

Verwundbarkeitsuntersuchung für den Gemeindeverband Mittleres Schussental

Anhang B: Ausführliche Methodik sowie detaillierte Ergebnisse der
Betroffenheitsanalysen



August 2023

im Auftrag des Gemeindeverbandes
Mittleres Schussental



Gemeindeverband
Mittleres
Schussental

Inhaltsverzeichnis

1. Ergänzende Informationen zum beobachteten und erwarteten Klimawandel im GMS	1
2. Ergänzende Informationen zu erwartbaren Auswirkungen des Klimawandels	3
2.1 Erwartbare Auswirkungen des Klimawandels auf Böden	3
2.2 Erwartbare Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt.....	6
2.3 Erwartbare Auswirkungen des Klimawandels auf den die Landwirtschaft.....	9
3. Methodik der Betroffenheitsanalysen.....	12
3.1 Handlungsfeld Menschliche Gesundheit und Risikvorsorge und Bauen, Wohnen, Freiraum- und Siedlungsentwicklung	12
3.2 Handlungsfeld Boden und Bodenschutz	12
3.3 Handlungsfeld Wasser und Wasserhaushalt.....	15
3.4 Handlungsfeld Ökologie und Biodiversität.....	17
3.4.1 Potenzielle Betroffenheit von Biotopen und Lebensräumen	17
3.4.2 Potenzielle Betroffenheit von Pflanzenarten	19
3.4.3 Potenzielle Betroffenheit von Tierarten	24
3.4.4 Potenzielle Betroffenheit des Schutzzwecks von Natura 2000-Gebieten und Naturschutzgebieten	29
3.5 Handlungsfeld Landwirtschaft.....	37
3.6 Handlungsfeld Wald- und Forstwirtschaft	43
4. Literaturverzeichnis	45
5. Abbildungsverzeichnis.....	48
6. Tabellenverzeichnis	49

1. Ergänzende Informationen zum beobachteten und erwarteten Klimawandel im GMS

Tabelle 1: Für das verwendete Modellensemble verfügbare Ensemblemitglieder (Modellkombinationen) und Szenarien (Historical, RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5). GCM bzw. RCM = Globales bzw. Regionales Klimamodell (Global / Regional Climate Model)

	GCM	RCM	Historical	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5
1	CanESM2	CCLM	✓	×	×	✓
2	EC-EARTH	CCLM	✓	✓	✓	✓
3	EC-EARTH	RACMO22E	✓	✓	✓	✓
4	EC-EARTH	RACMO22E	✓	×	✓	✓
5	EC-EARTH	RCA4	✓	✓	✓	✓
6	IPSL-CM5A	RCA4	✓	×	✓	✓
7	MIROC5	CCLM	✓	✓	×	×
8	MIROC5	REMO2015	✓	×	×	✓
9	HadGEM2-ES	WETTREG2013	✓	×	×	✓
10	HadGEM2-ES	CCLM	✓	×	✓	✓
11	HadGEM2-ES	RACMO22E	✓	✓	✓	✓
12	HadGEM2-ES	STARS3	✓	✓	×	×
13	HadGEM2-ES	RCA4	✓	✓	✓	✓
14	MPI-ESM	WETTREG2013	✓	✓	×	×
15	MPI-ESM	CCLM	✓	×	✓	✓
16	MPI-ESM	REMO2009	✓	✓	✓	✓
17	MPI-ESM	REMO2009	✓	✓	✓	✓
18	MPI-ESM	STARS3	✓	✓	×	×
19	MPI-ESM	RCA4	✓	✓	✓	✓

(Quelle: GEO-NET 2022)

Tabelle 2: Bewertung der statistischen Signifikanz anhand des Trend-/Rauschverhältnisses

Trend- / Rauschverhältnis	Bewertung
$\geq 2,0$	sehr stark zunehmend
$\geq 1,5$ und $< 2,0$	stark zunehmend
$\geq 1,0$ und $< 1,5$	schwach zunehmend
$< 1,0$ und $> -1,0$	kein Trend
$\leq -1,0$ und $> -1,5$	schwach abnehmend
$\leq -1,5$ und $> -2,0$	stark abnehmend
$\leq -2,0$	sehr stark abnehmend

(Quelle: GEO-NET 2022)

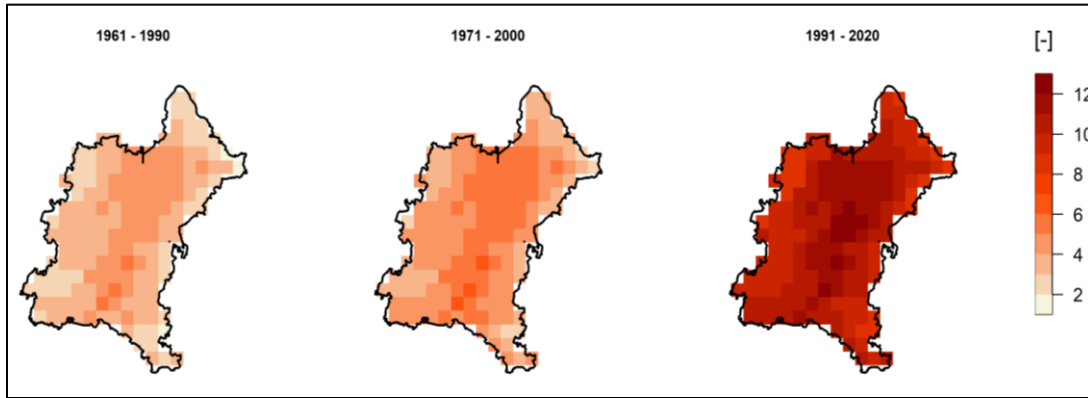


Abbildung 1: Räumliche Verteilung der Anzahl Heißer Tage im GMS für verschiedene Klimaperioden (Quelle: nach DWD 2020b)

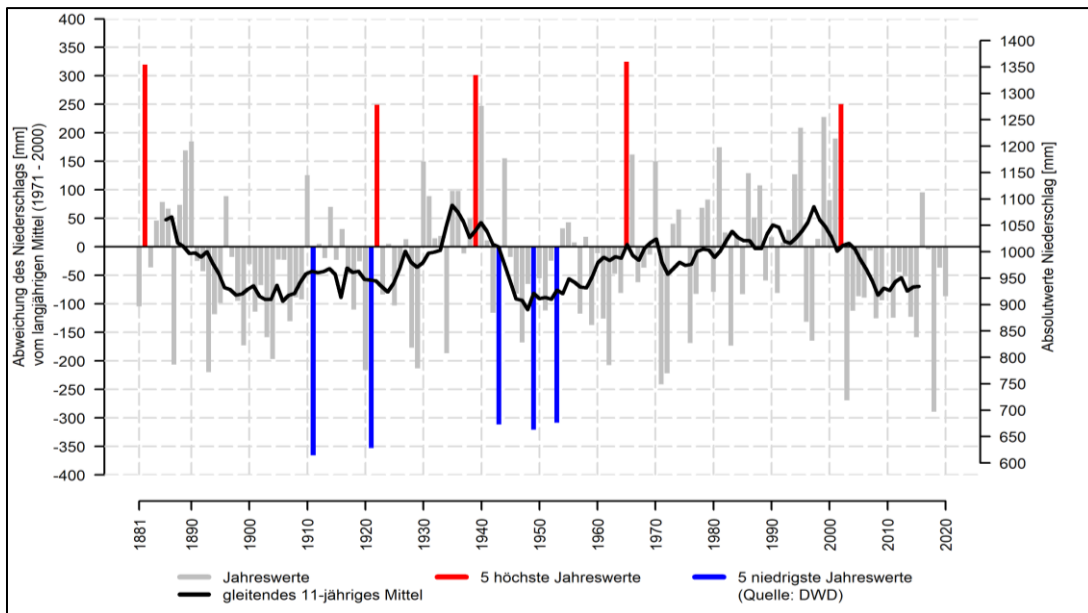


Abbildung 2: Entwicklung des Niederschlags im GMS (Quelle: nach DWD 2020b)

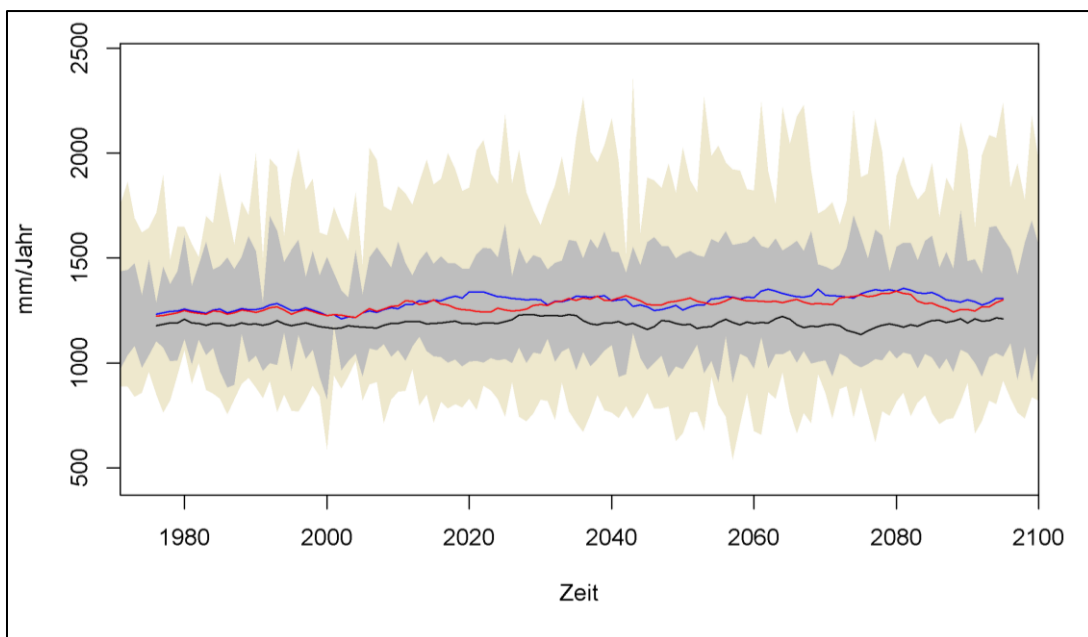


Abbildung 3: Zeitlicher Trend der jährlichen mittleren Niederschlagssummen im GMS (alle RCP-Szenarien) (Quelle: GEO-NET 2022)

2. Ergänzende Informationen zu erwartbaren Auswirkungen des Klimawandels

2.1 Erwartbare Auswirkungen des Klimawandels auf Böden

Die Folgen des Klimawandels im Handlungsfeld Boden werden sich voraussichtlich auf die **Pedogenese** und auf die **Bodenfunktionen** innerhalb der Ökosysteme des Gemeindeverbands Mittleres Schussental auswirken (DGB 2011). Die im Haupttext (Kapitel 3.4) angesprochenen klimawandelbedingten Beeinflussungen der Bodeneigenschaften und weitere Aspekte werden in Tabelle 3 zusammengefasst. Die betrachteten Einflussfaktoren wurden um den Aspekt Starkniederschlag ergänzt, welcher im Handlungsfeld Wasser und Wasserwirtschaft aufgegriffen wird.

Tabelle 3: Klimawandelbedingte Einflüsse auf Bodeneigenschaften und Bodenprozesse

BODENEIGENSCHAFT / PROZESS	BEEINFLUSSENDER KLIMAFAKTOR <i>(+: positiv bewertete Folgen; -: negativ bewertete Folgen)</i>		
	Temperatur	Trockenphasen	Starkregenereignisse
biologische Aktivität	(+) Stimulation des Bodenlebens sowie Beschleunigung der Stoffumsätze (-) übersteigt die Respiration die Photosyntheseleistung, kommt es zu Verlust an organisch gebundenem Kohlenstoff im Boden	(-) Minderung der Bodenflora und -fauna (-) Hemmung der Stoffumsetzungsprozesse	(-) Minderung der biologischen Aktivität (häufigkeitsabhängig)
organische Bodensubstanz	(-) geringere Produktion von Ernte- und Wurzelrückständen durch Ertragsrückgang führt zu einem abnehmenden Humusgehalt	(+) Akkumulation von Kohlenstoff möglich	(-) erhöhte Erodierbarkeit (-) Verschlechterung der Humusqualität
Bodenstruktur	(+) Reduzierung des Verdichtungsrisikos durch Bewirtschaftung unter trockeneren Bodenbedingungen (-) Gefahr einer höheren Verdichtung durch Verlust an organischer Bodensubstanz	(-) Schrumpfung, Risse, geringere Makroporosität (Kapillarporen)	(-) Neigung zu Verschläm- mung und Verdichtung (-) reduzierte Bearbeit- barkeit
Bodenwasser und Gebietswasserbilanz	(-) unproduktive Evaporation (-) verminderte Speicherung von pflanzenverfügbarem Bodenwasser infolge erwärmungsbedingten Humusabbaus (-) Verringerung der nutzbaren Grundwasservorräte	(-) reduzierter Bodenwasser- gehalt	(-)zeitweiser Überschuss an Bodenwasser (Auswa- schungsgefährdung)

(Quelle: HHP 2022, verändert nach Schaller und Weigel 2007)

Eine Veränderung der **natürlichen Bodenfunktionen** sowie Auswirkungen auf die **Produktionsfunktion** von Böden sind auch für das Handlungsfeld Landwirtschaft von Bedeutung. Entsprechende Wechselwirkungen werden im Kapitel 3.5 des Anhangs näher betrachtet.

Im GMS konnten bereits in der Vergangenheit signifikante Veränderungen von Bodenklimaparametern (Evapotranspiration, Bodentemperatur und -wasservorräte) festgestellt werden. Weitere Veränderungen dieser Parameter sind im Zuge des Klimawandels zu erwarten. Im Folgenden werden diese Parameter näher betrachtet.

Evapotranspiration

Bereits in der Vergangenheit (1991-2020) lässt sich für das Gebiet des GMS beobachten, dass die Verdunstungsraten (reale Evapotranspiration¹) häufig über dem Mittelwert der Zeitreihe liegen. Dies ist ein deutliches Zeichen dafür, dass sich der Wasserhaushalt im GMS-Gebiet in der Vergangenheit verändert hat und der Wasserverlust der Landflächen anwächst. Das Jahr 2019 zeigt den höchsten Wert der Evapotranspiration der vergangenen 30 Jahre (siehe Abbildung). In Zukunft wird sich dieser Trend durch die ansteigenden Lufttemperaturen im Gemeindeverband voraussichtlich weiter fortsetzen. Höhere Verdunstungsraten in niederschlagsarmen Perioden lassen immer schnellerer Austrocknungs-raten der Böden erwarten, welche sich in Folge auch zu ausgeprägten Dürren entwickeln können.

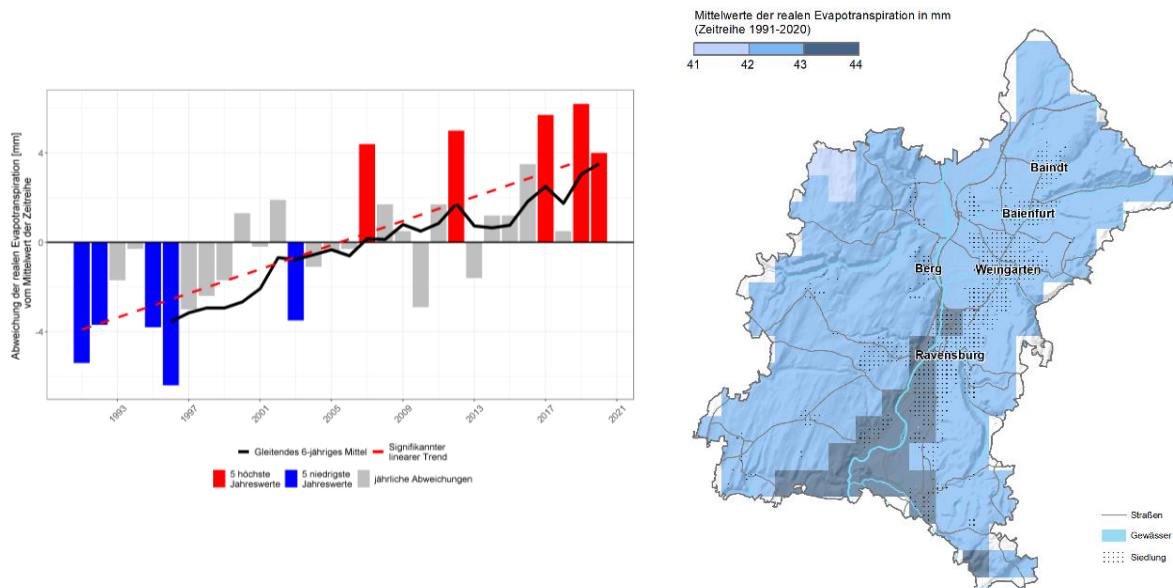


Abbildung 4: Abweichung der Jahreswerte der realen Evapotranspiration vom Mittelwert (links) und Mittelwerte der realen Evapotranspiration (rechts) der Zeitreihe 1991 bis 2020 im GMS (Quelle: HHP und GEO-NET 2022)

Bodentemperatur

Nicht nur die reale Evapotranspiration hat in der Vergangenheit im GMS-Gebiet zugenommen, sondern auch die Bodentemperatur in 5 cm Tiefe. Auch hier zeigt sich in der Zeitreihe 1991 bis 2020 ein signifikanter Anstieg der Abweichung der Jahreswerte gegenüber dem Mittelwert der Bodentemperatur. Der höchste Jahreswert lag im Jahr 2018 vor, der niedrigste im Jahr 1996 (siehe Abbildung 5, rechts). Der Trend der Zunahme der Bodentemperatur im Jahresmittel kann zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode führen. Eine Erhöhung der Evapotranspiration kann direkt durch den Temperaturanstieg selbst erfolgen, so wie indirekt auch durch die sich ebenfalls verlängernde Vegetationsperiode. Außerdem können höhere Bodentemperaturen im GMS-Gebiet zu einer stärkeren Aktivität von Mikroorganismen führen und somit zu schnelleren chemischen Ab- und Umbauprozessen. Bewegt sich die Temperatur des Bodens im Bereich zwischen 6 und 30°C, nimmt die Leistung der Mikroorganismen mit steigenden Temperaturen zu. Liegen die Bodentemperaturen über 32°C im Wurzelraum, dann steigen mikrobiellen Prozesse weiter an, aber die Nitratbildung nimmt ab und es können erste Schäden an

¹ «Die Evapotranspiration ist die Gesamtverdunstung von einer natürlich bewachsenen Bodenoberfläche. Sie setzt sich aus der Evaporation (Boden) und der Transpiration (Pflanze) zusammen. [...] Die potentielle Evapotranspiration (nachfolgend „Potentielle Verdunstung“ genannt) ist die Wassermenge, die von einem Pflanzenbestand bei ausreichender Nährstoff- und optimaler Wasserversorgung maximal an die Atmosphäre abgegeben wird. Die reale Evapotranspiration (nachfolgend „Reale Verdunstung“ genannt) ist die Wassermenge, die von einem Pflanzenbestand unter natürlichen Bedingungen an die Atmosphäre abgegeben wird.“ (Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD) 2022)

Gefäßpflanzen auftreten. Ab Bodentemperaturen von über 40°C nehmen mikrobielle Zersetzungsprozesse ab, da nicht hitzeresistente Mikroorganismen absterben. Aufgrund der in Zukunft steigenden Anzahl von Heißen Tagen im GMS, werden in den oberen 25 bis 50 cm tiefen Bodenschichten häufiger als bisher hohe Bodentemperaturen auftreten und das Bodenleben beeinflussen. Inwiefern die Veränderung der Tätigkeit von Mikroorganismen den Humusgehalt von Böden tatsächlich beeinflusst ist noch weitgehend ungeklärt (Höke et al. 2011).

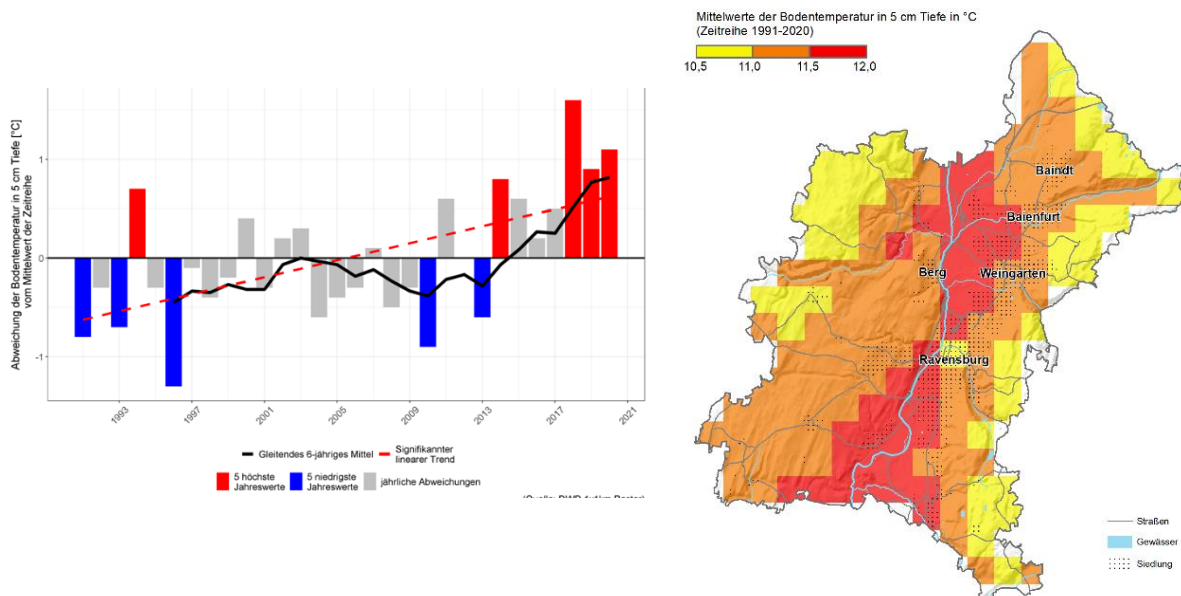


Abbildung 5: Abweichung der Jahreswerte Bodentemperatur in 5cm Tiefe vom Mittelwert (links) und Mittelwerte Bodentemperatur in 5cm Tiefe (rechts) der Zeitreihe 1991 bis 2020 im GMS. (Quelle: HHP und GEO-NET 2022)

Bodenfeuchte

Seit 1991 haben sich Bodenwasserverhältnisse weiter verändert. Die Abbildung 6 (links) verdeutlicht, dass in den vergangenen 30 Jahren die Saisonmittelwerte der Bodenfeuchte (nFK) gesunken sind. Der historisch stärkste Einbruch der Bodenfeuchte wurde in der Sommersaison im Trockenjahr 2003 erreicht, hier ging der Wert der nutzbare Feldkapazität (nFK) im Vergleich zum langjährigen Mittel der Zeitreihe um ca. 38 % zurück. Weitere starke Rückgänge der Bodenfeuchte im Mittleren SchusSENTal konzentrieren sich auf die Sommersaisons der Jahre 2015, 2018 und 2019 (Abbildung 6, links). Die räumliche Verteilung der Mittelwerte der Bodenfeuchte der Zeitreihe 1991 bis 2020 zeigen, dass im gesamten SchusSENTal die mittlere Bodenfeuchte zwischen 92 und 96 % lag und somit grundsätzlich eine gute Wasserverfügbarkeit für Pflanzen bestand. In den Naturräumen des Rinkenburger Hügellands und der Nordwestlichen und Nordöstlichen Schussenbeckenrandterassen lagen in der Vergangenheit durchschnittlich etwas höhere Wasserverfügbarkeiten vor als im Schussenbecken (Abbildung 6, rechts). Eine ausreichende Feuchte ist besonders für die Funktionsfähigkeit der Böden hinsichtlich ackerbaulicher Bewirtschaftung, sowie als Lebensraum für Mikroorganismen und Tieren wichtig (Billen und Stahr 2013).

Eine hohe Bodenfeuchte im Winterhalbjahr in Kombination mit einer deutlichen Reduktion der Frosttage kann zukünftig im Mittleren SchusSENTal zu Beeinträchtigungen der Befahrbarkeit von Böden bei wald-, land- oder bauwirtschaftlichen Tätigkeiten führen. Außerdem kann mit der prognostizierten Abnahme der Anzahl von Frosttagen auch eine Reduktion der bodenstrukturfördernden Frostgare² einher

² Die Frostgare ist eine Bezeichnung für eine besonders feinkörnige und lockere Bodenstruktur, die durch Frosteinwirkung entsteht und in der Pflanzen gut gedeihen.

gehen. Die Wahl des richtigen Zeitpunktes für Bodenbearbeitung sollte demnach in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte getroffen werden (Billen und Stahr 2013).

Eine geringe Bodenfeuchte bedeutet für die Landwirtschaft, dass Nährstoffe im Boden für die Pflanzen schlechter verfügbar sind und die Anfälligkeit gegenüber Winderosion zunimmt (Schaller und Weigel 2007).

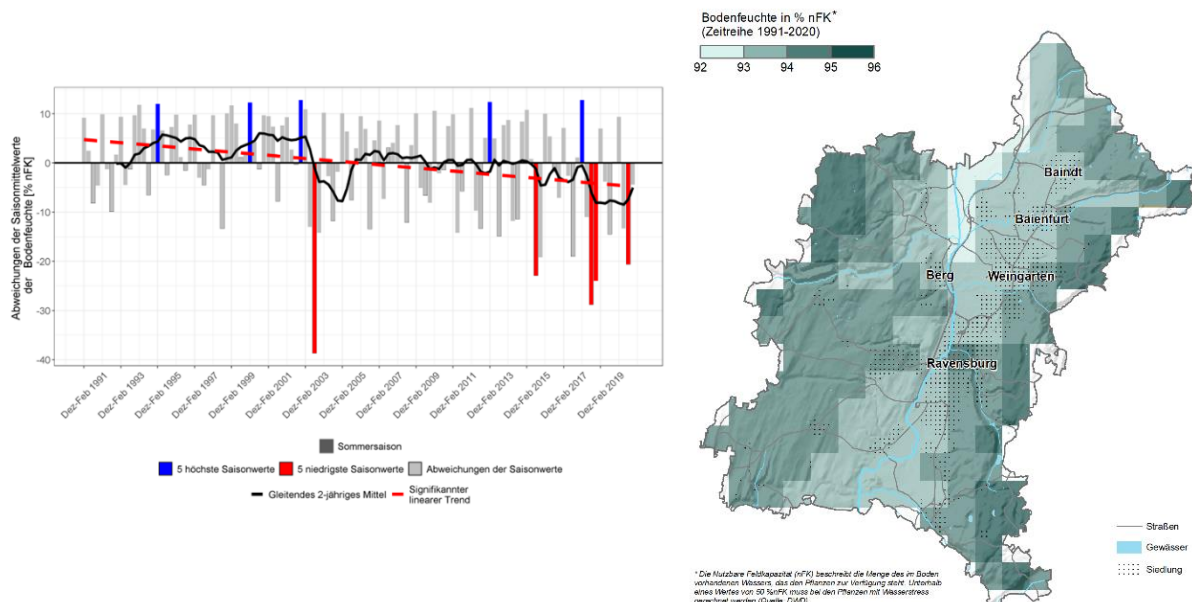


Abbildung 6: Saisonale Abweichung der Bodenfeuchte vom Mittelwert der Zeitreihe DJF 1991 – SON 2020 (links) und Mittelwerte der Bodenfeuchte in der Zeitreihe 1991-2020 (rechts) (Quelle: HHP und GEO-NET 2022)

2.2 Erwartbare Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt

In Folge eines veränderten Niederschlagsregimes aufgrund des Klimawandels kann es im GMS zu Veränderungen des Wasserhaushalts und Beeinträchtigungen für Mensch und Natur durch ein zu viel, oder ein zu wenig an Wasser kommen. Mögliche Auswirkungen können ein Anstieg der lokalen **Hochwassergefahr**, das steigende Risiko für langanhaltende **Niedrigwasserperioden**, ein Anstieg der Dauer und Intensität von **Trocken- und Hitzeperioden**, ein Gefahrenanstieg für **Sturzflutereignisse** sowie Veränderungen der **klimatischen Wasserbilanz** im Ganzen sein. Im Folgenden werden die Aspekte Grundwasserneubildungsrate, Hochwasser, Sturzflutgefährdung sowie das Eintragsrisiko für Schlamm und Schadstoffe in Fließgewässer bei Starkregenereignissen sowie Risiken für Niedrigwasser der Fließgewässer im GMS-Gebiet betrachtet.

Grundwasserneubildungsrate

Die Grundlage für die natürliche Regenerationsfähigkeit des Grundwassers bildet die Grundwasserneubildungsrate aus Niederschlägen. Sie stellt die verbleibende Niederschlagshöhe nach Abzug der tatsächlichen Verdunstung und der Oberflächenabflüsse dar, welche die Speisung des Grundwassers über Versickerungsprozesse zur Folge hat. Die Grundwasserneubildung wird durch die lokalklimatischen Verhältnisse (v.a. die Verdunstung) sowie durch die hydrogeologischen Eigenschaften des Grundwasserkörpers (Speichervolumen, hydraulische Kennwerte, räumliche Ausdehnung des Grundwasserleiters) maßgeblich beeinflusst (Steinmetz et al. 2013). Die mittlere jährliche Grundwasserneubildung im GMS-Gebiet im Zeitraum 1981-2010 betrug durchschnittlich 215 mm pro Jahr. In der Periode der letzten 30 Jahre (1991-2020) fiel die mittlere jährliche Grundwasserneubildung mit 152 mm pro Jahr um circa 30% geringer aus.

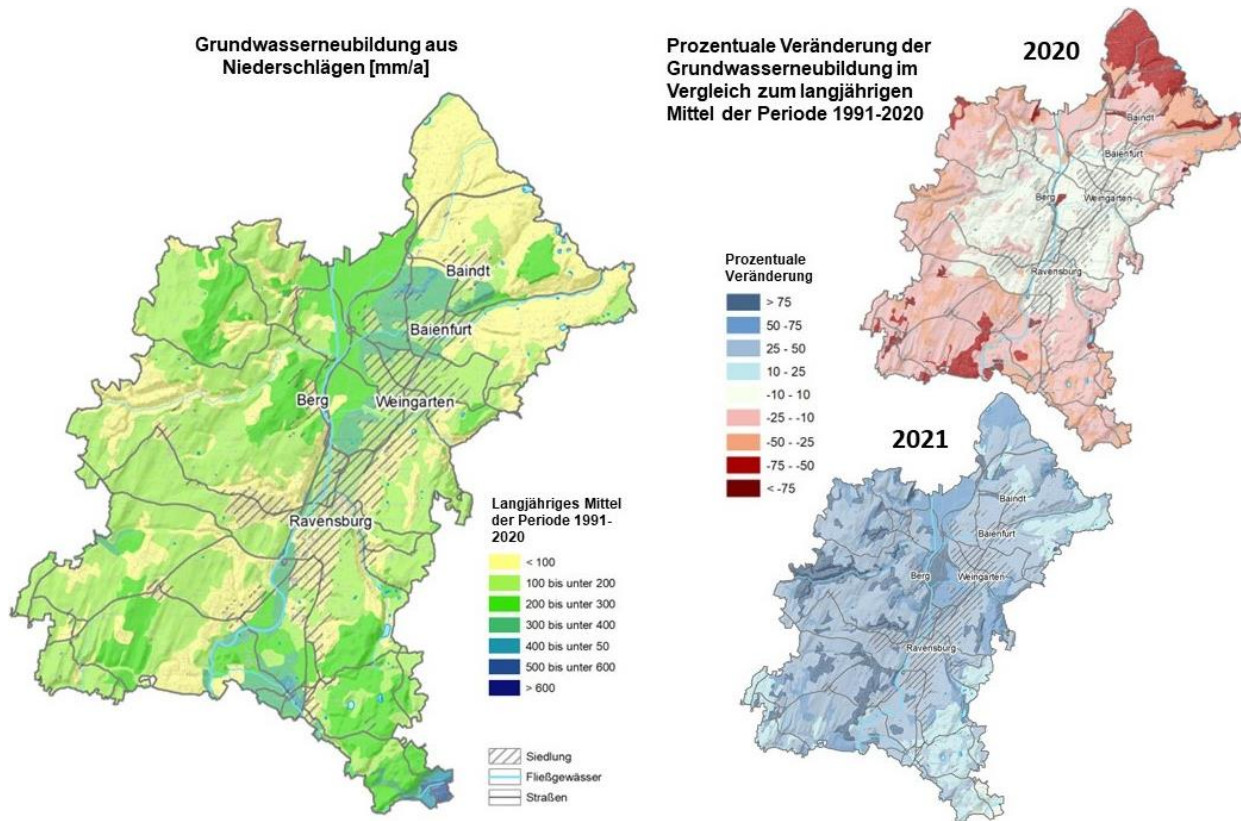


Abbildung 7: Mittlere Grundwasserneubildungsrate aus Niederschlägen für die Periode 1991-2020 (links) und Veränderungen der Jahre 2020 und 2021 im Vergleich zum langjährigen Mittel (rechts) (Quelle: HHP 2022)

Im zeitlichen Verlauf variieren die Grundwasserneubildungsraten im GMS von Jahr zu Jahr. Beispielhaft zeigt die Abbildung 7 wie die aktuelleren Einzeljahre 2020 und 2021 vom langjährigen Mittel der vergangenen rund dreißig Jahre abweichen. Aufgrund der hohen Dynamik der Grundwasserneubildung einzelner Jahre können Aussagen zur Entwicklung der Grundwasserneubildungsrate nur mithilfe der Betrachtung vieljährige Mittelwerte getroffen werden. Der GMS verfügt über Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlägen, die im Vergleich zur umliegenden Landschaft, relativ hoch sind (siehe Abbildung 7). Weite Bereiche der Moränenhügellandschaft der Schussen-Randterrassen, die Bereiche mit glazialen Beckensedimenten der Schussen-Niederung sowie die Schussen-Aue mit fluviatilen Ablagerungen zeigen im langjährigen Mittel mittlere bis hohe Grundwasserneubildungsraten. Sehr hohe Grundwasserneubildungsraten mit über 400 mm pro Jahr werden insbesondere auf dem Schwemmfächer der Wolfegger Ach in der Umgebung von Baienfurt, zwischen den Ortschaften Eschach sowie Oberzell im Süden von Ravensburg erreicht. Ganz im Südosten des Verbandsgebiets, östlich von Liebenau, liegen die Maximalwerte des gesamten GMS mit bis zu 600 mm pro Jahr. Die Ausnahme stellen die Wälder (insbesondere Altdorfer- und Adelsreuterwald sowie Schmalegger Tobel) und die Siedlungskörper im GMS dar. Hier liegt die Grundwasserneubildung unter 100 mm pro Jahr.

Für die Regeneration des Bodenwasserspeichers ist nicht nur die Menge des Niederschlags relevant, sondern auch der Zeitpunkt, an dem er fällt. Sommerniederschläge tragen aufgrund höherer Verdunstungsraten weniger zur Ausfüllung des Grundwassers bei als Winterniederschläge. Im GMS ist von einer Verschiebung der Niederschläge in das Winterhalbjahr auszugehen. Die Grundwasserneubildung wird erschwert, wenn Niederschläge im Anschluss an lange Trockenperioden fallen, da ausgetrocknete Böden eine geringe hydraulische Leitfähigkeit besitzen und es daher verstärkt zu Abflüssen an der Oberfläche kommt, anstatt zu Infiltration des Niederschlagwassers. Aufgrund der Veränderungen der klimawirksamen Parameter Niederschlag, Temperatur und tatsächliche Verdunstung hat der Klimawandel Auswirkungen auf die lokalen Grundwasserverhältnisse und -bedarfe durch Mensch und Natur.

Wasserhaushalt und Klimatische Wasserbilanz

Im GMS-Gebiet lässt sich aus den Modellierungen der Eintrittswahrscheinlichkeit für langanhaltende Trockenperioden kaum ein verlässlicher, statistischer Trend für die Zunahme von Trockenperioden mit Niederschlägen unter 1 mm an mehr als 15 aufeinanderfolgenden Tagen, nachweisen. Eindeutige Veränderungen der Trockenperioden auf das ganze Jahr gesehen lassen sich mit dem aktuellen Stand der Technik schwer modellieren und feststellen. Betrachtet man die klimawandelbedingten Veränderungen einzelner Monate bzw. Jahreshälften zeigt sich ein gänzlich anderes Bild. Hier lassen sich Aussagen für kurze Trockenperioden deutlich ableiten. Im GMS muss in Zukunft, vor allem im angenommenen Worst-Case Szenario klimatischer Veränderungen (RCP 8.5), in den Sommermonaten mit einer Zunahme der Trockenheit gerechnet werden (siehe dazu Kapitel 2.3 und Abbildung 11). Für weitere Aussagen zur Trockenheit können die Modellierungsergebnisse für die Schlüsselgröße klimatische Wasserbilanz (Niederschlag - Verdunstung) herangezogen werden. Wie in Tabelle 4 zu sehen, kann zukünftig für das GMS-Gebiet mit leichten Anstiegen der klimatischen Wasserbilanz, im 50. Perzentil für das Szenario mit mittleren (RCP 4.5) oder hohen (RCP 8.5) Strahlungsantrieben und Treibhausgaskonzentrationen, gerechnet werden. Lediglich im RCP-Szenario 2.6, mit der Annahme sehr geringer Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre, würde die Wasserbilanz im 50. Perzentil deutlich geringer ausfallen. Eine positive jährliche Wasserbilanz kann aber kein Garant für eine ganzjährig ausreichende Wasserversorgung sein, weil es zu einer Zunahme von interannuellen Schwankungen (mehr Grundwasserneubildung in den Wintermonaten; geringe Grundwasserneubildung in Sommermonaten) kommen kann.

Tabelle 4 : Langjährige jährliche Änderungen der klimatische Wasserbilanz [mm/Jahr] (Zukunft) im GMS

	Szenario	Änderungen im Zeitraum 2021-2050 gegenüber 1971-2000		
		P15	P50	P85
klimatische Wasserbilanz [mm/Jahr] (Niederschlag – potenzielle Verdunstung)	RCP 2.6	↓ -158,5	↓ -25,4	↑ 31,6
	RCP 4.5	↓ -40	↑ 34,8	↑ 58,2
	RCP 8.5	↓ -37,8	↑ 21,4	↑ 65,5

Quelle: HHP.raumentwicklung 2022

Dies verdeutlicht ebenfalls die Abbildung 8. Es wird klar, dass im GMS voraussichtlich besonders im Sommer die klimatische Wasserbilanz (Niederschlag - potenzielle Verdunstung) in Zukunft negativer ausfallen wird im Vergleich zum langjährigen Mittelwert von 1971 - 2000. Im Winter und Frühjahr wird sie dahingehen voraussichtlich positiver ausfallen. Insgesamt ist davon auszugehen, dass sich die Regenmengen innerhalb des Jahres verschieben werden und es im Sommer vermehrt zu Trockenheit kommen wird.

Letztlich zeigt auch die saisonale Betrachtung der Veränderungen der Länge von Hitzeperioden im Sommer, dass die Dauer von Hitzewellen über alle RCP-Szenarien hinweg zunehmen wird. Die selbige Beobachtung lässt sich für die Anzahl von Hitzewellen machen. Die Anzahl von Tagen mit Niederschlag im Sommer nimmt in allen Zeiträumen und allen RCP-Szenarien ab. Insgesamt lässt sich daraus folgern, dass es im GMS in Zukunft wahrscheinlich an weniger Tagen, dafür aber mehr regnen wird.

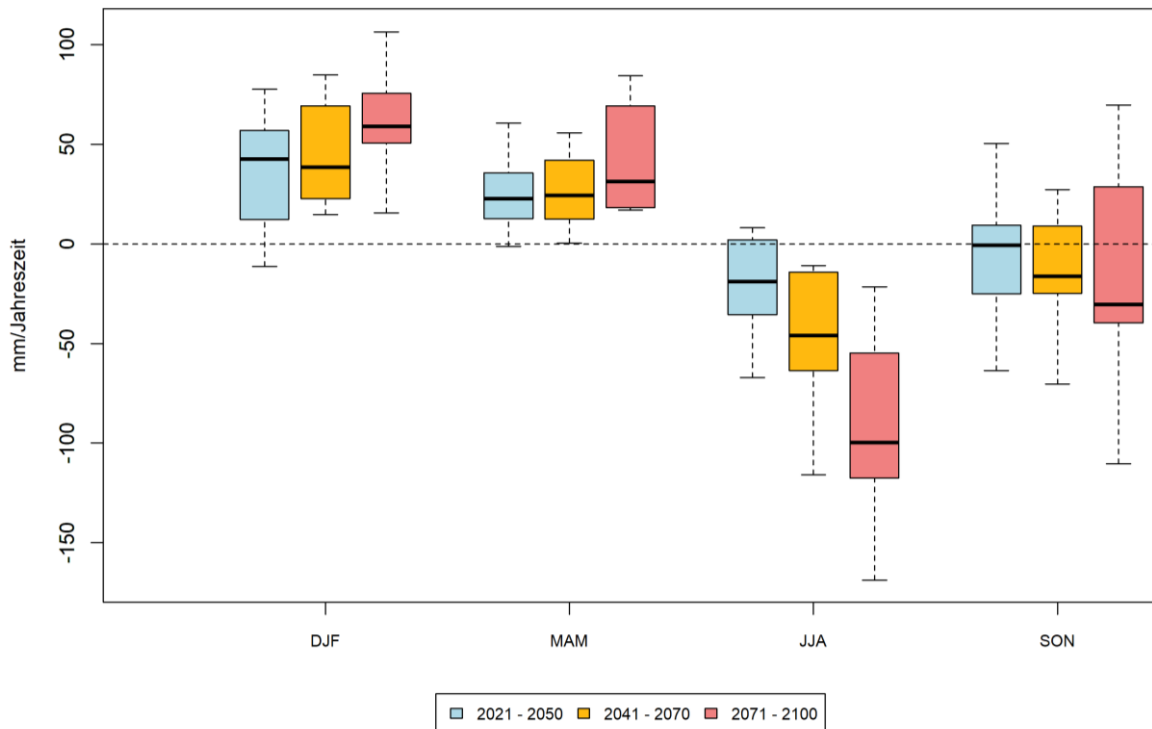


Abbildung 8: Prognose der langjährigen Änderung der Klimatischen Wasserbilanz im Szenario RCP 8.5 (Niederschlag – potenzielle Verdunstung) (Quelle: GEO-NET 2022)

2.3 Erwartbare Auswirkungen des Klimawandels auf den die Landwirtschaft

Auch die Landwirtschaft im GMS, mit ihren komplexen Anforderungen an Temperatur, Niederschlag und Bodenwasserhaushalt, ist von der Veränderung der klimawirksamen Parameter betroffen.

Frost

Aufgrund der Veränderungen durch den Klimawandels konnte bereits in der Vergangenheit ein deutlicher Rückgang der Frosttage für das Mittlere Schussental festgestellt werden (siehe Abbildung 9).

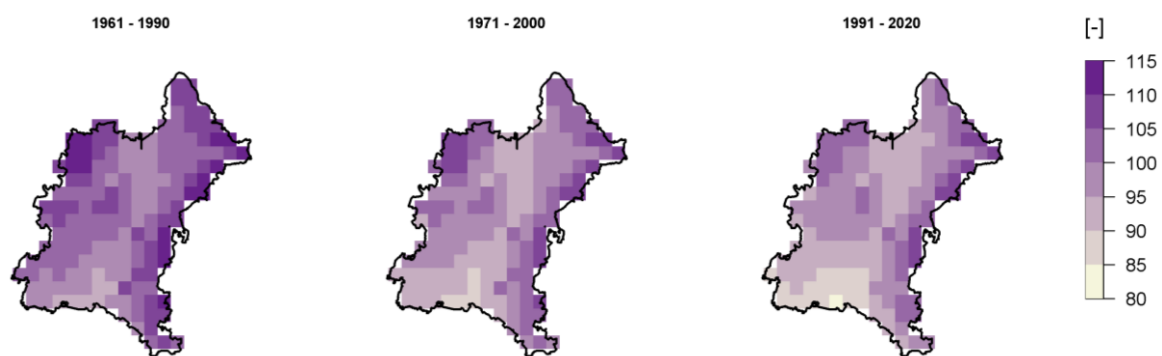


Abbildung 9: Entwicklung der Anzahl an Frosttagen seit 1961 im GMS (Quelle: GEO-NET 2022)

Auch die zukünftige Entwicklung zeigt einen starken und eindeutigen Trend. Für die Zukunftsperiode "nahe Zukunft" (2021-2050) schwankt das Änderungssignal des Medians der Anzahl der Frosttage zwischen -19,3 (RCP 2.6) und -27,3 (RCP 8.5). Die Anzahl der Frosttage wird sich demnach voraussichtlich weiter verringern und die frostbedingten Risiken für die Landwirtschaft nehmen in der jährlichen Betrachtung ab.

Dennoch kann nicht von einer absoluten Reduktion der Vulnerabilität ausgegangen werden, da für die Landwirtschaft nicht nur die absolute Anzahl der Frosttage eine Rolle spielt, sondern auch die Kälteresistenz der angebauten Kulturen. Aufgrund steigender Durchschnittstemperaturen kann sich die Kälteresistenz der angebauten Winterungen und Dauerkulturen verringern und dadurch der Schaden durch Früh- und Spätfröste steigen. Insgesamt bleiben Frostschutzmaßnahmen demnach trotzdem aktuell (Flaig 2013).

Abschließend sei darauf verwiesen, dass eine Verringerung der Frosttage in der Folge eine Veränderung der Dauer der Vegetationsperiode zur Folge hat. Stationsmessdaten zeigen, dass im Mittleren Schussental zwischen 1971 und 2000 die Vegetationszeit in der Pflanzen aktiv wachsen, durchschnittlich im Jahr 245 Tage andauerte. Die Vegetationsperiode³ wird sich aufgrund steigender Durchschnittstemperaturen im GMS in Zukunft voraussichtlich weiter verlängern. Im Klimawandelszenario RCP 8.5 könnte sich die Länge in der nahen Zukunft um ca. 18 Tage, in der fernen Zukunft um bis zu 47 Tage erhöhen. Für die Landwirtschaft im GMS bedeutet das, dass ein längeres Zeitfenster für die Produktion zur Verfügung steht und früher mit der Bodenbearbeitung und Aussaat begonnen werden kann. Ein negativer Aspekt einer verlängerten Vegetationsperiode ist aber auch, dass das Überwintern von Schädlingen erleichtert wird und deren Vorkommen begünstigt. In der Folge können auch Viruserkrankungen der Kulturpflanzen zunehmen, da viele Schädlinge als Virusvektoren fungieren.

Trockenperioden

Die ackerbauliche Landnutzung im GMS wird entscheidend von den klimawandelbedingten Veränderungen des Niederschlagsregimes und der Temperaturverhältnisse beeinflusst. **Niederschlag** und **Temperatur** stellen zwei wichtige klimatische Kenngrößen dar, die, wenn sie in Verhältnis zueinander gesetzt werden, Auskunft über die Wasserverfügbarkeit geben. Zur Berechnung des Verhältnisses dieser beiden Kenngrößen kann der **Trockenheitsindex nach „de Martonne“** herangezogen werden. Die Abbildung 10 (links) zeigt die historische Entwicklung des Trockenheitsindex, welcher in den vergangenen 50 Jahren im GMS-Gebiet von einem signifikanten Abwärtstrend gekennzeichnet ist. Ein abnehmender Trockenheitsindex steht hierbei für eine Abnahme der Wasserverfügbarkeit im Jahresmittel.

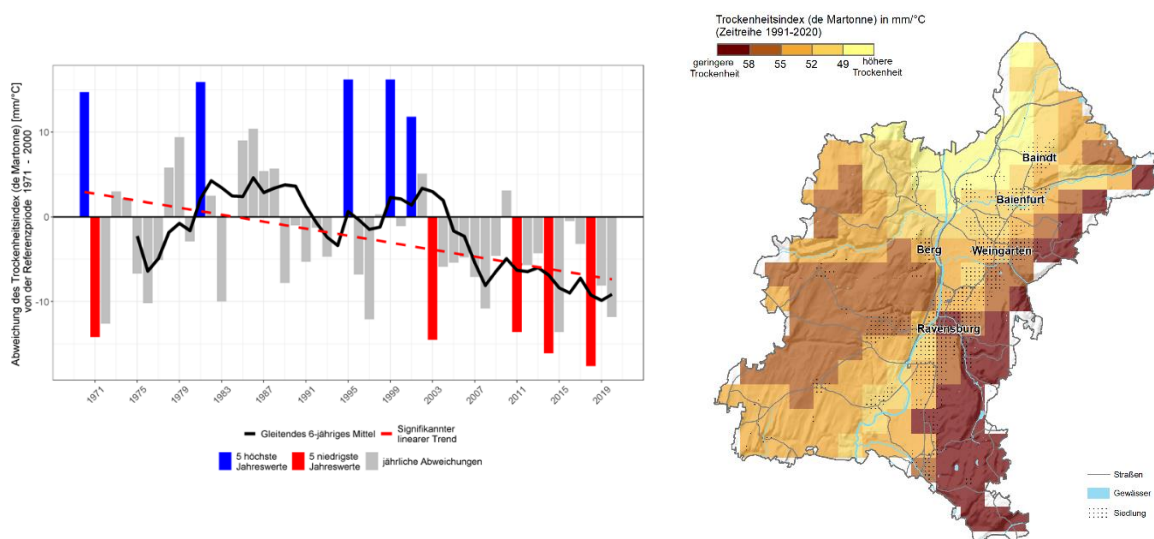


Abbildung 10: Abweichung des Trockenheitsindex (de Martonne) vom Mittelwert (links) und Mittelwerte des Trockenheitsindex (rechts) der Zeitreihe 1991 bis 2020 im GMS (Quelle: GEO-NET 2022)

Die räumliche Verteilung des Trockenheitsindex im Zeitraum 1991 bis 2020 ist zusätzlich in der Abbildung 10 dargestellt. Hierbei handelt es sich um den jährlichen Trockenheitsindex dieser Zeitperiode.

³ Beginn: erste 7 aufeinanderfolgende Tage > 5°C nach dem 15.02.; Ende: erster Frosttag nach 01.07.

Der Jahresgang des Trockenheitsindex unterscheidet sich von Monat zu Monat und folgt dem Verlauf der klimatischen Wasserbilanz. In den Monaten November bis März treten zumeist hohe Indexwerte (geringe Trockenzeiten) auf, die Monate April bis Oktober weisen geringere Werte auf und stellen damit die trockensten Monate, mit Extremwerten im September, dar (Müller-Westermeier 1999). Eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklungen der **Trockenperioden** im GMS-Gebiet zeigt, dass vor allem im Worst-Case Szenario in den Sommermonaten mit einer Zunahme der Trockenperioden und negativen klimatischen Wasserbilanzen gerechnet werden muss.

Für die Landwirtschaft stellt besonders die saisonale Verschiebung des Niederschlags innerhalb eines Jahres eine besondere Herausforderung dar. In Zukunft wird es voraussichtlich verstärkt in den Sommermonaten zu vermehrter Trockenheit aufgrund geringerer Niederschlagstage und längerer Hitzeperioden kommen (siehe Abbildung 11). Es ist anzunehmen, dass im Sommer weniger Niederschlagstage auftreten werden, diese aber höhere Niederschlagshöhen aufweisen werden und sich somit die Starkregenereignisse erhöhen. Dieser Starkregen kann insbesondere von ausgetrockneten Ackerböden nicht sehr gut aufgenommen werden und ein Großteil dieses Niederschlags fließt oberflächlich ab und verstärkt zusätzlich das Erosionsrisiko.

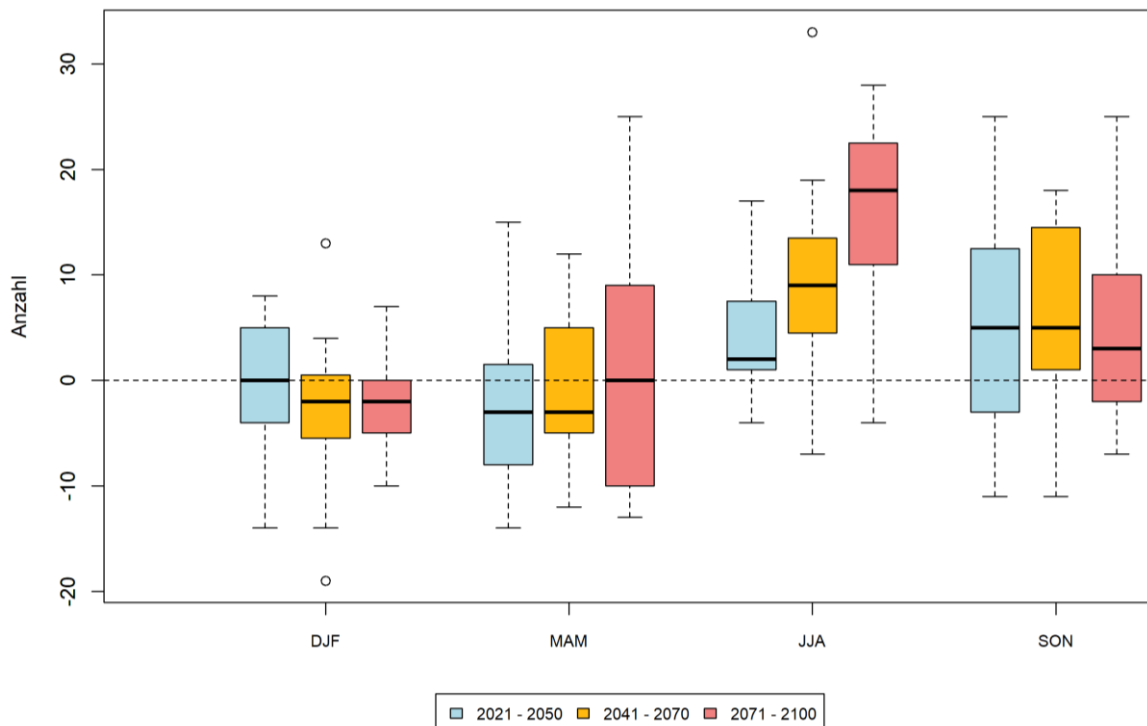


Abbildung 11: Prognose der langjährigen Änderung der kurzen Trockenperioden im Szenario RCP 8.5 (8 bis 14 aufeinanderfolgende Tage mit $N < 1\text{mm}$) (Quelle: GEO-NET 2022)

3. Methodik der Betroffenheitsanalysen

3.1 Handlungsfeld Menschliche Gesundheit und Risikovorsorge und Bauen, Wohnen, Freiraum- und Siedlungsentwicklung

Die Dokumentation der Methodik der Betroffenheitsanalyse dieser Handlungsfelder befindet sich im Anhang A – Technischer Bericht zur Stadtklimaanalyse.

3.2 Handlungsfeld Boden und Bodenschutz

Erfassung und Bewertung der potenziellen Betroffenheit gegenüber Wassererosion

Für die Erfassung und Berechnung der Bodenerosion gilt die Verwendung der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) nach Wischmeier und Smith (1978) als belastbares Analyseverfahren. Die ABAG fußt auf einer multifaktoriellen Berechnungsmethodik, welche den mittleren jährlichen Abtrag (A) pro Hektar und Jahr errechnet.

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Die Formel der ABAG⁴ enthält folgende Einzelfaktoren:

- den Regen- und Oberflächenabflussfaktor (R),
- den Boden-Erodierbarkeitsfaktor (K),
- den Hanglängenfaktor (L)
- den Hangneigungsfaktor (S)
- den Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor (C) und
- den Erosionsschutzfaktor (P).

Für die Analyse der Erosionsgefährdung im Gemeindeverband Mittleres Schussental wurde die potenziell natürliche Erosion herangezogen, welche weniger Faktoren als die ABAG enthält und die Erosionsneigung der Böden ohne die tatsächliche Landnutzung beurteilt. In die Ermittlung des mittleren jährlichen natürlichen Bodenabtrags (A_{nat}) pro Hektar und Jahr fließen dann nur der Regenerositätsfaktor (R-Faktor), die Erosivität der Böden (K-Faktor) sowie die Hangneigung (S-Faktor) mit ein (siehe May et al. 2016).

$$A_{nat} = R * K * S$$

Mithilfe dieses Vorgehens zeigen die Analyseergebnisse die Bodenerosionsgefahr, die ausschließlich auf den natürlichen Einflussgrößen beruht und durch menschliches Handeln nicht beeinflusst werden kann. Die Ergebnisse dienen somit als Grundlage, um daraus Schlussfolgerungen für eine angepasste Flächenbewirtschaftung ableiten zu können (Auerswald 1987). Die Verschneidung besonders erosionsgefährdeter Bereiche mit der aktuellen Landnutzung erfolgt im Rahmen der Betrachtung des Handlungsfeldes Landwirtschaft (siehe Kapitel 3.5).

Für den Gemeindeverband Mittleres Schussental konnten Daten des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) (Datenstand: 2021) genutzt werden. Aussagen sind mit dieser Datengrundlage für Acker- und Grünlandflächen sowie Sonderkulturen möglich (Landesamt für Geologie, Rohstoffsicherung und Bergbau (LGRB) 2015, 2019). Auf Empfehlung des LGRB wurde jedoch für den R-Faktor die radarbasierte Datengrundlage des Deutschen Wetterdienstes (DWD)⁵ verwendet. Diese Daten ge-

⁴ Die ABAG ist in den deutschen „Stand der Technik“ in Form der DIN 19708: „Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG“ (aktuelle Version 2017-08) eingegangen (Quelle: Beuth Verlag, www.beuth.de).

⁵ Ergänzender Hinweis zur Datenquelle: Fischer, Franziska K.; Winterrath, Tanja; Junghänel, Thomas; Walawender, Ewelina; Auerswald, Karl (2019): Mean annual precipitation erosivity (R factor) based on RADKLIM Version 2017.002, DOI: 10.5676/DWD/RADKLIM_Rfct_V2017.002

ben die Erosivität im Mittel der Jahre 2001 bis 2017 wieder (Zentraljahr 2009). Bei Abtragungsprognosen für aktuelle Landschaftsplanungen empfehlen Auerswald et al., (2019), diesen R-Faktor mit dem Wert 1,27 zu multiplizieren, um den R-Faktor für das Zentraljahr 2025 geltend zu machen und für Prognosen verwenden zu können. Nach dieser Anpassung liegt für den entstandenen R-Faktor eine Geltungsperiode von 2020 bis 2030 vor. Mithilfe des angepassten R-Faktors der Gegenwart, wurde die potenziell natürliche Erosionsgefährdung ($R \cdot K \cdot S$) im Gemeindeverband Mittleres Schussental berechnet.

Auf Basis des aktualisierten R-Faktors der Gegenwart wurden anschließend die Folgen des Klimawandels, gemäß des Leitfadens zur kommunalen Klimaanpassung in der Landschaftsplanung (siehe May et al. 2016) mittels einer erneuten Korrektur des R-Faktors berücksichtigt. Das Fachgutachten für das Handlungsfeld Boden der Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an den Klimawandel (Billen und Stahr 2013) hat hierfür einen Klimawandelanpassungsfaktor von 1,0694, für das Szenario der nahen Zukunft (2021 – 2050) im 50. Perzentil, ermittelt. Dies entspricht einer Zunahme der Erosivität der Niederschläge von 6,94 %. Der R-Faktor der Gegenwart wurde abschließend mit dem Klimawandelanpassungsfaktor multipliziert und daraufhin die potenziell natürliche Bodenerosion des Szenarios nahe Zukunft berechnet.

Ergänzend sei erwähnt, dass auch der Versuch unternommen wurde einen regionalen Klimawandelanpassungsfaktor zu ermitteln, um die Aussagekraft noch weiter zu spezifizieren. Dies erfolgte mittels einer Regressionsgleichung, welche einen funktionalen Zusammenhang aus dem aktuellen R-Faktor mit dem Produkt der Niederschlagsmengen und der Anzahl an Starkniederschlagstage, entsprechend der klimatischen Gegenwartsprojektion des 50. Perzentils, abbildet (siehe Billen und Stahr 2013, S. 93). Die Herleitung eines regionalen Klimawandelanpassungsfaktor mit den entsprechenden Anhängigkeitsexponenten und Anpassungsfaktoren waren nicht möglich, da die Werte des R-Faktors im Untersuchungsgebiet nur eine sehr geringe Varianz aufweisen. Für den R-Faktor liegen im GMS-Gebiet fast ausschließlich die Werte 93 und 98 vor. Die abgeleitete Regression (siehe Abbildung 12) weist ein Bestimmtheitsmaß von 0,3423 auf und erklärt die Varianz der abhängigen Variable somit nur zu ca. 34 %. Die Güte der Regression genügt demnach nicht, um auf dieser Basis einen regionalen Klimawandelanpassungsfaktor für die Korrektur des R-Faktors anzuwenden.

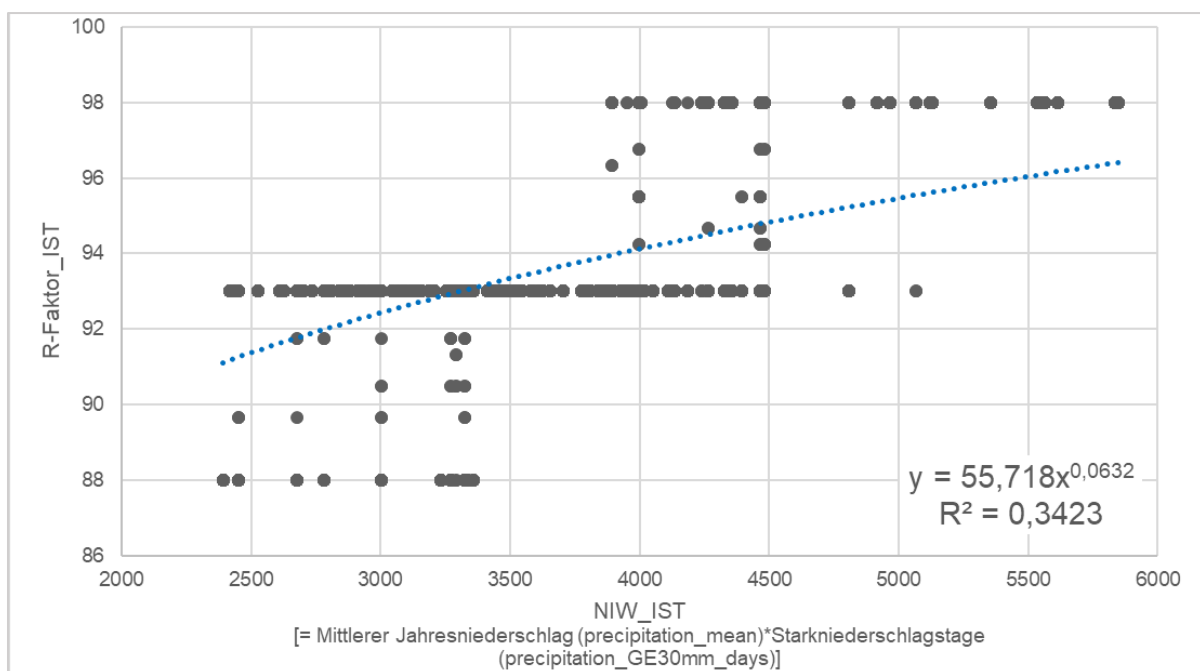


Abbildung 12: Regressionsgleichung der Anhängigkeit des R-Faktors (R_Faktor_IST) mit dem Niederschlagsintensitätswert (NIW_IST) im Gemeindeverband Mittleres Schussental (Quelle: GEO-NET 2022)

Potenzielle Betroffenheit der Eigenart des Bodentyps

Besonders wassergeprägte Bodentypen können im Zuge steigender Temperaturen und zunehmender Trockenheit empfindlich reagieren und ihre spezifische Eigenart verlieren, wenn durch die veränderten Klimaparameter bodenbildende Prozesse zu Veränderungen dieser Bodentypen führen. Die Klassifikation wassergeprägter Bodentypen wurde in Anlehnung an grund- und stauwassergeprägte Böden vorgenommen. Auf Basis der BK 50 wurden vorsorgeorientiert Bodentypen herausgestellt, die temporär sowie permanent feuchtegeprägt sind und in ihrer Eigenart besonders sensitiv gegenüber Klimawandelfolgen (insb. zunehmende Temperaturen und Trockenperioden) reagieren (Gleye, Pseudogleye, Auenböden, Nieder-, An- und Hochmoorböden). Die Abstufung der Beeinflussung durch Grund- und Stauwasser der jeweiligen Bodentypen erfolgte in Anlehnung an die Systematik von Schroeder, (1967).

Bodentyp	Aue	Pseudogley	Gley	Niedermoor	Hochmoor
Art der Einwirkung durch Wasser	mit großen Amplituden (in Flußtälern) und seltener Überflutung	temporär periodisch	mit kleiner Amplitude innerhalb des Solums ohne Überflutung	als nährstoffreiches Grundwasser oberhalb des Mineralboden	als nährstoffarmes Grundwasser im Humuskörper
Prägender Faktor	Grundwasser	Stauwasser	Grundwasser	Grundwasser	Grundwasser

Hydromorphie

Abbildung 13: Klassifikation hydromorphe Böden⁶ (Quelle: HHP 2022, in Anlehnung an Schroeder 1967)

Je ausgeprägter die Hydromorphie des Bodentyps, desto höher wird die Betroffenheit des Bodens bewertet (siehe Tabelle 5). Die Abstufung erfolgte anhand des folgenden Bewertungsschemas:

Tabelle 5: Bewertungsschema trockensensitiver Bodentypen und deren Sensitivität gegenüber dem Abbau von organischem Material und Beeinträchtigung des Bodentyps

Betroffenheit trockensensitiver Böden	Bodentyp
äußerst hoch	Niedermoor, Hochmoor aus Torf, Gley-Niedermoore
sehr hoch	Anmoorgley, Auengley, Quellengley, Braunerden-Gley, Gley, Nassgley,
hoch	Pseudogleye, Parabraunerde-Pseudogley, Pseudogley-Kolluvium, und Gley-Kolluvium
mittel	Brauner Auenboden und Auenbraunerde

(Quelle: HHP 2022)

⁶ „Als hydromorphe Boden im engeren Sinne werden konventionell nur solche Böden bezeichnet, deren Profilgepräge vorherrschend durch den Einfluss des Wassers, d. h. durch die Wirkung stagnierenden Wassers gestaltet ist“ (Schroeder 1967, S. 200).

3.3 Handlungsfeld Wasser und Wasserhaushalt

Erfassung und Bewertung potenziell hoch gefährdeter Sturzflutgebiete

Sturzflutereignisse an sich lassen sich nur sehr schwer vorhersagen. Jedoch konnten im Rahmen der Betroffenheitsanalyse Bereiche identifiziert werden, die aufgrund schnell zuströmenden Oberflächenwassers innerhalb eines Einzugsgebiets von Fließgewässern eine erhöhte Gefährdung für Sturzfluten aufweisen (May et al. 2016). Mithilfe des Leitfadens zur kommunalen Klimaanpassung in der Landschaftsplanung (siehe May et al. 2016) wurden in einem ersten Schritt die potenziell von Sturzfluten hoch betroffenen Basiseinzugsgebiete der Fließgewässer im GMS ermittelt. Eine hohe potenzielle Betroffenheit wird denjenigen Basiseinzugsgebieten zugeschrieben, die eine erhöhte Hangneigung bei gleichzeitig geringer Rauheit der Landschaftsoberfläche aufweisen, weil diese Faktoren die Sturzflutgefährdung maßgeblich beeinflussen. Je größer die Hangneigung und je geringer die Oberflächenrauheit der Landnutzung (beispielsweise versiegelte oder vegetationsarme Flächen), desto höher ist die Betroffenheit gegenüber Sturzfluten. Die Ableitung der Hangneigung erfolgte aus der Datengrundlage des DGM 1. Die Rauheit der Landnutzung wurde ermittelt, indem den verschiedenen Landnutzungstypen der DLM-Daten (2020), ergänzt um Baugebiete des Flächennutzungsplans (2021), entsprechende Rauheitsbeiwerte nach Manning zugeordnet wurden. Die Bewertung des Basiseinzugsgebiets wurde anhand des folgenden Bewertungsschemas durchgeführt:

Tabelle 6: Bewertungsschema zur potenziellen Betroffenheit von Basiseinzugsgebieten gegenüber Sturzfluten

Medianwert der Hangneigung ⁷	Median des Rauheitsbeiwerts von < 0,25
>=8%	hohe Betroffenheit
>= 6 bis > 8%	mittlere Betroffenheit

(Quelle: HHP 2022)

Alle anderen Basiseinzugsgebiete wurden mit einer geringen potenziellen Betroffenheit bewertet.

In einem zweiten Schritt wurde, in den potenziell mittleren und hoch betroffenen Basiseinzugsgebieten, die konkrete Lage der hoch sturzflutgefährdeten Flächen auf Basis der Geländetopografie ermittelt. Dies erfolgte anhand einer vergleichenden Geländeanalyse mittels des GIS-Tools „Topographic Position Index (TPI)“ (Software: SAGA GIS-Version 7.8.2). Die Ergebnisse der Geländeanalyse wurden mittels einer Klassifikation⁸ der TPI-Werte den entsprechenden Geländeformen Tallage und Unterhänge für das Untersuchungsgebiet zugeordnet. Diese zwei Geländeklassifikationen sind in der Karte D als sturzflutgefährdete Flächen dargestellt.

Als abschließender Hinweis für nachgelagerte Planungen und Klimaanpassungsmaßnahmen wurden Bereiche gekennzeichnet, in denen sturzflutgefährdete Flächen der potenziell hoch betroffenen Basiseinzugsgebiete in direkter Nachbarschaft (500 m) zu Siedlungsflächen liegen. Sie werden als Punkt-signatur *sturzflutgefährdete Bereiche nahe Siedlungsflächen* in der Karte D dargestellt.

⁷ Für das Gebiet des Gemeindeverband Mittleres Schussental wurde von dem empfohlenen Grenzwert der Hangneigung von >=9%, des Leitfadens zur kommunalen Klimaanpassung in der Landschaftsplanung (siehe May et al. 2016), abgewichen und niedrigere Werte gewählt. Der Grund dafür ist, dass in den jeweiligen Basiseinzugsgebieten lokal begrenzte und sehr steile Tobelstrukturen vorkommen können. Diese werden jedoch durch die Ermittlung eines Medianwerts der Hangneigung für das gesamte Basiseinzugsgebiet, aufgrund der glättenden methodischen Vorgehensweise, unterrepräsentiert. Aufgrund dieser Tatsache wurden konservativere Grenzwerte gewählt und eine dreistufige anstatt einer zweistufigen Bewertung der potenziell betroffenen Basiseinzugsgebiete vorgenommen. Damit wird eine differenziertere Analysegrundlage für nachgelagerte Klimaanpassungsmaßnahmen geschaffen und die lokalen Besonderheiten des Untersuchungsgebiets berücksichtigt.

⁸ Die Klassifikation der TPI-Werte ist dem Leitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in der Landschaftsplanung (siehe May et al. 2016) zu entnehmen.

Bewertung des Eintragsrisikos für Schlamm und Schadstoffe in Fließgewässer bei Starkregen

Für das Untersuchungsgebiet wurde das Eintragsrisiko für Schlamm in Fließgewässer anhand der Bodenerosionsgefährdung der Acker- und Rebflächen mit einer Hangneigung >3% (LGRB 2019) und den Abflussbahnen bei Starkregen außerhalb der Siedlungen und oberhalb der Vorfluter (LGRB 2019) ermittelt. Dies erfolgte unter Berücksichtigung der Erläuterung der Bodenerosionsgefährdung für das Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg (Landesamt für Geologie, Rohstoffsicherung und Bergbau (LGRB) 2019). Das Risiko für Materialeinträge in Fließgewässer ist gegeben, wenn Abflussbahnen durch eine Bodenerosionsfläche führen und in ein Fließgewässer münden. Bei einem Starkregenereignis kann Bodenmaterial aus der Erosionsgefährdungsfläche gewaschen, entlang der Tiefenlinie abtransportiert und in den Fluss eingetragen werden. Die Darstellung der Betroffenheit von Fließgewässerabschnitten gegenüber Materialeintrag erfolgt in Bezug auf die potenziellen Eintragsstellen entlang der Fließgewässer. Der Abtransport von Material und Akkumulation im Unterlauf wird nicht berücksichtigt, da der Fokus dieser Betroffenheitsanalyse darin besteht, den Eintragsursprung zu verorten, um dort gezielt Maßnahmen ergreifen zu können. Die Differenzierung der Betroffenheit in ein mittleres und hohes Eintragsrisiko wurde analog der Abstufung der erosionsgefährdeten Fläche abgeleitet. Wenn eine Bodenerosionsfläche an ein Fließgewässer direkt angrenzt, durchschneidet oder in einem Pufferbereich von 50m liegt, wurde das Risiko für einen Stoffeintrag ebenfalls berücksichtigt.

Tabelle 7: Bewertungsschema Risiko für Materialeinträge in Fließgewässer

Betroffenheit Materialeinträge in Fließgewässer	Bewertungskriterien
hoch	<ul style="list-style-type: none"> - Pot. erosionsgefährdete Fläche der Stufe hoch und sehr hoch in der Nähe von Fließgewässern <u>und</u> - Vorhandensein von Abflussbahn Richtung Fließgewässer aus Erosionsfläche hinaus oder hindurch - Pot. erosionsgefährdete Fläche der Stufe hoch und sehr hoch liegt mind. in einer Entfernung von 50 m zum Fließgewässer oder wird davon durchschnitten
mittel	<ul style="list-style-type: none"> - Pot. erosionsgefährdete Fläche der Stufe gering und mittel in der Nähe von Fließgewässern <u>und</u> - Vorhandensein von Abflussbahn Richtung Fließgewässer hinaus oder hindurch - Pot. erosionsgefährdete Fläche der Stufe gering und mittel liegt mind. in einer Entfernung von 50 m zum Fließgewässer oder wird davon durchschnitten
gering	- keine erosionsgefährdete Fläche in der Nähe von Fließgewässern

(Quelle: HHP 2022)

Aus kartographischen Gründen wurden punktuelle Materialeintragsstellen generalisiert als 50 m lange Linie gekennzeichnet, wenn eine Abflussbahn in ein Fließgewässer mündet und zuvor einer Erosionsfläche entspringt. Weitere Generalisierungen erfolgten immer dann, wenn aufgrund von Verarbeitungsprozessen im geographischen Informationssystem (GIS) sehr kleinteilige Splitterlinien der Fließgewässer entstanden sind. Die Bewertung wurde in diesen Fällen an die angrenzenden Fließgewässerabschnitte angeglichen, um in Anlehnung an den Kartenmaßstab ein homogenes Bild zu erzeugen. Ein besonderer Hinweis für ein erhöhtes Risiko für Schadstoffeinträge wird in Bereichen ausgewiesen, in denen Altlastenflächen (BAK 2020) bei Starkregenereignissen potenziell Material in Fließgewässer eintragen könnten. Der Hinweis erfolgt, wenn Altlastenflächen auf potenziellen Erosionsgefährdungsflächen liegen und an ein Fließgewässer oder eine Abflussbahn direkt angrenzen. Bereiche von Altlastenflächen, die nahe einem Fließgewässer liegen, aber grundsätzlich keine Erosionsgefährdung aufweisen, wurden nicht als Eintragsrisiko erfasst.

3.4 Handlungsfeld Ökologie und Biodiversität

3.4.1 Potenzielle Betroffenheit von Biotopen und Lebensräumen

Gemäß des Leitfadens zur kommunalen Klimaanpassung in der Landschaftsplanung (siehe May et al. 2016) wurde die Erfassung und Bewertung von ausgewählten Biotopen und Lebensräumen für das Gebiet Mittleres Schussental durchgeführt. Als Bearbeitungsgrundlage wurden

- Kartierungen zu FFH-Mähwiesen (LUBW 2020),
- (Offenland-) Biotope nach § 33 NatSchG BW (LUBW 2020),
- Waldbiotope nach § 30a LWaldG (LUBW 2020),
- die FFH-Lebensraumtypen der Gebiete „Altdorfer Wald“ und „Schussenbecken mit Tobelwäldern südlich Blitzenreute“ (RP Tübingen 2020)

verwendet. Darüber hinaus wurden punktuell schützenswerte Biotope (z. B. Moorbiotope) aus dem ATKIS-Datenbestand (2020) und Hinweise aus dem Zielartenkonzept „Naturschutz im Landkreis Ravensburg - Zielarterfassung“ des Landkreises Ravensburg (2010) ergänzt, um ein möglichst umfassendes Bild der vorliegenden Biotope im GMS zu erhalten. Darauf aufbauend wurden die Biotope hinsichtlich ihrer potenziellen Betroffenheit gegenüber den Folgen des Klimawandels bewertet. Die Bewertung erfolgte auf Grundlage von Petermann et al., (2007), erweitert um Schlumprecht 2013. Die bewerteten Flächen sind in der Karte G hinsichtlich der Klimasensitivität anhand einer fünfstufigen Skala der Klimaempfindlichkeit „gering“ (wird nicht dargestellt), „gering-mittel“, „mittel“, „mittel-hoch“ bis hin zu „hoch“ differenziert. Die Bewertung der Biotoptypen hinsichtlich ihrer Klimasensitivität kann der Tabelle 8 entnommen werden.

Die Diagramme für die Zusammenfassung der Klimasensitivität betroffener Biotoptypen wurde auf Grundlage der flächendeckenden verfügbaren Daten der Biotopkartierung und der Offenlandbiotopkartierung durchgeführt (siehe Haupttext: Kapitel 3.8.3 und Kapitel 3.8.8).

Geprüft wurde zudem, ob in Folge des fortschreitenden Klimawandels Stoffeinträge in Biotope durch eine Zunahme der Wassererosion (siehe Kap. 3.1) zu erwarten sind. Geprüft wurden dabei Biotope, die sich im Umfeld von 50 m zu erosionsgefährdeten Gebieten befinden. Es konnten lediglich geringe Veränderungen festgestellt werden, die aufgrund der Maßstabsebene nicht kartographisch dargestellt wurden.

Tabelle 8: Klimasensitivität der Biotoptypen im Gebiet des GMS

Biotoptyp	Klimasensitivität
Wirtschaftswiese mittlerer Standorte	gering-mittel
Weide mittlerer Standorte	gering-mittel
Land-Schilfröhricht	gering-mittel
Quellen	mittel
Offene Felsbildungen, Steilwände, Block- und Geröllhalden, Abbauflächen und Aufschüttungen	mittel
Regenerations- und Heidestadien von Hoch-, Zwischen- oder Übergangsmoor	mittel
Natürliche nährstoffreiche Seen	mittel
Wiesen und Weiden	mittel
Pfeifengras-Streuwiese (einschließlich Brachestadium)	mittel
Nasswiese	mittel
Nasswiese basenreicher Standorte der montanen Lage	mittel
Röhricht	mittel
Hochstaudenflur quelliger, sumpfiger oder mooriger Standorte	mittel
Magerrasen bodensaurer Standorte	mittel
Gebüsch trockenwarmer Standorte	mittel
Gebüsch feuchter Standorte	mittel

Biotoptyp	Klimasensitivität
Grauweiden- oder Ohrweiden-Feuchtgebüsch	mittel
Streuobstbestand	mittel
Buchenreiche Wälder mittlerer Standorte	mittel
Eichen- und Hainbuchen-Eichen-Wälder mittlerer Standorte	mittel
Pfeifengraswiesen	mittel
Feuchte Hochstaudenfluren	mittel
Magere Flachlandwiesen	mittel
Kalkreiche Sümpfe mit Schneidried	mittel
Kalkfelsen mit Felsspaltenvegetation	mittel
Waldmeister-Buchenwälder	mittel
Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald	mittel
Stillgewässer	mittel-hoch
Altarm	mittel-hoch
Rohrkolben-Röhricht	mittel-hoch
Rohrglanz-Röhricht	mittel-hoch
Bruch-, Sumpf- und Auwälder	mittel-hoch
Nadelwälder	hoch
Naturnahe Quellen	hoch
Sickerquelle	hoch
Fließgewässer	hoch
Naturnaher Bachabschnitt	hoch
Naturnaher Abschnitt eines Mittelgebirgsbachs	hoch
Naturnaher Abschnitt eines Flachlandbachs	hoch
Naturnaher Flussabschnitt	hoch
Tümpel oder Hüle	hoch
Altwasser	hoch
Verlandungsbereich eines naturnahen Sees, Weiher, Teichs	hoch
Hoch- und Übergangsmoore	hoch
Nährstoffarme bis mäßig nährstoffreiche Stillgewässer	hoch
Kalkreiche, nährstoffarme Stillgewässer mit Armeleuchteralgen	hoch
Waldfreie Niedermoore und Sümpfe	hoch
Waldsimen-Sumpf	hoch
Schachtelhalm-Sumpf	hoch
Sonstiger waldfreier Sumpf	hoch
Fließgewässer mit flutender Wasservegetation	hoch
Tauch- & Schwimmblattvegetation, Quellfluren, Röhrichte & Großseggen-Riede	hoch
Ufer-Schilfröhricht	hoch
Sonstiges Röhricht	hoch
Großseggen-Ried	hoch
Sumpfiges Seggen-Ried	hoch
Schlankseggen-Ried	hoch
Sonstiges Großseggen-Ried	hoch
Magerrasen basenreicher Standorte	hoch
Uferweiden-Gebüsch	hoch
Auwald der Bäche und kleinen Flüsse	hoch
Gewässerbegleitender Auwaldstreifen	hoch
Schlucht-, Blockhalden- und Hangschuttwälder	hoch
Kalk-Magerrasen	hoch
Naturnahe Hochmoore	hoch
Übergangs- und Schwinggrasmoore	hoch
Kalktuffquellen	hoch
Kalkreiche Niedermoore	hoch
Bodensaure Nadelwälder	hoch
Schlucht- und Hangmischwälder	hoch
Moorwälder	hoch
Auenwälder mit Erle-Esche, Weide	hoch

(Quelle: HHP 2022, ermittelt nach Petermann et al. 2007)

3.4.2 Potenzielle Betroffenheit von Pflanzenarten

Anhand des Leitfadens zur kommunalen Klimaanpassung in der Landschaftsplanung (siehe May et al. 2016) erfolgte ebenso die Erfassung und Bewertung der Betroffenheit von Pflanzenarten, die im GMS potenziell oder nachweislich vorkommen. Als Datengrundlage wurden kartierte und bedrohte Pflanzenvorkommen aus den Managementplänen der Natura 2000-Gebiete im Verbandsgebiet herangezogen, sowie um Pflanzennachweise der Daten des Arten- und Biotopschutzprogramms (ASP) Baden-Württemberg ergänzt. Darüber hinaus wurden auch Pflanzenarten der Datenbank der floristischen Kartierung Baden-Württemberg des Staatlichen Museums für Naturkunde Stuttgart ausgewertet, um ein möglichst vollständiges Bild der im GMS vorliegenden Pflanzenarten zu erhalten. Für die Ermittlung der potenziellen Betroffenheit klimasensitiver Pflanzenarten, erfolgte eine Auswertung der ökologischen Zeigerwerte der Pflanzenarten hinsichtlich Temperatur- und Feuchtezahlen nach Ellenberg et al., (2001). Pflanzenarten mit einer Feuchtezahl zwischen 1 und 4 und einer Temperaturzahl zwischen 7 und 9 werden möglicherweise von dem Klimawandel profitieren. Im Gegensatz dazu werden Pflanzenarten mit einer Temperaturzahl zwischen 1 und 4 und einer Feuchtezahl zwischen 7 und 9 von den Folgen des Klimawandels potenziell negativ beeinträchtigt werden. Insbesondere Wasserpflanzen mit einer Feuchtezahl zwischen 11 und 12 sind als klimasensitiv einzustufen, wenn zudem die Temperaturzahl zwischen 3 und 4 (Kühlezeiger) oder 7 und 8 (Wärmezeiger) liegt (May et al. 2016). Die tabellarische Ergebnisaufbereitung der Klimasensitivität der nachgewiesenen bzw. potenziell im GMS vorkommenden Pflanzenarten ist in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Nachgewiesene Pflanzenarten im GMS

Für die Ausweisung der im Gemeindeverband Mittleres Schussental unlängst nachgewiesenen Pflanzenarten wurden die Managementpläne der Natura 2000-Gebiete „FFH-Gebiet 8124-341 Altdorfer Wald“ und „FFH-Gebiet 8223-311 Schussenbecken mit Tobelwäldern südlich Blitzenreute“ ausgewertet (Regierungspräsidium Tübingen (RP Tübingen) 2020a; Regierungspräsidium Tübingen (RP Tübingen) 2020b). Für den GMS konnten folgende nachgewiesenen Pflanzenarten hinsichtlich ihrer Klimasensitivität analysiert werden:

Tabelle 9: Nachgewiesene Pflanzenarten im Gebiet des Gemeindeverband Mittleres Schussental

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Zeigerwert nach Ellenberg (2001)		Nachgewiesene Vorkommen in den FFH-Gebieten	
		Temperaturzahl (T)	Feuchtezahl (F)	8223-311- Schussenbecken mit Tobelwäldern südl. Blitzenreute	8124-341- Altdorfer Wald
Frauenschuh	Cypripedium calceolus	5	4	x	
Sumpf-Siegwurz	Gladiolus palustris	6	6	x	
Grünes Koboldmoos	Buxbaumia viridis	4	6		x
Grünes Besenmoos	Dicranum viride	5	5	x	x
Firnsglänzende Sichelmoos	Hamatocaulis vernicosus	k.A.	k.A.	x	
Sumpf-Glanzkraut	Liparis loeselii	6	9	x	

(Quelle: HHP 2022, Datenherkunft: Natura-2000 Managementpläne FFH-Gebiet 8223-311 und FFH-Gebiet 8124-341)

Gemäß der Auswertung der Temperatur- und Feuchtezahl nach Ellenberg et al., (2001) liegt für keine dieser Pflanzenarten ein Hinweis auf Klimasensitivität vor.

Tabelle 10: Weitere nachgewiesene Pflanzenarten im Gebiet des GMS

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Zeigerwert nach Ellenberg (2001)	
		Temperaturzahl (T)	Feuchtezahl (F)
Nachweise des Arten- und Biotopschutzprogramms Baden-Württemberg			
Ästige Mondraute	<i>Botrychium matricariifolium</i>	k.A.	4
Fleischers Weidenröschen	<i>Epilobium fleischeri</i>	4	4
Bunter Schachtelhalm	<i>Equisetum variegatum</i>	3	9
Deutsche Tamariske	<i>Myricaria germanica</i>	4	8
Stengellose Schlüsselblume	<i>Primula vulgaris</i>	5	5
Nachweise aus dem Zielartenkonzepts Landkreis Ravensburg			
Gelbe Teichrose	<i>Nuphar lutea</i>	6	11
Kriechende Hauhechel	<i>Ononis repens</i>	5	4
Kammfarn	<i>Dryopteris cristata</i>	6	9

(Quelle: HHP 2022; Datenherkunft: Daten des Arten- und Biotopschutzprogramms Baden-Württemberg stark gefährdeter und vom Aussterben bedrohter Tier- und Pflanzenarten (ASP-Daten), Landratsamt Ravensburg)

Potenziell vorkommende klimasensitive Pflanzenarten

Um für den GMS Aussagen zu potenziell vorkommenden Pflanzen treffen zu können und diese hinsichtlich ihrer Klimasensitivität zu untersuchen, wurde auf die im Zielartenkonzept Baden-Württemberg (siehe LUBW 2009) enthaltene „Datenbank der floristischen Kartierung Baden-Württemberg am Staatlichen Museum für Naturkunde Stuttgart“ zurückgegriffen und für die Gemarkung des Gemeindeverbands ausgewertet. Die zur Verfügung gestellten Daten des Staatlichen Museums für Naturkunde umfassen nur Vorkommen des Zeitraums nach 2000 für Arten der Roten Liste Baden-Württembergs und Deutschlands. Die Auswertung stellt demnach keine umfassende Liste aller potenziell im Gebiet vorkommenden Pflanzenarten mit einer hohen Klimasensitivität dar, kann aber als wichtige Orientierungshilfe dienen. Eine Veränderung des Pflanzenbestandes ist zu erwarten. In der Tabelle 11 sind die klimasensitiven (rot und hell-rot) und klimabegünstigten Pflanzenarten (grün), gemäß dem potenziellen Vorkommen im GMS laut der Datenbank der floristischen Kartierung, gelistet. Diejenigen Pflanzenarten, die anhand der Bewertung der Zeigerwerte für die Faktoren Temperatur und Feuchte nach Ellenberg et al., (2001) weder klimaempfindlich noch klimabegünstigt sind, werden in der Tabelle farblos dargestellt.

Tabelle 11: Bewertung der Klimasensitivität der potenziell im GMS vorkommenden Pflanzenarten

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Gefährdung Rote Liste BW	Zeigerwert nach Ellenberg (2001):	
			Temperaturzahl (T)	Feuchtezahl (F)
<i>Agrostemma githago</i>	Kornrade	1	k.A.	k.A.
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	Hundswurz	3	7	3
<i>Anthemis tinctoria</i>	Färber-Hundskamille	3	6	3
<i>Aquilegia atrata</i>	Schwarze Akelei	V	4	4
<i>Aquilegia vulgaris</i>	Gewöhnliche Akelei	V	6	4
<i>Asplenium ceterach</i>	Milzfarn	2	9	3
<i>Bidens radiata</i>	Strahlen-Zweizahn	3	6	9
<i>Blysmus compressus</i>	Flache Quellsimse	2	k.A.	8
<i>Botrychium matricariifolium</i>	Ästige Mondraute	2	k.A.	4

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Gefährdung Rote Liste BW	Zeigerwert nach Ellenberg (2001):	
			Temperaturzahl (T)	Feuchtezahl (F)
<i>Bromus arvensis</i>	Acker-Trespe	3	6	4
<i>Carex bohemica</i>	Zypergras-Segge	3	6	8
<i>Carex canescens</i>	Grau-Segge	V	4	9
<i>Carex davalliana</i>	Davalls Segge	3	4	9
<i>Carex distans</i>	Lücken-Segge	3	6	6
<i>Carex echinata</i>	Stern-Segge	V	k.A.	8
<i>Carex elongata</i>	Walzen-Segge	V	6	9
<i>Carex flava</i>	Echte Gelbsegge	V	k.A.	9
<i>Carex hostiana</i>	Saum-Segge	2	5	9
<i>Carex lasiocarpa</i>	Faden-Segge	3	4	9
<i>Carex lepidocarpa</i>	Schuppenfrüchtige Gelbsegge	3	5	9
<i>Carex nigra</i>	Braune Segge	V	k.A.	8
<i>Carex pseudocyperus</i>	Scheinzypergras- Segge	V	6	9
<i>Carex tomentosa</i>	Filz-Segge	3	6	7
<i>Centaureum pulchellum</i>	Kleines Tausendgül- denkraut	3	6	k.A.
<i>Cephalanthera longifolia</i>	Schwertblättriges Waldvöglein	V	5	4
<i>Cephalanthera rubra</i>	Rotes Waldvöglein	V	5	3
<i>Cirsium rivulare</i>	Bach-Kratzdistel	V	5	8
<i>Crepis mollis</i>	Weichhaariger Pippau	3	4	5
<i>Cyperus fuscus</i>	Braunes Zypergras	V	6	7
<i>Cypripedium calceolus</i>	Frauenschuh	3	5	4
<i>Dactylorhiza incarnata</i> subsp. <i>incarnata</i>	Fleischrotes Knaben- kraut	3	5	8
<i>Dactylorhiza majalis</i> agg.	Artengruppe Breit- blättriges Knaben- kraut	3	5	8
<i>Dianthus armeria</i>	Büschel-Nelke	V	6	5
<i>Dianthus carthusianorum</i>	Karthäuser-Nelke	V	5	3
<i>Dianthus deltoides</i>	Heide-Nelke	3	5	3
<i>Dianthus superbus</i>	Pracht-Nelke	3	6	8
<i>Dianthus superbus</i> subsp. <i>superbus</i>	Pracht-Nelke, Nomi- natsippe	3	6	8
<i>Digitalis lutea</i>	Gelber Fingerhut	V	6	5
<i>Diplotaxis muralis</i>	Mauer-Doppelsame	3	8	4
<i>Drosera rotundifolia</i>	Rundblättriger Son- nentau	3	4	9
<i>Dryopteris cristata</i>	Kammfarn	2	6	9
<i>Eleocharis ovata</i>	Eiförmige Sumpfbirse	3	6	8
<i>Eleocharis uniglumis</i>	Einspelzige Sumpf- birse	V	5	9
<i>Epilobium fleischeri</i>	Fleischers Weiden- röschen	k.A.	4	4
<i>Epilobium palustre</i>	Sumpf-Weiden- röschen	V	5	9

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Gefährdung Rote Liste BW	Zeigerwert nach Ellenberg (2001):	
			Temperaturzahl (T)	Feuchtezahl (F)
<i>Epipactis atrorubens</i>	Rotbraune Stendelwurz	V	k.A.	3
<i>Epipactis palustris</i>	Sumpf-Stendelwurz	3	5	9
<i>Equisetum variegatum</i>	Bunter Schachtelhalm	2	3	9
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Schmalblättriges Wollgras	3	k.A.	9
<i>Eriophorum latifolium</i>	Breitblättriges Wollgras	3	k.A.	9
<i>Eriophorum vaginatum</i>	Moor-Wollgras	V	k.A.	9
<i>Euphorbia platyphyllos</i>	Breitblättrige Wolfsmilch	V	7	5
<i>Galium sylvaticum agg.</i>	Wald-Labkraut	*	5	5
<i>Gentiana asclepiadea</i>	Schwalbenwurz-Enzian	3	k.A.	6
<i>Gymnadenia conopsea</i>	Mücken-Händelwurz	V	k.A.	9
<i>Gymnadenia odoratissima</i>	Wohlriechende Händelwurz	3	k.A.	4
<i>Huperzia selago</i>	Tannen-Bärlapp	V	3	6
<i>Juncus alpinus</i>	Alpen-Binse	V	k.A.	9
<i>Juncus subnodulosus</i>	Knoten-Binse	V	6	8
<i>Leucjum vernum</i>	Märzenbecher	V	5	6
<i>Liparis loeselii</i>	Glanzstendel	2	6	9
<i>Lithospermum officinale</i>	Echter Steinsame	V	6	5
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	Strauß-Gilbweiderich	3	6	9
<i>Medicago minima</i>	Zwerg-Schneckenklee	V	7	3
<i>Menyanthes trifoliata</i>	Fiebertklee	3	k.A.	9
<i>Minuartia hybrida</i>	Zarte Miere	3	7	3
<i>Muscari neglectum</i>	Übersehene Traubenhyaazinthe	3	8	3
<i>Myricaria germanica</i>	Deutsche Tamariske	1	4	8
<i>Nymphaea alba</i>	Weißer Seerose	3	6	11
<i>Nymphoides peltata</i>	Seekanne	3	7	11
<i>Onopordum acanthium</i>	Gewöhnliche Eselsdistel	3	7	4
<i>Orchis mascula</i>	Stättliches Knabenkraut	V	k.A.	4
<i>Orchis pallens</i>	Blasses Knabenkraut	3	5	5
<i>Orchis purpurea</i>	Purpur-Knabenkraut	V	7	4
<i>Orthilia secunda</i>	Nickendes Wintergrün	V	k.A.	5
<i>Papaver dubium</i>	Saat-Mohn	V	6	4
<i>Parnassia palustris</i>	Herzblatt	3	k.A.	8
<i>Petrorhagia prolifera</i>	Sprossende Felsennelke	V	7	3
<i>Peucedanum palustre</i>	Sumpf-Haarstrang	3	6	9
<i>Pinguicula vulgaris</i>	Gewöhnliches Fettkraut	3	k.A.	8
<i>Platanthera bifolia</i>	Weißer Waldhyazinthe	V	k.A.	5
<i>Platanthera chlorantha</i>	Berg-Waldhyazinthe	V	k.A.	7

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Gefährdung Rote Liste BW	Zeigerwert nach Ellenberg (2001):	
			Temperaturzahl (T)	Feuchtezahl (F)
Polygala amarella	Sumpf-Kreuzblume	V	k.A.	9
Polystichum braunii	Zarter Schildfarn	2	4	6
Populus nigra	Schwarz-Pappel	2	6	8
Potamogeton gramineus	Gras-Laichkraut	2	4	12
Potamogeton obtusifolius	Stumpfbältriges Laichkraut	3	6	12
Potentilla incana	Sand-Fingerkraut	3	7	1
Potentilla palustris	Blutauge	3	k.A.	9
Primula farinosa	Mehl-Primel	2	k.A.	8
Pyrola rotundifolia	Rundblättriges Win- tergrün	3	k.A.	6
Ranunculus nemorosus	Wald-Hahnenfuß	V	k.A.	5
Rhynchospora alba	Weißer Schnabelsimse	3	5	9
Rumex maritimus	Strand-Ampfer	3	7	9
Salix daphnoides	Reif-Weide	2	k.A.	8
Salix eleagnos	Lavendel-Weide	V	5	7
Salix repens	Kriech-Weide	3	5	7
Schoenus ferrugineus	Rostrot Kopfried	3	4	8
Scorzonera humilis	Niedrige Schwarzwur- zel	3	6	7
Selinum carvifolia	Kümmel-Silge	3	5	7
Senecio alpinus	Alpen-Greiskraut	V	3	6
Sparganium natans	Zwerg-Igelkolben	2	5	11
Taxus baccata	Eibe	3	5	5
Thalictrum aquilegifolium	Akeleiblättrige Wie- senraute	V	k.A.	8
Thelypteris palustris	Sumpf-Lappenfarn	3	6	8
Tofieldia calyculata	Gewöhnliche Simsen- lilie	3	k.A.	8
Trichophorum alpinum	Alpen-Wollgras	2	4	10
Trifolium aureum	Gold-Klee	V	6	4
Typha angustifolia	Schmalblättriger Rohrkolben	V	7	10
Vaccinium oxycoccos	Gewöhnliche Moos- beere	3	5	9
Vaccinium vitis-idaea	Preiselbeere	3	k.A.	4
Veratrum album	Weißer Germer	V	4	k.A.
Viola palustris	Sumpf-Veilchen	V	k.A.	9

(Quelle: HHP 2022, nach Ellenberg 2001)

Einstufung der Klimasensitivität:

Klimabegünstigte Pflanzen	T= 7-9 und F= 1-4 (siehe Ellenberg 2001)
Klimaempfindliche Pflanzen	T= 1-4 und F= 7-9 (siehe Ellenberg 2001)
Klimasensitive Wasserpflanzen	F= 11-12 und (T=3-4 oder T=7-8)

Gefährdungsgrad nach der Roten Liste der Farn- und Samenpflanzen Baden-Württemberg (1999):

0= ausgestorben oder verschollen; 1= vom Aussterben bedroht; 2= stark gefährdet; 3= gefährdet; V= Art der Vorwarnliste; G= Gefährdung anzunehmen; R= extrem seltene Arten und/oder Arten mit geographischer Restriktion; Ou= ehemals etablierte Sippen gekennzeichnet, deren beständige Vorkommen verschwunden sind, die aber noch unbeständig auftreten; Oa= ehemals etablierte Sippen gekennzeichnet, die nach ihrem Verschwinden wieder angesalbt wurden, sich aber bisher nicht wieder etabliert haben; d= Daten ungenügend; * = nicht gefährdet

3.4.3 Potenzielle Betroffenheit von Tierarten

Erfassung und Bewertung der potenziellen Betroffenheit von Tierarten gegenüber dem Klimawandel

Für den GMS wurden ökologisch bedeutsame Tierarten identifiziert, die in Zukunft potenziell von Klimawandelfolgen betroffen sein werden. Der Fokus der Auswertung wurde auf Tierarten gelegt, die gemäß der *Liste der in Baden-Württemberg vorkommenden besonders und streng geschützten Arten (LUBW 2010)* genannt werden. Die Verortung erfolgt in der Analysekarte des Handlungsfeldes Ökologie und Biodiversität nur für betroffene Tier- und Pflanzenarten der Kategorie „hoch“ und „mittel“, wenn Geofachdaten zur Verfügung standen.

Die Betroffenheiten der verschiedenen Tierarten sind den Auswertungen in Tabelle 12 zu entnehmen. Dafür wurden verschiedene Datengrundlagen zusammengetragen, um lokale Artennachweise zu sammeln und diese Arten hinsichtlich ihrer Klimasensitivität zu bewerten.

Untersucht wurden:

- **nachgewiesene Tierarten** des Gebiets (Datenbestand: Lebensstätten Natura2000 Schutzgebiete „Altdorfer Wald“ und „Schussenbecken mit Tobelwäldern südlich Blitzenreute“ [RP Tübingen 2020], Amphibienzählungen des BUNDS Ravensburg [2021], Zielarten aus dem Zielartenkonzept „Naturschutz im Landkreis Ravensburg - Zielartenerfassung“ des Landkreises Ravensburg [Landratsamt Ravensburg 2010], Artenhinweise aus den Fachgesprächen für das Schutzgut ‚Tiere, Pflanzen und Biologische Vielfalt‘ aus dem Landschaftsplanprozess 2021, Arten- und Biotopschutzprogramm BW - Artenvorkommen Punktdaten [LRA RV 2020], Arten- und Biotopschutzprogramm BW - Lebensräume Flächendaten [RVBO 2019], Landesweite Artenkartierung (LAK) Amphibien und Reptilien BW [LUBW, Abfrage 2022], Lokale Artennachweise für Gelbbauchunke und Laubfrösche [LEV Ravensburg 2021], Arten- und Biotopschutzprogramm BW (ASP) [RP Tübingen 2019] und windkraftsensible Arten [Verbreitungskarten der LUBW 2012], Artenvorkommen des Grünraumkonzepts Weingarten⁹ [Stadt Weingarten 2014])
- **potenziell vorkommende Tierarten** konnten im Bearbeitungsprozess nicht eingehender untersucht werden, da die Veröffentlichung des „Informationssystems Zielartenkonzept Baden-Württemberg (ISZAK)“ nicht abgerufen werden konnte. Die öffentliche Stellungnahme der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), (2022) lautete wie folgt: *„Das ISZAK entsprach nicht mehr den aktuellen technischen Anforderungen, so dass 2022 im Zuge notwendiger Sicherheitsupdates die Planungshilfe abgeschaltet werden musste“*

Bewertet wurden klimasensitive Tierarten anhand der Einstufung der Empfindlichkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels nach Beierkuhnlein et al., (2014), Behrens et al., (2009), Gregory et al., (2009), Kerth et al., (2014), Rabitsch et al., (2010) und Schlumprecht, (2013). Die verschiedenen Autoren legen unterschiedliche Bewertungsgrundlagen und Methoden zu Grunde. Im Zuge der Bearbeitung wurden die divergierenden Bewertungsskalen der Autoren in Form einer Tabelle (siehe Tabelle 12) zusammengeführt. Diese Bewertungsregel verdeutlicht die Harmonisierung der verschiedenen Bewertungsskalen der Klimasensitivität von Tierarten, die in den verschiedenen Literaturquellen angewandt wurden:

⁹ Aufgrund der fehlenden Differenzierung der unterschiedlichen Artvorkommen in den verfügbaren Geofachdaten des Grünraumkonzepts wurde für die Kategorie „Amphibien“ pauschal eine hohe Klimasensitivität angenommen. Dieses Vorgehen leitet sich auf Basis der Aussagen lokaler Artenexperten ab, die im Beteiligungsprozess von den hohen Amphibienverlusten im GMS berichteten.

Tabelle 12: Bewertungsregeln zur Harmonisierung der Einstufung der Klimasensitivität von Tierarten

Klima-sensitivität	Schlumberg (2013)	Behrens (2009)	Rabitsch (2010)	Kerth (2014)	Beierkuhnlein (2014)	Gregory (2009)	
						Kriterium	Gesamt
Gering	3-5	+, +, +	LR (= geringes Risiko)	Gesamt-bewertung: gering	Arealgewinn oder gleichbleibendes Areal	LTS > 0 CLIMEns > 0	gg
Mittel	6-9	0	MR (=mittleres Risiko)	Gesamt-bewertung: mittel	Geringer Arealverlust	LTS 0 bis -0,03 CLIMEns 0 bis -0,4	mg, mm
Hoch	10-13	-, -, -	HR (=hohes Risiko)	Gesamt-bewertung: hoch	Hoher Arealverlust	LTS < -0,03 CLIMEns < -0,4	mh, hh

(Quelle: HHP 2022)

Gesamtbewertung der Klimasensitivität

Auf Basis der harmonisierten Einstufung der Klimasensitivität aus den verschiedenen Bewertungen der Fachliteratur wurde die abschließende Gesamtbewertung der Empfindlichkeit der Tierarten vorgenommen. Dies erfolgte, indem aus gutachterlicher Sicht die Summe der verschiedenen Klimasensitivitätseinstufungen der Autoren verglichen und letztlich den Bewertungskategorien *gering* bis *hoch* zugeordnet wurde. Lagen sehr stark voneinander abweichende Einschätzung in der Fachliteratur vor und war es nicht möglich, eine mehrheitlich vertretene Bewertungsstufe unter den Autoren zu identifizieren, dann erfolgte die Zuordnung in die Kategorie *unklar*.

Tabelle 13: Aggregationsregel zur Gesamtbewertung der Klimasensitivität von Tierarten

Klimasensitivität (KS)	
gering	Mehrheit der vorhandenen Quellen bewertet KS als gering
mittel	Mehrheit der vorhandenen Quellen bewertet KS als mittel
hoch	Mehrheit der vorhandenen Quellen bewertet KS als hoch
unklar	Keine Mehrheit für eine Bewertungsstufe (Angabe von Spanne)
Keine Bewertung	Keine Angaben zur Art in der Literatur

Im Gebiet nachgewiesene, klimasensitive Artenvorkommen

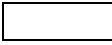



	geringe Klimasensitivität	(Mehrheit der vorhandenen Quellen bewertet KS als gering)
	mittlere Klimasensitivität	(Mehrheit der vorhandenen Quellen bewertet KS als mittel)
	hohe Klimasensitivität	(Mehrheit der vorhandenen Quellen bewertet KS als hoch)
	keine Bewertung	

Tabelle 14: Bewertung der Klimasensitivität im Gebiet vorkommenden Tierarten im Gemeindeverband Mittleres Schussental

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Gefährdung Rote Liste BW	Gebietsnachweis oder Herkunft des Artennachweises
Amphibien			
Bufo bufo	Erdkröte	V	BUND_Amphibienkart., LAK BW
Rana temporaria	Grasfrosch	V	BUND_Amphibienkart., LAK BW
Ichthyosaura alpestris	Bergmolch	*	LAK BW, BUND_Amphibienkart.
Lissotriton vulgaris	Teichmolch	V	LAK BW, BUND_Amphibienkart.
Rana esculenta	Teichfrosch	D	LAK BW
Triturus cristatus	Kammolch	2	8124341

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name		Gefährdung Rote Liste BW	Gebietsnachweis oder Herkunft des Art- nennnachweises
<i>Hyla arborea</i>	Europäischer Laub- frosch		2	Zielart_ZAK_Landkreis_RV, LAK BW, Nachweis LEV
<i>Rana dalmatina</i>	Springfrosch		3	BUND_Amphibienkart.
<i>Bombina variegata</i>	Gelbbauchunke		2	8223311, 8124341, LAK BW, Nachweis LEV
<i>Bufo calamita</i>	Kreuzkröte		2	LAK BW
<i>Rana lessonae</i>	Kleiner Wasserfrosch		G	BUND_Amphibienkart.
Fische				
<i>Cottus gobio</i>	Groppe		V	8223311
<i>Leuciscus souffia agassizi</i>	Strömer		2	8223311
<i>Rhodeus sericeus amarus</i>	Bitterling		2	8223311
Heuschrecken				
<i>Oedipoda caerulescens</i>	Blaulügelige schrecke	Ödland-	3	ASP
<i>Gryllus campestris</i>	Feldgrille		V	Zielart_ZAK_Landkreis_RV
Holzkäfer				
<i>Lucanus cervus</i>	Hirschkäfer		3	8223311
Krebse				
<i>Austropotamobius torrentium</i>	Steinkrebs		2	8223311, 8124341
Libellen				
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	Grüne Keiljungfer		3	8223311
<i>Sympetma fusca</i>	Gemeine Winterlibelle		*	Zielart_ZAK_Landkreis_RV
<i>Cordulegaster boltoni</i>	Zweiggestreifte jungfer	Quell-	*	Zielart_ZAK_Landkreis_RV
<i>Cordulegaster bidentatus</i>	Gestreifte Quelljungfer		*	Zielart_ZAK_Landkreis_RV
<i>Coenagrion mercuriale</i>	Helm-Azurjungfer		3	8124341
Reptilien				
<i>Lacerta agilis</i>	Zauneidechse		V	LAK BW
<i>Natrix natrix</i>	Ringelnatter		3	LAK BW
<i>Anguis fragilis</i>	Blindschleiche		*	LAK BW
<i>Zootoca vivipara</i>	Waldeidechse		*	LAK BW
<i>Podarcis muralis</i>	Mauereidechse		2	LAK BW
Säugetiere				
<i>Castor fiber</i>	Biber		2	8223311, 8124341
<i>Myotis daubentonii</i>	Wasserfledermaus		3	Windsensible Arten
<i>Myotis nattereri</i>	Fransenfledermaus		2	Zielart_ZAK_Landkreis_RV, Windsen- sible Arten
<i>Nyctalus leisleri</i>	Kleiner Abendsegler		2	Windsensible Arten
<i>Nyctalus noctula</i>	Großer Abendsegler		i	Windsensible Arten
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Zwergfledermaus		3	Windsensible Arten
<i>Plecotus auritus</i>	Braunes Langohr		3	Zielart_ZAK_Landkreis_RV, Windsen- sible Arten (LUBW 2012)
<i>Rhinolophus ferrumequi- num</i>	Große Hufeisennase		1	Windsensible Arten
<i>Vespertilio murinus</i>	Zweifarbflodermaus		i	Windsensible Arten
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Rauhautfledermaus		i	Windsensible Arten
<i>Barbastella barbastellus</i>	Mopsfledermaus		1	Windsensible Arten
<i>Eptesicus nilssonii</i>	Nordfledermaus		2	Windsensible Arten
<i>Eptesicus serotinus</i>	Breitflügelfledermaus		2	Zielart_ZAK_Landkreis_RV, Windsen- sible Arten
<i>Myotis alcathoe</i>	Nymphenfledermaus		oE	Windsensible Arten

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Gefährdung Rote Liste BW	Gebietsnachweis oder Herkunft des Art- ennachweises
Myotis bechsteinii	Bechsteinfledermaus	2	Zielart_ZAK_Landkreis_RV, Windsensible Arten, 8223311
Myotis brandtii	Große Bartfledermaus	1	Windsensible Arten
Myotis emarginatus	Wimperfledermaus	R	Windsensible Arten
Myotis myotis	Großes Mausohr	2	Zielart_ZAK_Landkreis_RV, 8223311, 8124341, Windsensible Arten
Myotis mystacinus	Kleine Bartfledermaus	3	Windsensible Arten
Pipistrellus kuhlii	Weißrandfledermaus	D	Windsensible Arten
Pipistrellus pygmaeus	Mückenfledermaus	G	Windsensible Arten
Plecotus austriacus	Graues Langohr	1	Windsensible Arten
Schmetterlinge			
Melanargia galathea	Schachbrett	*	Zielart_ZAK_Landkreis_RV
Lycaena icarus	Hauhechel-Bläuling	*	Zielart_ZAK_Landkreis_RV
Euphydryas aurinia	Goldener Scheckenfalter	1	ASP, 8124341
Vögel			
Pernis apivorus	Wespenbussard	*	Windsensible Arten
Alauda arvensis	Feldlerche	3	Zielart_ZAK_Landkreis_RV
Milvus migrans	Schwarzmilan	*	Windsensible Arten
Picus viridis	Grünspecht	*	Zielart_ZAK_Landkreis_RV
Podiceps nigricollis	Schwarzhalstauche	*	ASP
Phoenicurus phoenicurus	Gartenrotschwanz	V	Zielart_ZAK_Landkreis_RV
Lanius collurio	Neuntöter	*	Zielart_ZAK_Landkreis_RV
Ciconia nigra	Schwarzstorch	3	Windsensible Arten
Milvus milvus	Rotmilan	*	Windsensible Arten
Weichtiere			
Unio crassus	Kleine Flussmuschel	1	8223311, 8124341
Vertigo geyeri	Vierzählige Windelschnecke	1	8124341
Vertigo angustior	Schmale Windelschnecke	3	8223311, 8124341

(Quelle: HHP 2022)

Gefährdungsgrad* nach der Roten Liste (RL-BW) der Tierarten Baden-Württemberg:

RL-BW (Schrecken Stand 1998, Libellen Stand 2005, Schmetterlinge Stand 2004, Amphibien Stand 1998, Reptilien Stand 1998, Brutvögel Stand 2013, Säugetiere Stand 2001, Fische Stand 2014)	0	Ausgestorben oder verschollen
	1	Vom Aussterben bedroht
	2	Stark gefährdet
	3	Gefährdet
	V	Art der Vorwarnliste
	D	Datengrundlage mangelhaft; Daten defizitär, Einstufung nicht möglich
	i	Gefährdete wandernde Tierart
	G	Gefährdung anzunehmen
	R	(Extrem) seltene Arten und/oder Arten mit geographischer Restriktion, abweichend davon bei Tagfaltern: reliktäres Vorkommen oder isolierte Vorposten
	-	Nicht gefährdet
	N	Derzeit nicht gefährdet (Amphibien/Reptilien)
	!	Es besteht eine besondere Verantwortung des Landes Baden-Württemberg
	*	Ungefährdet
	oE	Ohne Einstufung

* Hinweis: Die Einzeldefinitionen der Gefährdungskategorien unterscheiden sich teilweise zwischen den Artengruppen, sowie innerhalb der Artengruppen zwischen der bundes-deutschen und der landesweiten Bewertung und sind den jeweiligen Originalquellen zu entnehmen.

Gebietsnachweis oder Herkunft des Nachweises von Artenvorkommen im GMS:

Bezeichnung	Erläuterung
LAK BW	<i>Daten der Landesweiten Artenkartierung (LUBW 2022)</i>
Windsensible Arten	<i>Windsensible Arten (LUBW 2012)</i>
Zielart_ZAK_Landkreis_RV	<i>Arten aus dem Zielartenkonzept des Landkreises Ravensburg die im Gebiet des GMS vorkommen (LRK Ravensburg 2010)</i>
BUND_Amphibienkart.	<i>Amphibienkartierung des BUND (2021)</i>
8124341	<i>FFH-Gebietsnachweis „Altdorfer Wald“ (2020)</i>
8223311	<i>FFH-Gebietsnachweis „Schussenbecken mit Tobelwäldern südl. Blitzenreute“ (2020)</i>
ASP	<i>Arten- und Biotopschutzprogramm BW (RP Tübingen 2019)</i>
Nachweis LEV	<i>Lokale Artennachweise für Gelbbauchunke und Laubfrösche (LEV Ravensburg 2021)</i>

3.4.4 Potenzielle Betroffenheit des Schutzzwecks von Natura 2000-Gebieten und Naturschutzgebieten

Erfassung und Bewertung der potenziellen Betroffenheit des Schutzzwecks von Natura 2000-Gebieten und Naturschutzgebieten

Für das GMS-Gebiet wurde der Schutzzweck von zwei FFH-Gebieten (Fauna-Flora-Habitat Gebiete) und sieben Naturschutzgebieten ausgewertet. Im Untersuchungsraum existieren keine Vogelschutzgebiete und wurden aufgrund dessen nicht geprüft. Die tabellarische Auswertung benennt für jedes Schutzgebiet zusammenfassend die vorkommenden übergeordneten Lebensräume und benennt mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf diese. Die Auswertung benennt in den FFH-Gebieten die vorkommenden hoch klimasensitiven FFH-Lebensraumtypen sowie potenziell gefährdete klimaempfindliche Tier- und Pflanzenarten. Für die Ermittlung wurde der Managementplan für das FFH-Gebiet 8223-311 „Schussenbecken mit Tobelwäldern südlich Blitzenreute“ (2020) und der Managementplan für das FFH-Gebiet 8124-341 „Altdorfer Wald“ (2020) genutzt. Abschließend wurde auf Basis der vorhandenen Informationen des Schutzzwecks der Schutzgebiete (aus Verordnungen sowie den Würdigungen des Schutzgebietes, Managementplänen und digital abrufbare Datenauswertungsböden) potenzielle Beeinträchtigungen aufgrund von Klimawandelfolgen erläutert. Die Gesamtbewertung der Vulnerabilität wurde gutachterlich vergeben und orientiert sich maßgeblich an den vorkommenden Biotoptypen und deren Klimasensitivität.

Tabelle 15: Voraussichtliche Auswirkungen des Klimawandels in den Naturschutzgebieten und Natura 2000-Gebieten im GMS

SBG-Nr.	SGB-Typ	SGB-Name	Voraussichtliche Auswirkungen des Klimawandels auf Lebensräume der Schutzgebiete	Potenzielle klimawandelbedingte Beeinträchtigungen (Ableitung aus Verordnungen und Schutzwürdigungen bzw. des Schutzzwecks)	Bewertung der Vulnerabilität
4.279	NSG	Schmalegger und Rinckenburger Tobel (Verordnung von 1997)	Lebensraum Fließgewässer: <ul style="list-style-type: none"> • stärkeres und häufigere Sturzflutereignisse durch Starkregen • erhöhte Erosions- und Sedimentfracht in den Fließgewässern (Feuertobelbach, Glastobelbach) nach Starkregen • Im Sommer und Herbst häufigere Niedrigwasserstände und geringere Quellschüttung • Anstieg der Wassertemperatur • erhöhte Nähr- und Schadstoffkonzentration im Sommer bei geringer Wasserführung • geringerer Sauerstoffgehalt u.a. infolge erhöhter Temperaturen im Sommer • keine oder nur sehr dünne bzw. zeitweilige Eisdecke im Winter • verstärktes Wachstum von Algen und Makrophyten durch veränderten Nährstoff- und Temperaturhaushalt 	<ul style="list-style-type: none"> • Pot. Veränderungen/Gefährdung der geomorphologischen Erscheinungsform (Tobel) durch steigenden Erosionsgefahr in Hanglagen bei Starkregenereignissen (Verbot von Veränderungen der Bodengestalt durch Abbauvorhaben, Grabungen oder Materialablagerungen per Schutzverordnungen (RP Tübingen 1997)) • Pot. Gefährdung des lokalen Gesamtökosystems und heimischer Biodiversität des NSGs aufgrund von Einwanderung gebietsfremder Tierarten (Aussetzung und Ansiedelung per Schutzverordnung verboten, Invasives Auftreten von Neobiota als Folge des Klimawandel möglich) (Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA) 2011) • Pot. erhöhtes Risiko für Schädlingsbefall der Waldgesellschaften des NSGs (Schwammspinner, Eichenprozessionsspinner) (Klemmt 2018) • Pot. sehr hohe Beeinträchtigungen der klimasensitiven FFH-LRTs: • gemäß Petermann et al. 2007 (Unselde 2013) <ul style="list-style-type: none"> ○ sehr hohe Klimasensitivität der Eschen-Erlenwäldern (entsprechen dem LRT Auenwälder mit Erle, Esche, Weide; Code 91E0) entlang der Ufer und in Auen der Fließgewässer 	hoch

			<ul style="list-style-type: none"> • starke Fluktuation des Grundwasserspiegels • ausgeprägte Trockenphasen im Sommer und Herbst im Falle negativer Wasserbilanz • starke Ausbreitung von Neozoen und Neophyten <p>Lebensraum Quellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • im Sommer und Herbst häufigere Niedrigwasserstände und geringere Quellschüttungen • Anstieg der Wassertemperatur • geringerer Sauerstoffgehalt u.a. infolge erhöhter Temperaturen im Sommer • verstärktes Wachstum von Algen und Makrophyten durch veränderten Nährstoff- und Temperaturhaushalt • starke Fluktuation des Grundwasserspiegels • ausgeprägte Trockenphasen im Sommer und Herbst aufgrund der negativen Wasserbilanz • starke Ausbreitung von Neozoen und Neophyten <p>Feucht-Nasswälder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Sommer und Herbst häufigere Niedrigwasserstände und geringere Quellschüttung • starke Fluktuation des Grundwasserspiegels • ausgeprägte Trockenphasen im Sommer und Herbst aufgrund der negativen Wasserbilanz • in Trockenphasen verstärkter Humus- und Torfmineralisierung, erhöhte Nährstofffreisetzung und Eutrophierung • Zunahme von Insektenkalamitäten (Eichenwickler, Frostspanner) • Starke Ausbreitung von Neozoen und Neophyten 	<p>sowie in Quellgebieten bei Absenkung des Grundwasserstandes und klimawandelbedingten Trockenphasen oder größeren Schwankungen des Grundwasserspiegels (Schlumprecht 2013)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ sehr hohe Klimasensitivität der naturnahen Schlucht- und Hangmischwäldern (Code 9180) ○ sehr hohe Klimasensitivität der Kalktuff-Quellen (Cratoneurion; 7220). Sehr hohe Sensitivität gegenüber Nähr-, Schadstoff- und Sedimenteintrag nach Feldwisch et al. 2007 (May et al. 2016) <ul style="list-style-type: none"> • Pot. Gefährdung der naturnahen Fließgewässer mit natürlicher Dynamik. Erhöhtes Risiko für Gewässerverunreinigungen in Folge erodierter Stoffeinträge nach Starkregenereignissen (Dungeintrag per Schutzverordnung verboten, RP Tübingen 1997) • Pot. geringes Risiko für Sturmschäden à Sturmwurfresistenz der Baumarten Grau-Erle (mittel) und Gemeine Esche (hoch) (May et al. 2016) • Pot. Gefährdung klimasensitiver Arten, unter den lokal vorhandenen bereits heute gefährdeten Tier- und Pflanzenwelt (z.B. Gestreifte Quelljungfer, Großes Mausohr, Bechsteinfledermaus, Rotmilan, Groppe, Strömer) • Pot. Beeinträchtigungen der landschaftlichen Schönheit dieses besonderen Landschaftsteils durch temporäre (andauernde Trockenphasen, geringe Niederschläge im Sommerhalbjahr, Niedrigwasser, Starkniederschläge) Veränderungen des Landschaftsbildes oder permanente Veränderungen (Ausbau erneuerbare Energien durch Windkraftanlagen im Umfeld des NSGs, klimatische Extremereignisse mit dauerhaft sichtbaren Folgen) (May et al. 2016) 	
--	--	--	---	---	--

4.039	NSG	Mariataler Wäldle (Verordnung von 1966)	<p>Lebensraum Laubwälder wechsel-feuchter Standorte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • starke Fluktuation der Grundwasserspiegel in Laubwäldern wechselfeuchter Standorte möglich • ausgeprägte Trockenphasen im Sommer und Herbst aufgrund der negativen Wasserbilanz • Zunahme von Insektenkalamitäten (Eichenwickler, Frostspanner) • Veränderung von Strukturen im Wald durch Zunahme immergrüner Gehölze („Laurophyllisierung“) • Zunahme von Waldbrand <p>Lebensraum Stillgewässer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • stärkeres und häufigeres Hochwasser durch Starkniederschlagsereignisse • erhöhte Erosions- und Sedimentfracht nach Starkregen • im Sommer und Herbst häufigere Niedrigwasserstände und geringere Quellschüttungen bis hin zur zeitweisen Austrocknung • Anstieg der Wassertemperatur • erhöhte Nähr- und Schadstoffkonzentration im Sommer bei geringer Wasserführung • keine oder nur sehr dünne bzw. zeitweilige Eisdecke im Winter • verstärktes Wachstum von Algen und Makrophyten durch veränderten Nährstoff- und Temperaturhaushalt • starke Fluktuation des Grundwasserspiegels • ausgeprägte Trockenphasen im Sommer und Herbst aufgrund der negativen Wasserbilanz 	<ul style="list-style-type: none"> • Pot. Gefährdung durch Dünger- und Pestizideintrag von angrenzenden land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen • Pot. Betroffenheit des Weihers und der Tümpel von Niedrigwasser aufgrund der geringen Tiefe von Standgewässern (siehe May et al. 2016) • Biotopfunktionsverlust der hoch sensitiven Lebensräume: kleinere Feuchtgebiete, Röhrichte und Hochstaudenflure, Streuwiesen, seggen- und binsenreiche Nasswiesen (May et al. 2016) • Pot. Beeinträchtigung der im NSG vorkommenden Baumarten/Sträucher Pappel, Gewöhnliche Haselnuss, Berg-Ahorn, Berg-Ulme, Stiel-Eiche, Pappeln, Schmitts Kirsche, Gemeine Rosskastanie aufgrund einer geringer Trockenheitstoleranz (geringe Gefährdung von Feld-Ahorn, Gemeine Esche, Sibirische Ulme, Zweifarbige Eiche, Kastanien-Eiche, Hainbuchen, Weißdorn aufgrund hoher Trockenheitstoleranz) (May et al. 2016) • Pot. moderate Gefährdung der Bäume durch Sturmwurf und damit Beeinträchtigungen der im Westen angrenzenden Bebauung mit Weg- und Straßenrändern, welche bis an die Grenzen des NSGs ohne Pufferzone heranragen (Überprüfung von flachwurzelligen Baumbeständen in Zukunft pot. häufiger notwendig als bisher) → überwiegend sehr sturmwurfresistente Baumbestände im NSG mit Feld-Ahorn, Berg-Ahorn, Hainbuche und Gemeine Esche (May et al. 2016) 	mittel
-------	-----	--	--	---	--------

			<ul style="list-style-type: none"> • in Trockenphasen verstärkter Humus- und Torfmineralisierung, erhöhte Nährstofffreisetzung und Eutrophierung • Starke Ausbreitung von Neozoen und Neophyten 		
4.040	NSG	Schenkenwald (Verordnung von 1967, Würdigung) *im GMS-Gebiet „Unterer Schenkenwald“ kleinflächig vertreten	<p>Lebensraum Feucht- und Nasswälder (Auenwälder):</p> <ul style="list-style-type: none"> • im Sommer und Herbst häufigere Niedrigwasserstände und geringere Quellschüttungen bis hin zur zeitweisen Austrocknung • starke Fluktuation des Grundwasserspiegels • ausgeprägte Trockenphasen im Sommer und Herbst aufgrund der negativen Wasserbilanz • in Trockenphasen verstärkter Humus- und Torfmineralisierung, erhöhte Nährstofffreisetzung und Eutrophierung • Zunahme von Insektenkalamitäten (Eichenwickler, Frostspanner) • starke Ausbreitung von Neozoen und Neophyten <p>Lebensraum Laubwälder wechsel-feuchter Standorte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • starke Fluktuation der Grundwasserspiegel in Laubwäldern wechselfeuchter Standorte möglich • ausgeprägte Trockenphasen im Sommer und Herbst aufgrund der negativen Wasserbilanz • Zunahme von Insektenkalamitäten (Eichenwickler, Frostspanner) • Veränderung von Strukturen im Wald durch Zunahme immergrüner Gehölze („Laurophyllisierung“) • Zunahme von Waldbrand 	<ul style="list-style-type: none"> • Pot. Veränderung der Zusammensetzung der Waldgesellschaften aufgrund von klimawandelbedingten Veränderungen der Grundwasserstände • Pot. hohe Betroffenheit der heute nur noch marginal vorkommenden Überreste von Auwäldern in Rinnen und Einsenkungen aufgrund möglicher Absenkungen der Grundwasserstände • Weitere pot. Gefährdung (geringe Trockentoleranz) heimischer Laubhölzer des Schenkenwaldes (May et al. 2016ff.): Schwarz-Erle (<i>Alnus glutinosa</i>), Fichte (<i>Picea abies</i>), Berg-Ahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i>), Traubenkirsche/Faulbaum (<i>Prunus padus</i>), Sommer-Linde (<i>Tilia platyphyllos</i>), Berg-Ulme (<i>Ulmus scabra</i>), Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i>) <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>Pot. klimasensitive Sträucher:</u> Gewöhnliche Haselnuß (<i>Corylus avellana</i>) • Pot. erhöhtes Sturmwurfisiko für folgende Baumarten des Schenkenwaldes (May et al. 2016): Fichten (<i>Picea abies</i>) • Pot. Gefährdung der vorkommenden Waldgesellschaften nach Petermann et al. 2007 (Schlumprecht 2013): <ul style="list-style-type: none"> - Hainbuchen-Stieleichen-Wald (Code 56.12) = mittlere Sensitivität - Waldmeister-Buchenwald (FFH-LRT 9130) = mittlere Sensitivität - Schwarzerlen-Eschen-Wald (Code 52.32) = hohe Sensitivität • Pot. Arealverluste des Subatlantischer oder mitteleuropäischer Stieleichenwald oder Eichen-Hainbuchenwald möglich (Schlumprecht 2013). Deswegen besteht gegebenenfalls eine erhöhte Schutzverantwortung für den Stieleichen-Hainbuchen-Mischwaldes des Schenkenwaldes. • Insgesamt werden Stieleichen hinsichtlich ihrer Trockenstresstoleranz aufgrund ihrer geringen Wassernutzungseffizienz und Photosyntheseleistung als problematisch eingestuft (Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (RLPKK) 2022). Pot. Gefährdung der Stieleichen aufgrund von zunehmendem Stress durch schwankende Wasserstände. Stieleichenbestände können insbesondere durch kombiniertes Auftreten von extremen Klimawandelfolgen (Trockenstress, 	mittel

				<p>Winter- und Frühjahrsfrost) und Insektenbefall in aufeinanderfolgenden Jahren eine erhöhte Trockenheitssensitivität aufweisen (Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (RLPKK) 2022).</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Hainbuchen zeigen eine sehr geringe Sensitivität gegenüber klimawandelfolgen aufgrund ihrer hohen Trocken- und Frosttoleranz, geringen Sturmwurftrisikos sowie vergleichsweise geringeren Risikos für Schädlingsbefall (Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (RLPKK) 2022). 	
4.139	NSG	Kemmerlanger Moos (Verordnung von 1987)	<p>Lebensraum Moore und Sümpfe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • stärkeres und häufigeres Hochwasser durch Starkniederschlagsereignisse • im Sommer und Herbst häufigere Niedrigwasserstände und geringere Quellschüttungen bis hin zur zeitweisen Austrocknung • verstärktes Wachstum von Algen und Makrophyten durch veränderten Nährstoff- und Temperaturhaushalt • starke Fluktuation des Grundwasserspiegels • ausgeprägte Trockenphasen im Sommer und voraus. negative Wasserbilanz • in Trockenphasen verstärkter Humus- und Torfmineralisierung, erhöhte Nährstofffreisetzung und Eutrophierung • Starke Ausbreitung von Neozoen und Neophyten 	<ul style="list-style-type: none"> • Pot. Gefährdung der natürlicher Feuchtgebietsmosaike (Verlandungszone des Flappachweihers, Quellmoor, Bachlauf, Streuwiesen ect.) als Lebensraum intakter Lebensgemeinschaften mit einer Vielzahl von zum Teil sehr seltenen Pflanzen und Tieren aufgrund veränderten Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen und somit auch Veränderungen des Bodenwasserhaushalts • Potenzielle Gefährdung für erhöhten Abbau der in den Quellmooren gespeicherten organischen Materials, Freisetzung von klimawirksamen Spurengasen • Pot. Gefährdung klimaempfindlicher Pflanzenarten: Davalls Segge (<i>Carex davalliana</i>), Rundblättriger Sonnentau (<i>Drosera rotundifolia</i>), Rostrottes Kopfried (<i>Schoenus ferrugineus</i>) • Pot. Gefährdung der klimasensitiven Tierarten (z.B. Schmale Windelschnecke, Bechsteinfledermaus, Großes Mausohr, Groppe, Strömer) 	hoch
4.199	NSG	Annaberg (Schutzwürdigung 1990 und Verordnung 1992)	<p>Lebensraum trockener Standorte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frühere Vegetationsentwicklung führt in Kombination mit hohen Stickstoffeinträgen zu einem früheren und schnelleren Biomassenaufwuchs („mikroklimatische Abkühlung“) • Verringerte Nährstoffverfügbarkeit während der längeren Trockenphasen im Sommer („Oligotrophierung“) 	<ul style="list-style-type: none"> • Dünger- und Pestizideintrag von angrenzenden land- und forstwirtschaftlichen Bewirtschaftungsflächen bspw. in Folge von Starkregeneignissen • Pot. Risiko für Rutschungen aufgrund der Hangneigung und Exposition • Pot. Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen der trockensensitiven nackten Sandböden und der Kieskörper mit potenziell geringer Wasserspeicherkapazität 	gering

				<ul style="list-style-type: none"> • geringe Beeinträchtigenden der überwiegend trockenen Magerstandorte (Klimasensitivität des Biotoptyps „Kiesige oder sandige Abbaufläche (Code 21.50)“ und „Ruderalvegetation (Code 35.60)“ nach Petermann et. al. 2007 als gering einstuftbar (Schlumprecht 2013)), leichte Beeinträchtigung der wenigen Feuchtlebensräume möglich • Pot. Gefährdung seltener und geschützten Tier- und Pflanzenarten des Sekundärbiotops Annaberg, teils aber auch begünstigte Pflanzen: <ul style="list-style-type: none"> ○ - stark klimaempfindliche Pflanze: Deutsche Tamariske (<i>Myricaria germanica</i>), Bunter Schachtelhalm (<i>Equisetum variegatum</i>) - Klimabegünstigte Pflanze: Hundswurz (<i>Anacamptis pyramidalis</i>) 	
4.151	NSG	Gornhofer Egelsee (Schutzwürdigung 1987)	<p>Lebensraum Stillgewässer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • stärkeres und häufigeres Hochwasser durch Starkniederschlagsereignisse • erhöhte Erosions- und Sedimentfracht nach Starkregen • Im Sommer und Herbst häufigere Niedrigwasserstände und geringere Quellschüttungen • Anstieg der Wassertemperatur • erhöhte Nähr- und Schadstoffkonzentration im Sommer bei geringer Wasserführung • geringerer Sauerstoffgehalt u.a. infolge erhöhter Temperaturen im Sommer • keine oder nur sehr dünne bzw. zeitweilige Eisdecke im Winter • verstärktes Wachstum von Algen und Makrophyten durch veränderten Nährstoff- und Temperaturhaushalt • starke Fluktuation des Grundwasserspiegels • ausgeprägte Trockenphasen im Sommer und Herbst aufgrund der negativen Wasserbilanz • in Trockenphasen verstärkter Humus- und Torfmineralisierung, erhöhte Nährstofffreisetzung und Eutrophierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigung des Gewässers aufgrund von Erhöhungen der Wassertemperaturen und potenzielle Erniedrigung des Gewässerzuflüsse der angrenzenden entwässernden Wiesen im Zuge steigender Verdunstungsraten • Pot. Gefährdung des Feuchtgebietscharakters und des Bodenwasserhaushalts des Gebiets, insb. der Streuwiese samt der typischen Flora und Fauna der Brut- und Rastgebiet gefährdeter Vogelarten und der Laichgebiet von Amphibien • Pot. Veränderung der Funktion des Egelsees als Rastplatz für Vogelzug, aufgrund sich verändernder Verhaltensweisen und Routen von Zugvögeln • Pot. Gefährdung der klimasensitiven Arten und Pflanzenvorkommen (z.B. Großes Mausohr, Europäischer Laubfrosch) 	mittel

			<ul style="list-style-type: none"> Starke Ausbreitung von Neozoen und Neophyten 		
4.268	NSG	Knellesberger Moos (Schutzwürdigung 1996)	<p>Lebensraum Moore und Sümpfe, Fließgewässer:</p> <ul style="list-style-type: none"> stärkeres und häufigeres Hochwasser durch Starkniederschlagsereignisse erhöhte Erosions- und Sedimentfracht nach Starkregen im Sommer und Herbst häufigere Niedrigwasserstände und geringere Quellschüttungen Anstieg der Wassertemperatur und erhöhte Nähr- und Schadstoffkonzentration im Sommer bei geringer Wasserführung, Folge: Verstärkung des Wachstums von Algen und Makrophyten möglich starke Ausbreitung von Neozoen und Neophyten starke Fluktuation des Grundwasserspiegels 	<ul style="list-style-type: none"> Pot. Gefährdung des Fließgewässers Schwarzach durch Gewässerverunreinigung oder Stoffeinträge in Folge von Starkregenereignissen und verstärkter Bodenerosion angrenzender ackerbaulichen Flächen Pot. Beeinträchtigung der naturräumlichen Voraussetzungen für die weitere Entwicklung des naturnahen Galeriewaldartigen Ufergehölz der Schwarzach Verschlammung, Versandung der Gewässersohle der Schwarzach, Eutrophierung Beeinträchtigungen der Nass-, Feucht- und Streuwiesen, der Reste des Versumpfungsmoores sowie einer Enzian-Pfeifengraswiese, Streuobstwiesen, naturnaher Auwaldelemente, Röhrichtbestände mit ihren zum Teil stark gefährdeten Tier- und Pflanzenarten aufgrund von Austrocknung Vorkommen klimasensitiver Tierarten (z.B. Groppe, Strömer, Großes Mausohr) 	hoch
8124-341	FFH	Altdorfer Wald (Managementplan 2020)	<p>Hoch klimasensitive FFH-LRTs:¹⁰</p> <ul style="list-style-type: none"> Nährstoffarme bis mäßig nährstoffreiche Stillgewässer [3130] Kalkreiche, nährstoffarme Stillgewässer mit Armleuchteralgen [3140] Fließgewässer mit flutender Wasservegetation [3260] Kalk-Magerrasen [6210] Naturnahe Hochmoore [*7110] Übergangs- und Schwingrasenmoore [7140] Kalktuffquellen [7220] Kalkreiche Niedermoore [7230] Schlucht- und Hangmischwälder [9180] Moorwälder [91D0] Auenwälder mit Erle, Esche, Weide [*91E0] 	<ul style="list-style-type: none"> Pot. Gefährdung klimaempfindlicher Pflanzenarten: Grünes Koboldmoos (<i>Buxbaumia viridis</i>), Grünes Besenmoos (<i>Dicranum viride</i>) Pot. Gefährdung klimaempfindlicher Tierarten: Vierzähnlige Windschnecke (<i>Vertigo geyeri</i>), Schmale Windschnecke (<i>Vertigo angustior</i>), Kleine Flussmuschel (<i>Unio crassus</i>), Helm-Azurjungfer (<i>Coenagrion mercuriale</i>), Goldener Scheckenfalter (<i>Euphydryas aurinia</i>), Steinkrebs (<i>Austropotamobius torrentium</i>), Kammolch (<i>Triturus cristatus</i>), Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>), Großes Mausohr (<i>Myotis myotis</i>), Biber (<i>Castor fiber</i>) 	hoch

¹⁰ Die Bewertung der Klimasensitivität der aufgelisteten FFH-Lebensraumtypen entspricht gemäß Petermann et al. (2007) der Bewertungsstufe „hoch“ (Vergleiche hierzu: Tabelle 8).

			<ul style="list-style-type: none"> • Bodensaure Nadelwälder [9410] 		
8223-311	FFH	Schussenbecken mit Tobelwäldern südl. Blitzenreute (Managementplan 2020)	<p>Hoch klimasensitive FFH-LRTs³:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fließgewässer mit flutender Wasservegetation [3260] • Kalk-Magerrasen [6210] • Übergangs- und Schwingrasenmoore [7140] • Kalktuffquellen [7220] • Kalkreiche Niedermoore [7230] • Schlucht- und Hangmischwälder [9180] • Auenwälder mit Erle, Esche, Weide [*91E0] 	<ul style="list-style-type: none"> • Pot. Gefährdung klimaempfindlicher Pflanzenarten: Grünes Besenmoos (<i>Dicranum viride</i>), Firnisglänzende Sichelmoos (<i>Hamatocaulis vernicosus</i>), Sumpf-Glanzkraut (<i>Liparis loeselii</i>), Sumpf-Siegwurz (<i>Gla-diolus palustris</i>), Frauenschuh (<i>Cypripedium calceolus</i>) • Pot. Gefährdung klimaempfindlicher Tierarten: Schmale Windelschnecke (<i>Vertigo angustior</i>), Kleine Flussmuschel (<i>Unio crassus</i>), Steinkrebs (<i>Austropotamobius torrentium</i>), Hirschkäfer (<i>Lucanus cervus</i>), Bitterling (<i>Rhodeus sericeus amarus</i>), Groppe (<i>Cottus gobio</i>), Strömer (<i>Leuciscus souffia agassizi</i>), Helm-Azurjungfer (<i>Coenagrion mercuriale</i>), Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>), Bechsteinfledermaus (<i>Myotis bechsteinii</i>), Großes Mausohr (<i>Myotis myotis</i>) 	hoch

(Quelle: HHP 2022, nach (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) 2010)

3.5 Handlungsfeld Landwirtschaft

Erfassung und Bewertung der Betroffenheit landwirtschaftlicher Böden gegenüber Austrocknung

Die standörtliche Sensitivität von Böden gegenüber Austrocknung wurde auf Basis der naturräumlichen Gegebenheiten (nutzbare Feldkapazität, Grundwasser) ermittelt. Besonders betroffen sind flachgründige Böden mit einem geringen Wasserrückhalt (niedrige nutzbare Feldkapazität) (Schmidt et al. 2011). Insgesamt wurde die Bewertung der Sensitivität gegenüber Austrocknung der Böden in Anlehnung an das Bewertungsschema des Regionalen Planungsverbandes Leipzig-West Sachsen (2011) vorgenommen und modifiziert. Für die Ermittlung der Betroffenheit gegenüber Austrocknung wurde der Bodenkennwert der nutzbaren Feldkapazität (nFK) bis 1 dm Tiefe herangezogen, um die Fähigkeiten der Bereitstellung von pflanzenverfügbarem Wasser abzubilden. Die Klassifizierung der nutzbaren Feldkapazität wurde anhand der Einstufung der Dokumentation „Geo-Fachdaten BW – Bodenkunde (LGRB 2019)“ vorgenommen. Die nFK wurde anschließend in Bezug auf das Vorkommen grundwasserbeeinflusster Böden gesetzt, da in Grund- und Stauwasser führenden Bodenhorizonten das Grobporenvolumen zusätzlich als Wasserspeicher dient und die Austrocknungsgefahr gering ist (LGRB 2019). Im Rahmen der ersten Auswertung konnten aufgrund der lokalen Gegebenheit keine Flächen mit einer hohen Betroffenheit ermittelt werden. Aus Gründen der vorsorgeorientierten Planung wurden daher die Minimalwerte der nFK für die Bewertung herangezogen, um Böden zu berücksichtigen, die stellenweise sehr geringe nFK-Werte aufweisen. Die Methodik ist der Tabelle 16 zu entnehmen:

Tabelle 16: Bewertungsschema Sensitivität von landwirtschaftlichen Böden gegenüber Austrocknung

		Grund- und Stauwasservorkommen bis 1 m Tiefe	
		keine Angabe	1, 2, 3, 4
Minimalwerte der Nutzbaren Feldkapazität (mm bzw. l/m ²)	>= 90	hoch	gering
	> 90 bis 140	mittel	gering
	> 140	gering	gering

		Vorkommen von Grundwasser in 1-2 m Tiefe	
		keine Angabe	1,2
		1 = Grundwasser 2 = zeitweise Grundwasser	

		Grund- und Stauwasservorkommen bis 1 m Tiefe	
		keine Angabe	1, 2, 3, 4
		1 = Grundwasser 2 = zeitweise Grundwasser 3 = Stauwasser 4 = zeitweise Stauwasser	

„UND“

Quelle: HHP.raumentwicklung 2022, verändert nach (Schmidt et al. 2011)

Die Daten der Minimalwerte der nFK sowie das Grund- und Stauwasservorkommen wurden aus der BK50 des Landesamts für Geologie und Rohstoffe (LGRB) abgeleitet. Das Bewertungsschema nach Schmidt et al., (2011) musste hinsichtlich des Indikators Grundwasser angepasst werden, da keine flächendeckenden Daten zu Grundwasserflurabständen zur Verfügung standen. Anstelle der Grundwasserflurabstände wurden die Aussagen der BK50 über Grund- und Stauwasservorkommen in 1m und 1 bis 2m Tiefe angewandt. Je ferner und seltener Grund- und Stauwasser auftreten, desto höher die Gefährdung gegenüber Austrocknung. Böden mit einer dauerhaften Grundwasserbeeinflussung wurden bei der Ermittlung der Austrocknungsgefahr im Zuge landwirtschaftlicher Nutzung ausgeschlossen. Flächen mit einer erhöhten Sensitivität gegenüber Austrocknung werden in der Karte E (Fläche ab 1 ha) mit einer hohen Betroffenheit gegenüber Trockenheit nur für die Landnutzungen Acker-, Garten- und Grünland, Streuobst und Sonderkulturen dargestellt. Im Zuge zukünftiger Fruchtartenzusammensetzungen können diese Flächen dahingehend berücksichtigt werden, dass in besonders sensiblen Flächen keine wasserzehrenden Fruchtarten wie beispielsweise Winterraps, Sommergerste oder Energiemais angebaut werden sollten (Schmidt et al. 2011).

Potenzielle Betroffenheit landwirtschaftlicher Flächen gegenüber Erosion durch Wasser

Die Gefährdung landwirtschaftlicher Flächen im Gemeindeverband wurde ermittelt, indem die Ergebnisse der natürlichen Bodenerosionsgefährdung der Klassifikationsstufen „(sehr) hoch“ mit größer 15 t pro Hektar pro Jahr, im Szenario nahe Zukunft (2021-2050) des Handlungsfelds Boden und Bodenschutz (siehe Kapitel 3.1) mit der Landnutzung (DGM 2020) im Untersuchungsgebiet überlagert wurden. Aus dem Ergebnis können landwirtschaftliche Flächen die potenziell von natürlicher Bodenerosion betroffen sind, in Ackerland, Hopfen, Grünland, Streuobstwiesen, Gartenland, Baumschulen und Obstplantagen unterschieden werden (siehe Karte E).

Potenziell sturzflutgefährdete landwirtschaftliche Flächen

Die landwirtschaftlichen Nutzflächen wurden für die Identifikation gefährdeter Bereiche mit dem Ergebnis der Sturzflutflächen aus dem Handlungsfeld Wasser und Wasserwirtschaft überlagert.

Potenziell überflutungsgefährdete landwirtschaftliche Flächen

In einem ersten Schritt wurden die potenziellen Überflutungsflächen bei einem Hochwasserextremereignis (HQ_{extrem}) der Hochwassergefahrenkarte des Landes (LUBW 2021) um die Überflutungsflächen des Flappachs (2019) und der Schussen (2012) ergänzt. Im Anschluss wurden die landwirtschaftlichen Flächen mit den Überflutungsflächen überlagert, um die potenziell von Überflutung betroffenen landwirtschaftlichen Nutzflächen identifizieren zu können. Die Datengrundlage der Hochwassergefahrenkarten wurde zum Bearbeitungszeitpunkt aktualisiert und der neueste Datenstand wurde zum Zeitpunkt der Bearbeitung der Betroffenheitsanalyse noch nicht durch die LUBW veröffentlicht. Daher kann es im Untersuchungsgebiet punktuell zu Abweichungen der Überflutungsflächen kommen.

Potenziell landwirtschaftliche Böden mit Frostrisiko

Das Gefährdungspotenzial landwirtschaftlicher Böden gegenüber Frost wird in der Karte E ausgewiesen, wenn landwirtschaftliche Nutzflächen mit frostempfindlichen Kulturen (Ackerland, Hopfen, Sonderkulturen) in Bereichen von Kaltluftstaugebieten liegen. Die Kaltluftstaugebiete wurden den Ergebnissen der Regionalen Klimaanalyse Hochrhein-Bodensee entnommen (Schwab und Zachenbacher 2009).

Auswertung der Klimasensitivität der Hauptagrarkulturen des GMS

Im Rahmen der Ermittlung der Betroffenheit für Klimawandelfolgen für verschiedene Anbaufrüchte wurden die Hauptnutzpflanzen im GMS auf der Datengrundlage des Landratsamtes Ravensburg (2019) hinsichtlich der potenziellen Betroffenheiten qualitativ-argumentativ in tabellarischer Form ausgewertet. Die Skizzierung potenzieller Auswirkungen des Klimawandels auf den Anbau der jeweiligen Nutzpflanzen wurde anhand eines qualitativen Vergleichs vorgenommen und orientiert sich maßgeblich an den Inhalten des Fachgutachtens für das Handlungsfeld Landwirtschaft von Flaig, (2013) und der Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung von Schaller und Weigel, (2007). Die Gesamtbewertung entspricht einer zusammenfassenden Einschätzung der qualitativen Hinweise der Literatur, hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels auf die jeweilige Nutzpflanze, sowie Hinweise aus Modellierungsergebnissen für Baden-Württemberg (Projekts KLARA; PIK 2005) zur zukünftigen Entwicklung und potenziellen Ertrags-einbußen unter veränderten klimatischen Bedingungen. Die Gesamtbewertung erfolgte durch eine dreistufige Bewertungsskala anhand der folgenden Kategorien:

- *Winner* (=wird voraussichtlich in Zukunft profitieren und in der durchschnittlichen Tendenz Ertragszuwächse verzeichnen),
- *Neutral* (=kann in Einzeljahren profitieren, aber je nach lokalen Auswirkungen von Extremereignissen auch stark verlieren. Eine allgemein gültige Aussage ist nicht möglich.) und
- *Verlierer* (=wird voraussichtlich in Zukunft unter den klimatischen Veränderungen leiden und in der durchschnittlichen Tendenz Ertragseinbrüche verzeichnen).

Tabelle 17: Hinweise für erwartbare Klimawandelfolgen für Hauptanbaukulturen im GMS

Nutzpflanze	Art der Wirkung	Qualitative Beschreibung der Klimawandelfolgen für die entsprechende Ackerfrucht	Gesamtbewertung (Gewinner= +, neutral= 0; Verlierer= -)
Winterdinkel	-	pot. wachsende Erosionsschutz notwendig aufgrund von zunehmenden Häufigkeiten von Starkregen (Wippel, van Dijk et al. 2016)	0
	-	pot. Risikos der Notreife des Dinkels bei langanhaltenden Trockenzeiten und daraus resultierenden Ertragseinbrüchen (Wippel, van Dijk et al. 2016)	
	+	relative Unempfindlichkeit geg. der pot. zunehmender Ausbreitung von Krankheitserreger (Wippel, van Dijk et al. 2016)	
	+	relativ geringe Betroffenheit gegenüber Wetterextremen (Wippel, van Dijk et al. 2016)	
	+	Ertragseinbrüche pot. geringer als bei Sommerungen (Schaller, Weigel 2007)	
Winterweichweizen	-	relativ geringe Trockentoleranz (Flaig 2013), hohe Sommertemperaturen und die zunehmende Frühsommertrockenheit können Erträge stark limitieren (Schaller, Weigel 2007)	-
	+	Ertragszuwachs bei Erhöhung der CO ² Konzentration erwartbar (ca. 16%) (Schaller, Weigel 2007)	
	-	erhöhte Empfindlichkeit gegenüber erhöhten O ₃ -Konzentrationen (Ozon) (Schaller, Weigel 2007)	
	+	pot. Schwächung von Winterweizenschädlingen (<i>Delia coarctata</i>) (Schaller, Weigel 2007)	
	-	pot. Erhöhung des Ausbreitungsrisikos von wärmeliebenden Krankheitserregern, z.B. der Blattfleckenerreger (<i>Drechslera tritici-repentis</i>) (Schaller, Weigel 2007)	
	-	pot. Verlust der Konkurrenzkraft von Winterweizen gegenüber Mais in warmen Gebieten Baden-Württemberg erwartbar (Flaig 2013)	
	-	pot. steigender Beregnungsbedarf (Schaller, Weigel 2007)	
Sommerweichweizen	-	relativ geringe Trockentoleranz (Flaig 2013), zu hohe Temperaturerhöhungen können negative Folgen für Entwicklung und Erträge haben (Schaller, Weigel 2007)	-
	+	Ertragszuwachs bei Erhöhung der CO ² Konzentration erwartbar (Schaller, Weigel 2007)	
	-	erhöhte Empfindlichkeit gegenüber erhöhten O ₃ -Konzentrationen (Ozon) (Schaller, Weigel 2007)	
	+	pot. geringeres Risiko für Pilzinfektionen aufgrund trockener und heißer Sommer (z.B. Blattdürre und Spelzenbräune des Weizens (<i>Septoria tritici</i> und <i>S. nodorum</i>)) (Schaller, Weigel 2007)	
	-	pot. steigender Bewässerungsbedarf (Schaller, Weigel 2007)	
	-	pot. Erhöhung Ausbreitungsrisikos von wärmeliebenden Krankheitserregern, z.B. des Blattfleckenerregers (<i>Drechslera tritici-repentis</i>) (Schaller, Weigel 2007)	
Wintergerste	-	pot. Gefahrenzunahme von Schäden durch Früh- oder Spätfröste, aufgrund der nur mäßigen Frostresistenz (Schaller, Weigel 2007)	0
	+	relativ hitze- und trocken tolerant (Flaig 2013)	
	+	Ertragszuwachs bei Erhöhung der CO ² Konzentration erwartbar (ca. 8%) (Schaller, Weigel 2007)	

	+	relativ geringes Risiko für hitzebedingte Ertragsrückgänge, da große Teile der vegetativen Entwicklung im Herbst und Winter erfolgen und aufgrund der Begrannung (Flaig 2013; Schaller, Weigel 2007)	
	-	Pot. steigende Gefahr des Auswinterns aufgrund geringer Winterhärte und sinkender Abhärtung bei zukünftig wärmeren Wintertemperaturen (Schaller, Weigel 2007)	
	-	pot. Zunahme der Gefahr durch Krankheitserreger wie das Gelbverzwergungsvirus das in milden Wintern durch hohe Blattlauspopulationen sich besser ausbreiten kann (Flaig 2013)	
Sommergerste	-	Extreme Temperaturerhöhungen können negative Folgen für Entwicklung und Erträge haben (Temp. > 35 Grad) (Schaller, Weigel 2007)	+
	+	Ertragssteigerungen bei zukünftiger Erhöhung der CO ² -Konzentration in der Atmosphäre potenziell möglich aufgrund des Co ² -Düngeeffekts (Steigerung der Photosyntheserate bei C3 -Pflanzen) (Zebisch, Grothmann et al. 2005)	
	+	Pot. steigende Nachfrage des Anbaus aufgrund des geringer Wasserbedarfs und hoher Ertragsstabilität auch unter extremen klimatischen Bedingungen (Schaller, Weigel 2007)	
	+	pot. geringeres Risiko für Pilzinfektionen aufgrund trockener und heißer Sommer (z.B. Rhynchosporium Blattfleckenkrankheit der Gerste) (Schaller, Weigel 2007)	
Sommerhafer	-	Verringerung der Anbaueignung von Hafer aufgrund seiner geringen Hitze- und Trockentoleranz (Flaig 2013)	-
	-	hohe Sensitivität der generativen Entwicklungsstadien bei sehr hohen Temperaturen für Hafer. Es kann zu Ertragseinbußen aufgrund von Problemen bei der Befruchtung und daraufhin verringerte Kornzahl kommen (Schaller, Weigel 2007)	
	+	pot. positive Auswirkungen auf die Ertragsleistungen von Sommerhafer aufgrund höherer Durchschnittstemperaturen und früheren Vegetationsbeginn (Wippel, van Dijk et al. 2016)	
Wintertriticale	-	pot. steigender Bedarf an Fungiziden, aufgrund höheren Befallsrisiko von Mehltau, Gelb- und Braunrost (Brockerhoff 2020)	+
	+	pot. positive Auswirkungen auf die Ertragsleistungen von Wintertriticale aufgrund höherer Durchschnittstemperaturen und früheren Vegetationsbeginn (Wippel, van Dijk et al. 2016)	
	+	pot. geringeres Risiko für Ertragseinbußen bei Winterungen als bei Sommerungen (Schaller, Weigel 2007)	
	+	pot. geringere Betroffenheit von Trockenstress gegenüber herkömmlichen Weizen (Schaller, Weigel 2007)	
Körnermais/CCM	+	Mais als wärmeliebende C4-Pflanze kann aufgrund von Klimawandelfolgen bei moderaten Temperaturerhöhungen und ausreichend Wasserverfügbarkeit potenziell profitieren (Schaller, Weigel 2007)	+
	+	pot. Ausdehnung der Anbaueignung in höhere Lagen (Schaller, Weigel 2007)	
	+	pot. höhere Ansprüche an ausreichend warme Bodentemperaturen im Frühjahr als Silomais (Schaller, Weigel 2007). Aufgrund von Temperaturanstiegen könnte der Anbauanteil gegenüber dem derzeit überwiegender Silomaisanbau deutlich steigen (Flaig 2013)	
	-	pot. hohes Risiko für Qualität und Erträge durch steigende Gefahr von Spätfrost und Hagel (Erosion) (Wippel, van Dijk et al. 2016)	
	-	pot. Gefährdung der hohen Ertragspotenziale von Mais bei unzureichender Wasserversorgung und langen Dürrephasen (Flaig 2013)	
	-	pot. erhöhtes Risiko für eine Zunahme wärmeliebender Ackerunkräuter bei Mais (Schaller, Weigel 2007)	
	-	pot. Zunahme des Schädlingsdrucks, z.B. des Maiszünslers (Ostrinia nubilalis) (Schaller, Weigel 2007)	
	-	pot. steigender Bewässerungsbedarf aufgrund klimawandelbedingter Anstiege der Evapotranspiration bei gleichzeitig geringen Niederschlägen (Flaig 2013)	

	-	pot. Zunahme wärmeliebender Schaderreger: Blattfleckenerreger in Mais (Setosphaeria, Drechslera spp., Bipolaris spp.) (Flaig 2013)	
Silomais	+	Mais als wärmeliebende Fruchtart kann aufgrund von Klimawandelfolgen bei moderaten Temperaturerhöhungen und ausreichend Wasserverfügbarkeit potenziell profitieren (Schaller, Weigel 2007)	0
	+	pot. Ausdehnung der Anbaueignung in höhere Lagen (Schaller, Weigel 2007) und auf unrentabel gewordenes Grünland (Flaig 2013) [Hinweis: In Baden-Württemberg besteht jedoch das Grünlandumbruchsverbot]	
	-	pot. hohes Risiko für Qualität und Erträge durch steigende Gefahr von Spätfrost und Hagel (Wippel, van Dijk et al. 2016)	
	-	pot. Gefährdung der hohen Ertragspotenziale von Mais bei unzureichender Wasserversorgung und langen Dürrephasen (Flaig 2013)	
	-	pot. erhöhtes Risiko für eine Zunahme wärmeliebender Ackerunkräuter bei Mais (Schaller, Weigel 2007)	
	-	pot. steigender Bewässerungsbedarf aufgrund klimawandelbedingter Anstiege der Evapotranspiration bei gleichzeitig geringen Niederschlägen (Flaig 2013)	
	-	pot. Zunahme des Schädlingsdrucks, z.B. des Maiszünslers (Ostrinia nubilalis) (Schaller, Weigel 2007)	
	-	pot. Zunahme wärmeliebender Schaderreger: Blattfleckenerreger in Mais (Setosphaeria, Drechslera spp., Bipolaris spp.) (Flaig 2013)	
Winterraps	-	pot. Abnahme der Gefahr für Blattkrankheiten, aber pot. Zunahme für Stengelkrankheiten bei Raps (Schaller, Weigel 2007)	-
	-	Verringerung der Anbaueignung von Raps aufgrund seiner geringen Hitze- und Trockentoleranz (Flaig 2013)	
	-	pot. Erhöhung der Betroffenheit geg. Spätfrösten aufgrund der verfrühten Rapsblüte (MUKE / LUBW 2020)	
	-	pot. Rückgang des Ölgehalts bei steigenden Temperaturen mit negativen Folgen für die Verwendung als Biodiesel (Schaller, Weigel 2007)	
	+	pot. steigender Eiweißgehalt bei Temperaturanstieg mit positiven Folgen für die Nutzung als Tierfutter (Schaller, Weigel 2007)	
Sojabohne	+	Soja als wärmeliebende Fruchtart (C4-Photosynthese-Typ) kann im Zuge klimawandelbedingter moderater Temperaturerhöhungen bei ausreichend Wasserverfügbarkeit potenziell profitieren (Schaller, Weigel 2007)	+
	-	erhöhte Empfindlichkeit gegenüber erhöhten O3-Konzentrationen (Ozon) (Schaller, Weigel 2007)	
	+	relativ hohe Trockentoleranz, außer zwischen Blühbeginn und Beginn der Kornausbildung (Schaller, Weigel 2007)	
	+	pot. Ausweitung der Anbauggebiete aufgrund besserer Wuchsbedingungen und Konkurrenzkraft (Flaig 2013)	
	-	pot. Zunahme der Gefahr von Schäden durch Früh- oder Spätfröste. Temperaturen unter 8 Grad zum Blühbeginn verhindern die Befruchtung der Pflanze (Schaller, Weigel 2007)	
Klee-, Luzerne- und Ackergras	+	Grünlandarten reagieren positiv auf moderaten Temperaturanstieg und verlängerte Vegetationsperioden (Schaller, Weigel 2007)	+
	-	leichte Empfindlichkeit gegenüber erhöhten O3-Konzentrationen (Ozon) (Schaller, Weigel 2007)	
	+	pot. geringe Betroffenheit geg. Trockenstress bei Luzerne aufgrund tiefer Durchwurzelung und Erschließung tiefer Wasserschichten (Flaig 2013)	
	-	Deutsches Weidelgras und Weißklee weniger trockenolerant als Luzerne (Flaig 2013)	
	0	Gute Anpassungsfähigkeit der Grünlandbestände durch Änderung der Artenzusammensetzungen erwartbar. Aber eine schlechtere Futterqualität kann damit einher gehen (Schaller, Weigel 2007)	

Gemüse	+	Steigende Erträge für Gemüsesorten mit hohem Ernteindex, ausgeprägter Senkenstärke, nicht-determinierter Entwicklung und langer Vegetationsperiode bei steigender CO ² -Konzentration (Beispiele: Gurken ca. +34%, Karotten ca. +50% und Speisezwiebel ca. 86%) (Schaller, Weigel 2007)	+
	-	pot. Erhöhung des Risikos für Schäden durch Extremwetterereignissen, aufgrund der Zunahme der Häufigkeit und der Extreme der Ereignisse wie anhaltende Dürreperioden, Starkniederschlag, Hagel oder Sturm. Zunahme der Gefahr der Pflanzen durch Spät- und Frühfröste, aufgrund des Verlusts der Kälteresistenz der Pflanzen in Folge milder Winter (Flaig 2013)	
	-	pot. steigender Bewässerungsbedarf der Pflanzen aufgrund erhöhter Temperaturen und somit erhöhter Evapotranspiration und weniger Niederschlägen (Flaig 2013)	
	-	pot. Zunahme wärmeliebender Schaderreger: Dürrefleckenkrankheit (<i>Alternaria solani</i> , <i>Alternaria alternata</i>) bei Kartoffeln (Flaig 2013)	
	+	pot. Kultivierung von gering wärmebedürftigen Arten wie Rucola, Spinat oder Salat mit weniger bzw. ohne Heizenergie möglich. Ein Anstieg der Lufttemperatur um 1 Grad kann ca. 7% Heizenergieverbrauch einsparen (Flaig 2013)	
	+	Früher einsetzende Ernte und Ausweitung der Anbauzeiten (Flaig 2013)	
	0	pot. Ertragseinbußen aufgrund von Qualitätsminderungen, z.B. entwickeln Tomaten bei zunehmenden Temperaturen einen "Grünkragen", Radieschen, Kopf- und Feldsalat, Blumenkohl und Spinat vorzeitiges Schossen (Schaller, Weigel 2007)	
Erdbeeren	-	pot. Ausbreitungsgefahr der Bakterienkrankheit 'Eckige Blattfleckenkrankheit' (<i>Xanthomonas fragariae</i>) (Schaller, Weigel 2007)	-
	-	pot. Zunahme des Bewässerungsbedarfs (Flaig 2013)	
	-	pot. Zunahme der Frostgefährdung zu Beginn und Ende der Vegetationsperiode (Flaig 2013)	
	-	pot. Qualitätsminderung durch Hitzestress aufgrund erhöhter Atmung und schnellere Entwicklung und daraus resultierend geringerer Süße von Erdbeeren (Schaller, Weigel 2007)	
Zuckerrüben	-	erhöhte Hitzeempfindlichkeit und geringe Trockentoleranz (Flaig 2013)	-
	+	Profitiert von verlängerter Vegetationsperiode und Verfrühung der phänologischen Phasen, Zuckerrübe als mehrjährige Kultur kann auch nach Erreichen der Reifephase weiter wachsen (Zebisch, Grothmann et al. 2005)	
	+	Ertragssteigerungen bei zukünftiger Erhöhung der CO ² -Konzentration in der Atmosphäre potenziell möglich aufgrund des CO ₂ -Düngeeffekts (Steigerung der Photosyntheserate bei C3 -Pflanzen) (Zebisch, Grothmann et al. 2005)	
	-	pot. zunehmende Erosionsgefährdung der Abbauböden für diese Kultur durch steigende Häufigkeiten von Starkregenereignissen (Flaig 2013)	
	-	leichte Empfindlichkeit gegenüber erhöhten O ₃ -Konzentrationen (Ozon) (Schaller, Weigel 2007)	
	-	Erhöhung der Amino-N-Gehalte bei Zuckerrüben bei Hitzestress und damit einhergehende negative Auswirkungen auf den Rübenertrag (Flaig 2013)	
	-	pot. Erhöhung der Gefahr für Blattflecken durch <i>Cercospora</i> und <i>Ramularia</i> , <i>Rhizomania</i> und Virose bei der Zuckerrübe (Schaller, Weigel 2007)	
	-	pot. Bewässerungsbedarf aufgrund klimawandelbedingter Anstiege der Evapotranspiration bei gleichzeitig geringen Niederschlägen (Flaig 2013)	
-	pot. erschwerte Ernte von Zuckerrüben aufgrund von Problemen bei der Befahrbarkeit der Böden in Frühjahr und Herbst, wenn Niederschläge zunehmen und Frostperioden seltener werden (Flaig 2013)		

(Quelle: HHP 2022)

3.6 Handlungsfeld Wald- und Forstwirtschaft

Im GMS liegen sehr große Waldflächenanteile im Besitz des Landes Baden-Württemberg und der Kommunen (siehe Abbildung 14).

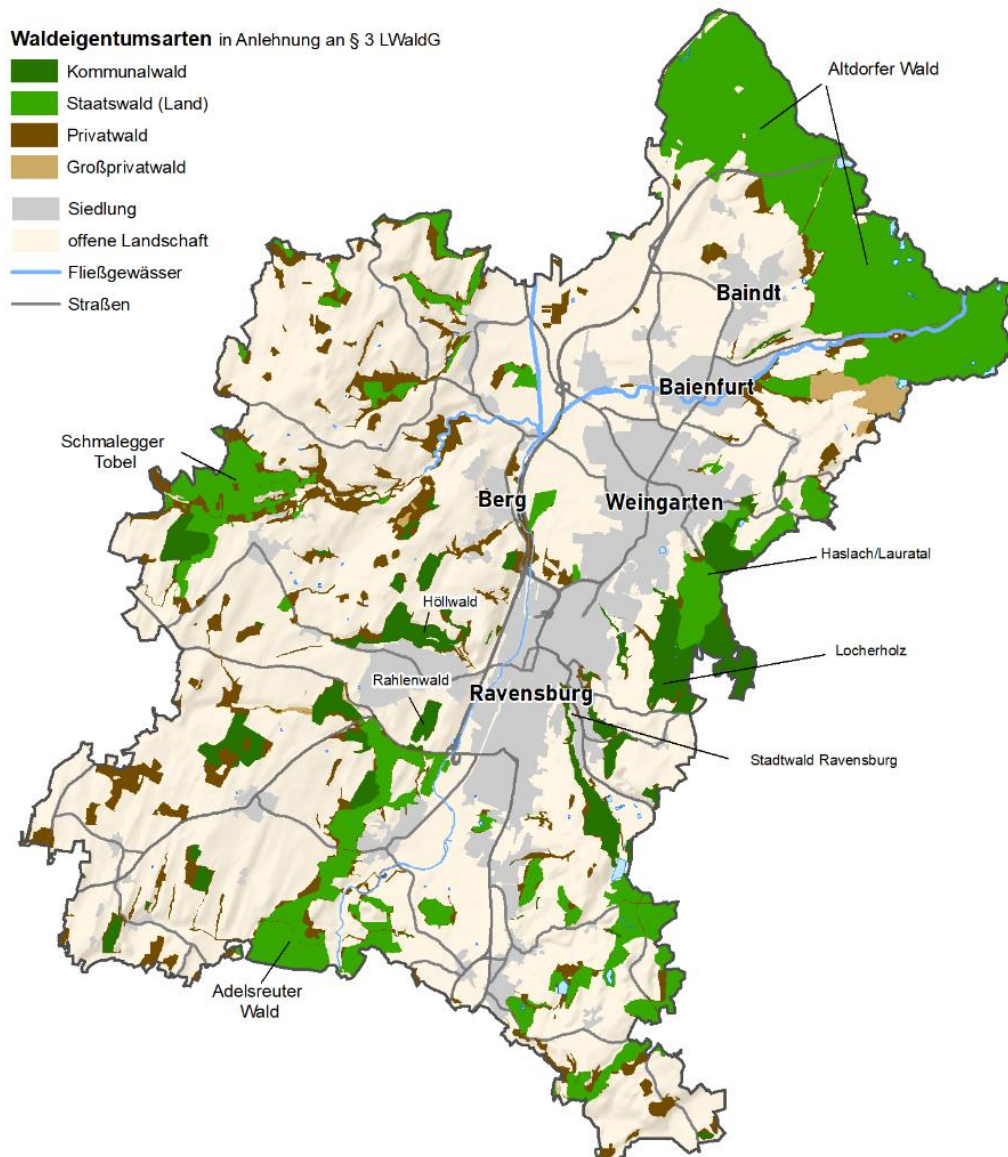


Abbildung 14: Übersicht der Waldeigentumsarten im Gebiet des GMS (Quelle: HHP 2022)

Zur Einstufung der Vulnerabilität der Staats- und Kommunalwaldflächen wurde der Vulnerabilitätsindex der Forstlichen Versuchsanstalt Baden-Württemberg (Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) 2019) verwendet. Der Index beschreibt, wie stark die heutigen Waldflächen von den Veränderungen des Klimawandels betroffen und gefährdet sein werden, und verwendet dafür ein multikriterielles Verfahren. Hierbei wurden die Kriterien Sturmwurfgefährdung, Borkenkäfermortalität sowie die klimatische Standorteignung (Trockenstress und Artverbreitung) berücksichtigt und das Zusammenwirken dieser verschiedenen Faktoren zu einer Gesamtbewertung verschmolzen. Die Datengrundlage dient der mittel- bis langfristigen Waldbauplanung und identifiziert besonders gefährdete Waldbereiche, die vorrangig für Anpassungsmaßnahmen in den Fokus genommen werden sollten. Die Klassifizierung der Gesamtvulnerabilität umfasst vier Vulnerabilitätsklassen von sehr gering bis sehr hoch. Der Vulnerabilitätsindex liegt in einer Horizontalauflösung von 20 m für die klimatischen Verhältnisse des Jahres 2019 vor (FVA 2019).

Ermittlung der potenziellen Beeinträchtigung der forstlichen Waldfunktionen

Die vorkommenden Waldfunktionen gemäß der Waldfunktionenkartierung (Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) 2021) wurden mit der Vulnerabilitätseinstufung der Waldflächen durch die FVA (2019) überlagert. In der tabellarischen Übersicht des Haupttextes werden die Waldfunktionen mit ihrem gesamten Flächenanteil im GMS hinsichtlich der Vulnerabilität ausgewertet. Dadurch wird deutlich, welche Waldfunktionen insgesamt wie stark von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sind und in Zukunft diese Funktionen nicht mehr in der heutigen Form erfüllen können. Die prozentuale Verteilung der Vulnerabilität von Waldflächen mit Erholungs- und Schutzfunktion wird zusätzlich in der Karte F für die folgenden sieben Schwerpunktgebiete im GMS differenziert:

1. Altdorfer Wald
2. Schmalegg
3. Adelsreuter Wald
4. Süd-östliche Randterassenwälder
5. Schussenbecken-Wälder
6. Nord-westliche Randterassenwälder

Die Abgrenzung der Waldschwerpunktgebiete erfolgte mittels einer gutachterlichen Zuordnung in Anlehnung an die naturräumlichen Einheiten und das Vorkommen zusammenhängender Waldgebiete. Durch die Betrachtung von Schwerpunktgebieten wird in der Karte F deutlich, welche Waldfunktionen in welchem Waldgebiet eine „hohe“ und „sehr hohe“ Vulnerabilität aufweisen.

Ermittlung der potenziellen Beeinträchtigungen von Waldbiotopen

Die potenzielle Beeinträchtigung von Waldbiotopen wurde anhand einer Einstufung der Klimasensitivität verschiedener Waldbiotoptypen auf Grundlage der Informationen aus der Waldbiotopkartierung abgeleitet und bewertet. Die Einstufung erfolgt analog den methodischen Hinweisen des Handlungsfeldes Ökologie und Biodiversität auf Basis von Petermann et al., (2007), erweitert um (Schlumprecht 2013) (siehe Kapitel 3.4).

4. Literaturverzeichnis

- Auerswald (1987): Einfluß der Bewirtschaftung auf das Ausmaß der Bodenerosion in Bayern. In: *Berichte zu deutschen Landeskunde* 61 (2), S. 349–363.
- Auerswald; Fischer; Winterrath et al. (2019): Klimabedingte Veränderung der Regenerosivität seit 1960 und Konsequenzen für Bodenabtragsschätzungen.
- Behrens; Hölzel und Fartmann (2009): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Biologische Vielfalt: Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=81f5693eb9edd41da8bac91880abbf37adebd966ad90f4bddc34ba7b2807c5c2JmltdHM9MTY1Nzg4ODk4NyZpZ3VpZD1hNWE2NzFiOS1IMTI2LTQ2YmM-tOTJjYi00YmU0M2E5NjEzZmJmMjAmaW5zaWQ9NTE3Nw&ptn=3&fclid=ad40787b-043b-11ed-a3c0-8c5cb2f3de52&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cudW13ZWx0Lm5ydy5kZS9maWxly-WRtaW4vcmlkYXN0aW9uL1BERnMvdW13ZWx0L2tsaW1hYWVuZGVydW5nZW5fYmlvbG9naX-NjaGVfdmllbGZhbHRfc3R1ZGllXzAzLnBkZg&ntb=1>.
- Beierkuhnlein; Jentsch-Beierkuhnlein; Reineking et al. (2014): Auswirkungen des Klimawandels auf Fauna, Flora und Lebensräume sowie Anpassungsstrategien des Naturschutzes. Ergebnisse des gleichnamigen F+E-Vorhabens (FKZ 3508 85 0600). Bonn - Bad Godesberg (Naturschutz und biologische Vielfalt, 137).
- Billen und Stahr (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Fachgutachten für das Handlungsfeld Boden. Hg. v. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW).
- Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA) (2011): Thesenpapier „Klimawandel und Naturschutz“. Online verfügbar unter https://www.lana.de/documents/thesenpapierprozent20klimawandelprozent20undprozent20naturschutz_1509646571.pdf, zuletzt geprüft am 26.04.2022.
- Deutscher Wetterdienst (DWD) (2022): Erläuterungen zur Verdunstung. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/dokumentationen/allgemein/basis_verdunstung_doku.html?lsbid=510132.
- DGB (Hg.) (2011): Boden und Klimawandel – Hat der Klimawandel einen Einfluss auf die Bodenfunktionen in der Wesermarsch? Unter Mitarbeit von K. Klaassen und L. Giani. DBG-Jahrestagung – Kom. V. Berlin und Potsdam.
- Ellenberg; Weber; Düll et al. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3., durchgesehene Auflage. Göttingen (Scripta Geobotanica, Volume 18).
- Flaig (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Fachgutachten für das Handlungsfeld Landwirtschaft. Karlsruhe.
- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) (Hg.) (2019): Leitfaden für das Portal Klimafolgenforschung FVA-BW.
- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) (2021): Waldfunktionenkartierung in Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://www.fva-bw.de/fileadmin/user_upload/Daten_und_Tools/Geodaten/Waldfunktionenkartierung/geodaten_waldfunktionenkartierung.pdf.

- Gregory; Willis; Jiguet et al. (2009): An indicator of the impact of climatic change on European bird populations. In: *PloS one* 4 (3), e4678.
- Höke; Deneborg und Kaufmann-Boll (2011): Klimabedingte Veränderung des Bodenwasser- und Stoffhaushaltes und der Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet der Emscher (dynaklim-Publikation, 11).
- Kerth; Blüthgen; Dittrich et al. (2014): Anpassungskapazität naturschutzfachlich wichtiger Tierarten an den Klimawandel. Ergebnisse des F+E-Vorhabens (FKZ 3511 86 0200). Bonn - Bad Godesberg (Naturschutz und biologische Vielfalt, 139).
- Klemmt (2018): Die Eiche(n) im Klimawandel. Eine Einwertung auf Basis des aktuellen Kenntnisstandes für Bayern. Hg. v. Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LFW).
- Landesamt für Geologie, Rohstoffsicherung und Bergbau (LGRB) (Hg.) (2015): Daten zur Bodenerosion in Baden-Württemberg.
- Landesamt für Geologie, Rohstoffsicherung und Bergbau (LGRB) (Hg.) (2019): Bodenerosionsgefährdung für das Starkregenisikomanagement in Baden-Württemberg.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) (2022): Informationssystem Zielartenkonzept Baden-Württemberg (ZAK). Online verfügbar unter <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/natur-und-landschaft/zielartenkonzept>.
- May; Arndt; Radtke et al. (2016): Kommunale Klimaanpassung durch die Landschaftsplanung. Ein Leitfaden. Hg. v. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) (KLIMOPASS-Berichte, 4500347097/23).
- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) (Hg.) (2010): Natur im Wandel. Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Nordrhein-Westfalen. Erfstadt.
- Müller-Westermeier (1999): Die mittleren klimatologischen Bedingungen in Deutschland (Teil III). Online verfügbar unter https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjxua7dgsH5AhWEPOw-KHTM_Bv4QFnoECBIAQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.dwd.de%2FDE%2Fleistungen%2Fklimatusbericht%2Fpublikationen%2Fksb1999_pdf%2F07_1999.pdf%3F__blob%3Dpublication-File%26v%3D1&usg=AOvVaw0j_5SbypvdaszMzdclSxl.
- Petermann; Balzer; Ellwanger et al. (2007): Klimawandel - Herausforderung für das europaweite Schutzgebietssystem Natura 2000. In: *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 46, S. 33–48.
- Rabitsch; Winter und Kühn (2010): Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Fauna in Deutschland. [Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben "Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Fauna in Deutschland" (FKZ 3508 86 0100)]. Bonn- Bad Godesberg (Naturschutz und biologische Vielfalt, 98).
- Regierungspräsidium Tübingen (RP Tübingen) (Hg.) (2020a): Managementplan für das FFH-Gebiet 8124-341 „Altdorfer Wald“.
- Regierungspräsidium Tübingen (RP Tübingen) (Hg.) (2020b): Managementplan für das FFH-Gebiet 8223-311 "Schussenbecken mit Tobelwäldern südlich Blitzenreute".
- Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (RLPKK) (2022): Hainbuche (*Carpinus betulus*). Online verfügbar unter <https://www.kwis-rlp.de/klimawandelfolgen/wald/nebenbaumarten/hainbuche/fazit/>.

- Schaller und Weigel (2007): Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung. Kassel (Landbauforschung Völkenrode: Sonderheft, 316).
- Schlumprecht (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Fachgutachten für das Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität.
- Schmidt; Seidel; Kolodziej et al. (2011): Vulnerabilitäsanalyse Westsachsen. Hg. v. Regionaler Planungsverband Leipzig-Westsachsen. Leipzig/Dresden.
- Schroeder (1967): Zur Klassifizierung hydromorpher Böden. In: *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* 116 (3), S. 199–207.
- Schwab und Zachenbacher (2009): Regionale Klimaanalyse Bodensee-Oberschwaben (REKLIBO). Wissenschaftlicher Abschlussbericht - Band 2. Hg. v. Regionalverband Bodensee-Oberschwaben (RVBO).
- Steinmetz; Wieprecht und Bárdossy et al. (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Fachgutachten für das Handlungsfeld Wasserhaushalt.
- Unsel (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels Fachgutachten für das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft.

5. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Räumliche Verteilung der Anzahl Heißer Tage im GMS für verschiedene Klimaperioden	2
Abbildung 2: Entwicklung des Niederschlags im GMS	2
Abbildung 3: Zeitlicher Trend der jährlichen mittleren Niederschlagssummen im GMS	2
Abbildung 4: Abweichung der Jahreswerte der realen Evapotranspiration vom Mittelwert (links) und Mittelwerte der realen Evapotranspiration (rechts) der Zeitreihe 1991 bis 2020 im GMS	4
Abbildung 5: Abweichung der Jahreswerte Bodentemperatur in 5cm Tiefe vom Mittelwert (links) und Mittelwerte Bodentemperatur in 5cm Tiefe (rechts) der Zeitreihe 1991 bis 2020 im GMS	5
Abbildung 6: Saisonale Abweichung der Bodenfeuchte vom Mittelwert der Zeitreihe DJF 1991 – SON 2020 (links) und Mittelwerte der Bodenfeuchte in der Zeitreihe 1991-2020 (rechts)	6
Abbildung 7: Mittlere Grundwasserneubildungsrate aus Niederschlägen für die Periode 1991-2020 (links) und Veränderungen der Jahre 2020 und 2021 im Vergleich zum langjährigen Mittel (rechts)	7
Abbildung 8: Prognose der langjährigen Änderung der Klimatischen Wasserbilanz im Szenario RCP 8.5 (Niederschlag – potenzielle Verdunstung)	9
Abbildung 9: Entwicklung der Anzahl an Frosttagen seit 1961 im GMS	9
Abbildung 10: Abweichung des Trockenheitsindex (de Martonne) vom Mittelwert (links) und Mittelwerte des Trockenheitsindex (rechts) der Zeitreihe 1991 bis 2020 im GMS	10
Abbildung 11: Prognose der langjährigen Änderung der kurzen Trockenperioden im Szenario RCP 8.5 (8 bis 14 aufeinanderfolgende Tage mit $N < 1\text{mm}$)	11
Abbildung 12: Regressionsgleichung der Anhängigkeit des R-Faktors (R_Faktor_IST) mit dem Niederschlagsintensitätswert (NIW_IST) im Gemeindeverband Mittleres Schussental	13
Abbildung 13: Klassifikation hydromorphe Böden.....	14
Abbildung 14: Übersicht der Waldeigentumsarten im Gebiet des GMS	43

6. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Für das verwendete Modellensemble verfügbare Ensemblemitglieder (Modellkombinationen) und Szenarien (Historical, RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5). GCM bzw. RCM = Globales bzw. Regionales Klimamodell (Global / Regional Climate Model).....	1
Tabelle 2: Bewertung der statistischen Signifikanz anhand des Trend-/Rauschverhältnisses	1
Tabelle 3: Klimawandelbedingte Einflüsse auf Bodeneigenschaften und Bodenprozesse	3
Tabelle 4 : Langjährige jährliche Änderungen der klimatische Wasserbilanz [mm/Jahr] (Zukunft) im GMS	8
Tabelle 5: Bewertungsschema trockensensitiver Bodentypen und deren Sensitivität gegenüber dem Abbau von organischem Material und Beeinträchtigung des Bodentyps.....	14
Tabelle 6: Bewertungsschema zur potenziellen Betroffenheit von Basiseinzugsgebieten gegenüber Sturzfluten	15
Tabelle 7: Bewertungsschema Risiko für Materialeinträge in Fließgewässer.....	16
Tabelle 8: Klimasensitivität der Biotoptypen im Gebiet des GMS	17
Tabelle 9: Nachgewiesene Pflanzenarten im Gebiet des Gemeindeverband Mittleres Schussental ...	19
Tabelle 10: Weitere nachgewiesene Pflanzenarten im Gebiet des GMS.....	20
Tabelle 11: Bewertung der Klimasensitivität der potenziell im GMS vorkommenden Pflanzenarten..	20
Tabelle 12: Bewertungsregeln zur Harmonisierung der Einstufung der Klimasensitivität von Tierarten	25
Tabelle 13: Aggregationsregel zur Gesamtbewertung der Klimasensitivität von Tierarten	25
Tabelle 14: Bewertung der Klimasensitivität im Gebiet vorkommenden Tierarten im Gemeindeverband Mittleres Schussental	25
Tabelle 15: Voraussichtliche Auswirkungen des Klimawandels in den Naturschutzgebieten und Natura 2000-Gebieten im GMS.....	29
Tabelle 16: Bewertungsschema Sensitivität von landwirtschaftlichen Böden gegenüber Austrocknung	37
Tabelle 17: Hinweise für erwartbare Klimawandelfolgen für Hauptanbaukulturen im GMS.....	39