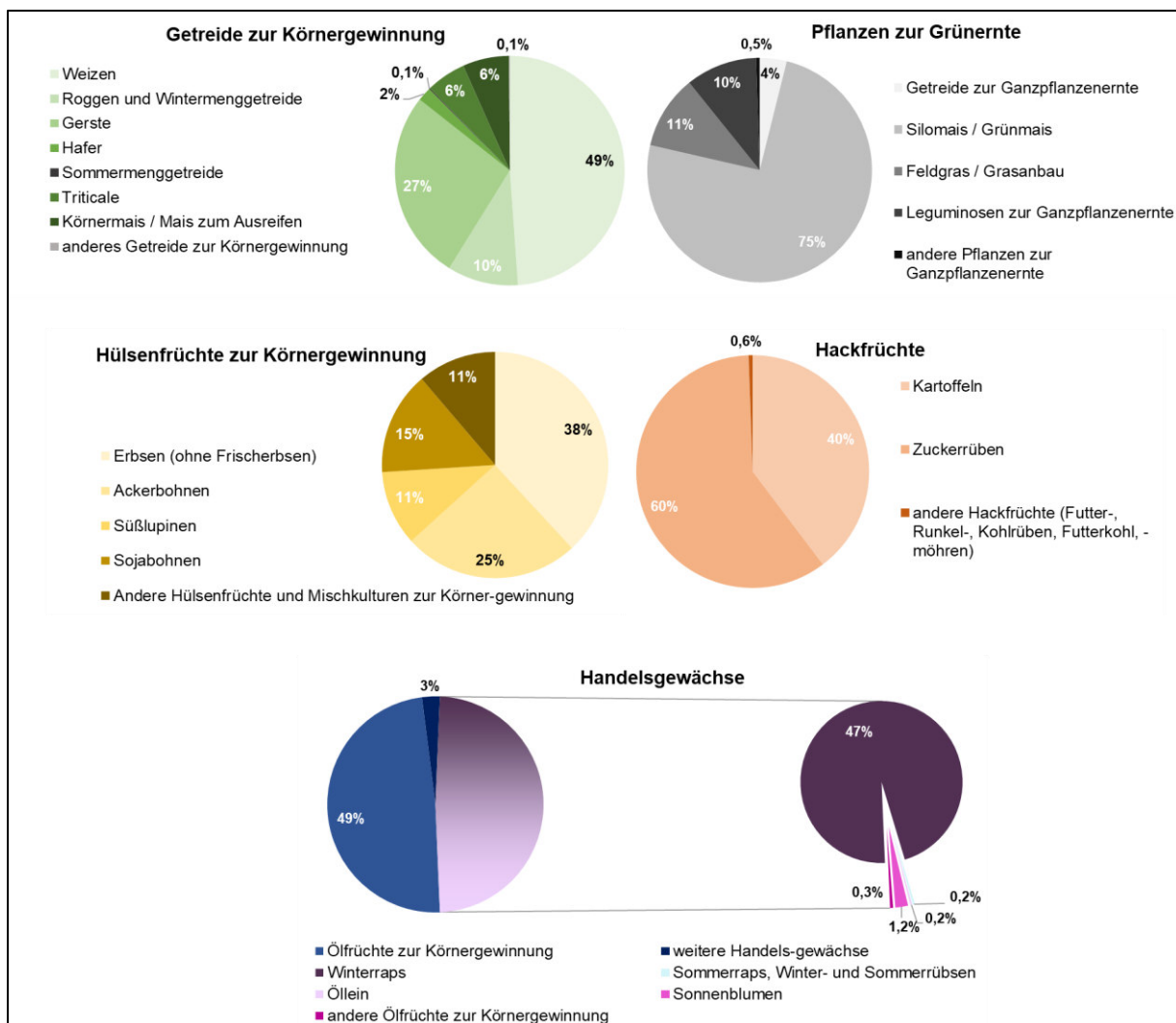


Abbildung 11: Kulturpflanzen der einzelnen Kategorien, in % der Kategorie, 2019

Tabelle 4: Anbaufläche der Feldfrüchte und Grünpflanzen in Deutschland; Erhebung 2019, Statistisches Bundesamt; in 1.000 ha

	In 1.000 ha		In 1.000 ha		In 1.000 ha		In 1.000 ha		In 1.000 ha		
Getreide zur Körner- gewinnung	6380	Hülsenfrüchte zur Körnergewinnung	196	Hackfrüchte	684	Handelsgewächse	937	Pflanzen zur Grünernte	2976		
Weizen	3118	Erbsen (ohne Frischerbsen)	745	Kartoffeln	272	Ölfrüchte zur Körnergewinnung	888	Getreide zur Ganzpflanzenernte	116		
Roggen und Wintermenggetreide	636	Ackerbohnen	49	Zuckerrüben	409	weitere Handels- gewächse	49	Silomais / Grünmais	2223		
Gerste	1709	Süßlupinen	21	andere Hackfrüchte	4	Ölfrüchte zur Körnergewinnung		Feldgras / Grasanbau	317		
Hafer	126	Sojabohnen	29			Winterraps	853	Leguminosen zur Ganzpflanzenernte	306		
Sommermenggetreide	9	Andere Hülsenfrüchte und Mischkulturen zur Körnergewinnung	22			Sommerraps, Winter- und Sommerrüben	4	andere Pflanzen zur Ganzpflanzenernte	15		
Triticale	358					Öllein	3				
Körnermais / Mais zum Ausreifen	416					Sonnenblumen	23				
Anderes Getreide zur Körnergewinnung	8					andere Ölfrüchte zur Körnergewinnung	5				

2.1.2 Dauerkulturen

Nach den Daten des Statistischen Bundesamtes wurde in Deutschland im Jahr 2020 197.000 ha mit Dauerkulturen bewirtschaftet. Etwa die Hälfte, 100.700 ha, wurden für den Anbau von Rebpflanzen (Wein, Hopfen) genutzt, weitere 63.400 ha für Baum- und Beerenobst (inklusive Nüsse). Die übrige Anbaufläche wird von Baumschulen genutzt. Neben dem Weinanbau ist vor allem der Anbau von Kernobst und Steinobst mit 17.000 ha relevant. Für die deutsche Landwirtschaft relevantes Steinobst sind Kirschen, Nektarinen und Pflaumen, unter den Anbau von Kernobst fällt der gesamte Anbau von Äpfeln und Birnen. [20]

Dauerkulturen spielen daher mit 1,3 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche keine starke Rolle für die gesamte Agrarwirtschaft, sie gelten aber im internationalen Kontext oft als sehr bewässerungswürdige Kulturen.

2.2 Wasserintensive Nutzpflanzen

Bei der Beschreibung der Bewässerungslandwirtschaft in Deutschland wird deutlich, dass die Erhebung von allgemeinen Daten zur Bewässerung nicht kontinuierlich stattfindet. Während das Statistische Bundesamt nur wenig detaillierte und keine aktuellen Zahlen zur Bewässerung aufbereitet, bezieht sich das „Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2019“, herausgegeben vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, auf Daten aus der Landwirtschaftszählung 2010. [37] Eine Aktualisierung durch den Bundesfachverband Feldberegnung scheint notwendig, deren letzte Umfrage in der Landwirtschaft 2008 durchgeführt wurde. Aus diesem Grund ist auch kein statistisch belegter Trend in der Bewässerungslandwirtschaft zu erkennen. [39]

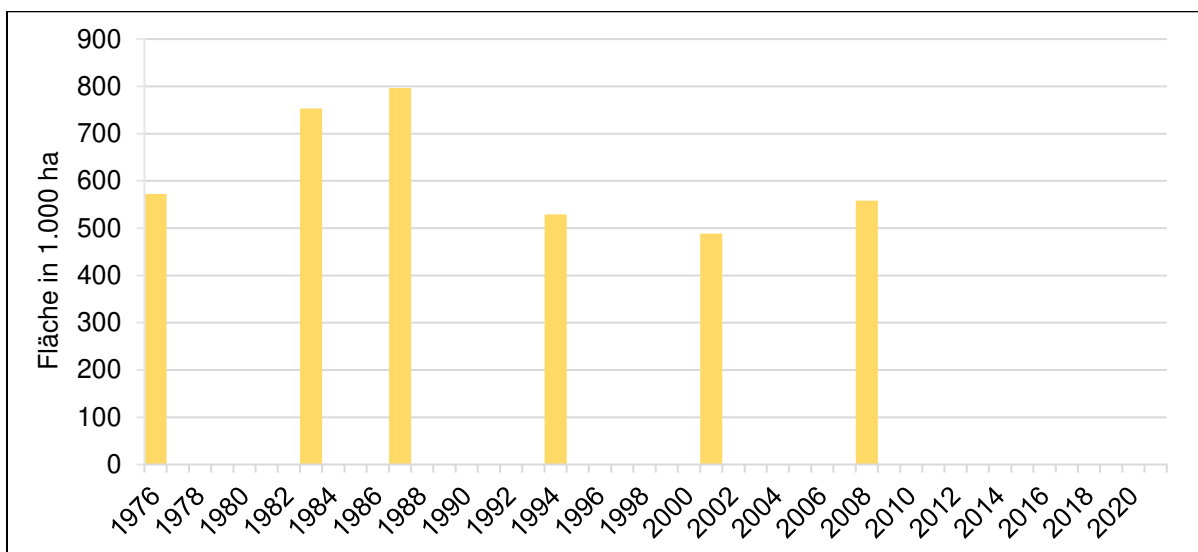


Abbildung 12: Erhebungen der bewässerten Fläche durch den Bundesfachverband Feldberegnung [39]

Für das Jahr 2015 gibt das Statistische Bundesamt eine Fläche von 451.800 ha als tatsächlich bewässert an (durch 15.710 Betriebe), die Möglichkeit zur Bewässerung bestand 2015 auf 676.400 ha. [40] Welche Kulturpflanzen bewässert werden, wird vom Statistischen Bundesamt nicht erhoben und kann an dieser Stelle für Deutschland nicht verallgemeinert werden. Die Bewässerungswürdigkeit einer Pflanze ist von vielen verschiedenen Standortbedingungen abhängig: Beispielsweise die Höhe und die Verteilung der Niederschläge, die Temperatur und Luftfeuchte während der Wachstums- oder Ernteperioden, oder die wasserspeichernden Eigenschaften der Böden. Hinzu kommen die Eigenschaften der Pflanzen mit verschiedenen Situationen umzugehen oder Faktoren wie die Entwicklungsdauer, der Zeitpunkt von Einsaat und Ernte oder die Tiefe der Durchwurzelung. Ebenso relevant sind wirtschaftliche Faktoren, denn Bewässerung erhöht die Betriebskosten und macht eine intensivere

Bewirtschaftung notwendig, erhöht aber auch die Qualität der Produkte. Die Bewässerungswürdigkeit einer Kulturpflanze ist daher stark standortabhängig und muss im Detail von Landwirt*innen oder Beratungsstellen ständig neu ermittelt oder berechnet werden. Innerhalb des Spektrums der Faktoren gibt es allerdings Veränderungen, die Entscheidungsprozesse in Zukunft beeinflussen können. Die Veränderung der Niederschlagsmuster durch den Klimawandel erhöhen beispielsweise den Bedarf an Wasser, ähnlich wie die erhöhte Kondensation von Wasser durch steigende Durchschnittstemperaturen. Hinzu kommt ein zunehmend globalisierter Markt, durch den Druck auf Landwirt*innen ausgeübt werden kann, eine bestimmte Produktqualität zu erreichen, die unter Umständen nur durch zusätzliche Bewässerung möglich ist. Es ist daher davon auszugehen, dass in Zukunft die Bewässerung in der Landwirtschaft nicht nur regional und für einzelne Betriebe an Relevanz gewinnt, sondern in der gesamten Landwirtschaft ein Trend hin zu einem modernen Bewässerungsmanagement zu registrieren sein wird. [39]

Der Status der Bewässerungslösungen in Deutschland wird in Kapitel 4 dargestellt, in diesem Kapitel 2.2 werden die bewässerten Kulturpflanzen diskutiert, auf der Basis der Landwirtschaftszählung 2010.

Die prägenden Kulturpflanzen der deutschen Landwirtschaft werden in der Regel nicht bewässert (Getreide, Raps). Die Ausnahme unter den etablierten Ackerpflanzen ist Mais. Diese, auf über 2 Mio. ha angebaute Kulturpflanze, gilt als bewässerungswürdigste unter den Feldfrüchten. Lediglich anspruchsvolle Sonderkulturen, wie beispielsweise Kartoffeln, bieten eine bessere Wirtschaftlichkeit bei der Bewässerung. Dazu zählt der Anbau von Obst und Gemüse sowie Blumen und Zierpflanzen. Auch Wein wird teilweise, besonders bei Jungpflanzen, bewässert. Der Anbau dieser anspruchsvollen Kulturen ist allerdings stark regional begrenzt. Beispiele für Regionen mit einem großen Anteil bewässerungswürdiger Sonderkulturen sind das hessische Ried, Mittelfranken oder die Vorderpfalz.

2.3 Demographie der landwirtschaftlichen Betriebe

262.800 Betriebe wurden im Jahr 2020 vom Statistischen Bundesamt dem Landwirtschaftssektor zugeordnet. Die Bruttoagrarerzeugnisse dieser Unternehmen hatte im Jahr 2016, zum Zeitpunkt der letzten Agrarerhebung, einen Standardoutput (Geldwert der Erzeugnisse) von 49 Mrd. €, was zu diesem Zeitpunkt einen durchschnittlichen Output von etwa 178.000 € pro Betrieb bedeutet hat. [23] Die Anzahl an landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland ist in Abbildung 13, aufgeteilt nach Betriebsgröße, dargestellt. Auf der Sekundärachse ist die genutzte Fläche (pro Betriebsgröße) dargestellt. Es wird deutlich, dass etwa 1500 Betriebe, daher 1 % der Landwirt*innen, 15 % der Fläche bewirtschaften. Dennoch liegt der Fokus der deutschen Landwirtschaft auf mittelgroßen Betrieben zwischen 20 ha und 500 ha. In diesen Größenklassen befinden sich 53 % aller Betriebe, die zusammen 68 % der landwirtschaftlichen Fläche bestellen. [22] Wie Abbildung 14 zeigt, ist Bayern das Bundesland mit der größten Anzahl an landwirtschaftlichen Betrieben, gefolgt von Baden-Württemberg, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. In den Bundesländern der ehemaligen DDR sind die Betriebe im Durchschnitt deutlich größer als in den übrigen Bundesländern, die Durchschnittswerte sind in Tabelle 5 aufgeführt (ohne die Stadtstaaten). [22]

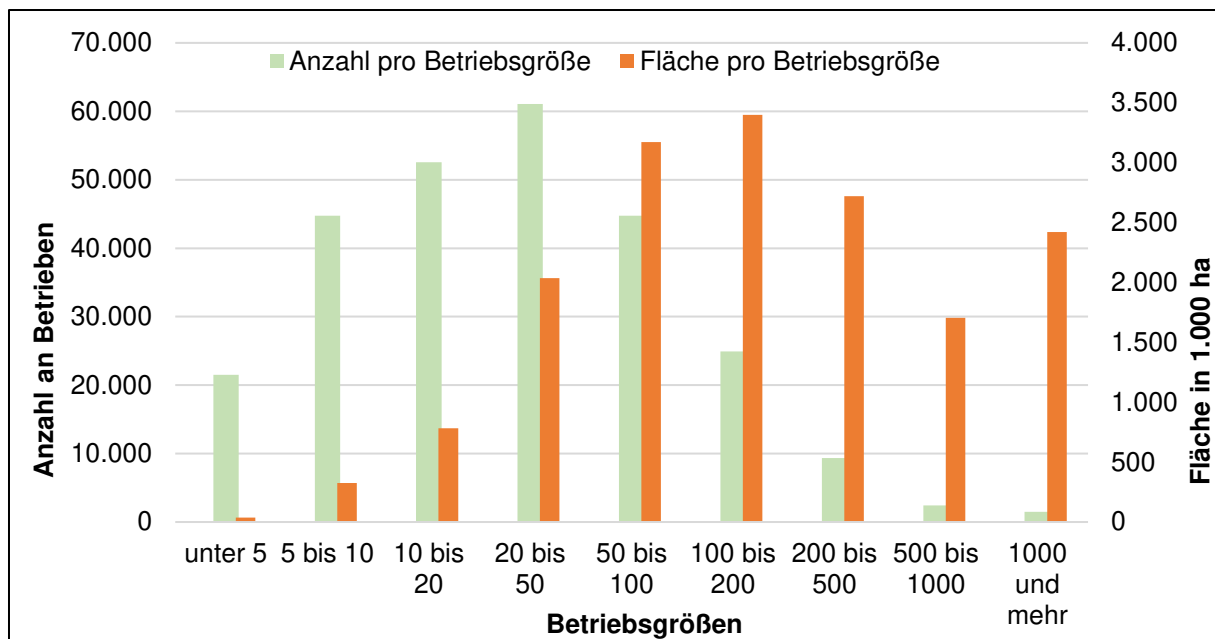


Abbildung 13: Anzahl und genutzte Fläche nach Betriebsgrößen 2020, Statistisches Bundesamt [22]

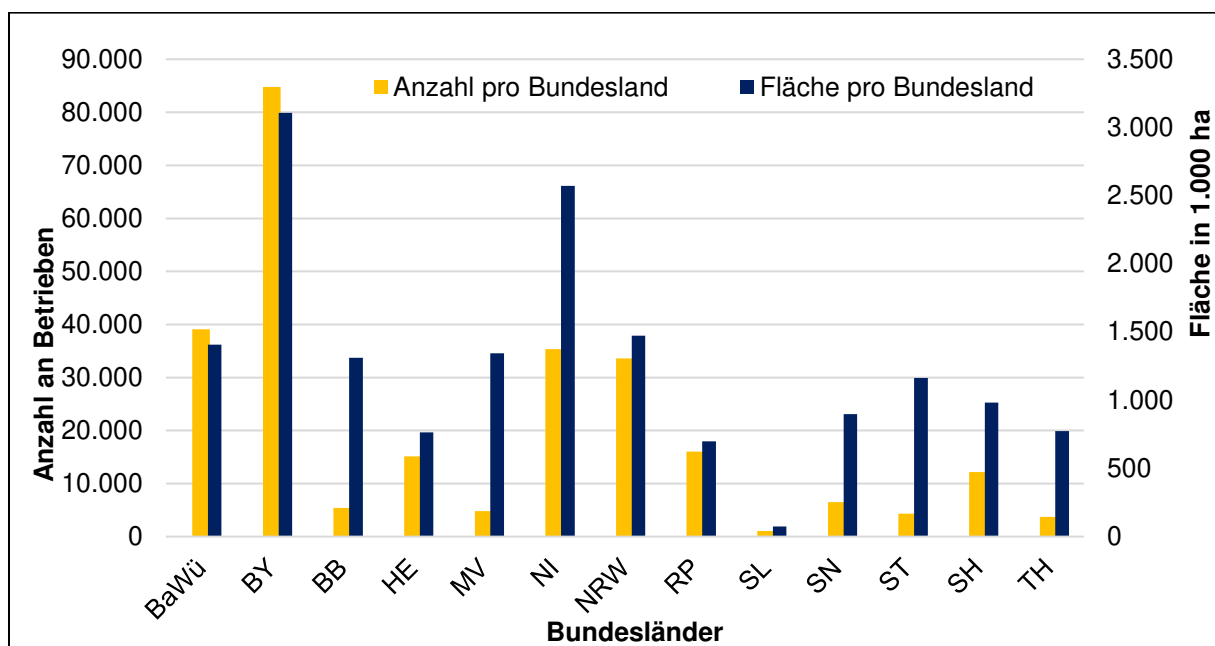


Abbildung 14: Verteilung der Betriebe nach Bundesländern 2020, Statistisches Bundesamt [22]

Tabelle 5: Durchschnittliche Betriebsgröße je Bundesland 2020 in ha pro Betrieb, Statistisches Bundesamt [22]

BaWü	BY	BB	HE	MV	NI	NRW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
36	37	242	51	281	73	44	44	68	138	268	81	209

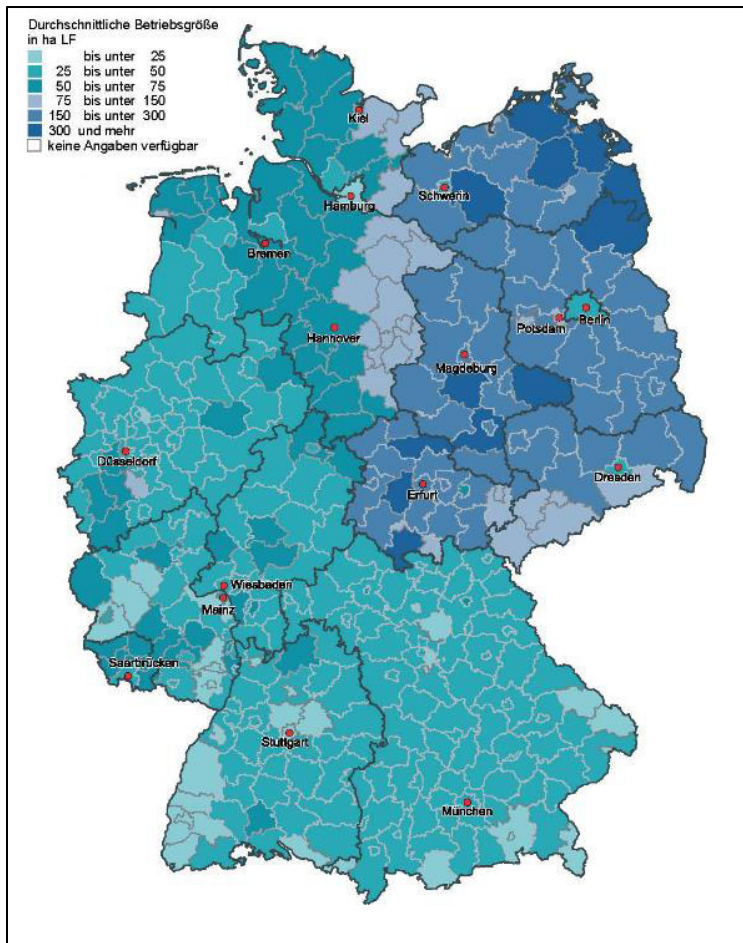


Abbildung 15: Durchschnittliche Größe landwirtschaftlicher Betriebe 2010, Abbildung entnommen aus Quelle des Statistischen Bundesamtes [41]

Von den insgesamt 262.800 landwirtschaftlichen Betrieben, die 2020 in Deutschland Landfläche verwaltet haben, wurde von 84 % Dauergrünland bewirtschaftet, 74 % Ackerland und 11 % Dauerkulturen (Viehhaltung betrieben 64 % der Landwirte). Der Anteil an ökologisch geführten Betrieben ist seit 2010 kontinuierlich gewachsen, lag 2020 allerdings bei nur 10 %. [23]

In den landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland waren im Jahr 2020 580.000 Menschen erwerbstätig, die Aufteilung der Erwerbstätigen ist in Abbildung 17 dargestellt, die Rechtsform der Betriebe in Abbildung 16. [23]

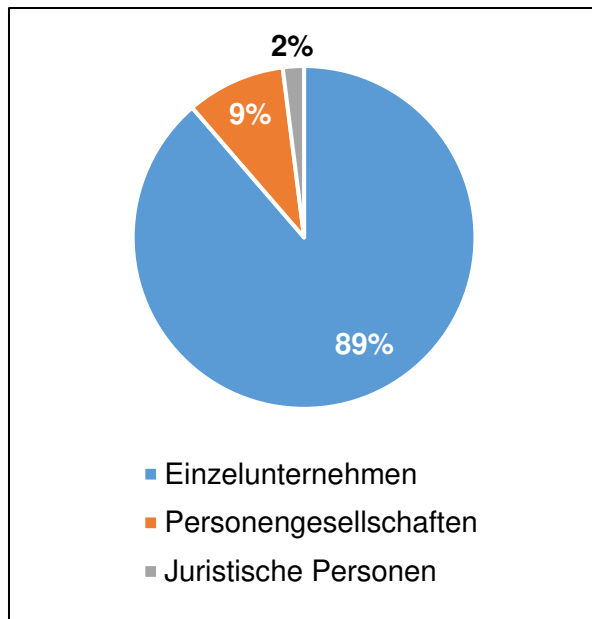


Abbildung 16: Rechtsform der landwirtschaftlichen Betriebe, Statistisches Bundesamt 2020 [23]

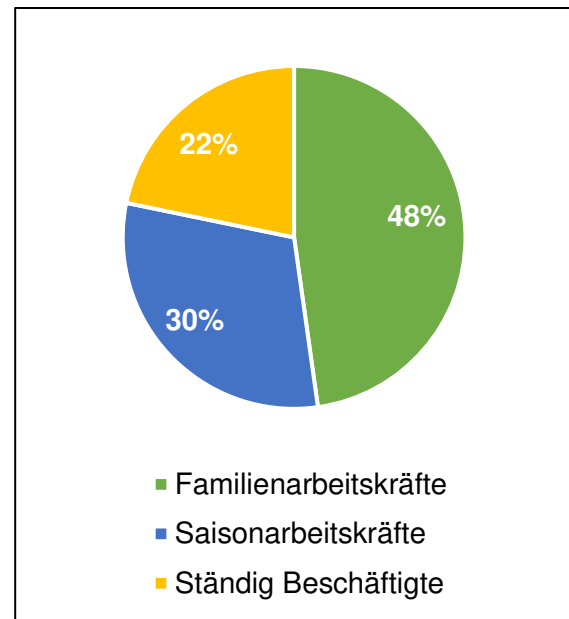


Abbildung 17: Aufteilung der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft, Statistisches Bundesamt 2020 [23]

3 Wasserressourcen für die Landwirtschaft

Deutschland ist ein wasserreiches Land. Wie in Kapitel 1 beschrieben, werden nur etwa 13 % der jährlich verfügbaren regenerativen Wasserressourcen entnommen und verwendet. Dieses entnommene Wasser stammt aus Oberflächenwasser und Grundwasser. Wasser aus Ozeanen und Salzwasser-Binnenseen kann nur durch hohen Energieaufwand für die Nutzung aufbereitet werden, weshalb diese Prozesse in Deutschland keine Rolle spielen.

Oberflächengewässer befinden sich in einem Kreislauf. Sie verlieren ununterbrochen Wasser durch Abfluss in die Meere, Verdunstung und Versickerung. Gleichzeitig verdunsten große Mengen Wasser über die Meeresoberfläche. Dieses Wasser fällt dann als Niederschlag über den Landmassen und versorgt die Oberflächengewässer. Aus diesen wird das erneuerbare Grundwasser gespeist, das sich im Gegensatz zu dem fossilen Grundwasser nach der Entnahme regenerieren kann. Der zweite Ursprung für Grundwasser ist der direkt versickernde Niederschlag über Land, der unterirdisch abläuft, ohne sich in oberirdischen Gewässern zu sammeln.

Bei der Analyse der Wassergewinnung in Deutschland unterscheidet das statistische Bundesamt zwischen öffentlicher und nicht-öffentlicher Wassergewinnung. Analog zu Abbildung 5 ist die nicht-öffentliche Wassergewinnung verantwortlich für die Entnahme zum Zweck der Energieversorgung, dem Bergbau und verarbeitendes Gewerbe, sowie der landwirtschaftlichen Bewässerung. Die Wasserversorgung der Haushalte, Kleingewerbe und weitere an das Versorgungsnetz angeschlossene Gewerbe wird durch die öffentliche Wassergewinnung gewährleistet. Abbildung 18 gibt an, welchen Ursprung die öffentliche und nichtöffentliche Wassergewinnung in Deutschland 2016 hatte. [26][27]

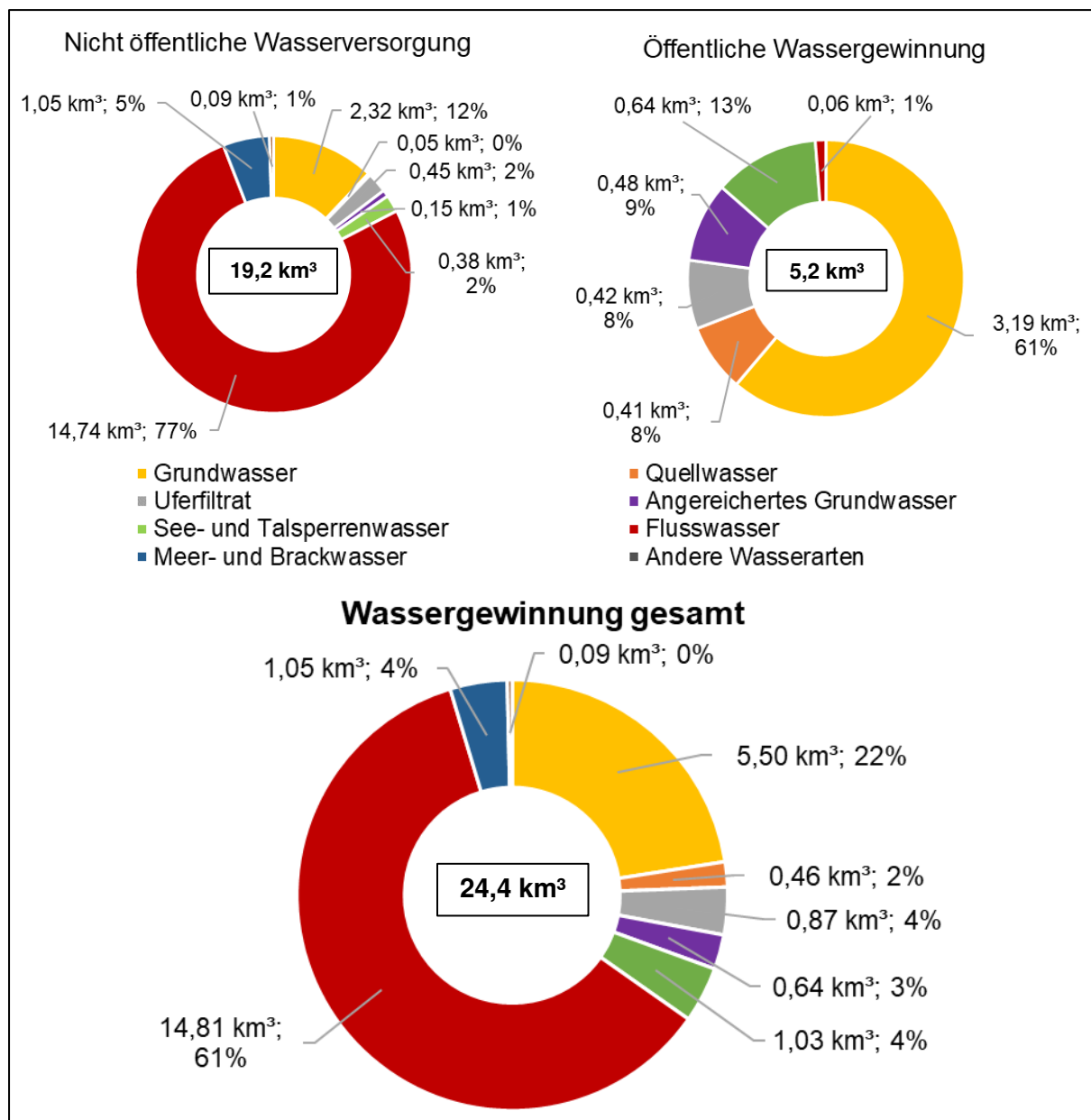


Abbildung 18: Wassergewinnung in Deutschland; Statistisches Bundesamt (2016) [26][27]

Im Jahr 2016 wurden 24,4 km³ Frischwasser in Deutschland gewonnen. Die Differenz zu den 24 km³ verwendetes Frischwasser in Abbildung 5 entsteht durch Wasserabgaben an angrenzende Länder. Zu den in diesem Bericht als Grundwasser bezeichneten Wasserressourcen werden vom Statistischen Bundesamt auch das Quellwasser, Uferfiltrat und angereichertes Grundwasser gezählt. Oberflächengewässer bezeichnet die Positionen See- und Talsperren, Flusswasser sowie Meer- und Brackwasser, wobei das Meer- und Brackwasser für die Bewässerungslandwirtschaft keine Rolle spielt. „Andere Wasserarten“ bestehen hauptsächlich aus aufgefangenen Niederschlägen. Kapitel 3 widmet sich den verschiedenen Formen der Wassergewinnung sowie deren Zukunft und deren Bedeutung für die Landwirtschaft. Da in Deutschland aktuell aber lediglich 2 % der landwirtschaftlichen Fläche aktiv bewässert werden, muss zunächst die am weitesten verbreitete Art der Wasserversorgung von Nutzpflanzen beleuchtet werden: Niederschlag.

3.1 Regenwasser

Bei der Suche nach Leben im All suchen die Weltraumbehörden an erster Stelle nach dem Vorkommen von Wasser. Denn alles Leben benötigt Wasser zum Überleben, Wachsen und Entwickeln, dazu zählen Menschen genauso wie Pflanzen. Da aber in Deutschland nur 2,7 % der landwirtschaftlichen Fläche bewässert werden, muss die Wasserversorgung von etwa 1.221.500 ha auf natürliche Art geschehen; über den Niederschlag. Abbildung 19 stellt die Niederschlagssumme der vergangenen 40 Jahre in Deutschland dar, wobei der jährliche Mittelwert bei etwa 800 mm liegt.⁵ Diese 800 mm liegen leicht oberhalb des globalen Mittels an Niederschlag über Landflächen von etwa 787 mm.

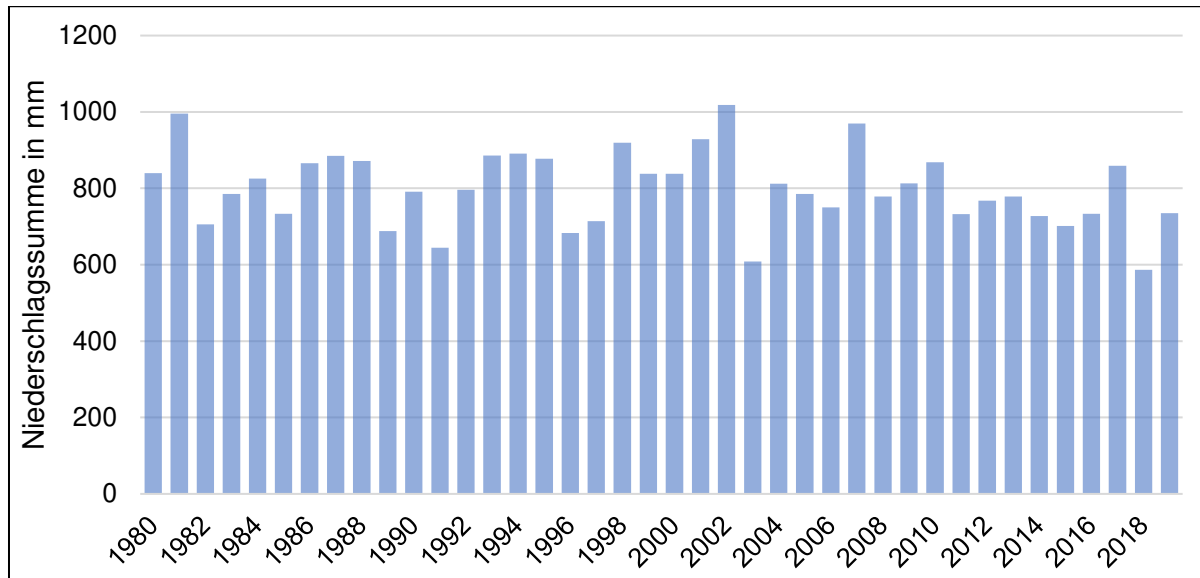


Abbildung 19: Niederschlagssumme in Deutschland bis 2019, DWD [35]

Auch wenn die Niederschlagssumme seit 1880 relativ konstant geblieben ist, kann in Abbildung 20 abgelesen werden, dass es in den vergangenen 20 Jahren zu einer Vielzahl negativer Anomalien gekommen ist.⁶ Vor allem seit 2010 scheint sich der Trend zu bestätigen, denn in diesem Zeitraum kam es zu acht teilweise gravierend reduzierten Niederschlagssummen.

Im Jahresmittel verliert die natürliche Versorgung der Landwirtschaft demnach an Zuverlässigkeit. Entscheidend für die Landwirtschaft ist aber nicht nur die Menge an Niederschlag, ebenso maßgebend sind die jahreszeitliche Verteilung sowie die Wasserbilanz. Die Wasserbilanz gibt das regionale Verhältnis zwischen Niederschlag und Verdunstung an, wobei verdunstetes Wasser Pflanzen nicht zur Verfügung steht. In Abbildung 21 ist die Wasserbilanz der letzten vier Jahreszeiten dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass in vielen Regionen zwischen März und August eine negative Wasserbilanz beobachtet werden kann. Parallel dazu meldet der DWD stark ansteigende Durchschnittstemperaturen. In den vergangenen 40 Jahren wurden 32 positive Anomalien bei der Erfassung der Durchschnittstemperatur gemessen (Abbildung 22).⁷ Es ist davon auszugehen, dass die Durchschnittstemperatur – bedingt durch die anthropogene Klimaänderung – in Deutschland weiter ansteigen wird. Über landwirtschaftlichen Flächen ist die Temperatur der dominierende Einfluss Faktor für die Verdunstung, demnach wird sich die Wasserbilanz weiter verschieben. Für den Agrarsektor ergibt sich ein wachsendes Risiko, wenn ausschließlich die natürliche Form der Bewässerung verwendet wird. Über ein ganzes

⁵ Entspricht der Einheit l/m²

⁶ Verglichen mit dem Referenzzeitraum 1961-1990

⁷ Verglichen mit dem Referenzzeitraum 1961-1990

Jahr dargestellt kann dieser Wandel als gering erscheinen, in den Sommermonaten, die bereits jetzt stark negative Wasserbilanzen aufweisen, können sich solche Änderungen aber gravierend auswirken.

Ein weiterer für die Landwirtschaft relevanter Trend ist die Veränderung der Niederschlagsmuster. Dabei werden vier Aspekte hervorgehoben. [35]

- Geringere Niederschläge zu Beginn der Vegetationsperiode im Frühjahr
- Abnahme der Niederschläge im Sommer
- Zunahme der Niederschläge im Winter
- Zunahme von Starkregen

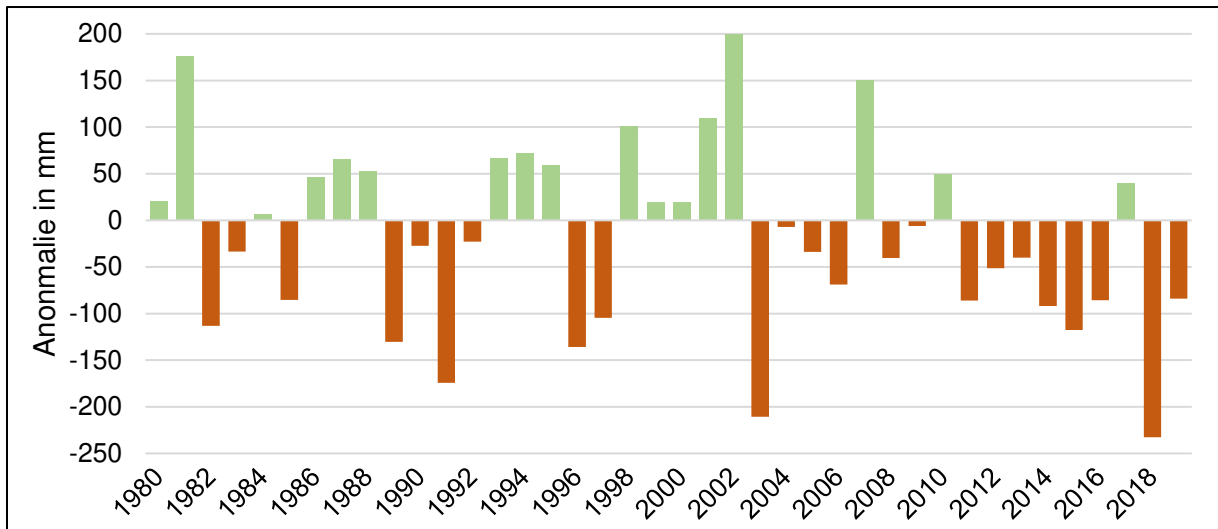


Abbildung 20: Niederschlagsanomalien in Deutschland bis 2019, DWD [35]

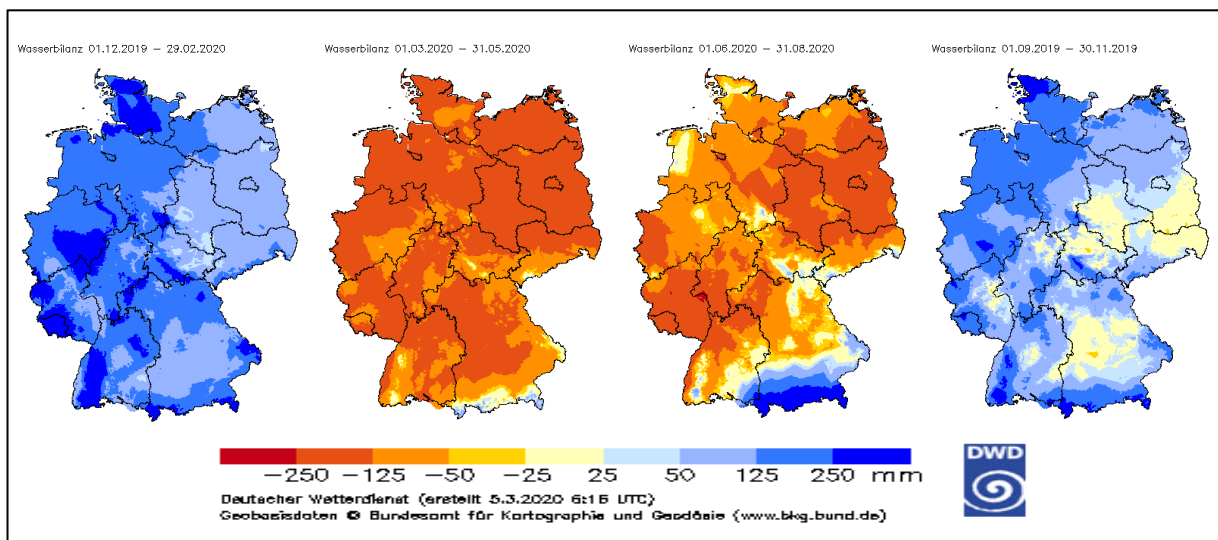


Abbildung 21: Wasserbilanz der Jahreszeiten Deutschland 2020, Grafik des DWD [35]

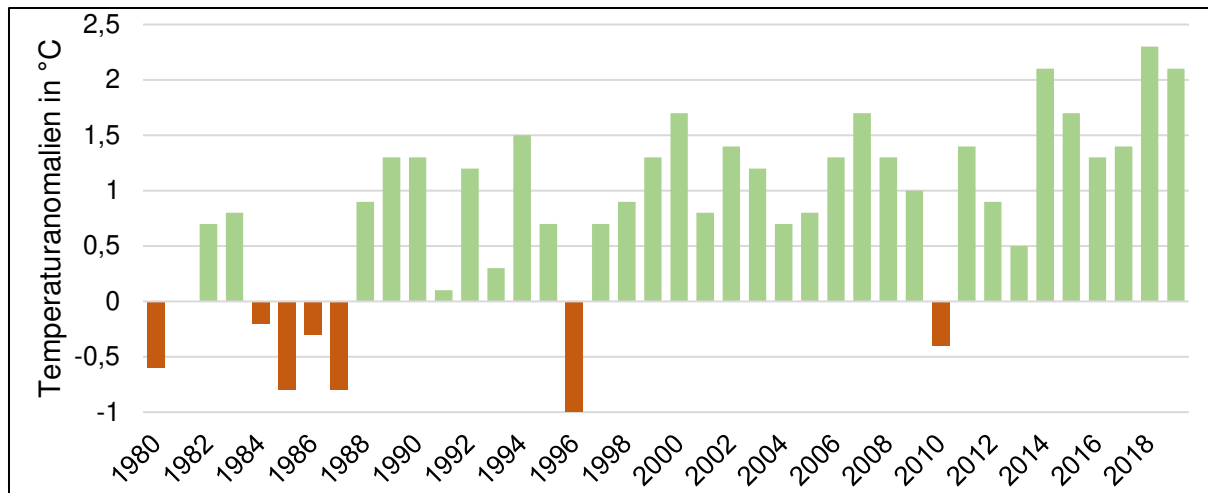


Abbildung 22: Temperaturanomalien in Deutschland bis 2019, DWD [35]

Allgemein enthält Regenwasser kaum Schadstoffe, daher ist bei dieser natürlichen Form der Bewässerung keine Belastung der Kulturpflanzen zu diskutieren. Die Akademie für Permakulturen rät beispielsweise dazu, Regenwasser zusätzlich aufzufangen und dieses bevorzugt für die Bewässerung zu verwenden, auch wenn darauf zu achten ist, dass durch die auffangende Oberfläche keine Verschmutzung entsteht. [36]

3.2 Oberflächenwasser

16,9 km³ des Süßwassers in Deutschland wird aus Oberflächengewässern entnommen, was etwa 69 % entspricht. Der Großteil von diesem Volumen stammt aus Flusswasser, das hauptsächlich durch die nicht öffentliche Wasserversorgung entnommen wird und von der auch die landwirtschaftliche Nutzung abgedeckt wird. Auf diese Wasserressourcen wirkt eine Vielzahl anthropogener Einflüsse.

Öffentliche Abwasserbehandlung

Kommunales und industrielles Abwasser spült verschiedene Schadstoffe in die Gewässer, wobei vor allem Stoffe mit öko- oder humantoxikologischen Effekten hervorzuheben sind. Das betrifft schwer abbaubare und sich entlang der Nahrungsketten anreichernde PBT⁸- und vPvB⁹-Stoffe (Definition in Tabelle 6) sowie endokrine Substanzen und somit hormonell wirksame Stoffe, die auch von modernsten Kläranlagen häufig nicht vollständig aus dem Abwasser entfernt werden können. Dazu kommen Reststoffe aus Wasch- und Reinigungsmitteln, Medikamenten, Bioziden und Pflanzenschutzmitteln sowie Mikroplastik, die in den jährlich etwa 9,6 km³ Abwasser enthalten sind. [31]

⁸ (P) Persistenz (B) Bioakkumulation (T) Toxizität

⁹ sehr persistent (vP) und sehr bioakkumulierend (vB)

Tabelle 6: Definition PBT- und vPvB-Stoffe nach REACH Verordnung [29]

	(P) Persistenz	(B) Bioakkumulation	(T) Toxizität
PBT	Halbwertszeit: • in Meerwasser > 60 Tage • in Süßwasser oder Flussmündungen > 40 Tage • in Meeressediment > 180 Tage • in Süßwassersediment oder Flussmündungssediment > 120 Tage • im Boden > 120 Tage	Biokonzentration ¹⁰ BCF > 2000	• NOEC¹¹ in Wasserorganismen < 0,01 mg/l • Einstufung als karzinogen, keimzellmutagen oder reproduktionstoxisch • andere Belege für chronische Toxizität
vPvB	Halbwertszeit: • in Wasser > 60 Tage • in Sediment > 180 Tage • im Boden > 180 Tage	BCF > 5000	

Landwirtschaft

Die Landwirtschaft belastet die Oberflächengewässer in Deutschland hauptsächlich durch das Ausspülen von Stickstoff- und Phosphatverbindungen. Diese Nährstoffeinträge werden für die Eutrophierung von Gewässern und die Anreicherung von Nitrat im Grundwasser verantwortlich gemacht. Während die industriellen und kommunalen Kläranlagen kontinuierlich weiterentwickelt werden, ist die Nitratbelastung durch die Landwirtschaft konstant geblieben – seit 2009 liegt sie bei etwa 90 kg/ha im Jahr [31]. Im Jahr 2014 waren 75 % des Stickstoffeintrages in Oberflächengewässer auf diese Quelle zurückzuführen. Die Bundesregierung hat das Ziel, bis zum Jahr 2030 die Stickstoffbelastung auf 70 kg/ha im Jahr zu begrenzen. Die Kommission Landwirtschaft des Umweltbundesamts prognostiziert hingegen, dass die gesetzten Ziele nicht ausreichen, um die Gewässerschutzziele zu erreichen. Die Kommission fordert einen 2030-Zielwert von 50 kg/ha, um den Grundwasserschwellenwert von 50 mg/l Nitrat langfristig einzuhalten. [31]

Die Phosphatbelastung der Gewässer stammt ebenso aus diffusen¹² landwirtschaftlichen Quellen. Dabei stehen nicht mehr mineralische Dünger im Vordergrund – wie noch im 20. Jahrhundert – sondern die Ausbringung von Gülle und Mist in Regionen mit einer hohen Zahl an Nutztieren. In diesen Gebieten kommt eine zusätzliche Belastung der Gewässer durch Wirkstoffe von eingesetzten Tierarzneimitteln hinzu, die über die Ausscheidungen der Tiere ungeklärt in die Gewässer und das Grundwasser gelangen. Von der gesamten Phosphatbelastung in Oberflächengewässern sind 50 % direkt auf diffuse landwirtschaftliche Quellen zurückzuführen. In küstennahen Gewässern sind es sogar 64 % Phosphat (86 % des Nitrates). Neben dem Einbringen dieser Nährstoffe schädigen Pflanzenschutzmittel und Schwermetalle aus der Landwirtschaft die Ressource Wasser zusätzlich. Betroffen davon sind hauptsächlich Mikro- und Großalgen, Blütenpflanzen und wirbellose Bodentiere, dementsprechend aber auch alle Organismen, die mit den direkt beeinflussten Teilen des Ökosystems in Wechselwirkung treten. Verstärkt werden die negativen Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Gewässer durch morphologische Veränderungen an Gewässern jeder Größe. Als Beispiel für solche Veränderungen sind die Begradigung und Verengung oder der Einsatz von Drainagen zu nennen.

Energieversorgung

¹⁰ Verhältnis von Konzentration im Organismus gegenüber Konzentration im Wasser [34]

¹¹ NOEC (**N**o **O**bserved **E**ffect on **C**oncentration) ist ein Kennwert aus der Toxizitätsbestimmung und beschreibt die höchste Dosis eines Stoffes, bei der keine statistisch signifikante behandlungsbedürftige Wirkung beobachtet werden kann. [30]

¹² Vergleich zu Punktquellen (z.B. Kläranlagen)

Jedes Jahr entnimmt die Energieversorgung große Mengen Flusswasser. In Deutschland wurden 2016 allein 13,1 km³ Frischwasser zum Zweck der Kühlung gewonnen, der Großteil (etwa 75 %) davon von energieerzeugenden Unternehmen. Im Mittel wird 96 % des Kühlwassers zurück in Oberflächengewässer geleitet, 4 % verdunstet. Die Verschmutzung dieses Wassers liegt demnach durch erhöhte Temperaturen vor, wodurch die Gewässerqualität stark vermindert werden kann. Die meisten Organismen der Ökosysteme See und Fluss werden schon durch leicht erhöhte Temperaturen stark negativ beeinflusst. Zusätzlich sinkt bei steigender Temperatur die Fähigkeit des Wassers Sauerstoff zu speichern. Das Resultat ist eine weitere Verminderung der Biodiversität und damit der Wasserqualität. Die weitere Nutzung des Gewässers ist damit erschwert, da die Maßnahmen zur Aufbereitung erhöht werden müssen.

Industrielle Abwasser

Mit der Datenbank www.Thru.de kann recherchiert werden, welche Emissionen von Industrieanlagen in Deutschland ausgehen. Dazu zählt auch die große Palette an Schadstoffen, die vom sekundären Wirtschaftssektor¹³ in die Gewässer geleitet wird.

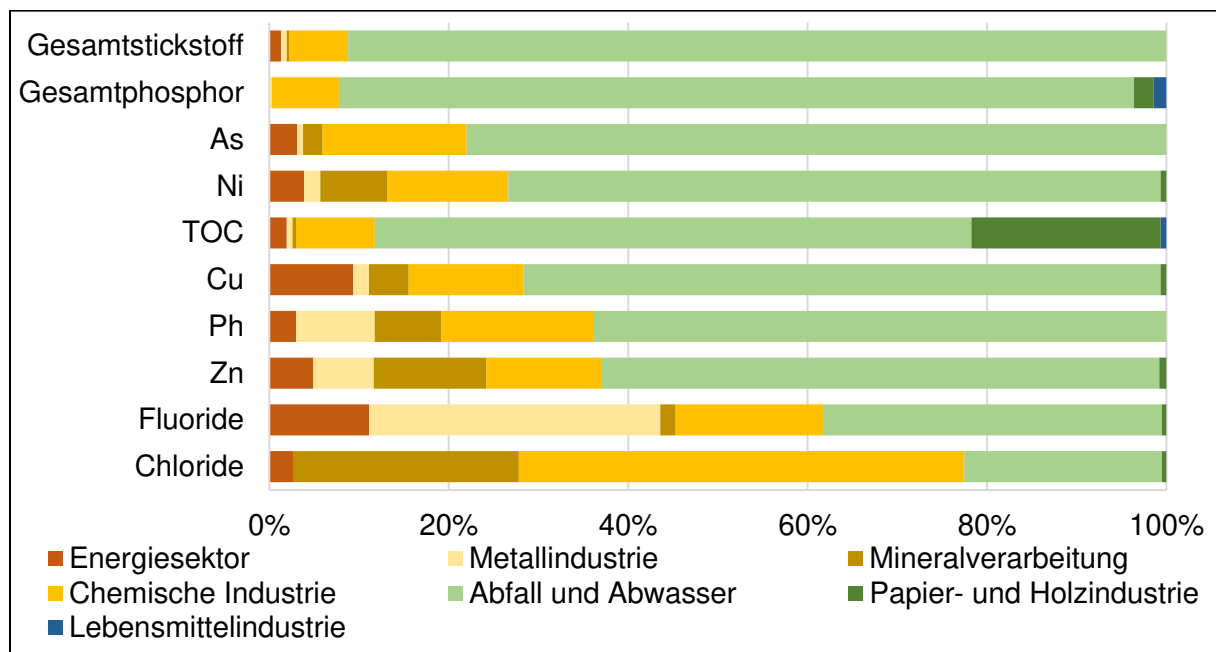


Abbildung 23: Anteile der Branchen an den 10 relevantesten Wasser-Schadstoffen [32]

Die Abbildung 23 stellt die zehn am stärksten emittierten Wasserschadstoffe dar und welche Branchen hauptverantwortlich sind, inklusive der Energiewirtschaft und dem kommunalen sowie industriellen Abwasser. In der Abwesenheit der Landwirtschaft zeigt sich die Abwasser- und Abfallwirtschaft für fast alle Schadstoffe als Haupteemittent. Bei der Betrachtung industrieller Schadstoffe in Gewässern müssen auch Unfälle bei dem Umgang mit wassergefährdenden Stoffen genannt werden. Allein im Jahr 2015 wurden in Deutschland 786 solcher Unfälle gemeldet, wodurch etwa 14,9 Millionen m³ wassergefährdender Stoffe freigesetzt wurden. Das Umweltbundesamt ordnet 60 % dieser Unfälle menschlichem Versagen zu. [28][31]

Überwachung der Oberflächengewässer

Die Bewertung der Oberflächengewässer erfolgt durch die Analyse von zwei Indikatoren: dem „chemischen Zustand“ und dem „ökologischen Zustand“. Die Überwachung dieser Indikatoren erfolgt an vielen verschiedenen Messstellen, organisiert durch die Bundesländer. Die einzelnen Messstellen

¹³ Industrie und Gewerbe als sekundärer Wirtschaftssektor in der Drei-Sektoren-Hypothese der Volkswirtschaftslehre

teilen sich je nach untersuchten Parametern in überblicksweises Überwachungsstellen, operative Überwachungsstellen und die Überwachung zu Ermittlungszwecken auf, festgelegt durch die europäische Wasserrahmenrichtlinie aus dem Jahr 2000, die im folgenden Kapitel 4 noch eingehender diskutiert wird. Der ökologische Zustand wird anhand der Biodiversität im Gewässer bestimmt, wobei die Fischfauna, Wirbellose Makrophyten, Phytobenthos und Phytoplankton untersucht werden. Die Bewertung erfolgt durch eine Einordnung in Güteklassen (Klasse 1: Sehr gut; Klasse 2: Gut; Klasse 3: Mäßig; Klasse 4: Unbefriedigend; Klasse 5: Schlecht) wobei Klasse 1 den nahezu unbeeinflussten Referenzzustand beschreibt und ab der Güteklasse 3 ein Handlungsbedarf abgeleitet wird. Der ökologische Zustand deutscher Oberflächengewässer ist in Abbildung 24 dargestellt. [28][31]

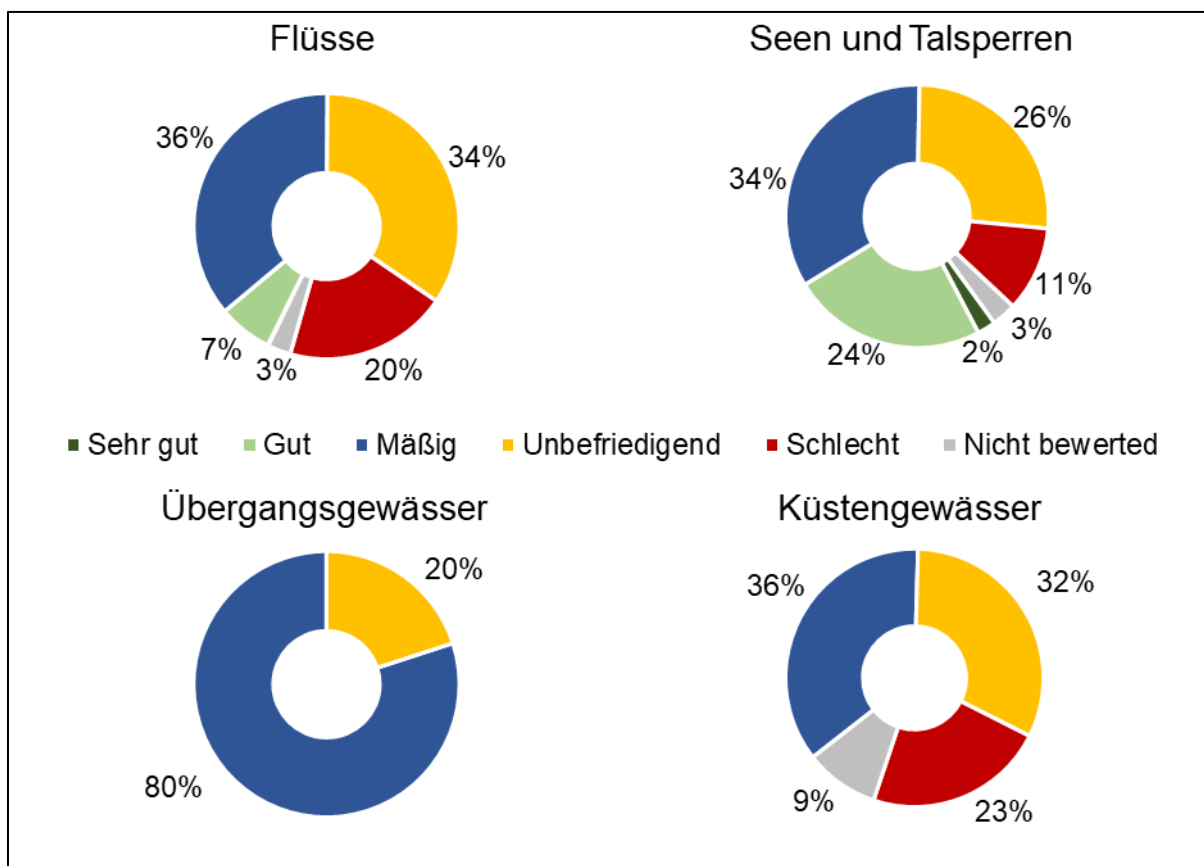


Abbildung 24: Qualität der Oberflächengewässer in Deutschland 2016 [31]

Um den chemischen Zustand von Oberflächengewässern zu analysieren werden 45 unterschiedliche Parameter in Wasserproben untersucht. Um welche Parameter bzw. Stoffe es sich handelt und welchen Grenzwerten diese unterliegen, ist in der EG-Richtlinie 2008/105 festgelegt. Ausgerichtet ist diese Richtlinie auf die Gewährleistung der Unbedenklichkeit für Lebewesen in den untersuchten Ökosystemen, aber auch entlang der Nahrungsketten bis hin zum Menschen. In einem Sechs-Jahre-Zyklus wird die Liste der Parameter überarbeitet. Bis 2015 konnten in Deutschland die Grenzwerte von lediglich 12 Parametern überall eingehalten werden, insgesamt werden aber in sämtlichen Gewässern in Deutschland jeweils unterschiedliche Grenzwerte überschritten. Daher gilt der chemische Zustand aller Gewässer in Deutschland als „nicht gut“. Die häufigsten Überschreitungen erfolgen durch Quecksilber, Bromierte Diphenylether (BDE), polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Tributylzinn (TBT). Das UBA nennt hauptsächlich Altlasten und persistente Verschmutzungen als Hauptgrund und schlägt demnach vor, für eine differenziertere Darstellung diese Parameter nicht abzubilden. Ohne sie kann der chemische Zustand von Gewässern zu 83 % als „gut“ bezeichnet werden, lediglich 6 % fallen durch, die übrigen

Gewässer wurden nicht bewertet. Welche Gewässer betroffen sind, kann in Abbildung 25 abgelesen werden, wobei rot markierte Gewässer als „nicht gut“ bewertet wurden. [28][31]

Bedeutung für die Landwirtschaft

Für die Landwirtschaft hat dies zur Folge, dass Oberflächengewässer und insbesondere Fließgewässer oft nicht den Qualitätsanforderungen der DIN 19650 (1999) „Bewässerung – Hygienische Belange von Bewässerungswasser“ entsprechen und demnach nur einen geringen Anteil des für die Bewässerung entnommenen Wassers darstellen [33]. Lediglich die Bundesländer Thüringen, Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern meldeten zum Stand 2010 einen hohen Anteil an Wasser aus Fließgewässern an der landwirtschaftlichen Bewässerung.

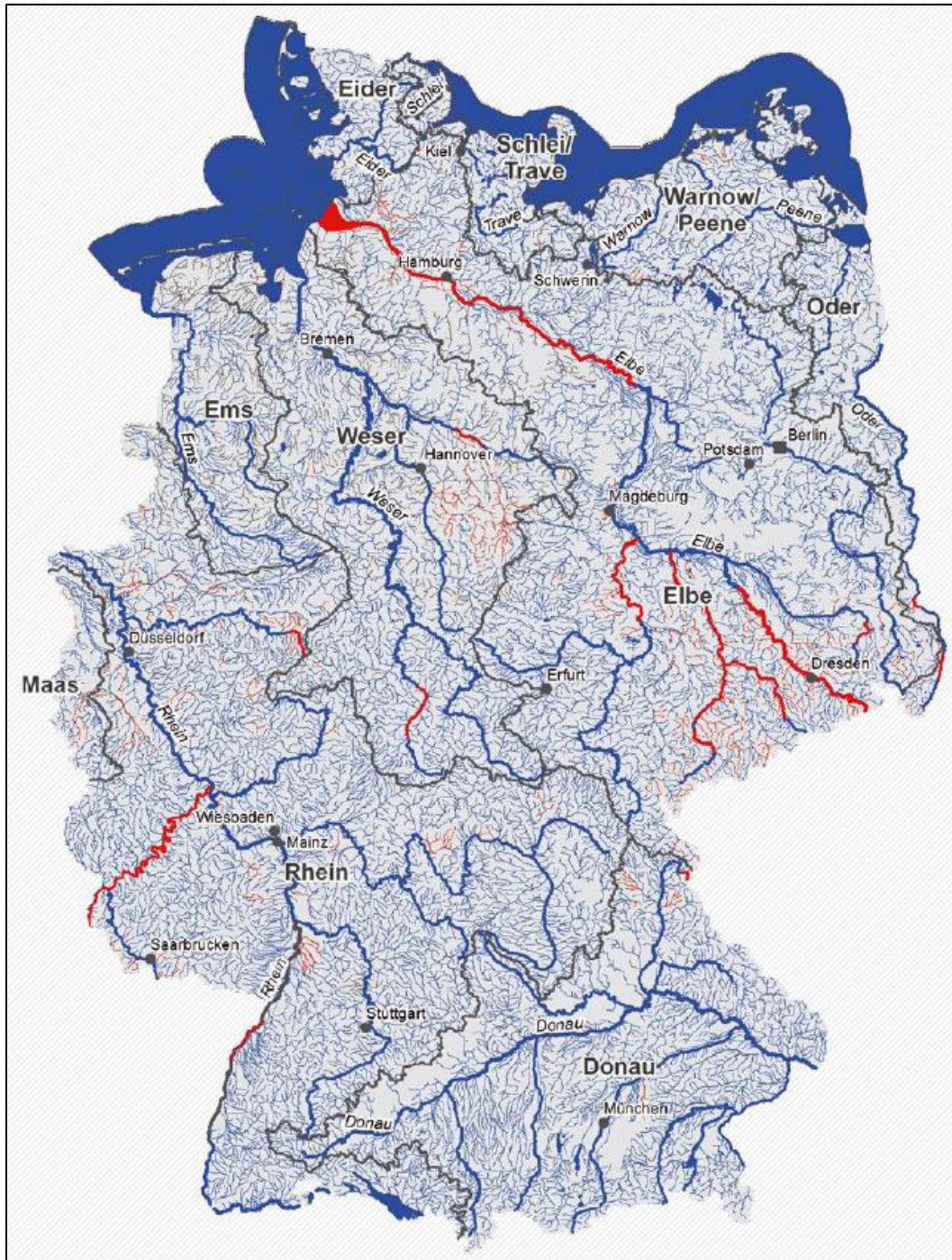


Abbildung 25: Chemischer Zustand deutscher Oberflächengewässer, Bewertung ohne Quecksilber, BDE, PAK, TBT, Darstellung des UBA, Stand 2016 [28]

3.3 Grundwasser

61 % der öffentlichen Wasserversorgung wird durch Grundwasser gedeckt, damit ist Grundwasser die größte Quelle zur Deckung des Wasserbedarfs der Bevölkerung. Bei der nicht-öffentlichen Wasserentnahme, zu der auch der Wasserbedarf der Beregnungsverbände zählt, ist die Förderung von Grundwasser mit nur 12 % (2,32 km³) beteiligt. Etwa 10 % dieser Menge wurde für den Sektor Land- und Forstwirtschaft (inklusive Fischerei) und den zugehörigen Beregnungsverbänden entnommen. Damit spielt die landwirtschaftlich bedingte Entnahme von Grundwasser keine prägende Rolle in der Wasserbilanz. Jedoch ist im Gegensatz dazu Grundwasser – und dessen Verfügbarkeit – bestimmend für die Bewässerungslandwirtschaft. Die 0,23 km³ Grundwasser, die für den Sektor entnommen werden, decken seinen Bedarf fast vollständig (ca. 0,3 km³). [14][26][27]

Die jährlich insgesamt entnommenen 5,5 km³ Grundwasser entsprechen etwa 11 % des jährlich neu gebildeten Grundwassers von 48,2 km³. Damit ist die Grundwasserbilanz insgesamt in Deutschland nicht kritisch, wobei es in einzelnen Regionen trotzdem zu bedenklichen Bilanzen kommen kann. Die Verteilung der Grundwasservorkommen kann der Karte in Abbildung 26 entnommen werden, die von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe erstellt wurde und welche auf ihrer Webseite abrufbar ist. [43] Die Entnahme von Grundwasser ist aber nicht ausschließlich von den Grundwasser-Reservoirs abhängig, sondern von der Erneuerbarkeit der Wasserressource und damit von der Fähigkeit der Grundwasserneubildung. Diese ist in Abbildung 27 zu erkennen, eine ebenfalls von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe erstellte Karte. Dort ist zu erkennen, dass sich im Nordosten Deutschlands die Grundwasserleiter nur langsam regenerieren, und daher trotz großer Wasserressourcen nur gering belastet werden können, bevor es zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels kommt. Aus diesem Grund ist die Bewässerung in der Landwirtschaft in diesen Regionen nicht flächendeckend möglich.

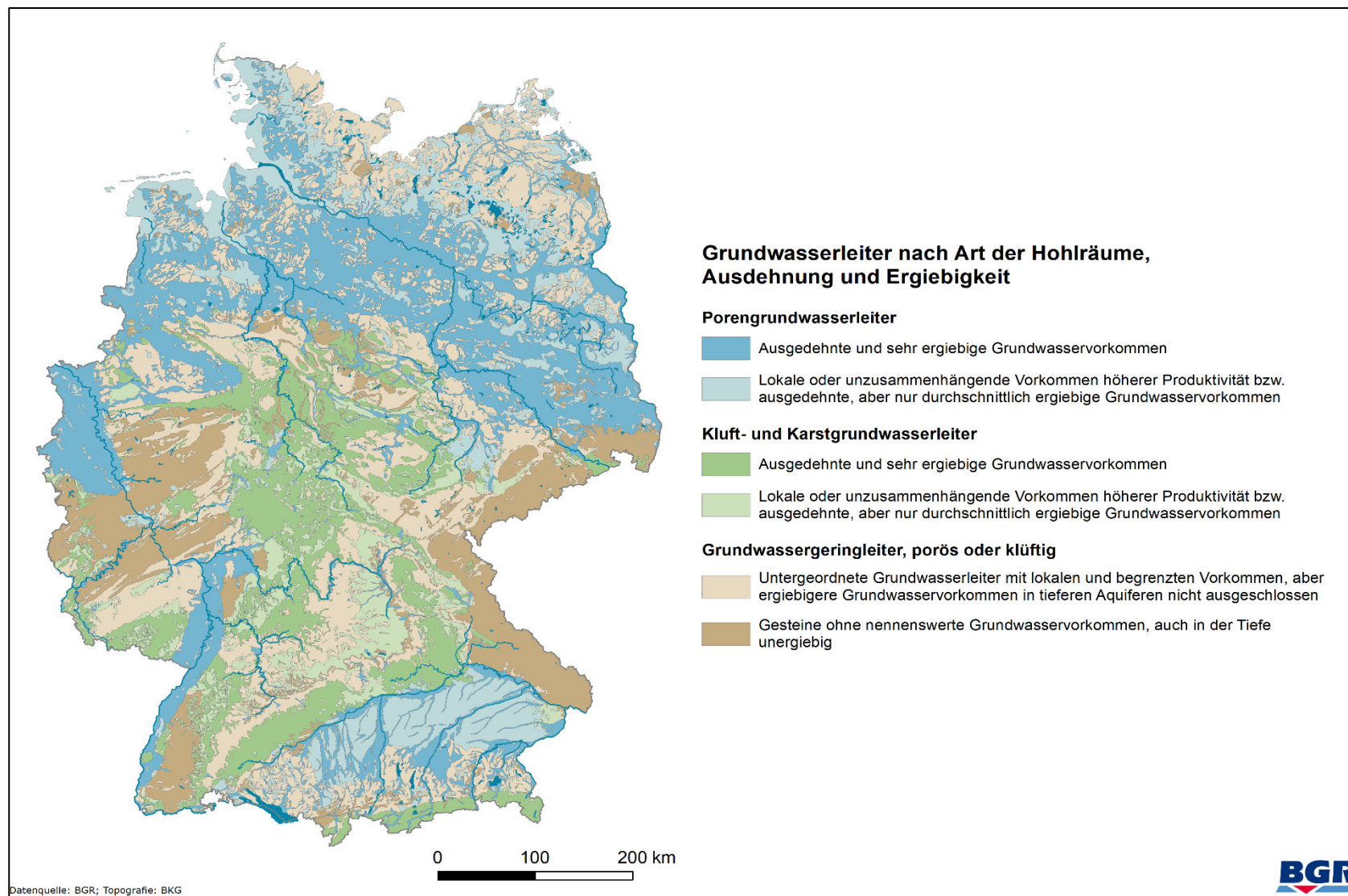


Abbildung 26: Grundwasserleiter nach Art der Hohlräume, Ausdehnung und Ergiebigkeit; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [42]

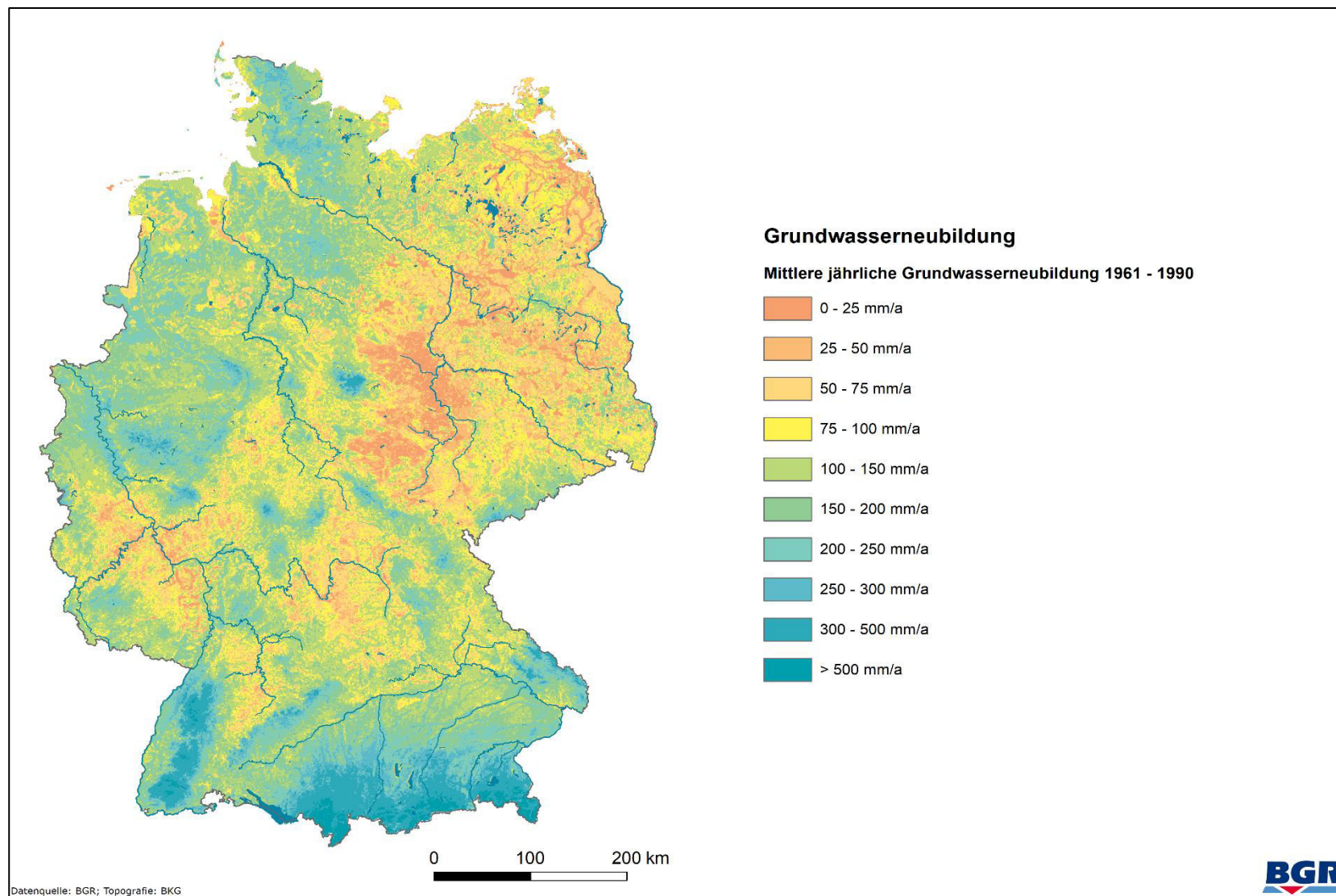


Abbildung 27: Mittlere jährliche Grundwasserneubildung von Deutschland, Ausdehnung und Ergiebigkeit; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [44]

In der Region Hessisches Ried wird, um dem Absinken des Grundwassers entgegenzuwirken, ein umfangreiches Grundwassermanagement betrieben, welches auch dem Trockenjahr 2018 standgehalten hat. Dort wird von der Aufbereitungsanlage in Biebesheim gereinigtes Wasser des Rheins in das Grundwasser infiltriert. Anlagen zu diesem Zweck sind fast auf der gesamten Fläche zwischen Darmstadt und Mannheim installiert. Dies stellt ein zukunftsweisendes Projekt dar, mit dem das Absinken der Grundwasserspiegel verhindert wird und die Bewässerung der Landwirtschaft in der Region langfristig gesichert werden kann. [45]

Die Grundwasserqualität wird von einem dichten Netz an Teststationen kontrolliert, wobei neben der mengenmäßigen Zustandskontrolle auch der chemische Zustand bestimmt wird. Im Gegensatz zu Oberflächengewässern wird der biologische Zustand nicht erfasst. Für den chemischen Zustand werden Pestizide, Nitrat und verschiedene andere relevante Schadstoffe erfasst und anhand europäischer Richt- und Grenzwerte bewertet. Dabei wurde 2016 für 34,6 % des Grundwassers ein schlechter chemischer Zustand erfasst. Als Hauptursache nennt das Umweltbundesamt diffuse Einträge aus der Landwirtschaft. [46]

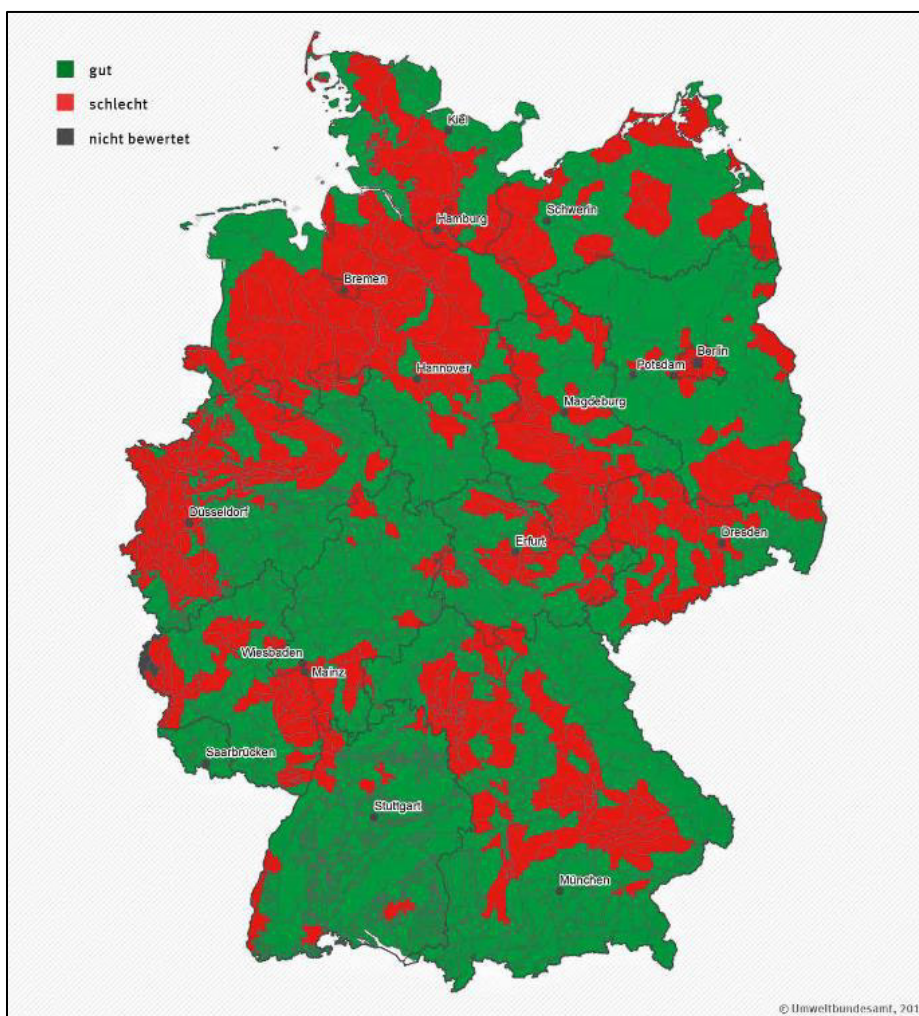


Abbildung 28: Chemischer Zustand im Grundwasser 2016, Darstellung des UBA; Stand 2016 [28] [46]

3.4 Wasseraufbereitung

Die Kreislaufführung der Ressource Wasser findet in Deutschland hauptsächlich in der Industrie Anwendung, mit wenigen Ausnahmen wird kein aufbereitetes Wasser für die landwirtschaftliche Bewässerung genutzt. Lediglich

in Niedersachsen betreiben die beiden Kläranlagen Wolfsburg und Braunschweig die Wiederverwendung von Wasser für zwei Anwendungen:

- Grundwasseranreicherung
- Landwirtschaftliche Bewässerung

Dabei wird in Wolfsburg das Wasser für die Bewässerung nicht direkt aus der Kläranlage entnommen, sondern indirekt aus dem Grundwasserleiter, der zuvor durch Infiltration mit aufbereitetem Wasser angereichert wurde. [48][47]

Auf europäischer Ebene ist die Wiederverwendung hauptsächlich in südlichen Mitgliedsstaaten relevant; die größte Menge aufbereitetes Wasser wird in Spanien für die landwirtschaftliche Bewässerung genutzt. Aus diesem Grund hat die Europäische Union 2020 die „Verordnung über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung“ verabschiedet, die im Jahr 2023 für die Mitgliedsstaaten bindend wird. Auf der Basis dieser Verordnung erstellt die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) das Merkblatt 1200, welches die technische Umsetzung der EU-Verordnung in eine Handlungshilfe für die deutsche Wasserwirtschaft übersetzt. Das noch nicht veröffentlichte Merkblatt wird aus drei Einzelteilen bestehen. [49]

1. Grundsätze zur Wasserwiederverwendung für unterschiedliche Nutzer*innen
2. Anforderungen an die weitergehende Abwasserbehandlung
3. Verwertung von Klarwasser für die Bewässerung in Landwirtschaft, Gartenbau und Grünflächen

Zum aktuellen Stand der Wasserwiederverwendung in Deutschland ist demnach nur wenig zu bemerken, es ist allerdings zu erwarten, dass ein Trend für den stärkeren Einsatz von aufbereitetem Abwasser eintreten wird, besonders in Gebieten, in denen der landwirtschaftliche Bedarf an Wasser die Grundwasserbilanz der Region zu stark beeinflussen könnte. Daher laufen zu diesem Zeitpunkt (Juli 2021) verschiedene Forschungsprojekte in Deutschland, die sich mit der Kreislaufführung von Wasser beschäftigen. Dazu gehören das Projekt „MULTI-ReUse – Modulares Aufbereitungssystem zur Wasserwiederverwendung“ am Institut für sozial-ökologische Forschung und vier vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Teilprojekte der WavE Initiative (FlexTreat, HypoWave+, Nutzwasser, PU2R). Zusätzlich ist das für den November 2021 geplante Event der „BLUE PLANET Berlin Water Dialogues“ zu erwähnen, denn dort wird das Thema Wasserwiederverwendung eingehend mit verschiedenen Marktakteuren diskutiert.[50]

Bezüglich des potenziellen Marktes für die Anwendung aufbereiteten Abwassers in der Landwirtschaft hat das Umweltbundesamt im Jahr 2016 eine Analyse der Einflussfaktoren vorgenommen. Dazu zählt unter anderem das Vorkommen kommunalen Abwassers, die aktuelle Beregnungssituation, das zukünftige Beregnungspotential und Transportkosten des Wassers. Der Analyse zufolge ist die landwirtschaftliche Bewässerung im gereinigten Abwasser nur in wenigen Landkreisen wirtschaftlich denkbar, wie der Lüneburger Heide oder im Oberrheinischen Tiefland.[48]

3.5 Strategien für das Wasserressourcenmanagement in der Landwirtschaft

Um die Verfügbarkeit von nutzbarem Wasser in Deutschland langfristig aufrecht zu erhalten, müssen Strategien entwickelt werden, mit denen Einflüsse auf verschiedene Sektoren abgefangen werden können. Neben ökologischen Herausforderungen ist die Verfügbarkeit der Ressource Wasser auch auf sozialer und ökonomischer Ebene relevant. Entlang der Wertschöpfungskette lassen sich drei Strategien beschreiben, mit denen die Problemstellungen entschärft werden können. Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) benennt an erster Stelle die „Minimierung des Wasserverbrauchs“. Bei dieser Strategie steht vor allem die Substitution bestehender Prozesse und Produktionswege hin zu ressourcenschonenderen Verfahren im Vordergrund, beispielsweise durch das Ersetzen von Wasser als Kühlmittel oder Lösungsmittel. In der Landwirtschaft ist das Ersetzen bestehender Beregnungsanlagen mit Tröpfchenbewässerung ein Beispiel für das Umsetzen dieser ersten Strategie. An zweiter Stelle nennt der VDI die „Maximierung der Verfügbarkeit“ von Wasser. Bei dieser Strategie

liegt der Fokus auf der Gewährleistung, dass die verwendeten Ressourcen sich rechtzeitig und nachhaltig regenerieren können. Dazu zählen auch Recyclingkonzepte, die eine Wieder- bzw. Weiterverwendung des Wassers ermöglichen. Die abschließende Strategie beschäftigt sich mit der Entwicklung von Technologien zu „Abwasserbehandlung und Wassergewinnung“, die die übrigen Bestandteile der Wasser-Wertschöpfungskette betreffen. [97]

4 Status und Trends der Bewässerungssysteme in Deutschland

In diesem Kapitel werden aktuelle sowie mögliche Trends der Bewässerungssysteme in Deutschland vorgestellt. Des Weiteren werden ausschnittsweise der regulative sowie wirtschaftliche Rahmen diskutiert, bzw. in den vorherigen Kapiteln angeschnittene Regularien vertiefend beleuchtet und die wichtigsten rechtlichen Rahmenlinien prägnant zusammengefasst.

4.1 Regulativer Rahmen

Bewässerungssysteme in Deutschland unterliegen verschiedenen regulativen Bestimmungen. Geprägt durch das föderale System auf der einen Seite und der Europäischen Union auf der anderen Seite, müssen unterschiedliche Bestimmungen beachtet werden. Ebenso sind die Voraussetzungen in den Bundesländern und sogar innerhalb eines Bundeslands so divers, dass einheitliche Regelungen – wenn auch aus Gründen der Wettbewerbsgleichheit durchaus erstrebenswert – nicht zwingend zielführend oder applikabel sind.

4.1.1 EU-Ebene

Auf EU-Ebene ist für die Bewässerung in Deutschland insbesondere die Richtlinie 2000/60/EG, auch europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) genannt, von Bedeutung. Diese ist am 22. Dezember 2000 in Kraft getreten und fördert eine integrierte Gewässerschutzpolitik in Europa. Die Richtlinie fördert einerseits einen verstärkt ökologischen Gewässerschutz, andererseits spielen aber auch ökonomische Überlegungen eine Rolle. Durch sie sollte mithilfe von Maßnahmenprogrammen und Überwachung bis ursprünglich 2015, mit möglichen Fristverlängerungen bis 2027, ein „guter Zustand“ für Oberflächengewässer sowie Grundwasser innerhalb der EU erreicht werden. [59] [60] [61]

Im Dezember 2015 wurden Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme für den Zeitraum bis 2021 veröffentlicht. Hier werden Grundlagen sowie zukünftige Pfade zum Gewässerschutz beschrieben. Mitgliedsstaaten sind verpflichtet, diese zu erstellen und umzusetzen. Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL Bayern) schreibt hierzu, dass die ergänzenden Maßnahmen im Bereich der Landwirtschaft auf rein freiwilliger Basis erfolgen und somit nicht in bestehende Rechte eingreifen. Die Maßnahmen können an die Situation des jeweiligen Betriebes angepasst werden und sind nur für Flächen anwendungsbedürftig, „von denen die größte Gefährdung der Gewässer ausgeht“ und ermöglichen somit einen Ausgleich innerhalb eines Betriebes. [62]

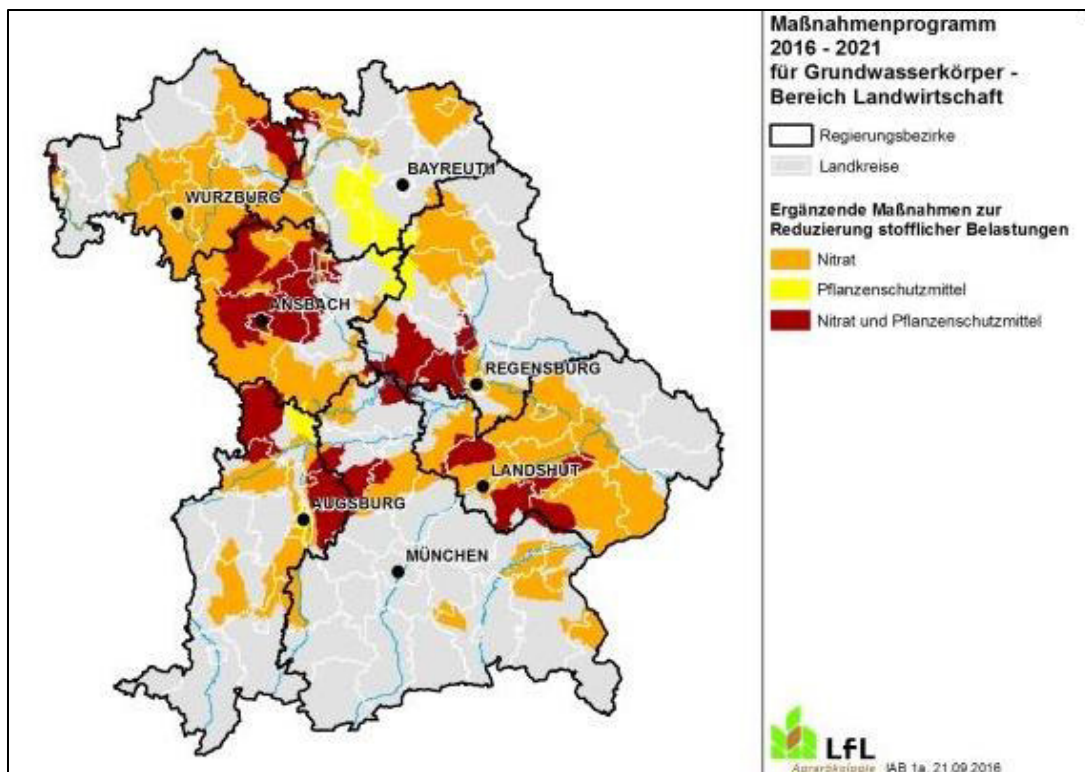


Abbildung 29: Maßnahmenprogramm für Grundwasserkörper; 2016-2021, Landwirtschaftliche Maßnahmen; LfL Bayern

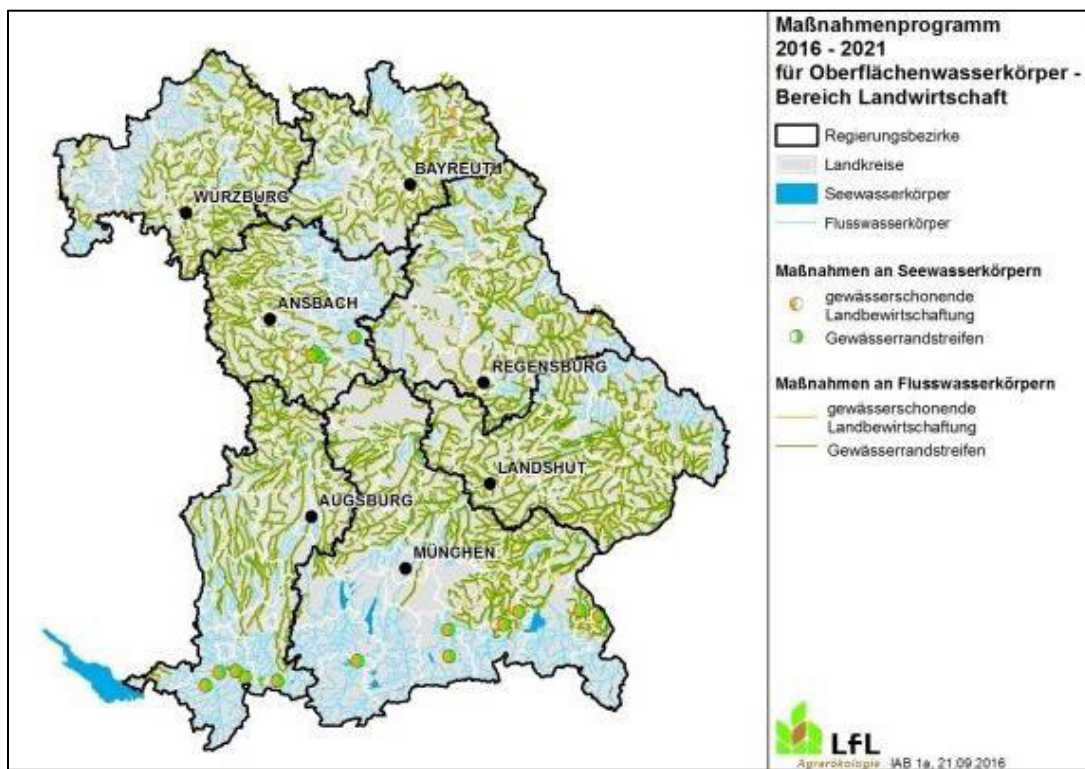


Abbildung 30: Maßnahmenprogramm für Oberflächenwasserkörper; 2016 - 2021 Landwirtschaftliche Maßnahmen; LfL Bayer

GAP - Gemeinsame Agrarpolitik der EU

Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU wurde im Jahre 1962 eingeführt und listet folgende Ziele auf:

- „Landwirtinnen und Landwirte unterstützen und die Produktivität in der Landwirtschaft verbessern, um eine sichere Versorgung mit bezahlbaren Nahrungsmitteln zu gewährleisten;
- den Landwirten der Europäischen Union ein angemessenes Einkommen ermöglichen;
- zur Bekämpfung des Klimawandels und zu einer nachhaltigen Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen beitragen;
- ländliche Gebiete und Landschaften in der EU erhalten;
- die Wirtschaft im ländlichen Raum durch Förderung von Arbeitsplätzen in der Landwirtschaft, der Agrar- und Ernährungswirtschaft und in den damit verbundenen Branchen beleben“ [90].

Die GAP besteht aus drei Hauptmaßnahmen: (1) Direktzahlungen als Einkommensunterstützung für Landwirt*innen, um stabile Löhne zu sichern und umweltfreundliche Landwirtschaft zu belohnen. (2) Verschiedene Marktmaßnahmen sollen beispielsweise instabile Nachfrage ausgleichen und (3) nationale und regionale Programme zur Entwicklung des ländlichen Raumes helfen dabei, den Bedürfnissen des ländlichen Raumes gerecht zu werden. [90]

Finanziert werden alle Maßnahmen durch den Europäischen Garantiefonds für die Landwirtschaft (EGFL), der „das finanziell bedeutendste Instrument der EU-Agrarförderung [93]“ darstellt und direkte Hilfen verteilt sowie durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER). Die EU-Mitgliedsländer verwalten die Zahlungen jeweils auf der nationalen Ebene. [90] Das Gros der finanziellen Unterstützung machen die Direktzahlungen aus, wie Abbildung 31 zeigt:

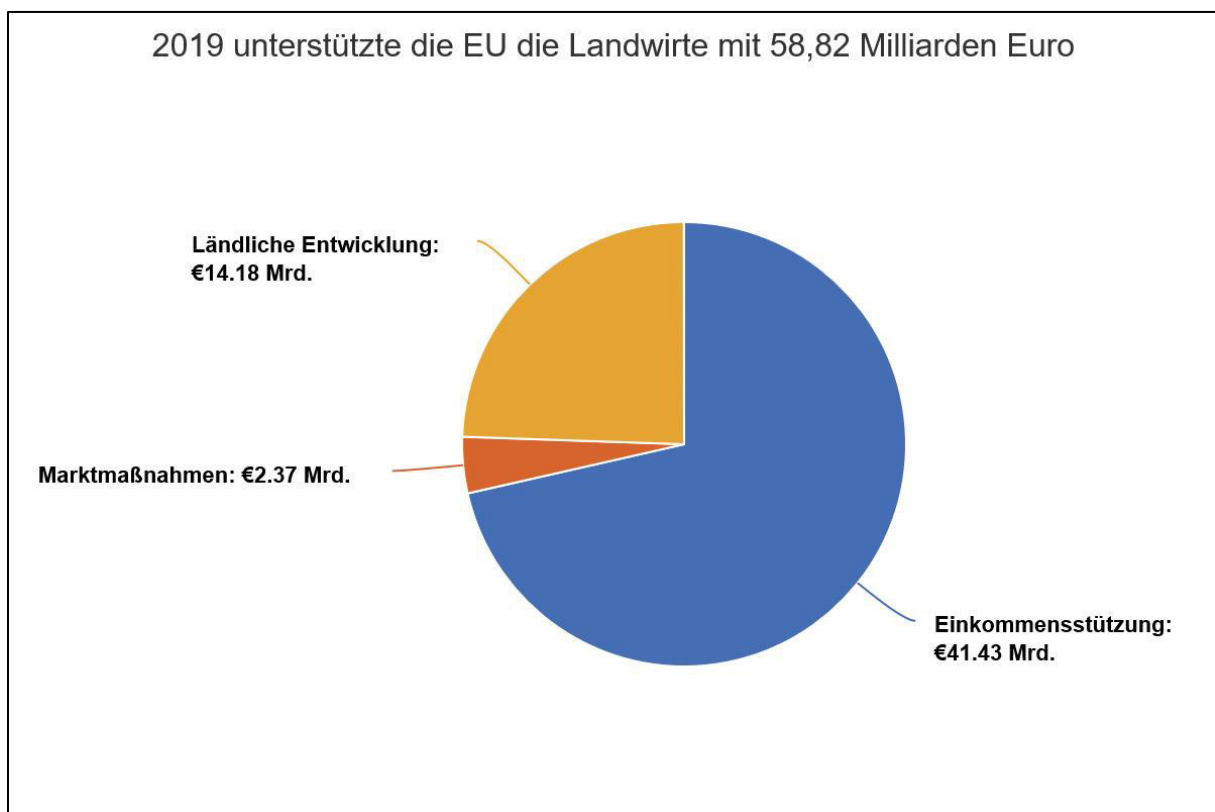


Abbildung 31: Unterstützung der Landwirte durch GAP 2019 [90]

Neu seit 2015 im GAP ist, dass die Direktzahlungen an klima- und umweltfreundliche Bewirtschaftungsmethoden gebunden sind. Dies nennt sich Greening. Des Weiteren müssen alle EU-Mitgliedstaaten für die Förderperiode ab 2021 nationale Strategiepläne für die 1. (Direktzahlungen) und 2. (Förderung der ländlichen Entwicklung) GAP-Säule entwickeln. [94] Laut BMEL sind nach dem EU-Verhandlungsergebnis für eine Übergangsregelung zur neuen Förderperiode die Nationalen GAP-Strategiepläne spätestens zum 1.1.2022 einzureichen. [95]

4.1.2 Deutschland

Im Bereich der Bewässerung in Deutschland gibt es eine Reihe von rechtlich bindenden Gesetzen und Verordnungen für Wasserqualität. Besonders von Bedeutung sind die Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer, das Wasserhaushaltsgesetz, sowie die Grundwasserverordnung.

Für die Verwendung von Abwasser zur Bewässerung gelten beispielsweise „Begrenzungen für die Aufbringung oder die Einleitung bzw. Einbringung bestimmter Stoffe“ und es gibt „Empfehlungen für die Bewertung von Einträgen oder Konzentrationen“ [48]. Zusätzlich gibt es eine Vielzahl von Leitlinien zur Bewässerung, welche jedoch rechtlich nicht bindend sind und somit als nicht mehr als nett gemeinte Hinweise zu verstehen sind.

Relevant für die Bewässerungslandwirtschaft auf nationaler Ebene sind vor allem die nachfolgenden Gesetze und Verordnungen:

- **Wasserhaushaltsgesetz (WHG)**, Hauptteil des deutschen Wasserrechts. Regelt den Schutz und Nutzung von Grundwasser und Oberflächengewässern. Nutzung von Wasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung aus Grund- oder Oberflächengewässern bedarf einer behördlichen Genehmigung - durch untere oder obere Wasserbehörde des jeweiligen Bundeslandes - nach WHG. [63][64]
- **Grundwasserverordnung (GrwV)**, regelt die WRRL sowie Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers und Erreichung eines guten chemischen Zustandes [48];
- **Oberflächengewässerverordnung (OGewV)** dient dem Schutz der Oberflächengewässer und der wirtschaftlichen Analyse der Nutzung ihres Wassers [65];
- **Düngegesetz / Düngeverordnung** zielt darauf ab, Gewässer vor Nitratverunreinigung aus der Landwirtschaft zu schützen. „Sie beschreibt die gute fachliche Praxis bei der Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und zielt darauf ab, die stofflichen Risiken durch diese Anwendung zu vermindern“ [48].

Nationale Wasserstrategie

Die nationale Wasserstrategie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [66] widmet sich verschiedenen Bereichen, allerdings nur zu einem kleinen Teil der Bewässerung. Unter anderem diskutiert sie die Nutzung von aufbereitetem Abwasser in der Landwirtschaft, insbesondere bei langanhaltender Trockenheit. Allerdings müssen zur Umsetzung Vorgaben bzw. Mindestanforderungen der EU an die Wasserwiederverwendung in das deutsche Wasserrecht adaptiert werden. Zusätzlich sollen rechtliche Anforderungen und Leitlinien für den Einsatz von Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung entwickelt werden. Des Weiteren wird der Umgang mit Extremwetterereignissen diskutiert. Durch diese können sich Konflikte zwischen der landwirtschaftlichen Bewässerung sowie der Trinkwasserversorgung entwickeln. Diese Nutzungskonkurrenzen werden sich durch den Klimawandel und die damit einhergehende Verknappung von Ressourcen verschärfen. Insbesondere der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln in der Landwirtschaft muss hier kontrolliert werden, damit diese nicht übermäßig stark in das Grundwasser gelangen und die Kosten der Wasseraufbereitung durch die Trinkwasserversorger in die Höhe getrieben werden. In einer „Vision 2050“ sollen regional Verantwortliche ein kontinuierliches Monitoring von Wasserangebot und -entnahme

durchführen, um so eine Basis zur Vermeidung von Wasserknappheit herzustellen. Gleichzeitig soll die Landwirtschaft durch die Nutzung von effizienter Bewässerungstechnik wie der Tröpfchenbewässerung und „geeigneten Anbaumethoden und Kulturen sowie entsprechenden Fruchtfolgen“ den Bewässerungsbedarf reduzieren. Außerdem sollen Drainagen weitestgehend zurückgebaut und die Möglichkeiten der Digitalisierung bestmöglich genutzt werden. Das Ziel ist, eine hohe ökologische Effektivität bei gleichzeitiger wirtschaftlicher Effizienz zu erreichen. [66] Inwieweit sich diese Ziele realistisch und ohne klare Gesetze, Verordnungen und Anreize umsetzen lassen, ist fraglich. Gleichzeitig ist aber auch zu beachten, dass die nationale Wasserstrategie ein Planungspapier ist, welches einen wünschenswerten Bestfall beschreibt.

4.1.3 Bundesländer

Die zuvor besprochenen Maßnahmen und Regularien werden in Deutschland von den 16 Bundesländern umgesetzt. Auch wenn der Anteil der Wasserentnahme im Bereich der landwirtschaftlichen Bewässerung im Verhältnis zum Gesamtwasserverbrauch in Deutschland mit 1 % ausgesprochen niedrig ist, gibt es doch große regionale Unterschiede. So wird beispielsweise die Region Nordostniedersachsen mit ca. 80 % intensiv beregnet und hat damit andere Bedürfnisse als beispielsweise Hamburg oder Bayern. Die Umsetzung der nationalen Gesetze und Verordnungen ist den jeweiligen Bundesländern überlassen. Niedersachsen etwa hat strikte Regelungen zur Entnahme von Wasser für die Feldberegung, doch diese reichen auch heute schon oft nicht aus, um den Bedarf zu decken. [67][68]

So haben beispielsweise die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und die Bayerische Landesanstalt für Umwelt (LfU) einen Katalog sinnvoller Maßnahmen zur Gewässerschonung in der Landwirtschaft herausgegeben. In einem Umsetzungsbeispiel wird hier auch der – für die Bewässerung spezifische – Rückbau von Entwässerungseinrichtungen und Dränleitungen erwähnt. Weitere Besonderheiten der Bundesländer bestehen vor allem im Bereich der Wasserkosten. Diese werden unter Punkt 4.2.1 diskutiert. [69]

4.2 Wirtschaftlicher Rahmen

„Wem gehört die Landwirtschaft in Deutschland?“ ist eine Frage von wachsender Bedeutsamkeit, die zunehmend Konfliktpotenzial birgt. Meldungen zu Share Deals, Fragen in Bezug auf Wasserbesitz, die Kosten des Klimawandels und sich wandelnde Produktionsbedingungen führen zu Verunsicherung, nicht nur im Ausland, sondern auch in Deutschland. Laut Statistischem Bundesamt werden 11% der landwirtschaftlichen Flächen durch Unternehmensgruppen kontrolliert. Im Folgenden werden insbesondere die Punkte Wasserkosten sowie Share-Deals kurz diskutiert. [70]

4.2.1 Wasserkosten

Die Festsetzung von Wasserkosten geht Hand in Hand mit der Einführung der WRRL und dem Ziel des „guten Zustandes“ aller Gewässer und dient somit vornehmlich dem Ressourcenschutz. Gebühren für Wassernutzung sollen einen Anreiz zur nachhaltigen Nutzung und Investitionen in ressourcensparende Technologien bieten. Sie sollen aber auch sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen der Kostendeckung Rechnung tragen. [71][72] Das sogenannte Wasserentnahmeentgelt ist eine Abgabe für die Entnahme, das Zutage-Fördern, das Ableiten oder eine vergleichbare Verwendung von Grundwasser oder Oberflächengewässern. Entnahme bedeutet hierbei das gezielte Entziehen von Wasser. Das Wasserentnahmeentgelt ist in Deutschland landesspezifisch geregelt, mit variierenden Abgabehöhen sowie von der Entrichtung ausgenommenen Bereichen; in vielen Fällen die Landwirtschaft. Durch die Ausnahmen soll die Wettbewerbsfähigkeit der entsprechenden Sektoren weiterhin sichergestellt oder sogar gefördert werden. Laut BUND haben 13 der 16

Bundesländer in Deutschland eine Abgabe auf Wasser, während Bayern, Hessen und Thüringen sich komplett gegen eine derartige Regelung entschieden haben (Stand 2019). In Bezug auf die Landwirtschaft ist auffällig, dass die Spannbreite der Abgabe von 0,5 bis 31 Cent/m³ reicht. Der durchschnittliche Abgabewert liegt bei 8,25 Cent/m³, wobei die Hälfte der Entgelte nicht mehr als 3 Cent/m³ betragen. Des Weiteren wird für die Landwirtschaft in den Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz keine Abgabe für die Landwirtschaft bei Entnahme von Grundwasser erhoben, wie auch in Tabelle 7 zu sehen ist. [71]

Tabelle 7: Kosten für die Entnahme von Grundwasser [71]

Bundesland	Landwirtschaft	Bemessung Grundwasser	Bemessung Oberflächenwasser
Baden-Württemberg	0,00 Cent/m ³	-	-
Berlin	31 Cent/m ³	31 Cent/m ³	-
Brandenburg	-	-	-
Bremen	0,5 Cent/m ³	Beregnung und Berieselung: 0,5 Cent/m ³	Entnahmemenge: ≤ 500 Mio m ³ /Jahr: 0,5 Cent/m ³ > 500 Mio m ³ /Jahr: 0,3 Cent/m ³
Hamburg	16,72 Cent/m ³	oberflächennah: 15,52 Cent/m ³ tiefer: 16,72 Cent/m ³	-
Mecklenburg-Vorpommern	-	-	-
Niedersachsen	0,7 Cent/m ³	Beregnung und Berieselung: 0,7 Cent/m ³	Beregnung und Berieselung: 0,7 Cent/m ³
Nordrhein-Westfalen	-	-	-
Rheinland-Pfalz	-	-	-
Saarland	12 Cent/m ³	Bewässerung landwirtschaftlich: 1 Cent/m ³	-
Sachsen	2,5 Cent/m ³	Bewässerung 2,5 Cent/m ³	Bewässerung 0,5 Cent/m ³
Sachsen-Anhalt	2 Cent/m ³	Beregnung und Berieselung: 2 Cent/m ³	Beregnung und Berieselung: 0,5 Cent/m ³
Schleswig-Holstein	3 Cent/m ³	Beregnung und Berieselung: 3 Cent/m ³	-

Unter anderem kann die Einführung von modernen Messsystemen zu Wassereinsparungen von ca. 10 – 25 % führen [61]. Auch wenn die Entwicklung einer Preisgestaltung seit Einführung der WRRL Pflicht ist, ist die Ausgestaltung dieser den jeweiligen Mitgliedsstaaten überlassen. Preise werden nicht durch die EU vorgegeben. Gemeinsam ist ihnen aber eine vorgeschriebene Transparenz. Auch Bürger*innen waren dazu aufgefordert, sich in die Bepreisung einzubringen, so dass die Gebühren wirtschaftlichen, sozialen und umweltpolitischen Gesichtspunkten entsprechen. Allgemeine Faktoren, welche in die Preisgestaltung mit einfließen, sind unter anderem:

- natürliche Bedingungen
- Bevölkerungsverteilung
- Internationalisierung und
- Umweltkosten [61].

Des Weiteren diskutiert das UBA eine Abgabe auf Düngemittel und Pestizide als wirksames Mittel in der Landwirtschaft, um Gewässerbelastungen entgegenzuwirken und bestehende ordnungsrechtliche Vorgaben zu komplettieren. So können wirtschaftliche Anreize für eine ressourcenschonende Anwendung von Pestiziden und Düngemitteln geschaffen werden und gleichzeitig werden Landwirt*innen „damit ganz im Sinne des Verursacherprinzips und Art. 9 WRRL in die Verantwortung genommen“ [72].

Der BUND [71] empfiehlt, einheitliche Regelungen bezüglich Wasserkosten einzuführen, um die Wettbewerbsverzerrungen zwischen den Bundesländern aufzuheben. Des Weiteren plädieren sie dafür, dass Wirtschaftszweige wie die Landwirtschaft, die die Wasserqualität verschlechtern, nicht von der Zahlung des Entgelts ausgenommen werden, sondern entsprechend des Verursacherprinzips höhere Abgabesätze zahlen sollten. Zusätzlich können zunehmende Trockenperioden die Wasserkosten in Zukunft erhöhen.

4.2.2 Share Deals & Land Grabbing

Share Deals, oder auch Anteilskäufe, sind landwirtschaftliche Betriebe, welche zum Teil oder zur Gänze zu Unternehmensgruppen gehören. Das Statistische Bundesamt (DeStatis) hat im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2020 ermittelt, dass 36 % der landwirtschaftlichen Betriebe (Rechtsform juristische Person oder Personenhandelsgesellschaft) Teil einer Unternehmensgruppe sind und von diesen 1,84 Millionen Hektar landwirtschaftliche genutzte Fläche bewirtschaftet wird. Dies sind etwas mehr als 11 % der gesamtdeutschen landwirtschaftlichen Flächen.

Auffällig bei der Erhebung ist der Unterschied zwischen Ost- und Westdeutschland. In den Bundesländern der ehemaligen DDR gehören 48 % der juristischen Personen oder Personenhandelsgesellschaften einer Unternehmensgruppe an, während es in den übrigen Bundesländern nur ca. 26 % sind. [70]

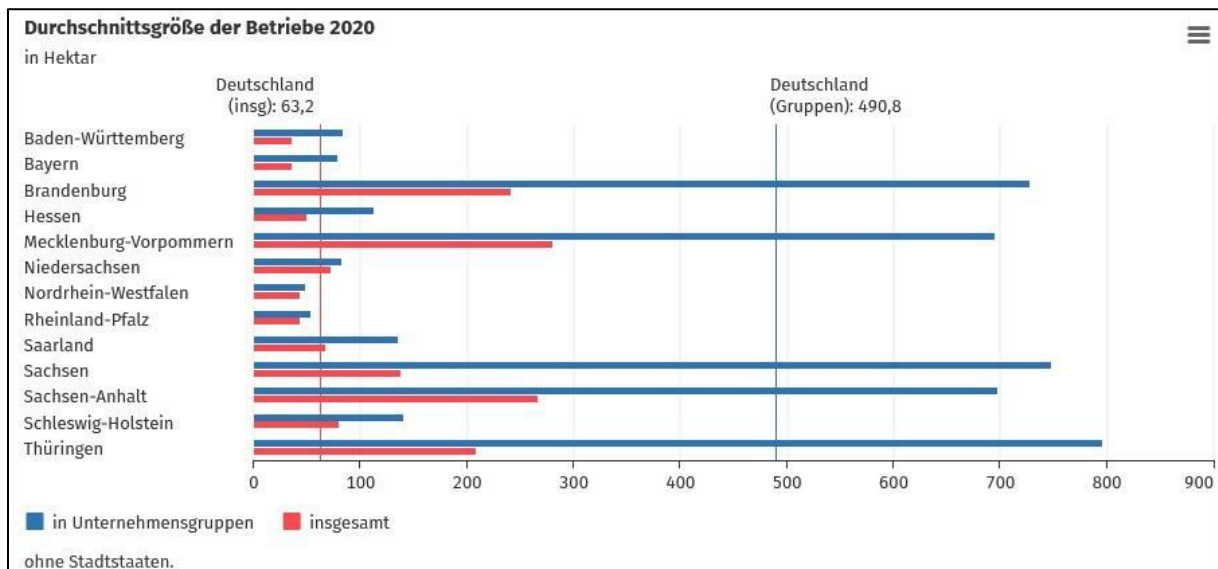


Abbildung 32: Durchschnittsgröße der Betriebe 2020 [70]

Ein weiteres Problem der Landwirtschaft in Deutschland ist das sogenannte Land-Grabbing. In Deutschland können Investoren, welche keinerlei Verbindungen zur Landwirtschaft haben, landwirtschaftlich genutzte Flächen aufkaufen. So gibt es in Brandenburg und Thüringen, als Überbleibsel der kollektiven Landwirtschaft der DDR, Agrargesellschaften mit großen Flächen Land. Für diese Landflächen suchen Landwirt*innen im Rentenalter oftmals Käufer, jedoch sind die Betriebe zu groß und teuer für Einzelpersonen, so dass Investoren die Flächen aufkaufen. Kritisch ist dies deshalb, weil diese Deals, also der Verkauf von Anteilen landwirtschaftlicher Gesellschaften an eine andere Gesellschaft, nicht gesetzlich geregelt sind und nicht öffentlich gemacht werden müssen. So können große, landwirtschaftlich nutzbare Flächen einfach den Besitzer wechseln. Eine reale Person muss den Kauf eines Stück Ackers behördlich genehmigen lassen. Diese Deals zwischen Gesellschaften hingegen sind schwer nachzuverfolgen, da sie nicht meldepflichtig sind. Auch die Frage, ob beispielsweise Grunderwerbssteuer gezahlt wurde, ist nicht nachprüfbar. Somit entsteht ein massiver Nachteil für reale Personen und insbesondere Junglandwirt*innen, die mit den hohen Investitionssummen der Gesellschaften nicht konkurrieren können. [73]

4.3 Vorhandene Bewässerungslösungen und Innovationstrends

Die Bewässerungstechnik hat sich in den letzten 40 Jahren stark weiterentwickelt. „Der Übergang von der Oberflächenbewässerung zur Rohrberegnung, zur Nutzung von Beregnungsmaschinen sowie zur Tropfbewässerung in Intensivkulturen hat sich unter intensiver Forschungstätigkeit auf pflanzenbaulichem, technischem und technologischem Gebiet vollzogen“ [74]. Gleichzeitig macht eine Bewässerung nur Sinn, wenn der Wassergehalt im Boden niedriger als 50 % „der nutzbaren Feldkapazität“ ist. Dies ist vor allem der Fall im östlichen Niedersachsen, in Brandenburg und im nördlichen Sachsen-Anhalt. [64] Die in Deutschland zumeist verwendete Bewässerungslösung ist die Sprinklerbewässerung. Auch wenn Deutschland im weltweiten Vergleich mit ~1% wenig Wasser für die landwirtschaftliche Bewässerung verwendet, gibt es doch starke regionale Unterschiede. So wird beispielsweise die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Nordostniedersachsen mit ~80% intensiv beregnet [67]. Überbewässerung hat oftmals eine Überbelastung an Nitrat zur Konsequenz und ist ebenso eine Verschwendung der Ressource Wasser. Dennoch sind Technologien, wie zum Beispiel die Tröpfchenbewässerung, nach wie vor weltweit nur stark begrenzt im Einsatz. Effizienzsteigerungen sind oftmals nur durch eine verbesserte Steuerung der Bewässerung zu erreichen, nicht zwingend durch die Wahl einer anderen Bewässerungstechnik [74]. Insbesondere im Fall der Tröpfchenbewässerung muss mit in Betracht

gezogen werden, dass diese nur sehr beschränkt eingesetzt werden kann, etwa bei hochpreisigen Kulturen, Kulturen mit großen Reihenabstände oder Kulturen, die unter Folie angebaut werden, wie Spargel, Erdbeeren, Zucchini oder Gurken, da Investitions- und Installationsaufwand verhältnismäßig hoch sind [74][75].

4.3.1 Klimawandel

Die Ernte bedrohende oder sogar vernichtende Hitze- und Dürreperioden sind auch in Deutschland ein zunehmendes Problem. Dies hat sich spätestens im Rekordsommer 2018 gezeigt [79]. Anhand von projizierten Daten zur Klimaänderung wurden so zum Beispiel vom IPCC etwaige Ertragsrückgänge für die Niederlande errechnet, welche für den Norddeutschen Raum übernommen werden konnten. Diese Prognosen rechnen mit einem Ertragsrückgang durch Trockenheit von 22-37 % [67].

Zunehmende Trockenheit und damit verbundene Wasserknappheit kann durch den Einsatz von angepassten Pflanzensorten entgegengewirkt werden, hier eignen sich zum Beispiel tiefwurzelnde oder hitzeresistente Sorten. Gleichzeitig ist jedoch zu bedenken, dass (europäische) Agrarsubventionen den Einsatz beziehungsweise die Sorten- und Pflanzenwahl maßgeblich beeinflussen [67]. Der Klimawandel verschärft die Problematik weiter. Bewässerung kann zwar Abhilfe bei ausbleibendem Regen leisten, doch werden Entnahmerechte, wie in den obigen Abschnitten erläutert, beschränkt, um vorhandene Wasserkörper zu schützen. Ebenso sind nicht alle Kulturpflanzen zur Bewässerung geeignet.

Des Weiteren ist eine Anpassung der Bewässerungslösungen an Niederschlagsmengen (Starkregenereignisse) sowie deren Verteilung für die Landwirtschaft relevant. Nur ca. 15 % des Wassers, welches zur Bewässerung genutzt wird, stammt aus Oberflächengewässern. Niedersachsen verwendet ca. 90 % Grundwasser, der bundesweite Schnitt liegt bei 85 % Grund- und Quellwasser. Oberflächengewässer werden tendenziell eher zur Zusatzbewässerung verwendet (z.B. Elbe-Seitenkanal, Rhein oder Main-Donau-Kanal). Die Verwendung von Zusatzwasser muss aber an die jeweiligen örtlichen Begebenheiten von Verfügbarkeit sowie Erhalt der Wasserressource angepasst werden. Sinkende Grundwasserspiegel und eine daraus folgende Anspannung der Bewässerungssituation sind schon heute Probleme, steigende Temperaturen und damit einhergehende erhöhte Verdunstungsraten verschärfen diese Problematik. Umweltverträglichkeit, effektive Nutzung, sowie regional angepasste Lösungsansätze der zur Verfügung stehenden Ressourcen sind hier das höchste Gebot [67].

Tabelle 8: Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit (ohne Frostschutzberegnung) und bewässerte Fläche 2015, Statistisches Bundesamt [78]

Bundesländer	Möglichkeit zur Bewässerung		Tatsächliche Bewässerung	
	Betriebe	LF ¹⁴	Betriebe	LF ¹⁵
	Anzahl in 1.000	1.000 ha	Anzahl in 1.000	1.000 ha
Deutschland	17,33	676,4	15,71	451,8
Baden-Württemberg	3,54	33,4	3,32	21,4
Bayern	2,95	52,8	2,65	28,1
Berlin	0,01	0,1	0,01	0,0
Brandenburg	0,42	39,3	0,39	24,4
Bremen	0,00	0,0	0,00	0,0
Hamburg	0,31	1,6	0,24	0,8
Hessen	0,75	30,9	0,71	22,4
Mecklenburg-Vorpommern	0,19	34,4	0,18	21,8
Niedersachsen	4,52	322,3	4,02	242,2
Nordrhein-Westfalen	2,34	59,5	2,16	33,0
Rheinland-Pfanz	0,96	32,7	0,88	22,9
Saarland	0,04	0,2	0,03	0,1
Sachsen	0,31	12,7	0,29	5,5
Sachsen-Anhalt	0,27	31,4	0,26	19,4
Schleswig-Holstein	0,62	20,0	0,46	7,2
Thüringen	0,10	5,3	0,10	2,5

4.3.2 Digitalisierung & Smart Farming

Eine weitere Lösung, um die Landwirtschaft nachhaltiger und ressourcenschonender zu gestalten, ist das so genannte Smart Farming. Durch den Einsatz digitaler Technologien kann Bewässerung wirksamer gesteuert werden. Digitale Anwendungen wie Smart Metering, Sensortechnologien, Big Data etc. helfen bei einer ziel- und bedarfsgerechten Bewässerung und Düngung der Felder. Ebenso können durch Datensammlungen Bodenbeschaffenheit, Klima und Wasserbedarf der Pflanzen analysiert und gesteuert werden. Denn nicht nur die Landwirtschaft benötigt mehr Wasser, auch Industrie und Haushalte kämpfen um die knapper werdenden Ressourcen. Effiziente Wassernutzung kann die Nachhaltigkeit aller Sektoren stärken und Konflikten vorbeugen.

¹⁴ Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) ohne Frostschutzberegnung sowie ohne Kulturen unter hohen begehbaren Schutzabdeckungen (einschließlich Gewächshäuser) und ohne Haus- und Nutzgärten.

Ob aber eine Pflanze bewässerungswürdig und der Einsatz von Bewässerungstechnologien sinnvoll ist, hängt von verschiedenen Faktoren ab, insbesondere aber von ökonomischen Faktoren. [79]

Zwei hervorzuhebende Apps sind:

WISE Freshwater (Water Information System for Europe)

- Umfasst ein breites Spektrum an Daten und Informationen, die von EU-Institutionen für verschiedene Interessensgruppen gesammelt werden. Darunter Indikatoren, Statistiken und Monitoring von Schadstoffen, die in Oberflächengewässer gelangen.

Aggrowetter Beregnung

- App des Deutschen Wetterdiensts, die ein interaktives Beratungssystem zur Feldbewässerung für 30 verschiedene Kulturen in Deutschland bietet.

Oftmals wird auch von Landwirtschaft 4.0 gesprochen. Doch die Umstellung auf eine digitalisierte Landwirtschaft, ist oftmals für klein- und mittelständische Betriebe nur schwierig umzusetzen, denn die Digitalisierung kann mit erheblichen Investitionen verbunden sein. Diese Problematik wird auch durch das Projekt DiWenkLa¹⁵ der Universität Hohenheim untersucht.

Ebenso trägt die aktuelle GAP der EU von 2021-2027 dazu bei, dass Landwirt*innen sich zu höheren Umwelt- und Klimastandards verpflichten, um weiterhin Direktzahlungen erhalten zu können. Hier ist Smart Farming der beste Weg, um die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft zu vertiefen. Gleichzeitig muss dies aber auch mit einem Umdenken und Neulernen der Landwirt*innen einhergehen, denn die digitale Landwirtschaft erfordert beim Einstieg nicht nur finanzielle Investitionen sondern auch Zeit. Ebenso kann sie aber langfristig durch gesteigerte Fruchtbarkeit der Anbauflächen den Deckungsbeitrag erhöhen, was den Einsatz von Arbeitskraft und Maschinen effizienter macht. [92]

4.4 Innovationstrends

Die im Bereich landwirtschaftliche Bewässerung vorherrschenden Technologien sind Kreis/Pivot, Beregnungskanonen und Tröpfchen. Besonders die Kreisberegnung stellt, im direkten Vergleich zur Trommel/Bewässerungskanone, eine oftmals effizientere Bewässerungsmöglichkeit dar. Nachteil ist u.a. die kreisförmige Beregnungsfläche, Vorteil allerdings der geringere Betriebsdruck von ca. 3 bar im Vergleich mit bis zu 10 bar bei Trommelregnern mit Kanone. Dies schlägt sich in einem geringeren Stromverbrauch sowie dementsprechend weniger Kosten nieder. Ebenso muss eine Kreisberegnungsanlage in den meisten Fällen mit neuen Brunnen und Pumpen versorgt werden, damit Wasser zentral eingespeist werden kann. Somit werden Leitungswege verkürzt und Brunnen durch die verhältnismäßig große durch den Kreisregner abgedeckte Fläche ausgelastet. Auch wenn ggfs. keine Wasserressourcen durch die Kreisregner gespart werden, so wird das Wasser doch deutlich effizienter genutzt und der Ertrag pro m³ Beregnungswasser steigt. [76]

4.5 Fazit

Der Wasserstress wird auch in Deutschland immer größer. Dürre sowie Überflutungen wechseln sich ab und fordern eine flexiblere Landwirtschaft. Des Weiteren ist die Regulation von Verschmutzung von Gewässern ein Thema, welches auch durch die EU-Wasserrahmenrichtlinie adressiert und von landwirtschaftlichen Betrieben umgesetzt werden muss. Hier steht vor allem der Wirkstoff Phosphat im Vordergrund. Zusätzlich gibt es einen

¹⁵ DiWenkLa – Digitale Wertschöpfungsketten für eine nachhaltige kleinstrukturierte Landwirtschaft, weitere Informationen unter <https://diwenkla.uni-hohenheim.de/>.

starken Trend hin zu vermehrter ökologischer Landwirtschaft, angetrieben unter anderem durch Förderungen der Bundesländer.

Ebenso gibt es auch Stimmen, die gegen den Ausbau der Bewässerungsinfrastruktur sprechen, so wie beispielsweise das UBA. Auf Grundlage der in ihrer Studie „Rahmenbedingungen für die umweltgerechte Nutzung von aufbereitetem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung“ (2016) erhobenen Daten sieht das UBA keinen Bedarf für einen Ausbau von Bewässerungsinfrastruktur.[77]

Klar ist, dass es regionalspezifisch angepasste Lösungen geben muss, um zukünftigem Wasserstress effektiv begegnen zu können. Schimmelpfennig et al. merken hierzu an, dass „für eine differenzierte deutschlandweite, *regionalspezifische* Bewertung keine ausreichenden Daten zur Verfügung“ stünden [67]. Weiterhin stellen sie fest: „Die mangelnde Datenverfügbarkeit macht Annahmen nötig und beschränkt die Zuverlässigkeit der Bewertungen. Je wichtiger die Bewässerung zukünftig wird, desto lohnender wird auch eine klare Differenzierung zwischen besonders bewässerungswürdigen und wenig bewässerungswürdigen (Teil-)Flächen“ und konkludieren mit folgendem Abschluss:

„Die Akzeptanz für einen Ausbau der Bewässerungssysteme oder Erhöhung der Wasserentnahme für die Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen kann, in Abhängigkeit der regionalen Wasservorräte und Nutzungskonkurrenz sehr unterschiedlich sein. Um in Hinblick auf zukünftige Veränderungen der Wasserverfügbarkeit und mögliche Nutzungskonflikte eine proaktive Handlungsweise zu erarbeiten, bedarf es eines frühzeitigen fachlichen Austauschs zwischen Forschungs- und Beratungseinrichtungen, der Verwaltung und der landwirtschaftlichen Praxis. Nur so können langfristig wirksame Lösungsansätze entwickelt werden“ [67].

4.6 Öffentliche Förderungen für Innovationen und Projekte im Bewässerungsmanagement

Tabelle 9: Auszug öffentlicher Projekte, Förder- und Investitionsprogramme

Organisation	Name	Kurzbeschreibung	Link
BLE	Innovationsförderung	Im Fokus stehen anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die in enger Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft marktfähige Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen realisieren.	https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/Foerderungen-Auftraege/Innovationen/Innovationen.html
BMBF	Wave – Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung (2016 – 2022)	Ziel der Fördermaßnahme ist es, innovative Technologien, Betriebskonzepte und Managementstrategien zur Wasserwiederverwendung und Entsalzung zu entwickeln, um die Wasserverfügbarkeit nachhaltig zu erhöhen.	https://bmbf-wave.de/
BMBF	Wassertechnologien: Wiederverwendung (seit 02/2021)	Siehe Wave. In der Fördermaßnahme Wassertechnologien: Wiederverwendung stehen nun auch Reallabore, Standardisierung und die Potenziale der Digitalisierung stärker im Fokus.	https://bmbf-wave.de/
BMBF	FONA (Forschung für Nachhaltigkeit)	Zukunftstechnologien in den Bereichen Grüner Wasserstoff, Kreislaufwirtschaft, Klimaschutz und Bioökonomie.	https://www.fona.de/de/

5 Regionale Profile landwirtschaftlicher Bewässerung

5.1 Hessen

Die Landwirtschaft ist einer der Schlüsselsektoren Hessens. Im Jahr 2016 wurden rund 767.332 ha Land von 16.300 Betrieben bewirtschaftet [86]. Im Jahr 2020 gab es insgesamt weniger (15.128 Betriebe, ein Rückgang um 7 %), aber dafür größere Betriebe. Gleichzeitig steigt die Anzahl der Betriebe, die ökologischen Landbau betreiben von 1.982 im Jahr 2016 auf 2.329 in 2020. Dies ist ein Anstieg um 17 %. Auch die ökologischen Anbauflächen stiegen um 26 % von 96.673 ha auf 121.740 ha, wie in Abbildung 33 zu sehen ist.

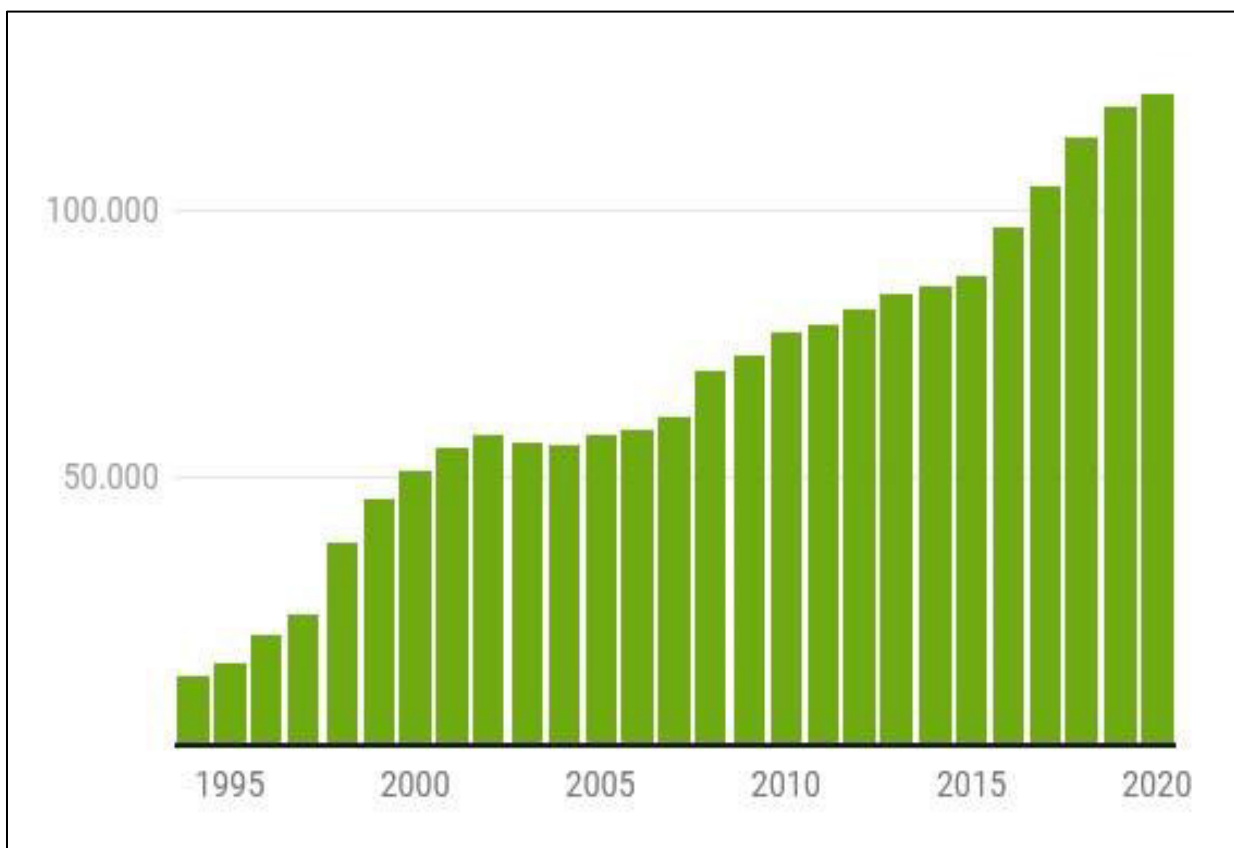


Abbildung 33: Ökologisch bewirtschaftete Fläche in Hessen (ha) [88]

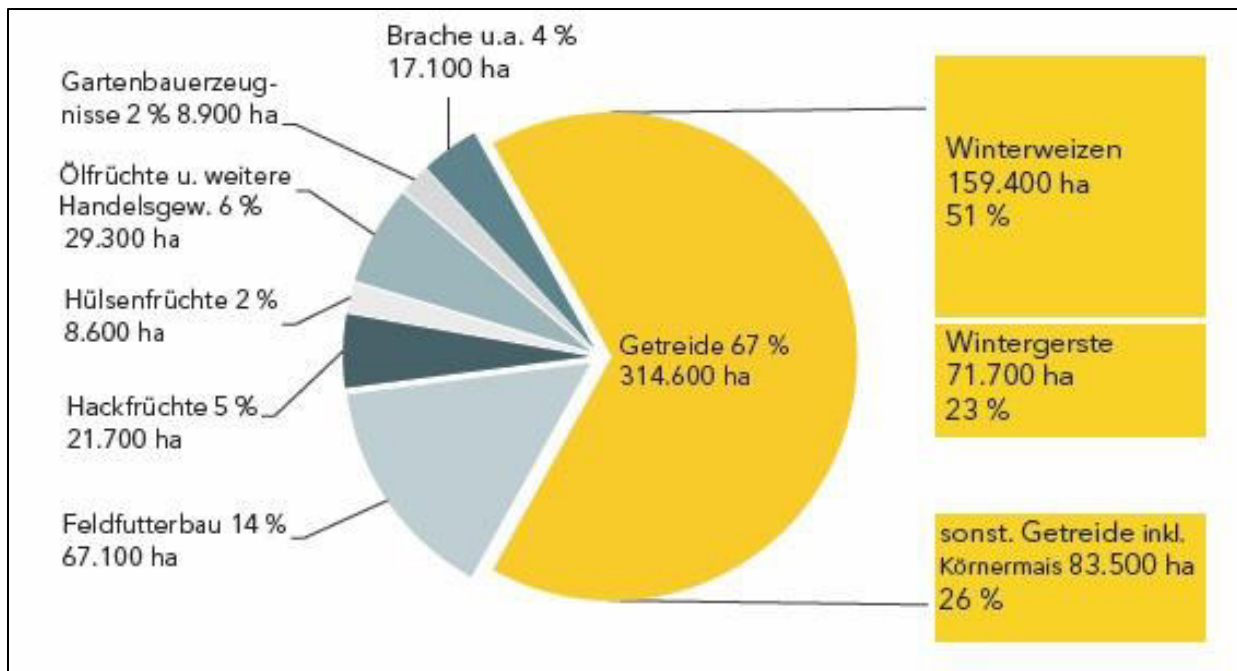


Abbildung 34: Anbauverhältnisse auf dem Ackerland 2019 [89]

Die landwirtschaftliche Flächennutzung (Stand 2019) war wie folgt aufgeteilt:

Insgesamt hat Hessen 766.800 ha LF, davon sind

- 293.300 ha Dauergrünland (38 %)
- 467.300 ha Ackerland (61 %)
- 6.200 ha Dauerkulturen und Hausgärten (1 %). [89]

Wie Abbildung 34 zeigt, ist das Hauptanbauprodukt Getreide mit insgesamt 314.600 ha Anbaufläche. Diese unterteilt sich in Winterweizen mit 159.400 ha Anbaufläche, Wintergerste mit 71.700 ha Anbaufläche und sonstige Getreidesorten, darunter Körnermais, mit 83.500 ha Anbaufläche.

Bewässerung

In Hessen werden ungefähr 16.000 ha LF bewässert. Der Großteil davon befindet sich in Südhessen. Kartoffeln, Obst, Gemüse- und Sonderkulturen sind der Hauptteil der bewässerten Pflanzen. Verwaltet wird die Bewässerung in Hessen durch Boden- und Beregnungsverbände. [96]

Innovationen

Ein Innovationsprojekt im Bereich der Digitalisierung ist das Kooperationsprojekt „IOTAgrar“. Wie bereits in Kapitel 4 diskutiert, ist der Einsatz digitaler Technologien besonders im Hinblick auf den fortschreitenden Klimawandel immer wichtiger. Effiziente und intelligente sowie ressourcenschonende Technologien können hier Lösungen bieten. So ist beispielsweise die Möglichkeit, den tatsächlichen Wasserverbrauch in Echtzeit online abrufen zu können, nützlich, da damit auch Bewässerungsempfehlungen gegeben werden könnten. Das Projekt „IOTAgrar“ – entwickelt und getestet vom Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen in Kooperation mit der IOTA-Stiftung und peerOS – ist ein neues Wasserzähler-System, welches sich der oftmals nur als Schätzung bestehenden Wasserverbrauch der Bewässerung widmet. Fokus ist die dezentrale Datenspeicherung über das Internet of Things. Die digitale Dokumentation kann auf Überschreitungen von Wassernutzungsrechten aufmerksam machen, so dass frühzeitig reagiert werden kann. Ralph Scheyer, ehemals LLH, heute Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und IOTAgrar-Projektleiter,

schreibt hierzu: „Bei Bewässerungssystemen ändert sich je nach Anzahl der parallellaufenden Bewässerungen der Druck im System und somit auch die Wassermenge, die an einer Abnahmestelle zur Verfügung steht. Die Zielgröße einer Bewässerung ist somit nicht über die reine Laufzeit der Bewässerung zu definieren, sondern muss über die Bewässerungsmenge gesteuert werden. Erst durch die exakte Erhebung der gegebenen Wassermenge wird die Berechnung der klimatischen Wasserbilanz und somit der effiziente Einsatz der Ressource Wasser möglich.“ Weiterhin können Drucksensoren Echtzeitinformationen innerhalb der Leitungen erheben und somit feststellen, ob weitere Beregnung sinnvoll ist. Gleichzeitig wird hierdurch erreicht, dass integrierte Pumpen innerhalb ihres optimalen Wirkungsbereiches effizient agieren. Die Kombination von GPS-Modulen und Wasseruhren gibt die Möglichkeit, den Wasserverbrauch gezielt Kulturen zuzuordnen und so einen exakten Kulturbezogenen Wasserfußabdruck zu erstellen. [101][102]

Das Hessische Ried

Das hessische Ried ist eine Beregnungsregion in Südhessen, mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 10 °C und einer jährlichen Niederschlagssumme von 500-650 mm. Die Region hat leichte Sandböden, auf denen Sonderkulturen wie Gemüse, Spargel, Kräuter (Gewürz und Arznei) und Beeren gut angebaut werden können. Der Anbau sensibler Kulturen erfordert jedoch eine gesicherte Wasserversorgung. Ebenso werden Zuckerrüben, Kartoffeln und Mais angebaut, ebenso wie Getreide. [98][99]

Das Rheinwasserwerk Biebesheim bereitet das Rheinwasser zur Trinkwasserqualität auf. Dieses kann dann dem Grundwasser bei Bedarf über Infiltrationsmaßnahmen wieder zugeführt werden. Unterhalten wird das Wasserwerk vom Wasserverband Hessisches Ried (WHR-Beregnung). Mit einer Kapazität von 130.000 m³/Tag können 43 Mio. m³ Rheinwasser im Jahr vom Werk zu Trinkwasserqualität aufbereitet werden. Hiervon sind 5 Mio. m³ für die Landwirtschaft vorgesehen, während der Rest bei Bedarf ins Grundwasser infiltriert werden kann.

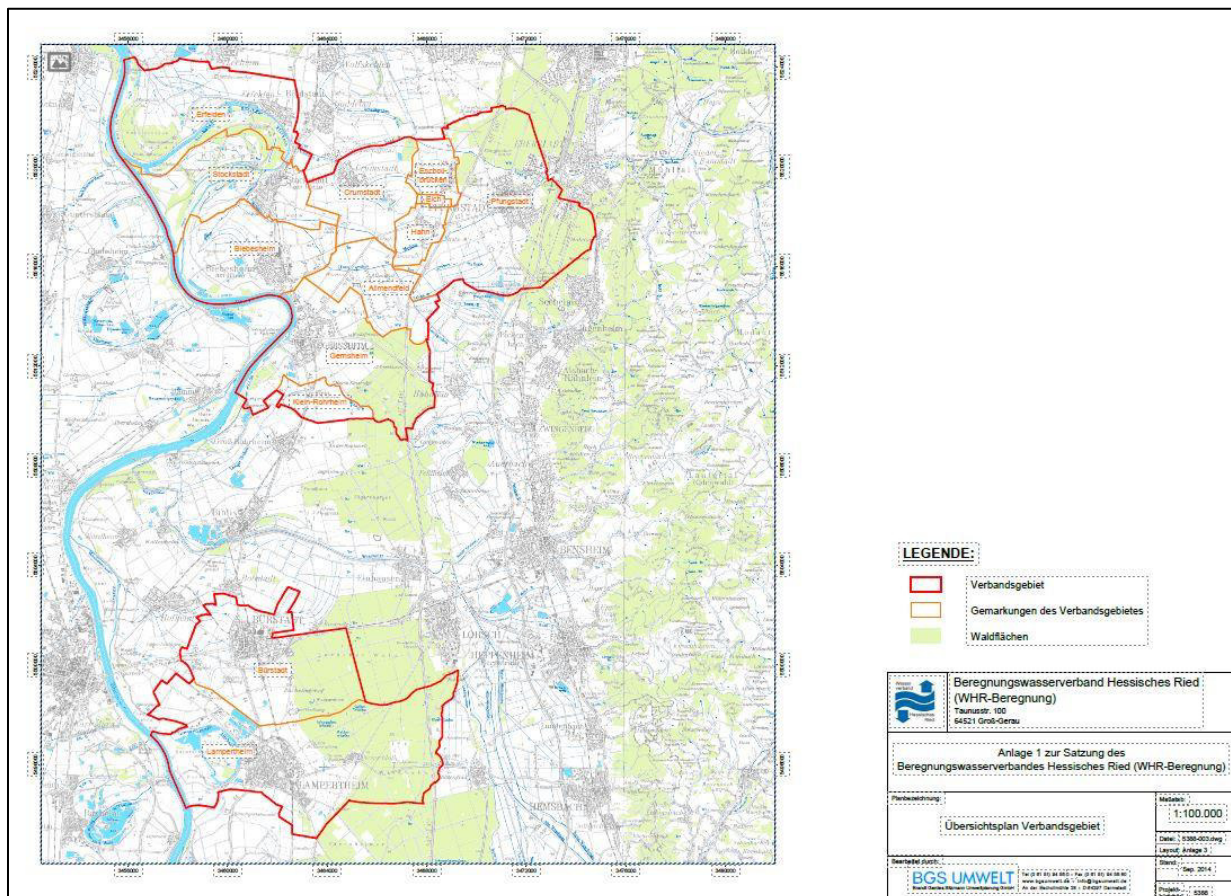


Abbildung 35: Karte des Verbandsgebietes WHR-Beregnung [100]

Beinahe 25.000 ha Flächen werden in Südhessen durch Grundwasser versorgt, das aufbereitete Rheinwasser versorgt rund 5.500 ha Fläche. Der WHR-Beregnung schreibt hierzu: „Eine aufwendige Verfahrenskombination aus physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Prozessen – ein sogenanntes technisches Multibarrierensystem – sorgt für die hochwertige Qualität des Brauchwassers aus der Rheinwasseraufbereitungsanlage. Es genügt in chemischer Hinsicht sogar den Anforderungen der Trinkwasserverordnung. Unberücksichtigt bleiben mikrobiologische Parameter, da eine chemische Desinfektion des Wassers vor der Grundwasseranreicherung aus ökologischen Gründen nicht erwünscht ist“ [99]. Bereits seit dem 19. Jahrhundert sind Beregnungsverbände – beziehungsweise deren Vorläufer – in der Region aktiv. Das Gros der Flächen im hessischen Reid ist beregnungsfähig, allerdings bestehen die Verbandsstrukturen der Beregnungsverbände weiterhin und werden ebenso weiterhin gefördert und gewünscht. Sandra Kruse vom Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen schreibt, dass einzelbetriebliche Wasserrechte nur ausgesprochen selten erteilt werden. [98]

5.2 Rheinland-Pfalz

Die landwirtschaftliche Bodennutzung in Rheinland-Pfalz ist in Abbildung 36 dargestellt. Die südlichen Regionen des Bundeslandes, die Pfalz und insbesondere Rhein-Hessen, sind durch weitläufigen Weinbau geprägt. Darüber hinaus wird in diesen Regionen auch intensiver Ackerbau betrieben. Im Hunsrück ist entlang der Mosel ebenfalls viel Weinbau angesiedelt, während die Eifel, im Norden des Bundeslandes, ihre landwirtschaftlichen Flächen verstärkt als Grünland bewirtschaftet. Laut dem Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen in Rheinland-Pfalz werden etwa 700.000 ha landwirtschaftlich genutzt, was 36 % der Fläche des Bundeslandes entspricht. [51][54]

- Ackerbau – ca. 400.000 ha
- Grünland – ca. 233.000 ha
- Weinbau – ca. 66.000 ha
- Obstbau – ca. 5.000 ha

Die geographischen und klimatischen Bedingungen der Regionen des Bundeslandes sind extrem divers, was ebenfalls durch Abbildung 36 bestätigt werden kann. Die Mittelgebirge im Norden (Eifel, Westerwald und Hunsrück) sind sehr niederschlagsreich, bei vergleichsweise niedrigen Durchschnittstemperaturen. [52]

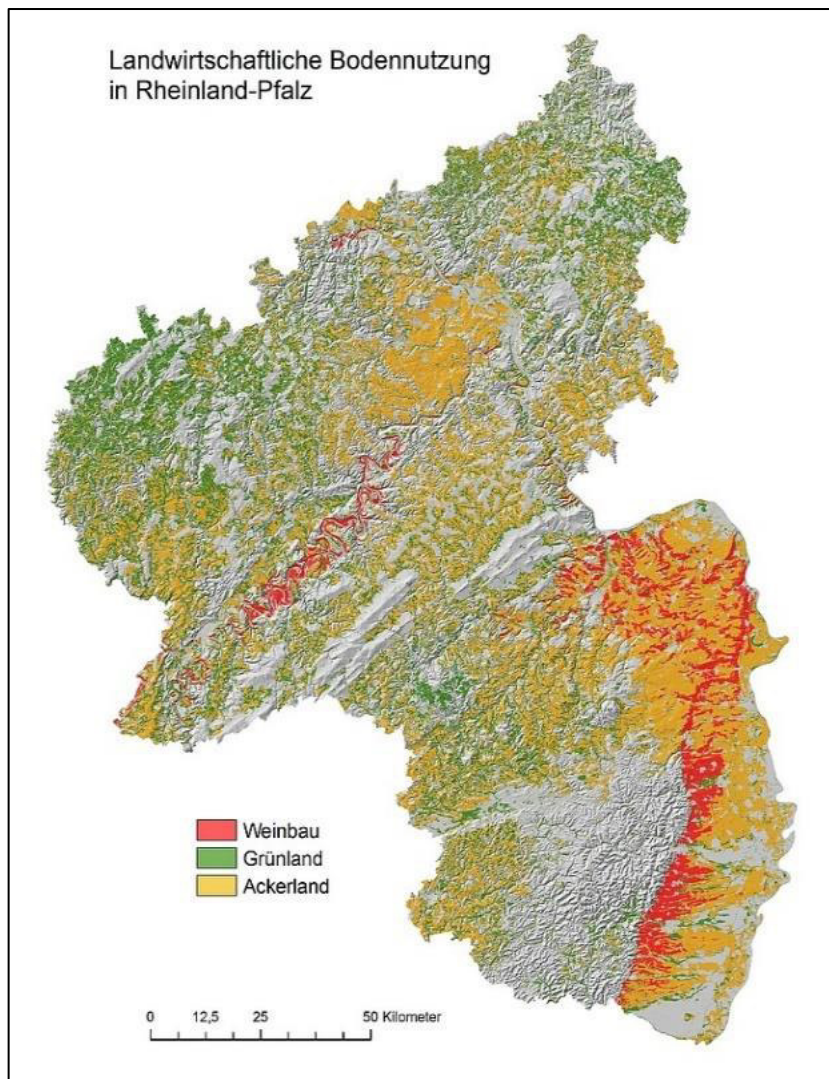


Abbildung 36: Landwirtschaftliche Bodennutzung in Rheinland-Pfalz; Grafik übernommen vom Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft [51]

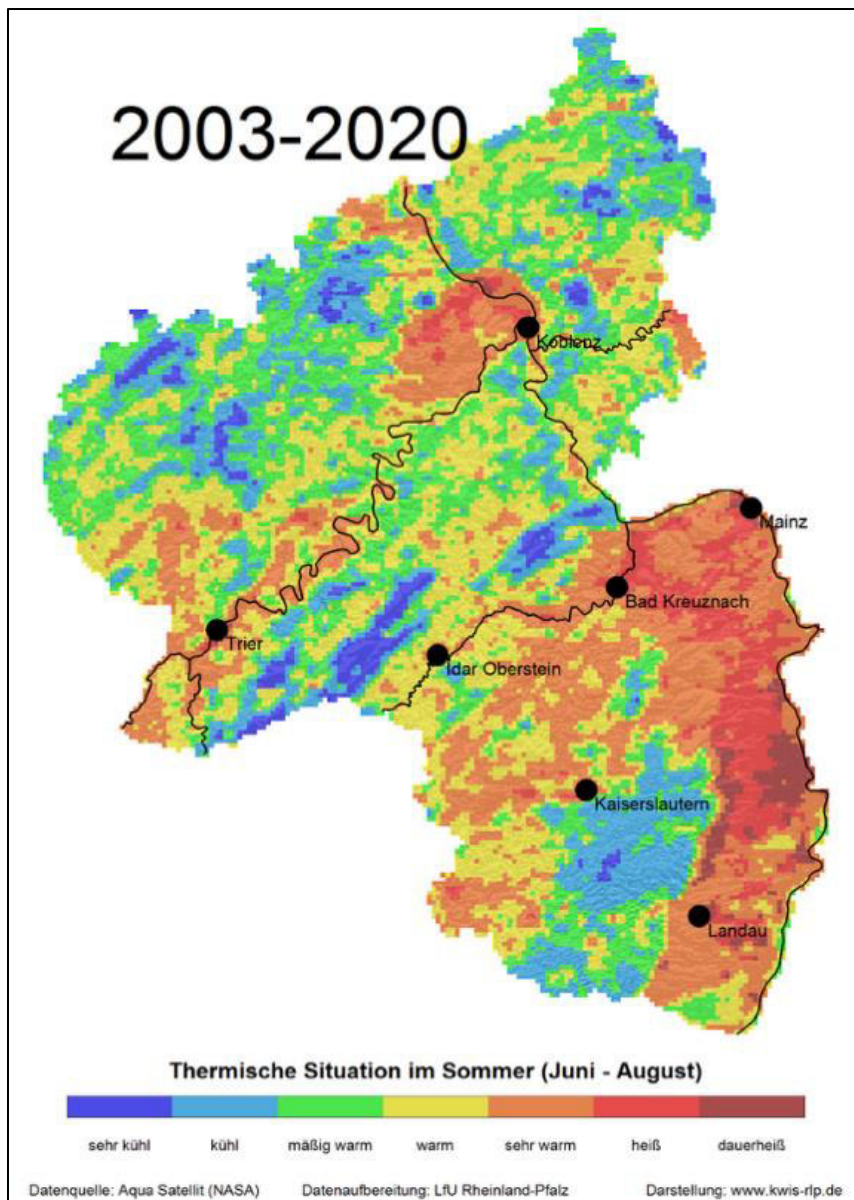


Abbildung 37: Thermische Situation im Sommer in Rheinland-Pfalz 2003-2020; Grafik übernommen vom Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft [52]

Das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz evaluiert die Bedingungen für die Landwirtschaft in dem Bundesland als gut. Die etwa 16.800 Betriebe können auf diverses, aber in der Regel mildes Klima vertrauen, es gibt gute Bewässerungsmöglichkeiten, fruchtbare Böden, gute Ausbildungsmöglichkeiten und ausreichend Verbrauchermärkte in der näheren Umgebung. Mit diesen Bedingungen konnten die landwirtschaftlichen Betriebe im Jahr 2016 über 2,2 Mrd. € als Verkaufserlöse erwirtschaften. Das Ministerium konnte beobachten, dass die Einkommenslage für Landwirt*innen in RLP sich verbessert hat, demnach konnten besonders ökologisch wirtschaftende Betriebe und der Weinbau ihre Wirtschaftlichkeit verbessern. Die Situation der Landwirtschaft kann im Detail dem Agrarbericht 2019 entnommen werden, der Bericht zum Jahr 2020 war zum Redaktionsschluss (Juli 2021) noch nicht veröffentlicht. [55]

Im Agrarbericht 2019 werden die Herausforderungen der Landwirtschaft in RLP aus Sicht des Ministeriums geschildert, dabei wird der Einsatz effizienter Bewässerungsmethoden nicht thematisiert. Vielmehr liegt der Schwerpunkt des Ministeriums auf dem Umsetzen einer klimaverträglichen Landwirtschaft. Die auf den

Herausforderungen aufbauende „Gemeinsame Agrarpolitik“ (GAP) ist darauf ausgerichtet, die Nachhaltigkeit des Sektors zu stärken, indem Digitalisierung und Innovation unterstützt, Bürokratie abgebaut und ein Generationenwechsel herbeigeführt wird. Die Bereiche Klima-, Umwelt-, Gewässer-, Natur- und Tierschutz sollen mit Finanzmitteln gefördert und die Wirtschaftlichkeit ökologisch arbeitender Betriebe optimiert werden. Auch wenn Bewässerungslösungen nicht erwähnt werden, spielen sie bei der Modernisierung des Sektors und bei dem Thema Gewässerschutz eine dezidierte Rolle. [55] Durch die niederschlagsreichen Mittelgebirge wird fast ausschließlich im Südosten von RLP, in der Vorderpfalz bewässert. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** stellt dies deutlich dar. [53]

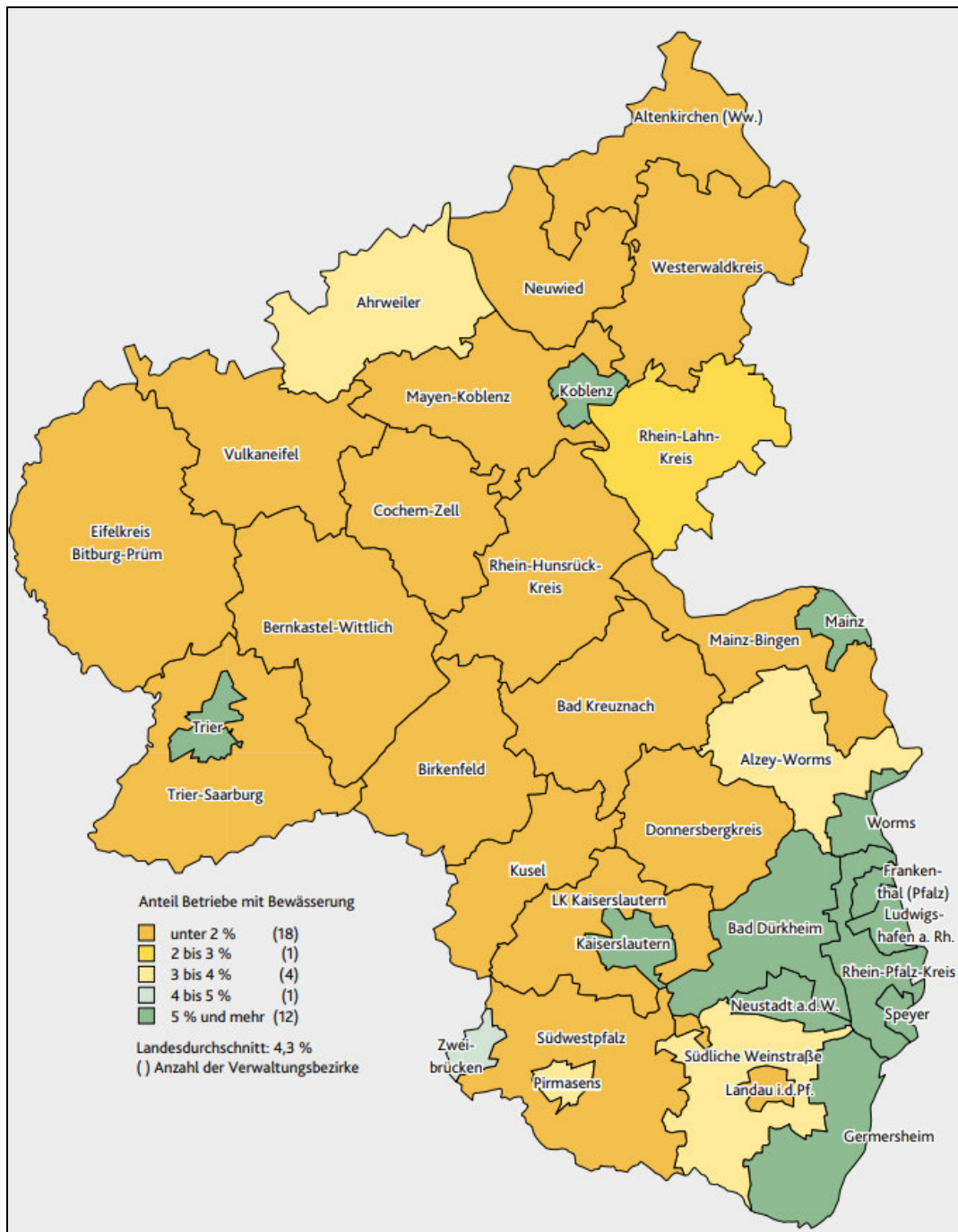


Abbildung 38: Anteil der Betriebe mit Bewässerung in Rheinland-Pfalz 2010, Abbildung übernommen vom Statistischen Bundesamt Rheinland-Pfalz¹⁶ [53]

Zum Porträt des landwirtschaftlichen Sektors ist es notwendig die prägenden Kulturpflanzen zu recherchieren. Im Detail bietet das Statistische Landesamt Rheinland-Pfalz Daten zur Bodennutzung aller relevanter Kulturpflanzen, darunter wurden die Folgenden aus dem Jahr 2020 identifiziert: [54]

• Winterweizen (einschließlich Dinkel und Einkorn)	96.700 ha
• Gerste (Winter- und Sommergerste)	82.300 ha
• Silomais/ Grünmais	35.400 ha
• Hackfrüchte (Kartoffeln, Zuckerrüben)	25.000 ha
• Winterraps	38.100 ha
• Gemüse und Erdbeeren	12.300 ha
• Rebfläche (Wein)	63.900 ha

Welche Kulturen bewässerungswürdig sind, ist stark vom Standort und der Wirtschaftlichkeit des Vorhabens abhängig. In der Regel werden Hackfrüchte, Gemüse und junge Weinreben bewässert. Der Obstbau wird auch für die Versorgung der Pflanzen bewässert, bei Baum-Obst kommt zusätzlich die Praxis der Über- und Unterkronenbewässerung für den Frostschutz zum Einsatz. Zu den Klimawandel induzierten Extremwetterereignissen gehören auch extreme Winter. Um starke Spätfröste zu überstehen, wie beispielsweise im April 2017, können Obstbäuer*innen in Rheinland-Pfalz auf diese schützende Funktion der Bewässerung zurückgreifen. Die Temperatur an der Pflanze kann bei Außentemperaturen von bis zu – 7 °C bei 0 °C konstant gehalten werden. Die Überkronenberegnung ist dabei in Wasserreichen Regionen die effektivste (35 – 42 m³/h/ha), für Regionen mit Wasserstress ist die effizientere Baumstreifenberegnung (Einsparung von 65 % des Wassers im Vergleich zur Überkronenberegnung) eine Alternative. [57]

In den Wachstumsphasen der Früchte kann die Beregnung auch zur Klimatisierung eingesetzt werden. Bei klimatisierender Beregnung können an heißen Tagen deutlich geringere Temperaturen auf dem Obst erreicht und damit die Schäden durch Sonnenbrand reduziert werden. [56] Beregnungsanlagen bieten daher nicht nur Schutz vor Trockenheit, sondern auch vor extremer Sonneneinstrahlung oder Frost.

Insgesamt bietet Rheinland-Pfalz einen guten Nährboden für innovative Beregnungsmethoden, denn es existieren große Wasserressourcen und ein ausgeprägter Anbau bewässerungswürdiger Kulturen. Durch den Klimawandel verschärfte Standortfaktoren machen die Bewässerung immer wirtschaftlicher, sowohl für die Versorgung der Pflanzen als auch für deren Schutz vor Frost und Sonne. Dazu ist das Ministerium für Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz an einem Ausbau umweltschonender Technologien ebenso interessiert wie an der Stärkung der landwirtschaftlichen Betriebe und des ökologischen Anbaus. Dieser Nährboden bietet auch die Möglichkeit innovative Forschungsvorhaben in Rheinland-Pfalz durchzuführen, wie auf einem Bio-Obstbaubetrieb in Grafschaft-Gelsdorf, auf dem die erste Agri-PV Anlage im Apfelanbau in Deutschland installiert wurde, in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut. Die Apfelbäume werden von den PV Modulen vor Starkregen, Hagel und Sonnenbrand geschützt, während nachhaltiger Strom für den Betrieb produziert wird. [58] Mit diesem Strom könnte beispielsweise eine Anlage zur Tröpfchenbewässerung nachhaltig mit Energie versorgt werden.

¹⁶ © Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

5.3 Brandenburg

In Brandenburg wurden im Jahr 2019 eine Fläche von 1.317.500 ha landwirtschaftlich genutzt. Die Aufteilung folgt, etwa 10 % der Fläche wurde ökologisch nachhaltig bewirtschaftet:

- Ackerbau – ca. 1.011.000 ha
- Grünland – ca. 302.000 ha
- Dauerkulturen – ca. 4.000 ha [83]

Für das Porträt des landwirtschaftlichen Sektors in Brandenburg wurde ein Gespräch mit Dr. Andreas Muskulus von der Landwirtschaftlichen Versuchsstation Berge des Instituts für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin geführt. Die Ergebnisse des Gesprächs sind in dieses Kapitel eingearbeitet.

Eine Besonderheit der Landwirtschaft in Brandenburg ist die ausgesprochen geringe Zahl an Agrar-Betrieben. Im Vergleich zu Rheinland-Pfalz in Kapitel 5.2 bewirtschaftet der Agrar- und Landwirtschaftssektor in Brandenburg deutlich mehr Fläche (ca. 700.000 ha in Rheinland-Pfalz), schafft dies aber mit lediglich 5.318 Betrieben (Stand 2016) im Vergleich zu den 16.800 Betrieben in Rheinland-Pfalz. Auch die Arbeitskraft des Sektors ist mit 38.900 Beschäftigten eher gering. Die Gründe dafür sind vielfältig. Das Bundesland ist sehr dünn besiedelt, es hat mit 2,5 Mio. Einwohner*innen die zweit geringste Bevölkerungsdichte der Bundesländer (85 Einwohner pro km³) [80]. Beinahe zwei Drittel der Bevölkerung leben im ländlichen Raum, weshalb es abseits der Regionen in direkter Nähe zu Berlin nur wenig Möglichkeiten für Direkt-Vermarktung der Produkte gibt. Ein weiterer Grund für die Größe der Betriebe ist die historische Bildung der landwirtschaftlichen Unternehmen aus dem Bewirtschaftungssystem der DDR. Die Landwirtschaft in Brandenburg ist demnach stark durch industrielle Prozesse und Wertschöpfungsketten geprägt. So werden beispielsweise die angebauten Kartoffeln hauptsächlich für die Produktion von Stärke verwendet. Der Boden wird vom Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) in Brandenburg als leicht und mit geringer Bodenfruchtbarkeit bezeichnet, hinzu kommt ein geringer Jahresniederschlag. Alle diese Gründe verringern die Wertschöpfung der brandenburgischen Landwirtschaft pro ha bewirtschafteter Fläche und damit die Möglichkeit der sozio-ökonomischen Entwicklung im ländlichen Raum Brandenburgs. [81][82][83]

Vielerorts können Beregnungsanlagen die Wirtschaftlichkeit eines Betriebs langfristig steigern, in Brandenburg ist dies leider meistens nicht der Fall. Die größte Herausforderung für die Bewässerung in dem Bundesland ist, dass die Fähigkeit der Aquifer zur Grundwasserneubildung sehr gering ist (siehe Abbildung 27). Daher wird die Berechtigung zur Wasserentnahme zum Zweck der Bewässerung lediglich erteilt, wenn die Grundwasserbilanz in der Region gesichert ist. Auch aus diesem Grund existieren in Brandenburg nur wenig Anbauflächen mit Dauerkulturen. Aber auch im Ackerbau hat die kaum existente Möglichkeit der Bewässerung Folgen: der im 20. Jahrhundert verbreitete Anbau von bewässerungswürdigen Zuckerrüben zur Zuckergewinnung ist nahezu vollständig zurückgegangen. Die prägenden Kulturen im Jahr 2020 waren: [82] [83]

- Roggen
- Gerste
- Weizen
- Mais
- Raps

Getreidesorten wurden auf 520.000 ha angebaut, Mais auf etwa 211.000 ha und Raps auf etwa 80.000 ha. [83]

Landwirt*innen, die dennoch Beregnungsanlagen nutzen möchten, können sich mit dem „Leitfaden zur Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen“ aus dem Jahr 2005 des damaligen Landesamts für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung in Brandenburg informieren. Dieser Bericht spricht von 25.000 ha, die in

Brandenburg im Jahr 2001 berechnet wurden, eine Zahl die sich laut statistischen Bundesamtes bis 2015 kaum geändert hat – die tatsächlich bewässerte Landfläche in Brandenburg war 2015 24.400 ha (etwa 5 % der gesamten in Deutschland bewässerten Fläche). [84][85]

Das Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität betreibt die Landwirtschaftliche Versuchsstation Berge in Brandenburg, nordwestlich von Berlin gelegen. Dort werden Lösungsansätze für die aktuellen Herausforderungen der Landwirtschaft in Brandenburg untersucht und entwickelt. Auch wenn die gesamten 13 ha bewässert werden können, ist die Bewässerung kein primäres Forschungsgebiet der Anstalt. Der Fokus der Versuchsstation liegt auf der Entwicklung digitalisierter Modelle und Prozesse zur Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff und Kohlenstoff sowie dem Erhalt der Biodiversität.

Da die Landwirtschaft in Brandenburg bis in die 90er Jahre elementar für die Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln war, wurde die Versuchsstation Berge 1951 ursprünglich als Institut für die Entwicklung von Bewässerungsmodellen für Getreide gegründet. Entwickelt wurden beispielsweise Berechnungskalender wie in Abbildung 39 dargestellt.

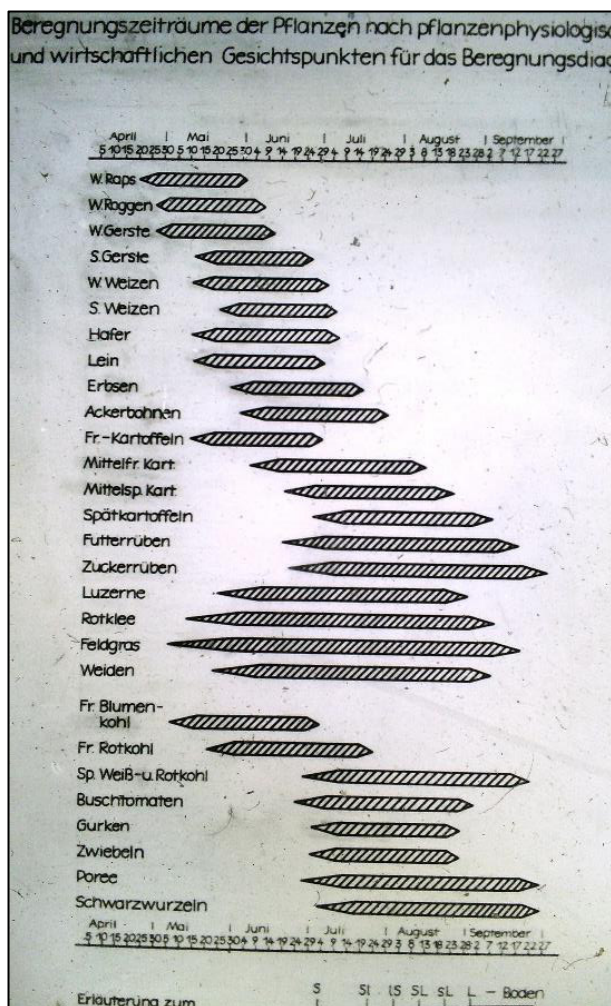


Abbildung 39: Berechnungszeiträume der Pflanzen; entwickelt in der DDR an der Landwirtschaftlichen Versuchsstation Berge



Abbildung 40: Bewässerungsversuche auf der historischen Versuchsstation Berge, Zeitpunkt unklar

Die Entnahme der Wasserressourcen unterlag nicht dem Gebot der ausgeglichenen Grundwasserbilanz, nach der Wiedervereinigung hat sich die elementare Rolle der brandenburgischen Landwirtschaft für die Versorgung der Bevölkerung allerdings verändert. Daher wurde seit den 90er Jahren kaum in Beregnungsanlagen investiert.¹⁷

Die Forschungseinrichtung in Berge symbolisiert demnach die aktuelle Situation und Ausrichtung der Landwirtschaft in Brandenburg und hat die wichtigsten Herausforderungen zum Fokus ihrer Aktivitäten gemacht. Demnach ist zusammenzufassen, dass die Bewässerungslandwirtschaft in Brandenburg keine prägende Rolle spielt und durch die Grundwasserbilanz der Region kein signifikantes Wachstum zu erwarten ist. Lediglich effiziente und wassersparende Technologien, wie beispielsweise Tröpfchenbewässerung, bieten das notwendige technische Potential, doch bei der geringen Zahl an Dauerkulturen – und der auf Getreideanbau konzentrierten Ausrichtung des landwirtschaftlichen Sektors – ist der reale Markt für den Bewässerungslösungen situativ bis gering.

¹⁷ Der Text beruht auf dem Gespräch mit Dr. Andreas Muskulus, Leiter der Landwirtschaftlichen Versuchsstation Berge am Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP); Bilder und Abbildungen wurden von Dr. Muskulus zur Verfügung gestellt

Literatur

- [1] Grosboth, Maike (2015): Wasser Report - Die Welt im Wasserstress - Wie Wasserknappheit die Ernährungssicherheit bedroht; Brot für die Welt – Evangelischer Entwicklungsdienst; Evangelisches Werk für Diakonie und Entwicklung; Berlin; abgerufen unter: https://www.brot-fuer-die-welt.de/fileadmin/mediapool/20_Unsere-Themen/Wasser/Dossier/Analyse49-Wasserstudie-Gesamt-Web.pdf
- [2] Umwelt Bundesamt (2019): Indikator: Nutzung der Wasserressourcen; Webseite; abgerufen unter: <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-nutzung-der-wasserressourcen>
- [3] Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen (2011): Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa; (KOM/2011/0571 endgültig)
- [4] Vereinte Nationen (2018): Ziele für nachhaltige Entwicklung – Bericht 2018; New York; abgerufen unter: <https://www.un.org/depts/german/millennium/SDG%20Bericht%202018.pdf>
- [5] Luo, Tianyi; Young, Robert; Reig, Paul (2015): Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings – Technical Note; World Resources Institute; Washington, D.C.; abgerufen unter: <https://files.wri.org/s3fs-public/aqueduct-water-stress-country-rankings-technical-note.pdf>
- [6] Ritchie, Hannah (2017): Water Use and Stress; Veröffentlicht durch OurWorldInData.org; abgerufen unter: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>
- [7] Brandt, Matthias (2018): Zielmarktanalyse VR China 2018; Branche: Umwelttechnologien; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); abgerufen unter: https://www.ixpos.de/IXPOS18/Content/SharedDocs/Downloads_neu/BMWI-MEP/2017/bmwi-mep-marktstudie-china-umwelttechnologien.pdf?v=4
- [8] OECD (2020): Water withdrawals (indicator); doi: 10.1787/17729979-en; Abgerufen am 04 August 2020 unter <https://data.oecd.org/water/water-withdrawals.htm>
- [9] World Resources Institute (2019): RELEASE: Updated Global Water Risk Atlas Reveals Top Water-Stressed Countries and States; Washington D.C.; abgerufen unter <https://www.wri.org/news/2019/08/release-updated-global-water-risk-atlas-reveals-top-water-stressed-countries-and-states>
- [10] Cohen, Tova (2018): Israeli irrigation firm Netafim sees 50 % earnings rise by 2020; Reuters; abgerufen unter <https://www.reuters.com/article/mexichem-netafim/israeli-irrigation-firm-netafim-sees-50-pct-earnings-rise-by-2020-idUSL8N1R32V3>
- [11] Netafim Website (2020): About Us; abgerufen unter https://www.netafim.com/en/Netafim-irrigation-company_about-us/

- [12] Tagesspiegel (2019): Deutschland bald im Wasserstress? – Dürreperioden lassen Grundwasser und Flusspegel sinken. Andere Länder haben schon lange das Problem; Der Tagesspiegel; abgerufen unter <https://www.tagesspiegel.de/politik/duerre-im-sommer-deutschland-bald-im-wasserstress/24588422.html>
- [13] World Resources Institute (2020): Aqueduct 3.0 Water Risk Atlas; Database; abgerufen unter <https://www.wri.org/aqueduct>
- [14] UBA (2020): Wasserressourcen und ihre Nutzung; Umwelt Bundesamt; Berlin; abgerufen unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserressourcen-ihre-nutzung#deutschlands-wasserfussabdruck>
- [15] The World Bank (2020): Ease of Doing Business Scores; The World Bank Group; Washington D. C.; abgerufen unter <https://www.doingbusiness.org/en/data/doing-business-score>
- [16] UBA (2020): Wassernutzung privater Haushalte; Umwelt Bundesamt; Berlin; abgerufen unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wassernutzung-privater-haushalte#direkte-und-indirekte-wassernutzung>
- [17] UBA (2019): LW-R-6: Landwirtschaftliche Beregnung; Umwelt Bundesamt; Berlin; abgerufen unter <https://www.umweltbundesamt.de/lw-r-6-das-indikator#lw-r-6-landwirtschaftliche-beregnung>
- [18] Destatis (2017): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei; Bewässerung in landwirtschaftlichen Betrieben /Agrarstrukturerhebung 2016; Statistisches Bundesamt; abgerufen unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftliche-Betriebe/Publikationen/Downloads-Landwirtschaftliche-Betriebe/betriebe-bewaesserung-5411205169004.pdf?__blob=publicationFile
- [19] Statistisches Bundesamt (Destatis) (2021): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen - Wichtige Zusammenhänge im Überblick 2020; Broschüre; abgerufen unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/_inhalt.html#sprg229228
- [20] Statistisches Bundesamt (Destatis) (2021): Landwirtschaftliche Bodennutzung - Anbau auf dem Ackerland 2020; abgerufen unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Publikationen/Bodennutzung/anbau-ackerland-vorbericht-2030312208004.pdf?__blob=publicationFile
- [21] Statistisches Bundesamt (Destatis) (2021): Erwerbstätige und Arbeitnehmer nach Wirtschaftsbereichen (Inlandskonzept) 1 000 Personen; <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/Tabellen/arbeitnehmer-wirtschaftsbereiche.html>

- [22] Statistisches Bundesamt (Destatis) (2021): Betriebsgrößenstruktur landwirtschaftlicher Betriebe nach Bundesländern; abgerufen unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftliche-Betriebe/Tabellen/betriebsgroessenstruktur-landwirtschaftliche-betriebe.html#fussnote-A-122912>
- [23] Statistisches Bundesamt (Destatis) (2021): Landwirtschaftliche Betriebe - Ausgewählte Merkmale im Zeitvergleich 2020; abgerufen unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftliche-Betriebe/Tabellen/ausgewaehlte-merkmale-zv.html>
- [24] Wasserinvestment (2019): Wasserfonds – Übersicht und Porträts; abgerufen unter <https://www.wasserinvestments.de/wasserfonds>
- [25] Finanzen.net (2020): Aktuelle Börsenkurse; abgerufen unter <https://www.finanzen.net/>
- [26] Statistisches Bundesamt (2016): Umwelt - Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung - Öffentliche Wasserversorgung; Erschienen am 12. Dezember 2018 korrigiert am 29.01.2019; Artikelnummer: 2190211169004; Fachserie 19 Reihe 2.1.1; abgerufen unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Publikationen/Downloads-Wasserwirtschaft/wasser-oeffentlich-2190211169004.html>
- [27] Statistisches Bundesamt (2016): Umwelt - Nichtöffentliche Wasserversorgung und nichtöffentliche Abwasserentsorgung; Erschienen am 14.08.2018; Fachserie 19 Reihe 2.2; Artikelnummer: 2190220169004; abgerufen unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Publikationen/Downloads-Wasserwirtschaft/wasser-abwasser-nichtoeffentlich-2190220169004.html>
- [28] LAWa (2016): Daten der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser zum Bericht nach Art. 13 der EG-Richtlinie 2000/60/EG; Berichtsportal WasserBLiCK/BfG, abgerufen unter https://www.bafg.de/DE/05_Wissen/01_InfoSys/WasserBLiCK/WasserBLiCK.html
- [29] VERORDNUNG (EG) Nr. 1907/2006 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur; abgerufen unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1907-20140410&from=DE>
- [30] OECD (2006): Current Approaches in the Statistical Analysis of Ecotoxicity Data: A Guidance to Application – OECD Series on Testing and Assessment Number 54; Environment Directorate – Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology; ENV/JM/MONO(2006)18; Paris; abgerufen unter [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=env/jm/mono\(2006\)18](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=env/jm/mono(2006)18)

- [31]Umweltbundesamt (2017): Wasserwirtschaft in Deutschland – Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen; Umweltbundesamt; Dessau-Roßlau; abgerufen unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_wasserwirtschaft_in_deutschland_2017_web_aktualisiert.pdf
- [32]Thru.de (2017): Neue PRTR-Daten 2015 in thru.de; Summary Report-Überblick -Auswertungen; abgerufen unter [https://www.thru.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/01_Topthemen/Neue PRTR-Daten 2015 in thru.de/TOP-Thema neue Daten PRTR2015 FINAL.pdf](https://www.thru.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/01_Topthemen/Neue_PRTR-Daten_2015_in_thru.de/TOP-Thema_neue_Daten_PRTR2015_FINAL.pdf)
- [33]Pfleger, Ingrid Dr. (2010): Bewässerungswasserqualität – Hygienische und chemische Belange; Themenblatt-Nr.: 52.06; Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft; Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz; abgerufen unter https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00020405/Bew%c3%a4sserungswasserqualit%c3%a4t.pdf
- [34]OECD/OCDE (2012): OECD Guidelines for Testing of Chemicals – Bioaccumulation in Fish: Aqueous and Dietary Exposure; No. 305; Section 3, OECD Publishing, Paris; abgerufen unter <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264185296-en.pdf?expires=1598941548&id=id&accname=guest&checksum=6C029A66E9044469B2E98E6612CF157B>
- [35]DWD (2020): Zeitreihen und Trends; Datenbank des DWD; Deutscher Wetterdienst; abgerufen unter <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html?nn=480164>
- [36]PIA: Regenwasser sammeln, speichern und verwenden; Permakultur-Akademie im Alpenraum; Ortner, Marlies; abgerufen unter <https://www.permakultur-akademie.com/2018/10/23/regenwasser-sammeln-speichern-und-verwenden/>
- [37]Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2019): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2019; abgerufen unter: https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Jahrbuch/Agrarstatistisches-Jahrbuch-2019.pdf
- [38]Statistisches Bundesamt (2011): Nacherhebung Bewässerung zur Landwirtschaftszählung 2010; abgerufen unter https://www.destatis.de/DE/Methoden/WISTA-Wirtschaft-und-Statistik/2011/12/bewaesserung-landwirtschaftszaehlung-2010-122011.pdf;jsessionid=DF84FB64DED41C9C27178DDAE83FE09F.live731?_blob=publicationFile
- [39]Umweltbundeamt (2016): LW-R-6: Landwirtschaftliche Beregnung; abgerufen unter <https://www.umweltbundesamt.de/lw-r-6-das-indikator#lw-r-6-landwirtschaftliche-beregnung>

- [40] Statistisches Bundesamt (2017): Bewässerung in landwirtschaftlichen Betrieben/ Agrarstrukturerhebung 2016; Land- und Forstwirtschaft, Fischerei; abgerufen unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftliche-Betriebe/Publikationen/Downloads-Landwirtschaftliche-Betriebe/betriebe-bewaesserung-5411205169004.pdf;jsessionid=B0B298DB45A297C05EB60666385AF869.live721?_blob=publicationFile
- [41] Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011): Agrarstrukturen in Deutschland – Einheit in Vielfalt; Agrarerhebung 2010; abgerufen unter https://www.statistikportal.de/sites/default/files/2017-07/landwirtschaftszaehlung_2010.pdf
- [42] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Grundwasservorkommen von Deutschland nach Art der Grundwasserleiter; Grafik; abgerufen unter https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/abb_gw-vorkommen.html;jsessionid=80ACF4892DC6C9383A72B544C416EEB2.2_cid321?nn=1542268
- [43] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Die Grundwasservorkommen von Deutschland; abgerufen unter https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/grundwasser_deutschland.html
- [44] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Mittlere jährliche Grundwasserneubildung 1961 - 1990; Grafik; abgerufen unter https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Produkte/Downloads/abb_gw-neubildung_pdf.pdf;jsessionid=80ACF4892DC6C9383A72B544C416EEB2.2_cid321?_blob=publicationFile&v=3
- [45] Wasserverband Hessisches Ried (2019): Grundwasserbewirtschaftung im Hessischen Ried; abgerufen unter https://www.whr-infiltration.de/fileadmin/user_upload/WHR/aufgaben/WHR-Broschu%CC%88re_05-2021_.pdf
- [46] Umweltbundesamt (2017): Gewässer in Deutschland – Zustand und Bewertung; abgerufen unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/170829_uba_fachbroschure_wasse_rwirtschaft_mit_anderung_bf.pdf
- [47] Umweltbundesamt (2021): Wasserwiederverwendung; Webseite; abgerufen unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserwiederverwendung#nutzung-aufbereiteten-wassers-zur-ressourcenschonung-in-der-europaischen-union>
- [48] Umweltbundesamt (2016): Rahmenbedingungen für die umweltgerechte Nutzung von behandeltem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung; Texte 34/2016; abgerufen unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_34_2016_rahmenbedingungen_fuer_die_umweltgerechte_nutzung_von_behandeltem_abwasser_0.pdf

- [49]Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2021): Merkblatt DWA-M 1200 „Anwendung der Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke“ – Vorhabenbeschreibung und Aufruf zur Mitarbeit; abgerufen unter <https://de.dwa.de/de/regelwerksankuendigungen-volltext/merkblatt-dwa-m-1200-anwendung-der-wasserwiederverwendung-fuer-landwirtschaftliche-und-urbane-zwecke.html>
- [50]WavE – Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (2021): Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser – Laufende Verbundprojekte; abgerufen unter: <https://bmbf-wave.de/Verbundprojekte+nach+Themenfeldern/Kommunales+Abwasser.html>
- [51]Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft: Klimawandel und Landwirtschaft; abgerufen unter: <https://www.kwis-rlp.de/klimawandelfolgen/landwirtschaft/>
- [52]Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft: Zeitreihe der thermischen Situation in Rheinland-Pfalz; abgerufen unter: <https://www.kwis-rlp.de/daten-und-fakten/thermalkartierung/>
- [53]Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz (2010): Anteil der landwirtschaftlichen Betriebe mit Bewässerung an den landwirtschaftlichen Betrieben 2010 nach Verwaltungsbezirken; abgerufen unter: https://www.statistik.rlp.de/fileadmin/dokumente/nach_themen/lan/karten/Bewaessering_Rahmen.pdf
- [54]Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz (2020): Statistische Berichte – Bodennutzung landwirtschaftlicher Betriebe 2020; abgerufen unter https://www.statistik.rlp.de/fileadmin/dokumente/berichte/C/1013/C1013_2020001j_L1.pdf
- [55]Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz (2019): Agrarbericht 2019; Mainz; abgerufen unter https://mwvlw.rlp.de/fileadmin/mwkel/Broschueren//Agrarbericht_2019.pdf
- [56]Gerhard Baab; Döme Barna (2017): Sonnenbrand am Apfel; erschienen in Obstbau; Ausgabe 06/2017; Seite 346 – 354; DLR Rheinpfalz; Universität Debrecen
- [57]Elke Immik (2019): Wie Wasser wärmt; DLR Rheinpfalz Oppenheim; Poma Magazin Seite 14-17; Ausgabe Februar 2019
- [58]Meike Siebel (2021): Solarmodule gegen Wind und Wetter; Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen; Gartenbauprofi – Monatsschrift für Obst, Gemüse und Zierpflanzen; Ausgabe 5/21

- [59] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2011): Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie und ihre Umsetzung in Deutschland; abgerufen unter <https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/binnengewasser/gewaesserschutzpolitik/deutschland/umsetzung-der-wrrl-in-deutschland>
- [60] Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK): Europäische Wasserrahmenrichtlinie - Ziele und Umsetzung im Land Brandenburg; abgerufen unter <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/umwelt/wasser/gewaesserschutz-und-entwicklung/europaeische-wasserrahmenrichtlinie-im-ueberblick/#>
- [61] Europäische Gemeinschaften (EG) (2002): Die Wasserrahmenrichtlinie. Tauchen Sie ein!; abgerufen unter https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwie9Kvs6LfYAhWH-gQKHRYICvcQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Fenvironment%2Fwater%2Fwater-framework%2Fpdf%2Ftapintoit_de.pdf&usg=AOvVaw1DZAAtOJCTE8Q2KLe1pmos.
- [62] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL Bayern) (2021): Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie im landwirtschaftlichen Bereich; abgerufen unter <https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/031536/index.php>
- [63] Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (BMJV) (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts; abgerufen unter https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/_5.html
- [64] Dr. Zinke, Olaf (2019): Dürre: Bewässerung lohnt nur bei hohen Preisen; abgerufen unter <https://www.agrarheute.com/management/betriebsfuehrung/duerre-bewaesserung-lohnt-nur-hohen-preisen-558629>
- [65] Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (BMJV) (2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Ogewv); abgerufen unter http://www.gesetze-im-internet.de/ogewv_2016/
- [66] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2021): Nationale Wasserstrategie, abgerufen unter <https://www.bmu.de/download/nationale-wasserstrategie/>
- [67] Dr. Schimmelpfennig, Sonja; Dr. Heidecke, Sonja, Jano Anter (2017): Herausforderungen für die Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen in Deutschland, in: Bewässerung in der Landwirtschaft, Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg, Thünen Working Paper 85.
- [68] Bockholt, Karl (2020): Künftig mehr Beregnung nötig: Rechtzeitig gegen Wassernot wappnen; abgerufen unter <https://www.agrarheute.com/pflanze/getreide/kuenftig-mehr-beregnung-noetig-rechtzeitig-gegen-wassernot-wappnen-576215>

- [69] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (2005): Umsetzungsbeispiele für Maßnahmen zur gewässerschonenden Landbewirtschaftung; abgerufen unter https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/umsetzbsp_landbew.pdf
- [70] Statistisches Bundesamt (Destatis) (2021): Wem gehört die Landwirtschaft? Bedeutung von Unternehmensgruppen erstmals untersucht. Pressemitteilung Nr. N 047 vom 20. Juli 2021; abgerufen unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/07/PD21_N047_41.html
- [71] Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) (2019): Die Wasserentnahmeentgelte der Länder; abgerufen unter <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/die-wasserentnahmeentgelte-der-laender/>.
- [72] Umweltbundesamt (UBA) (2011): Weiterentwicklung von Abwasserabgabe und Wasserentnahmeentgelten zu einer umfassenden Wassernutzungsabgabe; abgerufen unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/weiterentwicklung-von-abwasserabgabe>
- [73] Crüwell, Ulrich (2021): "Landgrabbing" Äcker als Spekulationsobjekt; abgerufen unter <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/finanzen/landgrabbing-agrarferne-investoren-101.html>
- [74] Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2016): Demonstrationsbetriebe zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des Bewässerungsmanagements im Freilandgemüsebau; abgerufen unter https://service.ble.de/ptdb/index2.php?detail_id=26721&site_key=141&stichw=Bew%C3%A4sserungssteuerung&zeilenzahl_zaeher=21
- [75] Fricke, Ekkehard, Meyer, Andreas (2017): Wasser marsch, um Erträge zu sichern, in: LAND & Forst, Nr. 16; abgerufen unter www.koordinierungsstelle-bewaesserung.de/fileadmin/user_upload/Fachthemen/Bewaesserungstechnik/BewaesserungBerechnung.pdf
- [76] Höner, Guido (2014): Kreis statt Kanone; abgerufen unter <https://www.topagrar.com/technik/aus-dem-heft/kreis-statt-kanone-9666027.html>
- [77] Umweltbundesamt (UBA) (2021): Wasserwiederverwendung; abgerufen unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserwiederverwendung#nutzung-aufbereiteten-wassers-zur-ressourcenschonung-in-der-europaischen-union>

- [78] Statistisches Bundesamt (Destatis) (2017): Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2015; abgerufen unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Tabellen/bewaesserungsmoeglichkeiten.html>
- [79] Gendries, Siegfried (2018): Hitzewelle und Dürre: Big Data hilft bei Bewässerung in der Landwirtschaft; abgerufen unter <https://www.lebensraumwasser.com/hitzewelle-und-duerre-big-data-hilft-bei-bewaesserung-in-der-landwirtschaft/>
- [80] Statist (2021): Bevölkerungsdichte (Einwohner je km²) in Deutschland nach Bundesländern zum 31. Dezember 2019; abgerufen unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1242/umfrage/bevoelkerungsdichte-in-deutschland-nach-bundeslaendern/>
- [81] Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2021): Produktionswert der Landwirtschaft – in jeweiligen Preisen – in Deutschland 1991 bis 2019 nach Bundesländern; abgerufen unter https://www.statistik-bw.de/LGR/DE_PW_LR.asp
- [82] Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK): Acker- und Pflanzenbau; Webseite abgerufen unter: <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/landwirtschaft/acker-und-pflanzenbau/>
- [83] Statistik Berlin-Brandenburg: Landwirtschaft 2020 in Brandenburg; Basisdaten; abgerufen unter <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/land-und-forstwirtschaft>
- [84] Dr. Andre Lüttger; Bärbel Dittmann; Dr. Heinz Sourell (2005): Leitfaden zur Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen; Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MLUV); abgerufen unter <https://opus4.kobv.de/opus4-slbp/frontdoor/index/index/docId/4991>
- [85] Statistisches Bundesamt (2017): Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2015; abgerufen unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Tabellen/bewaesserungsmoeglichkeiten.html>
- [86] Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021): Landwirtschaft in Hessen; abgerufen unter <https://umwelt.hessen.de/landwirtschaft/landwirtschaft-und-laendliche-raeume/landwirtschaft-hessen>
- [87] Schneider, Andreas (2021): Ergebnisse der Agrarstrukturerhebung 2020; abgerufen unter <https://llh.hessen.de/unternehmen/agrarstatistik/ergebnisse-der-agrarstrukturerhebung/>

- [88]Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021): Ökologischer Landbau; abgerufen unter <https://umwelt.hessen.de/landwirtschaft/oekologischer-landbau>
- [89]Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2020): Landwirtschaft in Hessen. Ausgewählte Daten & Fakten; abgerufen unter <https://llh.hessen.de/unternehmen/agrarstatistik/>
- [90]Europäische Kommission (2021): Die Gemeinsame Agrarpolitik auf einen Blick; abgerufen unter https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cap-glance_de
- [91]Göggerle, Thomas (2020): Landwirtschaft 4.0: Was nützt die Digitalisierung kleinen Betrieben; abgerufen unter <https://www.agrarheute.com/technik/landwirtschaft-40-nuetzt-digitalisierung-kleinen-betrieben-568609>
- [92]Göggerle, Thomas (2021): An Smart Farming kommt kein Landwirt vorbei!; abgerufen unter <https://www.agrarheute.com/technik/smart-farming-kommt-kein-landwirt-vorbei-576815>
- [93]Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021): EU-Fördersystematik; abgerufen unter <https://umwelt.hessen.de/landwirtschaft/agrarpolitik-strukturdaten-und-umweltprogramm/eu-foerdersystematik>
- [94]Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2019): Grundzüge der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) und ihrer Umsetzung in Deutschland; abgerufen unter <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/eu-agrarpolitik-und-foerderung/gap/gap-nationale-umsetzung.html>
- [95]Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2021): GAP-Strategieplan für die Bundesrepublik Deutschland; abgerufen unter <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/eu-agrarpolitik-und-foerderung/gap/gap-strategieplan.html;jsessionid=3C57D91C2C66BE34BE6F3E2886B6C23E.live851>
- [96]Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2021): Bewässerung; abgerufen unter <https://llh.hessen.de/pflanze/bewaesserung/>
- [97]Grimm, Vera; Glauner, Christoph; Eickenbusch, Heinz; Zweck, Axel (2008): Wasserknappheit & Technologie – Übersichtsstudie; Zukünftige Technologien Consulting des VDI-Technologiezentrums; Im Auftrag des VDI e.V.; Zukünftige Technologien Nr. 76; Düsseldorf; abgerufen unter <https://www.vditz.de/service/publikationen/details/wasserknappheit-technologie>
- [98]Kruse, Sandra (2018)Rechtliche Aspekte und Konflikte landwirtschaftlicher Wassernutzung, in: Bewässerung in der Landwirtschaft, Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg, Thünen Working Paper 85

- [99] Beregnungswasserverband Hessisches Ried (WHR-Beregnung) (2021): Aufgaben; abgerufen unter <https://www.whr-beregnung.de/>
- [100] Beregnungsverband Hessisches Ried (WHR-Beregnung) (2021): Karte Verbandsgebiet; abgerufen unter <https://www.whr-beregnung.de/#c995>
- [101] Scheyer, Ralph (2021): Projekt zur Digitalisierung geht an den Start; abgerufen unter <https://llh.hessen.de/unternehmen/technik-energie-und-bauen/digitalisierung/projekt-zur-digitalisierung-geht-an-den-start/>
- [102] Scheyer, Ralph (2021): Mit intelligenten Wasserzähler-Systemen den Verbrauch senken; abgerufen unter <https://llh.hessen.de/unternehmen/technik-energie-und-bauen/digitalisierung/mit-intelligenten-wasserzaehler-systemen-den-verbrauch-senken/>