

Klimawirkungsanalyse Trockenheit

Anpassungsstrategien zum Umgang mit den Folgen von Trockenheit in Olfen

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

tu technische universität
dortmund
Institut für
Raumplanung **IRPUD**

 **Olfen**
ein gutes Stückchen Münsterland

Projektteam ANFO

Projektpartnerschaft:	Technische Universität Dortmund, Institut für Raumplanung (IRPUD) Stadt Olfen
Verbundkoordination:	Prof. Dr. Stefan Greiving (IRPUD, TU Dortmund)
Teilprojektleitung:	Christopher Schmalenbeck (Stadt Olfen)
Projektbearbeiter*innen:	Hannah Sassen, Juliane Wright, Philip Kruse (bis 04/2021) (IRPUD, TU Dortmund) Pauline Fehrmann (Stadt Olfen)

Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) aufgrund eines Beschluss des deutschen Bundestages. Förderprogramm: Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. Förderschwerpunkt: Förderschwerpunkt 3 – Kommunale Leuchtturmvorhaben sowie Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen. Fördernummer: 67DAS185A

Dortmund, den 17.12.2021

INHALT

VERZEICHNISSE.....	3
1. EINLEITUNG	1
2. METHODE.....	2
KLIMATISCHE EINFLÜSSE	7
3. Kerneergebnisse zum Klimatischen Einfluss	7
3.1 Niederschlag	8
3.2 Temperatur	9
3.3 Klimatische Wasserbilanz.....	10
TROCKENHEITSFOLGEN ERSTER ORDNUNG	12
4. Handlungsfelder Wasserhaushalt, Boden und Biologische Vielfalt	12
4.1 Kerneergebnisse der Klimawirkungen erster Ordnung	14
4.1.1 Indikatorenspezifische Analyse im Handlungsfeld Wasserhaushalt	16
4.1.2 Indikatorenspezifische Analyse im Handlungsfeld Boden	24
4.1.3 Indikatorenspezifische Analyse im Handlungsfeld Biologische Vielfalt	28
TROCKENHEITSFOLGEN ZWEITER ORDNUNG	30
5. Handlungsfeld Landwirtschaft.....	30
5.1 Kerneergebnisse im Handlungsfeld Landwirtschaft	32
5.2 Indikatorenspezifische Analyse im Handlungsfeld Landwirtschaft.....	33
5.3 Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Landwirtschaft	38
6. Handlungsfeld Forstwirtschaft.....	39
6.1 Kerneergebnisse im Handlungsfeld Forstwirtschaft	41
6.2 Indikatorenspezifische Analyse im Handlungsfeld Forstwirtschaft.....	43
6.3 Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Forstwirtschaft	53
7. Handlungsfeld Stadtentwicklung.....	54
7.1 Kerneergebnisse im Handlungsfeld Stadtentwicklung	55
7.2 Indikatorenspezifische Analyse im Handlungsfeld Stadtentwicklung	56
7.3 Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Stadtentwicklung	71
8. Handlungsfeld Wasserwirtschaft.....	72
8.1 Kerneergebnisse im Handlungsfeld Wasserwirtschaft	74
8.2 Indikatorenspezifische Analyse im Handlungsfeld Wasserwirtschaft.....	75
8.3 Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Wasserwirtschaft	87
Anhang	88
Bewertung der Gewissheit.....	88
Priorisierung von Handlungserfordernissen	91
Klimawirkungsketten.....	93
Quellenverzeichnis	100
Literaturverzeichnis	100

VERZEICHNISSE

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dürremagnituden im Gesamtboden in der Vegetationsperiode April bis Oktober	1
Abbildung 2: Klimawirkungskette für Dürre	3
Abbildung 3: Zeitscheiben für die Analyse	4
Abbildung 4: Mittlerer jahreszeitlicher Niederschlag im Kreis Coesfeld	8
Abbildung 5: Mittlere jahreszeitliche Temperatur im Kreis Coesfeld	9
Abbildung 6: Tatsächliche jahreszeitliche Evapotranspiration im Kreis Coesfeld	10
Abbildung 7: Saisonale klimatische Wasserbilanz im Kreis Coesfeld	11
Abbildung 8: Waldtypen in Olfen	28
Abbildung 9: Veränderung der Anbauflächen landwirtschaftlicher Erzeugnisse 2015 - 2021	36
Abbildung 10: Absterberaten aller Baumarten 2020	48
Abbildung 11: Klassifizierung von Waldentwicklungstypen nach Standortfaktoren	52
Abbildung 12: Hauptbodenarten in Olfen	57
Abbildung 13: Temperaturvergleich Straßengrünung	65
Abbildung 14: Klimawirkungsanalyse Hitze und Bevölkerung – Verschneidung des normalisierten klimatischen Einflusses mit der normalisierten Sensitivität	67
Abbildung 15: Klimawirkungs Hitze und Gewerbe - Verschneidung des normalisierten klimatischen Einflusses mit der normalisierten Sensitivität	68
Abbildung 16: Übersichtskarte des Wasserwerks Haltern im Einzugsgebiet der Talsperren	73
Abbildung 17: Wasserstand des Pegels Olfen Füchtelner Mühle 2020	76
Abbildung 18: Einspeisung von Kanalwasser in die Stever	78
Abbildung 19: Entwicklung der Mengen öffentlicher Wasserversorgung im Kreis Coesfeld	81
Abbildung 20: Genehmigte Mengen privater Wasserentnahme in Olfen in m ³ /a	83
Abbildung 21: PMS Frachten in der Stever von 2011 bis 2020	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittlerer Niederschlag für den Referenzzeitraum und Zukunftsszenarien	9
Tabelle 2: Ermittelter Änderungsfaktor für den Direktabfluss	17
Tabelle 3: Ermittelter Änderungsfaktor für die Grundwasserneubildung	22
Tabelle 4: Ertragsänderungen von Silomais und Winterweizen	34
Tabelle 5: Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Landwirtschaft	38
Tabelle 6: Zuwachs des Vorrates [m ³ /ha/a] nach Baumartengruppe	43
Tabelle 7: Auswertung des Holzzuwachses in m ³ /ha/a nach Baumarten	44
Tabelle 8: Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Forstwirtschaft	53
Tabelle 9: Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Stadtentwicklung	71
Tabelle 10: Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Wasserwirtschaft	87

1. EINLEITUNG

Die Folgen des Klimawandels sind in Deutschlands Kommunen deutlich spürbar. Nicht nur Starkregenereignisse, Hochwasser und Orkane stellen die Kommunen vor große Herausforderungen, auch Hitze und Trockenheit bringen zunehmend gravierende Folgen mit sich. Angesichts der sich bundesweit verschärfenden Problematik von Trockenheit und deren zahlreichen Auswirkungen auf den Raum und die Gesellschaft wird im Rahmen des Projektes ANPASSUNGSSTRATEGIE ZUM UMGANG MIT DEN FOLGEN VON TROCKENHEIT IN OLFEN (ANFO) ein Vorgehen entwickelt, welches die klimatischen Veränderungen mit Bezug zur Trockenheit erfasst und nach Strategien und Maßnahmen sucht, sich an diese anzupassen.

Insbesondere die langanhaltenden Trockenperioden in den Jahren 2018 bis 2020 führten dazu, dass 40 % des Bundesgebiets von außergewöhnlicher Dürre betroffen waren (siehe Abbildung 1). Auch die im Westmünsterland gelegene Kleinstadt Olfen war betroffen. In der hiesigen Landwirtschaft wurden erhebliche Ernteaufschläge sowie Qualitätsverluste verzeichnet. 2018 wurde das erste Mal seit Einführung des Dürremonitors an mehr als 50 Tagen eine hohe Waldbrandstufe ausgegeben (LANUV 2019a). Aufgrund der Trockenheit kam es auch auf den städtischen Grün- und Freiflächen vermehrt zu Trockenstress weshalb die Bewässerungskapazitäten des örtlichen Bauhofs derart überschritten wurden, dass die freiwillige Feuerwehr mit ihren Löschfahrzeugen wiederholt aushelfen musste. Trotz dieser Bemühungen starben als Folge des Sommers 2020 im Stadtgebiet von Olfen 138 Bäume. Des Weiteren musste die Kreisverwaltung Coesfeld die Wasserentnahme zur landwirtschaftlichen Bewässerung aufgrund niedriger Pegelstände aus dem Fluss Stever einschränken.

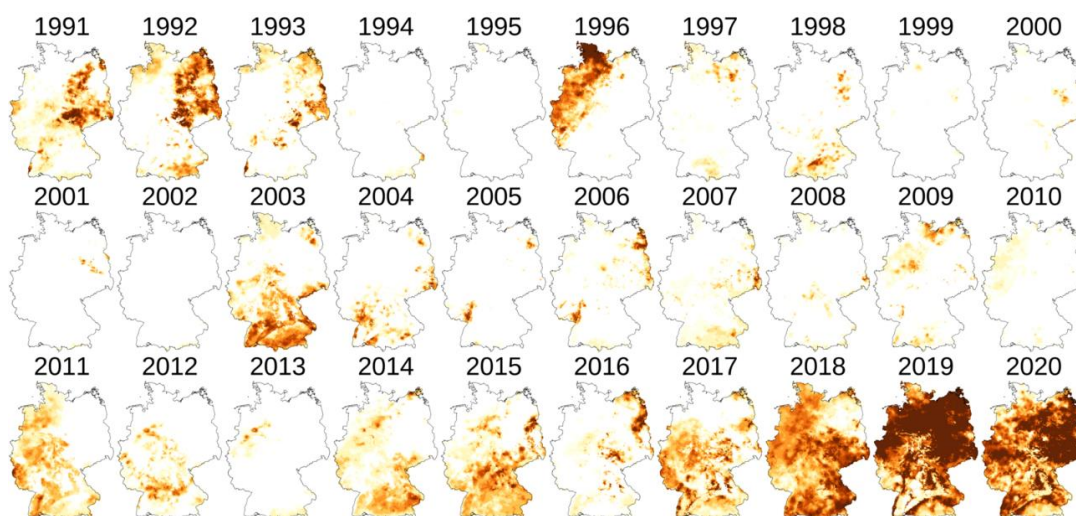


Abbildung 1: Dürremagnituden im Gesamtboden in der Vegetationsperiode April bis Oktober (UFZ 2021)

2. METHODE

Das Ziel der KLIMAWIRKUNGSANALYSE TROCKENHEIT ist es, Wissen über den Einfluss geänderter klimatischer Bedingungen auf den Raum zu ermitteln. Mit Hilfe der Analyse wird ein Bewusstsein für die Auswirkungen des Klimawandels und die Bedeutung der zukünftigen räumlichen Entwicklung, sowie eine Evidenzgrundlage für mögliche Anpassungsmaßnahmen geschaffen. Dafür werden die für Olfen spezifischen Klimawirkungen untersucht.

- ▶ „Eine Klimawirkung beschreibt im Allgemeinen die beobachtete oder potentielle Wirkung des klimatischen Einflusses auf das System unter Berücksichtigung der entsprechenden Sensitivität und des räumlichen Auftretens“ (Adelphi et al. 2017, S. 10).

Sensitive Systeme, wie zum Beispiel landwirtschaftliche Nutzungen, werden durch Klimaveränderungen beeinflusst. Die KLIMAWIRKUNGSANALYSE TROCKENHEIT zielt darauf ab, die Auswirkungen des gegenwärtigen und zukünftigen Klimas auf den gegenwärtigen und zukünftigen Raum abzubilden. Für die Untersuchung von Trockenheit sind Niederschlag und Temperatur die relevanten klimatischen Einflüsse. Um die Auswirkungen der Klimaveränderungen systematisch zu erfassen, wurden die für Olfen relevanten Handlungsfelder definiert. Da einige Handlungsfelder unmittelbar von den Klimaveränderungen betroffen sind, werden Trockenheitsfolgen in den Bereichen Wasserhaushalt, Boden und Biologische Vielfalt im Folgenden der ersten Ordnung zugeteilt. Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Stadtentwicklung und die Wasserwirtschaft sind mittelbar durch die Trockenheitsfolgen der zuvor genannten Handlungsfelder betroffen und werden deshalb als Klimawirkungen zweiter Ordnung bezeichnet.



Der nachfolgende Bericht kann wie folgt gelesen werden:

- Kernergebnisse der Klimafolgen in den unterschiedlichen Handlungsfeldern
- Indikatorenspezifische Analyse in den unterschiedlichen Handlungsfeldern
 - Erklärung Indikator
 - Beobachtungsdaten
 - Zukunftsszenarien
- Ableitung von Handlungserfordernissen

Innerhalb dieser Handlungsfelder wurden alle theoretisch möglichen Auswirkungen von Trockenheit bzw. Klimawirkungen gesammelt. Dazu wurden Klimawirkungsketten erstellt, die den Zusammenhang zwischen den einzelnen Trockenheitsfolgen illustrieren (siehe Abbildung 2). Auf Grundlage dieser Wirkungsketten wurden die einzelnen Trockenheitsfolgen untersucht und die möglichen zukünftigen Veränderungen herausgearbeitet. Eine ausführliche Beschreibung der Methodik kann dem noch zu veröffentlichen Leitfadenmodul 1 - KLIMAWIRKUNGSANALYSE TROCKENHEIT entnommen werden.

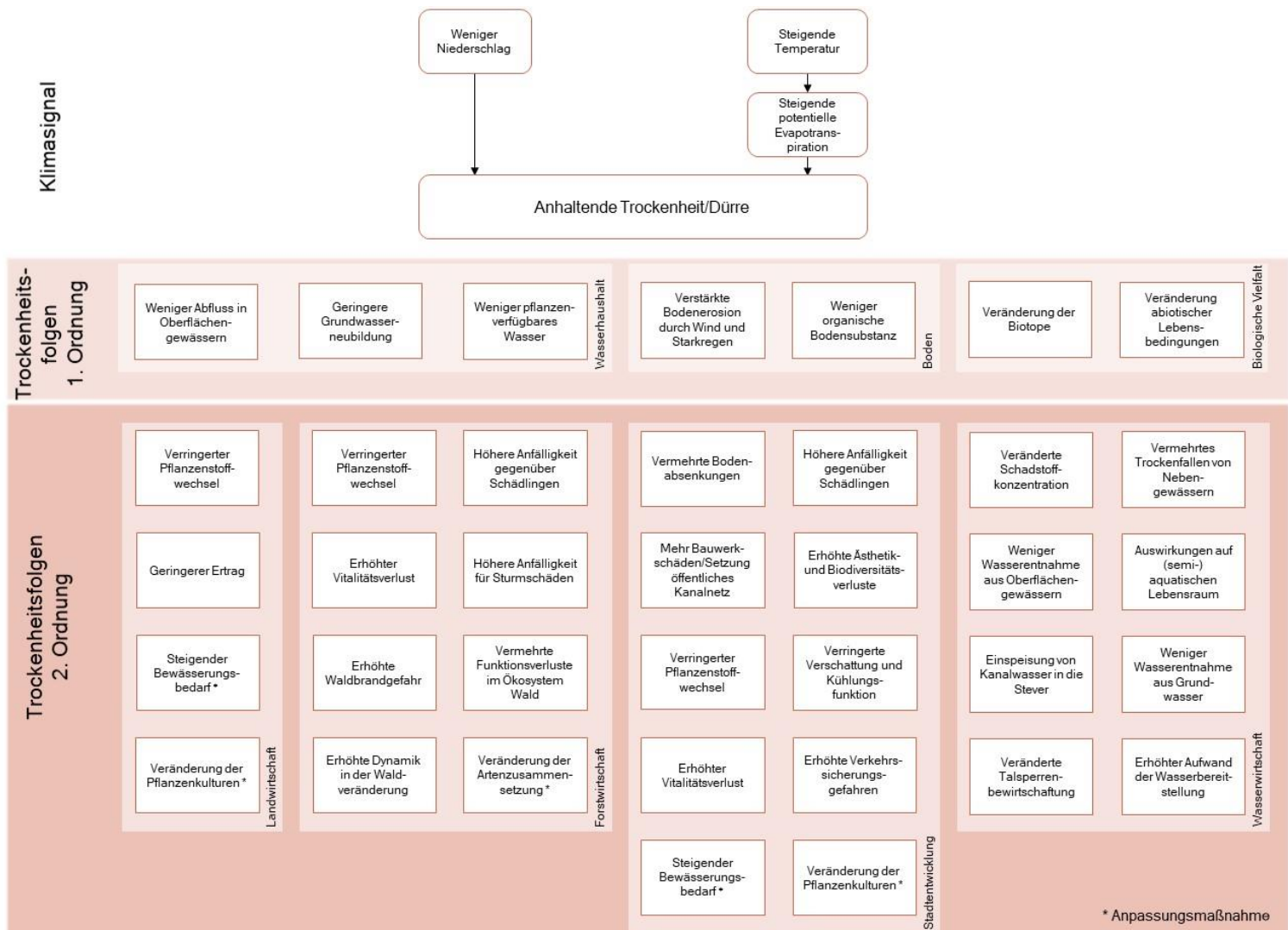


Abbildung 2: Klimawirkungskette für Dürre (Eigene Darstellung)

Aufgrund der Zukunftsausrichtung der Untersuchungsinhalte muss die Klimawirkungsanalyse den zeitlichen Bezug systematisch berücksichtigen. Sowohl die untersuchte externe Einflussgröße, demnach die Ausprägung des klimatischen Einflusses, als auch die Sensitivität selbst verändern sich im Zeitverlauf (t_1 - t_0) (Adelphi et al. 2017, S. 10). Im durchgeführten Forschungsvorhaben in Olfen werden für den Referenzzeitraum (t_0) die Daten der Zeitscheibe 1971-2000 gewählt, während die Daten für die nahe Zukunft (t_1) durch Projektionen für die Zeitscheibe

2031-2060 abgebildet werden. Eine Übersicht der zeitlichen Änderung ist in der folgenden Abbildung 3 dargestellt.

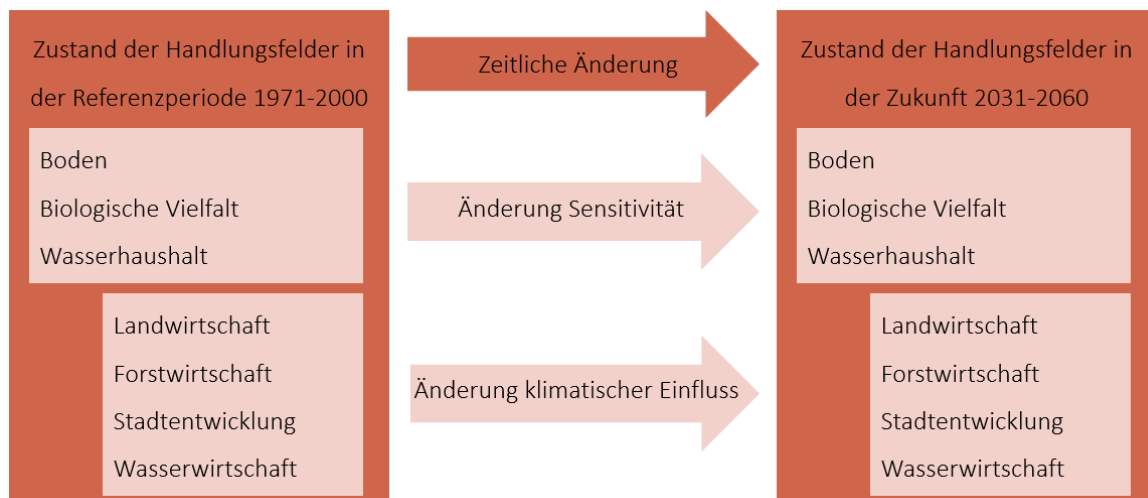


Abbildung 3: Zeitscheiben für die Analyse (eigene Darstellung)

Da zukünftige Projektionen immer mit Unsicherheiten verbunden sind, ist eine Betrachtung von Szenarien notwendig. Die im FÜNFTEN SACHSTANDSBERICHT DES INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC] veröffentlichten Klimawandelszenarien beschreiben für verschiedene Verläufe der globalen Treibhausgaskonzentrationen verschiedene Klimaprojektionen. Aufgrund der Unsicherheit über das Maß der zukünftigen Emissionen und somit den davon abhängigen Klimaszenarien, sollten bei der Betrachtung von Projektionen die Daten verschiedener Representative Concentration Pathways [RCP] betrachtet werden (Deutscher Wetterdienst o. J.-c).

- Bei den Projektionen für die Zeit 2031-2060 werden die Treibhausgaskonzentrationsszenarien RCP 4.5 und 8.5 herangezogen. Diese zielen darauf ab, die Bandbreite von einem mäßigen Klimawandel (RCP 4.5) bis zu einem starken Wandel (RCP 8.5) abzubilden. Um das Ausmaß einer außergewöhnlich anhaltenden Trockenheit zu verdeutlichen, die in den Durchschnittswerten 30-jähriger Zeitreihen nicht ersichtlich sind, wurden in Einzelfällen die Werte der Jahre 2018 und 2019 herangezogen.

Die Kartendarstellungen der nachfolgenden Analyse werden überwiegend in der Größe der vorliegenden kleinräumigen Klimatope dargestellt, um die Raumstruktur genau wiederzugeben und Unterschiede zu verdeutlichen. Die Ausdehnungen der Klimatope ergeben sich aus der landesweiten Klimaaanalyse des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen [LANUV].

In Anlehnung an die Vulnerabilitätsstudie Deutschland werden die Analyseergebnisse nach ihrem Grad der Gewissheit bewertet (Adelphi et al. 2015, S. 57). Dabei wird zwischen berechneten Klimawirkungen, die über Modelle oder Proxyindikatoren operationalisiert sind und erfragten Klimawirkungen, die über Interviews abgebildet werden, unterschieden. Die Skala für die Bewertung der Aussagengewissheit wird in die drei Kategorien „gering“ über „mittel“ bis „hoch“ eingeteilt.

- Alle Analyseergebnisse mit dem abgeleiteten Trend und Abschätzung der Gewissheit wurden im Rahmen von Validierungsworkshops mit Fachexpert*Innen und lokalen Akteur*Innen diskutiert und überprüft.

i

Erläuterung von Symbolen

Trend

	Abnahme
	Zunahme
	Gleichbleibend
	Leichte Zunahme
	Leichte Abnahme

Gewissheit der Aussage*

	Hoch
	Mittel
	Gering



Unklarheit

** Weitere Informationen zur Einschätzung der Gewissheit und die Bewertung aller Klimawirkungen befinden sich im Anhang*

Für die Ableitung von Handlungserfordernissen gilt es klar zwischen Sach- und Wertebene zu unterscheiden. Die Klimawirkungsanalyse bereitet die Sachebene auf, da dabei untersucht welcher Trend der Wirkung zugrunde liegt. Die Wertebene beurteilt unabhängig vom Trend, welche Bedeutung konkrete sensitive Systeme (bspw. Erträge, Artenzusammensetzung) für die Bevölkerung haben. Die

Wertebene bildet somit die Bedeutung der Klimawirkung ab, während sie Sachebene die konkrete Klimawirkung bestimmt.

- Eine klare Trennung von Sach- und Wertebene stellt dabei ein wichtiges Qualitätskriterium für die Erstellung von Klimawirkungsanalysen dar (Greiving 2019).

Die Zusammenführung von Sach- und Wertebene drückt sich in der Identifizierung des Handlungsbedarfs aus. Beide Ebenen werden dabei gleichgewichtet berücksichtigt und in einer Matrix zusammengeführt. Bei einer starken Klimawirkung und einer hohen Bedeutung ist das Handlungserfordernis dementsprechend am höchsten. Der Handlungsbedarf innerhalb eines Handlungsfeldes wird am Ende des jeweiligen Kapitels zum Handlungsfeld zusammenfassend aufbereitet.

Die Bewertung der Wertebene wurde stellvertretend für die Ansichten der Olfener Stadtbevölkerung von den Projektpartnern in der Stadtverwaltung Olfen vorgenommen. Das berücksichtigte Maß der Änderung (Sachebene) bezieht sich auf die Trend-Projektion für das Extremereignis langanhaltender Trockenheit und nicht auf die Durchschnittsperiode.

		Bedeutung der Klimawirkung für Olfens Bevölkerung - Wertebene		
		Sehr wichtig	Mäßig wichtig	Bereits ausreichend
Trend bei Trockenheit - Sachebene	Starke Änderung			
	Moderate Änderung			
	Keine Änderung			

KLIMATISCHE EINFLÜSSE

Die klimatischen Einflüsse für anhaltende Trockenheit basieren auf den Klimagrößen Temperatur und Niederschlag. Von der Temperatur ist maßgeblich die potentielle Evapotranspiration abhängig. Die Differenz zwischen dem Niederschlag und der potentiellen Evapotranspiration wird in der klimatischen Wasserbilanz ausgedrückt. Die Länge der trockenen Zeiträume und das Maß der negativen klimatischen Wasserbilanz beschreiben die Ausprägung der klimatischen Einflüsse auf langanhaltende Trockenheit (DWD 2021). Die Klimaänderungen der untersuchten klimatischen Einflüsse werden für die Zeitscheibe 1971-2000 und für 2031-2060 betrachtet (siehe Kapitel 1). Da es sich bei anhaltender Trockenheit jedoch um ein Extremwetterereignis handelt, können die gewählten 30-jährigen Zeitscheiben solche Ereignisse kaum abbilden, sondern nur durchschnittliche Trends aufzeigen. Perioden anhaltender Trockenheit werden laut Projektionen zwar in ihrer Häufigkeit zunehmen, sind jedoch trotzdem nicht in durchschnittlichen Jahreswerten abbildbar.

Die im Folgenden aufgeführten Klimaprojektionen zeigen somit nur die Ausgangslage für das folgende Eintreten eines Trockenheitsereignisses. Um konkret die klimatischen Veränderungen im Zuge einer anhaltenden Trockenheit zu verdeutlichen, werden die Mittelwerte aus den Jahren 2018 und 2019 herangezogen.

3. Kernergebnisse zum Klimatischen Einfluss

Die vorgestellten klimatischen Einflüsse verdeutlichen, dass sich im dreißigjährigen Durchschnitt der Projektionszeiträume je nach Saison unterschiedliche Trends aufzeigen. Dafür sind insbesondere die saisonal unterschiedlichen Niederschlagsmengen ursächlich, die Temperaturen steigen über alle Jahreszeiten relativ gleichmäßig. Die geänderten Niederschlagsregime verändern maßgeblich die zukünftige klimatische Wasserbilanz. Demnach werden deutlich trockenere Sommer und nassere Herbst- und Wintermonate prognostiziert.



In Bezug auf die unterschiedlichen Emissionsszenarien sind deutliche Unterschiede in den Projektionen zu erkennen. Dabei wurde festgestellt, dass mit dem räumlichen Bezug auf Zentraleuropa bei dem Emissionsszenario RCP 8.5 mit einer siebenfachen Zunahme des Auftretens von Dürren gerechnet werden kann (Hari et al. 2020, S. 1)

In den Szenarien für geringere Emissionspfade, den RCP 2.6 und RCP 4.5, sind diese Auswirkungen des Klimawandels deutlich geringer als beim RCP 8.5, was darauf hindeutet, dass eine effektive CO₂-Minderungsstrategie helfen kann, das Risiko zukünftiger Dürren zu reduzieren (Hari et al. 2020, S. 1). Somit bleibt ein ambitionierter Klimaschutz neben den Anpassungsmaßnahmen eine essentielle Zukunftsstrategie.

3.1 Niederschlag

Die Auswertung der **jahreszeitlichen Niederschlagssumme** in Olfen zeigt saisonal unterschiedliche Niederschlagsmengen, deren Variabilität sich in den Zukunftsszenarien verstärkt, insbesondere bei einem Zukunftsszenario RCP 8.5. Abnehmender Niederschlag ist vornehmlich im Sommer und Herbst zu erkennen. Im Gegensatz zur deutschlandweiten Jahresniederschlagsmenge von 787 mm/a sind in Olfen während der Referenzperiode insgesamt durchschnittlich mehr, nämlich 820 mm, im Jahr gefallen. Da es sich bei anhaltender Trockenheit um ein Extremwetterereignis handelt, können die gewählten 30-jährigen Zeitscheiben solche Ereignisse kaum abbilden, sondern nur durchschnittliche Trends aufzeigen. Der Mittelwert der Niederschlagssumme aus den Jahren 2018-2019 war insbesondere im Sommer (-42% der Niederschlagssumme der Referenzperiode) sehr niedrig. Dieser Wert verdeutlicht noch einmal das Ausmaß der Trockenheit in diesen beiden Jahren.

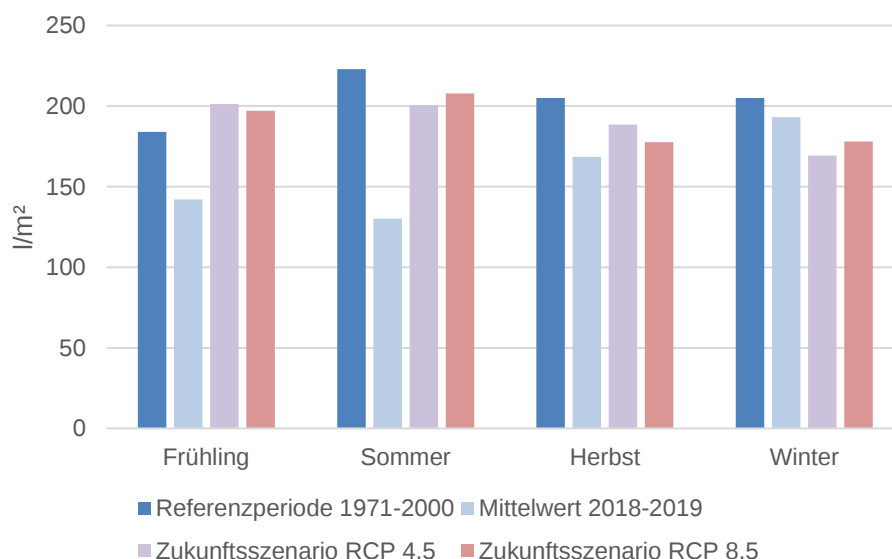


Abbildung 4: Mittlerer jahreszeitlicher Niederschlag im Kreis Coesfeld (Eigene Darstellung, Datenquelle PIK 2021)

Neben der durchschnittlichen Niederschlagsmenge, verdeutlicht die durchschnittliche Anzahl und Dauer von aufeinanderfolgenden Tagen ohne Niederschlag eine Verschärfung des Wassermangels. Tabelle 1 zeigt die Daten für den Kreis Coesfeld und darin einen leichten Anstieg von Tagen ohne Niederschlag sowie insbesondere eines längeren Andauerns von Perioden ohne Niederschlag,

die in Bezug auf die Entstehung von Trockenheit eine große Bedeutung haben (DWD 2021). In diesem Zusammenhang ist es wichtig, erneut zu betonen, dass Extremwetterereignisse, wie eine langanhaltende Dürre, nicht vollständig anhand von Durchschnittswerten über lange Zeiträume hinweg dargestellt werden können.

Referenz

→ Anzahl 227,2 Tage pro Jahr, Andauer 8,5/Jahr

RCP 4.5

→ 227,5 Tage pro Jahr, Andauer 9,4/Jahr

RCP 8.5

→ 229,4 Tage pro Jahr, Andauer 9,5/Jahr

Tabelle 1: Mittlerer Niederschlag für den Referenzzeitraum und Zukunftsszenarien (Eigene Darstellung, Datenquelle PIK 2021)

3.2 Temperatur

Für das Maß der Wasserverdunstung ist die Lufttemperatur ein wesentlicher Einflussfaktor. Die gemessenen Temperaturdaten zu Olfen sind dabei ungefähr 1-2 Grad wärmer als der deutschlandweite Durchschnitt. Im Vergleich der einzelnen Jahreszeiten sind erhebliche Temperaturunterschiede zu erkennen. Ab dem Jahr 2031 wird ein signifikanter Anstieg der Temperatur über alle Jahreszeiten hinweg prognostiziert. Die Durchschnittstemperatur in den Sommern 2018/2019 war mit 19,5 Grad um 2,3 Grad wärmer als die Durchschnittstemperatur der Referenzperiode.

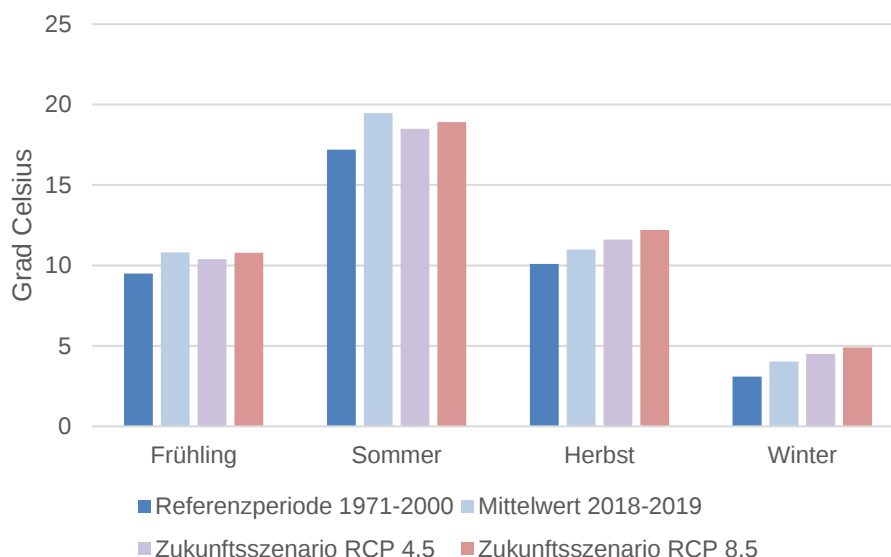


Abbildung 5: Mittlere jahreszeitliche Temperatur im Kreis Coesfeld (Eigene Darstellung, Datenquelle PIK 2021)

Veränderungen der Temperatur beeinflussen die Rate der möglichen Evapotranspiration. Darunter wird die Wasserverdunstung einer bewachsenen Bodenoberfläche verstanden (LANUV 2019b). Zunehmende Wärme lässt die Raten der potentiellen Evapotranspiration steigen, wobei gleichzeitig die tatsächliche Evapotranspiration abhängig ist von dem verfügbaren Maß an Wasser.

Die tatsächliche Evapotranspiration weist große Unterschiede je Jahreszeit auf. Dabei ist sie im Frühling und Sommer am höchsten. Erstaunlich ist, dass im Herbst die tatsächliche Evapotranspiration niedrig ist, obwohl die Temperaturen mit denen des Frühlings zu vergleichen sind. Ein Grund hierfür ist wahrscheinlich die reduzierte Wasserverfügbarkeit als Folge der hohen Evapotranspiration im Sommer. Dabei ist die Verdunstung im Frühjahr (RCP 4.5 -3,7%/RCP 8.5 -3,9%), als auch Sommer (RCP 4.5 -0,6/ RCP 8.5 -3,6%) wesentlich höher als im Herbst und Winter.

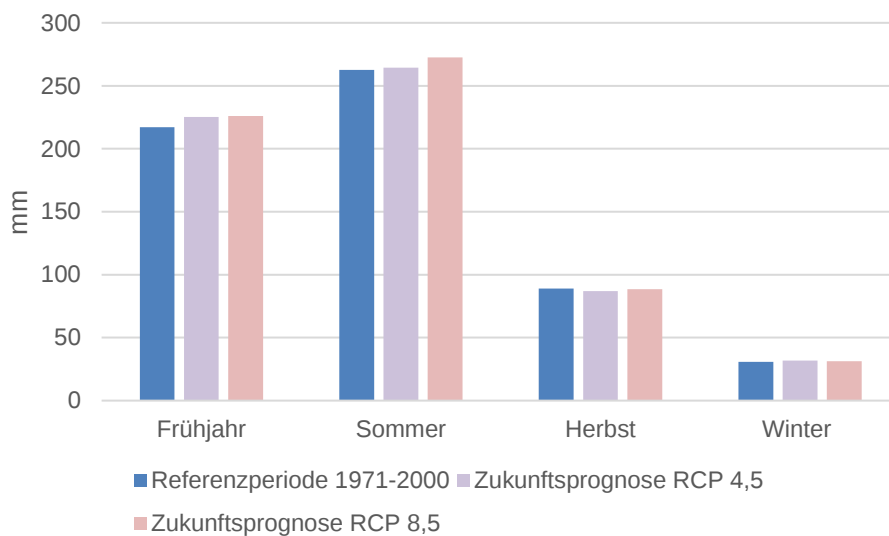


Abbildung 6: Tatsächliche jahreszeitliche Evapotranspiration im Kreis Coesfeld (Eigene Darstellung, Datenquelle PIK 2021)

3.3 Klimatische Wasserbilanz

Das Verhältnis von Niederschlag und potentieller Evapotranspirationsrate wird in der klimatischen Wasserbilanz ausgedrückt. Diese ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag und der potentiellen Evapotranspiration und stellt somit einen maßgeblichen Indikator für die Identifizierung von Trockenheit dar. Aus diesem Grund drückt die Änderung der klimatischen Wasserbilanz die Änderung des untersuchten Klimasignals aus und bildet die Grundlage für die anschließende Ermittlung der Trockenheitsfolgen (PIK 2021).

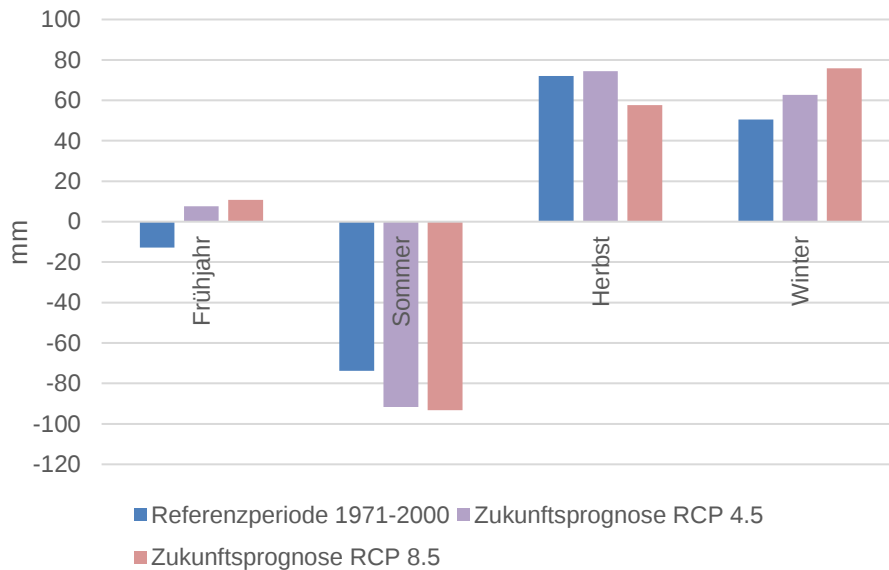


Abbildung 7: Saisonale klimatische Wasserbilanz im Kreis Coesfeld (Eigene Darstellung, Datenquelle PIK 2021)

Bei der Betrachtung der Wasserbilanz je Jahreszeit werden große saisonale Unterschiede deutlich. Während in der Referenzperiode das Frühjahr eine vergleichsweise ausgeglichene bzw. knapp negative Wasserbilanz aufweist, ist die Bilanz im Sommer weit ausschlagend negativ. Der Herbst wiederum hat eine deutlich positive klimatische Wasserbilanz und der Winter ist etwas trockener aber dennoch positiv. Prognostiziert werden die Wasserbilanzen im Frühjahr positiver bzw. nasser (RCP 4.5, + 20,4 mm/ RCP 8.5, +23,6 mm) und kommen insgesamt von einer negativen in eine positive Wasserbilanz. Der Sommer wird dem entgegen deutlich trockener mit -17,8 mm (RCP 4.5) bis -19,4 mm (RCP 8.5). Die Projektionen für den Herbst zeigen je nach Szenario unterschiedliche Trends auf (RCP 4.5, +2,3 mm/ RCP 8.5, -14,5 mm). Für den Winter wird eine steigende Tendenz dokumentiert (RCP 4.5 +12,1 mm/ RCP 8.5 +25,2 mm).

TROCKENHEITSFOLGEN ERSTER ORDNUNG

Die Trockenheitsfolgen in den Handlungsfeldern erster Ordnung treten unmittelbar aufgrund der Änderung der vorher beschriebenen klimatischen Einflüsse auf. Die direkten Folgen von anhaltender Trockenheit sind in den zuvor festgelegten Handlungsfeldern Wasserhaushalt, Boden und Biodiversität ersichtlich, die im Folgenden detaillierter begründet und beschrieben werden.

4. Handlungsfelder Wasserhaushalt, Boden und Biologische Vielfalt

Durch die veränderte Niederschlagsmenge und steigende Evapotranspiration als Folge des Klimawandels werden umfassende Änderungen insbesondere im **Wasserhaushalt** bzw. im natürlichen Wasserkreislauf, auftreten. Die notwendige Verfügbarkeit von Wasser, aufgrund ihres Stellenwerts als universelle Lebensgrundlage, erklärt die Relevanz der Betrachtung und die teilweise engen Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern (Adelphi et al. 2015, S. 321). Die Verringerung des Wasserdargebots beeinflusst neben dem Pflanzenwachstum auch die **Bodenfunktionen** (Labonte in Kruse et al. 2020). Der Boden erfüllt zentrale Ökosystemfunktionen und ist Bestandteil von Landökosystemen sowie von komplexen Wasser- und Nährstoffkreisläufen. Als Puffer- bzw. Filtermedium für stoffliche Einwirkungen beeinflusst der Boden die Grundwasserqualität. Neben dem Wasserhaushalt und dem Boden ist die **biologische Vielfalt** eine existentielle Grundlage für das Leben. Flora und Fauna bewirken insbesondere eine Luft- und Wasserreinigung, unterstützen die Bildung von fruchtbarem Boden und beeinflussen das Klima (BMU 2007).

In Olfen sind 141 ha als Gewässerfläche ausgewiesen, das entspricht einem Anteil am Gemeindegebiet von 2,7 %, welcher im landesweiten Vergleich überdurchschnittlich ist (Landesdatenbank NRW 2020, S. 3). Herauszustellen ist die Stever. Der 54 km lange Fluss entspringt in den Baumbergen im Münsterland und verläuft entlang der Orte Appelhülsen, Senden, Lüdinghausen und Olfen bevor die Stever den Hullerner und Haltener Stausee speist und anschließend hinter der Staumauer in der Lippe mündet (Jaquet 2021). Abfließendes Wasser, welches nicht über den Direktabfluss den Oberflächengewässern zufließt, versickert und erreicht schließlich den Grundwasserkörper. Die Grundwasserneubildung in der Umgebung von Olfen, welche zur Trinkwassergewinnung genutzt wird, befindet sich westlich und abseits des Gemeindegebietes in der Umgebung der Trinkwassergewinnungsanlagen Haltern, Haard und Hohe Mark (Stadt Olfen 2018,

S. 27). Im Stadtgebiet von Olfen haben sich oberhalb von lehmigen und tonigen Ablagerungen staunasse Böden, die Pseudogleye, ausgebildet, womit ein ausgeprägter Wechsel von Vernässung und Austrocknung einhergeht. In Kuppenlagen liegen vielfach sandige Böden vor und Bachtälern und Niederungen liegen Niederungsböden, Gleye, sowie Anmoor- und Niedermoorböden vor (Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen 2016). Neben der Steveraue befinden sich im Stadtgebiet weitere Landschaftsräume, die sich durch eine hohe biologische Vielfalt auszeichnen. Mittels zahlreicher Naturschutzmaßnahmen wurde die Steveraue renaturiert und ist als Naturschutzgebiet sowohl für die Biologische Vielfalt als auch für die Naherholung, als Retentionsraum bei Hochwasser und den Tourismus relevant. Des Weiteren liegen in Olfen zwei größere Waldflächen. Im Osten der Stadt liegt der Sandforter Forst und im Westen die Röhlagener, Kökelsumer und Eversumer Heiden.

Untersuchung der projizierten Wirkungskette

Zur Analyse möglicher Trockenheitsfolgen in Olfen, werden anhand der entwickelten Klimawirkungsketten die einzelnen möglichen Folgen von Trockenheit untersucht. Die Wirkungsketten der drei Handlungsfelder erster Ordnung sind im Folgenden beschrieben. Anhaltende Trockenheit kann die Wassermengen sowohl für die Versickerung als auch für den **Oberflächenabfluss** beeinflussen (Adelphi et al. 2015, S. 325). Außerdem führen weniger Niederschläge und eine erhöhte tatsächliche Evapotranspiration zu weniger Sickerwasser und der Austrocknung der oberen Bodenschichten. Dies kann zur Folge haben, dass weniger **pflanzenverfügbares Wasser** vorhanden ist (Adelphi et al. 2015, S. 262) und sich zusätzlich die **Grundwasserneubildung** verringert, wenn die Sickerwassermenge abnimmt (Adelphi et al. 2015, S. 333).

Die **Bildung organischer Bodensubstanz** ist sowohl von den betrachteten klimatischen Einflüssen als auch von der bodenbiologischen Aktivität abhängig (Adelphi et al. 2015, S. 172). Diese ist für die Entwicklung von Böden durch Umwandlungs- und Verlagerungsprozesse bestimmend, da die spezifischen Stoffwechselleistungen der Bodenorganismen unter anderem die Humifizierung ermöglichen (Adelphi et al. 2015, S. 187). Ist jedoch zu wenig Wasser vorhanden, wird kein neuer Humus gebildet und vorhandener Humus trocknet aus (Benze 2020). Außerdem kann die trockene Bodenstruktur gegenüber **Bodenerosion durch Wind und Starkregen** anfälliger werden. Dies kann den Anteil organischer Bodensubstanz zusätzlich verringern (Steinhoff in Kruse et al. 2020).

Der Klimawandel verändert die **abiotischen Lebensbedingungen** für Flora und Fauna. Geprägt durch die Umweltfaktoren können die klimatischen Veränderungen eine Verschiebung der **Biotope** mit sich bringen (Adelphi et al. 2015, S. 213). Durch die sich verändernden Rahmenbedingungen müssen sich bestehende Arten umstellen oder wandern mit dem Klima.

4.1 Kernergebnisse der Klimawirkungen erster Ordnung

Die KLIMAWIRKUNGSANALYSE TROCKENHEIT zeigt in den übergeordneten Handlungsfeldern Wasserhaushalt, Boden und Biologische Vielfalt räumliche Unterschiede der Trockenheit in Olfen. Unabhängig von den menschlichen Nutzungen sind in diesen Handlungsfeldern die räumlichen Unterschiede für das Auftreten von Trockenheit dokumentiert. Entlang der zu Projektbeginn aufgestellten Klimawirkungsketten werden die einzelnen Trockenheitsfolgen analysiert. Die Kernaussagen dieser Analyse werden in diesem Kapitel zusammenfassend dargestellt und sind in Kapitel 3.2 ausführlich aufbereitet.

Da die aufgezeigten Trends in der Analyse zu den RCP 4.5 und 8.5 Szenarien sehr ähnlich sind, wird im Folgenden eine zusammenfassende Aussage über die Ergebnisse beider Projektionen getroffen. Den Projektionen des langjährigen Durchschnitts werden die Referenzwerte der vergangenen Extremwetterereignisse der Jahre 2018/2019 gegenübergestellt, die das konkrete Ausmaß anhaltender Trockenheit in Olfen verdeutlichen.

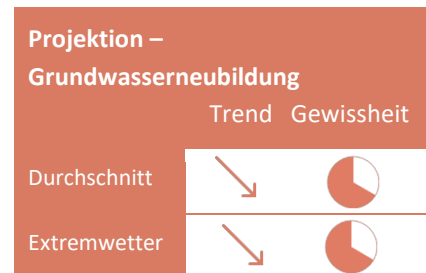
Die Menge des **Direktabflusses** beschreibt den Teil des Regenwassers der abfließt und nicht versickert. Dieser wird im projizierten 30-jährigen Durchschnitt leicht abnehmen. Als Folge einer extremen Trockenheit wird der Direktabfluss, als unmittelbar von der Niederschlagsmenge beeinflusst, deutlich abnehmen und weniger Wasser in Oberflächengewässer abfließen. Da keine expliziten Daten für Olfen vorliegen, wird die Gewissheit der Aussage als gering eingeschätzt.



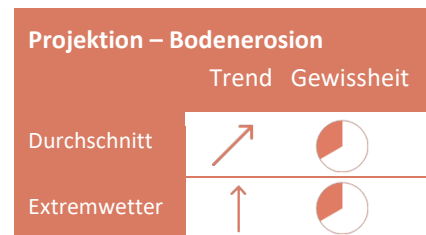
Als **pflanzenverfügbares Wasser** wird das versickerte Wasser bezeichnet, welches den Pflanzen im Wurzelraum zur Verfügung steht. Damit ist sowohl das Wasser gemeint, welches dem Pflanzenstoffwechsel zugeht, als auch das Wasser zur Grundwasserneubildung. Da dieses Sickerwasser unmittelbar von der Änderung des Niederschlages und der Verdunstung abhängig ist, wird auch das pflanzenverfügbare Wasser durchschnittlich weniger. In Jahren extremer Trockenheit nimmt das Wasser umso stärker ab und hat starken Einfluss auf abhängige Stoffwechselprozesse. Genau Daten für Olfen liegen jedoch nicht vor.



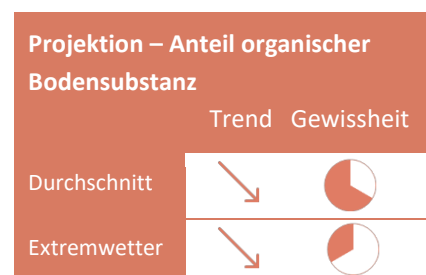
Der selbe Trend zeigt sich bei der **Grundwasserneubildung** und dem Grundwasserspiegel. Im 30-jährigen Durchschnitt werden die Neubildungsraten des Grundwassers leicht abnehmen. Ausbleibender Niederschlag hat unmittelbaren Einfluss auf die Neubildungsrate und mittelbar auf den Grundwasserspiegel. Dieser liegt in Jahren anhaltender Trockenheit deutlich unterhalb des langjährigen Schwankungsbereichs.



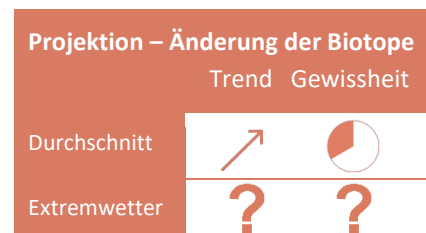
Das **Maß der Bodenerosion** wird durchschnittlich leicht steigen. Höhere Temperaturen lassen obere Bodenschichten schneller trocknen und gleichbleibende sowie starke Niederschläge verursachen vermehrte Abschwemmungen. Es wird vermutet, dass in Jahren extremer Trockenheit bei wiedereinsetzenden Niederschlägen oder Starkregen dieser Vorgang umso drastischer abläuft.



Der Anteil organischer Bodensubstanz im Boden wird durchschnittlich geringer, da sich Humus bei höheren Temperaturen schneller abbaut. Inwieweit sich extreme Trockenheit auf diesen Prozess auswirkt ist weiterhin unklar. Das Fehlen von Feuchtigkeit hemmt ggf. auch die Stoffwechselprozesse beim Humusabbau.



Die bereits beschriebenen Änderungen abiotischer Lebensbedingungen beeinflussen auch vorhandene Biotope. Aufgrund der Änderung der Standortbedingungen ist eine Standortdrift und eine **Änderung der Biotope** möglich. Inwieweit Extremwetterereignisse aufgrund ihres temporären Charakters diesen Prozess beeinflussen, gilt es weiter zu untersuchen.



4.1.1 Indikatorenspezifische Analyse im Handlungsfeld Wasserhaushalt



Weniger Abfluss in Oberflächengewässer

Erklärung des Indikators: Zur Erfassung der Menge des von der Erdoberfläche ablaufenden Niederschlags, der die Oberflächengewässer speist, wird der Oberflächenabfluss je Hektar betrachtet. Das Datenmodell mGROWA vom LANUV hat einen Durchschnittswert für die Referenzperiode 1981-2010 ermittelt (Herrmann et al. 2014, S. 23). Grundlage für die dargestellten Werten ist die, auf Basis des berechneten Gesamtabflusses, durchgeführte Abflusskomponentenseparation (Rasterdaten mit der Auflösung 100x100m). Unter Direktabfluss werden alle Abflusskomponenten subsumiert, die nicht dem Grundwasser als Grundwasserneubildung zugehen. Darunter fallen Oberflächenabfluss, urbaner Direktabfluss, Zwischenabfluss sowie Abfluss über Drainagen. Die Karte zeigt den flächengewichteten durchschnittlichen Direktabfluss eines jeden Klimatops je ha. Unter der Annahme, dass die Versickerungsleistung des Bodens konstant bleibt, wurden die Werte für die zwei Zukunftsszenarien mit einem Multiplikator, aus den Projektionen des Gesamtabflusses des Potsdamer Instituts für Klimafolgenforschung [PIK] berechnet (Sektor Wasser in PIK 2021).

Beobachtungsdaten: Die Analyse zeigt eine räumliche Differenzierung bezüglich des Oberflächenabflusses mit Werten zwischen 0 und 608,61 mm/a, die Karte bildet gleichgroße Wertintervalle ab. Insbesondere die zentralen Siedlungsbereiche in Olfen und des Ortsteil Vinnum weisen einen hohen Direktabfluss zwischen 243,44 und 608,61 mm/a auf. Dies lässt sich mit dem hohen Versiegelungsgrad vor Ort und der dadurch beeinträchtigten Bodenversickerung erklären. Demgegenüber weisen landwirtschaftlich genutzten Flächen Abflusswerte zwischen 121,72 - 243,44 mm/a auf, während dieser in den Waldflächen unter 121,72 mm/a liegt. Die Landwirtschaftlichen und sonstigen Freiflächen sind eher heterogen bezüglich des Direktabflusses. Dort variieren die Werte zwischen 0 und 263,16mm/a.

Zukunftsszenarien: Um die Änderung des Direktabflusses für Olfen zu erfassen, wird die Referenzperiode mit einem Klimawandelaufschlag multipliziert. Dieser wurde aus der Änderung der Grundwasserneubildung des PIK abgeleitet (siehe Tabelle 2). Da die projizierten Daten mit einem einheitlichen Multiplikator ermittelt wurden, verteilt sich die Abnahme des Direktabflusses in beiden Szenarien gleichmäßig über das Stadtgebiet. Da der ermittelte Klimawandelaufschlag sehr gering ist, sind keine großen Änderungen innerhalb der Klassen zu erkennen. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine differenziertere Klasseneinteilung auch kleinere Unterschiede sichtbar machen würde.

Projektion – Direktabfluss	
	Trend Gewissheit
Durchschnitt	 
Extremwetter	 

Referenz (1981-2010)

➔ 297,4 mm/a

RCP 4.5 (2031-2060)

➔ 274,4mm/a, Faktor 0,92

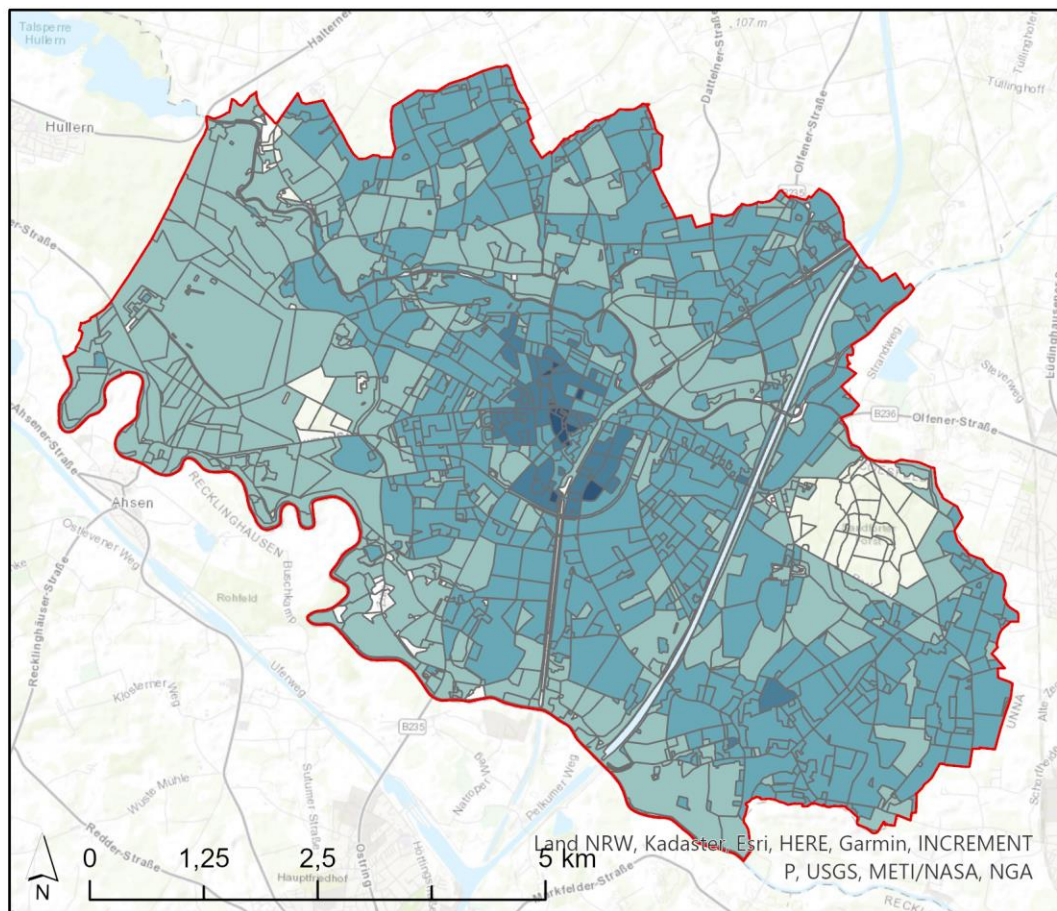
RCP 8.5 (2031-2060)

➔ 280,9 mm/a, Faktor 0,94

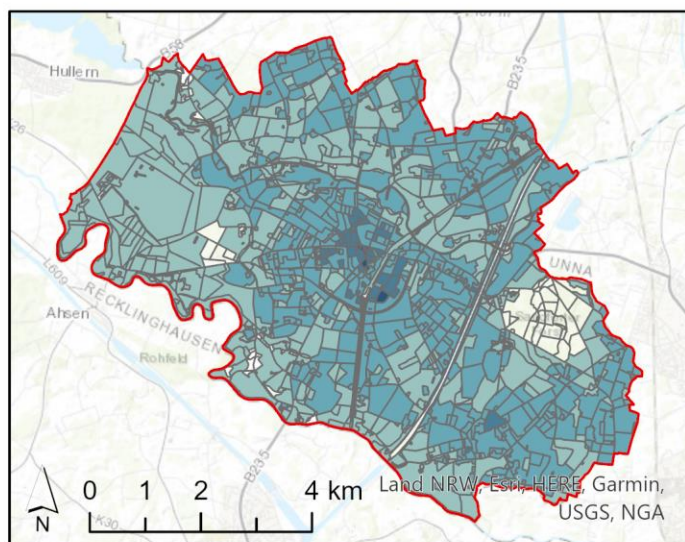
Tabelle 2: Ermittelter Änderungsfaktor für den Direktabfluss (Eigene Darstellung, Datenquelle PIK 2021)

Den Projektionen des PIK stehen die Projektionen des Fachinformationssystems des LANUVs entgegen. Laut diesen steigt der Gesamtabfluss für den Referenzzeitraum 2041-2070 im Stever-Einzugsgebiet leicht an (LANUV 2021). Für die hier vorgenommene Trendableitung werden, wie für den Großteil der anderen Klimawirkungen auch, konsistent die Daten des PIK verwendet. Jedoch werden aufgrund der Datendifferenz zum LANUV die Projektionen mit geringer Sicherheit eingeschätzt.

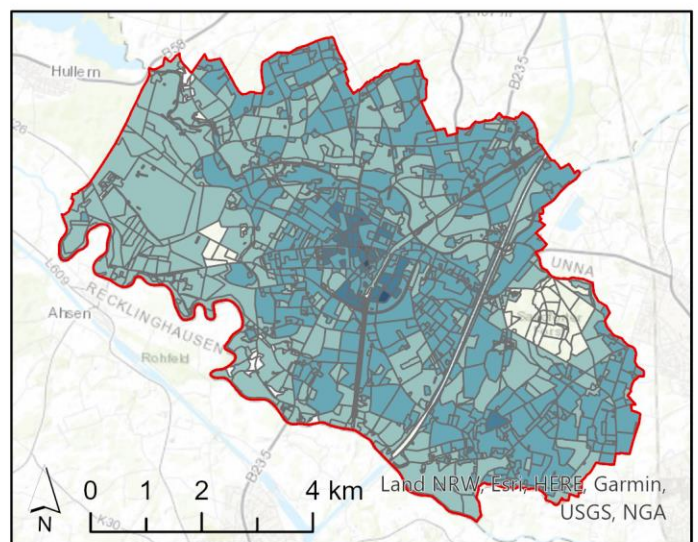
Oberflächenabfluss



Referenzperiode: 1981 - 2010



Zukunftsszenario: RCP 4.5 (2031 - 2060)



Zukunftsszenario: RCP 8.5 (2031 - 2060)

Quellen:

FZ Jülich. (2019). Langjährige Wasserhaushaltskomponenten im Wasserhaushaltsmodell mGROWA. DL-DW-Zero-2.0
 Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunktdichte). DL-DW-Zero-2.0
 LANUV. (2019). Klimaanalyse aus den Planungskarten (Klimaanpassung). DL-DE-BY-2.0
 PIK. (2019). KlimafolgenOnline: Sektor Wasser. Abgerufen am 28.05.2021 von <https://www.klimafolgenonline.com>

Weniger Pflanzenverfügbares Wasser

Erklärung des Indikators: Auf die Wasserversorgung von Pflanzen haben die Eigenschaften des Bodens großen Einfluss. Diese Eigenschaften wurden in der Masterarbeit von Isabel Post in Olfen untersucht, deren Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt. Eine Charakterisierung des Bodens kann mit dem Indikator nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums ($nFKW_e$) erfolgen. Dieser beschreibt den Anteil des Bodenwassers (in mm Wassersäule), der aufgrund der Größe der Saugspannung in den Porenräumen des Bodens für die Pflanzen verfügbar wäre (Scheffer et al. 2016, S. 348). Die $nFKW_e$ wird unter < 90 mm als gering eingeschätzt und ≥ 90 mm als ausreichend bis gut (Ad-hoc-AG 2005, S. 355). Die nutzbare Feldkapazität kann von den Pflanzen im effektiven Wurzelraum ausgeschöpft werden. Neben der nutzbaren Feldkapazität kann auch der kapillare Aufstieg vom Grundwasser zur Pflanze an der Erdoberfläche eine wichtige Rolle spielen (Gernandt 2020, S. 50 ff.). Dieser Grundwasseraufstieg wurde im Weiteren über die Erreichbarkeit von Wasserressourcen mitberücksichtigt.

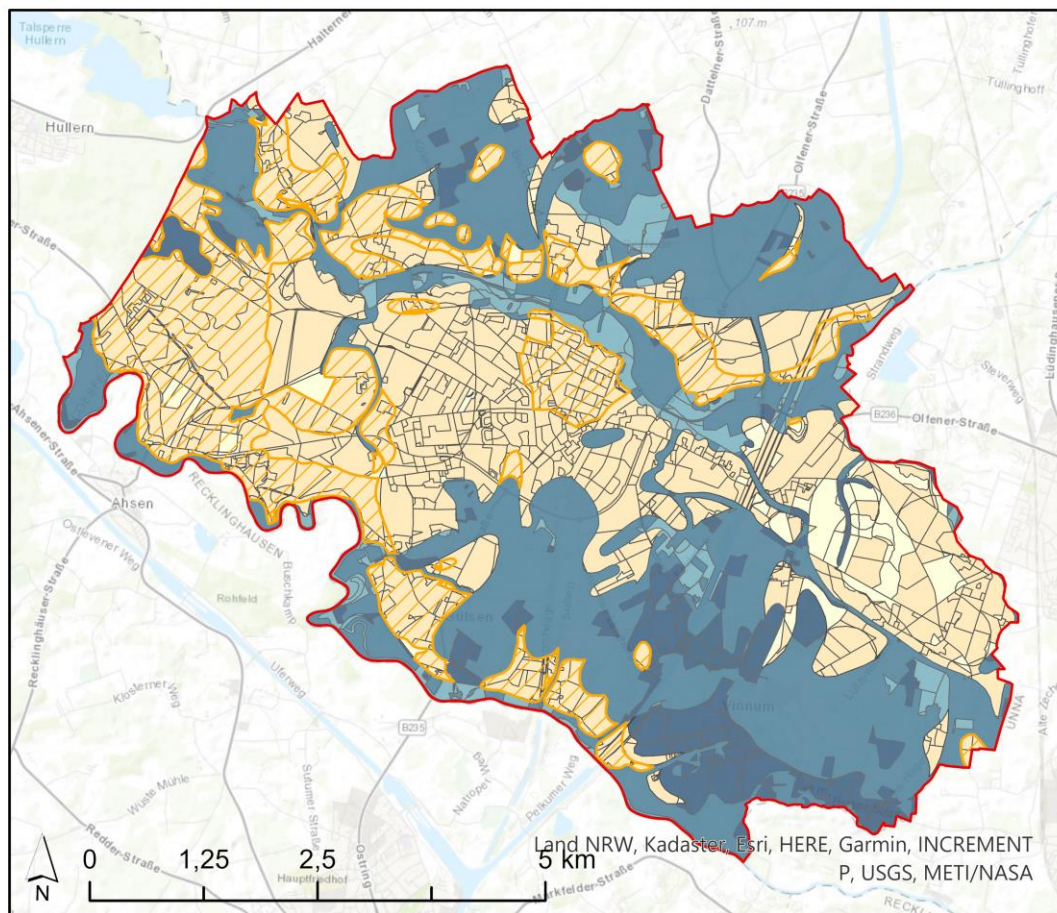
Beobachtungsdaten: In der NRW-weiten Betrachtung wurde 2020 der kritische Schwellenwert für Wasserstress auf fast allen Flächen bereits im Mai und damit 1,5 Monate früher als in den beiden Vorjahren erreicht (MULNV 2020, S. 9). In den Sommern von 2018-2020 lagen tiefgründige und in der Regel anhaltende Austrocknungen der Böden vor.

Die Auswertung der Karte „Pflanzenverfügbares Bodenwasser“ zeigt, dass die nutzbare Feldkapazität der Böden im Westen und im Osten Olfens unter und im Norden und Süden über 90 mm liegt (Post 2021). Somit sind die Pflanzenstandorte im Osten und Westen von geringem Bodenwasser im effektiven Wurzelraum betroffen. Zusätzlich zeigt die Karte, dass insbesondere auf den Flächen im Osten, die eine geringe nutzbare Feldkapazität aufzeigen, die Möglichkeit besteht diesen Mangel mit Wasser aus dem Grundwasser über den kapillaren Aufstieg zu kompensieren (Post 2021). Somit verbleiben nur die Flächen im Osten und schmale Bänder im Nordosten und Südwesten, die potentiell von einem Mangel an Wasser für Pflanzen aufgrund der Bodeneigenschaften (geringe Feldkapazität, nicht erreichbares Grundwasser) betroffen sind.

Zukunftsszenarien: Die Eigenschaften des Bodens werden als konstant in den betrachteten verschiedenen Zeiträumen angenommen. Aus diesem Grund kann die Karte nicht projiziert werden. Da die Klimawirkungsfolge jedoch konkret von dem pflanzenverfügbaren Wasser ausgeht, welches neben den ‚konstanten‘ Bodeneigenschaften auch maßgeblich den verfügbaren Niederschlag berücksichtigt, wird gemäß den Änderungen des Klimasignals in Zukunft von einem Rückgang des pflanzenverfügbaren Wassers ausgegangen.

Projektion – Pflanzenverfügbares Wasser		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt		
Extremwetter		

Pflanzenverfügbares Bodenwasser



Legende

Gemeindegrenze

Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) in mm

< 50
 50 - 90
 90 - 140
 140 - 200
 252 - 315

nFKWe < 90 mm und keine erreichbaren Wasserressourcen

Quellen:

Aufbereitung der Analyseergebnisse der Masterarbeit von Isabel Post 2021 (Die Stadt zwischen zu viel und zu wenig Wasser. Ein Konzept zum Umgang mit den Extremwetterereignissen Trockenheit und Starkregen. Am Beispiel der Stadt Olfen)
 Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunktdichte). DL-DW-Zero-2.0

Geringere Grundwasserneubildung

Erklärung des Indikators: Die Grundwasserneubildung beschreibt den Teil des ökologischen Wasserkreislaufs, der als infiltrierendes Sickerwasser den Grundwasserleiter speist. Damit wird jeglicher Niederschlag betrachtet, der weder verdunstet, noch abfließt. Kongruent zu dem Direktabfluss, basiert die Analyse der Grundwasserneubildung ebenfalls auf den Ergebnissen des rasterzellenbasierten Wasserhaushaltsmodells mGROWA. Die Daten wurden ebenfalls als flächengewichteter Durchschnitt pro m² auf die Klimatopebene gebracht und auf der Basis von Zukunftsdaten des PIK in die Zukunft projiziert.

Beobachtungsdaten: In Olfen gibt es drei aktive Grundwassermessstellen, welche die Ganglinien des Grundwassers verzeichnen. Aus allen drei Aufzeichnungen stechen insbesondere die Dürrejahre 2018, 2019 und 2020 mit niedrigen Ganglinien heraus. Sowohl die niedrigsten Grundwasserstände, die je gemessen wurden als auch unterdurchschnittlich niedrige Auffüllungen in den Wintermonaten zeigen die unmittelbaren Auswirkung der anhaltenden Trockenheit auf den Grundwasserkörper (MULNV 2021). Die Normalwerte der Messstelle Vinnerum Landweg liegen mit einer Ausnahme im Jahr 2006 stets zwischen circa 58 bis 60 m, und durchschnittlich bei 59,15 m über Normalhöhennull. Im Jahr 2019 lag der Wert bei circa 57,5 m und somit 1,65 m unter dem Durchschnitt. Die Wasserstände der Messstelle An den Eichen liegen tiefer als an der vorherigen Messstelle. Hier kommt es auch zu Jahreszeitlichen Schwankungen um den langjährigen Durchschnittswert bei 45,01 m über Null. Der Tiefpunkt der Ganglinie lag 2019 bei 44,17 m über Null und wich somit um 0,84 m nach unten ab. Die Messstelle Eversumer Straße liegt im Vergleich zu den beiden anderen am niedrigsten, mit einem langjährigen Durchschnittswert von 39,37 m über Null. 2019 wurde der tiefste Punkt mit circa 38,93 m erreicht. Insgesamt ist auffällig, dass die niedrigsten Wasserstände seit Beginn der Messungen mit nur geringem zeitlichem Abstand in den Jahren 2019 bis 2020 gemessen wurden. Auch wenn einige Niedrigstände nicht extrem stark von den Durchschnittswerten abweichen, ist auffällig, dass sie alle 2019 gemessen wurden und sich klar auf die Dürre des Jahres zurück verfolgen lassen (MULNV 2021).

Die räumliche Analyse zeigt durchschnittliche jährliche Werte der Grundwasserneubildung zwischen 52,27 und 377,42 mm/a. Im Süden und Westen Olfens ist die Grundwasserneubildung vergleichsweise hoch. Im Westen liegt die Eversumer Heide, in der sich ein ehemaliges Munitionslager befindet und der Bereich im Süden ist stark durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Eine eher geringe Grundwasserneubildung liegt im Norden und Osten der Stadt vor (Herrmann et al. 2014, S. 23).

Zukunftsszenarien: Um die Änderung der Grundwasserneubildung für Olfen zu erfassen, wird die Referenzperiode mit einem „Klimawandelaufschlag“ multipliziert. Dieser wurde aus der Änderung der Grundwasserneubildung des PIK abgeleitet (siehe Tabelle 3). Gemäß diesem Faktor nimmt die Grundwasserneubildung in ganz Olfen ab. Die Reduktion des Grundwassers ist im RCP 8.5 Szenario stärker als im RCP Szenario 4.5. Aus diesem Grund verbleiben auch mehr Klimatope in einer höheren Klasse der Grundwasserneubildung als im Szenario 4.5. Insgesamt treten aber nur in wenigen Fällen so starke Änderungen auf, dass sie zu einer Abstufung gemäß der gebildeten Klassen führen.



Referenz (1981-2010)
→ 160.5 mm/m²/a

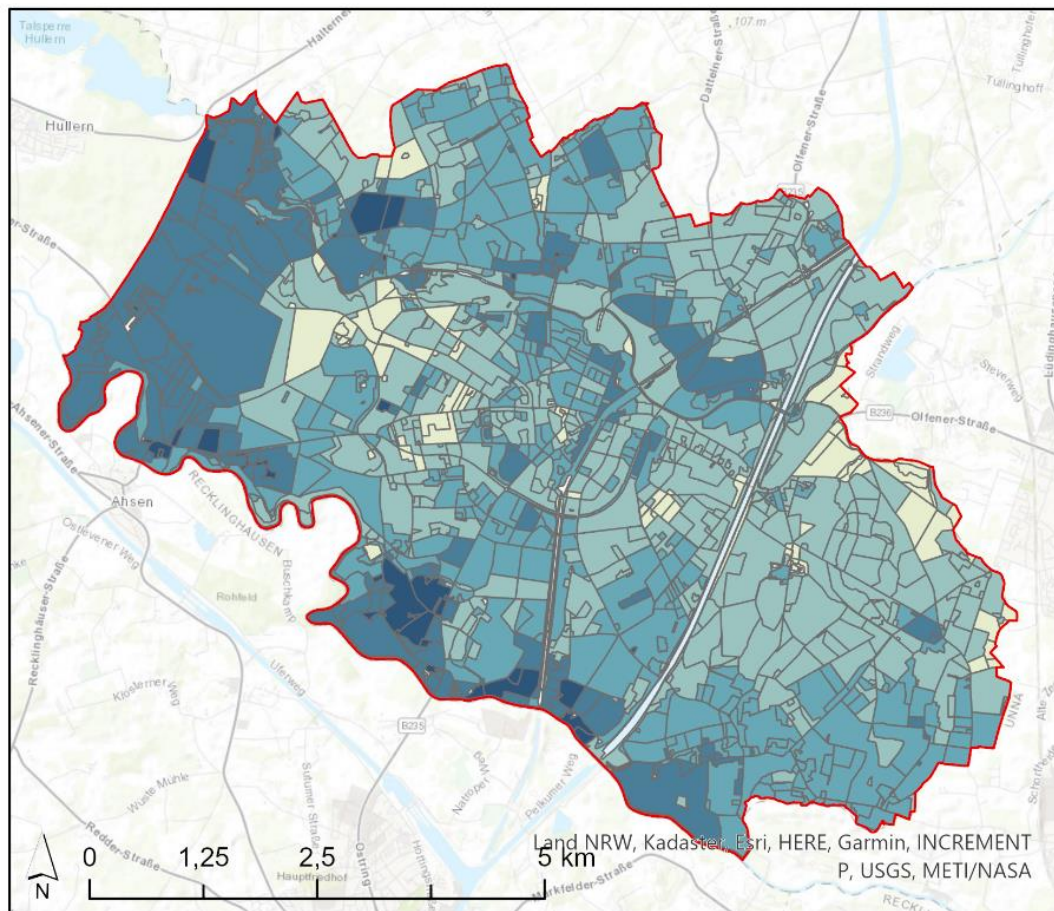
RCP 4.5 (2031-2060)
→ 143.2 mm/m²/a, Faktor 0,89

RCP 8.5 (2031-2060)
→ 146.5 mm/m²/a, Faktor 0,91

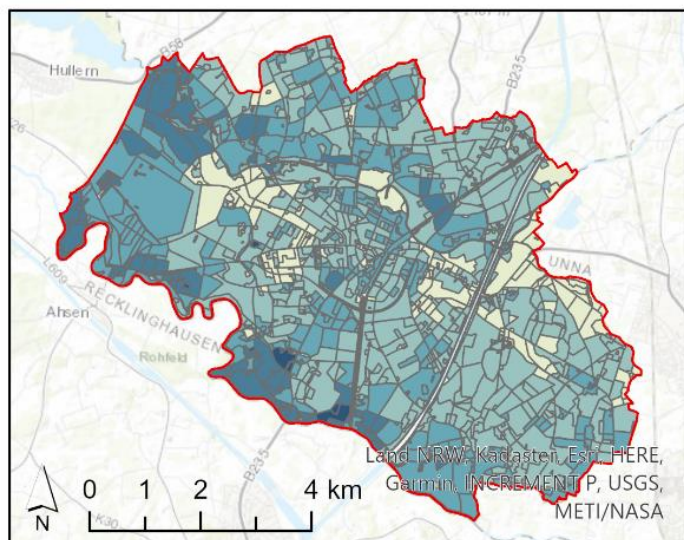
Tabelle 3: Ermittelter Änderungsfaktor für die Grundwasserneubildung (Eigene Darstellung, Datenquelle Sektor Wasser in PIK 2021)

Räumlich lässt sich die Abnahme des Grundwassers insbesondere im Bereich der Eversumer Heide und den landwirtschaftlichen Flächen im Süden erkennen. Während in der Referenzperiode Werte in der Eversumer Heide über 245,03 mm/a erreicht werden, liegen diese in beiden Zukunftsszenarien unter diesem Wert. Im Süden weisen in den Zukunftsszenarien weniger Klimatope Spitzenwerte über 312,39 mm/a als im Referenzzeitraum auf. Im Gegensatz dazu zeigt das Fachinformationssystem des LANUV für das Stever-Einzugsgebiet für den Zeitraum 2011 - 2040 zunehmende Werte für die Grundwasserneubildung. Dies hängt u.a. mit dem Gesamtabfluss zusammen, der wie bereits erläutert, im Stever-Einzugsgebiet laut FIS ebenfalls ansteigt (Stadt Olfen 2018, S. 29).

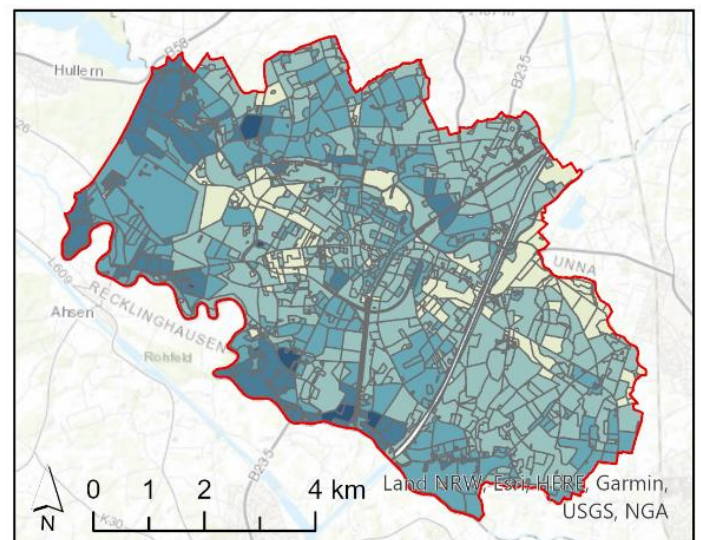
Grundwasserneubildung



Referenzperiode: 1981 - 2010



Zukunftsszenario: RCP 4.5 (2031 - 2060)



Zukunftsszenario: RCP 8.5 (2031 - 2060)

Quellen:

FZ Jülich. (2019). Langjährige Wasserhaushaltskomponenten im Wasserhaushaltsmodell mGROWA. DL-DW-Zero-2.0.
 Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunktdichte). DL-DW-Zero-2.0
 LANUV. (2019). Klimaanalyse aus den Planungskarten (Klimaanpassung). DL-DE-BY-2.0
 PIK. (2019). KlimafolgenOnline: Sektor Wasser. Abgerufen am 28.05.2021 von <https://www.klimafolgenonline.com>

4.1.2 Indikatoren-spezifische Analyse im Handlungsfeld Boden

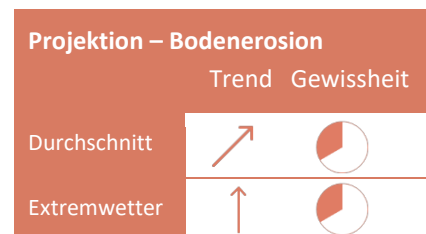


Verstärkte Bodenerosion

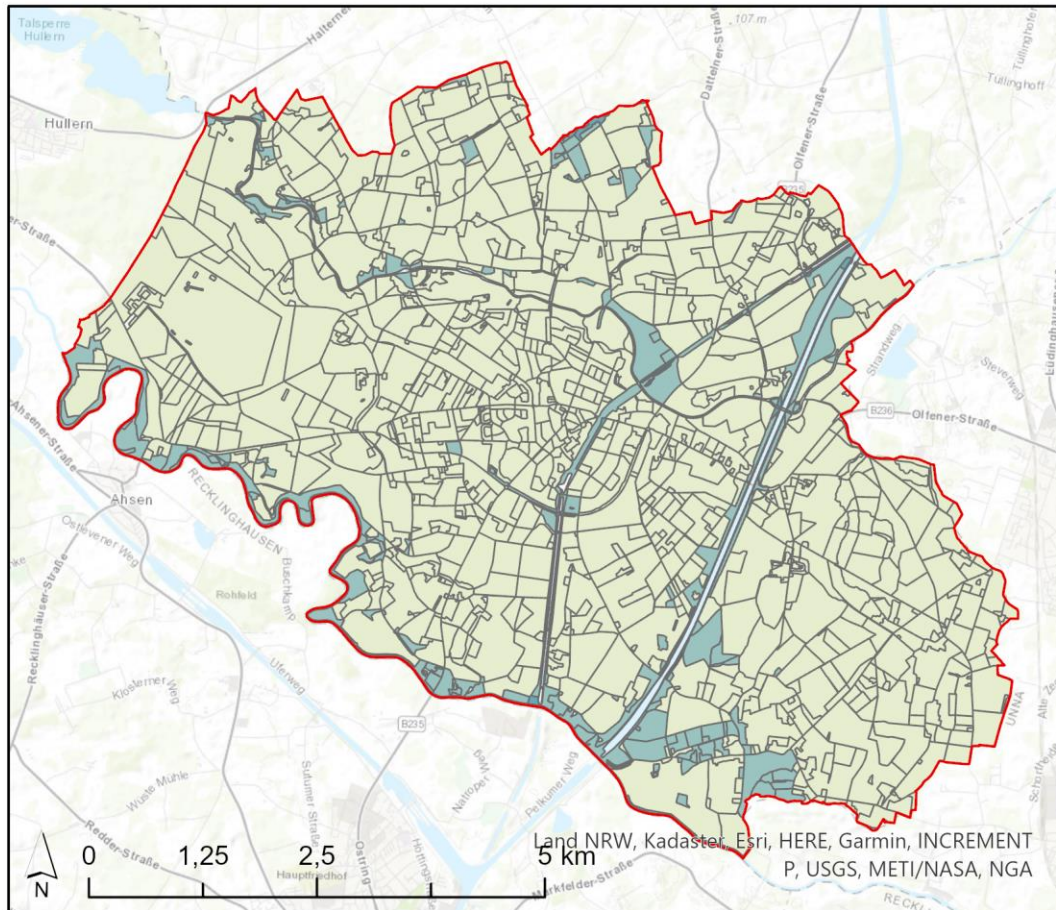
Erklärung des Indikators: Die Bewertung der wasserbedingten Erodierbarkeit des Bodens wurde mithilfe der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung vorgenommen und berücksichtigt vielfältige Faktoren. Dazu gehört die Erosivität der Niederschläge (klimatisch beeinflusst), die Feinbodenart und der Grobbodenanteil, der Humusgehalt sowie die Topografie (Adelphi et al. 2015, S. 182). Die Erodierbarkeit des Bodens ist zwar grundsätzlich ein natürlicher Faktor, der aber in gewissem Maße vom Menschen beeinflusst werden kann (Humusgehalt, Aggregatstabilität). Als Ergebnis der vorgenommenen Berechnungen wird der Mittelwert des jährlichen Bodenabtrags in Tonnen pro Hektar angegeben. Negative Werte weisen auf einen Bodenaufbau hin, während positive Werte einen Bodenabbau darstellen (Schwertmann et al. 1987, 8 f.).

Beobachtungsdaten: Grundsätzlich sind hauptsächlich Freiflächen von Bodenerosion betroffen, während bestockte Flächen eher weniger beeinflusst werden (Benze 2020). Die Analyse in Olfen zeigt Werte zwischen -18,9 und 138,73 t/(ha*a). Dabei ist die Intensität der Bodenerosion in Angrenzungen an Gewässer im Vergleich zu anderen Bereichen in der Stadt leicht erhöht. Des Weiteren konnten zwei Flächen identifiziert werden, die durch einen leichten Bodenaufbau geprägt sind.

Zukunftsszenarien: In der Literatur wird von einem Anstieg der tatsächlichen Bodenabträge in weiten Teilen Deutschlands ausgegangen, da die Verschiebung der Niederschläge in Perioden mit geringer Bodenbedeckung durch Kulturpflanzen (Winter, Frühjahr) Erosion weiter begünstigt (Adelphi et al. 2015, S. 184). Außerdem werden zunehmende Extremereignisse wie Trockenheit und Starkregen häufiger auftreten. Grundsätzlich ist die durch den Klimawandel zunehmend trockene Bodenstruktur in Olfen sowohl gegenüber Bodenerosion durch Wind als auch durch Starkregen anfälliger (Adelphi et al. 2015, S. 184).



Erosionsgefährdung



Legende

Gemeindegrenze

Bodenabtrag (t/ha * a)

-18,93 - 12,6

12,6 - 44,14

44,14 - 75,67

75,67 - 107,2

107,2 - 138,74

Quellen:

Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunktdichte). DL-DW-Zero-2.0

Geologischer Dienst NRW. (2020). IS EroGef: Erosionsgefährdung der Böden in NRW nach der ABAG. DL-DE-BY-2.0

LANUV. (2019). Klimaanalyse aus den Planungskarten (Klimaanpassung). DL-DE-BY-2.0

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

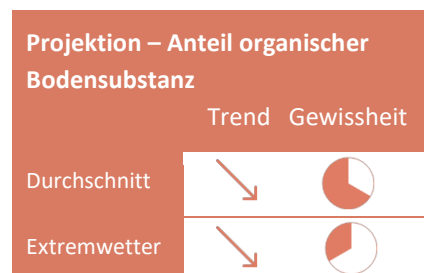


Weniger organische Bodensubstanz

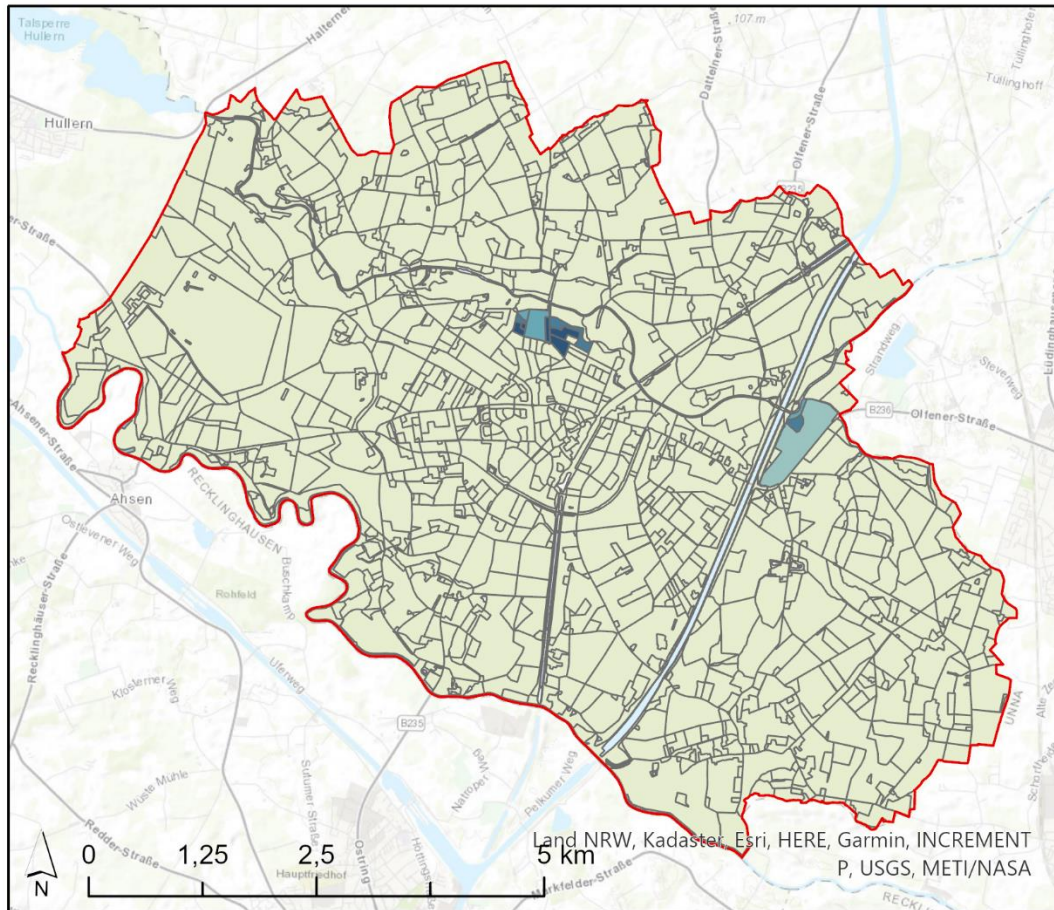
Erklärung des Indikators: Als Indikator für die vorhandene organische Bodensubstanz wird der Anteil an torf- bzw. humushaltigen Böden gemäß den Angaben der Bodenkarte des geologischen Dienstes verwendet. Humus stellt einen wichtigen Lieferanten und Speicher für viele Nähr- aber auch Schadstoffe dar. Durch seine Eigenschaften verbessert sich die Bodenstruktur und damit auch die Wasser- und Luftversorgung der Böden und die Bodenfruchtbarkeit. Der fortlaufende Um- und Aufbau durch Bodenorganismen (Humifizierung) macht die in der Streu enthaltenen Nährstoffe für die Pflanzen nutzbar (LU B-W 2021).

Beobachtungsdaten: Die Analyseergebnisse zeigen einen geringen Anteil an organischer Bodensubstanz in Olfen. Der Humusgehalt im Boden liegt zwischen 0,0 und 15,45%. Dabei fällt insbesondere der Bereich im Norden der Innenstadt durch einen hohen Anteil auf, der jedoch bereits bebaut ist. Westlich des Dortmund-Ems-Kanals, angrenzend an die Stever liegt ein weiterer Bereich mit einem vergleichsweise hohen Bodenabtrag des humushaltigen Bodens. Dieser Bereich wird derzeit landwirtschaftlich genutzt.

Zukunftsszenarien: Der im Rahmen des Klimawandels projizierte Temperaturanstieg kann den Humusabbau beschleunigen. Insbesondere die hohen Temperaturen bedingen somit die geringere Verfügbarkeit von organischer Bodensubstanz (Benze 2020). Darüber hinaus hat die Verringerung der Wasserverfügbarkeit weitreichenden Einfluss auf die beteiligten Mikroorganismen und Trockenheit limitiert weitere Humusbildung (Benze 2020). Wie genau sich die saisonale Verschiebung von Niederschlägen auf diesen Prozess auswirkt ist unbekannt. Eine explizite räumliche Projektion lässt sich aus den vorliegenden Daten nicht ableiten.



Anteil organischer Bodensubstanz



Legende

□ Gemeindegrenze

Durchschn. Anteil Humus [%]

0 - 3,09

3,09 - 6,18

6,18 - 9,27

9,27 - 12,36

12,36 - 15,45

Quellen:

Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunktdichte). DL-DW-Zero-2.0

Geologischer Dienst NRW. (2020). IS BK 50: Bodenkarte von NRW. DL-DE-BY-2.0

LANUV. (2019). Klimaanalyse aus den Planungskarten (Klimaanpassung). DL-DE-BY-2.0

4.1.3 Indikatoren-spezifische Analyse im Handlungsfeld Biologische Vielfalt



Veränderung abiotischer Lebensbedingungen

Erklärung des Indikators: Abiotische Lebensbedingungen sind das Ensemble der Umweltfaktoren, die auf ein Lebewesen einwirken. Davon werden der Stoff- und Energiewechsel, die Entwicklungsvorgänge sowie Verhaltensreaktionen von Organismen bestimmt (Adelphi et al. 2015, S. 204). Da wesentliche abiotische Lebensbedingungen schon im Rahmen der KLIMAWIRKUNGSANALYSE TROCKENHEIT behandelt wurden, wird diese Trockenheitsfolge nicht weiter untersucht, sondern dient als "Herleitung" der folgenden Trockenheitsfolge **Veränderung der Biotope**.

Veränderung der Biotope

Erklärung des Indikators: Zur Abbildung der natürlich vorkommenden Biotope, wurde als Referenz die flächendeckende Klassifizierung von natürlichen Waldgesellschaften des Landesbetriebes Wald und Holz herangezogen. Diese stellt Waldgesellschaften anhand einer Kategorisierung von Standortbedingungen (Lage, Boden und Klima) und pflanzensoziologischen Hintergründen dar (Busch 2017, S. 11). Diese Darstellung ist jedoch unabhängig von der tatsächlichen Flächennutzung, die maßgeblich einer menschengemachten Bewirtschaftung unterliegt. Somit wird die Kartierung als eine Momentaufnahme der abiotischen Lebensbedingungen für anthropogen unbeeinflusste Biotope verwendet.

Beobachtungsdaten: Die Kartierung von Waldgesellschaften, in diesem Fall Waldtypen genannt, weist in Olfen insbesondere die Waldtypen Stieleiche-Hainbuchenwälder, Eichen-Buchenwälder und Wälder der Bach- und Stromauen auf.

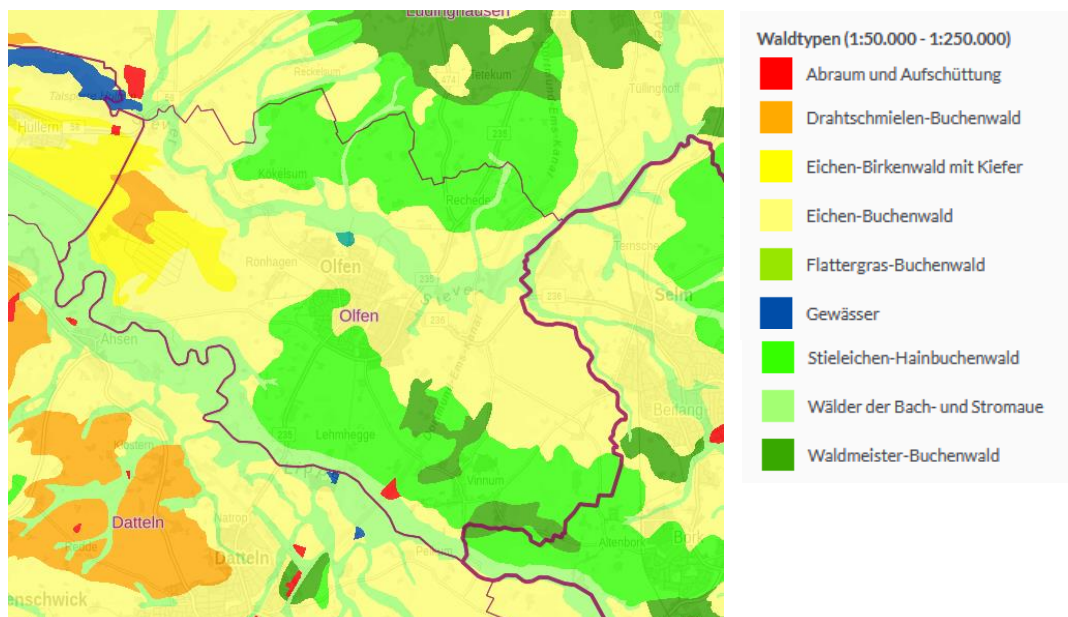


Abbildung 8: Waldtypen in Olfen (Eigene Darstellung nach waldinfo.de 2021)

Eichen-Buchenwälder sind als am verbreiteten kartiert und der Wuchsbezirk zieht sich über die Stadt Olfen als Band von Nordost bis Südwest. Dort liegen bessere Sandstandorte mit geringem Schluffanteil vor. Die Stieleichen-Hainbuchenwälder sind insbesondere entlang der nördlichen und südlichen Gemeindegrenzen verortet. Diese Wälder sind insbesondere auf stau- und grundwasserfeuchten Lehm Böden vorzufinden, mit zunehmender Sandanteil im Boden steigt die Konkurrenzkraft der Buche (Busch 2017, S. 12). Entlang der Lippe und Stever sind breite Streifen mit Wäldern der Bach- und Stromauen verortet. Auf sandigen Auenböden sind insbesondere Eichen-Auenwälder zu finden und auf lehmigen Standorten insbesondere Bach-Eschenwälder (Busch 2017, S. 13).

Während der ersten Workshops im Rahmen des ANFO-Projektes, wurde berichtet, dass in den trockenen Jahren 2018/2019 Pflanzenarten, die bei normalen Bedingungen keine Durchsetzungsmöglichkeit gegen die feuchtigkeits- und nährstoffliebenden Allerweltsarten hatten, zunehmend aufgetreten sind (Hittscher in Kruse et al. 2020). Es seien deutlich mehr vielfältige Pflanzen am Straßenrand vorzufinden gewesen. Somit ist nicht nur ein Verlust gewisser Arten zu erkennen, sondern auch eine Veränderung der Artenzusammensetzung und eine erhöhte Vielseitigkeit in Olfen zu bemerken (Brömmel in Kruse et al. 2020).

Zukunftsszenarien: Die vorzufindenden Biotope verändern sich gemäß den Änderungen der abiotischen Lebensbedingungen. Ein klimawandelbedingter Standortdrift kann heute simuliert werden, indem eine trockenere Wasserhaushaltsstufe oder eine Verlängerung der Vegetationszeit, gemäß dem Konzept der Waldentwicklungstypen (WET) berücksichtigt wird (Busch 2017, 26 f.). Grundsätzlich wird sich die Standortsituation von Süden nach Norden verschieben (Benze 2020). Die in Olfen theoretisch vorzufindenden Stieleichen-Hainbuchenwälder werden sich bei zunehmender Trockenheit weiter in Richtung Waldmeister-Buchenwald wandeln. Die Eichen-Buchenwälder befinden sich bereits in der trockensten Wasserhaushaltsstufe und können sich nur hin zum trockenen Subtyp mit vermehrten Traubeneichen wandeln. Eine Projektion über mögliche Veränderungen der Wälder der Bach- und Stromau kann an dieser Stelle nicht getroffen werden.

Projektion – Änderung der Biotope	
	Trend Gewissheit
Durchschnitt	 
Extremwetter	 

TROCKENHEITSFOLGEN ZWEITER ORDNUNG

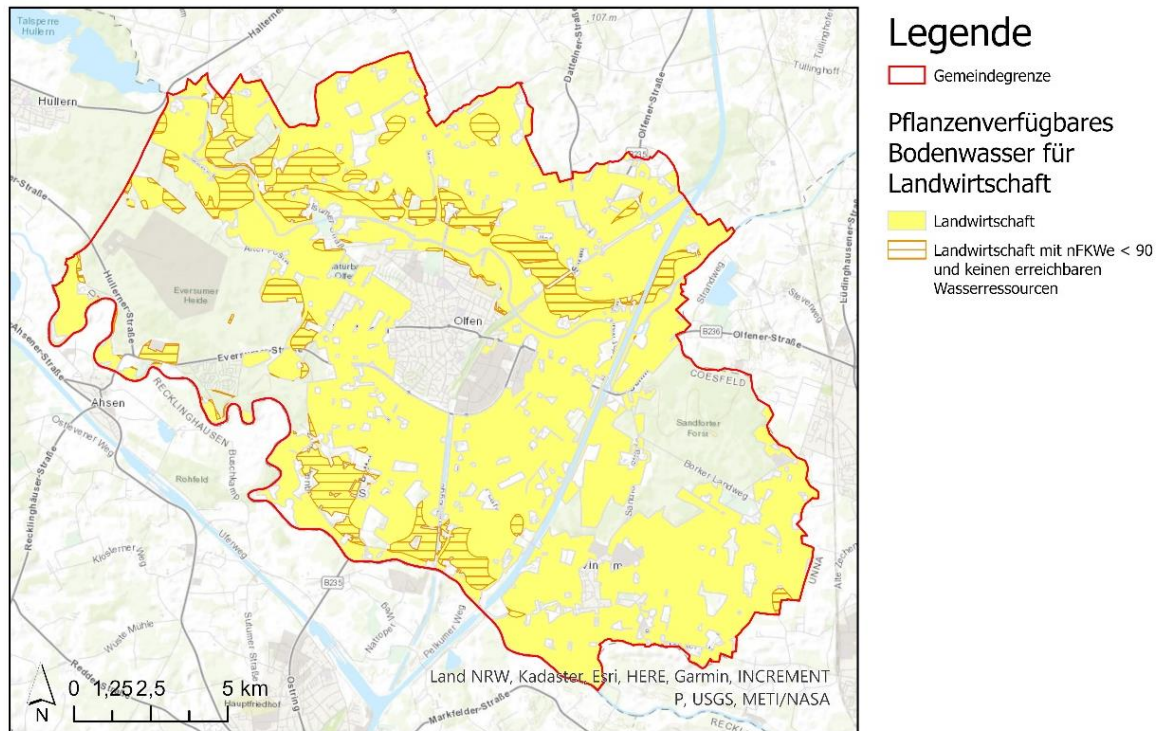
Langanhaltende Trockenheit hat nicht nur direkte Auswirkungen auf die Handlungsfelder Wasserhaushalt, Boden und Biodiversität, sondern auch indirekte Folgen für die nachfolgenden Handlungsfelder zweiter Ordnung: Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Stadtentwicklung und Wasserwirtschaft, die im Folgenden detailliert dargestellt werden.

5. Handlungsfeld Landwirtschaft



Die Betrachtung des Handlungsfeldes Landwirtschaft ist in Olfen aufgrund des hohen Flächenanteils von 58,1% der Gesamtfläche relevant (Landesdatenbank NRW 2020, S. 3). Die Landwirtschaft in Olfen hat bereits in den Dürrejahren 2018-2020 erheblich mit den Folgen anhaltender Trockenheit zu kämpfen. Erste Anpassungsmaßnahmen daran wurden umgesetzt. Die Auswirkungen von Trockenheit in der Landwirtschaft sind abhängig von den klimatischen Verhältnissen, den Bodeneigenschaften und der Wasserverfügbarkeit (Adelphi et al. 2015, S. 224).

Auswertung des Pflanzenverfügbaren Bodenwassers für landwirtschaftliche Flächen in Olfen



Quellen:

Aufbereitung der Analyseergebnisse der Masterarbeit von Isabel Post 2021 (Die Stadt zwischen zu viel und zu wenig Wasser. Ein Konzept zum Umgang mit den Extremwetterereignissen Trockenheit und Starkregen. Am Beispiel der Stadt Olfen)
Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunktdichte). DL-DW-Zero-2.0

Die Auswertung der Bodendaten in Olfen zeigt, welche landwirtschaftlichen Flächen insbesondere von anhaltender Trockenheit betroffen sind. Dabei zeigt sich, dass der Osten von Olfen weniger stark betroffen ist, als der Westen und Teile des Nordens und Südens.

Untersuchung der projizierten Wirkungskette

Eine begrenzte Wasserverfügbarkeit verringert den **Pflanzenstoffwechsel** und beeinflusst unmittelbar das Pflanzenwachstum (Adelphi et al. 2015, S. 235; Brüse 2021). Insbesondere auf Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität stagnieren oder sinken möglicherweise die **Erträge**, woraufhin der **Bewässerungsbedarf** in trockenen Sommern steigen kann (Adelphi et al. 2015, S. 235). Die **Änderung der Pflanzenkulturen** ist in der Landwirtschaft im Zusammenhang mit Trockenheit als bereits praktizierte Anpassungsmaßnahme zu beobachten (Lohmann in Kruse et al. 2020).

5.1 Kernergebnisse im Handlungsfeld Landwirtschaft

Im Folgenden werden die Kernergebnisse der ausführlichen Analyse im Handlungsfeld Landwirtschaft beschrieben.

Die Reduzierung des pflanzenverfügbaren Wassers legt eine Reduktion des **Pflanzenstoffwechsels** nahe. Dieser wird mit Hilfe der Flächenerträge für die landwirtschaftlichen Indikatorfrüchte Silomais und Winterweizen untersucht. Beide Fruchtarten werden demnach in Zukunft rückläufige Erträge aufweisen.

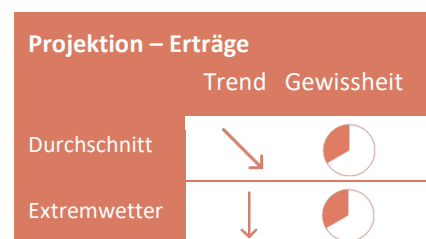
Der Winterweizen hat prozentual einen deutlich stärkeren Rückgang als der Silomais. Es liegen noch keine Daten für die Erträge in extrem Trocken Jahren vor, diese werden vermutlich, analog zum Pflanzenverfügbaren Wasser sehr niedrig ausfallen.



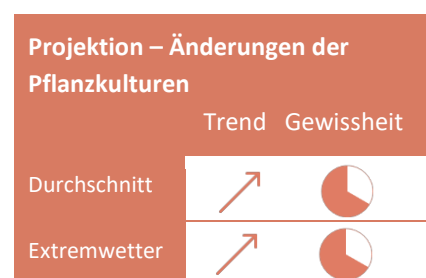
Aktuell findet in Olfen **Bewässerung** insbesondere von Sonderkulturen statt. Das Maß zukünftiger Bewässerung hängt sowohl von der Witterung ab, als auch von zukünftigen Arten und Anbaumethoden. Aufgrund der projiziert steigenden Verdunstung im Sommer, ist grundsätzlich von einem Anstieg des Bewässerungsbedarfs auszugehen.



Die **Erträge** der Landwirtschaft werden über die Betrachtung des Erzeugerpreisindex untersucht. Der Index stieg in den vergangenen Jahren stark an. Dieser Trend kann sich wegen der schwieriger werdenden Anbaubedingungen halten oder gar verschärfen. Genaue Daten für die Jahre 2018, 2019 und 2020 liegen als Referenz für Extremwetter leider noch nicht vor. Grundsätzlich wird die Verwendung des Erzeugerpreisindex als Indikator von den Expert*innen stark kritisiert, jedoch lagen keine alternativen Indikatoren zur Untersuchung des Trends vor. Aus diesem Grund wird die Gewissheit des Trends als gering eingestuft.



Zur Untersuchung möglicher **Änderungen von Pflanzenkulturen** wurden die angebauten Sorten von 2015 mit denen von 2021 verglichen. Die Sorten Mais und Weizen wurden weniger angebaut, ursächlich können niedrigere Erträge und eine Reaktion auf die Trockenheit in den Jahren 2018, 2019 und 2020 sein.



5.2 Indikatoren-spezifische Analyse im Handlungsfeld Landwirtschaft

Verringerter Pflanzenstoffwechsel

Erklärung des Indikators: Zur Beschreibung des Pflanzenstoffwechsels werden die durchschnittlichen Ertragsmengen der Indikatorfrüchte Silomais und Winterweizen in Dezitonnen pro Hektar (dt/ha) im Kreis Coesfeld betrachtet. Diese werden vom PIK sowohl für die Referenzperiode dargestellt als auch die Zukunft projiziert. Es werden ausschließlich die Auswirkungen der durchschnittlichen Klimaänderungen und des atmosphärischen CO₂ Düngungseffekt projiziert (Wechsung et al. 2008, S. 31). Die Ertragspotenziale beziehen sich dabei auf die heutige landwirtschaftliche Praxis, beispielsweise in Bezug auf Anbautechnologien und Sorten. Deshalb besteht die Herausforderung, dass viele weitere Einflussfaktoren, wie der Fortschritt in der Pflanzenzüchtung und die Veränderung im Bereich des Pflanzenschutzes, die bisherigen Ertragsprojektionen maßgeblich ändern können (Lenert in Sassen et al. 2021a).

Beobachtungsdaten: In der Referenzperiode 1971-2000 werden durchschnittliche Erträge von Silomais mit 497,6 dt/ha und von Winterweizen mit 87,3 dt/ha angegeben (PIK 2021).

Zukunftsszenarien: Sowohl beim Silomais als auch dem Winterweizen sind in der Zukunft rückläufige Erträge auf Grundlage der projizierten klimatischen Veränderungen zu erwarten (siehe Tabelle 4). Die Studien des PIK zeigen explizit eine negative Korrelation zwischen der jährlichen Änderung der

Erträge und der potentiellen Verdunstung im Zeitraum Mai bis Juli (Wechsung et al. 2008, S. 19). Die Rückgänge von Winterweizen sind wesentlich größer als die des Silomais. Die höhere Betroffenheit von Winterweizen entspricht den Erfahrungen der Expert*Innen aus unterschiedlichen Anbauregionen (Lenert in Sassen et al. 2021a). Der Ertrag des Winterweizens nimmt im RCP 4.5 um 11,57% auf 77,2 dt/ha ab und im RCP 8.5 noch stärker um 12,14% auf 76,7 t/ha. Der Silomais verzeichnet eine geringere zukünftige Abnahme. Beim RCP 4.5 erfolgt die Abnahme von 3,92% auf 478,1 t/ha und beim RCP 8.5 um 3,46% auf 480,4t/ha. Eine mögliche Begründung für das vergleichsweise gute Maiswachstum ist, dass die durchschnittlich befriedigten Temperaturansprüche die Ertragseinbrüche in trockenen Jahren überkompensieren (Wechsung et al. 2008, S. 29).



Referenz (1971-2000)	RCP 4.5 (2031-2060)
→ 497,6 dt/ha Silomais	→ 478,1 dt/ha (-3,92%) Silomais
→ 87,3 dt/ha Winterweizen	→ 77,2 dt/ha (-11,57%) Winterweizen
	RCP 8.5 (2031-2060)
	→ 480,4 dt/ha (3,46%) Silomais
	→ 76,7 dt/ha (-12,14%) Winterweizen

Tabelle 4: Ertragsänderungen von Silomais und Winterweizen (Eigene Darstellung, Datenquelle PIK 2021)

Steigender Bewässerungsbedarf

Erklärung des Indikators: Der zuvor beschriebene Rückgang des Pflanzenstoffwechsels beruht maßgeblich auf der Verringerung des pflanzenverfügbaren Wassers. Aus diesem Rückgang resultiert bei gleichbleibender Artenverwendung ein Bewässerungsbedarf in der Vegetationsperiode zum Erhalt des Ertrags. Dabei liegt ein besonders großer Fokus auf den bewässerungsintensiven Sonderkulturen. Deren Anbau ist stärker risikobehaftet als der anderer Kulturen (Labonte in Sassen et al. 2021a). Die erteilten Genehmigungen zur Grundwasserentnahme zeigen erste Verteilungsmuster auf. Der zur Bewässerung verwendete Anteil aus der öffentlichen Trinkwasserversorgung ist aber unbekannt. Das Wasserbuch stellt eine mögliche zusätzliche Datengrundlage, da dort Informationen und Wassermengen festgehalten werden. Die Daten enthalten jedoch ausschließlich die maximale Genehmigungsmenge und sind historisch gewachsen und durch Corona verstärkt nicht ausreichend dokumentiert (Labonte in Sassen et al. 2021a). Auf Grund der Heterogenität der Daten wird auf eine Auswertung dieser im Rahmen der Analyse verzichtet.

Beobachtungsdaten: Im Jahr 2021 bestehen in Olfen Genehmigungen für zwei Entnahmestellen, die insgesamt 56% der gesamten Grundwasserentnahmen im Stadtgebiet für Bewässerungen verwenden (insgesamt 45 Tsd. m³ Wasser pro Jahr). Außerdem entfallen alle der insgesamt vier erteilten Genehmigung zur Entnahme aus Oberflächengewässer (sowohl aus der Stever als auch dem Dortmund-Ems-Kanal) auf Bewässerungsmaßnahmen (insgesamt 23,6 Tsd. m³ pro Jahr). Es ist nicht bekannt, ob auch Wasser der öffentlichen Wasserversorgung zur Bewässerung verwendet wird. Zur Einordnung der Größe der bekannten Bewässerungsmenge: Das zur Bewässerung verwendete Wasser entspricht einem Anteil von 19,8% der Gesamtmenge der öffentlichen Wasserversorgung in Olfen (505 Tsd. m³ in 2016). Es werden insbesondere Sonderkulturen wie Kartoffeln oder Erdbeeren bewässert (Brüse 2021). Es ist bisher nicht bekannt, welche Flächengrößen damit bewässert werden.

Zukunftsszenarien: Aufgrund der beschriebenen Projektionen zur Verringerung des pflanzenverfügbaren Wassers ist zu vermuten, dass bei gleichbleibender landwirtschaftlicher Nutzung der Anteil an bewässerten landwirtschaftlichen Flächen und die Gesamtmenge steigt. Jedoch ist der zukünftige Wasserbedarf auch maßgeblich von den gepflanzten Sorten und insbesondere dem Anteil von Sonderkulturen abhängig. Die Verteilung von Kulturen wird in der Klimawirkung „Änderung der Pflanzkulturen“ beschrieben. Zukünftige Anpassungsmaßnahmen und die Kulturwahl sind entscheidende Einflüsse für den zukünftigen Bewässerungsbedarf. Gleichzeitig sind diese jedoch schwer für lange Zeiträume vorhersehbar, da die Landwirtschaft ein sich schnell verändernder Bereich ist (Lenert in Sassen et al. 2021a). Ob zukünftige Bewässerungen aus dem Grundwasservorkommen, Regenrückhaltung, der öffentlichen Wasserversorgung oder sonstigen Quellen gespeist werden, ist unklar.

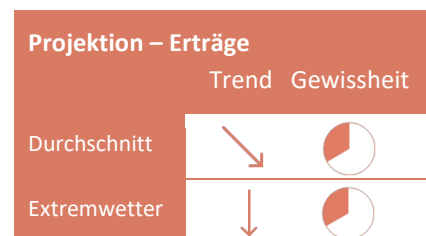


Sinkende Erträge

Erklärung des Indikators: Die landwirtschaftlichen Erträge wurde für die Indikatorfrüchte Silomais und Winterweizen bereits für die Klimawirkung „Pflanzenstoffwechsel“ untersucht. Die Analyse des klimatischen Einflusses auf die monetären Erträge ist leider nicht möglich. Die Marktdynamiken sind zu vielseitig, als dass der Einfluss der Klimawirkung auf die Preisentwicklung genauer spezifiziert werden kann (Bamminger in Sassen et al. 2021a).

Beobachtungsdaten: Der Bericht über die Unternehmensergebnisse der Landwirtschaftskammer NRW nennt Dürre als negativen Einfluss auf das Erntejahr 2019. Die teils extremen Mindererträge einzelner Betriebe sind in den betriebsübergreifenden und jährlichen Durchschnittswerten jedoch nicht erkennbar. Insbesondere das Feldfutter war von Trockenheit betroffen. Aufeinanderfolgende Dürrejahre verstärken das Problem zusätzlich. So konnten Futterbaubetriebe im Gegensatz zum Vorjahr nicht auf Grundfuttermvorräte zurückgreifen (Boermann et al. 2020, S. 31). Jedoch erzielen die Futterbaubetriebe im Dürrejahr 2019 etwas höhere Ertragsmengen als im ersten Dürrejahr 2018 (Boermann et al. 2020, S. 19).

Zukunftsszenarien: Aufgrund des verringerten Pflanzenstoffwechsel können zukünftig vermehrt Qualitäts- und Mengenänderungen auftreten, die wiederum zu Ertragsschwankungen und -ausfällen führen (Adelphi et al., 2015, S. 235). Damit steigen auch die Kosten je produzierter Einheit. Jedoch hängen die Erträge auch maßgeblich von den verwendeten Technologien, Methoden und Sorten ab, weswegen die Sicherheit bei der Projektion der Preisentwicklung sehr gering ist.



Veränderung der Pflanzenkulturen

Erklärung des Indikators: Um die Änderungen der Pflanzenkulturen zu beschreiben, werden die gemeldeten Ackernutzungen, der in Olfen ansässigen landwirtschaftlichen Betriebe, verglichen. Die Daten wurden an die Landwirtschaftskammer zur Verteilung flächengrößenabhängiger Agrarsubventionen gemeldet und liegen ab 2015 vor. Für die Analyse werden sie in zwei Zeiträume von 2015-2017 und 2018-2020 eingeteilt, um die Anbauentscheidungen in der Landwirtschaft vor dem Hintergrund der Dürrejahre 2018, 2019 und 2020 im Vergleich zu der davorliegenden Anbauperiode zu analysieren.

Beobachtungsdaten: In Abbildung 9 werden die größten landwirtschaftlichen Nutzungsarten in Olfen dargestellt. Im Westmünsterland findet vergleichsweise viel Viehhaltung statt, weshalb auch großflächig Futtermittel, insbesondere in Form von Mais und Silomais, angebaut werden. Außerdem wird viel Getreide, insbesondere Weizen, angebaut. Bewässerungsintensive Sonderkulturen, wie Beerenobst, Erdbeeren und Spargel nehmen eher eine geringe Fläche in Anspruch. Es zeigt sich eine signifikante Abnahme der Sonderkulturen in den Jahren 2018-2020, während das Ackergras und der Winterroggen stark zunehmen. Leicht positive Anbauflächenentwicklungen verzeichnen außerdem der Silomais, der ggf. als unmittelbare Alternativen zum sonstigen Mais angebaut wurden. Diese Veränderung weist auf vergangene Anpassungen in Form von veränderten Pflanzkulturen hin.

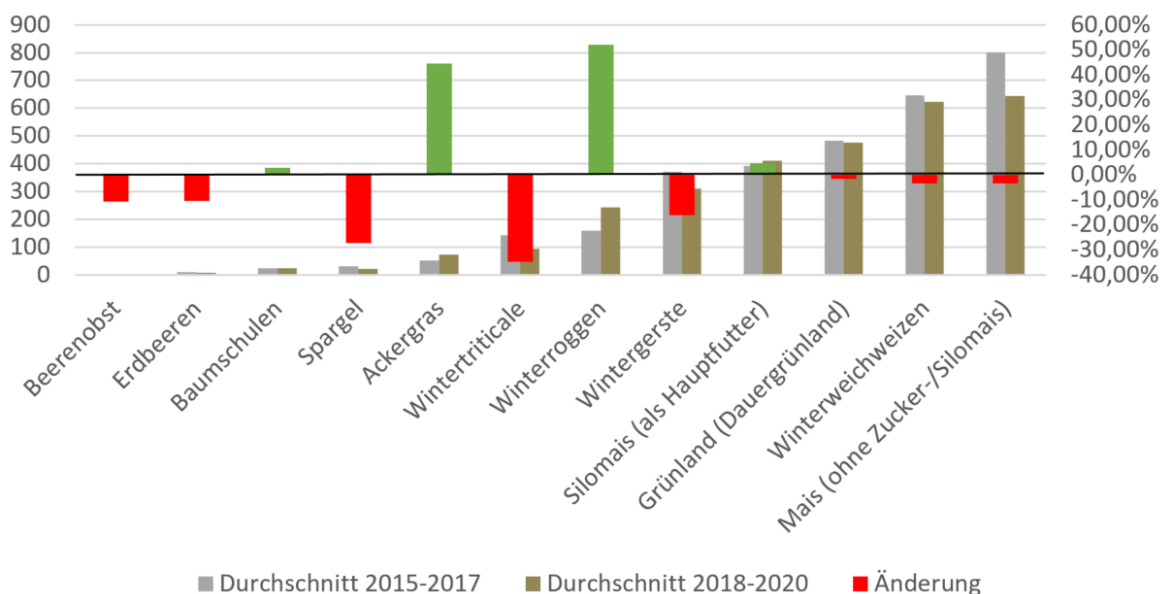


Abbildung 9: Veränderung der Anbauflächen landwirtschaftlicher Erzeugnisse von 2015 bis 2021 (Eigene Darstellung)

Diese vollzogenen Änderungen der Pflanzenkulturen wurden durch ortskundige Expert*Innen im Rahmen von Workshops und Interviews bestätigt. Als Folge des zunehmend verminderten Pflanzenwachstums werden bereits heute trockenheitsresistentere Pflanzen angebaut, um den Ertrag hochzuhalten (Lohmann in Kruse et al. 2020). Der Anteil der Hauptfruchtart Mais geht zurück, da dort in den Dürrejahre 2018 und 2019 auch die stärksten Verluste auftraten (Brüse

2021). Daneben geht auch der Anteil an Winterhartweizen, Wintergerste und Wintertriticale zurück. Insbesondere Weizen kommt mit zunehmender Trockenheit schlecht zurecht und insbesondere sandige Böden eignen sich bei anhaltender Trockenheit nicht mehr für den Anbau (Brüse 2021). Besonders der Winterroggen zeichnet sich durch deutlich bessere Erträge bei Trockenheit aus als andere Sorten (Brüse 2021), was ebenfalls aus der Analyse der landwirtschaftlichen Verteilung in Olfen hervorgeht. Grundsätzlich sind Anbauentscheidungen in der Landwirtschaft seit jeher kurzfristig und marktorientiert und Trockenheit stellt nur einen Einflussfaktor für die Anbauentscheidung dar.

Zukunftsszenarien: Gemäß den Änderungen der Anbauflächen zwischen 2015 und 2021, ist davon auszugehen, dass sich die Landwirtschaft zukünftig stärker an Extremereignisse und die durchschnittlichen Änderungen der klimatischen Einflüsse anpasst. Insbesondere die steigende Verdunstung im Sommer hat Einfluss auf das

pflanzenverfügbare Wasser und somit auf die Erträge der bisherigen/gegenwärtigen Anbaupflanzen. Um weiterhin gute Erträge zu erzielen, werden sich Anbaumethoden und Fruchtarten verändern (Brüse 2021). Daneben hängt die Entscheidung für einzelne Fruchtarten aber auch maßgeblich von der zukünftigen Nachfrage und dem Umfang künstlicher Bewässerung ab. Eine räumliche Projektion ist derzeit nicht möglich.



5.3 Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Landwirtschaft

Das Handlungserfordernis ergibt sich aus der Verbindung einer objektiv zu bestimmenden Klimawirkung (Sachebene) mit der subjektiven Bewertung des betroffenen sensitiven Systems (Wertebene). Die Bewertung wurde von der Stadtverwaltung Olfens in Bezug auf die Bedeutung für die Stadtbevölkerung Olfens vorgenommen.

		Bedeutung der Klimawirkung für Olfens Bevölkerung - Wertebene		
		Sehr wichtig	Mäßig wichtig	Bereits ausreichend
Trend bei Trockenheit - Sachebene	Starke Änderung	Weniger Pflanzenverfügbares Bodenwasser, Sinkender Pflanzenstoffwechsel, Sinkende Erträge	Erosionsgefährdung	
	Moderate Änderung	Bewässerungsbedarf	Änderung der Artenzusammensetzung	
	Keine Änderung			

Tabelle 5: Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Landwirtschaft (eigene Darstellung)

Die Tabelle 5 zeigt die Priorisierung der Handlungserfordernisse auf der Basis der ermittelten Trends und den Bewertungen. Daraus ist ersichtlich, dass für die Klimawirkungen weniger Pflanzenverfügbares Bodenwasser, veränderter Pflanzenstoffwechsel und geringere Erträge zukünftig hoher Handlungsbedarf besteht. Der Bewässerungsbedarf, die Erosionsgefährdung und die Änderung der Pflanzenkulturen ist mit mittlerem Handlungsbedarf einzustufen.

6. Handlungsfeld Forstwirtschaft

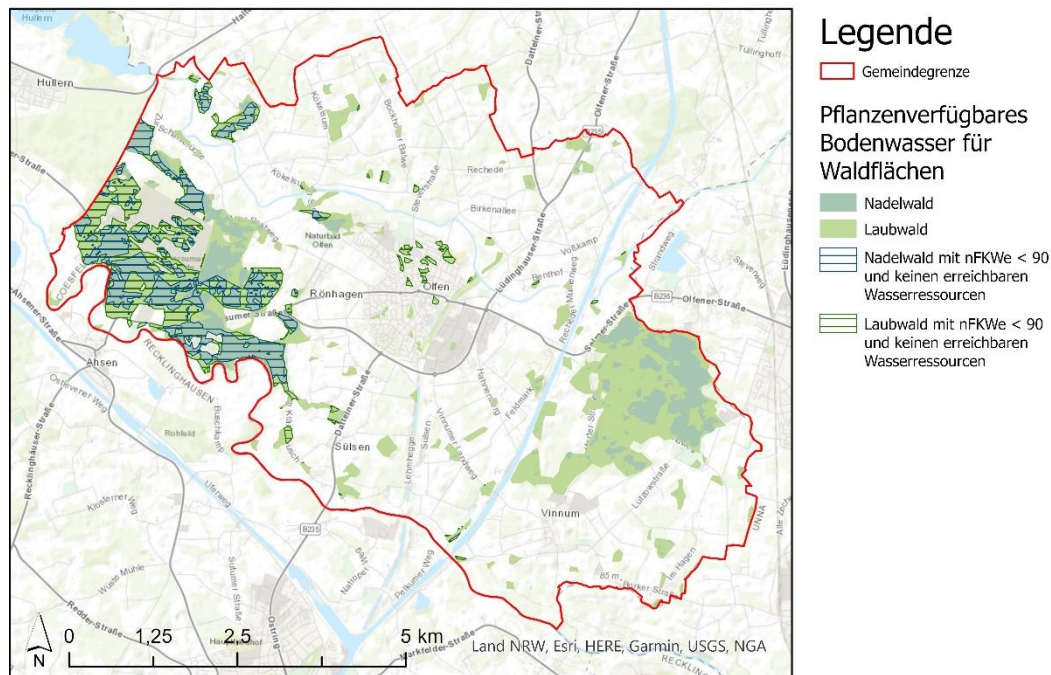


Die Forstwirtschaft ist weitreichend von der Witterung und dem Wasser- und Nährstoffangebot der Böden abhängig. Die klimatischen Standortbedingungen bestimmen das Artenspektrum, das Ertragspotential und den Biomassezuwachs (Adelphi et al. 2015, S. 249). Neben vielfältigen ökologischen Funktionen haben Wälder auch eine große wirtschaftliche Bedeutung. Von der Forstwirtschaft werden Rohstoffe, wie Holz oder andere Naturmaterialien bereitgestellt. Die bisherigen Auswirkungen des Klimawandels konnte der Wald kompensieren, jedoch stößt er zunehmend an seine Grenzen (Benze 2020). Die 2020 im dritten Jahr in Folge auftretende anhaltende Trockenheit intensivierte den Trocken- und Hitzestress der Bäume vor Ort (MULNV 2020, S. 7).

In Olfen stellt der Wald mit 22% die zweitgrößte Flächennutzung im Gemeindegebiet dar (Landesdatenbank NRW 2020, S. 3). Leider ist die genaue Baumartenverteilung der Waldflächen in Olfen nicht bekannt. Verschiedene Eigentümer*Innen haben in ihren Forsteinrichtungswerken unterschiedliche Anteile der einzelnen Baumarten angegeben. Da entsprechende Aufzeichnung jedoch nicht öffentlich sind und nur für einzelne Flächen bekannt gegeben wurden, ist keine durchschnittliche Baumartenverteilung zu bestimmen.

Als Annäherung können die verschiedenen Wuchsbezirke im regionalen Waldbaukonzept des Münsterlands dienen. Während der westliche Bereich von Olfen dem Wuchsbezirk Westmünsterland zugeordnet wird, liegt der östliche Bereich der Stadt im Kernmünsterland. Daraus ergibt sich eine unterschiedliche Verteilung der Hauptbaumarten. Im Westmünsterland seien die Anteile der Kiefern 35%, der sonstigen Laubbäume 30%, der Eichen 17%, der Buchen 7%, der Fichten 6% und sonstigen Nadelbäume 5%. Im Kernmünsterland sind insbesondere die Hauptbaumarten anders verteilt: Eiche 36%, sonstige Laubbäume 32%, Fichte 10%, Buche 16%, Kiefer 4% und sonstige Nadelbäume 2% (Busch 2017, S. 7 f.).

Auswertung des Pflanzenverfügbaren Bodenwassers für Wald- und Forstwirtschaft in Olfen



Quellen:

Aufbereitung der Analyseergebnisse der Masterarbeit von Isabel Post 2021 (Die Stadt zwischen zu viel und zu wenig Wasser. Ein Konzept zum Umgang mit den Extremwetterereignissen Trockenheit und Starkregen. Am Beispiel der Stadt Olfen)
 Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunktdichte). DL-DW-Zero-2.0

Die Auswertung der Bodendaten in Olfen zeigt, welche wald- und forstwirtschaftlichen Flächen insbesondere von anhaltender Trockenheit betroffen sind. Dabei zeigt sich, dass der Osten von Olfen weniger stark betroffen ist, als der Westen.

Untersuchung der projizierten Wirkungskette

Anhaltende Trockenheit und der damit verbundene Wassermangel kann den **Pflanzenstoffwechsel** verringern (Adelphi et al. 2015, S. 262). Aus dem entstehenden Trockenstress und dem verringerten Stoffwechsel resultiert ggf. ein erhöhter **Vitalitätsverlust**, dessen Ausmaß maßgeblich von der Wurzelform der Pflanze abhängig ist (Benze 2020). Daraus kann sowohl eine **erhöhte Waldbrandgefahr** als auch ein vermehrtes Auftreten von **Sturmschäden** folgen. Zudem ist aufgrund der sinkenden Vitalität eine **höhere Anfälligkeit gegenüber Schädlingen**. Möglicherweise besteht eine erhöhte **Dynamik in der Waldveränderung**, da auf Standorten zwischenzeitlich verlorener Waldflächen neue Kulturen anwachsen (Hittscher in Kruse et al. 2020). Mit dieser erhöhten Dynamik gehen zum Teil Verluste der **Waldfunktionen** einher. Auf die erhöhte Dynamik und die Funktionsverluste wird heute schon mit einer veränderten

Artenzusammensetzung, unter anderem durch die Anpflanzung trockenheitsstabiler Gehölze, reagiert (Steinhoff in Kruse et al. 2020).

6.1 Kernergebnisse im Handlungsfeld Forstwirtschaft

Die KLIMAWIRKUNGSANALYSE TROCKENHEIT zeigt in den Projektionen des Handlungsfeldes Forstwirtschaft gegenläufige Trends. Zum einen werden Biomassezuwächse aufgrund durchschnittlich guter Wachstumsbedingungen projiziert, andererseits werden die Anfälligkeiten und Schadfaktoren zunehmen und sind wahrscheinlich ursächlich für rückläufige Entwicklungstrends. Die forstlichen Entwicklungen beruhen maßgeblich auf den Anpassungsentscheidungen der Waldbesitzenden. Dabei sind die Zeithorizonte für mögliche Anpassungsmaßnahmen mittel- bis langfristig und Reaktionen darauf nicht direkt spürbar. Anpassungsmaßnahmen erfordern daher eine besonders frühe und umsichtige Planung.

Für den **Pflanzenstoffwechsel**, der über den Holzzuwachs abgebildet wird, wird für die Zukunftsperiode mit einer leichten Zunahme gerechnet aufgrund der im Jahresschnitt ähnlichen Wasserverfügbarkeit und dem CO₂-Düngungseffekt. Die genutzte Datengrundlage berücksichtigt jedoch nur eine begrenzte Auswahl an Parametern, was zu einer geringen Sicherheit der Aussage führt. In Bezug auf die Auswirkungen bei einem Extremwetterereignis, kann aufgrund des akuten Trockenstress mit einer Abnahme gerechnet werden, jedoch ist die Gewissheit dieser Aussage für Olfen gering, da keine expliziten Daten vorliegen.



Die **Pflanzenvitalität**, die durch den Indikator der Baumkronendichte abgebildet wird, hat in NRW insbesondere bei Buchen, Fichten und Kiefern deutlich abgenommen. Es ist mit einer weiteren Abnahme der Pflanzenvitalität durch das vermehrte Auftreten von Extremereignissen zu rechnen. Bei

anhaltender Trockenheit kann z.B. eine frühzeitige Einstellung der Photosynthese oder ein Blattabwurf eintreten. Räumlich konkrete Daten für Olfen liegen jedoch derzeit nur für das Jahr 2012 und 2018 vor. Die Projektion zukünftiger Auswirkungen sind sehr stark von der zukünftigen Baumauswahl abhängig.



Die Prognose der **Waldbrandgefahr** wird durch den Waldbrandgefahrenindex abgebildet. Dieser projiziert für den Kreis Coesfeld einen durchschnittlich signifikanten, wenn auch nur leichten, Anstieg der Waldbrandgefahr für die Zukunft. Bei dem Auftritt eines Extremwetterereignisses, wie 2018 und 2019, kann von einem deutlichen Anstieg der Waldbrandgefahr ausgegangen werden.



Die Anfälligkeit für **Sturmschäden** kann mangels vorliegenden Datengrundlage nur als grundsätzlicher Zusammenhang betrachtet werden. Es wird aufgrund verringerter Vitalität und stärkeren Winterstürmen von einem Anstieg ausgegangen. Genau Daten liegen jedoch nicht vor, wodurch keine für die Aussagen besteht.

Die Veränderung des **Schädlingsdrucks** wird über Fangzahlen des Borkenkäfers dargestellt. In den Dürrejahre 2018, 2019 und 2020 wurde eine überdurchschnittlich hohe Fangzahl registriert. Die zukünftige Ausprägung des Befalls hängt stark von dem im Wald verbleibenden Fichtenbestand ab, der in Olfen jedoch nicht besonders hoch ist. Der Schädlingsdruck durch andere Arten konnte nicht projiziert werden.



Eine veränderte Dynamik in der **Waldveränderung** kann mit den vorliegenden Daten nicht erhoben und projiziert werden.

Ein Rückgang der **Waldfunktionen** ist bei einer zunehmenden Dynamik der Waldveränderung sehr wahrscheinlich. Der Erhalt von Waldfunktionen ist dabei sehr stark von den Anpassungsmaßnahmen abhängig. Da Wälder von anhaltenden Trockenheitsereignissen grundsätzlich stark beeinflusst sind, ist ein durchschnittlicher Funktionsverlust mit Rückgängen und anhaltenden Einbußen, insbesondere bei Extremereignissen, wahrscheinlich.



Eine Veränderung der **Artenzusammensetzung** ist für die zukünftige Referenzperiode wahrscheinlich und wird im Waldbaukonzept des Landesbetriebs Wald und Holz NRW für 2071-2100 abgebildet. Änderung der empfohlenen Artenzusammensetzung treten insbesondere wegen projizierten Änderungen des Wasserhaushaltes auf. Die Faktoren Nährstoffversorgung und Vegetationszeit bleiben größtenteils konstant. Inwieweit die Waldbesitzenden den Anbauempfehlungen von Wald und Holz NRW in der



Vergangenheit und in Zukunft folgen ist unklar. Aus diesem Grund wurde keine Projektion für Olfen abgeleitet. Der Einfluss von Extremwetterereignissen auf die Artenzusammensetzung ist unbekannt.

6.2 Indikatorenspezifische Analyse im Handlungsfeld Forstwirtschaft

Verringerter Pflanzenstoffwechsel

Erklärung des Indikators: Der Holzzuwachs ist eine wichtige Kenngröße der forstwirtschaftlichen Nutzung und wird in $\text{m}^3/\text{ha}/\text{a}$ angegeben. Mit der Kenngröße wird der jährliche Ertrag an Holz bezeichnet, der aufgrund des Pflanzenstoffwechsels zusätzlich generiert wird. Die Projektion des Holzzuwachses basiert jedoch nur auf einer begrenzten Auswahl einfließender Parameter, konkret der durchschnittlichen Wasserverfügbarkeit und dem CO_2 Düngungseffekt, was zu einer geringeren Sicherheit der Aussagen aufgrund der Ausklammerung z.B. von Schädlingseinflüssen und zukünftigen Anpassungsentscheidungen führt.

Beobachtungsdaten: Der durchschnittliche jährliche Holzzuwachs liegt je nach Baumart zwischen 7,62 und 17,64 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{a}$. Aufgrund mangelnder Daten ist eine räumliche Verortung des jährlichen Holzzuwachses nicht möglich.

	Durchschnittlicher Holzzuwachs in NRW 2002-2012
Buche	9,49
Eiche	7,62
Kiefer	9,28
Douglasie	17,64
Fichte	15,23

Tabelle 6: Zuwachs des Vorrates [$\text{m}^3/\text{ha}/\text{a}$] nach Baumartengruppe (Bundeswaldinventur 2012)

Zukunftsszenarien: Die Projektionen des Holzzuwachses unterscheiden sich je nach Baumart. Dabei weisen alle Baumarten einen erhöhten Holzzuwachs und damit einen steigenden Pflanzenstoffwechsel auf. Dies ist auf die guten klimatischen Wuchsbedingungen mit höheren

Temperaturen, durchschnittlich steigenden Jahresniederschlägen und einem steigenden atmosphärischen CO_2 -Gehalt zurückzuführen (Wechsung et al. 2008, S. 34). Die unterschiedlichen Anstiegsraten je Baumart in ha sind Tabelle 7 zu entnehmen. Bei diesen Prognosen handelt es sich jedoch um rein hypothetische Annahmen, die die Anpassungsleistung der kommenden Jahre nicht betrachten. Zum einen nimmt die vorliegende Projektion des PIK nur eine Teilbetrachtung des Holzzuwachses vor, da keine weiteren ertragsbeeinflussenden Faktoren, wie z.B. Schädlingsbefall oder Ausfälle bei Extremwettern, berücksichtigt werden. Zum anderen wird nicht berücksichtigt, dass insbesondere die Fichte nach dem



Absterben nicht neu gepflanzt wird. Beim Validierungsworkshop wurden Zweifel an den absoluten Mengen des Holzzuwachses geäußert. Diese schienen grundsätzlich zu hoch angesetzt. Dies zeigt sich auch beim Vergleich der Werte zum Holzzuwachs gemäß Bundeswaldinventur für NRW und den PIK Daten für den Kreis Coesfeld. Auch die Zuwachsunterschiede und das sich daraus ergebende Ranking stellte man in Frage. Einig war man sich nur über den generellen Trend. Die durchschnittlichen klimatischen Änderungen führen zu einer Zunahme des Holzzuwachses (Hittscher in Wright et al. 2021a). Bei einem Extremwetterereignis Trockenheit wird aufgrund des akuten Mangels an Pflanzenverfügbarem Wasser von einem zeitweilig rückläufigen Pflanzenstoffwechsel ausgegangen. In Bezug auf die Auswirkungen bei einem Extremwetterereignis geben zukünftige Klimaprojektionen Hinweise auf potentielle Veränderungen.

	Referenz 1971 - 2000	RCP 4.5 2031–2060	RCP 8.5 2031 - 2060
Buche	11	11,2	11,6
Eiche	12,3	12,6	13,0
Kiefer	15,5	16,2	16,7
Douglasie	14,5	15,2	15,9
Fichte	21,2	21,4	21,8

Tabelle 7: Auswertung des Holzzuwachses in m³/ha/a nach Baumarten (Sektor Forst in PIK 2021)

Erhöhter Vitalitätsverlust

Erklärung des Indikators: Die Vitalität von Bäumen kann mit zunehmendem Trockenstress abnehmen. Ein Indikator um den Vitalitätszustand der Bäume abzubilden, ist die Untersuchung der Baumkronendichte (MULNV 2020, S. 14). Die Baumkronendichte wurde von dem Satelliten Copernicus der EU 2012 und 2018 als hochauflösendes Bild mit der Angabe der durchschnittlichen Kronendichte je Bildpixel von 0-100% bereitgestellt (Copernicus Land Monitoring Service 2018). Die Veränderung der Baumkronendichte wird im Folgenden ausgewertet. Der Indikator scheint jedoch nur bedingt für die folgende Anwendung geeignet, da die Daten nur für die Jahre 2012 und 2018 vorliegen und nur bedingt Trendfortschreibungen möglich sind. Die Waldzustandserhebung NRW 2020 trifft zusätzlich noch Einschätzungen über das Maß der Baumkronenschädigung des Jahres 2020, woraus sich Trends für zukünftige Trockenereignisse ableiten lassen.

Beobachtungsdaten: Die Analyse der Satellitenbilder für Olfen zeigt für 2012 durchschnittliche Werte der Baumkronendichte zwischen 0 und 100 % und kann damit die Unterschiede der Baumvitalität in Olfen verräumen. Zwischen den einzelnen Klimatopen im Wald sind deutliche Dichteabstufungen zu erkennen. Insgesamt fällt auf, dass die Baumkronendichte im Kern der Waldgebiete höher ist, als in den Randbereichen. Eine Ausnahme stellen die relativ zentral gelegenen Waldflächen auf dem ehemaligen Munitionsdepot in der Eversumer Heide dar (Copernicus Land Monitoring Service 2018). Ob die Baumkronen hier weniger dicht sind oder durchschnittlich weiter auseinander stehen wegen einer höheren Anzahl an Wegeflächen ist unklar. In der Auswertung wird nicht unterschieden zwischen

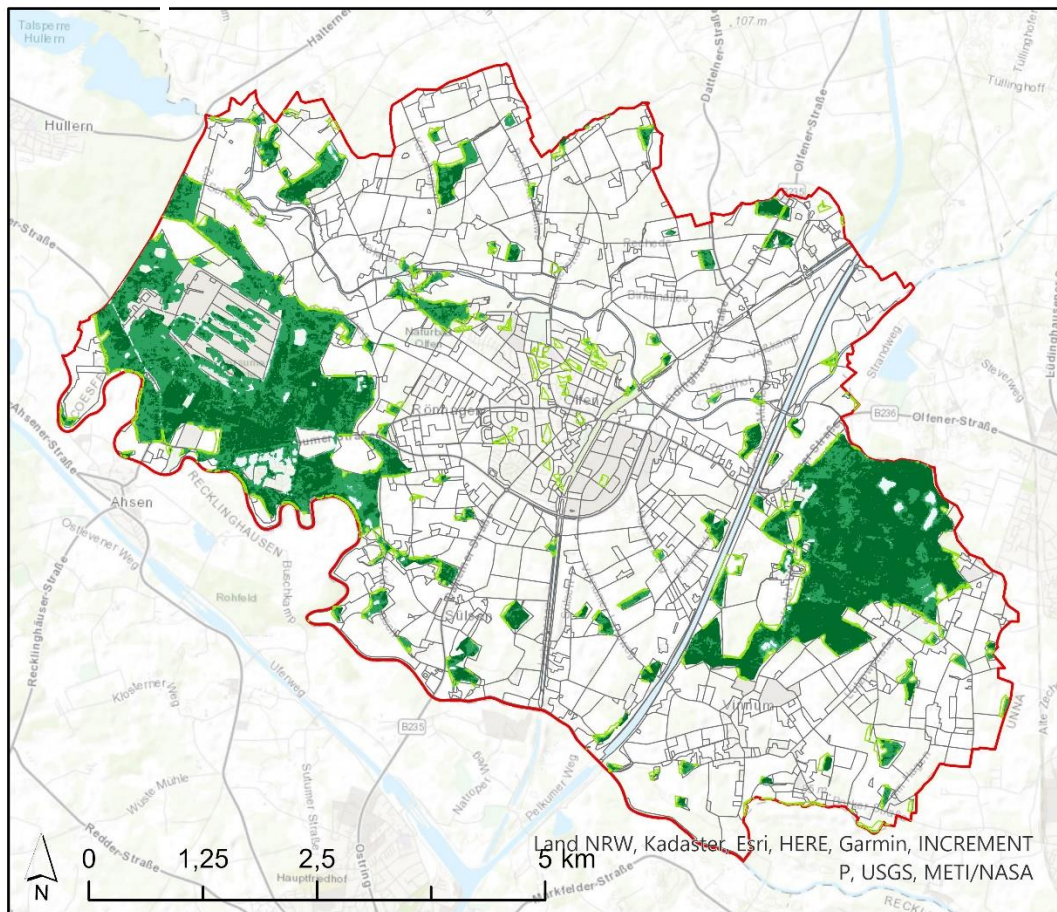
bewaldeten Flächen und solchen, in denen nur vereinzelte Bäume stehen. Aus diesem Grund weisen auch viele Siedlungs- und Freiflächen eine geringe Baumkronendichte auf. Die Waldzustandserhebung 2020 betont, dass in dem Jahr der Anteil an deutlich verlichteten Bäumen mit einem landesweiten Durchschnitt von 44% besorgniserregend hoch sei. Seit Beginn der Erhebungen 1984 ist dies der bisher schlechteste Wert. Zurückzuführen ist dieser auf die vergangenen drei Jahre mit lang andauernden außergewöhnlichen Hitze- und Trockenheitsbelastungen. Dabei hat sich insbesondere der Zustand der Buchen, Fichten und Kiefern weiter deutlich verschlechtert (MULNV 2020, S. 15). Von 2012-2018 hat, gemäß der Luftbilddauswertung, auch in Olfen Waldschrumpfung stattgefunden. Insbesondere an den Rändern der Waldflächen und im Stadtgebiet sind auf der Karte die Rückgänge kartiert.

Zukunftsszenarien: Eine Projektion ist mit vorhandenen Daten derzeit nicht möglich. Die klimatischen Änderungen lassen jedoch auf eine Verstärkung der Problematik schließen. Grundsätzlich sind jedoch die Reaktion der Waldbäume aufzunehmenden Hitze- und

Trockenheitsstress von Baumart und Baumalter abhängig. Mögliche Reaktionen auf Trockenstress können das frühzeitige Einstellen der Photosynthese oder der spontane Blattabwurf bei Buchen sein (MULNV 2020, S. 10).



Baumvitalität



Legende

Gemeindegrenze

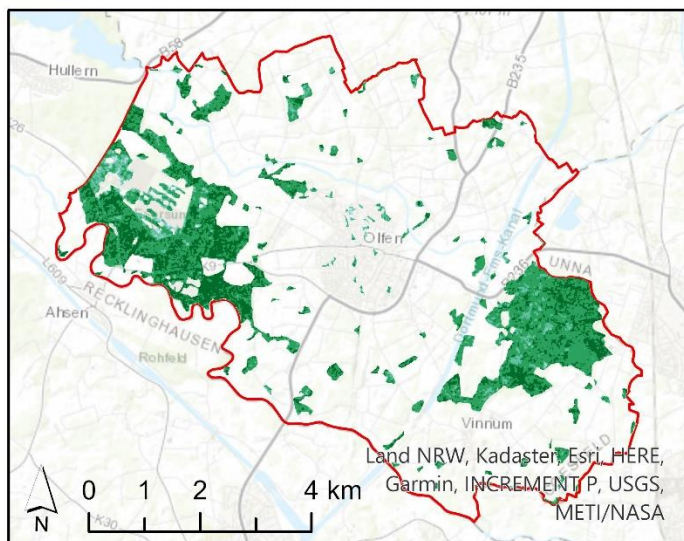
Baumkronendichte 2018

in %

0 - 20
21 - 40
41 - 60
61 - 80
81 - 100

Waldschumpfung von 2012 bis 2018

"Normalzustand" 2018



"Trockenjahr" 2012

Quellen:

European Environment Agency. (2018). Tree Cover Density (2012) 20m.

Quellen:

European Environment Agency. (2012). Tree Cover Density (2012) 20m.

Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunktdichte). DL-DW-Zero-2.0

Kreis Coesfeld. (2021). Genehmigte jährliche Entnahmen aus Grundund Oberflächengewässern. Coesfeld.

LANUV. (2019). Klimaanalyse aus den Planungskarten (Klimaanpassung).

DL-DE-BY-2.0

Anstieg der Waldbrandgefahr

Erklärung des Indikators: Zur

Beschreibung der Waldbrandgefährdung wird vom Deutschen Wetterdienst ein Waldbrandgefahrenindex herausgegeben, der flächendeckend das meteorologische Potential für die Gefährdung durch Waldbrand beschreibt. Darin werden 5 Gefahrenstufen unterschieden: von 1= sehr geringe Gefahr bis 5 = sehr hohe Gefahr (Deutscher Wetterdienst 2021a). Die örtliche Einschätzung der Waldbrandgefahr kann jedoch aufgrund der Verfügbarkeit von trockenem, brennbarem Material, der Topografie und kleinräumigen meteorologischen Besonderheiten abweichen (Adelphi et al. 2015, S. 252). In dieser Analyse wird die durchschnittliche Anzahl an Tagen mit hoher Waldbrandgefährdung (Stufe 4 und 5) je Jahr betrachtet. Berücksichtigt wird ein Zeitraum von Mitte Februar bis Ende Oktober, wofür vom PIK sowohl für den Referenzzeitraum als auch für den zukünftigen Zeitraum die Anzahl an Tagen projiziert wurde. Die PIK Projektionen treffen Aussagen auf Grundlage von Durchschnittberechnungen.

Beobachtungsdaten: Für die Referenzperiode wird von durchschnittlich 13,3 Tagen pro Jahr ausgegangen, an denen im Kreis Coesfeld eine potentiell hohe Gefährdung für Waldbrände aufgrund des meteorologischen Potentials vorliegt (Sektor Forst in PIK 2021). In den Jahren 2018 und 2019 lag die Anzahl der Tage mit Waldbrandgefahr 4+5 NRW-weit mit ca. 50 Tagen weit über diesem Durchschnitt (LANUV 2019a).

Projizierter Wandel: Im Rahmen eines schwachen klimatischen Wandels werden die durchschnittlichen Tage mit hoher Waldbrandgefährdung im Kreis Coesfeld auf 15,0 Tage/Jahr ansteigen. Dies stellt eine Zunahme von 12,78% im Vergleich zur Referenzperiode dar. Die Projektion des meteorologischen Potentials für den starken klimatischen Wandel gibt für die Zeitscheibe 2031 - 2060 hingegen durchschnittlich 13,6 Tage/Jahr mit hoher Waldbrandgefährdung an, was eine Steigerung um 2,25% gegenüber der Referenzperiode entspricht (Sektor Forst in PIK 2021). Die ca. 50 Tage mit hoher Warnstufe in den Jahren 2018 und 2019 verdeutlichen, dass anhaltende Trockenheit zu überdurchschnittlicher Waldbrandgefährdung führt, weswegen für die Zukunft eine stärkere Gefährdung projiziert wird.



Höhere Anfälligkeit für Sturmschäden

Beschreibung: Bäume mit geringerer Vitalität sind gegenüber Sturmschäden gefährdeter. Selbst bei vermeintlich gesund aussehenden Bäumen kommt es zu trockenheitsbedingtem Sommerbruch (Brömmel in Kruse et al. 2020). Eine Veränderung der Windgeschwindigkeiten wird bis zum Ende des

Projektion – Sturmschäden		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt	?	?
Extremwetter	?	?

21. Jahrhunderts insbesondere in den Wintermonaten eintreten. Damit werden vermehrte Sturmschäden als mögliche Folge anhaltender sommerlicher Trockenheit ggf. erst in Wintermonaten erkennbar sein (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe et al. 2012, S. 70). Derzeit gibt es keine Kartierung der bestehenden und projizierten Gefährdung für Sturmschäden in Olfen. Weshalb die Analyse der Klimawirkungsfolge in Ermangelung von Daten nicht erfolgt.

Zunehmender Schädlingsdruck

Erklärung des Indikators: Aufgrund verringerter Vitalität können Bäume anfälliger für den Befall durch Schädlinge sein. Zusätzlich bestärken warme, sonnige Entwicklungsbedingungen und milde Winter deren Massenvorkommen (MULNV 2020, S. 60). Insbesondere die trockengestresste Fichte kann sich aufgrund geminderter Harzproduktion nicht ausreichend gegen Borkenkäferbefall schützen, da sie einbohrende Borkenkäfer nicht mehr ausharzen können (MULNV 2020, S. 60). Aus diesem Grund wurden die Fangzahlen des Borkenkäfers an Messfallen von Wald und Holz NRW betrachtet. Die Messstelle bei Haltern am See ist die räumlich naheliegendste zu Olfen und bietet Beobachtungsdaten zu den Summen an gefangenen Buchdruckern und Kupferstechern in der Gegend. Die Betrachtung einer einzelnen Schädlingsart ist jedoch für die grundsätzliche Einschätzung der Anfälligkeit nur bedingt geeignet, es gibt viele verschiedene Schädlinge die Probleme im Wald verursachen. Zusätzlich beeinflussen neben dem Trockenstress der Bäume viele weitere Faktoren für das Maß des Schädlingsbefalls.

Beobachtungsdaten: Die Fichte ist 2020 die am häufigsten absterbende Baumart in NRW (siehe Abbildung 10). Die Daten für die Dürrejahre 2018-2020 zeigen zunehmende Fangmengen von Borkenkäfern in Fichten. Insgesamt steigen die Käfermengen von 2018 bis 2019 und dann nochmal bis 2020. Die großen Mengen an Schadholz durch Borkenkäferbefall bestätigen auch die Aussage des dortigen Mitarbeiters von Wald und Holz NRW, da die Entnahme

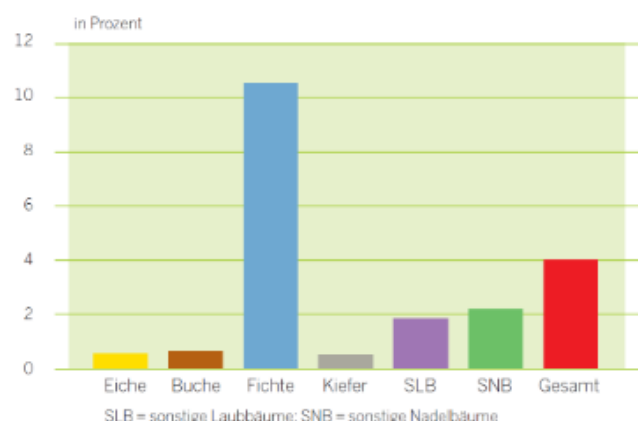


Abbildung 10: Absterberaten aller Baumarten 2020 (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2021, S. 19)

von Fichten, aufgrund der Klassifizierung als Schadholz, die Hauptentnahme der Jahre war (Geisthoff 2021).

Zukunftsszenarien: Ob sich dieser Trend fortsetzt, hängt zum einen von den weiteren Entwicklungsbedingungen der Schädlingspopulationen ab, welche laut der Klimaprojektion optimal sind, zum anderen aber auch von der verbleibenden Menge Fichte im Wald.

Projektion – Schädlingsdruck		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt	?	?
Extremwetter		

Fichten machen gemäß des Regionalen Waldbaukonzeptes im Münsterland nur 7-10% der Baumarten aus, weshalb deren Menge so begrenzt ist, dass in Zukunft der Borkenkäfer weniger Nahrungsgrundlage findet (Busch 2017, S. 7; Geisthoff 2021). Für die generelle Anfälligkeit des Waldes gegenüber Schädlingen können keine Projektionen getroffen werden, weil Anpassungsmaßnahmen und weitere Faktoren den Befall beeinflussen. Lediglich für die Extremjahre wird aufgrund der stark abnehmenden Pflanzenvitalität eine Zunahme vermutet.

Erhöhte Dynamik in der Waldveränderung

Für diese Trockenheitsfolge konnte kein geeigneter Indikator gefunden werden. Ein erhöhtes Waldsterben und Neuanpflanzungen im Zuge vorgelagerter Klimafolgen könnten die Dynamik in der Waldveränderung erhöhen.

Projektion – Waldveränderung		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt	?	?
Extremwetter	?	?

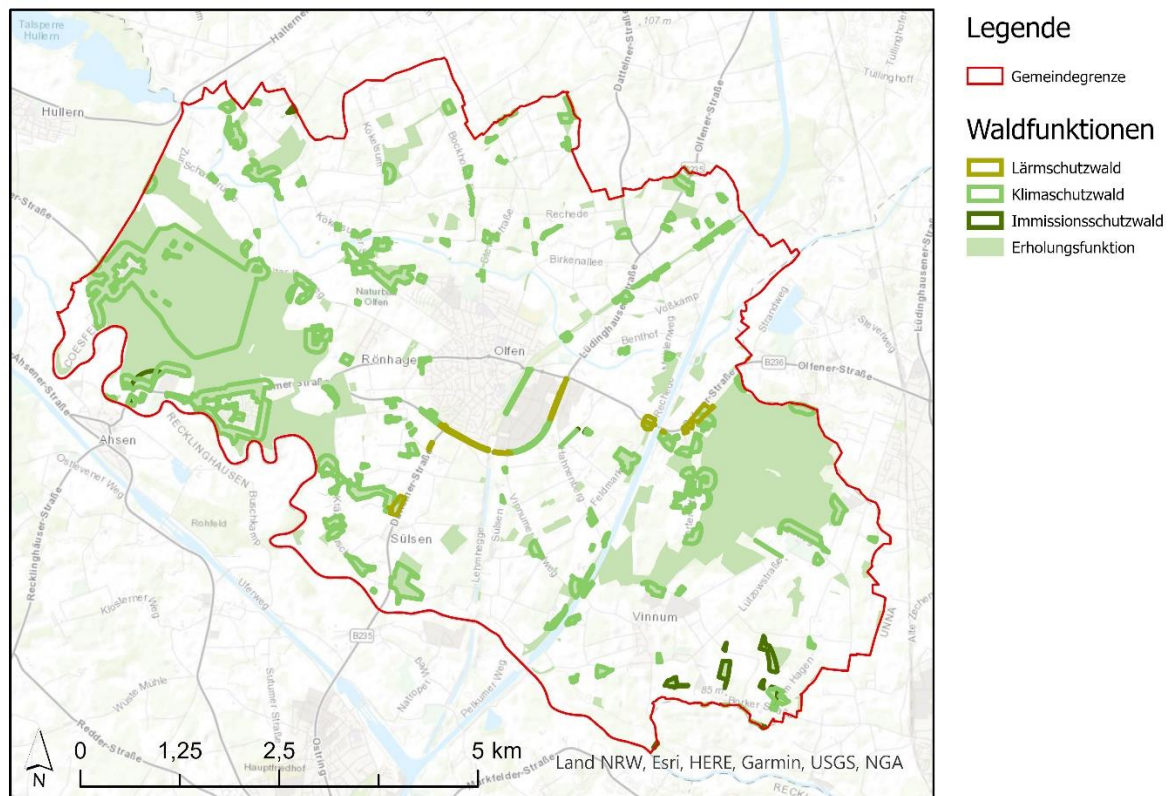
Vermehrte Verluste von Waldfunktionen

Erklärung des Indikators: Der Wald bietet verschiedene Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen (Adelphi et al. 2015, S. 255). Der Landesbetrieb Wald und Holz NRW unterscheidet dabei zwischen zehn unterschiedlichen Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes (Wald und Holz NRW 2019). Neben den bereits beschriebenen Nutzfunktionen durch die Bereitstellung von Holz und sonstigen Rohstoffen sowie der überdurchschnittlichen Grundwasserneubildung bietet er beispielsweise auch Schutz gegenüber Erosion. Weitere für den Menschen wichtige Erholungs- und Schutzfunktionen sind im Geoportal des Landesbetriebs Wald und Holz kartiert. Dazu gehören unter anderem die Funktionen Immissionsschutz (Minderung schädlicher oder belastender Einwirkungen, besonders durch Stäube, Aerosole und Gase), Klimaschutz (Schutz von Siedlungen, Kur-, Heil- und Freizeiteinrichtungen sowie Erholungsbereichen, landwirtschaftlichen Nutzflächen und Sonderkulturen vor Kaltluftschäden, nachteiligen Windeinwirkungen und Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsextremen), Lärmschutz (Schutz von Wohn-, Arbeits- und Erholungsbereichen vor negativ empfundenen Geräuschen durch Absenkung des Schalldruckpegels und optischer Abschirmung) und Erholungswald (Im regionalen Vergleich überdurchschnittlich stark besuchte Wälder oder solche, in denen das forstliche Management maßgeblich von der Erholung mitbestimmt wird) (Wald und Holz NRW 2019). Für das genaue räumliche Änderungsmaß liegen

leider keine Projektionen vor, sodass nur auf Grundlage vorheriger Trends der Klimawirkungen ebenfalls ein Rückgang vermutet werden kann, der jedoch stark durch Anpassungsmaßnahmen beeinflusst werden kann.

Beobachtungsdaten: Während allen Waldflächen in Olfen eine Erholungsfunktion zugeschrieben wird, sind die Funktionen Lärmschutzwald, Immissionsschutzwald und Klimaschutzwald weniger stark ausgeprägt und treten immer gemeinsam mit der Erholungsfunktion auf. Dabei weist die Eversumer Heide in großen Teilen auch eine Klimaschutzfunktion auf. Waldflächen entlang der B235 und der Selmer Straße erfüllen zusätzlich eine Lärmschutzfunktion. Im Südosten von Olfen sind einige eher kleine Waldflächen zu finden, die explizit eine Immissionsschutzfunktion einnehmen.

Waldfunktionen



Quellen:
Waldfunktionen Nordrhein-Westfalen, Wald und Holz NRW
Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunktdichte). DL-DW-Zero-2.0

Zukunftsszenarien: Klimatische Änderungen mit Auswirkungen auf die Waldvitalität und Walddynamik können mittelbar auch Auswirkungen auf die Waldfunktionen haben. Im Expert*Innengespräch wurde bei zunehmendem Trockenstress ein Rückgang der Kohlenstoffsenk- und Sauerstoffproduktionsfunktion, der Erholungsfunktion, sowie ein Rückgang der Grundwasserneubildungsraten prognostiziert (Benze 2020; Labonte in Kruse et al. 2020).



Veränderung der Artenzusammensetzung

Erklärung des Indikators: Maßnahmen zum Waldumbau werden zum einen aufgrund von wirtschaftlichen Ertragsüberlegungen vorgenommen, zum anderen versucht die Forstwirtschaft den fortschreitenden klimatischen Veränderungen mittels waldbaulicher Maßnahmen zu begegnen. Auf betrieblicher Ebene wird versucht Ausfallrisiken zu streuen indem das Baumartenportfolio erweitert wird und Mischbestände durch gezielte Maßnahmen gefördert werden (Busch 2017, S. 15). Außerdem werden Kahlflächen aufgeforstet und die Wiederbewaldungen anhand der realen und prognostizierten abiotischen Lebensbedingungen geplant (Busch 2017, S. 16). Mittels eines Waldbaukonzepts können verschiedenen Standortbedingungen kategorisiert werden gemäß der jeweiligen Nährstoffversorgung, dem Gesamtwasserhaushalt und der Länge der Vegetationszeit. Diese Standorttypen entsprechen dann einem Waldentwicklungstyp mit einer charakteristischen Kombination von Baumarten mit ähnlichen Standortansprüchen (Busch 2017, S. 25). Die Charakterisierung der verschiedenen Standorttypen ermöglicht auch Projektionen über geeignete zukünftige Baumarten. Ein klimawandelbedingter Standortdrift kann heute simuliert werden, indem eine trockenere Wasserhaushaltsstufe berücksichtigt wird (siehe Kapitel 3.1).

Beobachtungsdaten: Eine genaue Kartierung der bestehenden Baumartenbestände liegt nicht vor. Somit kann auch keine Aussage dazu getroffen werden, in welchem Maße die Waldentwicklungstypen nach Standortfaktoren beim Waldumbau bereits berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle keine Karte dargestellt.

Zukunftsszenarien: Klimatische Veränderungen werden im Waldbaukonzept anhand der folgenden Matrix berücksichtigt. Bestände sollten demnach zur optimalen Standortzugehörigkeit anhand des Drifts der abiotischen Bedingungen geplant werden. Anhand dieser Matrix hat Wald und Holz NRW für den Projektionszeitraum 2071-2100 Standortkartierung vorgenommen. In der Auswertung der Projektion ist abzulesen,



dass sich die meisten Standorttypen aufgrund der Veränderung des Wasserhaushalts ändern.



Abbildung 11: Klassifizierung von Waldentwicklungstypen nach Standortfaktoren (Busch 2017)

Die Veränderung der Faktoren Nährstoffversorgung und Vegetationszeit bleibt größtenteils konstant. Die Änderung des Wasserhaushalts ist bereits in Kapitel 4.1.3 kartiert. Gemäß den dort beschriebenen Änderungen, ändern sich auch die vorgeschlagenen Waldentwicklungstypen. Für Anpassungsentscheidungen in einzelnen Extremjahren liegen leider keine Informationen zu und es kann keine Projektion getroffen werden.

6.3 Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Forstwirtschaft

Das Handlungserfordernis ergibt sich aus der Verbindung einer objektiv zu bestimmenden Klimawirkung (Sachebene) mit der subjektiven Bewertung des betroffenen sensitiven Systems (Wertebene). Die Bewertung wurde von der Stadtverwaltung Olfens in Bezug auf die Bedeutung für die Stadtbevölkerung Olfens vorgenommen.

		Bedeutung der Klimawirkung für Olfens Bevölkerung - Wertebene		
		Sehr wichtig	Mäßig wichtig	Bereits ausreichend
Trend bei Trockenheit	Starke Änderung	Pflanzenverfügbares Bodenwasser, Pflanzenvitalität, Waldbrandgefahr,		
Sachebene	Moderate Änderung	Schädlingsdruck, Pflanzenstoffwechsel	Waldfunktionen, Artenzusammensetzung ¹	
	Keine Änderung			

Tabelle 8: Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Forstwirtschaft (eigene Darstellung)

¹ Erläuterung Artenzusammensetzung: Um die Bedeutung dieser Klimawirkung für die Bevölkerung zu erheben wurde die Klimawirkung umformuliert. Es wurde nach der Bedeutung eines Identitätsstiftenden Charakters des Waldes gefragt. Da die Trendprojektion bei einem Extremereignis keine Aussage treffen konnte, wurde die Klimawirkung vereinfacht in der Spalte moderate Änderung verortet.

Aus Tabelle 8 ist die Priorisierung der Handlungserfordernisse auf der Basis der ermittelten Trends und den Bewertungen ersichtlich. Es ist zu erkennen, dass für die Klimawirkungen Pflanzenverfügbares Bodenwasser, Pflanzenvitalität und die Waldbrandgefahr ein hoher Handlungsbedarf besteht. Für den Schädlingsdruck, den Pflanzenstoffwechsel sowie den Erhalt der Waldfunktionen und die Änderung der Artenzusammensetzung besteht nur ein mittlerer Handlungsbedarf.

7. Handlungsfeld Stadtentwicklung



Der Funktionserhalt von Grün- und Freiflächen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Aufgrund der Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf den Siedlungsbereich und den unmittelbaren Einflüssen auf das menschliche Wohlbefinden wurde im Rahmen dieser KLIMAWIRKUNGSANALYSE TROCKENHEIT das Handlungsfeld Stadtentwicklung betrachtet. Neben der Bedeutung für die Luftqualität und das Mikroklima gelten Grünflächen als Erholungsgebiet, als Lärmdämpfer und beheimaten zahlreiche Pflanzen und Tiere (Schmalenbeck in Kruse et al. 2020; BMU 2015, S. 7)

Neben den beiden größten Flächennutzungen Landwirtschaft und Forstwirtschaft wird als drittgrößter Flächenanteil die Siedlungs- und Verkehrsflächen (15,5 %) betrachtet. In Olfen sind 2019 12.923 Einwohner gemeldet (Landesdatenbank IT.NRW 2021, S. 3).

Untersuchung der projizierten Wirkungskette

Bodenabsenkungen oder Setzungen der Geländeoberfläche können aufgrund der Absenkung des Grundwasserspiegels und dem Austrocknen einzelner Bodenschichten auftreten (Brömmel in Kruse et al. 2020). Zudem könnten durch Setzungen neben **Bauwerksschäden** an Gebäuden auch vermehrt Straßenschäden und Brüche im öffentlichen Kanalnetz entstehen (Brömmel, Wright in Kruse et al. 2020). Des Weiteren beeinflusst weniger pflanzenverfügbares Wasser den **Pflanzenstoffwechsel** (Brüse 2021). Deshalb kann bei städtischen und privaten Grünflächen ein zunehmender **Bewässerungsbedarf** bestehen, um den Wasserhaushalt der Pflanzen auszugleichen und den Stoffwechsel zu erhalten (UBA 2020). Darüber hinaus wird die **Vitalität** durch die Trockenheit - neben den bestehenden Stressoren von Abgasen, Streusalzen, Verdichtung und Versiegelung - geschwächt, sodass gegebenenfalls **Schädlinge** Pflanzen leichter besetzen können. Es kann zu Funktionsverlusten von grüner Freiraumstruktur kommen. Darunter zählen beispielsweise **Ästhetikverluste**. Auch **Verschattungs- und Kühlungsfunktionen** werden reduziert (Schmalenbeck in Kruse et al. 2020). Zudem entstehen bei einer sinkenden Vitalität von Stadtbäumen erhöhte **Verkehrssicherungsgefahren** (Kruse et al. 2020, Brömmel in). Es werden bereits erste Pflanzenarten gewählt, die an verändernden Standort- und Klimabedingungen besser angepasst sind, sodass eine vermehrte **Veränderung von Pflanzkulturen** verzeichnet werden kann (Hittscher in Kruse et al. 2020).

7.1 Kernergebnisse im Handlungsfeld Stadtentwicklung

Ein vermehrtes Auftreten von **Bodenabsenkung** im Zusammenhang mit anhaltender Trockenheit ist möglich. Eine räumlich spezifische Analyse liegt für Olfen jedoch nicht vor. In Bezug auf Extremwetterereignisse spielt insbesondere die Betrachtung von oberen Bodenschichten eine bedeutende Rolle.

Projektion – Bodenabsenkung		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt		
Extremwetter		

Bisher sind keine **Bauwerksschäden** an Gebäuden, Straßen oder dem Kanalnetz in Olfen bekannt. Eine räumliche Projektion dieser Klimawirkung ist mit den vorliegenden Daten nicht möglich.

Ein erhöhter **Vitalitätsverlust**, verbunden mit einem verringerten Pflanzenstoffwechsel, hat in der Vergangenheit zu einem Absterben von Stadtbäumen geführt, der sich in den extremen Dürrejahre verstärkt hat. Die Auswertung der Baumkronendichte weist auf eine Verschlechterung, insbesondere in den letzten Dürrejahre hin.

Projektion – Vitalitätsverlust		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt		
Extremwetter		

Ein erhöhter **Schädlingsbefall** lässt sich für den Siedlungsraum auf Grundlage vorliegender Daten nicht beschreiben und nicht projizieren und wird daher während des Workshops diskutiert

Die Veränderung von **Ästhetik** lässt sich auf Grundlage vorliegender Daten nicht beschreiben und wird daher während des Workshops diskutiert.

Ein erhöhter **Bewässerungsbedarf** ist aufgrund des veränderten Niederschlagsregimes und insbesondere bei dem Auftreten von anhaltender Trockenheit sehr wahrscheinlich. Konkrete Projektionen für Olfen liegen jedoch nicht vor. Dennoch wurden die gestiegenen Bewässerungsbedarfe als Folge der trockenen Jahre 2018, 2019 und 2020 durch die befragten Expert*Innen bestätigt. Auch sie gehen von einem weiter steigenden Bewässerungsbedarf aus.

Projektion – Bewässerungsbedarf		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt		
Extremwetter		

Die vorliegenden weisen auf einen Rückgang der **Verschattungs- und Kühlungsfunktion** hin. Die Zukunftsszenarien sind jedoch stark von Anpassungsmaßnahmen abhängig. Insbesondere eine passende Auswahl von Stadtbäumen, unterschiedliche Bewässerungssysteme und das Freihalten von wichtigen Kaltluftbahnen spielen dabei eine große Rolle.



Ein erhöhtes Auftreten von **Verkehrssicherungsgefahren** aufgrund von Sommerbrüchen ist wahrscheinlich, jedoch liegen für Olfen bislang keine konkreten Daten vor. Bei dem Auftreten von extremer Trockenheit ist eine höhere Betroffenheit wahrscheinlich.



In der Vergangenheit konnten in Olfen bereits Veränderungen der **Pflanzkulturen** beobachtet werden. Eine Projektion ist stark von zukünftigen Pflanzentscheidungen abhängig und somit nicht modellierbar. Jedoch weist das angepasste Vorgehen der Stadt Olfen bei der Baumauswahl auf eine Veränderung der Pflanzkulturen in der Zukunft hin.



7.2 Indikatoren-spezifische Analyse im Handlungsfeld Stadtentwicklung

Vermehrte Bodenabsenkungen

Erklärung des Indikators: Abnehmende Wassermengen in Bodenschichten können als Folge einer Grundwasserabsenkung oder der Änderung lokaler Wassermengen auftreten. Dieses Trockenfallen kann zu Schrumpfungen von Bodenschichten und damit zu Bodenabsenkungen führen (Stadt Offenbach 2020, S. 14). Bei den Bodenabsenkungen kann zwischen Geländeabsenkungen durch einen sinkenden Grundwasserspiegel oder durch Trocknung und Erwärmung von oberen Bodenschichten unterschieden werden.

Durch die Trocknung von oberen Bodenschichten können direkte Schrumpfungen auftreten, wenn oberflächige schwindfähige Böden unmittelbar Niederschlagsarmut, Sonneneinstrahlung etc. ausgesetzt sind (Prinz und Strauß 2011, S. 231). Weitere beeinflussende Faktoren können auch die Entwässerungsmaßnahmen oberflächennaher Bodenschichten sein, bspw. mittels Drainagen, großflächigen Bodenversiegelungen oder Kanalgräben (Prinz und Strauß 2011, S. 232). Umgekehrt kann die Wasseraufnahme in trockengefallenen Bodenschichten auch Hebungen bedingen. Eine Volumenzunahme oder ein

Quellen kann insbesondere bei bindigen Böden durch Wasseraufnahme erfolgen (Prinz und Strauß 2011, S. 230)

Nicht-bindige Bodenschichten (grobkörnige Böden wie z. B. Schluff- und Sandböden) reagieren sehr rasch auf einen Wegfall des Auftriebs aufgrund sinkenden Grundwassers, was in den betroffenen Schichten entsprechende Setzungen auslöst (Prinz und Strauß 2011, S. 231). In bindigem (feinkörnigem) Boden treten bei Abnahme des Wassergehaltes mit zunehmender Feinporigkeit erhöhte Volumenverminderungen auf. Das Ausmaß dieser Schrumpfsetzungen ist abhängig von der Wassergehaltsabnahme sowie der Mächtigkeit und Feinporigkeit der entwässerten Bodenschicht (Prinz und Strauß 2011, S. 231). Während in den nicht-bindigen Schichten die Setzungen sehr rasch auftreten, treten in stärker bindigen Schichten erst bei andauernder Trockenheit und mit Zeitverzögerung Setzungen auf (Prinz und Strauß 2011, S. 231).

Beobachtungsdaten: Eine umfassende Bodenanalyse, mit der Lagebeschreibung unterschiedlicher Bodenschichten und deren Reaktion gegenüber Trockenheit, kann im Rahmen dieses Forschungsprojekt nicht geleistet werden, jedoch stellt die Abbildung der Bodenkarte eine gute Annäherung dar. Im Stadtgebiet von Olfen befinden sich insbesondere die Hauptbodenarten Lehm/Schluff und Sand, während Ton nur im Norden vorzufinden ist (siehe Abbildung 12).

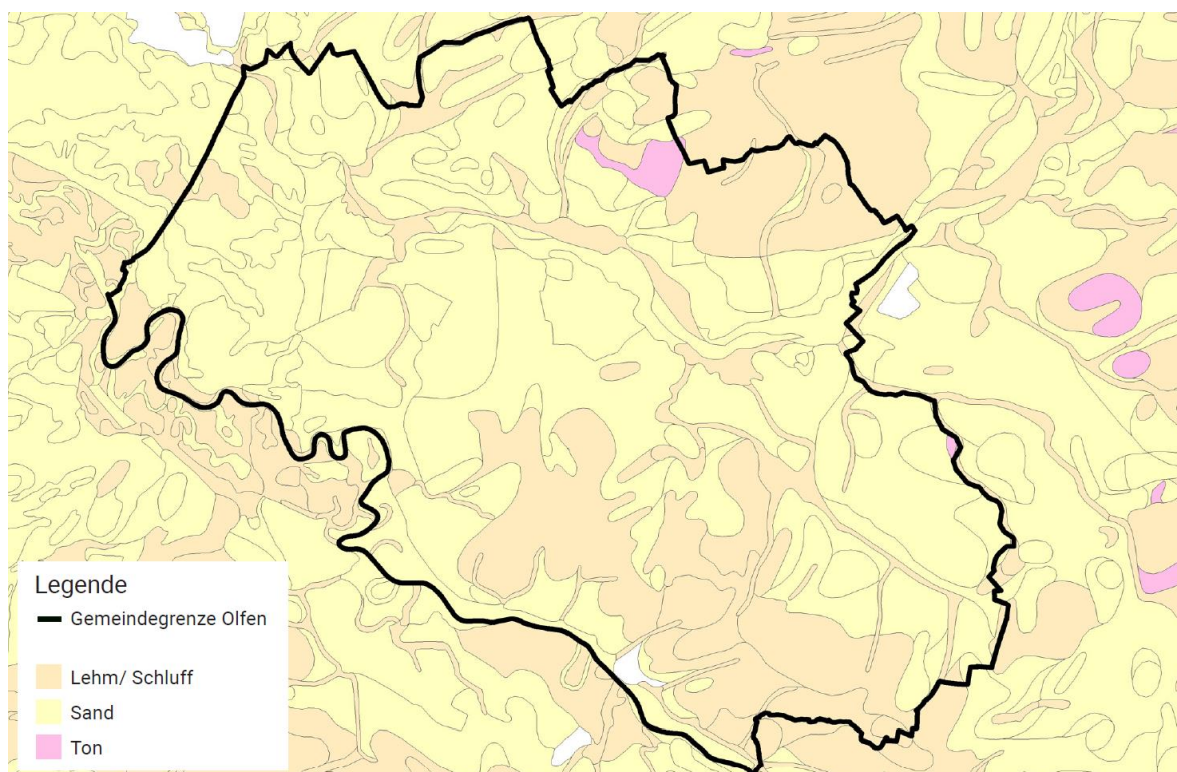


Abbildung 12: Hauptbodenarten in Olfen nach BbodSchV (Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen 2016)

In Olfen haben sich über den lehmigen und tonigen Ablagerungen der Oberkreide verschiedene Arten staunasser Böden ausgebildet (Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen 2016).

Zukunftsszenarien: Grundsätzlich weisen die klimatischen Veränderungen und insbesondere die Verstärkung von anhaltender Trockenheit auf die verstärkte Schrumpfung bindiger Bodenschichten hin. Räumlich spezifische und schwellenwertbasierte Projektionsdaten liegen jedoch nicht vor.

Projektion – Bodenabsenkung		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt	↗	?
Extremwetter	↗	?

Vermehrte Bauwerksschäden

Erklärung des Indikators: Durch die Setzungen können sowohl Trockenrisse in Gebäuden als auch Straßenschäden und Brüche im öffentlichen Kanalnetz entstehen (Brömmel in Kruse et al. 2020). Setzungen eines Bauwerks sind dabei meist weniger erheblich als zu erwartende Setzungsunterschiede (Prinz und Strauß 2011, S. 227). Die Verteilung und Größe von Setzungen hängt dabei von den Eigenschaften des Bauwerks, der Gründungsart des Fundaments und vom Baugrund ab. Sobald Grenzwerte zulässiger Setzungsunterschiede erreicht werden und die Beanspruchungsgrenze des Materials überschritten werden, können Risse auftreten (Prinz und Strauß 2011, S. 228).

Gebäudeschäden durch Schrumpfen sind besonders dort zu erwarten, wo sich mehrere Einflussfaktoren überlagern. Die genauen Ursachen sind jedoch nicht immer scharf voneinander zu trennen (Prinz und Strauß 2011, S. 232). Insbesondere Setzungen und Risse am Kanalnetzen (u.a. aufgrund trockenheitsbedingter Setzungen) können bei Wasseraustritten entweder Ausspülungen oder Bodenquellung und damit Hebungen bedingen, was weitere Auswirkungen auf die bebaute Geländeoberfläche haben kann (Stadt Offenbach 2020, S. 12; Prinz und Strauß 2011, S. 230).

Beobachtungsdaten: Der Wassertransport aus dem Wasserwerk Haltern erfolgt über ein Regionales Transportnetz, woraus das Wasser anschließend auf die Wasserabnehmer über ein Verteilnetz abgegeben wird. Im Durchschnitt der Jahre 2012-2016 kam es zu 2,2 Rohrbrüchen pro Jahr, die Ursachen dafür sind jedoch nicht bekannt (Stadt Olfen 2018, S. 49). In Olfen wurde das Kanalnetz mit einer Gesamtlänge von 17 Kilometern 2021 auf Mängel untersucht. Obwohl 1544 Mängel gefunden wurden, wurde das gesamte Netz von Expert*Innen als insgesamt gut bewertet (Aschwer 2021). Die räumliche Ausdehnung des Kanalnetzes können dem Wasserversorgungskonzept der Stadt Olfen entnommen werden. Über eine Verknüpfung der Schäden zu vergangenen Dürreereignissen liegen jedoch keine Erkenntnisse vor. Bisher sind in Olfen keine Gebäudeschäden durch Trockenheit bekannt.

Im Kontext von Gebäudeschäden und Trockenheit bestehen zwei Herausforderungen. Zum einen, dass gerade im bebauten Raum die oberen

Bodenschichten oftmals abgetragen oder verändert wurden, wodurch die Projektion potentieller Schäden auf Grundlage der Kartierung originärer Bodenschichten nicht möglich ist. Zum anderen können neben Trockenheit weitere Einflussfaktoren für Bauwerksschäden verantwortlich sein. Der konkrete Einfluss von Trockenheit bedarf weiterer fachlicher Untersuchungen (Schmalenbeck in Wright et al. 2021b). Bisher sind die Erfahrungswerte im mit solchen Schäden noch sehr gering (Stelzig in Wright et al. 2021b).

Zukunftsszenarien: Aus vorliegenden Daten kann keine Projektion zu zukünftigen Bauwerksschäden in Olfen erstellt werden.

Projektion – Bauwerksschäden		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt	?	?
Extremwetter	?	?

Verringerter Pflanzenstoffwechsel

Erklärung des Indikators: Durch die begrenzte Wasserverfügbarkeit im Rahmen der anhaltenden Trockenheit wird die Photosynthese der Pflanze beeinflusst, wodurch sich der Pflanzenstoffwechsel verringert und das Pflanzenwachstum gehemmt wird. Die Analyse wird unter der Wirkung Vitalitätsverlust zusammengefasst.

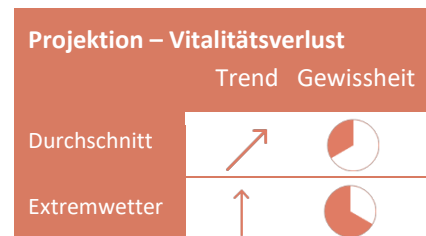
Erhöhter Vitalitätsverlust

Erklärung des Indikators: Unter der Vitalität wird der Aufbau und der Erhalt einer stabilen Pflanzen-/ Baumgestalt verstanden, der zum einen durch Erbanlage und zum anderen durch Umweltfaktoren beeinflusst wird. Neben klimatischen Umweltfaktoren spielen insbesondere in Siedlungsbereichen weitere Stressoren, wie Abgase, Streusalze, Verdichtung und Versiegelung eine Rolle. Dies führt dazu, dass die Flora geschwächt werden kann. Der Indikator zur Abbildung des Vitalitätsverlustes ist der Baumkronenzustand, der bereits im Handlungsfeld Forstwirtschaft betrachtet wurde. Dafür wurden die Copernicus Tree Cover Density Daten von 2012 und 2018 für den Siedlungsraum ausgewertet. Die Copernicus Tree Cover Density Daten liegen für die Jahre 2012, 2015 und 2018 vor.

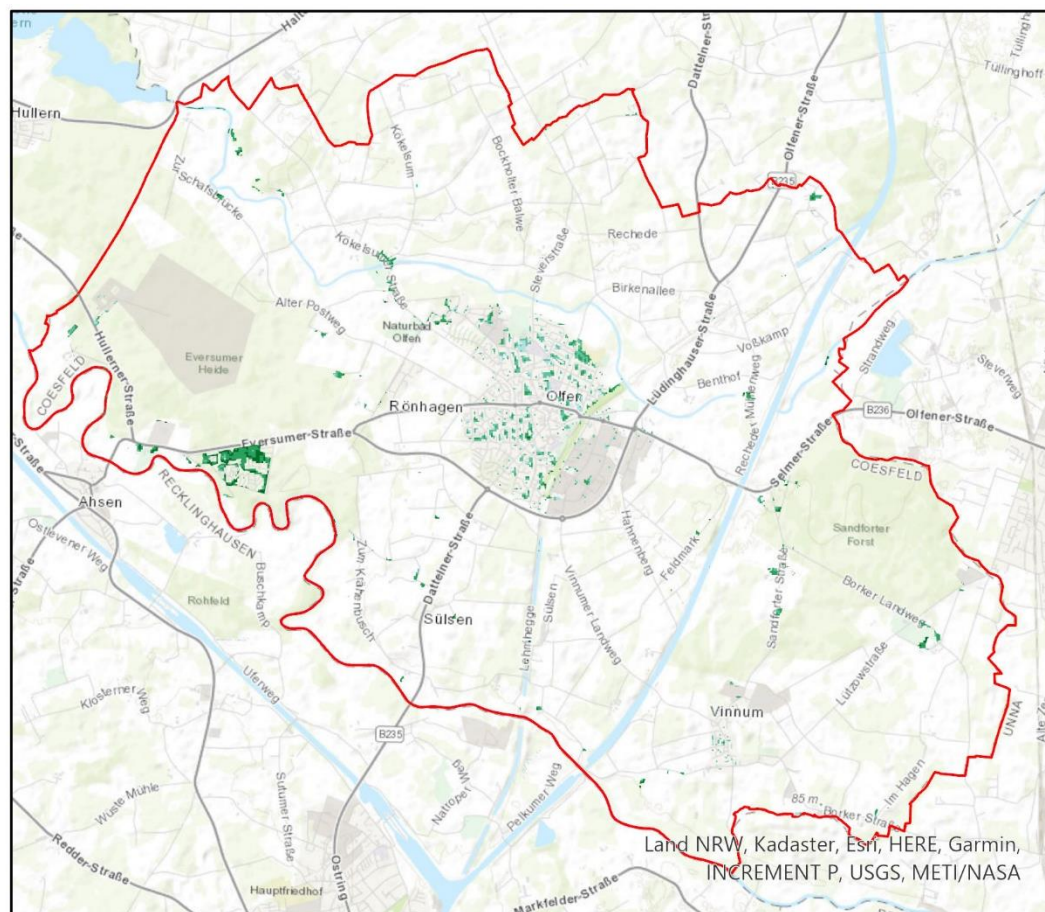
Beobachtungsdaten: Die Auswirkungen eines verringerten Pflanzenstoffwechsels und der darauf folgende Vitalitätsverlust konnten in Olfen bereits bei einzelnen Beeten, Bäumen und bepflanzten Verkehrsinseln beobachtet werden (Brömmeln in Kruse et al. 2020). Laut den zuständigen Gärtnern der Stadt hat das Absterben von Bäumen durch Trockenheit besonders in den vergangenen Dürrejahre stark zugenommen (Zuz 2021). Während 2012 bis 2017 ca. 100 Bäume und davon 20 % wegen Trockenstress abstarben, waren es 2018 bis 2020 ca. 250 Bäume jährlich, wovon ca. 80% im Zusammenhang mit dieser abstarben (ebd.). Somit hat das Absterben von Bäumen aufgrund von Trockenstress seit 2018 stark zugenommen. Besonders empfindlich gegen Trockenheit sind Birken, Eichen und Buchen (ebd.).

Die räumliche Auswertung der Baumkronendichte zeigt eine deutliche Verschlechterung des Zustandes zwischen den Jahren 2012 und 2018. Insbesondere in bebautem Umfeld nahm die Baumkronendichte der Stadtbäume sowohl im Stadtzentrum als auch in Vinnum deutlich ab. Im Bereich des Friedhofes, aber auch an anderen Orten zeigt sich, dass der genutzte Datensatz potentiell fehlerhaft ist, da einige Baumstandorte für Ortsansässige nicht plausibel erscheinen (Schmalenbeck in Wright et al. 2021b). Die grundsätzlichen Tendenz, die aus den Satellitendaten abgeleitet wurde, stimmen Expert*Innen jedoch zu (Stelzig und Schmalenbeck in Wright et al. 2021b). Für eine detailliertere Auswertung der Beobachtungsdaten, reicht jedoch eine ausschließliche Betrachtung der Baumkronen und des klimatischen Einflusses nicht. Zusätzlich ist eine Bewertung der Geeignetheit der Standorte zu treffen, da ungeeignete Standorte auch diesen Vitalitätsverlust bedingenden können. Mit einer Bewertung der Geeignetheit der Standorte, sind die Ursachen für einen Rückgang der Vitalität klarer zurückzuführen (Brömmel in Wright et al. 2021b).

Zukunftsszenarien: Insbesondere Stadtbäume sind von den Folgen des Klimawandels betroffen, weil sie im städtischen Umfeld bereits heute mit extremen Wachstumsbedingungen konfrontiert sind. Bei zunehmenden Trockenstress ist mit einer rückläufigen Vitalität zu rechnen. Räumlich konkrete Projektionen liegen für Olfen nicht vor, jedoch kann der Zustand der Baumkronendichte des Jahres 2018 als Annäherung für zukünftige Extremwetterereignisse genutzt werden, da ein häufigeres Auftreten solcher Trockenperioden wahrscheinlich ist.



Baumkronendichte im Siedlungsbereich 2012

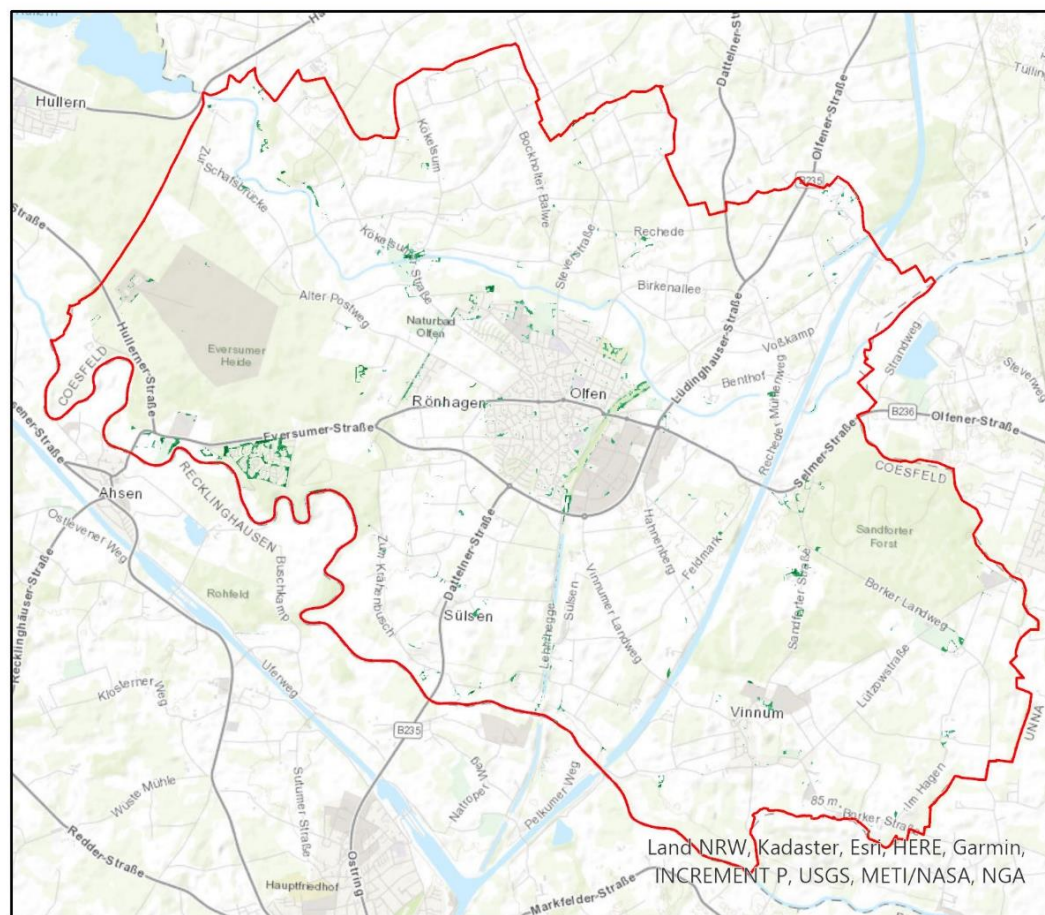


Legende

Gemeindegrenzen

Baumkronendichte [%]

- 21 - 40
- 41 - 60
- 61 - 80
- 81 - 100



Legende

Gemeindegrenzen

Baumkronendichte [%]

- 21 - 40
- 41 - 60
- 61 - 80
- 81 - 100

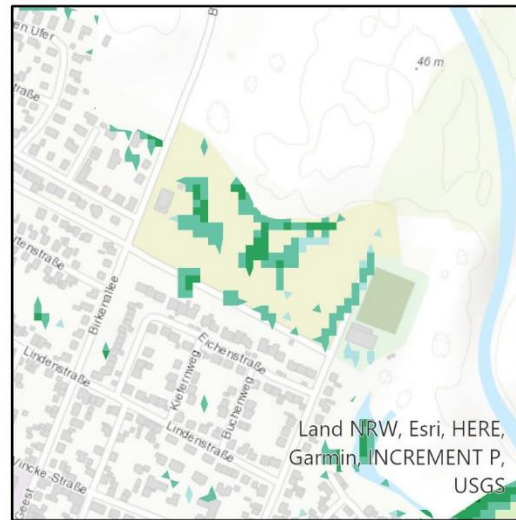
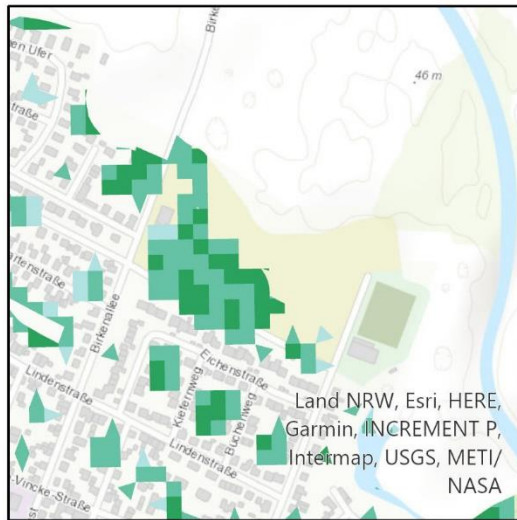
Quellen:

European Environment Agency. (2018). Tree Cover Density (2018) 20m.
 Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunktdichte). DL-DW-Zero-2.0
 LANUV. (2019). Klimaanalyse aus den Planungskarten (Klimaanpassung). DL-DE-BY-2.0

Baumkronendichte im Siedlungsbereich

2012

2018



Legende

Gemeindegrenzen

Baumkronendichte [%]

21 - 40

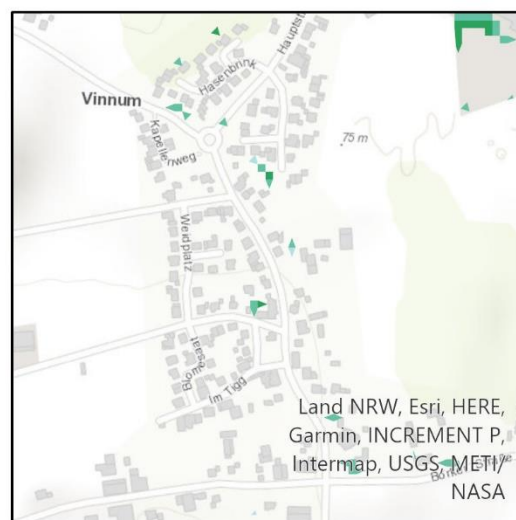
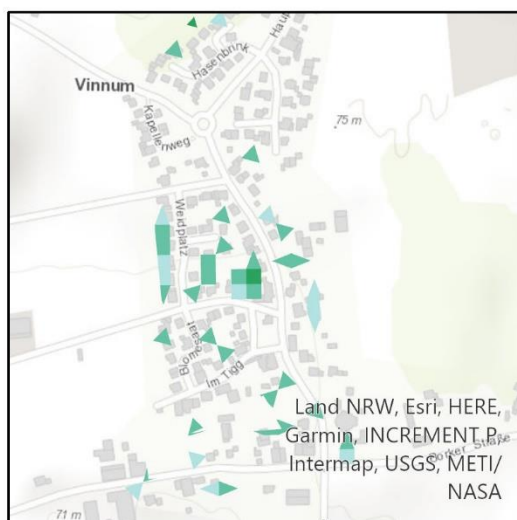
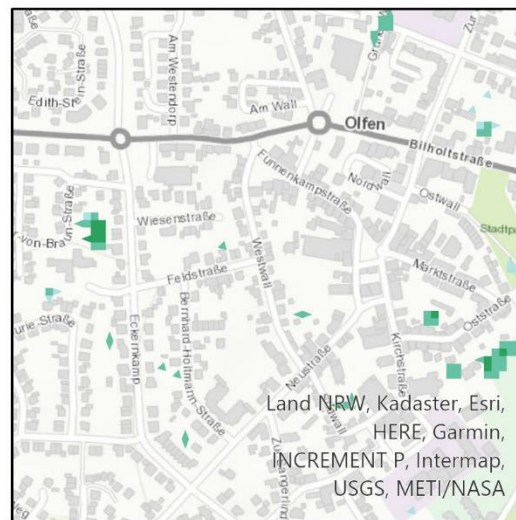
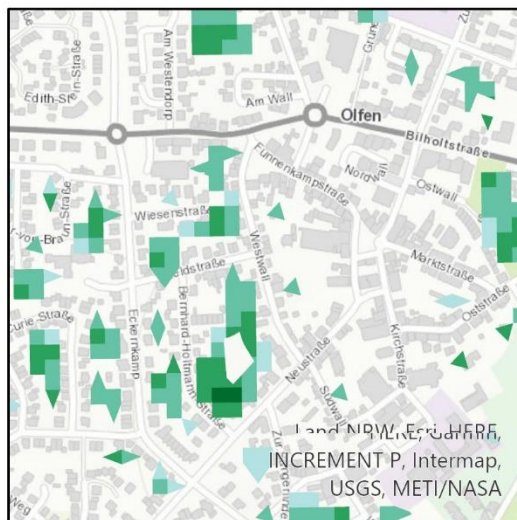
41 - 60

61 - 80

81 - 100



0 0,25 0,5 Kilometer



Quellen:

European Environment Agency. (2018). Tree Cover Density (2012) 20m.
European Environment Agency. (2018). Tree Cover Density (2018) 20m.
Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunkt-dichte). DL-DW-Zero-2.0
LANUV. (2019). Klimaanalyse aus den Planungskarten (Klimaanpassung). DL-DE-BY-2.0

Anfälligkeit gegenüber Schädlingen

Erklärung des Indikators: Die bereits beschriebenen Klimawirkungen (insb. der Vitalitätsverlust) und negativen Umwelteinflüsse können Pflanzen schwächen und zu einer höheren Anfälligkeit gegenüber Schädlingen führen (Lohmann in Wright et al. 2021b). Neben klimatischen Faktoren sind die Standorteignung, die Baumart, sowie die Eigenarten der Schädlinge weitere Einflüsse, die den eindeutigen Bezug von Schädlingsbefällen zur Trockenheit erschweren (Stelzig und Lohmann in Wright et al. 2021b). Bisher ist kein Indikator bekannt, der den Zusammenhang zwischen Trockenheit und Anfälligkeit gegenüber Schädlingen im städtischen Raum beschreibt (Stelzig und Lohmann in Wright et al. 2021b).

Beobachtungsdaten: Zu der Anfälligkeit von Pflanzen innerhalb des Siedlungsraumes liegen in Olfen keine Daten vor.

Zukunftsszenarien: Zu einer Veränderung der Anfälligkeit von Pflanzen innerhalb des Siedlungsraumes liegen in Olfen keine Daten vor. Da diese Entwicklung von Einflussfaktoren abhängt, ist eine Projektion zu diesem Zeitpunkt eher schwierig und mit zu vielen Unsicherheiten behaftet.

Projektion – Schädlingsbefall		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt	?	?
Extremwetter	?	?

Ästhetikverluste

Erklärung des Indikators: Grünflächen und Pflanzen haben nicht nur einen positiven Einfluss auf das Mikroklima, sondern beeinflussen auch maßgeblich die Ästhetik und Wahrnehmung von Räumen. Da Ästhetik stark von dem subjektiven Empfinden der einzelnen Person abhängt, wird in diesem Kontext nicht die Ästhetikbewertung von Pflanzkulturen diskutiert, sondern lediglich möglicher Ästhetikverlust durch vertrocknete Grünstrukturen.

Beobachtungsdaten: In Olfen liegen bislang keine expliziten Daten über Ästhetikverluste durch Trockenheit vor, jedoch ist bekannt, dass in den Trockenjahren ein vermehrtes Baumsterben auftrat, welches auf einen Ästhetikverlust schließen lässt.

Zukunftsszenarien: Abhängig von der Einschätzung der Expert*Innen sind die Ästhetikverluste aufgrund einer Häufung anhaltender Trockenheitsereignisse wahrscheinlich. Dennoch ist eine Projektion aufgrund der starken Abhängigkeit von zukünftigen Anpassungsmaßnahmen, dabei insbesondere der Änderung der Pflanzenkulturen und der zukünftigen Bewässerungspraxis, kaum möglich (Lohmann in Wright et al. 2021b).

Projektion – Ästhetikverlust		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt	?	?
Extremwetter	?	?

Steigender Bewässerungsbedarf

Erklärung des Indikators: Bei fehlendem Niederschlag steigt der Bewässerungsbedarf für Grünflächen, um den Wasserhaushalt der Pflanze auszugleichen und somit den Stoffwechsel zu erhalten (Umweltbundesamt 2020b).

Beobachtungsdaten: Für die Bewässerung werden in Olfen (Stand 2021) ca. 400 Arbeitsstunden jährlich aufgewendet, wovon ca. 70% von ehrenamtlichen Mitgliedern des Heimatvereins geleistet werden. Es werden dabei jährlich ca. 200.000 l Wasser eingesetzt. In der Wahrnehmung hat der Bewässerungsbedarf in den Sommermonaten der letzten Jahre zugenommen, jedoch wurde dieser nicht konstant dokumentiert, wodurch belastbare Daten fehlen (Brömmel in Wright et al. 2021b). Insbesondere Neuanpflanzungen und junge Bäume werden intensiv bewässert (Zuz 2021). Auf Grund der hohen Anzahl an Neupflanzungen in den letzten Jahren, ist der Grund für einen steigenden Bewässerungsbedarf nicht ausschließlich auf Trockenheit zurückzuführen (Brömmel in Wright et al. 2021b). Ein Garten- und Landschaftsbaubetrieb in Olfen ist 2019 erstmalig nicht mit dem eigenen Wasserreservoir ausgekommen, was auf den gestiegenen Bewässerungsbedarf in Kombination mit verringerter Wiederauffüllung durch Niederschläge zurückzuführen ist (Lohmann in Wright et al. 2021b).

Zukunftsszenarien: Ein steigender Bewässerungsbedarf ist durch die veränderten Niederschlagsregime, insbesondere während anhaltender Trockenheit, sehr wahrscheinlich. Räumlich konkrete Projektionen zu der Höhe des Bewässerungsbedarfes sind mit den vorliegenden Daten nicht möglich. Außerdem ist auch das zukünftige Maß zukünftiger Bewässerung stark von zukünftigen Anpassungsentscheidungen abhängig.



Verringerte Verschattungs- und Kühlungsfunktion

Erklärung des Indikators: Bäume spenden mit ihren Baumkronen Schatten und haben über die Evapotranspiration einen kühlenden Effekt auf das Mikroklima. Bei mangelnder Verdunstungskälte können sich bebaute Flächen stark aufheizen, weil die Strahlungsenergie der Sonne in Wärmeenergie umgewandelt wird. Durch das Kronendach von Straßengrün werden die darunter liegenden Materialien hingegen kaum erhitzt (Bruse 2003).

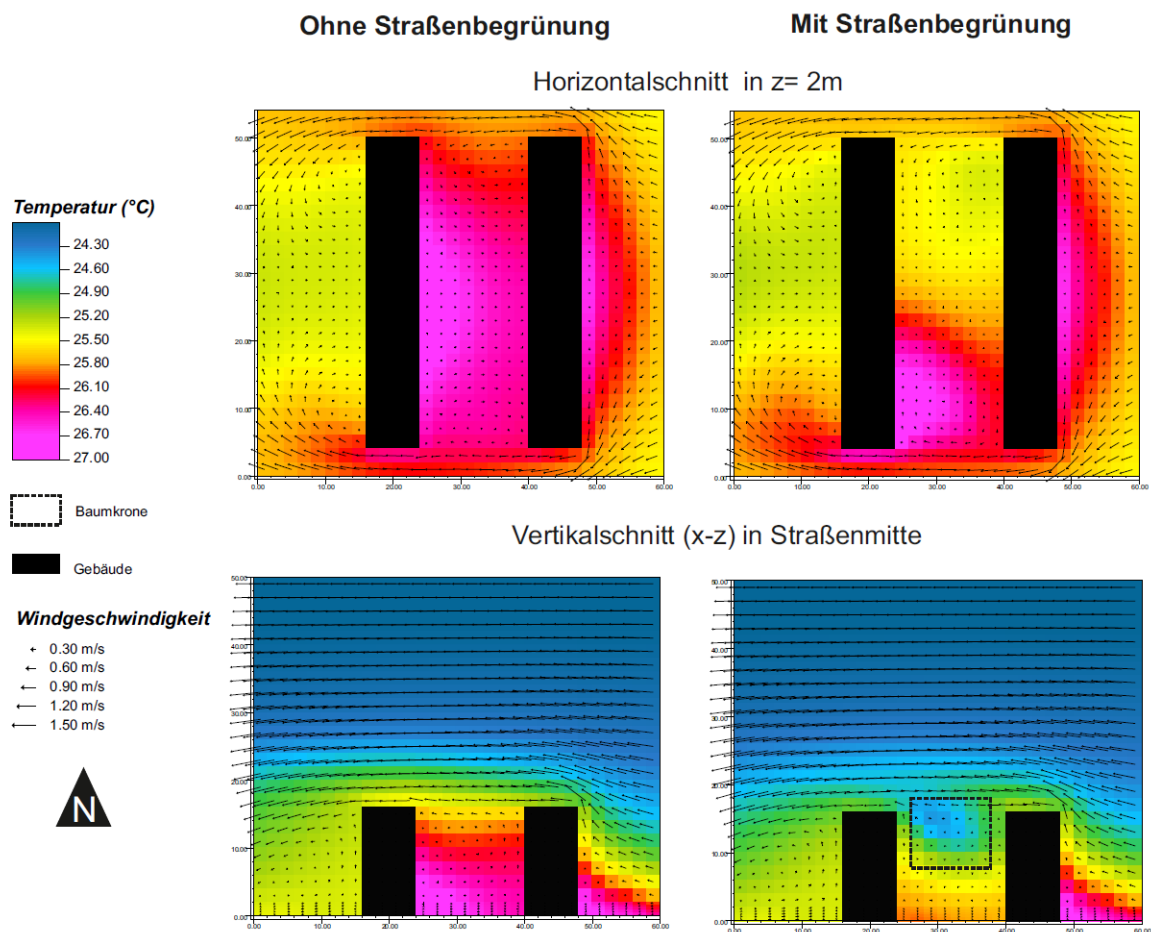


Abbildung 13: Temperaturvergleich Straßenbegrünung (Bruse 2003)

Darüber hinaus findet auf Grünflächen im Außenbereich die Produktion von Kaltluft statt. Die Belüftung der Siedlungsgebiete durch umgebende Kaltluft stellt eine wesentliche Funktion von Grünräumen insbesondere während austauscharmer Wetterlagen dar. Durch eine sinkende Vitalität kann der schattenspendende Effekt und die Kühlungsfunktion abnehmen (Schmalenbeck und Bamminger in Kruse et al. 2020). Als Datengrundlage für die Trendabschätzung in Olfen werden die Analyseergebnisse des Forschungsprojektes *Evolving Regions* verwendet. Darin wurden die Hitzeanalyse NRW des LANUV mit der Anzahl von heißen Tagen und Sommertagen kombiniert und mit den räumlichen Gegebenheiten verschnitten. Die Normalisierung aller Werte wurde über alle Klimatope von sieben Kreisen in NRW (Minden-Lübbecke, Coesfeld, Lippe, Wesel, Steinfurt, Siegen-Wittgenstein, Soest) vorgenommen, wodurch eine hohe Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse erzielt wurde.

Beobachtungsdaten: Die Ergebnisse des genannten Forschungsprojektes zeigen eine besonders hohe Hitzeentwicklung in innerstädtischen Bereichen, während die kleineren Siedlungskörper weniger stark betroffen sind (Abbildung 14 und 15). Dabei wurde die Bevölkerungsdichte unter besonderer Berücksichtigung von sensiblen Bevölkerungsgruppen als Indikator verwendet. In Bezug auf Hitze und

Gewerbe ist insbesondere der östliche Bereich von Olfen betroffen (Abbildung 15). Dort ist der Anteil an Gewerbeflächen als auch die Hitzebelastung besonders hoch.

Zukunftsszenarien: Die Zukunftsszenarien im Rahmen des Projektes Evolving Regions, weisen auf eine Verschärfung von Hitzewirkungen hin. Die Zukunftsszenarien sind jedoch stark von Anpassungsmaßnahmen abhängig. Insbesondere eine passende Auswahl von Stadtbäumen, unterschiedliche Bewässerungssysteme und das Freihalten von wichtigen Kaltluftbahnen spielen dabei eine große Rolle.



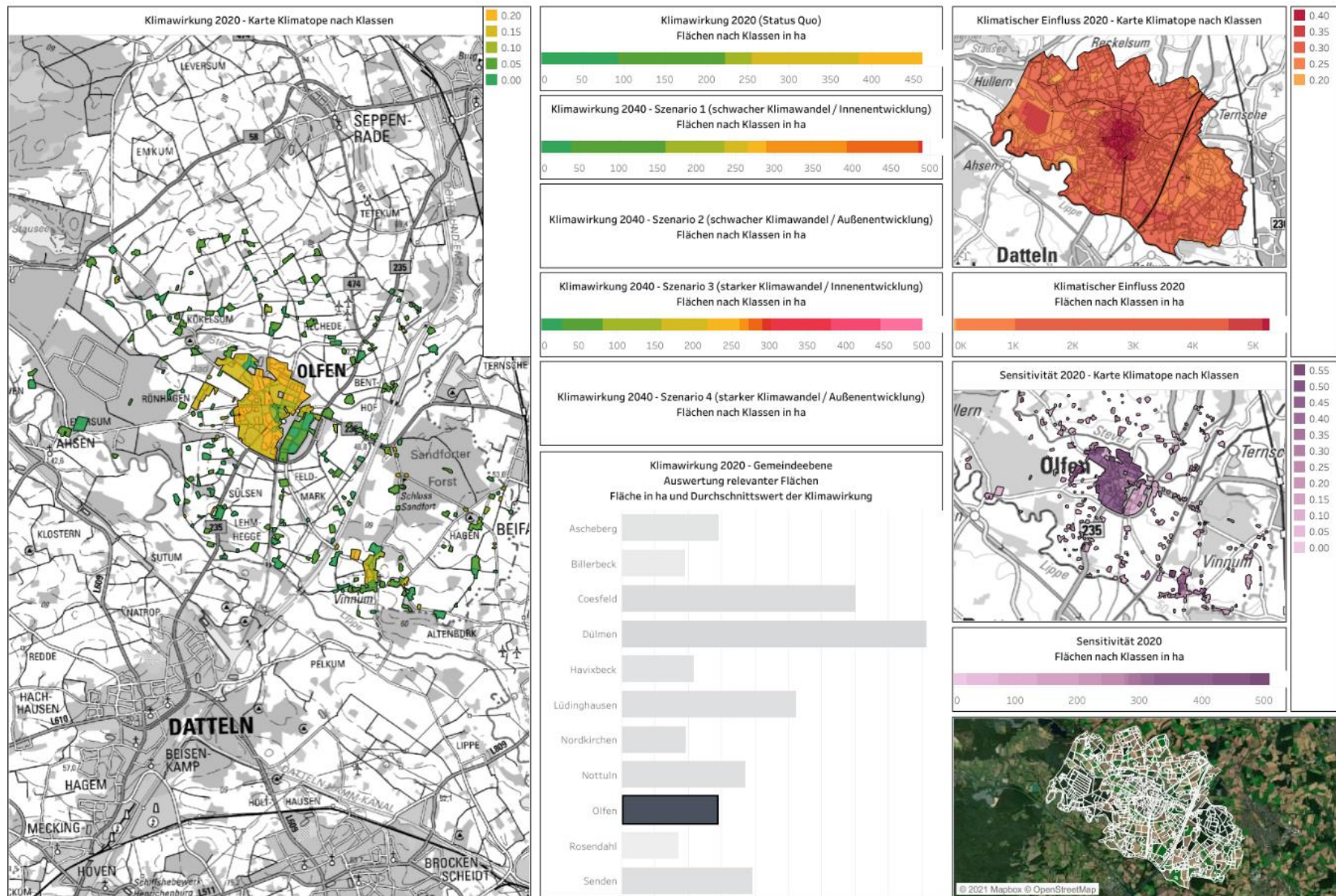


Abbildung 14: Klimawirkungsanalyse Hitze und Bevölkerung – Verschneidung des normalisierten klimatischen Einflusses mit der normalisierten Sensitivität (Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt Evolving Regions)

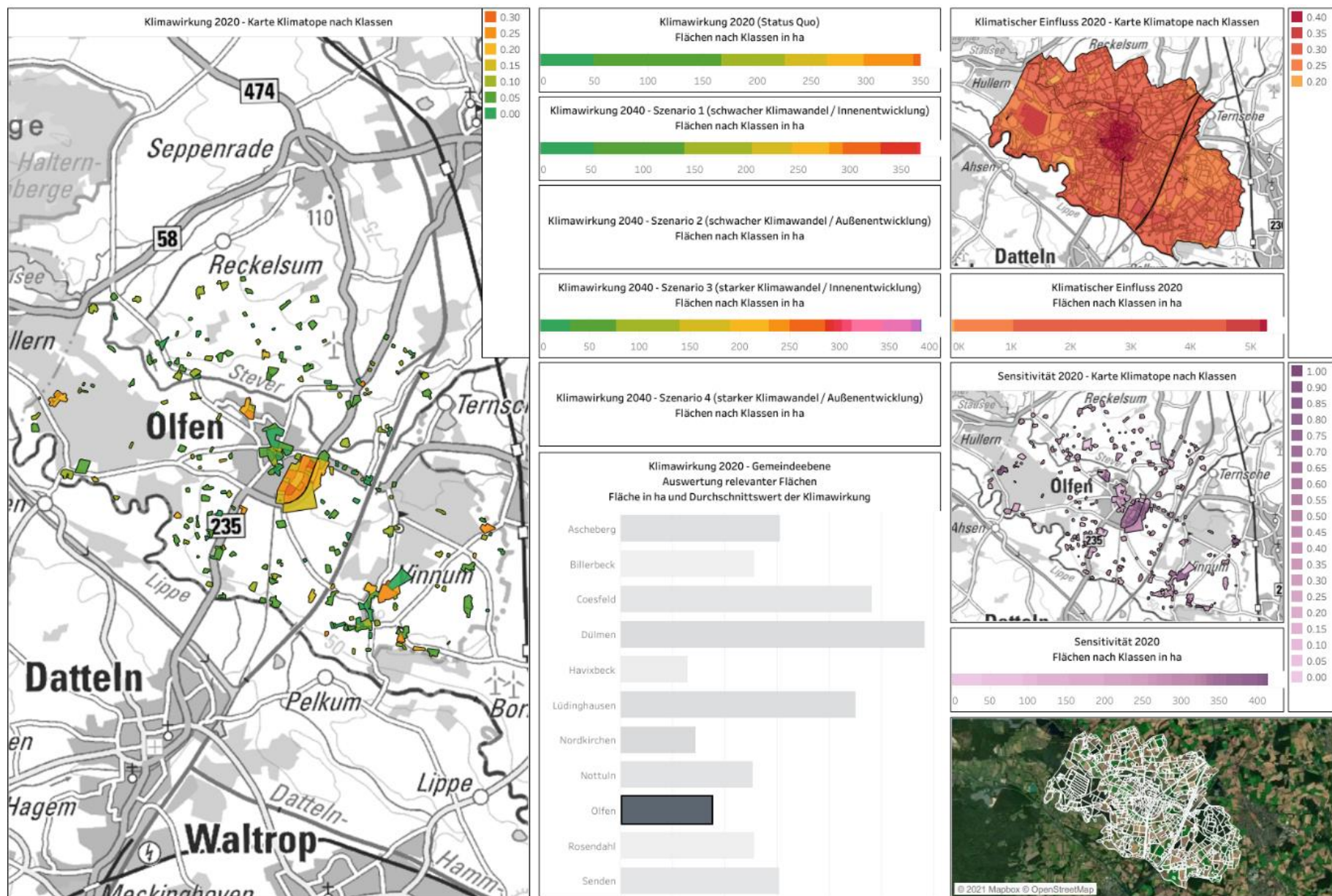


Abbildung 15: Klimawirkung Hitze und Gewerbe - Verschneidung des normalisierten klimatischen Einflusses mit der normalisierten Sensitivität (Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt Evolving Regions)

Erhöhte Verkehrssicherungsgefahren

Erklärung des Indikators: Bäume können unter Trockenstress unvermittelt Äste abwerfen. Das Abbrechen einzelner gesunder Äste bei Windstille und nach längeren Trockenperioden wird als Grünastbruch oder auch Sommerbruch bezeichnet (Sinn 2003). Starker Wind kann dabei einen Astabbruch begünstigen. Insbesondere spontan herabfallende Äste stellen eine Gefahr für die Verkehrssicherheit dar, indem sie zu Sachbeschädigungen oder Verletzungen der menschlichen Gesundheit führen (Brömmel in Kruse et al. 2020).

Beobachtungsdaten: Genaue Daten zu vergangenen Astbrüchen, die zu einer Einschränkung der Verkehrssicherheit geführt haben, liegen nicht vor. Jedoch wurden in der Stadt Olfen bereits einzelne Baumreihen entnommen, um die Verkehrsgefahren durch Astbruch zu minimieren (Lohmann in Wright et al. 2021b). Ob eine Änderung der Unterhaltungsarbeit für die Verkehrssicherheit in der Vergangenheit stattgefunden hat, ist unklar (Stelzig in Wright et al. 2021b).

Zukunftsszenarien: Durch die klimatischen Veränderungen mit durchschnittlich trockeneren Sommern und häufigeren Extremereignissen kann von einer Verschärfung ausgegangen werden. Räumlich konkrete Projektionen für Olfen liegen jedoch nicht vor.



Veränderung der Pflanzenkulturen

Erklärung des Indikators: Die allgemeinen Empfehlungen der Gartenamtsleiterkonferenz (GALK), wie u.a. die GALK Straßenbaumliste, stellen eine Basis für die Entscheidung über die Straßenbaumauswahl dar. Veränderungen oder Anpassung der Pflanzlisten im Zusammenhang mit Trockenheit weisen auf Anpassung an geänderte Standortbedingungen hin. Da diese Listen aber nur als Empfehlungen und grundsätzlicher Rahmen gelten und sich nicht spezifisch auf Olfen beziehen, stellt die Beschreibung des Vorgehens bei der Auswahl von Stadtbäumen durch die Stadt Olfen einen Ansatz für die Betrachtung der Veränderung von Pflanzkulturen dar.

Beobachtungsdaten: Im Stadtgebiet von Olfen wurden in den vergangenen Jahren überwiegend Säulen-Hainbuchen (*Carpinus betulus*) gepflanzt. Jedoch wurden bei Neupflanzungen in den trockenen Jahren 2018-2020 bereits Baumarten gewählt, die an veränderte Standortbedingungen besser angepasst sind (Steinhoff in Kruse et al. 2020). Die Wahl der Pflanzenkulturen ist jedoch nicht nur von dem Wasserangebot, sondern auch weiteren Faktoren wie z.B. den Temperaturen und Tag-/Nachtlängen abhängig (Steinhoff in Kruse et al. 2020).

Bezüglich des Vorgehens bei der Auswahl von Stadtbäumen in Olfen, waren in der Vergangenheit die folgenden Faktoren relevant:

- Die Straßenbaumtauglichkeit nach GALK
- Der Status als Heimische Art
- Die Geeignetheit angesichts der Standortbedingungen
- Eine Schmale Baumkrone (Geeignetheit für Pflanzungen in schmalen Straßen)
- Keine oder wenige Früchte

Um sich besser an die eintretenden Klimaveränderungen anzupassen, wurden die Auswahlkriterien für neue Bäume angepasst. So werden neuerdings Trocken- sowie Frostverträglichkeit stärker in der Bewertung berücksichtigt, sowie auf eine höhere Artenvielfalt geachtet. In Olfen wurden die Ergebnisse verschiedener Forschungsprojekte und die Einschätzung der GALK gegenübergestellt und anschließend nach der Geeignetheit in einer vergleichenden Tabelle zusammengefasst. Daraus entstand für Olfen die Vorauswahl von 5 Baumarten: Felsenbirne, Silberlinde, Purpurerle, Hopfenbuche, Säulenförmiger Spitzahorn. Diese Vorauswahl wurde mit einer ansässigen Baumschule sowie Mitarbeitenden des städtischen Bauhofs rückgekoppelt.

Zukunftsszenarien: Die Standortbedingungen für Pflanzen und insbesondere Stadtbäume verändern sich und werden extremer. Durch das Auftreten von Starkregen, Hitze und Trockenheit werden neue Anforderungen an Pflanzkulturen gestellt. Jedoch ist insbesondere auch die Neupflanzung herausfordernd, da jungen Bäume in den ersten Jahren sensibel gegenüber Trockenheit sind und grundsätzlich einen besonders hohen Bewässerungsbedarf haben.

Projektion – Pflanzenkulturen		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt		
Extremwetter		

7.3 Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Stadtentwicklung

Das Handlungserfordernis ergibt sich aus der Verbindung einer objektiv zu bestimmenden Klimawirkung (Sachebene) mit der subjektiven Bewertung des betroffenen sensitiven Systems (Wertebeane). Die Bewertung wurde von der Stadtverwaltung Olfens in Bezug auf die Bedeutung für die Stadtbevölkerung Olfens vorgenommen.

		Bedeutung der Klimawirkung für Olfens Bevölkerung - Wertebeane		
		Sehr wichtig	Mäßig wichtig	Bereits ausreichend
Trend bei Trockenheit	Starke Änderung	Bewässerungsbedarf, Verkehrssicherungsgefahren, Vitalitätsverlust Pflanzen		
Sachebene	Moderate Änderung	Verschattungs- und Kühlungsfunktion, Artenzusammensetzung ¹	Bodenabsenkungen und Bauwerksschäden	
	Keine Änderung			

Tabelle 9: Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Stadtentwicklung (eigene Darstellung)

¹ Erläuterung Artenzusammensetzung: Da die Trendprojektion bei einem Extremereignis keine Aussage treffen konnte, wurde die Klimawirkung vereinfacht in der Spalte moderate Änderung verortet.

Die Tabelle 9 zeigt die Priorisierung der Handlungserfordernisse auf der Basis der ermittelten Trends und den Bewertungen. Daraus ist ersichtlich das für die Klimawirkungen zunehmende Verkehrssicherungsgefahren, steigenden Bewässerungsbedarf und den Vitalitätsverlust von Pflanzen ein hoher Handlungsbedarf besteht. Für die Abnahme der Verschattungs- und Kühlungsfunktion und die Artenzusammensetzung sowie mögliche Bodensenkungen und Bauwerksschäden besteht ein mittlerer Handlungsbedarf.

8. Handlungsfeld Wasserwirtschaft



Die Wasserwirtschaft ermöglicht die Nutzung der Ressource Wasser durch den Menschen und ist eng mit dem Wasserhaushalt verknüpft. Aus diesem Grund haben Änderungen der klimatischen Wasserbilanz umfassende Auswirkungen auf diese. Eine funktionierende Wasserver- und Abwasserentsorgung ist für alle menschlichen Lebens- und Wirtschaftsbereiche von immenser Bedeutung.

Zur Wasserwirtschaft in Olfen zählt der Umgang mit Trinkwasser, die Abwasserentsorgung, die Be- und Entwässerung, sowie der Talsperrenbetrieb mit anschließender Grundwasseranreicherung und -entnahme (Adelphi et al. 2015, S. 321). Die Stadt Olfen wird aus dem Wasserwerk Haltern mit Trinkwasser versorgt, welches von dort über das Transportnetz und das Wasserverteilnetz an die Endverbraucher transportiert wird (Stadt Olfen 2018, S. 16). Das Wasserwerk Haltern besteht aus den beiden Talsperren Haltern und Hullern sowie der Grundwasseranreicherung und -entnahme über die Brunnen im Gebiet Hohe Mark und Haard, südwestlich des Olfener Stadtgebietes (Stadt Olfen 2018, S. 10). Die Verortung der beschriebenen Anlagen ist Abbildung 16 zu entnehmen. Über die Versorgung des Wasserwerks Haltern wurden 2016 rd. 505.000 m³ Wasser an Olfen abgegeben.

Aufgrund der niedrigen Pegel- und Grundwasserstände in den Jahren 2018-2020 wird vom Vorstandsvorsitzenden der Gelsenwasser AG, Henning Deters die Notwendigkeit einer Strategie bei der Trinkwasserversorgung und klare politische Vorgaben für den Fall von Nutzungskonflikten in Dürrezeiten gesehen (Wielens 2021).

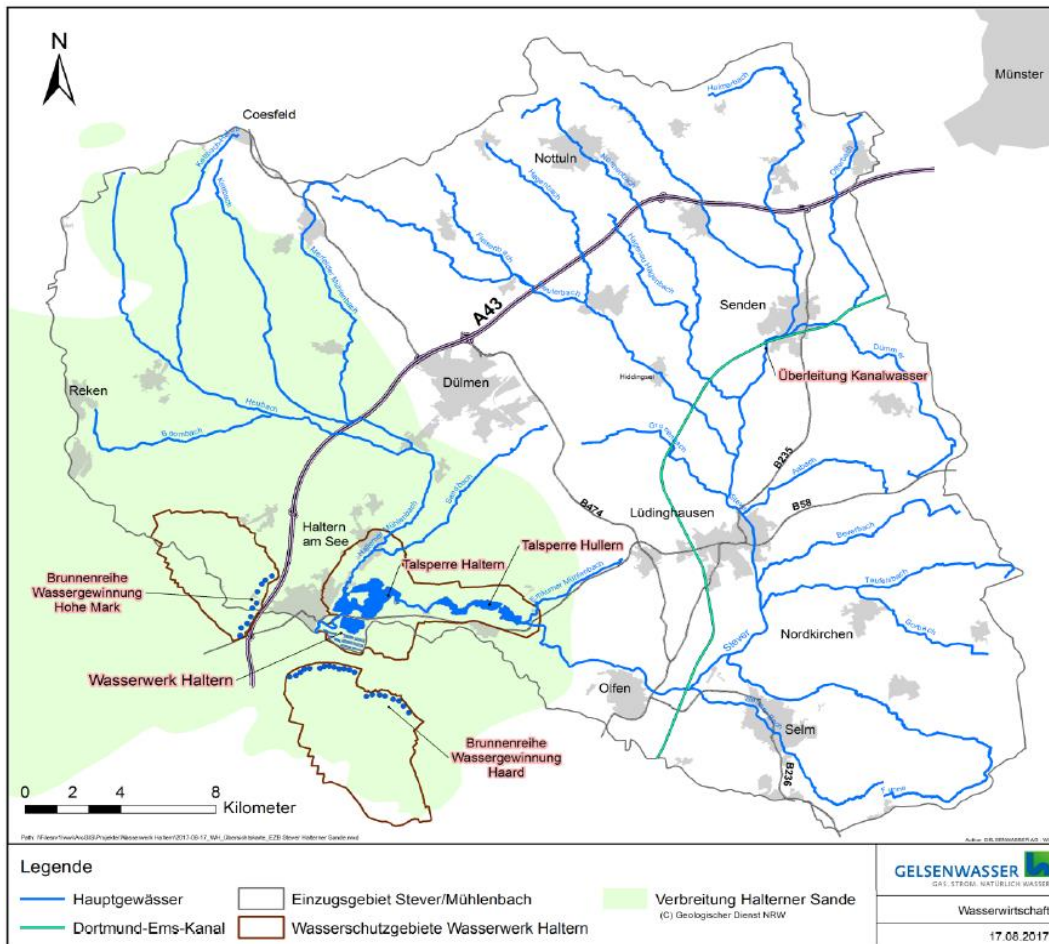


Abbildung 16: Übersichtskarte des Wasserwerks Haltern im Einzugsgebiet der Talsperren (Stadt Olfen 2018, S. 10)

Untersuchung der projizierten Wirkungskette

Niedrigwasserstände als Folge von Trockenheitsereignissen können aufgrund von Abwaschungen der ausgetrockneten Oberflächen und dem geringeren Wasservolumen zu **erhöhter Schadstoffkonzentration** in Oberflächengewässern führen (Benze 2020). Darüber hinaus führen geringere Wassermengen gegebenenfalls zu einem Anstieg der Wassertemperatur und einem **vermehrten Trockenfallen von Kleingewässern**, was Auswirkungen auf (semi-) aquatischen Lebensräume hat (Schmalenbeck in Kruse et al. 2020). Weniger Abfluss in Oberflächengewässer und eine geringere Grundwasserneubildung können eine Beschränkung der **Wasserentnahmen aus dem Grundwasser** zur Folge haben. Um Niedrigwasser in der Stever auszugleichen und die **Talsperrenbewirtschaftung** zu erhalten, gibt es in Olfen die Möglichkeit **Wasser aus dem Dortmund-Ems Kanal in die Stever einzuleiten** (Adelphi et al. 2015, S. 351; Böddeker 2021a). Generell können die veränderte Schadstoffkonzentration und Talsperrenbewirtschaftung sowie die sinkende Entnahme von Oberflächen- und Grundwasser den **Aufwand der Wasserversorgung** erhöhen (Böddeker 2021a), da hohe Verdunstungswerte, hohe Nutzungsansprüche und die Wasserabgabe zu Engpässen und aufwändiger Wasserbehandlung führen können (Adelphi et al. 2015, S. 351).

8.1 Kernergebnisse im Handlungsfeld Wasserwirtschaft

Die Kernaussagen zur Analyse der Trockenheitsfolgen im Handlungsfeld Wasserwirtschaft sind gem. der in Kapitel 2 vorgestellten Systematik im Folgenden zusammengestellt.

Zur Bestimmung **Pegelstände** wurden die gemessenen Pegelstände der Stever als Indikator betrachtet. Die Ganglinie der Stever wird sich aufgrund durchschnittlich nasserer Winter und trockenen Sommer verschieben. Bei anhaltender Trockenheit sinkt der Pegelstand der Stever aufgrund des ausbleibenden Oberflächenabflusses. Bei einem Extremwetterereignis Trockenheit sinken die Pegel stärker, jedoch liegen keine expliziten Projektionen für ein solches Ereignis vor.

Projektion – Pegelstände		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt		
Extremwetter		

Um einen Durchfluss der Stever bei trockener Witterung zu erhalten, werden zukünftig öfter anlassbezogene **Wassereinleitungen** aus dem Dortmund-Ems-Kanal vorgenommen. Eine erhöhte Wassereinleitung musste insbesondere in den extrem trockenen Jahren 2018/2019 vorgenommen werden.

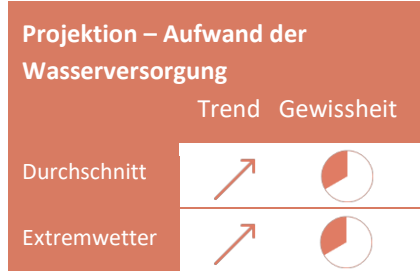
Projektion – Wassereinleitungen		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt		
Extremwetter		

Die **Talsperrenbewirtschaftung** ist an der veränderten Ganglinie der einleitenden Gewässer und dem Wasserbedarf orientiert. Aufgrund der klimatischen Einflüsse und der vorgelagerten Klimawirkungen wird die Vorratshaltung im Sommer weiter ausgeschöpft und die Auffüllung findet später statt, beide Vorgänge finden jedoch ohne aktives Einwirken statt. Diese Bewirtschaftungsänderung ist bei extremer Trockenheit stärker ausgeprägt.

Projektion – Talsperrenbewirtschaftung		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt		
Extremwetter		

Die durchschnittliche Änderung des Oberflächenabflusses kann insbesondere im Sommer zum vermehrten **Trockenfallen** von davon abhängigen **Kleingewässern** führen. Diese Entwicklung ist bei extremer Trockenheit umso drastischer. Genau Daten für Olfen liegen jedoch nicht vor. Ebenso wenig liegen Daten darüber vor wie sich anhaltende Trockenheit auf die semi-aquatischen Lebensräume in Olfen auswirkt.

Der **Aufwand der Wasserversorgung**, womit sowohl der Aufwand je ausgegebener Einheit als auch die gesellschaftlich benötigte Wassermenge berücksichtigt ist, kann durchschnittlich weiter steigen. Die Aufbereitung von Verschmutzungen, die Reduktion der verfügbaren Menge sowie steigende Nachfrage wird den Aufwand durchschnittlich erhöhen und in Zeiten extremer Trockenheit noch größer sein. Genaue Daten für Olfen liegen jedoch nicht vor.



Die Nutzung des Grundwassers erfolgt mittels Brunnen über **Grundwasserentnahmen**. Das entnommene Grundwasser wird bisher hauptsächlich zur Bewässerung und Hausversorgung genutzt. Aufgrund des durchschnittlich steigenden Bewässerungsbedarf wird die landwirtschaftliche und private Grundwasserentnahme wahrscheinlich zunehmen. Während anhaltender Trockenheit wird zwar der Bedarf an Wasser steigen, jedoch darf eine Entnahme nur mit vorheriger Genehmigung erfolgen, es ist unbekannt wie kurzfristig weitere Entnahmen und damit ein genereller Anstieg möglich sind.



Die **Schadstoffkonzentration** in der Stever hängt insbesondere vom Zeitpunkt einsetzender Niederschläge nach der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln ab. Bei anhaltender Trockenheit werden Schadstoffe nicht ins Wasser eingeleitet. Jedoch abhängig vom Zeitpunkt des wiedereinsetzenden Regens kann die Belastung schnell wieder hoch sein.



8.2 Indikatoren-spezifische Analyse im Handlungsfeld Wasserwirtschaft

Sinkende Pegelstände von Oberflächengewässern

Erklärung des Indikators: Als Folge anhaltender Trockenheit fließt weniger Niederschlag in Oberflächengewässer ab (siehe Klimawirkung Oberflächenabfluss). Aufgrund des abnehmenden Zuflusses können Pegelstände von Oberflächengewässern sinken. Die Pegelstände in Olfen dokumentiert die Messstelle des LANUV NRW am Standort Füchtelner Mühle. Der Verlauf einer Ganglinie im Laufe des Jahres ist Abbildung 17 zu entnehmen. Eine besondere Eigenschaft der Stever und der Lippe ist, dass beide Flüsse stark kontrollierte Wasserabflüsse haben. Sie sind an mehreren Stellen miteinander und darüber hinaus mit dem Kanalnetz verbunden, sodass in Bezug auf die Pegel regelmäßig

nachjustiert wird. Dieses überregionale Eingreifen beeinflusst die Pegel in Olfen und verdeckt mögliche meteorologische Einflüsse. Somit ist eine starke Veränderung des Pegels im Zusammenhang mit Trockenheit aus den Daten nicht ablesbar und durch die Regulierung nicht zu erwarten.

Beobachtungsdaten: Die Ganglinie der Stever ist grundsätzlich an den verfügbaren Niederschlagsmengen orientiert. Die Spitzen im Winter und Frühjahr korrespondieren mit den hohen Niederschlagsmengen in den Wintermonaten. Der Sommer 2020 war dagegen sehr trocken. Die positiven Peaks im Sommer beruhen entweder auf Niederschlagsereignissen im Juni (Regenreichster Tag des Monats war der 14.06.2020) und Juli (Regenreichster Tag des Monats war der 01.07.2020) oder, wie vom Mitte August bis Anfang September, auf Einspeisungen des Dortmund-Ems-Kanals (wetterkontor 2021; Böddeker 2021b). Den Zuflüssen und Einspeisungen gegenüber steht die anthropogene Wasserentnahme bzw. Regulierung. Die Stever entwässert in die unterliegenden Talsperren Hullern und Haltern. Dieser Zufluss wird reguliert und beeinflusst dadurch die Durchflussmengen und Geschwindigkeiten der Stever flussaufwärts in Olfen. Unmittelbare Wasserentnahme aus der Stever findet zur landwirtschaftlichen Bewässerung statt. 2021 bestehen in Olfen zwei Genehmigungen zur Oberflächenwasserentnahme über insgesamt 22.569 m³/a Wasser (Kreisverwaltung Coesfeld 2021). Inwieweit diese Genehmigungen 2020 ausgeschöpft wurden, und ob diese einen signifikanten Einfluss auf die Ganglinie hatte, ist nicht bekannt.



Abbildung 17: Wasserstand des Pegels Olfen Füchtelner Mühle 2020 (Hydrologische Rohdaten Online (HYGON) 2021)

Zukunftsszenarien: Die Projektionen zur Entwicklung des Oberflächenabflusses, maßgeblich zurück zu führen auf die Änderung der klimatischen Wasserbilanz, deuten auf eine im Sommer natürlich sinkende Ganglinie hin. Dabei ist der Rückgang in Extremjahren stärker als für die



Durchschnittsperiode. Davon wird der Trend für die zukünftigen Pegelstände abgeleitet. Die Stever wurde bereits in den letzten Jahren künstlich mit Wasser aus dem Kanal aufgefüllt (Böddeker 2021b). Weitere anthropogene Entscheidungen betreffen das Maß der Abflussregulierung zu den Talsperren und die Menge unmittelbar entnommenen Oberflächenwassers. Somit ist die Sicherheit bei den Trendaussagen relativ gering.

Einspeisung von Kanalwasser in die Stever

Erklärung des Indikators: Bei niedrigen Wasserständen der Stever kann über ein Einleitungsbauwerk bei der Oberliegergemeinde Senden Wasser aus dem Dortmund-Ems-Kanal übergeleitet werden. Die Mengen dieser Wasserüberleitungen werden im Folgenden betrachtet. Grundsätzlich sind Einleitmengen von bis zu 200.000 m³/Tag möglich (Stadt Olfen 2018, S. 11). Konkrete Schwellenwerte für die Einleitung von Wasser gibt es dabei nicht. Die Einleitung findet sowohl zur Verbesserung der Mengensituation (u.a. der Stever-gespeisten Talsperre) als auch der Rohwasserqualität statt (Böddeker 2021a). Die Projektionen werden auf Grundlage des Einleitverhaltens der letzten Jahre vorgenommen. Zum Einleiten während anhaltender Trockenheit wurde im Expertengespräch ein konkreter Trend vorhergesagt.

Beobachtungsdaten: Die Aufzeichnungen über Wassereinspeisungen reichen zurück bis in das Jahr 2010. Dabei wurden in 5 Jahren erhebliche Einspeisungen vorgenommen. Die ersten Einspeisungen fanden im Jahr 2012 und 2013 statt und umfassten ca. 1,9 Mio. bis 2,5 Mio. m³/a Wasser. 2016 und 2017 fanden Einspeisungen in unerheblichen Mengen für einen Probetrieb statt. In den Dürrejahre 2018-2020 wurden erhebliche Mengen Kanalwasser in die Stever eingeleitet, 2018 gut dreimal so viel wie 2012 mit ca. 8,3 Mio. m³/a Wasser. Diesen Spitzenwert erreichten die Jahre 2019 mit 5,8 Mio. m³/a Wasser und 2020 mit 2,6 Mio. m³/a Wasser nicht (Böddeker 2021b). Damit wurde der Gesamtabfluss auf das Niveau von 2011 bis 2014 gebracht; ohne diese Zuführung wäre der Gesamtabfluss der Stever deutlich geringer gewesen (LWK NRW 2020, S. 22).

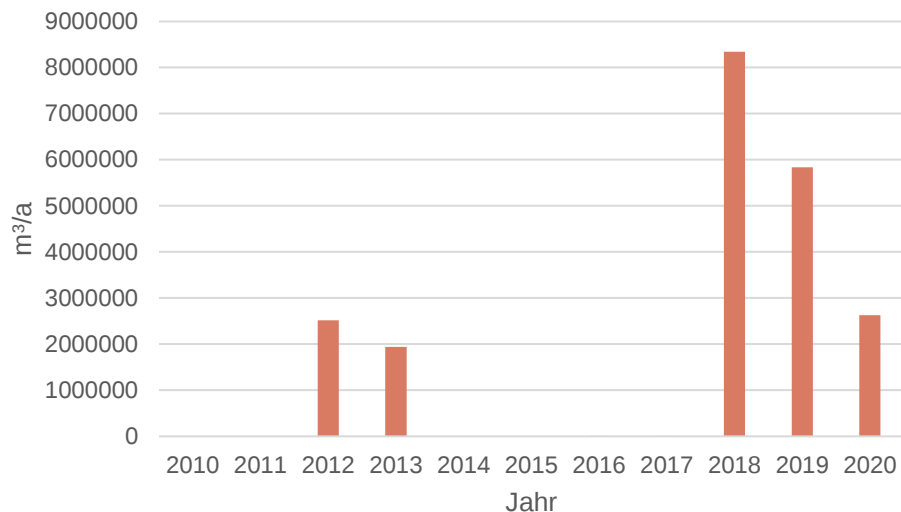


Abbildung 18: Einspeisung von Kanalwasser in die Stever (Eigene Darstellung nach Böddeker 2021b)

Zukunftsszenarien: Es wird projiziert, dass bei ähnlichen Witterungsbedingungen wie von 2018 bis 2020 Kanalwassereinleitungen häufiger vorgenommen werden (Böddeker 2021a). Eine genaue Höhe kann aus der vorliegenden Analyse nicht abgeleitet werden, jedoch können die Beobachtungsdaten, insbesondere von 2018 und 2019, als Orientierung dienen.



Veränderte Talsperrenbewirtschaftung

Erklärung des Indikators: Die Talsperren halten und Hullern stellen ca. 2/3 der Trinkwasserreserven für die Region bereit (Stadt Olfen 2018, S. 11). Dieser Anteil an der Trinkwasserbereitstellung ist im Vergleich zu anderen Wassergewinnungsanlagen relativ hoch, weshalb dem Niedrigwassermanagement der Talsperren Haltern und Hullern eine große Bedeutung zukommt (Wielens 2021). Bisher möchte man von Seiten des Wasserversorgers die Maßnahmen im Kontext des Funktionserhalts noch nicht als veränderte Talsperrenbewirtschaftung oder „aktives Tun“ bezeichnen, obwohl die Ausbaggerung von Sedimenten und die Wassereinleitungen in die Stever, genau diesem Zweck entsprechen (Sassen et al. 2021b). Leider liegen aber keine Daten über genaue Beziehung von Ursachen, Wirkungen und konkreten Anpassungsmaßnahmen vor.

Beobachtungsdaten: Die Wasserflächen der beiden Talsperren umfassen 457 ha und das Wasserwerk Haltern hat eine Kapazität zur Trinkwassergewinnung von rd. 129 Mio. m³ Wasser im Jahr. Die Wassertiefe der Stauseen liegt bei 7 bis 15 m. Den beiden Talsperren fließen pro Jahr durchschnittlich 240 Mio. m³ Wasser zu, wovon ca. ein Drittel des Wassers für die Trinkwassergewinnung genutzt wird (Stadt Olfen 2018, S. 10).

Zukunftsszenarien: Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Talsperrenbewirtschaftung im Rahmen klimatischer Veränderungen weiter verändert. Zum einen aufgrund von zunehmenden Nachfragespitzen während Trockenperioden, da die Speicherfunktion der Talsperren für das Wasserdargebot als gegensteuernde

Handlungsfunktion an Bedeutung gewinnt (Stadt Olfen 2018, S. 30). Zum anderen verändern sich die Ganglinien der einleitenden Flüsse. Niederschlagsrückgänge im Sommer und Herbst bedingen, dass sich das Auffülldatum der Talsperre weiter nach hinten verschiebt, bis hin zum Ende Dezember/Anfang Januar (Böddeker 2021a). Aussagen zum konkreten Änderungsmaß sind auch aufgrund fehlender Beobachtungsdaten und konkreter Trends nicht möglich.

Projektion – Talsperrenbewirtschaftung		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt		
Extremwetter		

Vermehrtes Trockenfallen von Kleingewässern

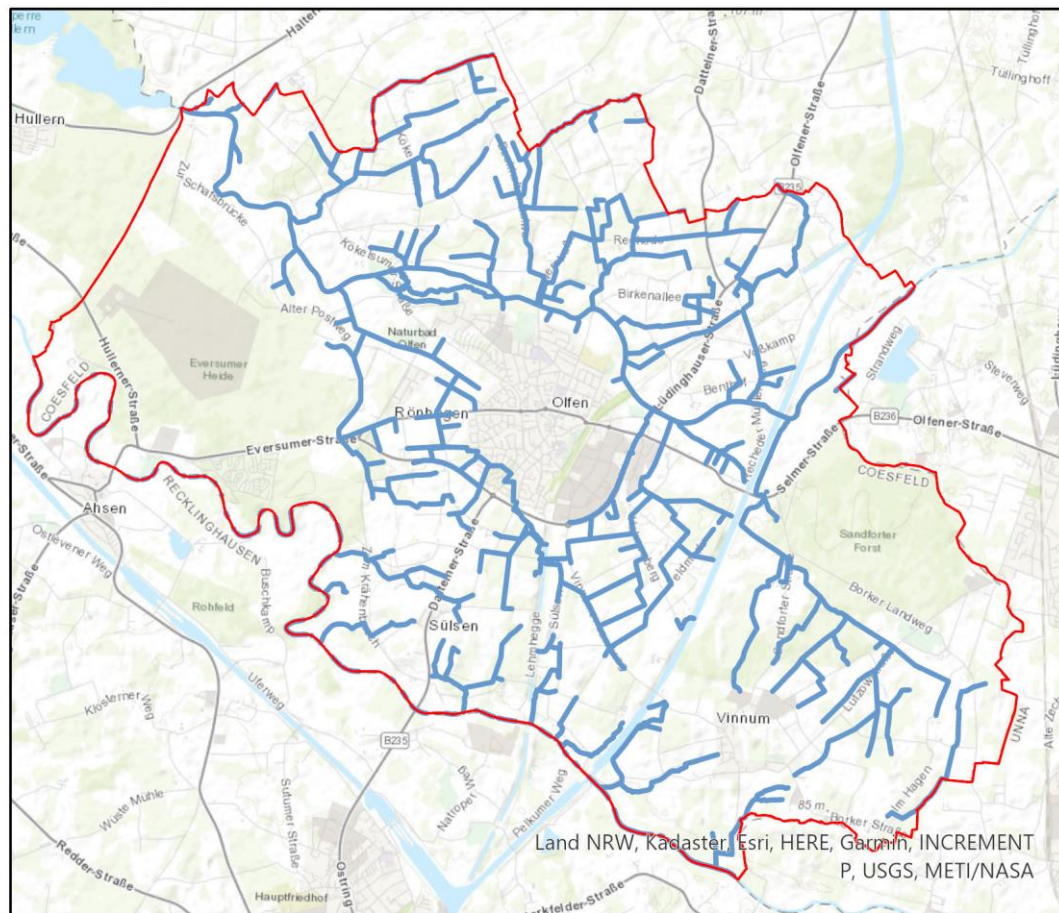
Erklärung des Indikators: Die vorliegende Kartierung der bestehenden Fließgewässer zeigt zahlreiche Kleingewässer in Olfen auf. Viele von diesen Kleingewässern werden sehr wahrscheinlich unmittelbar von Direktabflüssen nach Niederschlagsereignissen gespeist. Aus diesem Grund ermöglicht die Betrachtung der Einzugsgebiete der einzelnen Gewässer und der darin auftretenden Änderungen der Direktabflüsse Rückschlüsse auf das mögliche Trockenfallen dieser. Jedoch liegen dafür keine Daten vor, sodass keine Projektionen möglich sind. Eine geringe Wassermenge führt zu einem Anstieg der Wassertemperatur und einem vermehrten Trockenfallen von Nebengewässern, was Auswirkungen auf alle Arten der (semi-) aquatischen Lebensräume zur Folge hat (Schmalenbeck in Kruse et al. 2020).

Zukunftsszenarien: Wenn sich die Pegelstände und Ganglinien der Stever und Lippe maßgeblich verändern, werden sich auch die vorliegenden Biotope wandeln. Beispielsweise können bei zunehmender Trockenheit Fischtreppe ihre Funktion nicht mehr erfüllen und Böschungen vertrocknen und abrutschen (Brömmel; Hitscher in Kruse et al. 2020).

Eine genaue räumliche Projektion über die Veränderung von (semi-) aquatischen Lebensräumen ist mit den vorliegenden Daten nicht möglich.

Projektion – Trockenfallen von Kleingewässern		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt	?	?
Extremwetter	?	?

Kleinstgewässer



Legende

- Gemeindegrenze
- Gewässer

Quellen:

Kartierung der Kleinstgewässer in Olfen. Daten zur Verfügung gestellt durch Christopher Schmalenbeck (Fachbereich 6, Stadt Olfen)

Erhöhter Aufwand der Wasserbereitstellung

Erklärung des Indikators: Als Indikator für den Aufwand der Wasserbereitstellung werden die Wasser-Entgelte für die privaten Haushalte betrachtet. Diese Werte liegen für die Stadt Olfen nur für den Zeitraum 2008 - 2019 vor. Jedoch basiert die Preisentwicklung auf vielen verschiedenen Einflussfaktoren, sodass der unmittelbare Einfluss von Trockenheit, nicht klar aus der Preisentwicklung ablesbar ist. Zusätzlich werden die Wasserbedarfe betrachtet, um abzuschätzen, ob ein erhöhter Aufwand allein aufgrund der aufwändigen Bereitstellung, sondern auch aufgrund einer höheren Nachfrage auftreten kann.

Beobachtungsdaten: Der Wasserpreis betrug von 2008 bis 2013 1,56€ pro m³, seit 2014 belaufen sich die Kosten auf 1,81€ pro m³ (+16,03%). Auf den ganzen Kreis Coesfeld bezogen steigen die Wasserbedarfe in den letzten Jahren wieder, obwohl die Wasserabgabe je Einwohner und Tag abnimmt (Landesdatenbank IT.NRW 2021). Die höchsten Verbrauchswerte liegen in den Sommermonaten und der bisherige Spitzenverbrauchswert, wurde am 24.07.2019 mit 284 Tsd. m³ Wasser vom Wasserwerk haltern abgegeben (Gerstenmaier 2020).

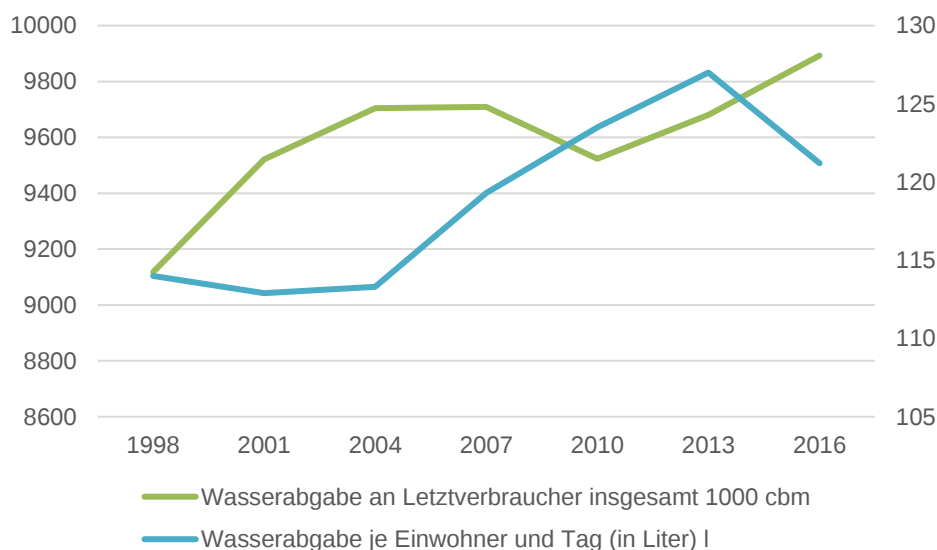


Abbildung 19: Entwicklung der Mengen öffentlicher Wasserversorgung im Kreis Coesfeld (Landesdatenbank IT.NRW 2021)

Zukunftsszenarien: Anhaltende Trockenheitsereignisse können die Wasseraufbereitung aufwändiger und somit kostenintensiver je Einheit machen (Böddeker in Eßer et al. 2020, S. 155). Maßnahmen wie die Wassereinleitung aus dem Dortmund-Ems-Kanal oder Analysen und Aufbereitung angesichts einer verschlechterten Wasserqualität können eine Kostensteigerung je Wassereinheit mit sich bringen.

Projektion – Aufwand der Wasserversorgung		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt		
Extremwetter		

Gleichzeitig zeigt der Trend der Wasserabgabe in den letzten Jahren steigende Abgabemengen, insbesondere im Zusammenhang mit anhaltenden Trockenheits- und Hitzeereignissen. Im Wasserversorgungskonzept der Stadt Olfen von 2017 wird konkret eine durchschnittliche Wasserabgabe an Haushalte und Gewerbe von rd. 527 Tsd. m³/a bis zum Jahr 2027 prognostiziert. Dies entspricht einem Anstieg um 4,4% im Vergleich zum Jahr 2016. Dabei wird von einem konstanten pro Kopf Verbrauch und einem konstanten Anschlussgrad ausgegangen, während mit einer steigenden Einwohner*Innenzahl gerechnet wird (Stadt Olfen 2018, S. 21). Jedoch wurde im Expert*Innengespräch darauf verwiesen, dass die Annahme eines konstanten Verbrauchs in den letzten Jahren falsch war. Bis 2021 sei der pro Kopf Verbrauch weiter gestiegen (Böddeker in Sassen et al. 2021b).

Beide Trends, zum einen die steigenden Abgabemengen und zum anderen der steigende Aufwand je Einheit, bedingen insgesamt einen höheren Aufwand für die Wasserbereitstellung (Böddeker 2021a). Ob es dabei zu einer Verknappung des Angebots und damit steigender Konkurrenz kommt, ist fraglich. In anderen deutschen Regionen resultieren daraus bereits Konflikte zwischen den Interessen der öffentlichen Wasserversorgung und der Landwirtschaft (Eßer et al. 2020, S. 155).

Weniger Wasserentnahme aus Grundwasser

Erklärung des Indikators: Für die Entnahme von Grundwasser ist eine Genehmigung durch die untere Wasserbehörde erforderlich.

Beobachtungsdaten: Für die dezentrale Grundwasserentnahme im Stadtgebiet wurden in 2021 Genehmigungen für die Gesamteinnahme von 80.851 m³/a erteilt und sich gemäß Abbildung 20 unterschiedlich auf die verschiedenen Endnutzungen verteilt (Kreisverwaltung Coesfeld 2021). Die größten Wasserentnahmen entfallen auf Bewässerungsmaßnahmen im Nordosten Olfens. Die mengenmäßig zweitgrößte Nutzungsgruppe umfasst 22 privaten Haushalte, die insbesondere im Außenbereich Olfens verteilt sind. Danach steht die Entnahme einer öffentlichen Einrichtung und die nach Entnahmemengen sortierte kleinste Gruppe sind 11 Gewerbebetriebe, insbesondere angesiedelt im Außenbereich. Der Vollständigkeit halber seien noch vier Betriebe genannt, die zur Bewässerung Wasser aus der Stever und dem Dortmund-Ems-Kanal entnehmen, auch sie sind in der Karte verortet. Einige selbstversorgende Betriebe mussten in den letzten Sommern zusätzlich Wasser aus der öffentlichen Trinkwasserversorgung entnehmen, da z.B. die eigenen Wasserreserven nicht für die Versorgung der Tiere ausreichte (Böddeker 2021a).

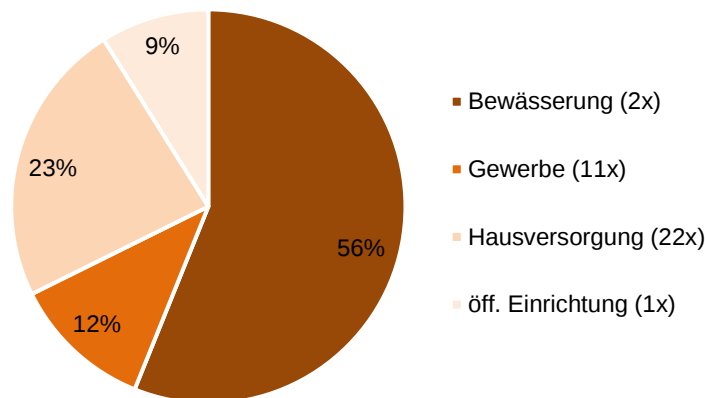
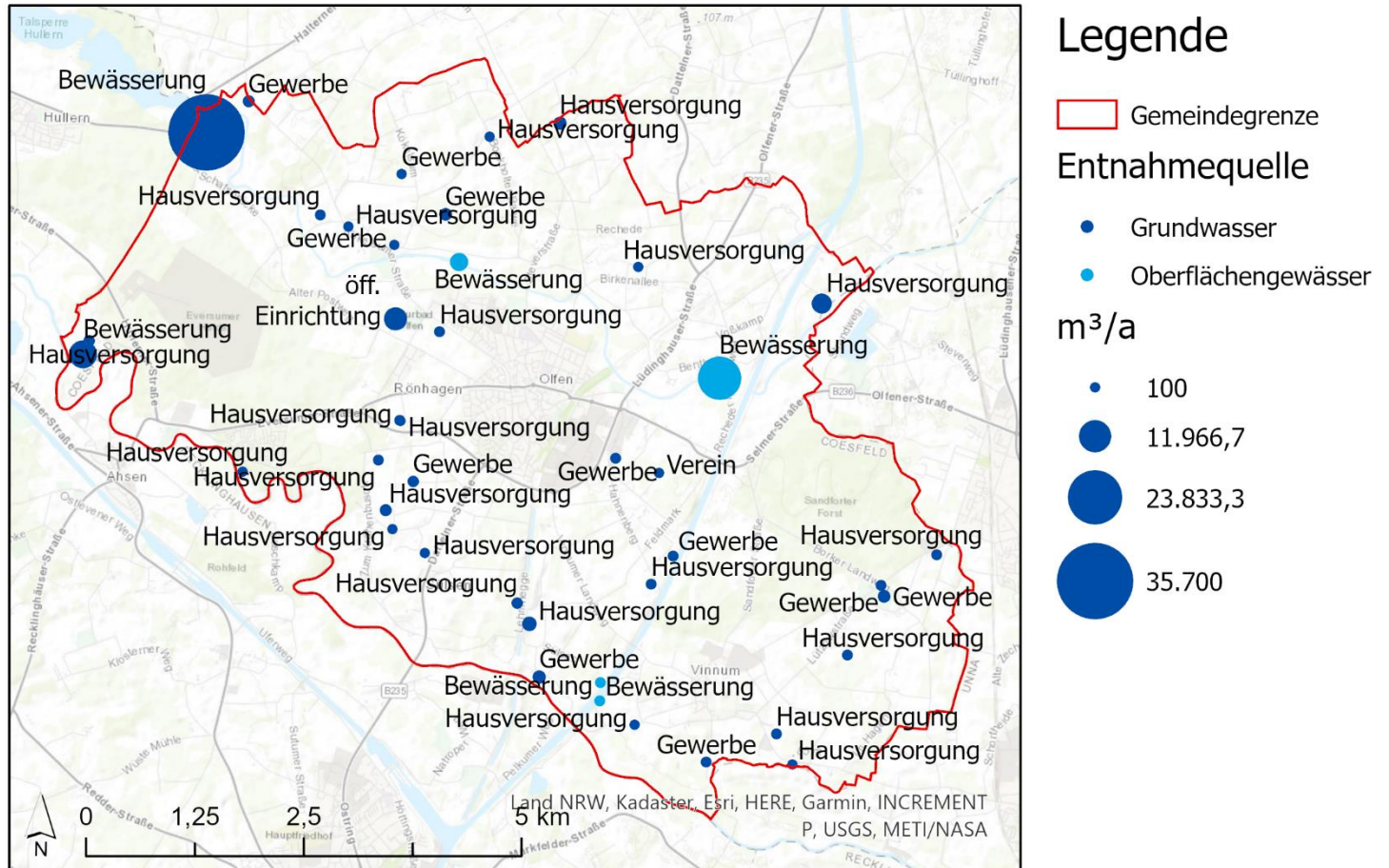


Abbildung 20: Genehmigte Mengen privater Wasserentnahme in Olfen in m³/a (Kreisverwaltung Coesfeld 2021)

Zukunftsszenarien: Auf Grundlage der prognostizierten Grundwasseränderungen könnte sich das Maß der genehmigten Grundwasserentnahmemengen ändern. Jedoch besteht auch die Problematik, dass Grundwasservorkommen losgelöst von der Gebietshoheit der Kreisverwaltung entstehen und somit eine Mengenbetrachtung und Bilanzierung auf Kreisebene nur bedingt erfolgen kann. Bisher richten sich die Vergaben der Genehmigungen zur Wasserentnahme nicht an den Grundwasserressourcen aus (Kreisverwaltung Coesfeld 2021). Allein im Kontext von Niedrigwasserständen der Oberflächengewässer wird die Entnahme von Grundwasser vorübergehend eingeschränkt (Aschwer 2019). Inwieweit sich diese Genehmigungspraxis in Bezug auf die abnehmenden Wasserressourcen ändert, ist unklar.

Projektion – Grundwasserentnahme		
	Trend	Gewissheit
Durchschnitt		
Extremwetter		

Wasserentnahme aus Grund- und Oberflächengewässern



Quellen:

Geobasis NRW. (2021). Digitale Verwaltungsgrenzen NW (hohe Stützpunktdichte). DL-DW-Zero-2.0
 Geologischer Dienst NRW. (2018). IS FSK 50: Forstliche Standortkarte. DL-DE-BY-2.0
 LANUV. (2019). Klimaanalyse aus den Planungskarten (Klimaanpassung). DL-DE-BY-2.0

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Veränderte Schadstoffkonzentration

Erklärung des Indikators: Bei verschiedenen Landnutzungsformen wie z.B. auf Siedlungs- und Verkehrsflächen oder der Landwirtschaft werden Chemikalien verwendet, die über abfließende Niederschläge in Oberflächengewässer transportiert werden und diese verunreinigen (Stadt Olfen 2018, S. 52). Bei anhaltender Trockenheit können sich diese Schadstoffe auf der Erdoberfläche ansammeln und von einsetzenden Niederschlägen abgespült und in Oberflächengewässer geleitet werden. Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PSM) machen einen Großteil dieser Gewässerbelastung aus. Seit 1990 untersucht die „Kooperation Landwirtschaft und Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet der Stevertalsperre“ die vorliegenden Wasserqualitäten. Der Parameterumfang der PSM-Untersuchungspakete orientieren sich an den im Stever-Gebiet eingesetzten Wirkstoffen (LWK NRW 2020, S. 15).

Beobachtungsdaten: Die Nachweise von PSM-Wirkstoffen aus einer Auswahl von ca. 60 Komponenten konzentrieren sich in den vergangenen Jahren auf relativ wenige Stoffe, die in höheren Konzentrationen nach den Anwendungen im Mais, Raps und Getreide auftraten (LWK NRW 2020, S. 15). Die gemessenen PSM Messwerte verschieben sich zwischen einzelnen Jahren dabei deutlich. Gemäß Abbildung 21 ändern sich die Einträge sowohl quantitativ als auch im Verhältnis der Wirkstoffe zueinander. In 2020 waren, ähnlich wie in den Vorjahren, die drei relevantesten PSM Flufenacet, Terbutylazin und Dimethenamid. Im Vergleich zu 2018 und 2019 ist die Gesamtfracht noch einmal leicht gesunken. Ebenso spielen die in den Vorjahren noch deutlicher beobachteten Wirkstoffe Topramezone und Quinmerac in 2020 nur eine untergeordnete Rolle. Im Kooperationsbericht von 2020 wird vermutet, dass der 2018 bis 2020 beobachtete Rückgang der Frachten im Zusammenhang mit den ungewöhnlich langen Trockenphasen steht. Ausbleibender Niederschlag bedingte geringe Stoffeinträge in die Stever und ihre Zuflüsse (LWK NRW 2020, S. 22). Die Niederschlagsverteilung im Jahr 2020 war, ähnlich wie im Vorjahr, gekennzeichnet durch eine stark unterschiedliche Verteilung. Nach einem durchschnittlich niederschlagsreichen November und Dezember folgte ein relativ trockener Januar, an den sich wiederum ein sehr niederschlagsreicher Februar anschloss. Während der typischen PSM-Anwendungszeit im April und Mai gab es deutlich unterdurchschnittliche Niederschläge (LWK NRW 2020, S. 12). Somit kam es in direkter zeitlicher Nähe zu den Anwendungszeiten im April/Mai und Oktober zu keinen übermäßig starken Niederschlägen, die einen erhöhten Abfluss der Stever und damit ein erhöhtes Risiko für verstärkte PSM-Einträge zur Folge gehabt hätten (LWK NRW 2020, S. 12). Die PSM-Anwendungsphase im Herbst fiel dann in eine Phase mit moderaten Niederschlägen (LWK NRW 2020, S. 12).

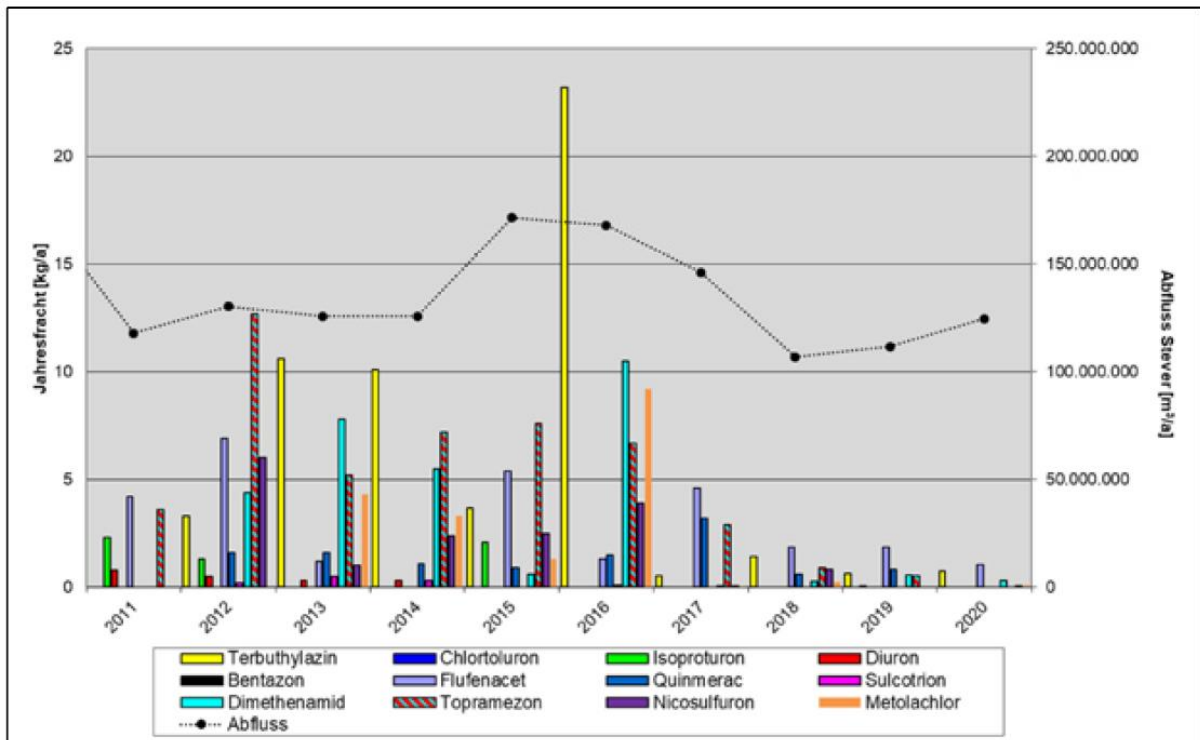


Abbildung 21: PMS Frachten in der Stever von 2011 bis 2020 (LWK NRW 2020, S. 22)

Zukunftsszenarien: Erfahrungen der bisherigen Messungen zeigen, dass PSM-Einträge insbesondere nach der Anwendungszeit in Folge starker Niederschläge auf wenig wasseraufnahmefähigen Böden mit geringer Pflanzenbedeckung (z. B. Mais) und besonders nach Starkregenereignissen zu verzeichnen sind (LWK NRW 2020, S. 12). Bisher lag die Schadstoffbelastung in trockenen Jahren weit unter dem Durchschnitt, aber dies könnte sich bei einsetzenden Starkregen nach der Stoffanwendung auch umkehren. Eine Projektion der zukünftigen PMS Belastung im Zusammenhang mit Trockenheit ist nicht möglich. Der Zeitpunkt des Auftretens und die Intensität von Niederschlägen haben größeren Einfluss auf die Einbringung von PMS in die Oberflächengewässer. Die Extremjahre 2018-2020 verzeichnen zwar einen deutlich unterdurchschnittlichen Stoffeintrag, jedoch kann dies auch insb. an dem Zeitpunkt der wiedereinsetzenden Niederschläge liegen, weswegen der unmittelbare Zusammenhang zur anhaltenden Trockenheit nicht gegeben ist. Die zukünftige Schadstoffkonzentration hängt maßgeblich von der Bewirtschaftung der Landwirtschaft sowie den Zeitpunkten und Mengen von Niederschlägen ab und diese können nicht von der vorliegenden Analyse erfasst werden.

Projektion – Schadstoffkonzentration	
	Trend Gewissheit
Durchschnitt	 
Extremwetter	 

Die zukünftige Schadstoffkonzentration hängt maßgeblich von der Bewirtschaftung der Landwirtschaft sowie den Zeitpunkten und Mengen von Niederschlägen ab und diese können nicht von der vorliegenden Analyse erfasst werden.

8.3 Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Wasserwirtschaft

Das Handlungserfordernis ergibt sich aus der Verbindung einer objektiv zu bestimmenden Klimawirkung (Sachebene) mit der subjektiven Bewertung des betroffenen sensitiven Systems (Wertebene). Die Bewertung wurde von der Stadtverwaltung Olfens in Bezug auf die Bedeutung für die Stadtbevölkerung Olfens vorgenommen.

		Bedeutung der Klimawirkung für Olfens Bevölkerung - Wertebene		
		Sehr wichtig	Mäßig wichtig	Bereits ausreichend
Trend bei Trockenheit - Sachebene	Starke Änderung	Pegelstände, Wassereinleitungen Stever		
	Moderate Änderung	Grundwasserentnahmen, Schadstoffkonzentration ²	Aufwand der Wasserbereitstellung, Talsperrenbewirtschaftung	
	Keine Änderung			

Tabelle 10: Handlungserfordernisse im Handlungsfeld Wasserwirtschaft (eigene Darstellung)

² Erläuterung Schadstoffkonzentration: Da die Trendprojektion bei einem Extremereignis keine Aussage treffen konnte, wurde die Klimawirkung vereinfacht in der Spalte moderate Änderung verortet.

Aus Tabelle 10 ist die Priorisierung der Handlungserfordernisse auf der Basis der ermittelten Trends und den Bewertungen ersichtlich. Es ist zu erkennen, dass für die Klimawirkungen sinkender Pegelstände und den daran gekoppelten Wassereinleitungen in die Stever ein hoher Handlungsbedarf besteht. Für die Aufrechterhaltung der Grundwasserentnahmen, bei der Schadstoffkonzentration in Oberflächengewässern, dem erhöhten Aufwand der Wasserbereitstellung und einer möglichen Änderung der Talsperrenbewirtschaftung besteht ein mittlerer Handlungsbedarf.

Anhang

Bewertung der Gewissheit

Wie passend ist der Indikator?	0	Kein Indikator
	1	Teilweise passend
	2	Überwiegend passend
	3	Sehr passend
Wie hoch ist die Qualität der Daten?	0	Kein Daten
	1	Räumlich nicht konkrete Daten
	2	Aussagen für den Kreis Coesfeld oder die Stadt Olfen
	3	Sehr hohe räumliche Auflösung
In wie weit stimmen die (Erfahrungs)werte von Expert*Innen und Ortskundigen mit dem Trend überein?	0	Keine Expertenaussagen
	1	Unsichere/ unklare Aussagen
	2	Teilweise Zustimmung von Expert*Innen
	3	Zustimmung von mehreren Expert*Innen

Gesamtbewertung der Gewissheit	
	Hoch (> 2,01)
	Mittel (1,34 – 2,00)
	Gering (< 1,33)

Handlungsfeld Landwirtschaft					
Klimawirkung		Passender Indikator	Modell mit räumlich konkreten Daten	Experten-aussagen	Gesamt-bewertung
Pflanzenstoffwechsel	Durchschnitt	3	2	2	2,33
	Extremwetter	1	1	2	1,33
Bewässerungsbedarf	Durchschnitt	1	1	2	1,33
	Extremwetter	1	1	2	1,33
Geringere Erträge	Durchschnitt	1	1	1	1,00
	Extremwetter	1	1	1	1,00
Änderung Pflanzenkultur	Durchschnitt	1	1	2	1,33
	Extremwetter	2	2	2	2,00

Handlungsfeld Forstwirtschaft					
Klimawirkung		Passender Indikator	Modell mit räumlich konkreten Daten	Experten-aussagen	Gesamt-bewertung
Pflanzenstoffwechsel	Durchschnitt	3	0	3	2
	Extremwetter	0	0	3	1
Vitalitätsverlust	Durchschnitt	2	3	2	2,33
	Extremwetter	2	0	2	1,33
Waldbrandgefahr	Durchschnitt	3	2	3	2,66
	Extremwetter	3	1	3	1,66
Sturmschäden	Durchschnitt	-	-	-	
	Extremwetter	-	-	-	
Schädlingsdruck	Durchschnitt	2	1	2	1,66
	Extremwetter	2	0	1	1
Walddynamik	Durchschnitt	-	-	-	
	Extremwetter	-	-	-	
Funktionsverlust	Durchschnitt	2	3	1	2
	Extremwetter	2	3	1	2
Artenzusammensetzung	Durchschnitt	2	0	2	1,33
	Extremwetter	0	0	2	0,66

Handlungsfeld Siedlungsentwicklung					
Klimawirkung		Passender Indikator	Modell mit räumlich konkreten Daten	Experten-aussagen	Gesamt-bewertung
Bodenabsenkungen	Durchschnitt	-	-	-	-
	Extremwetter	-	-	-	-
Bauwerksschäden	Durchschnitt	-	-	-	-
	Extremwetter	-	-	-	-
Pflanzenstoffwechsel	Durchschnitt	-	-	-	-
	Extremwetter	-	-	-	-
Vitalitätsverlust	Durchschnitt	1	2	2	1,66
	Extremwetter	2	3	3	2,66
Schädlingsdruck	Durchschnitt	-	-	-	-
	Extremwetter	-	-	-	-
Ästhetikverluste	Durchschnitt	-	-	-	-
	Extremwetter	-	-	-	-
Bewässerungsbedarf	Durchschnitt	1	0	2	1
	Extremwetter	1	0	2	1
Verschattungs- und Kühlungs-funktion	Durchschnitt	1	0	1	0,66
	Extremwetter	1	0	1	0,66
Verkehrssicherungs-gefahren	Durchschnitt	1	0	1	0,66
	Extremwetter	1	0	1	0,66
Pflanzkulturen	Durchschnitt	1	1	2	1,33
	Extremwetter	-	-	-	

Handlungsfeld Wasserwirtschaft					
Klimawirkung		Passender Indikator	Modell mit räumlich konkreten Daten	Experten-aussagen	Gesamt-bewertung
Pegelstände	Durchschnitt	3	0	2	1,66
	Extremwetter	3	0	1	1,33
Überleitungen Kanalwasser	Durchschnitt	3	0	2	1,66
	Extremwetter	3	0	1	1,33
Talsperrenbewirtschaftung	Durchschnitt	0	0	1	0,33
	Extremwetter	0	0	0	0
Trockenfallen von Kleingewässern	Durchschnitt	0	0	1	0,33
	Extremwetter	1	0	1	0,66
Aufwand Wasserbereitstellung	Durchschnitt	1	0	1	0,66
	Extremwetter	1	0	1	0,66
Grundwasserentnahme	Durchschnitt	2	1	2	1,66
	Extremwetter	1	1	0	0,66
Schadstoffkonzentration	Durchschnitt	1	3	2	2
	Extremwetter	1	3	1	1,66

Priorisierung von Handlungserfordernissen

Die vorliegende Klimawirkungsanalyse dient als Informationsgrundlage für spätere Strategien und Maßnahmen zur Klimaanpassung. Auf ihrer Grundlage wird in einem ersten Schritt der konkrete Handlungsbedarf zur Anpassung an Trockenheitsfolgen abgeleitet. Dafür wird zunächst der Wertmaßstab der Bevölkerung Olfens erhoben. Die Stadtverwaltung wird gebeten zu identifizieren: Welches Handlungsfeld hat zukünftig große Bedeutung für Olfen, aufgrund welcher Schwerpunktlegung lassen sich in Bezug auf das Thema Trockenheit die größten Handlungserfordernisse ableiten?

1. Welche Bedeutung haben aus Ihrer Sicht die folgenden 4 Handlungsfelder für die Stadt Olfen in Bezug auf Handlungserfordernisse zur Anpassung an Trockenheit?

	Sehr wichtig	Mäßig wichtig	Bereits ausreichend
Landwirtschaft	☒	☐	☐
Wald und Forstwirtschaft	☒	☐	☐
Siedlungsentwicklung	☒	☐	☐
Wasserwirtschaft	☒	☐	☐

2. Welche Relevanz haben aus Ihrer Sicht die weitere Betrachtung folgender Klimawirkungen innerhalb der vier genannten Handlungsfelder für die Stadt Olfen?

Unter jeder Leitfrage ist die zugeordnete Klimawirkungsfolge aufgeführt. Dabei ist zu betonen, dass zur Erhebung des Wertmaßstabs an dieser Stelle nach der Klimawirkung von Trockenheit gefragt wird und nicht nach der Relevanz möglicher Anpassungsmaßnahmen. Diese sind teilweise schwer voneinander zu unterscheiden, wie das Beispiel der Klimawirkungsfolge „Änderung der Artenzusammensetzung“ zeigt. Die Klimawirkung beschreibt den natürlichen Vorgang der Artenänderung, beispielsweise durch einen Standortdrift. Damit verbunden ist die Frage ob eine Änderung der Arten an sich ein Problem darstellt bzw. weiterer Betrachtung bedarf. Dahingegen ist die Klimaanpassungsmaßnahme die „aktive Änderung von Arten“ als Maßnahme um Ertragspotenziale zu sichern. Hierbei geht es im Schwerpunkt nicht um den Erhalt der ursprünglichen Artenzusammensetzung als Klimaanpassungsmaßnahme, um auf die Klimawirkung „Änderung der Artenzusammensetzung“ zu reagieren.

2.1 Landwirtschaft

Wie wichtig ist die weitere Betrachtung...

	Sehr wichtig	Mäßig wichtig	Bereits ausreichend
... des Pflanzenverfügbaren Bodenwasser und Grundwassers	☒	☐	☐
... des Pflanzenstoffwechsels, Bewässerungsbedarfs	☒	☐	☐
... der Erosionsgefährdung	☐	☒	☐
... der Ertragserwartungen	☒	☐	☐
... der Artenzusammensetzung	☒	☐	☐

2.2 Wald und Forstwirtschaft

Wie wichtig ist die weitere Betrachtung...

	Sehr wichtig	Mäßig wichtig	Bereits ausreichend
... des Pflanzenverfügbaren Bodenwasser	☒	☐	☐

... der Pflanzenvitalität, Waldbrand, Schädlingsbefall	☒	☐	☐
... der Artenzusammensetzung	☐	☒	☐
... des veränderten Pflanzenstoffwechsels	☒	☐	☐
... des Lärmschutz, Klimaschutz, Erholung des Waldes	☐	☒	☐

2.3 Stadtentwicklung

Wie wichtig ist die weitere Betrachtung...

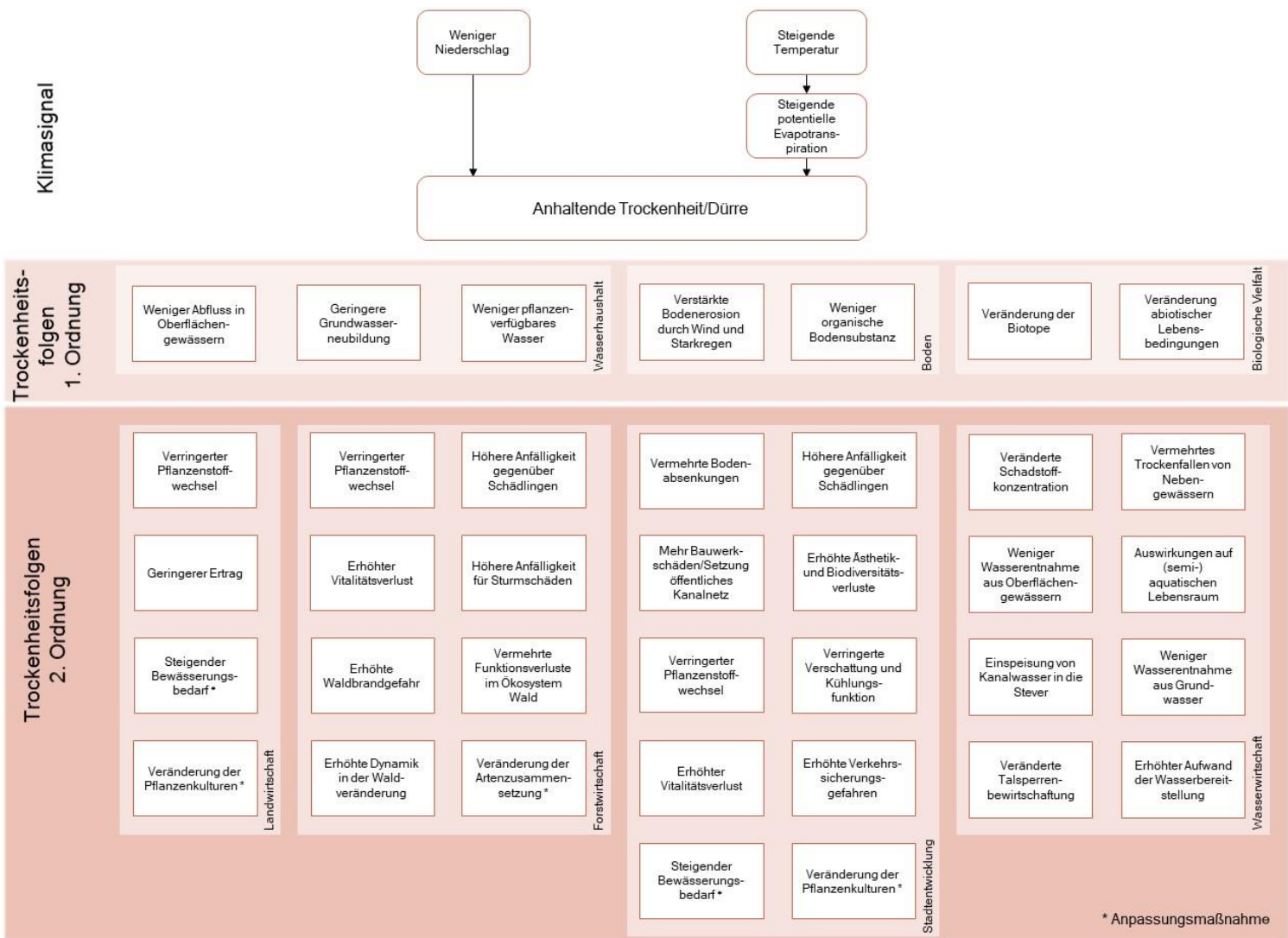
	Sehr wichtig	Mäßig wichtig	Bereits ausreichend
... der Pflanzenvitalität, des Bewässerungsbedarfs	☒	☐	☐
... der Artenzusammensetzung	☒	☐	☐
... der veränderten Verschattungs- und Kühlungsfunktion	☒	☐	☐
... der Verkehrssicherheit	☒	☐	☐
... von Bodenveränderungen	☐	☒	☐

2.4 Wasserwirtschaft

Wie wichtig ist die weitere Betrachtung...

	Sehr wichtig	Mäßig wichtig	Bereits ausreichend
... des Erhalts der Wasserstände	☒	☐	☐
... des Aufwandes der Wasserbereitstellung	☐	☒	☐
... des Grundwasserspiegels	☒	☐	☐
... die Wasserqualität der Oberflächengewässer	☒	☐	☐
... der Talsperrenbewirtschaftung	☐	☒	☐

Klimawirkungsketten

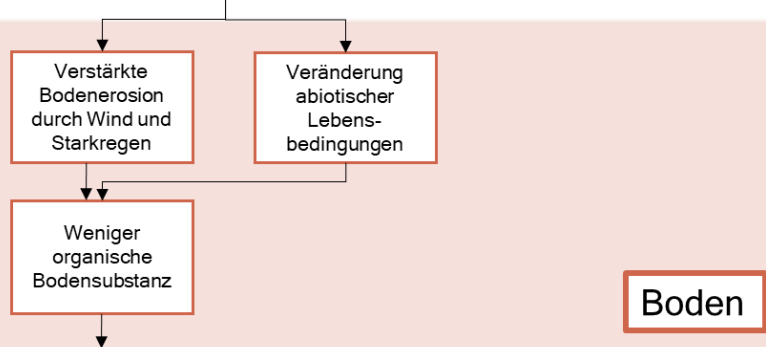
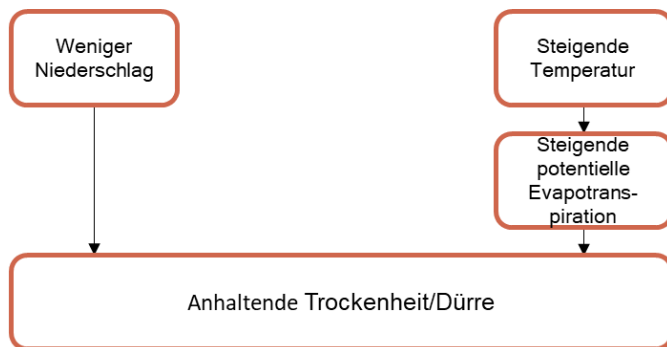
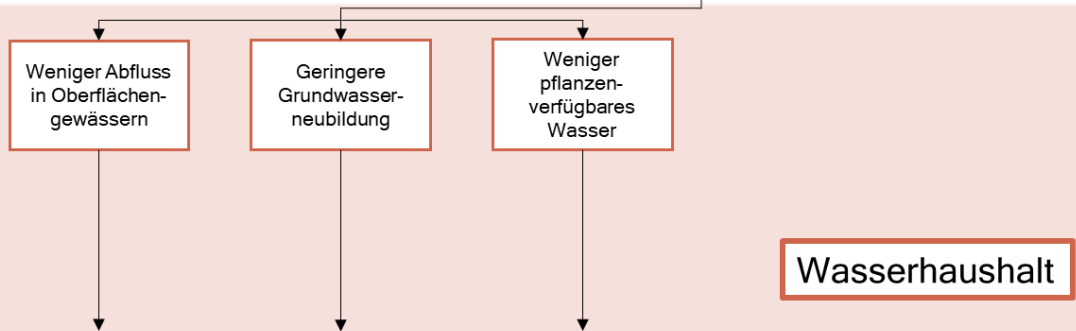
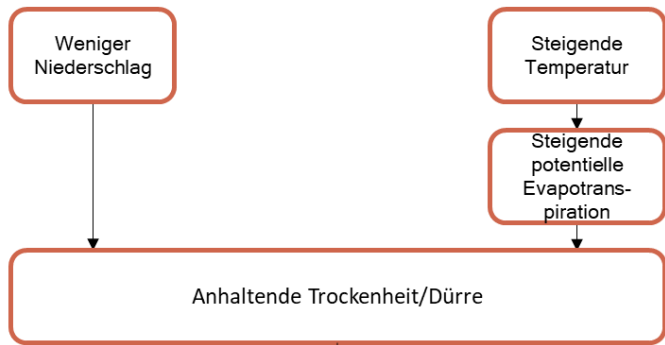


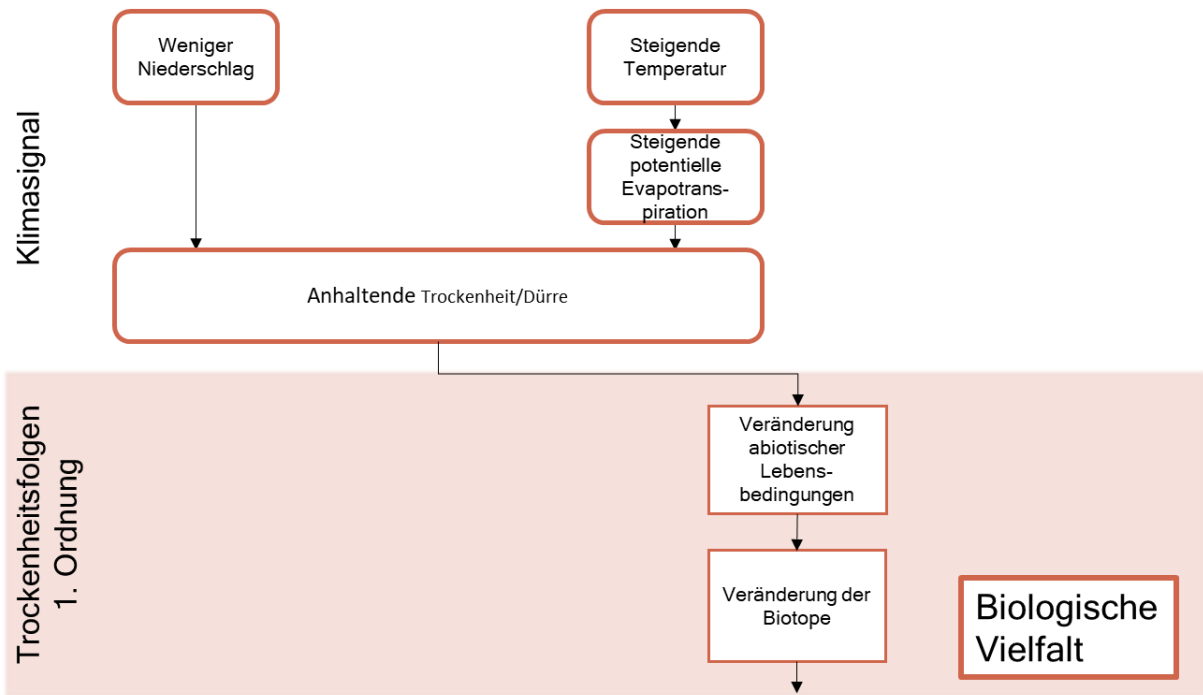
Klimasignal

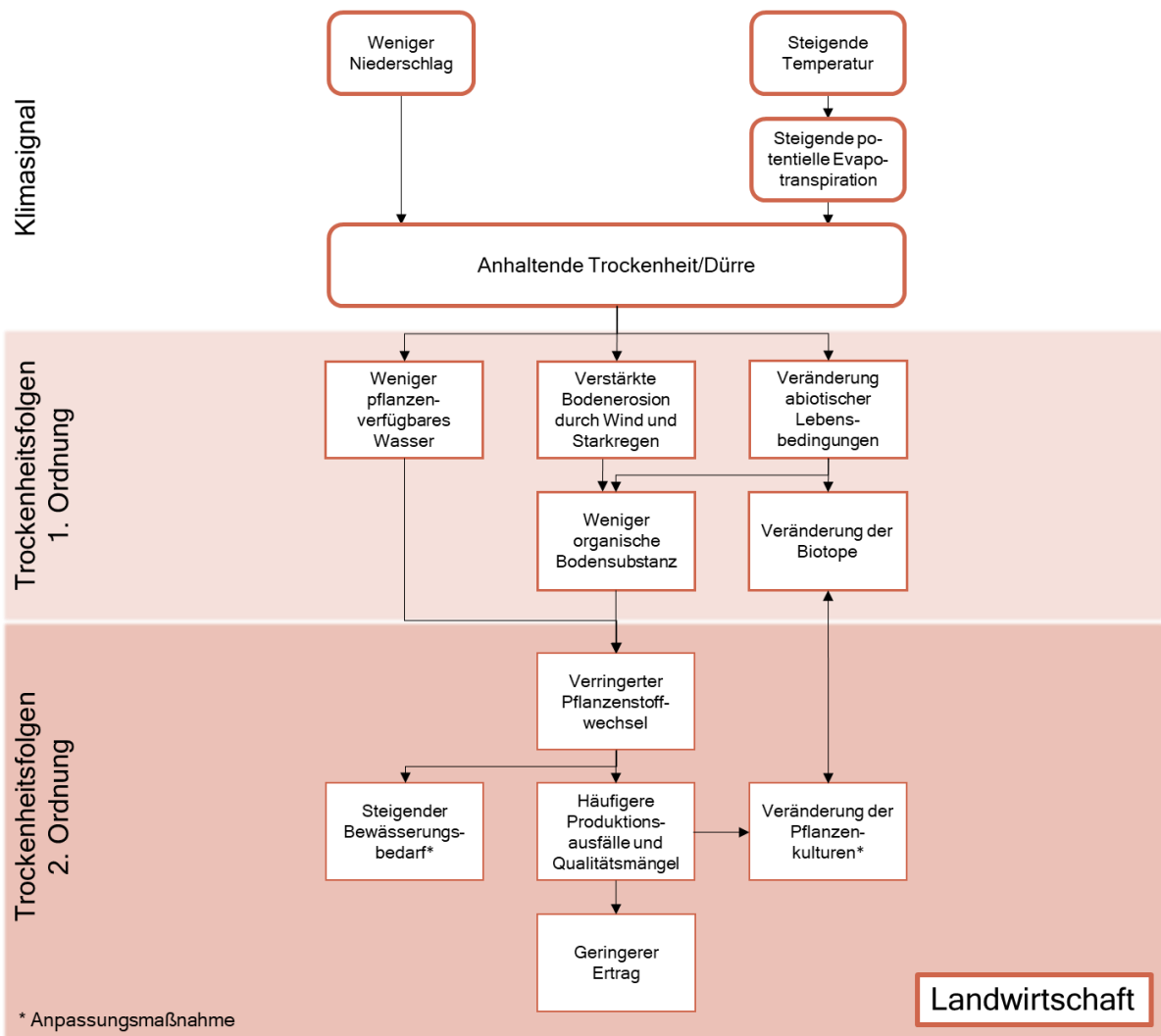
Trockenheitsfolgen
1. Ordnung

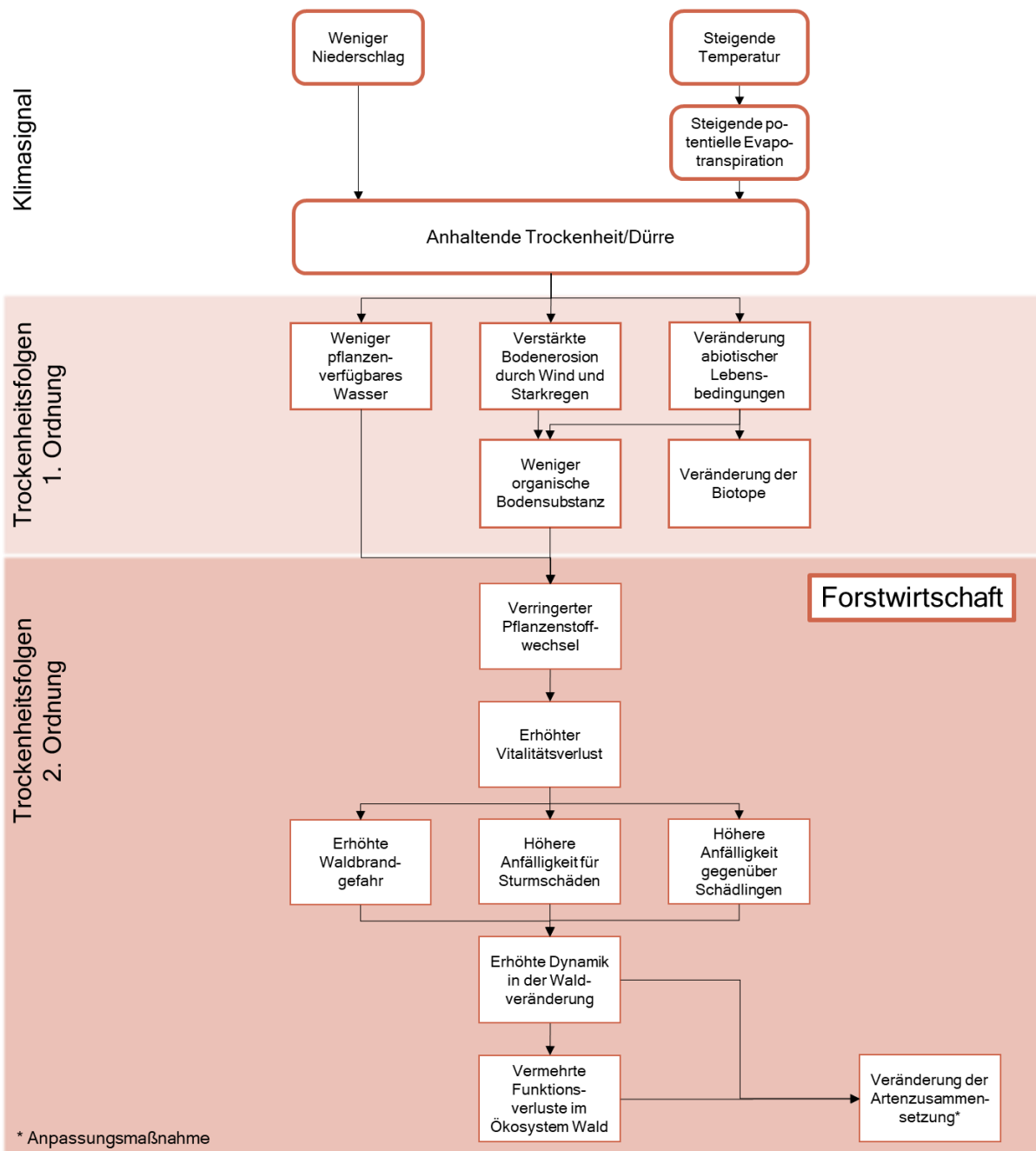
Klimasignal

Trockenheitsfolgen
1. Ordnung







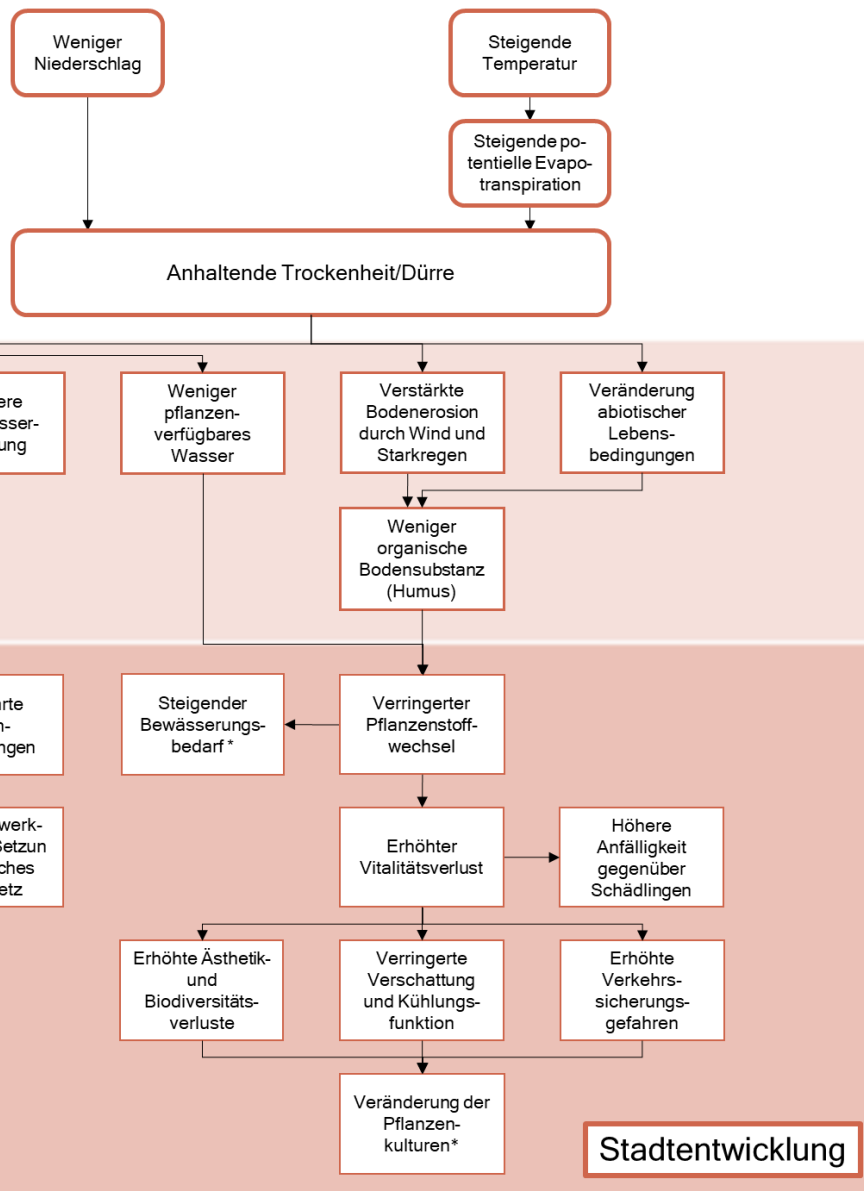


Klimasignal

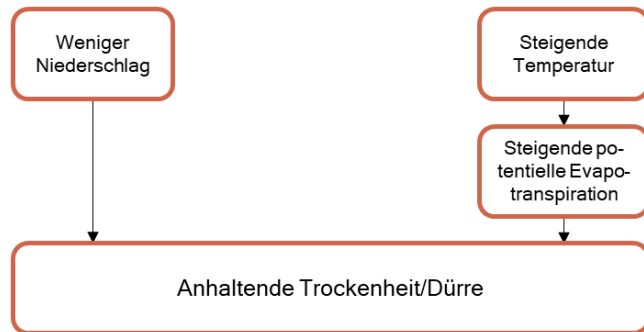
Trockenheitsfolgen
1. Ordnung

Trockenheitsfolgen
2. Ordnung

* Anpassungsmaßnahme

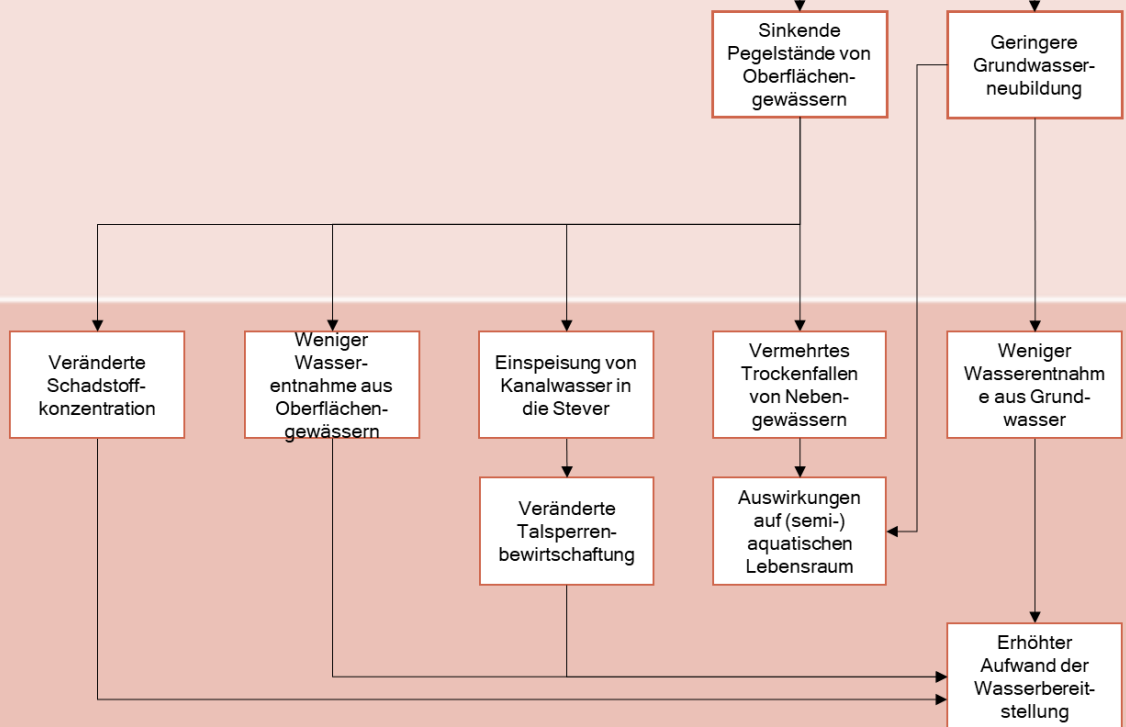


Klimasignal



Trockenheitsfolgen
1. Ordnung

Trockenheitsfolgen
2. Ordnung



Wasserwirtschaft

Quellenverzeichnis

Adelphi; plan + risk consult; EURAC, Europäische Akademie Bozen (2017): Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen; Empfehlungen der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel der Bundesregierung: Umweltbundesamt. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/uba_2017_leitfaden_klimawirkungs_und_vulnerabilitatsanalysen.pdf, zuletzt geprüft am 29.01.2021.

Adelphi; plan + risk consult; Europäische Akademie (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Unter Mitarbeit von Mareike Buth, Walter Kahlenborn, Jonas Savelsberg, Nina Becker, Philip Bubeck, Sibylle Kabisch et al. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Climate Change, 24/2015).

Ad-hoc-AG (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. Mit 103 Tabellen und 31 Listen. Unter Mitarbeit von Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. 5., verbesserte und erweiterte Auflage. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller).

Aschwer, Thomas (2019): Darum dürfen Landwirte kein Wasser mehr aus Flüssen und Bächen pumpen. In: *Ruhrnachrichten*, 08.08.2019. Online verfügbar unter <https://www.ruhrnachrichten.de/olfen/landwirte-kein-wasser-aus-fluessen-und-baechen-pumpen-1435874.html>.

Aschwer, Thomas (2021): 1544 Schäden am Kanalnetz - unter der Olfener Erde gibt es viel zu tun. In: *Ruhrnachrichten* 2021, 18.04.2021. Online verfügbar unter <https://www.ruhrnachrichten.de/olfen/1544-schaeden-am-kanalnetz-unter-der-olfener-erde-gibt-es-viel-zu-tun-plus-1623844.html>.

Benze, Klaus (2020): Protokoll des Experteninterviews Wald- und Forstwirtschaft.

BMU (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nationale_strategie_biologische_vielfalt_2015_bf.pdf, zuletzt geprüft am 30.12.2020.

BMU (2015): Grün in der Stadt - Für eine lebenswerte Zukunft. Grünbuch Stadtgrün. Online verfügbar unter https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmub/verschiedene-themen/2015/gruenbuch-2015-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 15.02.2021.

Böddeker (2021a): Protokoll des Experteninterviews Wasserwirtschaft.

Böddeker, Martin (2021b): Wassereinspeisungen in die Stever. Persönliche Datenweitergabe. Hg. v. Gelsenwasser AG.

- Boermann, Jürgen; Hoffmann, Marco; Bodin, Ute; Lemke, Ulrike (2020): Unternehmensergebnisse buchführender Betriebe in Nordrhein-Westfalen. Wirtschaftsjahr 2019/2020. Hg. v. Landwirtschaftskammer NRW. Münster.
- Bruse, Michael (2003): Stadtgrün und Stadtklima. Wie sich Gründflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. Online verfügbar unter http://envi-met.net/documents/papers/66_70_Bruse_pdf.pdf.
- Brüse (2021): Protokoll des Experteninterviews Landwirtschaft.
- Busch, Alexander (2017): Regionales Waldbaukonzept für das Münsterland. Landesbetrieb Wald und Holz NRW.
- DWD (2021): Wetterlexikon: Dürre. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. Offenbach. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100578&lv3=603288>, zuletzt geprüft am 28.05.2021.
- Eßer; Gastmeister; Gottwald; Graß; Grimm, Kasprzak; Köhn et al. (2020): Lösungsansätze zum Umgang mit Trockenheit am Beispiel der Kleinstadt Olfen. F-Projekt Abschlussbericht. Technische Universität Dortmund.
- Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (2016): Olfen. Geowissenschaftliche Gemeindebeschreibungen NRW. Online verfügbar unter <https://www.gd.nrw.de/ggb3/gb558036.htm>, zuletzt geprüft am 12.04.2021.
- Gerstenmaier, Kristina (2020): Wasserknappheit. Stever wird aus Dortmund-Ems-Kanal aufgefüllt. In: *Ruhrnachrichten*, 20.08.2020. Online verfügbar unter <https://www.ruhrnachrichten.de/nordkirchen/wasserknappheit-stever-wird-aus-dem-dortmund-ems-kanal-aufgefuellt-plus-1548128.html>, zuletzt geprüft am 18.06.2021.
- Greiving, Stefan (2019): Analyse- und Bewertungskonzepte für Risiken im Vergleich. In: *Information zur Raumentwicklung* (Band 46, Dezember 2019, Heft 4), S. 62–73.
- Hari, Vittal; Rakovec, Oldrich; Markonis, Yannis; Hanel, Martin; Kumar, Rohini (2020): Increased future occurrences of the exceptional 2018-2019 Central European drought under global warming. In: *Scientific reports* 10 (1), S. 12207. DOI: 10.1038/s41598-020-68872-9.
- Herrmann, Frank; Chen, Shaoning; Kunkel, Ralf; Wendland, Frank (2014): Auswirkungen von Klimaveränderungen auf das nachhaltig bewirtschaftete Grundwasserdargebot und den Bodenwasserhaushalt in Nordrhein-Westfalen. Klimaänderungen und Grundwasserdargebot in NRW. Klimaänderungen und Grundwasserdargebot in NRW. Hg. v. Forschungszentrum Jülich GmbH. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Jülich. Online verfügbar unter https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/auswirkungen_klimaaenderungen_auf_grundwasserdargebot_und_bodenwasserhaushalt_nrw.pdf, zuletzt geprüft am 28.05.2021.
- Hydrologische Rohdaten Online (HYGON) (Hg.) (2021): Wasserstand des Pegels Olfen-Füchtelner Mühle im Jahre 2020. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <https://luadb.it.nrw.de/LUA/hygon/pegel.php?stationsname=Olfen-Fuecht.Muehle&yAchse=Standard&nachSuche=&hoehe=468&breite=724&progn=>

&jahr=2020&jahreswerte=ok&yAchse=Standard&meifocus=&neuname=, zuletzt geprüft am 28.05.2021.

Jaquet, Pierre (2021): Die Stever. Online verfügbar unter <https://www.ruhr-guide.de/freizeit/seen-und-fluesse/die-stever/10313,0,0.html>, zuletzt geprüft am 12.04.2021.

Kreisverwaltung Coesfeld (Hg.) (2021): Genehmigungen zur Wasserentnahme in Olfen. Persönliche Datenweitergabe. Unter Mitarbeit von Herrmann Mollenhauer und Sophie Hemsing.

Kruse, Philip; Sassen, Hannah; Greiving, Stefan; Steffens, Carina; Zickler, Leonie (2020): Workshop zur Validierung der Klimawirkungsketten im Projekt ANFO. Unter Mitarbeit von Bamminger, Brömmel, Hittscher, Labonte, Lohmann, Mollenhauer et al. TU Dortmund.

Landesdatenbank IT.NRW (Hg.) (2021): Statistik der öffentlichen Wasserversorgung 2016. Einwohner mit Anschluss öffentlicher Wasserversorgung und Wasserabgabe an Letztverbraucher. Düsseldorf. Online verfügbar unter <https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldbnrw/online?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1620748109857&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=32211-03iz&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf#abreadcrumb>.

Landesdatenbank NRW (2020): Kommunalprofil Olfen, Stadt, zuletzt geprüft am 25.03.2021.

LANUV (Hg.) (2019a): Klimafolgenmonitoring. 6.1 Waldbrandgefahr. Online verfügbar unter <https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/index.php?indikator=15&aufzu=6&mode=indi>, zuletzt geprüft am 28.05.2021.

LANUV (2019b): Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Evapotranspiration. Online verfügbar unter <https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/index.php?indikator=26&aufzu=2&mode=indi>, zuletzt geprüft am 22.04.2021.

LANUV (Hg.) (2021): Fachinformationssystem Klimaanpassung. Online verfügbar unter <http://www.klimaanpassung-karte.nrw.de/>, zuletzt geprüft am 28.05.2021.

LU B-W (2021): Klimawandel und Humusbildung. Hg. v. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/klimawandel-und-anpassung/humus>, zuletzt geprüft am 28.05.2021.

LWK NRW (2020): Kooperation Landwirtschaft und Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet der Stevertalsperre. Ein Bericht über die Ergebnisse der Beratung 2020. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. Coesfeld.

MULNV (2020): Waldzustandsbericht 2020. Bericht über den ökologischen Zustand des Waldes in Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/waldzustandsbericht_2020_langfassung.pdf, zuletzt geprüft am 14.04.2021.

MULNV (Hg.) (2021): Grundwassermesstellen. ELWAS-WEB. Stadt Olfen ID: 05558036. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter

<https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.jsf;jsessionid=5D3D8BB8E006FE276579FBC90F274ABE>, zuletzt geprüft am 28.05.2021.

PIK (2021): Klimafolgen Online. Hg. v. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. und WetterOnline Meteorologische Dienstleistungen GmbH. Potsdam. Online verfügbar unter klimafolgenonline.com, zuletzt geprüft am 28.05.2021.

Post, Isabel (2021): Die Stadt zwischen zu viel und zu wenig Wasser: Ein Konzept zum Umgang mit den Extremwetterereignissen Trockenheit und Starkregen. am Beispiel der Stadt Olfen (Masterarbeit).

Prinz, Helmut; Strauß, Roland (2011): Ingenieurgeologie. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. Online verfügbar unter <http://link.springer.com/10.1007/978-3-8274-2473-0>, zuletzt geprüft am 06.05.2021.

Sassen, Hannah; Wright, Juliane; Greiving, Stefan (2021a): Workshop zur Validierung der Klimawirkungsanalyse Landwirtschaft im Projekt ANFO. TU Dortmund.

Sassen, Hannah; Wright, Juliane; Greiving, Stefan (2021b): Workshop zur Validierung der Klimawirkungsanalyse Wasserwirtschaft im Projekt ANFO. TU Dortmund.

Scheffer, Fritz; Schachtschabel, Paul; Blume, Hans-Peter (2016): Soil science. 1. ed. Berlin: Springer.

Schwertmann, Udo; Vogl, Wilhelm; Kainz, Maximilian (1987): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Stuttgart: Ulmer.

Sinn, Günter (2003): Baumstatik. Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen an Straßen, in Parks und der freien Landschaft ; biologische Aspekte und eine Einführung in die Baumstatik unter besonderer Berücksichtigung der Neigungs- und Dehnungsmessverfahren. Braunschweig: Thalacker Medien.

Stadt Offenbach (Hg.) (2020): Leitfaden Risse in Gebäuden. Für Hauseigentümer zur Beurteilung von Rissen in und an Gebäuden. Amt für Umwelt, Energie und Klimaschutz Amt für Stadtplanung, Verkehrs- und Baumanagement. Offenbach am Main. Online verfügbar unter https://www.offenbach.de/medien/bindata/of/Umwelt_Klima/OF_Leitfaden_Risse_in_Gebaeuden.pdf.

Stadt Olfen (2018): Wasserversorgungskonzept der Stadt Olfen für die Jahre 2018 bis 2023. Erste Aufstellung. Hg. v. Stadt Olfen. Online verfügbar unter https://www.olfen.de/fileadmin/templates/olfen/PDFs/Bauamt/2018-04-05_WVK_Stadt_Olfen_Endfassung_ergaenzt_2019-02-06.pdf.

UBA (2020): Siedlungs- und Verkehrsfläche. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke->, zuletzt geprüft am 10.02.2021.

Wechsung, Frank; Gerstengarbe, Friedrich-Wilhelm; Lasch, Petra; Lüttger, Andrea (2008): Die Ertragsfähigkeit ostdeutscher Ackerflächen unter Klimawandel. Potsdam. Online verfügbar unter <https://www.pik-potsdam.de/en/output/publications/pikreports/.files/pr112.pdf>.

wetterkontor (Hg.) (2021): Monats- und Jahreswerte für Coesfeld. Online verfügbar unter <https://www.wetterkontor.de/wetter-rueckblick/monats-und-jahreswerte.asp?id=H119&jr0=2020&jr1=2020&mo0=6&mo1=8>.

Wielens, Ingrid (2021): Niedrige Wasserstände. Gelsenwasser fordert Strategie für Dürrezeiten. In: *Ruhrnachrichten*, 14.06.2021. Online verfügbar unter <https://www.ruhrnachrichten.de/haltern/niedrige-grundwasserstaende-gelsenwasser-fordert-strategie-fuer-duerrezeiten-1642133.html>, zuletzt geprüft am 18.06.2021.

Wright, Juliane; Sassen, Hannah; Greiving, Stefan (2021a): Workshop zur Validierung der Klimawirkungsanalyse Forstwirtschaft im Projekt ANFO. TU Dortmund.

Wright, Juliane; Sassen, Hannah; Greiving, Stefan (2021b): Workshop zur Validierung der Klimawirkungsanalyse Siedlungsentwicklung im Projekt ANFO. TU Dortmund.

Zuz, Niklas (2021): Anfragen aus ANFO Projekt, 01.06.2021. Mail an Hannah Sassen.