

Abschlussbericht

Projektnr.: 4500517465/23

Landschaft im Klimawandel – neue Nutz- und Schutzkonzepte für den Naturpark Südschwarzwald

Finanziert mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM)

Freiburg, Juli 2019

KLIMOPASS

– Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
KONTAKT KLIMOPASS	Dr. Kai Höpker, Ellinor von der Forst Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel; E-Mail: klimopass@lubw.bwl.de
FINANZIERUNG	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg - Programm Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg (KLI- MOPASS)
AUFTRAGGEBER	Naturpark Südschwarzwald e.V.
BEARBEITUNG UND VERANTWORTLICH FÜR DEN INHALT	Suzanne van Dijk, Bernd Wippel und Axel Weinreich UNIQUE forestry and land use GmbH
BEZUG	http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/
STAND	31.07.2019, überarbeitet 09.03.2020

Verantwortlich für den Inhalt sind die Autorinnen und Autoren. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck für kommerzielle Zwecke - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	5
ZUSAMMENFASSUNG	6
1 HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG	8
2 KLIMAWANDEL IM NATURPARK SÜDSCHWARZWALD	10
2.1 Temperatur	10
2.2 Niederschlag	11
2.3 Klimatische Extremereignisse	13
2.4 Deutung der Klimaprojektionen	13
3 STAND DER FORSCHUNG	15
3.1 Qualitative Bewertung der Klimavulnerabilität von FFH-Lebensraumtypen	15
3.2 Klimahüllen	18
3.3 Klimavulnerabilität der Grünland- und Wald-FFH-Lebensraumtypen	19
4 METHODIK	21
4.1 Hintergrund und Auswahl der angewandten Methodik	21
4.2 Methodenschritte	21
5 ERGEBNISSE	28
5.1 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft	28
5.1.1 Ergebnisse aus dem vorhergehenden Projekt	28
5.1.2 Ergebnisse der Klimahüllenmethodik für Mais und Dinkel	29
5.2 Klimavulnerabilität der FFH-Lebensraumtypflächen im Wald und Offenland	35
5.2.1 Wald-Lebensraumtypen	35
5.2.2 Offenland-Lebensraumtypen	45
5.3 Anmerkungen	55
6 AUSBLICK UND EMPFEHLUNGEN	57
6.1 Ausblick für den Naturpark Südschwarzwald	57

6.2	Handlungsempfehlungen	59
7	LITERATUR UND DATENQUELLEN	63
	ANHANG 1 KLIMAVULNERABILITÄT INDIKATORPFLANZEN	66
	ANHANG 2 KONTAKTIERTE EXPERTINNEN UND EXPERTEN	71
	ANHANG 3 AUSGEWERTETE MANAGEMENTPLÄNE	72

Abkürzungsverzeichnis

AG	Arbeitsgruppe
BLHV	Badischer Landwirtschaftlicher Hauptverband eV
CCM	Corn Cob Mix
FFH	Flora und Fauna Habitat
FVA	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt
GIS	Geographic information system
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KWB	Klimatische Wasserbilanz
LRT	Lebensraumtyp
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
MAP	Managementpläne
MKULNV	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
NFK	Nutzbare Feldkapazität
RCP	Representative Concentration Pathway
SRES	Special Report on Emissions Scenarios

Zusammenfassung

Der Klimawandel beeinflusst nicht nur die Bewirtschaftbarkeit und Produktivität von Wald und Grünland; er hat auch starke Auswirkungen auf den Naturschutz. Denn Temperaturerhöhung, geringerer Niederschlag im Sommer, Zunahme von Hitze- und Abnahme von Frosttagen wirken sich auf Lebensräume und Lebensstätten von Arten aus. Bisher nur teilweise bekannt ist das Ausmaß der Veränderungen auf der lokalen Ebene der Lebensräume. Das Projekt "Landschaft im Klimawandel - neue Nutz- und Schutzkonzepte für den Naturpark Südschwarzwald" hat sich mit dieser Frage beschäftigt und vier für Mittelgebirge spezifische FFH-Lebensraumtypen („LRTs“) im Naturpark Südschwarzwald vor dem Hintergrund des Klimawandels untersucht.

Die Ergebnisse der qualitativen Expertenbewertungen sowie der Klimahüllen-Methodik für die vier FFH Lebensraumtypen im Naturpark Südschwarzwald zeigen deren Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel. Im gesamten Naturpark werden diese Flächen in der fernen Zukunft mit vollkommen anderen Klimabedingungen konfrontiert sein. Die vier untersuchten LRTs und die sie prägenden Artenzusammensetzungen werden in dieser Form auf den heutigen Standorten nicht mehr auf die für sie typischen Bedingungen (Temperatur, Niederschlag) treffen. Allerdings bedeuten die Änderungen nicht nur „Verluste“ in der LRT-Bilanz eines FFH-Gebiets. Andere, hier nicht untersuchte LRTs können sich in diese FFH-Gebiete hinein entwickeln, und bislang nicht in der FFH-Kulisse liegende Flächen könnten in Zukunft die Artenzusammensetzung von Lebensraumtypflächen aufweisen.

Die Ergebnisse basieren auf zwei Bewertungsansätzen: zum einen auf einem Bewertungsschema, bestehend aus den Faktoren Lage, Gelände, Boden und Klima unter Einbeziehung von qualitativen Expertenbewertungen. Zum anderen auf einer Analyse anhand von Klimahüllen. Der klimahüllenbasierte Ansatz greift auf eine modifizierte klimatische Wasserbilanz, sowie auf die Temperaturveränderung im Jahresmittel zurück. Die Klimadatenmodellierung für die Standorte basiert auf dem Klimamodell A1B des sogenannten SRES-Ansatzes des IPCC. Das Modell unterstellt ein moderates Klimaszenario, basierend auf bestimmten Annahmen zur Entwicklung der Weltgesellschaft. Neuere Modellierungsdaten aus den sogenannten RCP-Modellierungen standen nicht zur Verfügung. Für die Studie wurden auf den Raum des Naturparks Südschwarzwald verdichtete Daten der Situation heute mit der nahen Zukunft (2050) und fernen Zukunft (2100) verglichen. Die untersuchten, montan und hochmontan geprägten Lebensraumtypen sind Bergmähwiesen, Borstgrasrasen, montane Buchenwälder und bodensaure Nadelwälder. Handlungsempfehlungen der FFH-Managementpläne in Bezug auf Lebensraumtypen berücksichtigen den Klimawandel bisher nicht. Empfehlungen beziehen sich nahezu ausschließlich auf extensive Bewirtschaftung, Verbot der Düngung (Grünland) oder auf Schaffung von Struktur-reichtum durch Belassen von Totholz (Wald). Managementpläne sollen zukünftig die klimabedingten Änderungen der Standorte berücksichtigen müssen.

Die Ergebnisse aus der vorliegenden Studie betonen die Notwendigkeit einer klimadynamischen Betrachtung des Naturschutzes, also die Einbeziehung der klimabedingten, drastischen Veränderung der heutigen Standortbedingungen. Daneben sollte eine großräumigere Perspektive im Sinne der Gesamtbeurteilung eines FFH-Gebiets Eingang in die Betrachtung finden. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Fokussierung auf ein FFH-Gebiet oder gar auf eine spezielle Fläche, den Ackerschlag oder den Waldbestand, wesentlich zu eng greift. Der Klimawandel wird dazu führen, dass nur unter den Bedingungen einer kleinstandörtlichen Besonderheit oder mit extrem hohen Aufwänden (z.B. Bewässerung) die spezifische Artenzusammensetzung erhalten werden kann. Es scheint daher notwendig, in der Betrachtung der FFH-Gebiete neben der Darstellung der

Bewertung der einzelnen Lebensraumtypflächen, auch eine Potenzialbewertung in Bezug auf die naturschutzfachliche Entwicklung des gesamten FFH-Gebiets vorzunehmen und darüber hinaus einen Perspektivwechsel vorzunehmen, der Regionen zusammenfasst und der bis auf die Betrachtungsebene ‚Biographische Region und Unterregion‘ reichen kann.

Viele Lebensraumtypflächen verdanken ihre naturschutzfachliche Wertigkeit einer Kombination aus Bewirtschaftung und bisherigen Standortbedingungen. Vor diesem Hintergrund sollte die langfristige (landwirtschaftliche) Bewirtschaftbarkeit der Flächen stärker in den Vordergrund treten. So soll die Situation vermieden werden, dass besonders bei Offenlandbiotopen eine ressourcenintensive Konservierung erforderlich wird, der kein wirtschaftlicher Nutzen gegenübersteht. In den Vordergrund der Aktivitäten rücken Maßnahmen, die den Wasserhaushalt betreffen. So werden Retentionsmaßnahmen, die über Speicherung und verlangsamten Abfluss Wasser länger verfügbar halten, als zentral angesehen – sowohl für die naturschutzfachliche, als auch für die bewirtschaftungsorientierte Gestaltung.

1 Hintergrund und Zielsetzung

Der Naturpark Südschwarzwald beherbergt auf rund 400.000 ha eine Vielzahl von bewirtschafteten Agrar- und Waldflächen mit einem hohen Anteil an naturschutzfachlich wertvollen Flächen. Das Gebiet des Naturparks umfasst dabei Bereiche in unterschiedlichen Höhenlagen von 220 m bis auf knapp 1.500 m sowie verschiedenartige Naturräume, wie zum Beispiel Rheintal, Vorbergzone, Schwarzwald und die Baar (Abbildung 1). Das Zusammenspiel extensiver und intensiver Nutzungsformen von Wald, Grünland, Ackerland, eingebettet in eine Mittelgebirgslandschaft, sind prägend für den Naturpark Südschwarzwald. In dem 2018 erschienenen und in einem partizipativen Prozess erarbeiteten Naturpark-Plan 2025 wurde auf die aktuellen und künftigen Herausforderungen für die Landschaft hingewiesen: Klimawandel, Nutzungsdruck auf die Flächen und gleichzeitig Rückgang der landwirtschaftlichen Betriebe sind die schwierigen Bedingungen, denen sich die Region und deren Akteure stellen müssen (Naturpark Südschwarzwald 2018, S.43).



Abbildung 1: Gebiet des Naturparks Südschwarzwald

Quelle: Naturpark Südschwarzwald 2016

Für diese Landschaft gilt es, unter sich ändernden Rahmenbedingungen Anpassungsstrategien zu entwickeln. Der Strukturwandel im ländlichen Raum ist stark beeinflusst durch demographische Prozesse, eine abnehmende Bewirtschaftung im Haupterwerb und den Rückgang der Milchviehhaltung. Durch den Klimawandel werden diese Entwicklungen zusätzlich überlagert, mit zum Teil gravierenden negativen, aber auch positiven

Auswirkungen für Landwirte und Waldbauern. Auch für den Naturschutz werden sich durch geänderte Bedingungen für Artenlebensräume starke Dynamiken und Verschiebungen ergeben.

Der Naturpark engagiert sich seit Jahren, durch Landschaftspflegemaßnahmen oder die Unterstützung bei der Schaffung von extensiven Weidesystemen, für das charakteristische Landschaftsbild und den Erhalt von Biodiversität. Bewusst werden auch Wald und durch Sukzession verbuschte Bereiche in bewirtschaftete Flächen einbezogen. Dabei muss sich für den im Südschwarzwald ganz überwiegend im Nebenerwerb tätigen Landwirt eine ökonomische und vom Arbeitszeiteinsatz leistbare Bewirtschaftungssituation ergeben. Der Naturpark Südschwarzwald hat an der Entwicklung und Verbreitung von tiergerechten und ökonomisch tragfähigen Offenhaltungssystemen gearbeitet. In diesem Kontext sind für den Naturpark ganzheitliche, auf die Landschaft und deren naturschutzfachlicher Bedeutung sowie auf die Bewirtschaftung bezogene Ansätze von höchster Bedeutung.

Mit dem Projekt "Klimaanpassung für die Landschaft des Naturpark Südschwarzwald" (2014-2016) wurden für sechs repräsentative Modellbetriebe mit land- und forstwirtschaftlichem Schwerpunkt die Klimarisiken und Anpassungsstrategien bis auf die Ebene der Waldbestände und Schläge ausgearbeitet. Dem Bewertungsansatz liegt eine eigens dafür entwickelte Methodik zugrunde, die Bodendaten, Klimadaten und Flächendaten auf Kleinstebene miteinander verbindet und die Wirkungen der Risiken und Anpassungsstrategien auf land- und forstwirtschaftliche Betriebe ermittelt hat. Die Ergebnisse der Einzelfallstudien zeigen deutlich, dass die Eignung der Flächen für Land- und Forstwirtschaft einem drastischen Wandel unterliegen wird und die Änderungen auch Einflüsse auf die Qualität der Naturschutzflächen haben werden. Dieser Wandel ist zum Teil bereits eingetreten, zum Teil werden sich bereits heute erkennbare Tendenzen verstärken.

Das vorliegende Projekt zielt auf eine Fortführung und Weiterentwicklung des oben genannten Vorhabens ab. Ziel des Projektes ist die Weiterentwicklung einer „integrierten Klimaanpassungsstrategie Landschaft“ sowie die Entwicklung künftiger Landnutzungsstrategien im Gebiet des Naturparks Südschwarzwald, unter Berücksichtigung des Klimawandels. Land- und forstwirtschaftliche Produktion sowie besonders naturschutzrelevante Lebensräume werden gleichwertig einbezogen. Dabei kommt dem Ansatz eines klimadynamischen Naturschutzes eine wichtige Rolle zu. In Lebensräumen von Arten werden sich durch den Klimawandel die Bedingungen ändern. Ein verändertes Niederschlagsregime und höhere Temperaturen, um nur zwei Klimafaktoren zu nennen, werden sich drastisch auf die Artenkomposition auswirken. Diese Dynamik im Verbund mit Bewirtschaftungsmaßnahmen der Landwirte und Waldbewirtschafteter, sowie den naturschutzbezogenen Erhaltungskonzepten für ausgewählte Bereiche des Naturparkgebietes zu betrachten, ist Ziel des vorliegenden Vorhabens.

2 Klimawandel im Naturpark Südschwarzwald

Klimawandel steht nicht für ein zukünftiges Ereignis; bereits heute ist Baden-Württemberg betroffen von höheren Temperaturen, trockenen Sommern und Extremereignissen wie Starkregen oder Hitzeperioden. Seit 1901 stieg die Jahresmitteltemperatur von 8 bis auf über 9°C. Dabei fand erst während der letzten 30 Jahre der größte Anstieg der Durchschnittstemperatur statt (LUBW 2016). In 2014 war die Durchschnittstemperatur von 10,1°C sogar der höchste seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1881 ermittelte Wert (LUBW 2017).

Projektionen für die zukünftige Entwicklung des Klimas in Baden-Württemberg wurden von der LUBW bearbeitet und publiziert (LUBW 2016). Basierend auf Emissionsszenario AIB¹² des Weltklimarats IPCC, wurden für Baden-Württemberg verschiedene Klimamodelle herangezogen und zu einem Modellensemble gebündelt. Das Ergebnis sind rund 50 Klimakennzahlen, zum Beispiel Anzahl der Hitzetage oder Länge der Vegetationsperiode, für den Ist-Zustand (Zeitraum 1971 – 2000), für die nahe Zukunft (2021 – 2050) und die ferne Zukunft (2071 – 2100). Die für den Naturpark Südschwarzwald relevanten Auswirkungen des Klimawandels werden im Folgenden zusammengefasst.

2.1 TEMPERATUR

Bis 2050 wird eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur von 8,4°C auf 9,5°C erwartet. Bis 2100 wird die Durchschnittstemperatur um 3,1°C zunehmen (Abbildung 2). Die Bandbreite für die Erhöhung der Durchschnittstemperatur liegt zwischen +2,5 und +3,6°C.

Weitere Auswirkungen hinsichtlich des Klimasignals Temperatur bestehen aus (unter anderem) milderem Wintern (Reduzierung der Anzahl der Frosttage), längeren Sommern (Erhöhung der Anzahl der Sommertage) und einer Verlängerung der Vegetationsperiode. Die Anzahl der Frosttage wird sich bis 2050 um 19,1 Tage verringern; bis 2100 wird sogar mit einer Verringerung um 47,2 Frosttage gerechnet. Dies ist, im Vergleich zur heutigen Anzahl der Frosttage in Baden-Württemberg (im Durchschnitt 97 Tage im Jahr), eine Verringerung um ~ 50%.

Der Sommer in Baden-Württemberg wird mehr Sommertage (Tage an dem das Temperaturmaximum mindestens 25 °C erreicht) aufweisen: im Vergleich zu heute (30 Sommertage) wird der Sommer in der nahen Zukunft 10 zusätzliche Sommertage und in der fernen Zukunft 32 zusätzliche Sommertage haben. Damit wird sich im Vergleich zu heute in 2100 die Anzahl der Sommertage also mehr als verdoppeln.

¹ Das IPCC A1B Emissionsszenario geht aus von raschem ökonomischen Wachstum, Bevölkerungszuwachs und der schnellen Einführung von neuen und effizienteren Technologien. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=154>

² Obwohl mittlerweile neue Szenarien vom IPCC entwickelt worden sind (2013), konnte aufgrund mangelnder Datengrundlage für Baden-Württemberg noch keine Aktualisierung der Klimaprojektionen durchgeführt werden. Grundlegende Veränderungen der Klimaprojektionen für Baden-Württemberg werden nicht erwartet (LUBW 2017).

Eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur und mildere Winter werden zu einem früheren Anfang und zu einer längeren Dauer der Vegetationsperiode führen. Heute fängt die Vegetationsperiode im Durchschnitt 91 Tage nach Jahresbeginn an; in der nahen Zukunft wird die Vegetationsperiode nach 83 Tagen und in der fernen Zukunft sogar nach 78 Tagen beginnen.

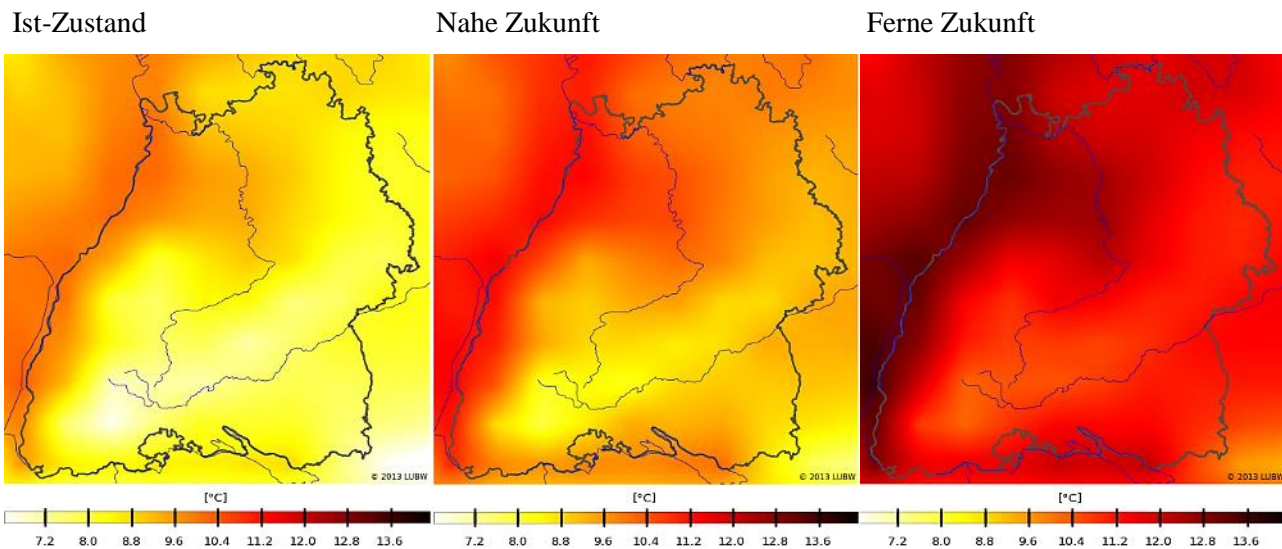


Abbildung 2: Jahrestemperatur in Baden-Württemberg (links: Ist-Zustand (1971-2000), Mitte: nahe Zukunft (2021 - 2050) 50. Perzentil , rechts: ferne Zukunft (2071 - 2100) 50. Perzentil)

Quelle: LUBW 2017: Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Teil I Klimafolgen und Anpassung

2.2 NIEDERSCHLAG

Insgesamt wird in der nahen und fernen Zukunft eine leichte Zunahme des Niederschlags erwartet (+4,1 % und 1,3 %). Der Niederschlag wird sich allerdings in der zeitlichen Verteilung verschieben; im Winter wird der Niederschlag wahrscheinlich zunehmen, dafür wird der Niederschlag im Sommer eher abnehmen. Im hydrologischen Winterhalbjahr wird der Niederschlag in der nahen Zukunft um 7,1 % und in der fernen Zukunft um 15,9 % zunehmen. Im Vergleich zum Ist-Zustand wird der Niederschlag im Winterhalbjahr also von 443 mm auf 513 mm in 2100 steigen (Abbildung 3).

Eine Abnahme des Niederschlags im hydrologischen Sommerhalbjahr wird wahrscheinlich zunehmend zu Trockenphasen führen. Im heutigen Sommerhalbjahr hat Baden-Württemberg einen Durchschnittsniederschlag von 512 mm. Dies wird sich in der nahen Zukunft um 0,7 % und in der fernen Zukunft um 9,4 % auf jeweils 508 und 464 mm verringern (Abbildung 4).

Die zeitliche Verschiebung der Niederschläge führt zu einer Verschlechterung der Klimatischen Wasserbilanz³: die potenzielle Evapotranspiration im Sommer wird durch die höheren Temperaturen wahrscheinlich zunehmen, allerdings bei reduziertem Niederschlag.

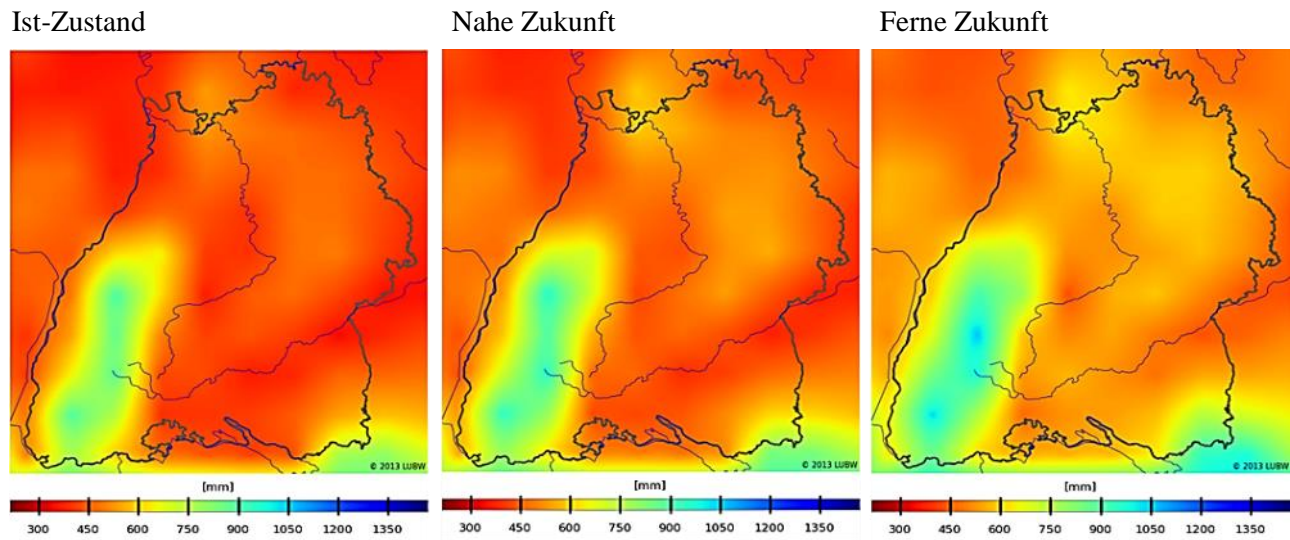


Abbildung 3: Prognostizierte Niederschlagszunahme im Winter in Baden-Württemberg (links: Ist-Zustand (1971 – 2000), Mitte: nahe Zukunft (2021 – 2050) 50. Perzentil, rechts: ferne Zukunft (2071 – 2100) 50. Perzentil)

Quelle: LUBW 2017: Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Teil I Klimafolgen und Anpassung

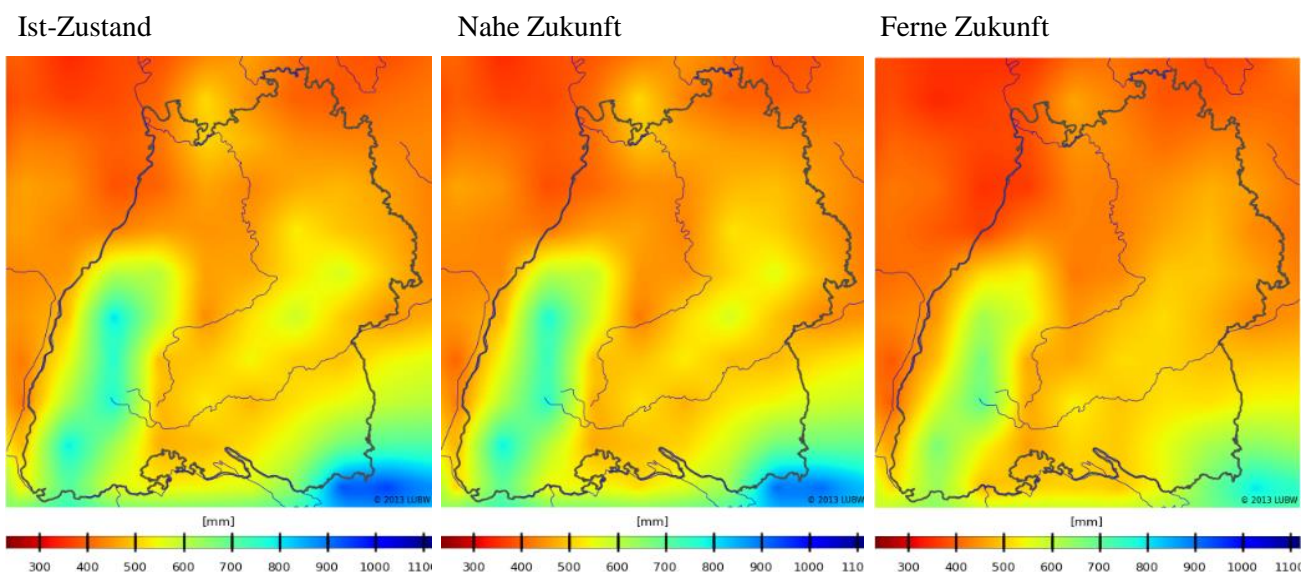


Abbildung 4: Verringerung der Niederschlagsmenge im Sommerhalbjahr in Baden-Württemberg (links: Ist-Zustand (1971 – 2000), Mitte: nahe Zukunft (2021 – 2050) 50. Perzentil, rechts: ferne Zukunft (2071 – 2100) 50. Perzentil)

Quelle: LUBW 2017: Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Teil I Klimafolgen und Anpassung

³ Die Klimatische Wasserbilanz ist definiert als „die Differenz aus der Niederschlagssumme und der Summe der potenziellen Verdunstung über Gras“ (Deutscher Wetterdienst 2017). Die Klimatische Wasserbilanz gibt Einsicht in das Wasserangebot und ist vor allem während der Vegetationsperiode ein wichtiges Klimasignal für die Vegetation.

2.3 KLIMATISCHE EXTREMEREIGNISSE

Klimaprojektionen gehen auch von einer Zunahme klimatischer Extreme aus, wie Starkregen, Hagel, Sturmböen oder Hitzeperioden. Obwohl die Projektionen für Baden-Württemberg keine klare Zunahme der Anzahl der Tage mit Starkregen zeigen, wird die Niederschlagsmenge an Tagen mit Starkregen wahrscheinlich zunehmen. Von aktuell durchschnittlich 40,7 mm pro Tag auf 43,3 mm in der nahen Zukunft und 45,9 mm in der fernen Zukunft. Auch die Anzahl der Tropentage – Tage an denen das Temperaturmaximum 30°C oder größer ist – wird signifikant zunehmen. Heutzutage gibt es durchschnittlich 4 Tropentage im Jahr. In der nahen und fernen Zukunft wird die Zahl der Tropentage sich um jeweils 2,7 und 20,8 Tage erhöhen (Abbildung 5).

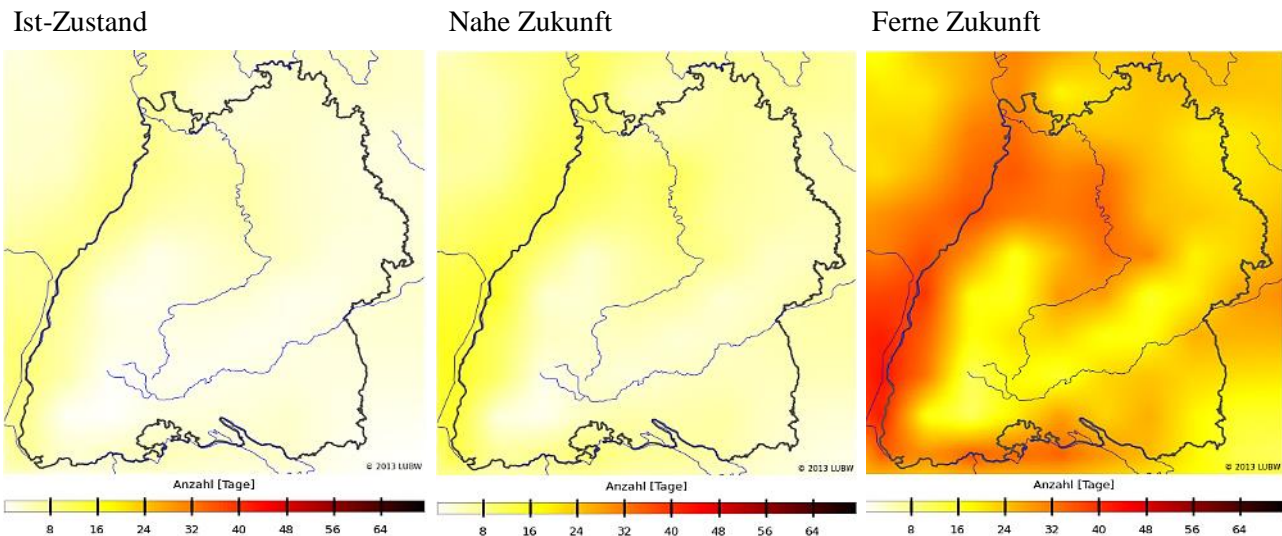


Abbildung 5: In der fernen Zukunft wird eine signifikante Zunahme der Anzahl Tropentage in Baden-Württemberg erwartet (links: Ist-Zustand (1971 – 2000), Mitte: nahe Zukunft (2021 – 2050) 50. Perzentil, rechts: ferne Zukunft (2071 – 2100) 50. Perzentil)

Quelle: LUBW 2017: Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Teil I Klimafolgen und Anpassung

2.4 DEUTUNG DER KLIMAPROJEKTIONEN

Die Klimaprojektionen für Baden-Württemberg basieren auf einer Gruppe von 29 Klimaprojektionen, die gemeinsam zu einem Modellensemble gebündelt und statistisch ausgewertet worden sind. Die Tendenz der verschiedenen Klimakennzahlen ist allerdings nicht für jede Kennzahl gleich: die Projektionen für manche Klimakennzahlen wie zum Beispiel Anzahl der Tropentage weisen eine breite Streuung auf und deuten damit auf eine hohe Unsicherheit hin. Bei der Interpretierung der Klimaprojektionen sowie Entwicklung und Priorisierung der Handlungsempfehlungen muss dies berücksichtigt werden. Die wichtigsten Klimakennzahlen und

deren Signalstärke sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die statistische Verteilung der Werte wird mit drei Perzentilen (15, 50 und 85%)⁴ dargestellt.

Tabelle 1: Die wichtigsten Klimakennzahlen für Baden-Württemberg, inkl. statistischer Verteilung und Stärke des Klimasignals

Kennzahl	Ist-Zu-stand(1971 – 2000)	Nahe Zukunft (2021 – 2050)			Ferne Zukunft (2071 – 2100)			Klimasignal	
		Beobachtet	15%	50%	85%	15%	50%	85%	Streuung
Temp. Mittel (°C)	8,4	9,2	9,5	10,1	10,9	11,5	12	gering	Hoch
Frosttage (d)	97,0	70	77,9	81,8	45,1	49,8	61,8	gering	Hoch
Sommertage ⁵ (d)	30,2	34,3	40,3	48	50,3	62,5	74,5	mäßig	Hoch
Tropentage ⁶ (d)	4,0	5	6,7	12,6	9,4	24,8	31,8	hoch	Hoch
Veg. Beginn ⁷ (d)	90,9	83,2	85,7	88	70,7	77,6	81,4	mäßig	Hoch
Niederschlag/Jahr (mm)	949	931,9	987,9	1010,7	863,6	961,3	1049,6	hoch	gering
N. Sommer (mm)	512	482,3	508,4	529,4	418,3	463,9	507,4	hoch	Mäßig
N. Winter (mm)	443	438,6	474,5	508,6	429,7	513,4	541,8	hoch	Mäßig
Tagen mit Starkregen ⁸ (d)	40,7	40,7	43,3	45,6	42,7	45,9	50,8	hoch	Mäßig

Quelle: LUBW 2017

⁴ Die statistische Verteilung der Werte wird mit 15, 50 und 85% dargestellt. Das 15. Perzentil gibt zum Beispiel an, dass 15% aller Werte kleiner sind als dieser.

⁵ Ein Tag, an dem das Temperaturmaximum mindestens 25 °C erreicht.

⁶ Ein Tag, an dem das Temperaturmaximum größer oder gleich 30 °C ist.

⁷ Die Anzahl der Tage seit Jahresbeginn bis zu dem Tag, an dem der Vegetationsbeginn auftritt.

⁸ Der Deutsche Wetterdienst spricht von Starkregen/Starkniederschlag, wenn in einer Stunde mehr als 10 mm oder in 6 Stunden mehr als 20 mm Regen fallen.

3 Stand der Forschung

3.1 QUALITATIVE BEWERTUNG DER KLIMAVULNERABILITÄT VON FFH-LEBENSRAUMTYPEN

Eine der ersten Publikationen, in der die konkreten Auswirkungen des Klimawandels auf den Naturschutz analysiert worden sind, stammt von Petermann et al (2007). Obwohl für die Klimavulnerabilität bestimmter Pflanzenarten bereits Analysen existierten, wurden für Lebensraumtypen (LRT) der Flora und Fauna Habitat (FFH) Richtlinie bis 2007 noch keine Analysen durchgeführt. Petermann et al (2007) entwickelten einen methodischen Ansatz für die Klimasensibilitätsanalyse der FFH Lebensraumtypen, basierend auf folgenden neun Kriterien:

1. **Regenerierbarkeit** (die Fähigkeit des Lebensraumtyps, bei veränderten Standortbedingungen räumlich neue geeignete Standorte zu besiedeln oder bei Verlust der derzeitigen Vorkommen auszuweichen);
2. **Horizontale und vertikale Verbreitung** (horizontale Verschiebungen der Arealgrenzen, zum Beispiel von Nordwesten nach Osten, oder das Ausweichen von Lebensraumtypen auf höhere Lagen);
3. **Flächenrückgang** (Lebensraumtypen, die schon starke Rückgänge oder Rückgangstendenzen aufweisen sind besonders sensibel gegenüber Klimawandel);
4. **Einfluss von Neophyten** (Konkurrenzvorteil von Neophyten);
5. **Qualitative Gefährdung** (Lebensraumtypen, die bereits eine hohe Gefährdung aufweisen, werden wahrscheinlich gegenüber zusätzlichen, durch den Klimawandel ausgelösten Stressfaktoren besonders sensibel reagieren);
6. **Abhängigkeit von Grund- oder Oberflächenwasser** (Lebensraumtypen, die direkt vom Wasserhaushalt abhängig sind, haben eine wahrscheinlich höhere Klimasensitivität. Die Niederschlagsverteilung (z.B. Starkregen) soll auch berücksichtigt werden);
7. **Risiken einer Landnutzungsveränderung** (Auswirkungen möglicher Landnutzungsänderungen auf Grenzstandorte);
8. **Schlechter Erhaltungszustand** (Erhaltungszustände werden nach der FFH-Richtlinie in den drei Stufen A, B und C dargestellt. Bei Lebensraumtypen mit einem bereits schlechten Erhaltungszustand wird davon ausgegangen, dass der Klimawandel das Risiko auf eine weitere Verschlechterung erhöhen wird);
9. **Artenbezogene Gefährdungsanalyse** (Analyse der Klimasensitivität anhand charakteristischer Arten des Lebensraumtyps).

Anhand den ersten sieben Kriterien wurde eine Klimasensibilitätsanalyse für die 91 FFH Lebensraumtypen Deutschlands durchgeführt. Nach der vorläufigen Analyse der Klimasensitivität wurden 23 LRTs als „hochsensitiv“ eingestuft, 34 als mittel sensitiv und 34 als nicht oder wenig sensitiv.

Ein ähnlicher jedoch komprimierter Ansatz zur qualitativen Bewertung des möglichen Einflusses des Klimawandels ist die Bewertungsmethodik von Behrens, Fartmann und Hölzel (2009). Fünf Kriterien werden zur Empfindlichkeitsanalyse der FFH Lebensraumtypen berücksichtigt: (1) Wasserhaushalt, (2) Nährstoffhaushalt, (3) Biotische Interaktionen, (4) Störungsregime und (5) Areal. Zuerst wird der Einfluss der möglichen

Veränderungen des Wasser- und Nährstoffhaushalts bewertet. Wie werden sich zum Beispiel ausgeprägte Trockenphasen im Sommer und Herbst auf den Lebensraumtyp auswirken? Oder wie wirkt sich eine erhöhte Nähr- und Schadstoffkonzentration in Gewässern aus? Mit dem Kriterium ‚Biotische Interaktionen‘ wird der Einfluss möglicher Veränderungen der typischen Vegetationsstrukturen, Konkurrenzverhältnisse (zum Beispiel Ausbreitung von Neophyten) und Artenzusammensetzung bewertet. Mögliche Veränderungen des Störungsregimes, wie Erosion nach Starkregen oder eine Zunahme von Insektenkalamitäten werden mit dem Kriterium ‚Störungsregime‘ bewertet. Zuletzt wird mit Areal eine mögliche Veränderung des Verbreitungsgebietes bewertet. Basierend auf den Einzelbewertungen ist das Ergebnis eine begründete Experteneinschätzung der Klimaempfindlichkeit von FFH Lebensraumtypen (Tabelle 2).

Die Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalyse für FFH Lebensraumtypen in Nordrhein-Westfalen zeigen eine positive Auswirkung des Klimawandels in 41% sowie eine negative Auswirkung des Klimawandels in 38% der Lebensraumtypen. Eine positive Auswirkung des Klimawandels wird meistens begründet durch eine erhöhte Produktivität, reduzierte Eutrophierungseffekte sowie Förderung von konkurrenzschwachen Arten. Eine negative Auswirkung des Klimawandels wird hauptsächlich durch vermehrte Trockenphasen verursacht.

Streitberger, Jedicke und Fartmann (2016) analysierten die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Lebensräume in Mittelgebirgen. Basierend auf einer von Behrens, Fartmann und Hölzel (2009) angewandten Methode, wurden die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Physiologie und Phänologie der Arten und Populationen, sowie auf biotische Interaktionen und Areale untersucht. Streitberger, Jedicke und Fartmann (2016) führen aus, dass eine Erhöhung der Temperatur – vor allem im Winter – und verringerte Sommerniederschläge die größten Gefährdungsursachen sein werden. Änderungen der Temperatur und des Niederschlags beeinflussen den Stoffwechsel und die Reproduktion der Arten. Vor allem Pflanzen, die eine Kälteperiode zur Überwindung der Samenruhe benötigen, sind gefährdet. Auch die mögliche Konkurrenz wird sich ändern: Neophyten werden wahrscheinlich vom Klimawandel profitieren, und die Artenzusammensetzung wird sich dadurch ggf. neu entwickeln.

Tabelle 2: Beispiele der Klimaempfindlichkeitsanalyse von Behrens, Fartmann und Hölzel (2009)⁹

Lebensraumtyp	Rote Liste¹⁰	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Biotische Interaktionen	Störungsregime	Areal	Gesamtbewertung	Begründung
4030 Trockene Heide	2	+	+	+	+	+	+	Trockenphasen wirken systemerhaltend, fördern konkurrenzschwache Arten und reduzieren Eutrophierungseffekte
6230 Artenreiche Borstgrasrasen	2	0	-	-	-	-	-	Eutrophierung durch verbesserte Mineralisation infolge Erwärmung, wärmebedürftige Tieflagenarten verdrängen Hochlagenarten
6520 Bergmähwiesen	2	0	-	-	-	-	-	Erhöhte Produktivität durch erhöhten Wärmegenuss, wärmebedürftige Tieflagenarten verdrängen Hochlagenarten, früher Schnitt und/oder Beweidung
9130 Waldmeister Buchenwälder	*	-	0	-	0	-	0	Zunahme warm-trockener Ausbildungen
9150 Orchideen Buchenwälder	3	++	++	++	+	++	++	Trockenphasen wirken systemerhaltend, fördern Trocken- und Magerkeitszeiger und benachteiligen mesophile Arten

⁹ Der Einfluss des Klimawandels wird von Experten qualitativ bewertet: - = leicht negativ, -- = stark negativ, 0 = Indifferent, + = leicht positiv und ++ = stark positiv.

¹⁰ Die Gefährdung von Lebensraumtypen wird durch die Einstufung in Rote-Liste-Kategorien wiedergegeben. 0 = vollständig vernichtet; 1 = von vollständiger Vernichtung bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet.

Es wird jedoch nicht erwartet, dass sich gesamte Pflanzenbestände oder Lebensgemeinschaften in andere Gebiete verschieben oder aussterben werden. Wahrscheinlicher ist, dass vor allem einzelne Arten in bestimmten Gebieten aussterben oder sich in neuen Gebieten ausbreiten (Klotz und Kühn 2007). So gibt es einige Studien, die die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Flora und Fauna anhand charakteristischer Arten analysiert haben (Hoffman 1995; Schlumprecht et al. 2005 in Winter et al. 2013; Pompe 2011). Schlumprecht et al. (2005, in Winter et al. 2013) analysierten die Klimaempfindlichkeit von FFH Lebensraumtypen in Sachsen durch die Bewertung lebensraumtypischer Pflanzenarten. Die Ellenberg-Zeigerwerte¹¹ dieser Pflanzenarten wurden benutzt, um die möglichen Auswirkungen des Klimawandels qualitativ zu bewerten. Die Anzahl der bedrohten oder benachteiligten Pflanzenarten wurde als Maß für die Klimasensitivität eines Lebensraumtyps angewendet.

3.2 KLIMAHÜLLEN

Neben einer qualitativen Bewertung der Klimavulnerabilität der FFH-Lebensraumtypen besteht die Möglichkeit, sogenannte ‚Klimahüllen‘ (Englisch: ‚climate envelopes‘) zu erstellen. Eine Klimahülle stellt das mögliche Vorkommen einer Art oder eines Lebensraums innerhalb einer geographischen Einheit dar, basierend auf zwei verschiedenen Umweltfaktoren: häufig werden Jahresdurchschnittstemperatur und Jahresniederschlagssumme verwendet (Kölling und Freising 2007). Exemplarisch stellt Abbildung 6 Klimahüllen für vier typische Baumarten in Europa dar. Deutlich wird, dass die unterschiedlichen Baumarten innerhalb verschiedener Klimabereiche vorkommen. Komplexere Klimahüllen können allerdings auch aus mehr als zwei Umweltfaktoren bestehen und Standortfaktoren wie Wasserhaushalt oder Bodenazidität berücksichtigen.

Eine Analyse der Klimahüllen bestimmter Arten oder Lebensraumtypen ermöglicht die Analyse möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität (Bolte et al. 2008). Die Klimahülle zeigt die Minimum- und Maximum- Werte der definierten Klimaparameter für eine bestimmte Art oder einen Lebensraum innerhalb einer geographischen Einheit (Watling et al. 2013). Außerhalb dieser Klimahülle kommt die Art oder der Lebensraum innerhalb der geographischen Einheit (zum Beispiel Süd-Deutschland oder Europa) nicht vor. Ursächlich hierfür sind die klimatischen Bedingungen die außerhalb der Anpassungsmöglichkeiten der Arten liegen, oder weil Konkurrenten unter diesen Bedingungen in der Vergangenheit stärker waren (Kölling, Konert und Schmidt 2008).

Die Erstellung einer Klimahülle ermöglicht die Ableitung möglicher Klimarisiken für bestimmte Arten oder Lebensräume. Allerdings erfordert die Interpretation der Klimahüllen Kenntnis der Klimaprojektionen, Annahmen und Unsicherheiten. Die Anwendung von Klimahüllen für Klimavulnerabilitätsanalysen hat ihre Grenzen, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden sollen:

- Mögliche ‚Einflüsse von außen‘ wie invasive Arten, Biotische Interaktionen, Brände und anthropogene Landnutzung (besonders relevant für Grünlandlebensräume durch Intensität und Art der Nutzung für die Landwirtschaft) werden mit Klimahüllen nicht berücksichtigt;

¹¹ Zeigerwerte wurden von Heinz Ellenberg entwickelt, um Pflanzen in Mitteleuropa nach ihren Standortansprüchen zu kategorisieren. Die Klimatischen Ansprüche unterschiedlicher Pflanzenarten können deshalb als Grundlage für die Analyse möglicher Auswirkungen des Klimawandels benutzt werden.

- Die Interpretation der Ergebnisse ist eher statisch, obwohl manche Arten womöglich die Fähigkeit haben, ihre Phänologie (z. B. Lebenszyklus; Blütezeit) oder demografische Werte (z. B. Emigration) anzupassen;
- Die Auswahl der geographischen Einheit (wie der Naturpark Südschwarzwald) beeinflusst die Klimahüllen einzelner Arten oder Lebensräume. Es ist gut möglich, dass bestimmte Arten oder Lebensräume unter anderen klimatischen Bedingungen in anderen Teilen des Landes oder in Europa vorkommen ("begrenzte Klassifizierung von Vorkommen").

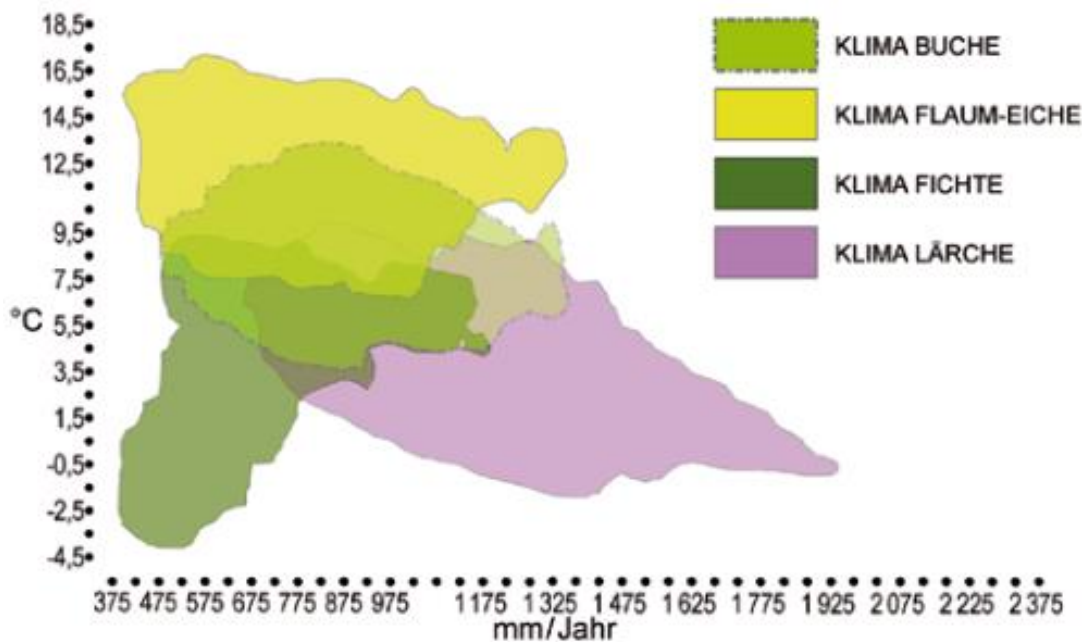


Abbildung 6: Klimahüllen der Buche, Flaum-Eiche, Fichte und Lärche in Europa

Quelle: Kölling und Zimmermann (2007)

3.3 KLIMAVULNERABILITÄT DER GRÜNLAND- UND WALD-FFH-LEBENSRAUMTYPEN

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Grünland- FFH Lebensraumtypflächen sind nicht nur abhängig vom Graslandtyp und der Artenzusammensetzung, sondern auch von Standortsbedingungen und Art der Bewirtschaftung. Behrens, Fartmann und Hölzel (2009) zeigen dies in ihrer Analyse der Magerwiesen und –weiden auf feuchten und trockenen Standorten. Auf feuchteren Standorten werden Magerwiesen und –weiden wahrscheinlich negativ vom Klimawandel beeinflusst, während für trockene Bestände – durch Förderung wärmeliebender Arten – der Klimawandel eher eine positive Auswirkung haben wird. Auch für trockene Heiden wird der Klimawandel eine positive Auswirkung haben, da die zunehmenden Trockenphasen systemerhaltend wirken. Grundsätzlich werden, durch Verschlechterung des Wasser- und Nährstoffhaushalts, feuchteabhängige Graslandhabitate negativ vom Klimawandel betroffen sein. Durch zunehmend trockenere Bedingungen ist bei Bergmähwiesen und Borstgrasrasen mit einer Reduzierung der montanen Arten wie Arnika (*Arnica montana*) zu rechnen. Magerkeitszeiger wie Bärwurz (*Meum athamanticum*) sind besonders negativ betroffen (Behrens, Fartmann und Hölzel 2009).

Die Art und Intensität der Bewirtschaftung spielen im Grünland eine wichtige Rolle. Vor allem für bestimmte FFH Lebensraumtypen wie Bergmähwiesen oder Borstgrasrasen ist eine angepasste Bewirtschaftung für den Erhalt des Lebensraumtyps eine Grundvoraussetzung. Eine zu intensive Art der Bewirtschaftung, zum Beispiel

durch Düngung oder frühe Mahd/Beweidung, kann zu Flächenverlust führen. Eine zu extensive Art der Bewirtschaftung oder das Vernachlässigen der Flächen kann allerdings zur Verbuschung und dem Einwachsen der Flächen führen (Tonn und Elsässer 2013). Langzeituntersuchungen zeigen die Bedeutung der Grünlandnutzung und bestätigen Vegetationsänderungen im Grünland durch Nutzungsänderungen (Holz et al. 2013 und Wesche et al. 2012, in Streitberger, Jedicke und Fartmann 2016).

Die beiden im Vordergrund stehenden Waldlebensraumtypen 9140 Bodensaure Nadelwälder und 9410 Montane Buchenwälder unterscheiden sich in den Wirkungen durch den Klimawandel ganz wesentlich. Bei den Bodensauren Nadelwäldern wird sich durch Temperaturerhöhung und Sommertrockenheit der Stress auf die Charakterbaumart Fichte deutlich erhöhen. Die Bedingungen für eine dritte Brut bei den rindenbrütenden Borkenkäfern wird sich durch eine längere Vegetationsperiode und höhere Temperaturen verbessern und damit den Befallsdruck bei der Baumart Fichte deutlich erhöhen. Dieser Lebensraumtyp wird daher künftig vor allem in niedrigeren Lagen seines Vorkommens stark gefährdet sein, während er in den Hochlagen des Schwarzwalds und im Anschluss an Übergangsmoore mittelfristig noch stabil, langfristig jedoch auch dort starkem Druck ausgesetzt sein wird. Empfehlungen in den Managementplanungen der FFH-Gebiete sehen die Stärkung der Baumart Tanne vor und weisen auf die zusätzlich negative Wirkung von Entwässerungsmaßnahmen und Gräben hin. Explizit auf den Klimawandel und dessen Gefährdungspotenzial gehen die Managementplanungen jedoch nicht ein (beispielhaft FVA 2011).

Für den Lebensraumtyp der Montanen Buchenwälder dürften sich insbesondere auf Standorten mit mittlerem bis gutem Wasserhaltevermögen nur wenig Beeinträchtigungen ergeben, da die Jahresniederschläge insgesamt in der Region des Naturparks ausreichend hoch für die Baumart Buche sind. Mit der Temperaturerhöhung wird die Buche in den montanen Regionen keine Probleme haben, sondern in bislang nadelholzdominierte Flächen über einen starken Verjüngungsdruck an Konkurrenzkraft gewinnen.

4 Methodik

4.1 HINTERGRUND UND AUSWAHL DER ANGEWANDTEN METODIK

Die angewandte Methodik zur Durchführung der Analyse und Ableitung der Empfehlungen besteht aus einem Mix aus Experteneinschätzungen, wissenschaftlichen Erkenntnissen und der Arbeit mit Geodaten. Die Auswertung von Geodaten erlaubt visuelle Darstellungen zur räumlichen Verteilung und flächenmäßigen Relevanz im Naturparkgebiet. Interpretationen und Empfehlungen stützen sich stark auf die Einschätzung von Experten aus der land- und forstwirtschaftlichen Praxis und der Wissenschaft.

4.2 METHODENSCHRITTE

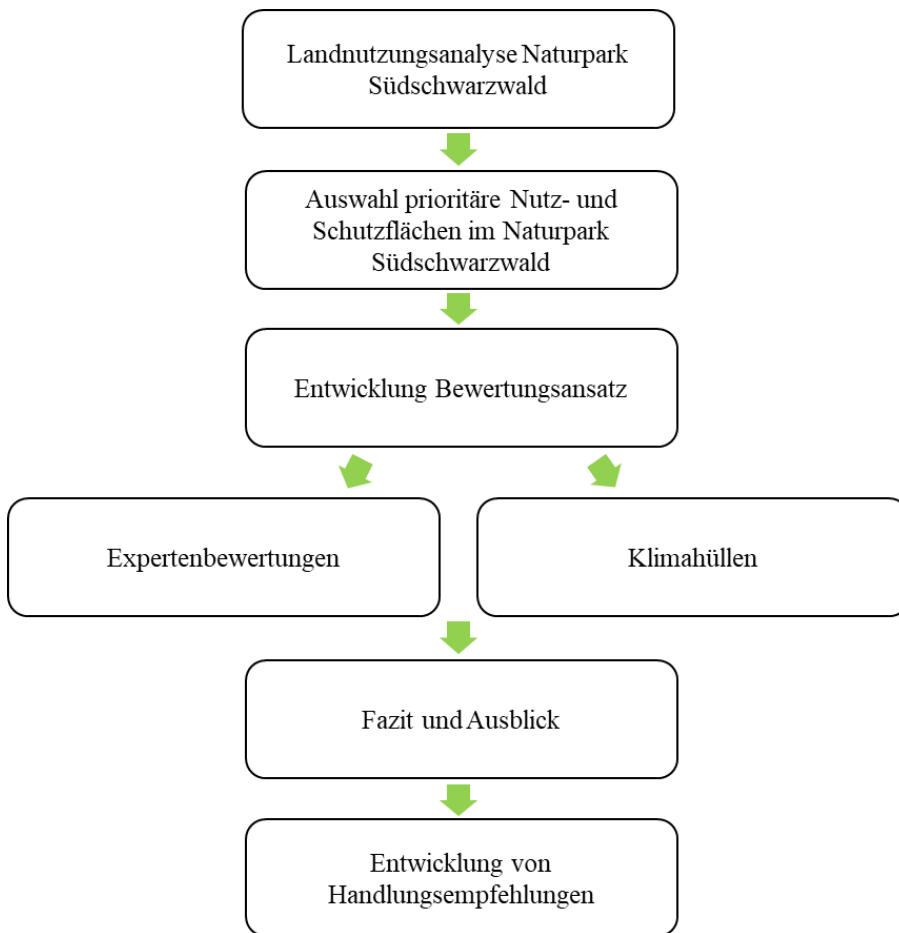


Abbildung 7: Übersicht der Methodenschritte

Schritt 1: Landnutzungsanalyse für das Gebiet des Naturparks Südschwarzwald

In einem ersten Schritt wurde die aktuelle Nutzung der Flächen im Gebiet des Naturparks Südschwarzwald anhand verfügbarer „Makrodaten“ analysiert. Folgendes Datenmaterial wurde verwendet:

- Rasterkarten der Flächennutzung (LUBW);
- Waldkarten für den öffentlichen Wald (ForstBW);
- Bodendaten aus der Bodendatenbank von Baden-Württemberg im Maßstab 1:50.000;
- Geodaten der landschaftstypischen, seltenen und gefährdeten Lebensräume der LUBW und ForstBW;
- Datenmaterial aus den Natura 2000 Managementplanungen (bestehende und ggf. künftige MAP).

Schritt 2: Auswahl prioritärer Schutz- und Nutzflächen

Basierend auf einer ersten Landnutzungsanalyse und auf den Beiratstreffen wurden prioritäre Nutz- und Schutzflächen für den Naturpark ausgewählt. Unter Einbeziehung des Fach- und wissenschaftlichen Beirats wurden für Offenland und Wald je zwei FFH-Lebensraumtypen ausgewählt. Neben Flächenanteil waren weitere Kriterien zur Auswahl der FFH-Lebensraumtypen von Bedeutung: Die landschaftstypische Bedeutung der FFH-Lebensraumtypen im Naturpark, die wirtschaftliche Bedeutung für Land- und Forstwirtschaft, sowie die Naturschutzrelevanz und Klimasensitivität. Die Aufzeichnungen sollten nicht nur negative Veränderungen darstellen, sondern auch mögliche ‚Gewinner‘ des Klimawandels mit aufnehmen (Anhang 1).

Ausgewählt für eine vertiefte Analyse wurden die LRTs 6230 Artenreiche Borstgrasrasen, 6520 Bergmähwiesen, 9140 Subalpine Buchenwälder und 9410 Bodensaure Nadelwälder.

Für die Bearbeitung des Projekts wurden die Daten zu den zu dem Zeitpunkt ausgewiesenen Lebensraumtypflächen genutzt. Zum Start des Projektes wurden 28 FFH-Gebiete und 42 FFH-Lebensraumtypen für den Naturpark im Rahmen einer GIS-Analyse flächenmäßig erfasst (Abbildung 8).

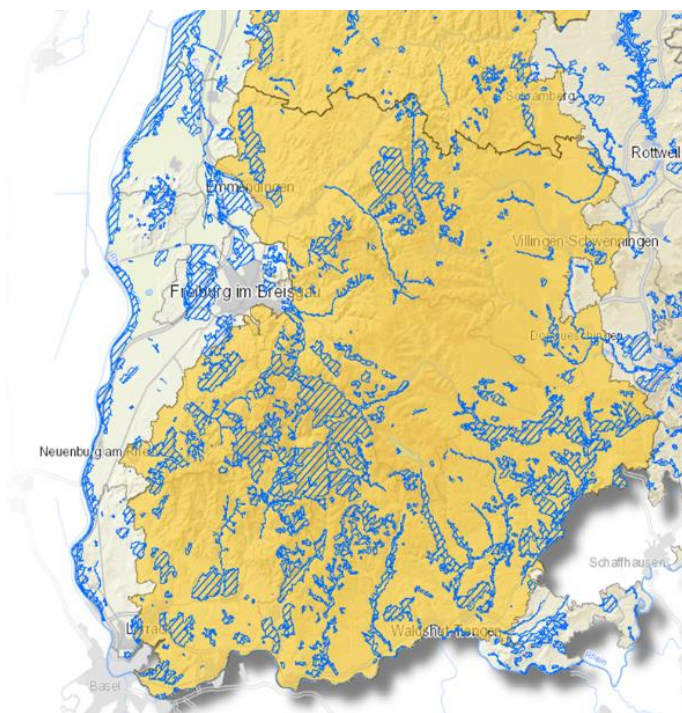


Abbildung 8: FFH Gebiete im Naturpark Südschwarzwald

Quelle: LUBW 2017 udo.lubw.baden-wuerttemberg.de

In vielen FFH-Gebieten im Naturpark standen jedoch zu Projektbeginn noch keine Geodaten mit kartierten Habitatflächen zu Verfügung. Eine Beschränkung auf die FFH-Gebiete hätte es aber nicht gestattet, die komplette Bandbreite des Vorkommens der im Projekt ausgewählten Habitate zu nutzen. Daher wurde auf die Natura 2000-Habitatflächen aus der Waldbiotopkartierung (FVA¹²) sowie für Offenland auf die Biotopkartierung der LUBW¹³ zurückgegriffen. Diese Flächen standen als vollständiger Geodatenatz (Bezug zum Jahr 2017) zu Verfügung. Die in dieser Untersuchung verwendeten Daten weichen daher von den Flächendaten des FFH-Berichts 2013 ab. Die Flächenwerte und nachfolgenden Kartendarstellungen beruhen auf der von UNI-QUE auf der genannten Datenbasis durchgeführten GIS-Analyse der beiden Biotopkartierungen für das Naturparkgebiet.

Die Flächenanalyse ergab folgende Ergebnisse:

- 6230 Artenreiche Borstgrasrasen: 9.325 ha
- 6520 Bergmähwiesen: 503 ha
- 9140 Subalpine Buchenwälder: 429 ha
- 9410 Bodensaure Nadelwälder: 1.332 ha.

Für die Bewertung der Klimavulnerabilität von land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen im Naturpark mussten Landnutzungsklassen verwendet werden, die für das gesamte Gebiet verfügbar sind. Im Vergleich zu der Ebene der Modellbetriebe war eine Auflösung in einzelne Schläge nicht möglich. Ebenso liegt keine flächendeckende Beschreibung von Waldbeständen vor.

Für die forstwirtschaftlich genutzten Flächen wurde entschieden, keine weitere Klimavulnerabilitätsanalyse und Hochrechnung durchzuführen. Die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg hat hierzu auf Landkreisebene Karten der Baumarteneignung erstellt (FVA 2010), die bereits detailliert auf lokaler Ebene die Eignung der Hauptbaumarten darstellt.

Für die Landwirtschaft wurden basierend auf aktuell verfügbare Landnutzungsklassifizierungen und Statistiken der Landwirtschaftsverwaltung zwei landwirtschaftliche Kulturen ausgewählt: Mais (Silomais und Körnermais/CCM) und Dinkel. Mais, da es eine wichtige Futtergrundlage für die Viehhaltung ist; Dinkel wegen der hohen Nachfrage und als bekannte ‚klimarobuste‘ Kultur. Als exemplarische Auswertung mit Blick auf die Landnutzung im Naturpark, und vor dem Hintergrund des Klimawandels, trifft diese Auswahl mit Blick auf die Klimasensitivität und die Diskussion um die Wahl geeigneter Ackerbaukulturen eine aktuelle Problemlage in der Region.

Schritt 3: Entwicklung Bewertungsansatz

Für die Bewertung der Klimarisiken und Klimafolgen für die naturschutzrelevanten Lebensräume wurden zwei Bewertungsansätze entwickelt: (i) ein Bewertungsschema, aufbauend auf den Faktoren Lage, Gelände, Boden

¹² <https://www.fva-bw.de/daten-und-tools/geodaten/waldbiotopkartierung>

¹³ <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/natur-und-landschaft/offenland-biotopkartierung>

und Klima unter Einbeziehung von qualitativen Expertenbewertungen, und (ii) die Analyse anhand von Klimahüllen. Einzelne der über die GIS-Analyse identifizierten Flächen wurden begangen und okular bewertet, begleitet durch Gespräche mit den Bewirtschaftern. Für die Waldflächen standen zudem Daten aus der Waldbiotopkartierung zur Verfügung.

Zur Implementierung von qualitativen Expertenbewertungen wurden für Offenland- und Wald- Lebensraumtypen jeweils ein Workshop organisiert, um gemeinsam die möglichen Auswirkungen des Klimawandels für gesamte FFH-Lebensraumtypen sowie für einzelne charakteristische Pflanzenarten (,Indikatorpflanzen‘) zu bewerten. Teilnehmer waren Land- und Forstwirte, Wissenschaftler sowie Vertreter von Landratsämtern (Anhang 2). Die Expertenbewertungen basierten sowohl auf bisherigen Erfahrungen aus der Praxis und Wissenschaft (z.B. im Trockenjahr 2003), sowie Erwartungen für die Zukunft. Diese Erfahrungen und Erwartungen wurden während des Workshops ausgetauscht und diskutiert. Finale Expertenbewertungen kamen durch Einigung in der Gruppe zustande. Die Expertenbewertung ist somit sicherlich nicht unabhängig von den Zeigerwerten aus Ellenberg (1996) bzw. Ellenberg et al. (1992) zu sehen, geht aber über diese hinaus.

Eine in Anlehnung an Behrens et al. (2009, Seite 12-13) entwickelte Methode wurde für die Bewertung des gesamten Lebensraumtyps genutzt; nur die Rote Liste wurde für die Bewertung gestrichen. Für die einzelnen Indikatorpflanzen wurde das im vorangegangenen Projekt „Landschaft im Klimawandel“ entwickelte Bewertungsschema übernommen und verfeinert (Tabelle 4); der Parameter ,Einfluss von Starkregen und Hagel‘ wurde gestrichen (vor allem für Produktqualität in der Landwirtschaft relevant), und, Befallsdruck durch Krankheitserreger und Schädlinge‘ wurde durch eine Zunahme der Konkurrenz ersetzt.

Die Bewertungsansätze greifen auf unterschiedliche Indikatoren zurück. Bei den ausgewählten Charakterarten wurde stärker auf die direkten Auswirkungen des Klimawandels in Bezug auf die jeweils einzelne Art abgehoben. Bei der Bewertung der LRTs wurden die Interaktionen in Bezug auf das gesamte Artenspektrum sowie indirekte Wirkungen einbezogen. Damit sind die direkten Auswirkungen des Klimawandels, wenn z.T. auch gebündelt, in den Bewertungen der LRTs enthalten. Ein Beispiel ist das Kriterium Trockenheit bei der Art-Ebene, das auf der LRT-Bewertungsebene im Kriterium Wasserhaushalt enthalten ist.

Exemplarische Bewertungen werden in Tabelle 3 und 4 dargestellt.

Tabelle 3: Expertenbewertung des gesamten LRTs 6520 Bergmähwiesen

LRT	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Biotische Interaktionen	Störungsregime	Areal	Gesamtbewertung*
6520 Bergmähwiesen	-1	-1	-1	0	-1/-2	-0,9

* +2 = stark positive Veränderung, 0 = keine Veränderung und -2 = stark negative Veränderung.

Tabelle 4: Klimavulnerabilität der Indikatorpflanzen des FFH-Lebensraumtyps 6520 Bergmähwiesen

Indikatorpflanze	Verschiebung Vegetationsperiode	Spät-/Frühfrost	Hitze-stress	Trockenheit	Zunahme Konkurrenz	Bewertung*
Goldhafer <i>Trisetum flavescens</i>	0	0	0	0	-1	-0,2
Hain Flockenblume <i>Centaurea nigra</i>	0	0	-1	+1	0	0
Wald Rispengras <i>Poa chaixii</i>	0	0	-1	-1	0	-0,4
Horstrotschwengel <i>Festuca nigrescens</i>	+1	0	-1	0	-1	-0,2

* +2 = stark positive Veränderung, 0 = keine Veränderung und -2 = stark negative Veränderung.

Auch für die Landwirtschaft wurde das vorherige Bewertungsschema verfeinert. Standort, Boden- und Klimadaten wurden einbezogen. Zusätzlich wurden auch für Mais und Dinkel Klimahüllen erstellt, und die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die bestehenden Mais- und Dinkelflächen untersucht.

Schritt 4: Bewertung und Hochrechnung auf das Gebiet des Naturparks Südschwarzwald

Nach Festlegung der Bewertungsmethodik und unter Einbeziehung des Fach- und wissenschaftlichen Beirats (Anhang 2) wurden die Klimafolgen und -risiken für Naturschutz und Landwirtschaft bewertet. Die Ergebnisse werden in Tabellen- und Kartenform dargestellt.

Schritt 5: Analyse der Klimavulnerabilität anhand von Klimahüllen

Zur Einschätzung der Klimafolgen für die landwirtschaftliche Produktion sowie für die vier FFH Lebensraumtypen wurde ein erweiterter Ansatz einer Klimahüllenanalyse verwendet. Erweitert wurde der Klimahüllenansatz durch die Einbeziehung der konkreten Terrainsituation jeder analysierten Fläche und die Einbeziehung der NFK des Bodens als Pufferspeicher für den Wasserhaushalt der untersuchten Vegetationskomplexe. Berücksichtigt wurden die Indikatoren:

- a) Temperatur (Jahresmittel);
- b) die Klimatische Wasserbilanz (KWB), angepasst an die jeweilige Terrainsituation (Hangneigung, Exposition und Gelände);
- c) die Nutzbare Feldkapazität (NFK)¹⁴, abgeleitet aus den Angaben der Bodenkarte und wirksam als Pufferspeicher für pflanzenverfügbares Wasser.

Die KWB ist definiert als Differenz zwischen der Niederschlagshöhe und der Höhe der potenziellen Verdunstung für einen Betrachtungsort in einer Betrachtungszeitspanne (nach DIN 4049-3, 1994). Die KWB wird dabei, wie ihre beiden Komponenten, in mm angegeben. Je nachdem, ob in dem betrachteten Zeitintervall Niederschlag oder potenzielle Verdunstung überwiegen, nimmt die KWB positive oder auch negative Werte an. Sie liefert damit eine Aussage über die klimatisch bedingten Überschüsse oder Defizite der Wasserhaushaltssituation für die Vegetationskomplexe der Lebensraumtypen. Durch die Nutzung der Periode des Sommerhalbjahres wird insbesondere die Zeit hoher Evapotranspiration und hoher Nutzung der Bodenwasservorräte untersucht. Für die beiden Feldfrüchte Mais und Dinkel wurde die KWB für den Frühling (März bis Mai) verwendet.

Die Korrektur der Klimatischen Wasserbilanz im Sommer erfolgte über das Geländemodell (Exposition; Hangneigung). Die Lage der jeweiligen Fläche (z.B. Schatt- oder Sonnenhang, Mulde oder Kuppe, etc.) besitzt durch die Zu- und Abflüsse des Bodenwassers ebenfalls einen wesentlichen Einfluss auf die KWB und somit auf das pflanzenverfügbare Wasser. Daher wurde dieser standörtliche Einflussfaktor mit einbezogen. In Anlehnung an die Arbeit von Hauffe et al. (1998) wurden anhand der Reliefposition, der Hangneigung und der Exposition Zu- und Abschläge zur KWB berechnet. Die resultierende „terrain-korrigierte KWB“ stellt in den Gebirgslagen des Naturparks die tatsächlichen Wasserhaushaltssituationen für die LRT Vegetationskomplexe weitaus besser dar, als ohne Berücksichtigung des Terrains. Der ermittelte Wert gibt die Wassermengen in mm an.

Alle drei Indikatoren sind untereinander nicht völlig unabhängig. Die Temperatur ist einer der Parameter, der die Klimatische Wasserbilanz (KWB) beeinflusst. Die terrainkorrigierte KWB ist korreliert mit den Geländegegebenheiten; somit existiert keine völlige Unabhängigkeit der ausgewählten Klima-Indikatoren. Allerdings ist die entscheidende Wasserverfügbarkeit für die untersuchten Vegetationskomplexe in Landwirtschaft und Naturschutz weitaus präziser mit der Klimatischen Wasserbilanz (KWB) unter Einbeziehung des Bodens vorhersagbar als über den Niederschlag, insbesondere in einem sehr bergigen, stark bewegten Gelände.

Für die ausgewählten Lebensraumtypen wurde angenommen, dass sich ihre typische Ausprägung bei Änderung des Klimas deutlich verändern oder diese nicht mehr erkennbar sein wird. Für die Feldfrüchte wurde angenommen, dass die heutigen Anbaugelände und Standorte nicht mehr ideal sind und andere, zumeist höhere Lagen gewählt werden müssten, die heute ganz andere Nutzungsarten aufweisen.

¹⁴ Die Nutzbare Feldkapazität (NFK) ist der Teil der Feldkapazität (Wassermenge), der für die Vegetation verfügbar ist.

Insgesamt erfolgte die Analyse der Klimavulnerabilität anhand von Klimahüllen über die folgenden Arbeitsschritte:

1. Häufigkeitsanalyse aller (a) Klimaparameter (LUBW 2013a), (b) Bodentypen¹⁵, (c) Nutzbare Feldkapazität (NFK) und (d) Terraindaten¹⁶ für alle Flächen im Naturpark, für die FFH Lebensraumtypflächen sowie die derzeitigen Anbaubereiche für Mais und Dinkel¹⁷;
2. Korrektur der Klimatischen Wasserbilanz im Sommer über das Geländemodell;
3. Analyse der Vorkommen der drei Klimaindikatoren für (a) die jeweiligen LRTs oder b) Schläge der ausgewählten Feldfrüchte zur Einschätzung günstiger oder weniger günstiger ökologischer Situationen (Hüllen) oder der ökologischen Situationen, in der die LRTs oder die Feldfrucht nicht vorkommt oder angebaut wird /werden kann.
4. Analyse der vorkommenden Kombinationen der drei Klimaindikatoren im gesamten Naturpark mit dem Ziel, die relative Häufigkeit der Vorkommen der LRTs oder Feldfrüchte einschätzen zu können;
5. Klassifizierung des Vorkommens im Spektrum der Klimafaktoren (Temperatur und KWB) als (a) sehr häufig, (b) häufig, (c) selten, (d) sehr selten und (e) ohne Vorkommen (Tabelle 5);
6. Einstufung der NFK in ebenfalls 5 Stufen, wobei sehr hohe NFK-Werte immer als günstig für die Abpufferung einer im Klimawandel prognostizierten, erhöhten Evapotranspiration angesehen werden. Geringe NFK-Werte erhöhen dagegen das Trockenheitsrisiko.
7. Analyse der vorkommenden Kombinationen der beiden Klimaindikatoren Temperatur und KWB in der fernen Zukunft (2100) und Bewertung, ob die zukünftige ökologische Situation noch in die derzeitige ökologische Hülle fällt oder nicht mehr;
8. Zusammenfassung der Bewertungen für die drei Klimaindikatoren in einer Risikoziffer¹⁸ für die untersuchten LRTs und Schläge mit den Feldfrüchten Mais und Dinkel im Naturpark.

Tabelle 5: Beispiel des Vorkommens eines LRT anhand des Klimaindikators Temperatur (Ist-Zustand)

Durchschnittstemperatur (°C)	Häufigkeit (#Flächen)	Häufigkeit (%)	Areal (ha)	Areal (%)	Vorkommen
2	0	0	0	0	Ohne Vorkommen
3	0	0	0	0	Ohne Vorkommen
4	0	0	0	0	Ohne Vorkommen
5	29	3	24,8	4,93	Häufig
6	702	65	297,4	59,16	Sehr häufig

¹⁵ GeoFachdaten Baden-Württemberg – Bodenkunde. Regierungspräsidium Freiburg; Abt. 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Referat 93 – Landesbodenkunde.

¹⁶ Abgeleitet aus EU-DEM dataset: Digitales Geländemodell (DGM) 30 x 30 m. <http://www.usgs.gov/USGS>

¹⁷ LGL Baden-Württemberg (2018)

¹⁸ 1: geringes Risiko für Veränderungen im Klimawandel – 5: Vorkommen in der fernen Zukunft kaum bis nicht mehr möglich.

7	345	32	175,9	34,99	Sehr häufig
8	10	1	4,6	0,92	Selten
9	0	0	0	0	Ohne Vorkommen
10	0	0	0	0	Ohne Vorkommen
11	0	0	0	0	Ohne Vorkommen
12	0	0	0	0	Ohne Vorkommen

Schritt 6: Ausblick

Mit dem Fach- und wissenschaftlichen Beirat wurden Zukunftsszenarien entwickelt. Der horizontalen und vertikalen Verschiebung der FFH-Lebensraumtypflächen sowie einer möglichen zukünftigen Nutzung dieser Flächen wurde besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Erhobene und bestehende Daten (Flächenbesuche, Standortinformationen, Klimahüllen und prognostizierte Klimaentwicklungen) wurden für die Analyse und Interpretation herangezogen.

Schritt 7: Entwicklung von Handlungsempfehlungen

Für die Lebensraumtypflächen wurden Handlungsempfehlungen erarbeitet und formuliert. Die Ergebnisse und Empfehlungen aus den Veröffentlichungen der LUBW und der FVA, sowie die Vorschläge zu Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen der Natura 2000-Managementplanungen wurden berücksichtigt. Es wurden die Erfahrungen und Empfehlungen der Bewirtschafter einbezogen. Die Empfehlungen richten sich an verschiedene Akteure bzw. Akteursgruppen.

5 Ergebnisse

5.1 MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF DIE LANDWIRTSCHAFT

5.1.1 ERGEBNISSE AUS DEM VORHERGEHENDEN PROJEKT

Mit dem Projekt "Klimaanpassung für die Landschaft des Naturpark Südschwarzwald" (2014-2016) wurden für sechs repräsentative Modellbetriebe mit land- und forstwirtschaftlichem Schwerpunkt die Klimarisiken und Anpassungsstrategien bis auf die Ebene der Waldbestände und Schläge ausgearbeitet. Standortdaten (Höhe, Hangneigung, Exposition, Bodentyp, Wasser und Nährstoffhaushalt) und Klimadaten (Frosttage, Tem-

peraturmittel, Tropentage, Vegetationsbeginn, Niederschlag im Sommer und Winter) wurden in einem Bewertungsschema kombiniert. Ziel war es, für die ferne Zukunft flächenbezogene Entwicklungsprojektionen zu erarbeiten, die die Standortdaten und Klimadaten in Bezug auf die Bewertung der Klimawirkung /-gefährdung zusammenfasst. Für die Ertragskraft wurden zwei Variablen bestimmt: die Auswirkungen auf die Ertragsleistung und die Auswirkungen auf die Produktqualität.

Insgesamt wurden in den sechs Betrieben 431 Hektar Fläche untersucht. Die sechs Betriebe haben eine sehr unterschiedliche Zusammensetzung an Landnutzungsflächen und unterschiedliche Betriebsstrategien (Neben-erwerb/Haupterwerb; Zulieferbetrieb zur eigenen Weiterverarbeitung/Handel; Rolle der Eigenleistung etc.). In die Untersuchungen mit einbezogen sind Grünland, Milchvieh- und Mutterkuhhaltung, Ackerbau, Obstbau und Sonderkulturen sowie Weinbau.

Die Ergebnisse der Einzelfallstudien zeigen deutlich, dass die Eignung der Flächen für Landwirtschaft einem drastischen Wandel unterliegen wird. Über alle Betriebe und Nutzungsarten hinweg zeigt sich für zwei Drittel der Betriebe eine leichte und für knapp ein Fünftel eine stärkere Gefährdungstendenz. Die größten Gefahren ergaben sich dabei für den Beeren- und Obstbau. Auch beim Getreideanbau – außer beim Dinkel – wurden Gefährdungspotenziale festgestellt.¹⁹

5.1.2 ERGEBNISSE DER KLIMAHÜLLENMETHODIK FÜR MAIS UND DINKEL

Mais (Silomais und Körnermais/CCM) und Dinkel wurden als landwirtschaftliche Kulturen für die exemplarische Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft ausgewählt. Mais, da er eine wichtige Futtergrundlage für die Viehhaltung ist, und die Viehhaltung, vor allem die Milchviehwirtschaft und Mutterkuhhaltung, eine wichtige Rolle im Naturpark haben. Dinkel wurde wegen der hohen Nachfrage und als bekannte ‚klimarobuste‘ Kultur ausgewählt. Die Auswahl trifft mit Blick auf die Klimasensitivität und Diskussion um die Wahl geeigneter Ackerbaukulturen eine aktuelle Problemlage in der Region.

¹⁹ Eine detaillierte Beschreibung der Ergebnisse nach Art der Landnutzung finden Sie im Abschlussbericht <http://fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/121563/U83-W03-N24.pdf?command=downloadContent&filename=U83-W03-N24.pdf&FIS=91063>

Körner- und Silomais

Auf insgesamt 6.728 ha werden im Naturpark Südschwarzwald Körner- und Silomais angebaut. Innerhalb Deutschlands ist Mais eine sehr wichtige Kulturpflanze; vor allem als Futtergrundlage für die Schweinemast (Körnermais) oder in der Viehwirtschaft (Silomais).

Mais, ursprünglich aus Mexiko stammend, ist eine wärmeliebende Feldfrucht und weitgehend hitzetolerant. Der Mais ist eine sogenannte C4 Pflanze. C4 Pflanzen haben durch einen effizienten Stoffwechselmechanismus die Möglichkeit, selbst die geringsten Mengen CO₂ zu nutzen. Normalerweise schließen Pflanzen bei hohen Temperaturen ihre Spaltöffnungen, um Wasserverluste durch Transpiration zu begrenzen. Die Aufnahme von CO₂ für die Photosynthese wird dadurch erschwert. Die Maispflanze kann, trotz schließen der Spaltöffnungen, durch eine höhere CO₂-Bindungseffizienz die sehr niedrigen CO₂ Mengen zum Aufbau von Biomasse nutzen.

Bereits zur Keimung braucht Mais eine Temperatur von 8 bis 10°C. Die oberirdischen Pflanzenteile sind zudem sehr frostempfindlich. Spätfröste im Frühling und Frühfröste im Herbst sind damit ein Risiko für die Maispflanze. Der Wasserbedarf muss vor allem am Vegetationsbeginn gedeckt sein. Wassermangel kurz vor und während der Blütezeit beeinträchtigt Wachstum, Befruchtung und Kolbenbildung. Für eine gute Ertragsbildung ist jedoch auch später, während der Vegetationsperiode, ausreichend Wasser notwendig.

Klimahüllen

Betrachtung der aktuellen Situation

Körner- und Silomais werden in den tieferen und vor allem wärmsten Lagen des Südschwarzwaldes angebaut: innerhalb der Temperaturzone zwischen 6,3 und 10,5°C. Das Spektrum der Klimatischen Wasserbilanz im Sommer für Mais ist sehr breit und umfasst den Wertebereich von 18 bis 526 mm (Abbildung 9).

Betrachtung der zukünftigen Situation

Klimaprojektionen für die ferne Zukunft (2100) zeigen für den Naturpark und die heutigen Anbauflächen für Körner- und Silomais eine deutliche Steigerung der mittleren Jahrestemperatur (Abbildung 9). Da Mais wärmeliebend ist, wird eine Steigerung der mittleren Jahrestemperatur für dessen Anbau eine Chance bieten.

Die Klimatische Wasserbilanz im Sommer wird sich bis ins Negative (bis -26 mm) verringern; für manche Flächen im Naturpark wird der Anbau von Mais deshalb problematisch. Abbildung 11 zeigt die möglichen Anbauflächen für Körner und Silomais heutzutage und in der fernen Zukunft. Deutlich wird, dass auch in den höheren Lagen des Naturpark Südschwarzwald der Anbau von Körner- und Silomais in der fernen Zukunft möglich wird. Der Mais ist damit ein möglicher Gewinner des Klimawandels. Flächen mit einer geringen Klimatischen Wasserbilanz im Sommer müssen womöglich bewässert werden. Die Kosten und Nutzen der Beregnung sind allerdings kritisch abzuwägen. Außerdem sollen Einschränkungen durch z.B. Starkregen (Erosionsgefahr) berücksichtigt werden.

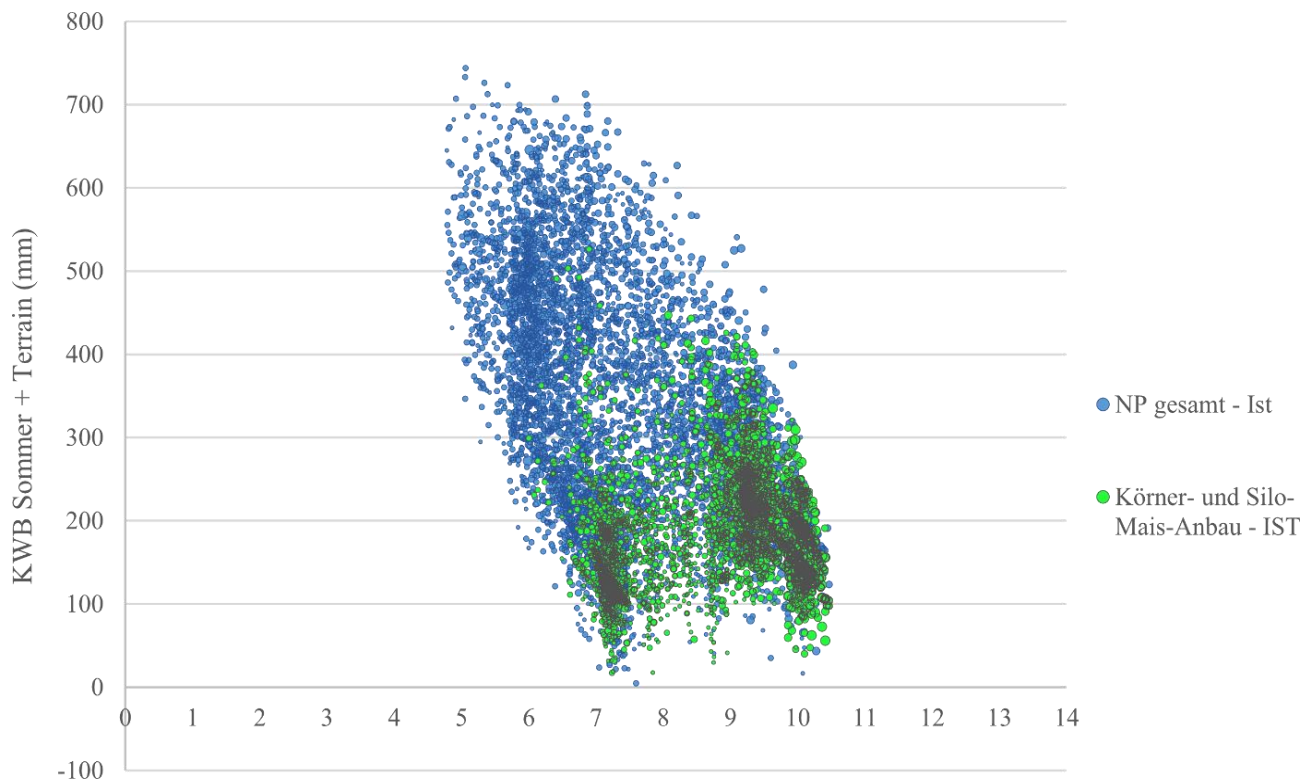


Abbildung 9: Klimabedingungen der Körner- und Silomais Flächen im Naturpark Soudschwarzwald (Ist-Zustand)

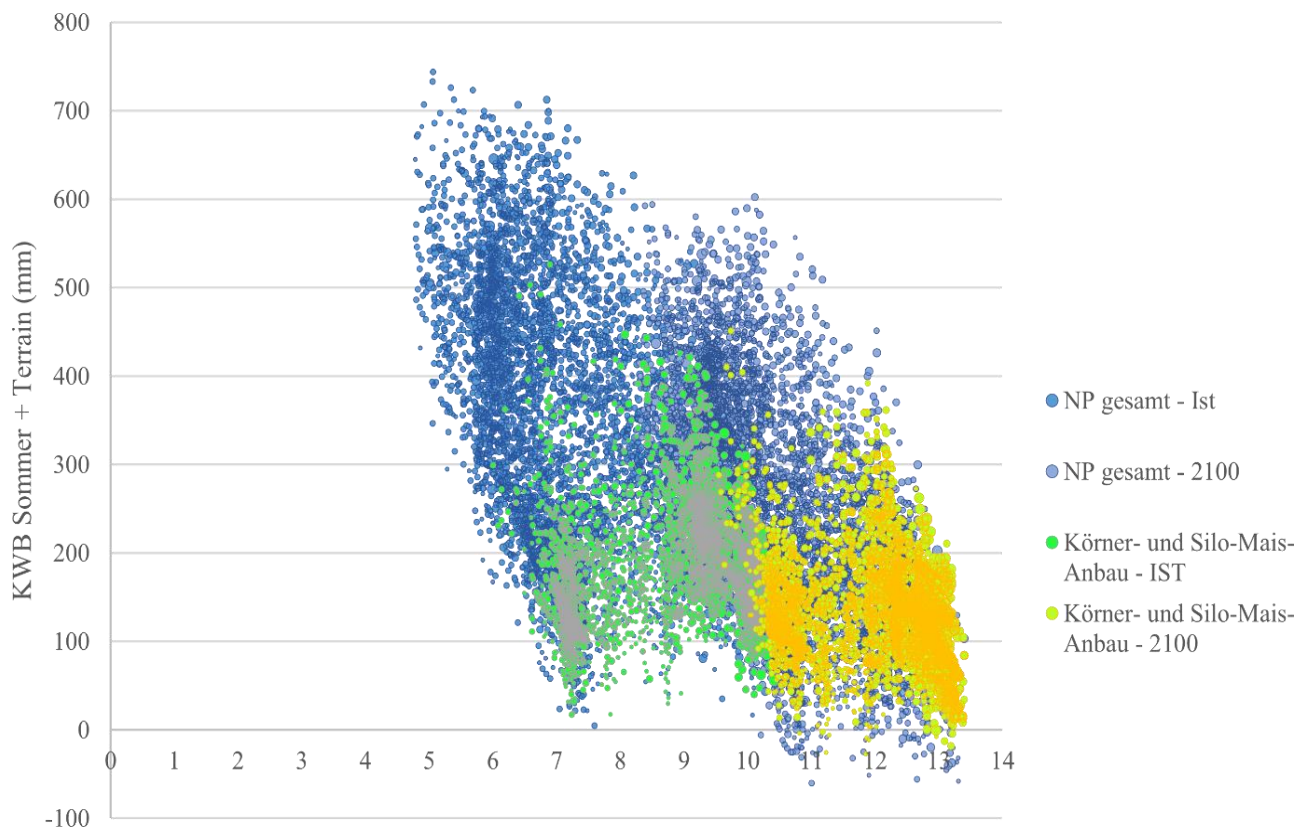


Abbildung 10: Verschiebung der Klimabedingungen für den Anbau von Körner- und Silomais im Naturpark Soudschwarzwald (Ferne Zukunft, 2100)

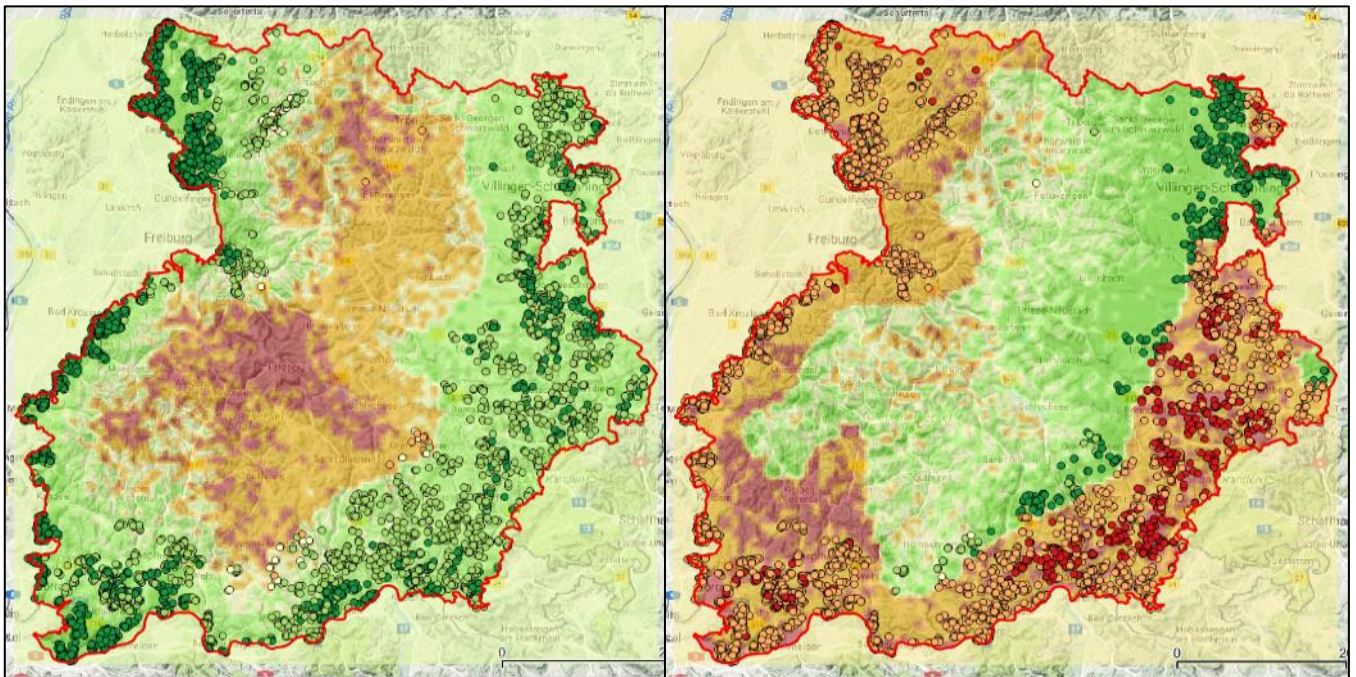


Abbildung 11: Vorkommen und Anbaupotenzial für Körner- und Silomais (links: Ist-Zustand; rechts: Ferne Zukunft)
Grün = Anbau möglich; Rot = Anbau ohne Anpassungsmaßnahmen wie Beregnung begrenzt möglich/gefährdet

Dinkel

Dinkel wird im Naturpark Südschwarzwald auf nur 521 ha angebaut. Dinkel, auch Spelzweizen genannt, ist eine Art Getreide mit Kernen, die auch nach der Ernte noch von Spelzen umhüllt und dadurch geschützt sind. Nach der Ernte muss das Getreide deshalb noch, 'entspelzt' werden. In Europa hauptsächlich in der Winterform angebaut, wird Dinkel in den letzten Jahren verstärkt kultiviert. Innerhalb Deutschlands ist Baden-Württemberg ein Hauptanbaugebiet.

Dinkel hat mittlere bis hohe Wasseransprüche; sonst wird Dinkel wegen seiner Anspruchslosigkeit (robust, winterhart) sehr geschätzt. Dinkel wird im Herbst gesät und, je nachdem Grünkern oder Dinkel als Endprodukt vorgesehen ist, zwischen Beginn und Mitte der Teigreife (Grünkern) oder im Hochsommer geerntet (Dinkel; Juli – August).

Klimahüllen

Betrachtung der aktuellen Situation

Dinkel wird in den warmen und mittleren Lagen des Naturpark Südschwarzwaldes angebaut. Der Temperaturbereich liegt zwischen 6,6 und 10,3°C; sehr häufig wird Dinkel jedoch innerhalb eines Temperaturbereiches von ca. 7 - 9°C angebaut.

Das Spektrum der Klimatischen Wasserbilanz im Sommer ist breit (70 – 449 mm), häufig jedoch haben die Dinkelanbauflächen im Sommer eine Klimatische Wasserbilanz von ca. 70 – 300 mm (Abbildung 12).

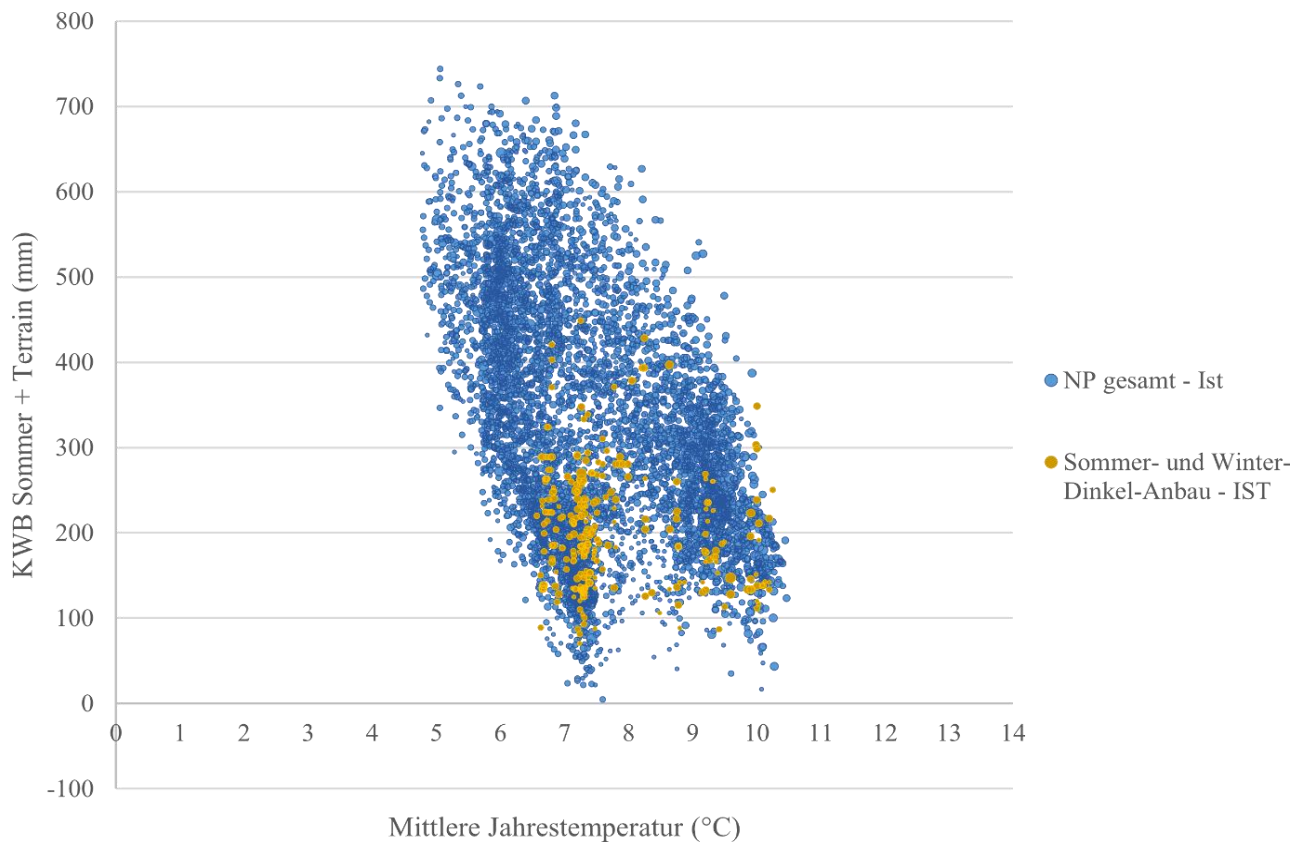


Abbildung 12: Klimabedingungen der Dinkel Anbauflächen im Naturpark Südschwarzwald (Ist-Zustand)²⁰

Betrachtung der zukünftigen Situation

Klimaprojektionen für die ferne Zukunft zeigen die Steigerung der mittleren Jahrestemperatur um ungefähr 3°C. Auch Dinkel wird damit in den höheren Lagen des Naturpark Südschwarzwaldes angebaut werden können. Da Dinkel in den wärmeren (Tief)Lagen des Südschwarzwaldes selten angebaut wird, sind die Anbauflächen mit höheren Durchschnittstemperaturen in der fernen Zukunft möglicherweise weniger für Dinkel geeignet/gefährdet. Allerdings ist es durchaus möglich, dass in den tieferen und wärmeren Lagen des Südschwarzwaldes der Anbau von anderen Kulturen wie Mais von Landwirten bevorzugt , und dadurch weniger Dinkel angebaut wird. Dies kann durchaus die Ergebnisse der Klimahüllen beeinflussen.

Die Klimatische Wasserbilanz im Sommer wird sich relativ wenig ändern und damit kein starkes Risiko für den Anbau von Dinkel bilden (Abbildung 13). Abbildung 14 zeigt die Ergebnisse der Klimahüllenanalyse und visualisiert das mögliche Ausweichpotenzial im Naturpark Südschwarzwald.

²⁰ Die Farben der Klimahüllen wurden für die landwirtschaftlichen Kulturen sowie die Lebensraumtypen unterschiedlich dargestellt. Visuell wird hiermit ein einfacher Vergleich zwischen den Klimahüllen ermöglicht.

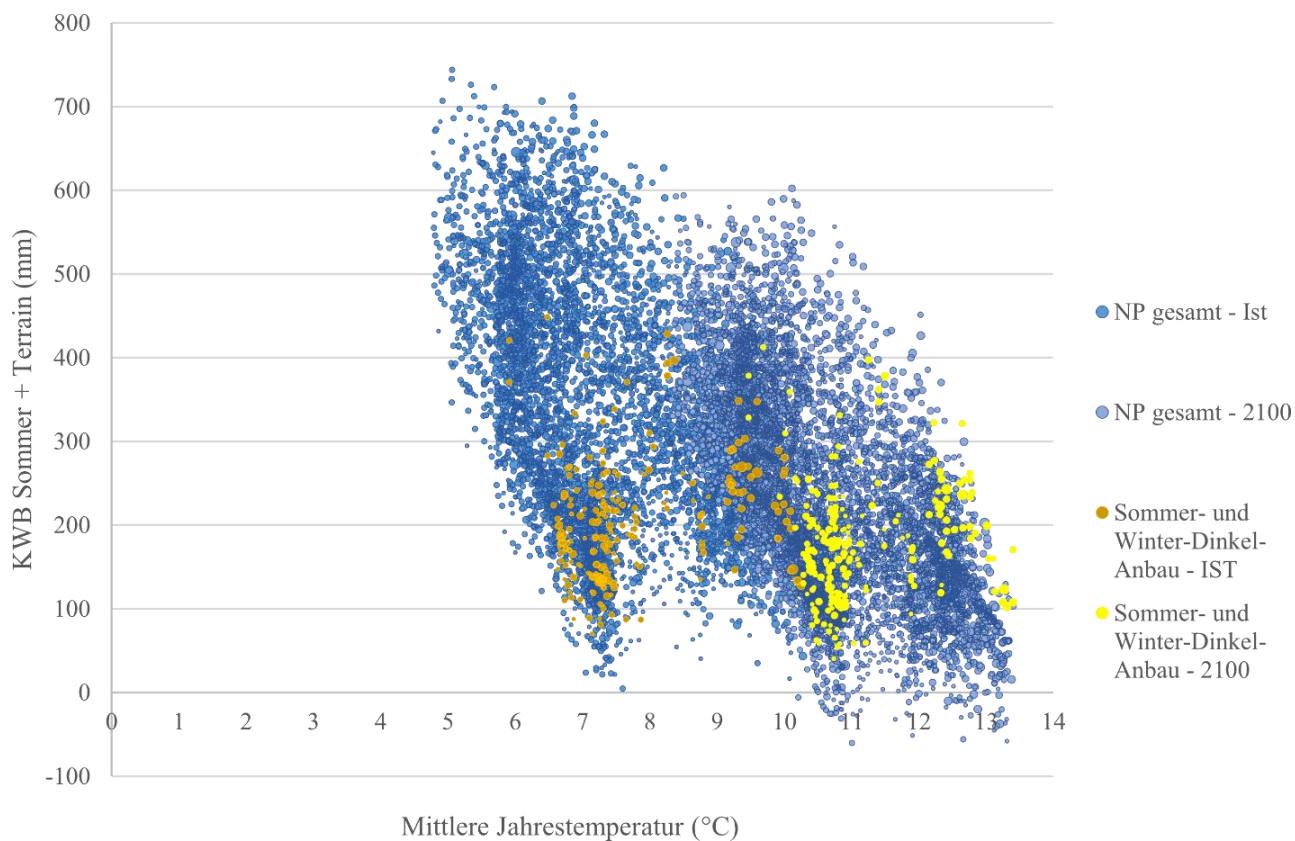


Abbildung 13: Verschiebung der Klimabedingungen für den Anbau von Dinkel im Naturpark Südschwarzwald (Ferne Zukunft, 2100)

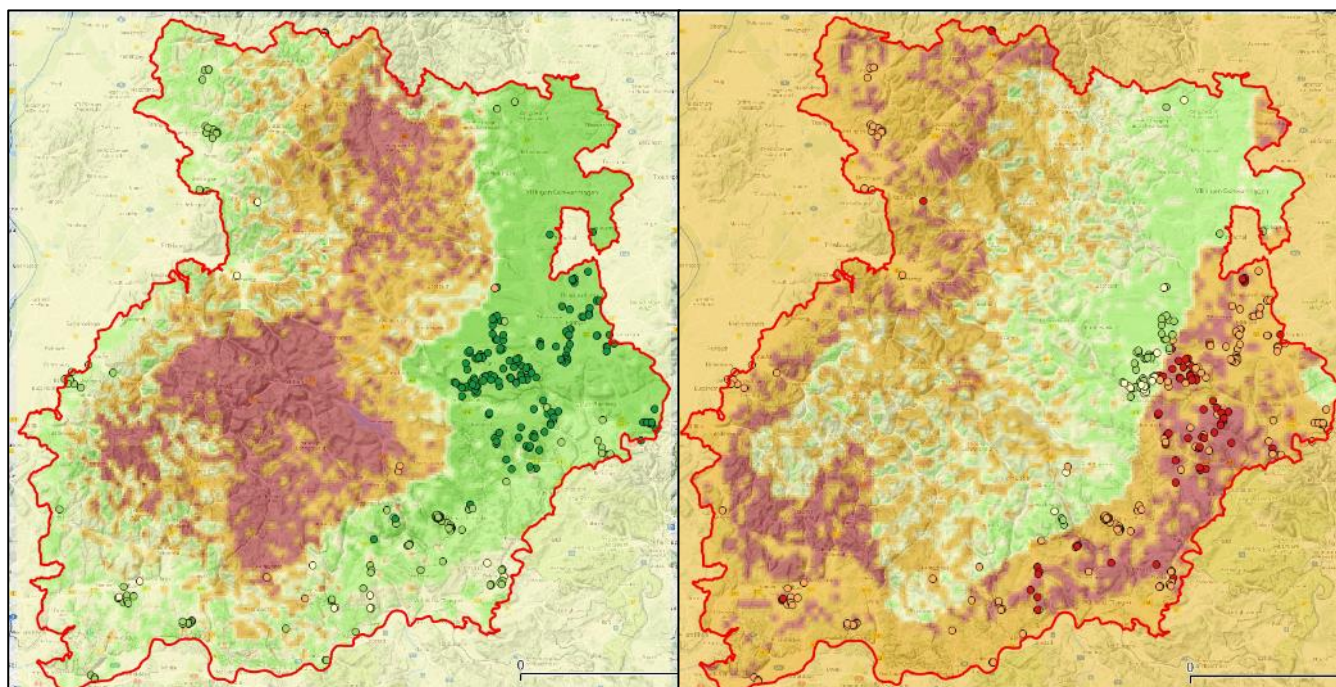


Abbildung 14: Vorkommen und Anbaupotenzial für Dinkel im Naturpark Südschwarzwald (links: Ist-Zustand; rechts: Ferne Zukunft)

Grün = Anbau möglich; Rot = Anbau begrenzt möglich/gefährdet

Interpretation der Klimahüllen in der Landwirtschaft

Für beide Kulturen wurden Klimahüllen und Karten mit Vorkommen und Anbaupotenzial entwickelt. Die Interpretation dieser Ergebnisse kann allerdings nicht so erfolgen wie für die FFH Lebensraumtypen: der Landwirt hat – selbstverständlich – einen großen Einfluss auf die Auswahl und den Anbau von Kulturen. Basierend auf Faktoren wie Marktpotenzial, Preisen und Agrarpolitik werden Anbauentscheidungen getroffen. Es ist also durchaus möglich, dass Mais und Dinkel unter anderen klimatischen Bedingungen im Naturpark angebaut werden können, allerdings aufgrund anderer Präferenzen der Landwirte nicht angebaut werden. Außerdem werden landwirtschaftliche Kulturen durch Züchtung und mögliche Anpassungsmaßnahmen wie Bewässerung auch in der Zukunft möglicherweise ‚resilient‘ gegenüber dem Klimawandel sein.

5.2 KLIMAVULNERABILITÄT DER FFH-LEBENSRAUMTYPFLÄCHEN IM WALD UND OFFENLAND

In diesem Ergebnisabschnitt wird die Klimavulnerabilität der vier ausgewählten Lebensraumtypen beschrieben. Das Vorgehen war dabei mehrstufig, wobei zunächst eine Gesamtbewertung der LRTs über Experteneinschätzungen erfolgte. Parallel dazu bewerteten die Experten ebenfalls qualitativ ein Set verschiedener Indikatorpflanzen des LRTs. Die Begründung der Bewertungen für die jeweilige Art befindet sich im Anhang 2; im Ergebnisteil wird lediglich eine Zusammenfassung des jeweiligen Artensembles vorgestellt. Neben diesen qualitativen Einschätzungen wird im Folgenden insbesondere die Entwicklung von Temperaturerhöhung und Klimatischer Wasserbilanz im Sommer dargestellt. Die Darstellung ist konzentriert auf die wesentlichen Ergebnisse; diese sind korrigiert für Relief und Boden und verglichen Ist und ferne Zukunft (entspricht dem Jahr 2100).

5.2.1 WALD-LEBENSRAUMTYPEN

Im Waldbereich werden die beiden LRTs Bodensaure Nadelwälder (LRT 9410) und Montane Buchenwälder (9110) vorgestellt und diskutiert.

Der LRT 9410 - Bodensaure Nadelwälder

Generelle Beurteilung des LRT 9410

Im Naturpark Südschwarzwald befinden sich 1.332 ha (0,3%) Flächen mit dem Lebensraumtyp 9410 Bodensaure Nadelwälder (Abbildung 10). Der Lebensraumtyp ist gekennzeichnet durch die Indikatorarten Fichte und Weißtanne, charakteristisch sind auch Zwergsträucher und Moose. Der Lebensraumtyp kommt hauptsächlich auf nährstoffarmen, kühlfeuchten Standorten vor, gekennzeichnet von sauren Böden (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2013).

Der LRT besteht aus verschiedenen Untertypen, die auch verschieden anfällig gegenüber einer Änderung der ausgewählten Faktoren sind. So umfasst der LRT z.B. den Geiselmoo-Fichten-Wald, Hainsimsen-Fichtenwälder oder Fichten-Blockwald auf Blockhaldenstandorten. Dadurch umfasst der LRT eine weite Spanne von frischen bis trockenen Standorten. Der Wasserhaushalt spielt also im Detail und für die unterschiedlichen LRT-Ausprägungen eine signifikante Rolle.

Gesamtbewertung der Experten zum LRT 9410

In der folgenden Tabelle spiegelt sich die Gesamteinschätzung der Experten zum LRT Bodensaure Nadelwälder wider. Auf der Skala von +2 bis -2 wurde für die einzelnen Faktoren jeweils dreimal die Bewertung -1 und je zweimal die Bewertung -1,5 vergeben. In der Gesamtwertung und bei gleicher Gewichtung aller Faktoren zeigt sich damit eine deutlich negative Bewertung des LRTs in Bezug auf die Klimafaktoren für die ferne Zukunft.

Tabelle 6: Gesamtbewertung der Klimavulnerabilität Bodensaure Nadelwälder (LRT 9410)

LRT	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Biotische Interaktionen	Störungsregime	Areal	Gesamtbewertung
9410 Bodensaure Nadelwälder	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1,2

Der LRT Bodensaurer Nadelwald besteht aus verschiedenen Untertypen. Ausprägungen, die an Moorränder und in feuchten Senken vorkommen, werden auch künftig Hangzuschusswasser erhalten, wenngleich auch hier Veränderungen möglich sind. Andere Ausprägungen sind gegenüber geringeren Niederschlägen empfindlicher. Also ist der Wasserhaushalt im Detail sehr wichtig. Da eine jahreszeitliche Verschiebung der Niederschläge erwartet wird, und Trockenphasen häufiger vorkommen werden, wird in Bezug auf den **Wasserhaushalt** aber insgesamt eine negative Auswirkung des Klimawandels auf diesen LRT erwartet.

Durch eine höhere Umsetzung von Nährstoffen (Mineralisierung infolge höherer Temperaturen) wird der **Nährstoffhaushalt** in der Zukunft verbessert sein. Allerdings besteht die Pflanzengemeinschaft des Bodensauren Nadelwalds teils aus stickstoffmeidenden Arten. Die Pflanzengemeinschaft des LRT wird sich deshalb in der Zukunft verändern.

Der Faktor **biotische Interaktion** (Konkurrenzverhältnisse) wird negativ beurteilt. Es wird eine Konkurrenzvegetation aus Nicht-Charakterarten befürchtet.

Die klimawandelbedingten Wirkungen in Bezug auf das **Störungsregime** werden deutlich negativ beurteilt. Der LRT hat ein geringes Regenerationsvermögen und das Risiko, dass die Fichte als Charakterart ausfällt, ist hoch.

Dieser LRT und seine charakteristischen, an Kälte und Feuchtigkeit angepassten Arten, hat keine Möglichkeit in der Raumschaft des Naturpark Südschwarzwald in höhere Lagen oder auf geeignete Standorte auszuweichen. Durch Mineralisierung und erhöhte Trockenheit werden viele Moosarten verloren gehen. Auflichtung durch das Absterben von geschädigten Bäumen bringt zusätzlich Licht und Wärme auf den Boden. Eine stark negative Auswirkung des Klimawandels auf das **Areal** dieses Lebensraumtyps wird daher erwartet.

Bewertung der Experten zu spezifischen Indikatorarten des LRT 9410

Neben der Gesamtbewertung des LRTs wurden einzelne Indikatorarten herausgegriffen. Dieser Aspekt ist wichtig, um durch die Namensgebung des Fichten-LRTs nicht einseitig auf die Leitart Fichte abzuheben, sondern Indikatorarten und ihre jeweiligen Ansprüche adäquat mit zu berücksichtigen.

In nachfolgender Tabelle wird deutlich, dass für alle vier untersuchten Arten eine leichte bis starke Verschlechterung zu erwarten ist. Für die Fichte ist dies mit einem Wert von -1,1 am deutlichsten erkennbar, für die Preiselbeere mit einer nur leicht negativen Einschätzung am wenigsten drastisch.

Tabelle 7: Bewertung der Klimavulnerabilität einzelner Indikatorpflanzen (Bodensaure Nadelwälder (LRT 9410))

Indikatorpflanze	Spät-/ Frühfrost	Hitze- stress	Trocken- heit	Zunahme Konkurrenz	Krankheits- erreger, Schädlinge	Gesamt Bewertung
Fichte <i>Picea abies</i>	-0,5	-1	-1	-1	-2	-1,1
Preiselbeere <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	0	0	0	-0,5	0	-0,1
Rippenfarn <i>Blechnum spicant</i>	-1	0	-1,5	-0,5	0	-0,6
Korallenwurz <i>Corallorhiza trifida</i>	0	-1	-1	0 / -1	0/-1	-0,4/-0,8

Klimahüllen

Betrachtung der aktuellen Situation

Die Bodensauren Nadelwälder des LRT 9410 befinden sich in der Temperaturzone zwischen 4,8 und 7,5°C und besetzen damit hochgelegene und kalte Standorte des Naturparks Südschwarzwald. Da die Höhenbegrenzung des Schwarzwaldes bei 1500 m liegt, gibt es keine kälteren Standorte, auf denen sich dieser LRT theoretisch ansiedeln könnte.

Das breite KWB-Spektrum des Vorkommens im Naturpark entspricht dem breiten Vorkommen des LRTs, der sehr verschiedene Untergruppen erfasst, die zum Teil auch auf sehr trockenen Standorten vorkommen (v.a. der Beerstrauch-Tannen-Wald mit Kiefer). Insofern betrachtet die Waldbiotopkartierung diesen Lebensraumtyp differenzierter, als die FFH-Typologie. In Bezug auf die KWB liegt der LRT im feuchten bis sehr trockenen Bereich des Spektrums; die Werte liegen in der Spanne zwischen 60 und 750 mm.

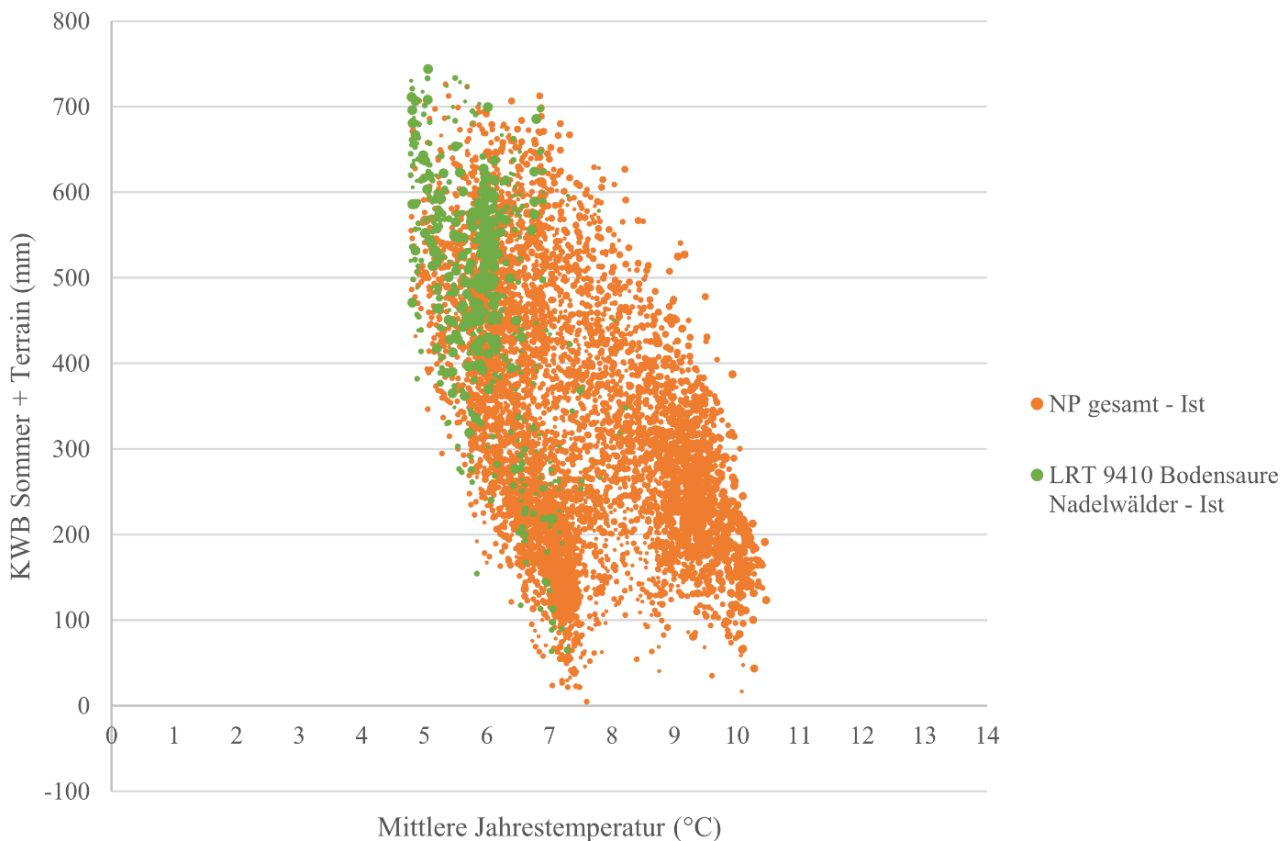


Abbildung 15: Klimabedingungen für die Bodensauren Nadelwälder (LRT 9410; Ist-Zustand)

Betrachtung der zukünftigen Situation

In der fernen Zukunft wird sich die die Temperatur auf den Standorten auf denen sich die LRTs derzeit befinden auf 8,3 bis 10,8°C erhöhen. Die Temperaturspanne von rund 2,5°C wird damit beibehalten, die mittlere Jahrestemperatur wird sich um knapp 3°C erhöhen. Von den bestehenden Standorten des Fichten-LRT 9410 liegt keine Fläche im Jahresmittel über 7,5°C; in der fernen Zukunft wird es wiederum keine Standorte geben,

die unter 7,5°C im Mittel aufweisen. Das bedeutet, dass es theoretisch keine Ausweichstandorte in dieses Temperaturspektrum gibt. Ausnahmen davon sind eventuell kleinstandörtliche Besonderheiten (z.B. „Eiskellerstandorte“).

In Bezug auf die KWB liegen die LRT-Standorte im feuchten bis sehr trockenen Bereich des Spektrums, also zwischen 0 und 600 mm. Das Fehlen von möglichen LRT-Standorten im KWB-Spektrum zwischen 600 und 750 mm deutet darauf hin, dass diejenigen Untergruppen des LRT 9410, die feuchteliebend sind (also v.a. der Geiselhoos- Fichtenwald), keine geeigneten Flächen mehr vorfinden.

Die Kombination der beiden Faktoren deutet darauf hin, dass der LRT 9410 nur noch unter der Annahme lokaler Sondereffekte auf kleinräumigen Sonderstandorten (frische bis trockene, beschattete/nordexponierte Lagen, Bereiche mit Zuschusswasser im Übergang zu Mooren) geeignete Standortbedingungen vorfinden wird.

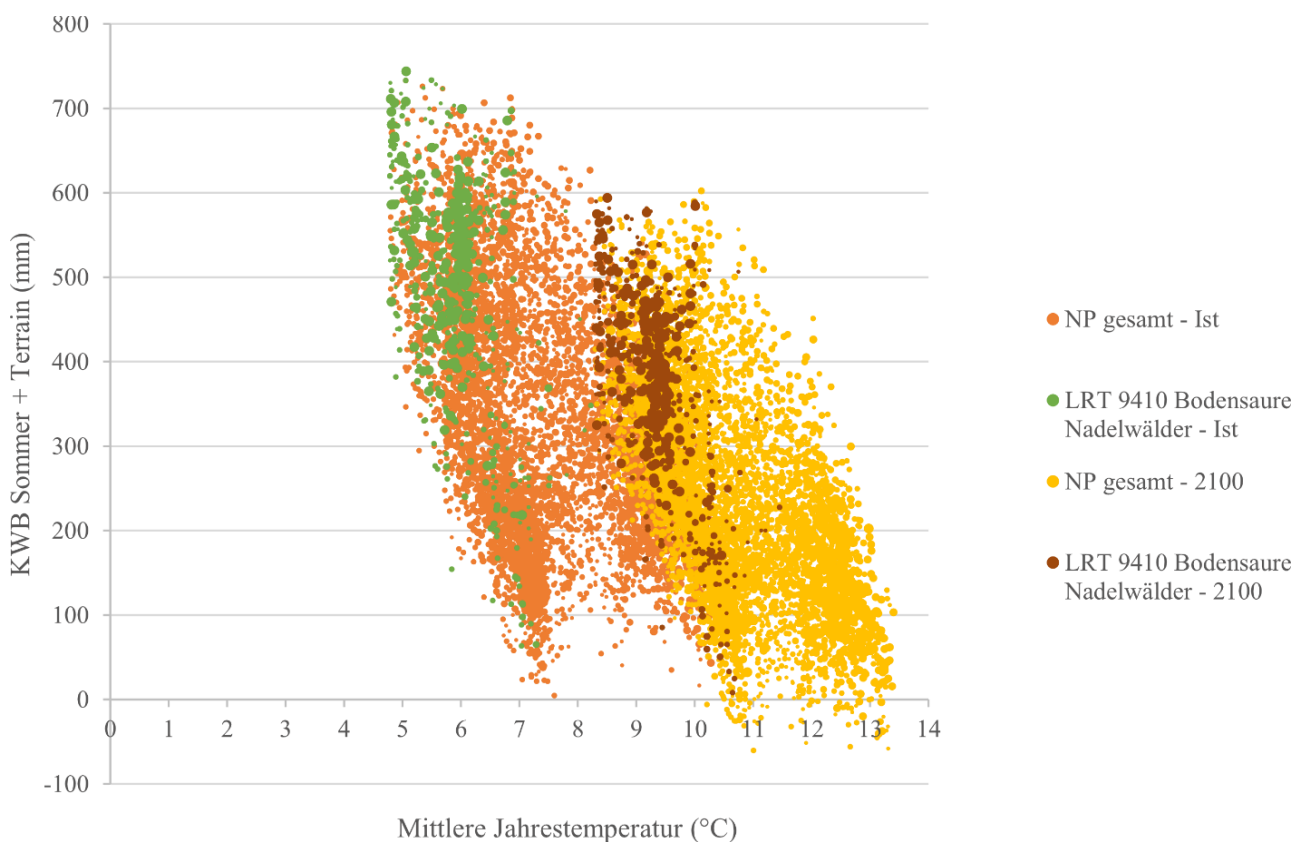


Abbildung 16: Veränderung der klimatischen Bedingungen für die heutigen Standorte der Bodensauren Nadelwälder (Ferne Zukunft, 2100)

Abbildung 17 zeigt die Lage der Vorkommen des LRT 9410 und die Klimaprojektion für 2100. Die Punkte zeigen die Vorkommen der heutigen LRT-Flächen. In der Grafik links weisen die mehrheitlich grünen Punkte auf geeignete Standortbedingungen hin. Die grünen Bereiche stellen potenzielle Ausweichflächen, unabhängig von der derzeitigen Nutzungsform, dar. Auf der rechten Grafik wird deutlich, dass es in der fernen Zukunft keine Vorkommen heutiger Standorte (also Punkte) mit Idealbedingungen geben wird. Fehlende grüne Bereiche deuten darauf hin, dass es auch keine Ausweichstandorte geben wird.

Die roten Punkte lassen sich dahingehend interpretieren, dass sich die Standortbedingungen derart verschlechtern, dass der LRT dort mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht mehr vorkommen wird.

Die Farben sind eine Zusammenfassung und kartographische Darstellung der Klimahüllen und zeigen, ähnlich wie die vorangehende Abbildung 9, das geringe Ausweichpotenzial des LRT.

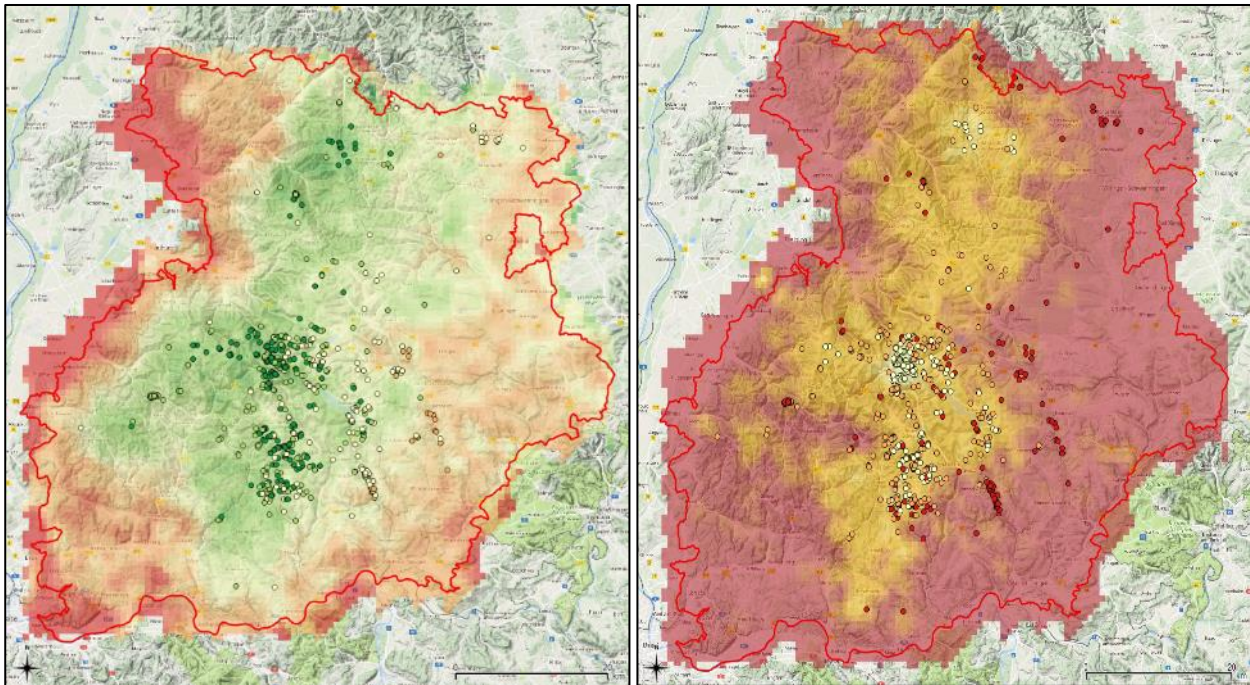


Abbildung 17: Vorkommen und Ausweichpotenzial für Bodensaure Nadelwälder (LRT 9410) im Naturpark Südschwarzwald (Links: Ist-Zustand; Rechts: Ferne Zukunft, 2100)

Grün = Flächen mit Ausweichpotenzial; Rot = Flächen ohne Ausweichpotenzial

Der LRT 9140 – Subalpine Buchenwälder

Generelle Beurteilung des LRT 9140

Insgesamt 429 ha subalpine Buchenwälder sind im Naturpark Südschwarzwald vorhanden (Abbildung 13). Der LRT 9410 Subalpiner Buchenwald ist ein hochstaudenreicher Hochlagen-Buchenwald. Am Bestandesaufbau sind vor allem die Baumarten Tanne und Ahorn beteiligt. Zudem charakteristisch ist eine artenreiche Krautschicht. Subalpine Buchenwälder kommen vor allem in den oberen Lagen des westlichen Hochschwarzwaldes vor (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2013).

Gesamtbewertung der Experten zum LRT

Die Einschätzung der Experten zum LRT weist auf eine mittlere Verschlechterung hin. Die Faktoren Wasserhaushalt, Biotische Interaktionen und Areal wurden jeweils mit -1 bewertet. Im Vergleich zum LRT 9410 fällt die Gesamtbeurteilung der Faktoren jedoch deutlich moderater aus. Insgesamt besteht jedoch auch für diese

als Hochlagen-Buchenwald ausgewiesenen LRT im Gebiet des Naturparks Südschwarzwald in Bezug auf Anpassungsmechanismen keine Ausweichmöglichkeiten „nach oben“. Von unten könnten sich Verdrängungen durch sich hineinentwickelnde Waldmeister-Buchenwälder ergeben.

Tabelle 8: Gesamtbewertung der Klimavulnerabilität Subalpine Buchenwälder (LRT 9140)

LRT	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Biotische Interaktionen	Störungsregime	Areal	Gesamtbewertung
Subalpine Buchenwälder	-1	0	-1	-0,5	-1	-0,7

Der **Wasserhaushalt** entwickelt sich negativ; die Evapotranspiration wird durch die höhere Durchschnittstemperatur und Anzahl der Hitzetage steigen. Die Charakterarten des LRTs zeigen eine Präferenz für luftfeuchte oder frische bis nasse Standorte. Dieser LRT ist nicht an Trockenphasen angepasst.

In Bezug auf den **Nährstoffhaushalt** werden weder negative noch positive Auswirkungen des Klimawandels erwartet. In der Tendenz könnte durch eine höhere Umsetzung aufgrund höherer Temperaturen das Nährstoffangebot verbessert werden. Dies ging nicht in die Bewertung ein.

Der Faktor **Biotische Interaktion** (Konkurrenzverhältnisse) wird negativ beurteilt. Charakterarten werden verdrängt, und es werden weitere/neue Arten zuwandern.

Klimawandelbedingte Änderungen im **Störungsregime** (z.B. Sommerstürme, Schneebruch) verursachen nur eine geringe negative Beeinflussung des LRTs Subalpine Buchenwälder. Grundsätzlich sind Buche und Bergahorn sehr flexibel in Bezug auf die Verjüngungsbedingungen und besonders der Bergahorn verjüngt sich in durch Störung entstandenen Lücken sehr gut. Andere Pflanzen mit hohem Lichtbedarf werden von Störungen wie Sommerstürmen allerdings noch stärker profitieren. Das Risiko von Schneebruch wird wahrscheinlich zunehmen.

Die Gefahr einer Arealverschiebung wird als stark beurteilt. Eine vertikale Verschiebung von subalpinen Buchenwäldern im Gebiet des Naturparks Südschwarzwald in die Höhe ist nicht möglich.

Bewertung der Experten zu spezifischen Indikatorarten des LRT 9140

Neben der Gesamtbewertung wurden auch hier einzelne Indikatorarten herausgegriffen. Da die Baumart Buche ein breites Spektrum der Buchen-LRTs abdeckt wurde in dem Fall auf die Baumart Bergahorn zurückgegriffen.

Für die fünf Arten kamen die Experten in einer Spanne von keiner Beeinflussung der Faktoren durch den Klimawandel bis zu einer mittleren Beeinflussung. Am kritischsten wurde der Aspekt des Hitzestresses für die

Indikatorarten Felsen-Johannisbeere, Alpen-Waldfarn und Alpen-Milchlattich mit -1,5 zwischen Ist-Situation und ferner Zukunft bewertet.

Tabelle 9: Bewertung der Klimavulnerabilität einzelner Indikatorpflanzen (Subalpine Buchenwälder (LRT 9140))

Indikatorpflanze	Spät-/ Frühfrost	Hitze- stress	Trocken- heit	Zunahme Konkurrenz	Krankheits- erreger, Schädlinge	Gesamt Bewertung
Bergahorn <i>Acer pseudoplatanus</i>	0	0	-0,5	+1	-0,5	+/- 0
Harzer Greiskraut <i>Senecio hercynicus</i>	0	0	-1,5	-1	?	-0,4
Felsen-Johannisbeere <i>Ribes petraeum</i>	-0,5	-1,5	-1	0	-0,5	-0,7
Alpen-Waldfarn <i>Athyrium distentifolium</i>	-0,5	-1,5	-1	0	0	-0,6
Alpen-Milchlattich <i>Cicerbita alpina</i>	-0,5	-1,5	-1	-0,5	-0,5	-0,8

Klimahüllen

Betrachtung der aktuellen Situation

Die subalpinen Buchenwälder liegen in der Temperaturzone zwischen 4,8 und 7,5°C und damit wie die Bodensauren Nadelwälder im „kalten Bereich“ des Temperaturspektrums im Naturpark (Abbildung 18). Eine Besiedlung kälterer Standorte ist analog zum LRT 9140 durch deren Fehlen im Gebiet des Naturparks ausgeschlossen. Auf wärmeren Standorten (also in tieferen Lagen) fehlen die für den LRT prägenden, an das Wachstum in hochmontanen Lagen angepassten Arten, so dass diese Standorte zwar weiterhin buchengeprägt sein können, dann jedoch anderen LRTs entsprechen werden.

In Bezug auf die KWB liegt der LRT im feuchten Bereich des Spektrums; zwischen 250 und 800 mm. Das KWB-Spektrum des LRT-Vorkommens ist breit, jedoch ist die Spanne deutlich geringer als bei den Bodensauren Nadelwäldern. Dies lässt sich auf die Standortansprüche der Indikatorarten zurückführen, die feuchtebetontere Standorte bevorzugen.

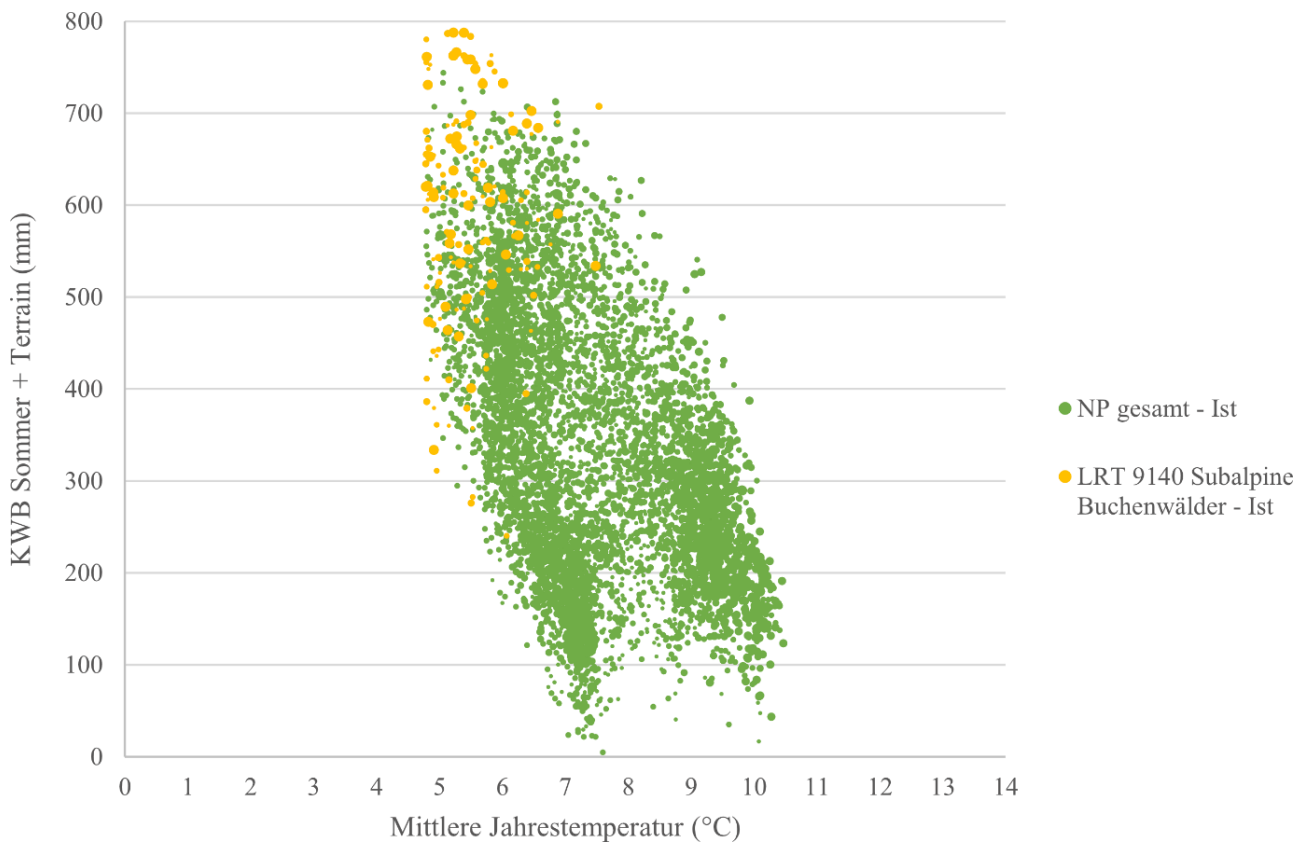


Abbildung 18: Klimatische Bedingungen für die Subalpinen Buchenwälder (LRT 9140; Ist-Zustand)

Betrachtung der zukünftigen Situation

In der fernen Zukunft wird sich die Temperatur der jetzt von subalpinen Buchenwäldern bedeckten Flächen auf 8,5 bis 10,5°C erhöhen. Von den bestehenden Standorten des LRTs liegt keine Fläche im Jahresmittel über 7,5°C; in der fernen Zukunft wird es keine Standorte im Naturpark geben, die unter 7,5°C im Mittel aufweisen. Das bedeutet, dass auch hier keine potenziellen Ausweichstandorte innerhalb des bisherigen Temperaturspektrums vorhanden sind.

In Bezug auf die KWB bewegen sich die aktuellen Standorte des LRTs zukünftig in den trockeneren Bereich: zwischen 160 und 520 mm. Das Fehlen von möglichen LRT-Standorten im KWB-Spektrum über 550 mm deutet darauf hin, dass es für wesentliche Indikatorarten wie feuchteliebenden Hochstaudenarten, Moose und Farne keine potenziellen Standorte in Bezug auf die Klimatische Wasserbilanz geben wird.

Die Kombination der beiden Faktoren deutet darauf hin, dass dies zwar für die Leitbaumart Buche und die Indikatorart Bergahorn nach wie vor geeignete Standorte sein werden, jedoch für andere Indikatorarten und das lebensraumtypische Artensensemble in der fernen Zukunft keine Flächen im Naturpark Südschwarzwald existieren werden. Auch hier könnten nur bei Annahme günstiger lokaler Sonderfaktoren auf wenigen kleinräumigen Sonderstandorten (z.B. besonders enge, Luftfeuchte Klingen oder Senken in Nordexposition, gewissermaßen „Nebellöcher“) geeignete Standortbedingungen verbleiben.

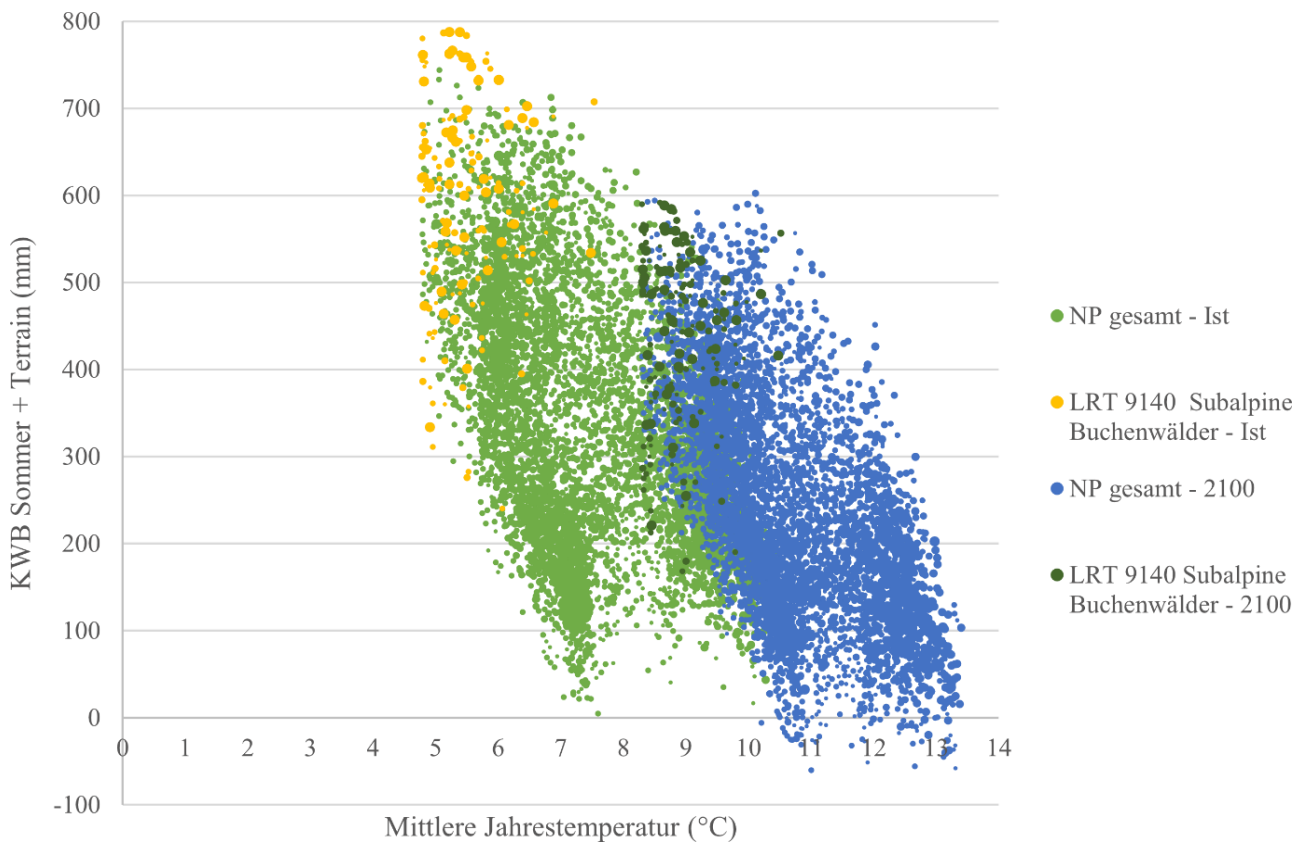


Abbildung 19: Veränderung der klimatischen Bedingungen für die heutigen Standorte der Subalpinen Buchenwälder (Ferne Zukunft, 2100)

Nachfolgende Abbildung 20 zeigt die Lage der derzeitigen Vorkommen (Punkte) sowie die potenziell geeigneten Flächen (flächige Farbmarkierung) des LRT 9140 für das Gebiet des Naturpark Südschwarzwald (Grafik links). Auf der rechten Seite sind die ermittelte Klimaprojektion für die derzeitigen Standorte (Punkte) sowie die Eignung der Flächen in der fernen Zukunft zu sehen. Die grüne Markierung weist auf Eignung hin, rote Markierungen auf fehlende Standorteignung für den LRT. Ähnlich wie die vorangehende Abbildung 12 weist die Abbildung auf fehlendes Ausweichpotenzial des LRTs hin. Unbenommen davon bleibt die Möglichkeit, dass kleinstandörtliche Bedingungen vom Regionalklima abweichen und einen Fortbestand des LRTs ermöglichen.

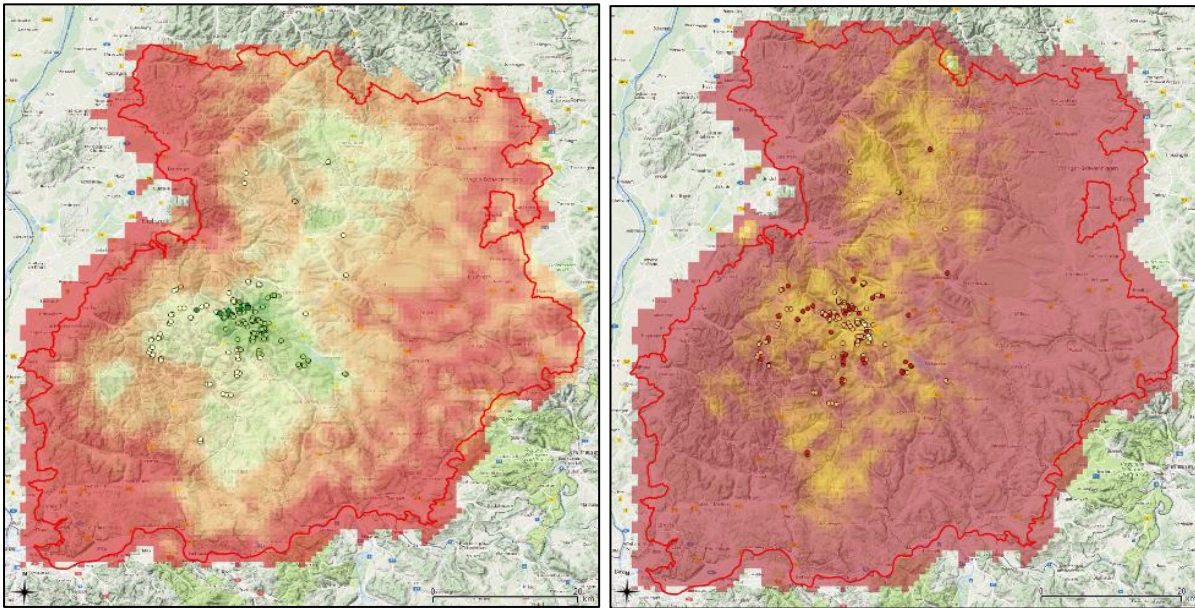


Abbildung 20: Vorkommen und Ausweichpotenzial für Subalpine Buchenwälder (LRT 9140) im Naturpark Südschwarzwald (Links: Ist-Zustand; Rechts: Ferne Zukunft, 2100)

Grün = Flächen mit Ausweichpotenzial; Rot = Flächen ohne Ausweichpotenzial

5.2.2 OFFENLAND-LEBENSRAUMTYPEN

Der LRT 6520 - Bergmähwiesen

Bergmähwiesen, artenreiche und extensiv genutzte Wiesen, sind auf 503 ha im Naturpark Südschwarzwald vorhanden. Ab 600 m Höhe werden die Bergmähwiesen über eine sehr extensive Art der Bewirtschaftung (ein bis zweimal Mahd im Jahr; geringe Düngung) erhalten. Charakteristisch sind die Vielfalt an Kräutern sowie besondere Indikatorpflanzen wie Wald-Storchnabel oder die Hain-Flockenblume (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2013).

Gesamtbewertung der Experten zum LRT 6520

In der folgenden Tabelle spiegelt sich die Gesamteinschätzung der Experten zum LRT Bergmähwiesen. Auf der Skala von +2 bis -2 wurde dreimal die Bewertung -1 und einmal -1,5 vergeben. Nur in Bezug auf das Störungsregime wird keine deutlich negative Auswirkung erwartet. In der Gesamtbewertung und bei gleicher Gewichtung aller Faktoren wird der Lebensraumtyp für die ferne Zukunft als gefährdet eingestuft.

Tabelle 10: Gesamtbewertung der Klimavulnerabilität Bergmähwiesen (LRT 6520)

LRT	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Biotische Interaktionen	Störungsregime	Areal	Gesamtbewertung
6520 Bergmähwiesen	-1	-1	-1	0	-1,5	-0,9

Der **Wasserhaushalt** wird sich wegen der Sommertrockenheit negativ entwickeln. Insbesondere auf flachgründigen Standorten und/oder südexponierten Lagen wird dies problematisch für Flachwurzler und frische-liebende Arten (Goldhafer, Horst-Schwengel). Allerdings, so die Experteneinschätzung, sind negative Auswirkungen auf den Wasserhaushalt teilweise durch Düngung kompensierbar.

In Bezug auf den **Nährstoffhaushalt** werden Blatt-/Rosettenkräuter und/oder Neophyten (z.B. Feinstrahl) gegenüber den Charakterarten zunehmen und offene Stellen (die aufgrund des Weidedrucks entstehen) besetzen. Aushagerungstendenzen oder Nährstoffanreicherung (intensivere Abbauvorgänge durch höhere Temperaturen, Stickstoffeinträge durch Niederschläge) werden sich möglicherweise verstärken. Ein Kalken der Flächen ist nicht erlaubt; angepasste Düngung schon. Die Gesamtwirkung in Bezug auf den Nährstoffhaushalt wird negativ bewertet.

Der Faktor **biotische Interaktion** (Konkurrenzverhältnisse) wird für die Bergmähwiesen negativ beurteilt: Charakterarten werden durch andere Arten verdrängt werden.

Die klimawandelbedingten Wirkungen in Bezug auf das **Störungsregime** (z.B. Starkregenzunahme und dessen Auswirkungen) werden nicht als deutlich negativ für den LRT Bergmähwiesen eingeschätzt.

Die Gefahr einer **Arealverschiebung** wird insbesondere durch die Temperaturzunahme um $+3^{\circ}\text{C}$ als stark beurteilt (zwischen -1 und -2). Das würde eine horizontale Verschiebung von Bergmähwiesen in die Höhe bedeuten. In diesem Sinne würden die Kennarten der Bergmähwiesen durch das Einwandern von höherwüchsigen Arten der Tal-Glatthaferwiesen tendenziell geringer werden.

Bewertung der Experten zu spezifischen Indikatorarten der Bergmähwiesen

Neben einer Gesamtbewertung des LRTs wurden auch einzelne Indikatorarten – kennzeichnend für die Bergmähwiesen – auf Ihre Klimavulnerabilität hin bewertet. Drei untersuchte Indikatorarten wurden von Experten als leicht gefährdet, eine Art als nicht gefährdet eingestuft. Eine detaillierte Beschreibung der Klimavulnerabilität der einzelnen Indikatorpflanzen wird im Anhang 2 dargestellt.

Die Gesamtbewertung des LRTs durch die Experten war negativer als die jeweilige Betrachtung der Einzelarten. Ausschlaggebend für die negative Bewertung des LRTs war der Druck auf die Zusammensetzung der Arten, nicht aber der jeweiligen Einzelart. Dabei wurden die Einzelkriterien Arealverschiebung, Wasserhaushalt, biotische Faktoren (also Einwanderung von Arten z.B. der Flachlandmähwiesen) jeweils klar negativ (-1 bis -1,5) bewertet. Allerdings können auch die unterschiedlichen Bewertungsansätze und das abstraktere Bild eines LRTs Unschärfe bei der Bewertung hervorrufen. Der negative Trend ist jedoch bei beiden Bewertungsansätzen gleich.

Tabelle 11: Expertenbewertung der Klimavulnerabilität einzelner Indikatorpflanzen (Bergmähwiesen (LRT 6520))

Indikatorpflanze	Verschiebung Veg.-periode	Spät-/Frühfrost	Hitze-stress	Trockenheit	Zunahme Konkurrenz	Gesamt-bewertung
Goldhafer <i>Trisetum flavescens</i>	0	0	0	0	-1	-0,2
Hain Flockenblume <i>Centau- rea nigra subsp. nemoralis</i> ²¹	0	0	-1	+1	0	0
Wald Rispengras <i>Poa chaixii</i>	0	0	-1	-1	0	-0,4
Horst-Rotschwengel ²² <i>Festuca nigrescens</i>	+1	0	-1	0	-1	-0,2

Klimahüllen

Betrachtung der aktuellen Situation

Der Lebensraumtyp Bergmähwiesen befindet sich im Ist-Zustand in einer Temperaturzone zwischen 5,1 und 7,8°C. Der gesamte Naturpark befindet sich in der Temperaturzone zwischen 4,8 und 10,4°C. Die Bergmähwiesen besetzen also eher kältere Standorte des Naturparks.

Die Bandbreite für die Klimatische Wasserbilanz im Sommer ist deutlich weiter (138 – 704 mm); die Bergmähwiesen kommen allerdings häufiger auf mäßig frisch bis frischen Standorten vor als auf trockenen. Abbildung 21 stellt die Klimahülle für die Bergmähwiesen (grau) sowie die Klimahülle für alle Flächen im Naturpark Südschwarzwald (blau) für den Ist-Zustand dar.

²¹ Da die Hain Flockenblume innerartlich eine große genetische Vielfalt aufweist, und damit auf unterschiedlichen Standorten vorkommt, ist es laut Experten schwierig sichere Aussagen über deren Klimavulnerabilität zu machen. Die Ergebnisse der Expertenbewertungen ergeben keine deutliche Aussage in Bezug zur Klimavulnerabilität.

²² Nachträglich wurde von Experten angemerkt, dass über die Ökologie und die Verbreitung des Horst-Rotschwengel nur wenig bekannt ist. Die Expertenbewertungen sind daher mit Vorsicht zu interpretieren.

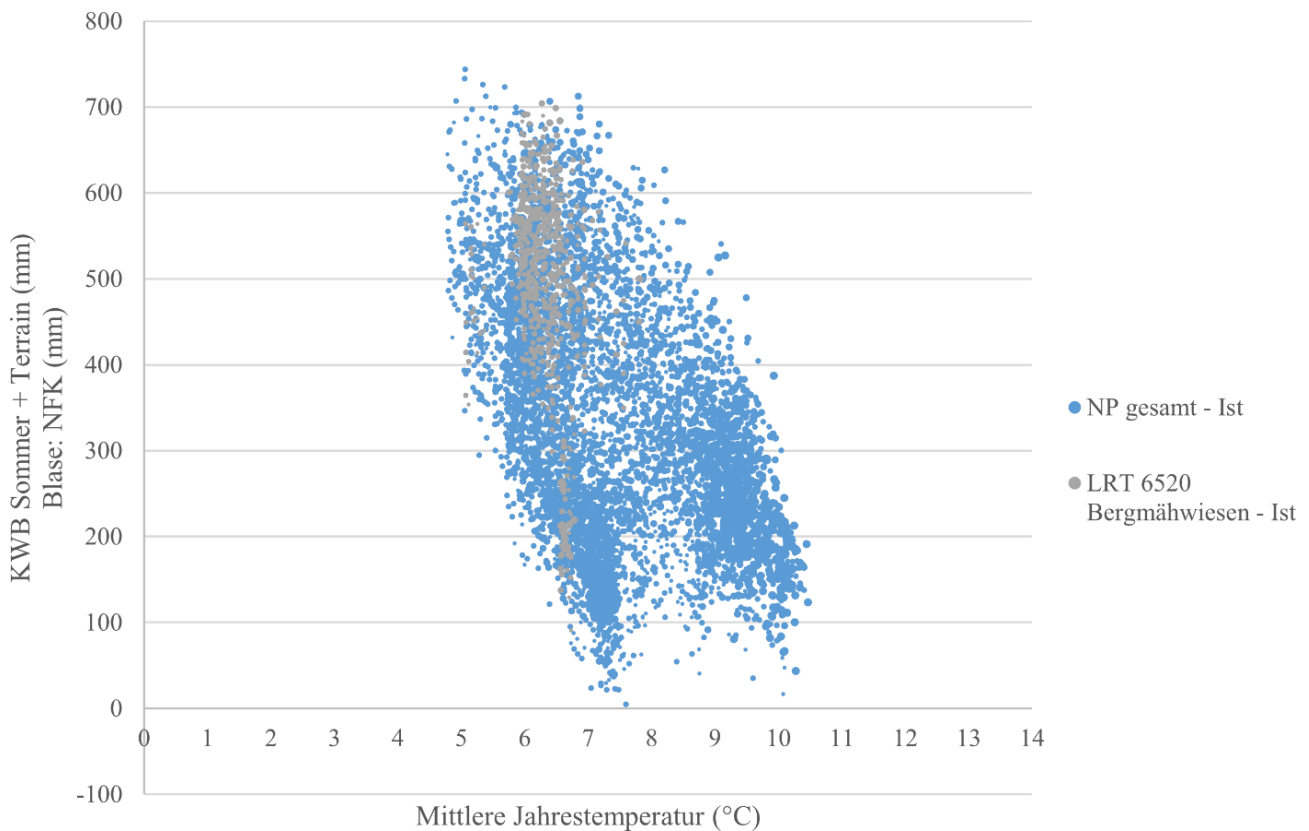


Abbildung 21: Klimatische Bedingungen für die Bergmähwiesen (LRT 6520; Ist-Zustand)

Betrachtung der zukünftigen Situation

In der fernen Zukunft wird sich die Temperatur auf den Standorten auf denen der LRT derzeit vorkommt auf 8,7 bis 10,9°C erhöhen. Von den bestehenden Bergmähwiesen-Standorten liegt keine Fläche im Jahresmittel über 7,8°C; die Wahrscheinlichkeit ist damit sehr hoch, dass die Bergmähwiesen stark gefährdet sein werden. Die Klimaprojektionen zeigen auch, dass es keine Ausweichstandorte in diesem Temperaturspektrum geben wird. Auch für den gesamten Naturpark wird sich die Temperatur nämlich auf 8,3 – 13,4°C erhöhen.

In Bezug auf die KWB liegen die meisten Standorte des LRTs im trockeneren Bereich. Die Klimaprojektionen zeigen eine deutlich engere Bandbreite in Bezug auf die KWB. Da die Bergmähwiesen im Ist-Zustand häufig auf mäßig frisch bis frischen Standorten vorkommen, sind diese Flächen in der fernen Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit gefährdet. Die Bandbreite in Bezug auf die KWB wird für den gesamten Naturpark enger.

Die Kombination der beiden Faktoren deutet darauf hin, dass der LRT deutlich vom Klimawandel gefährdet ist. Das lebensraumtypische Artensensemble wird in der fernen Zukunft im Naturpark Südschwarzwald nicht mehr in der Zusammensetzung existieren können.

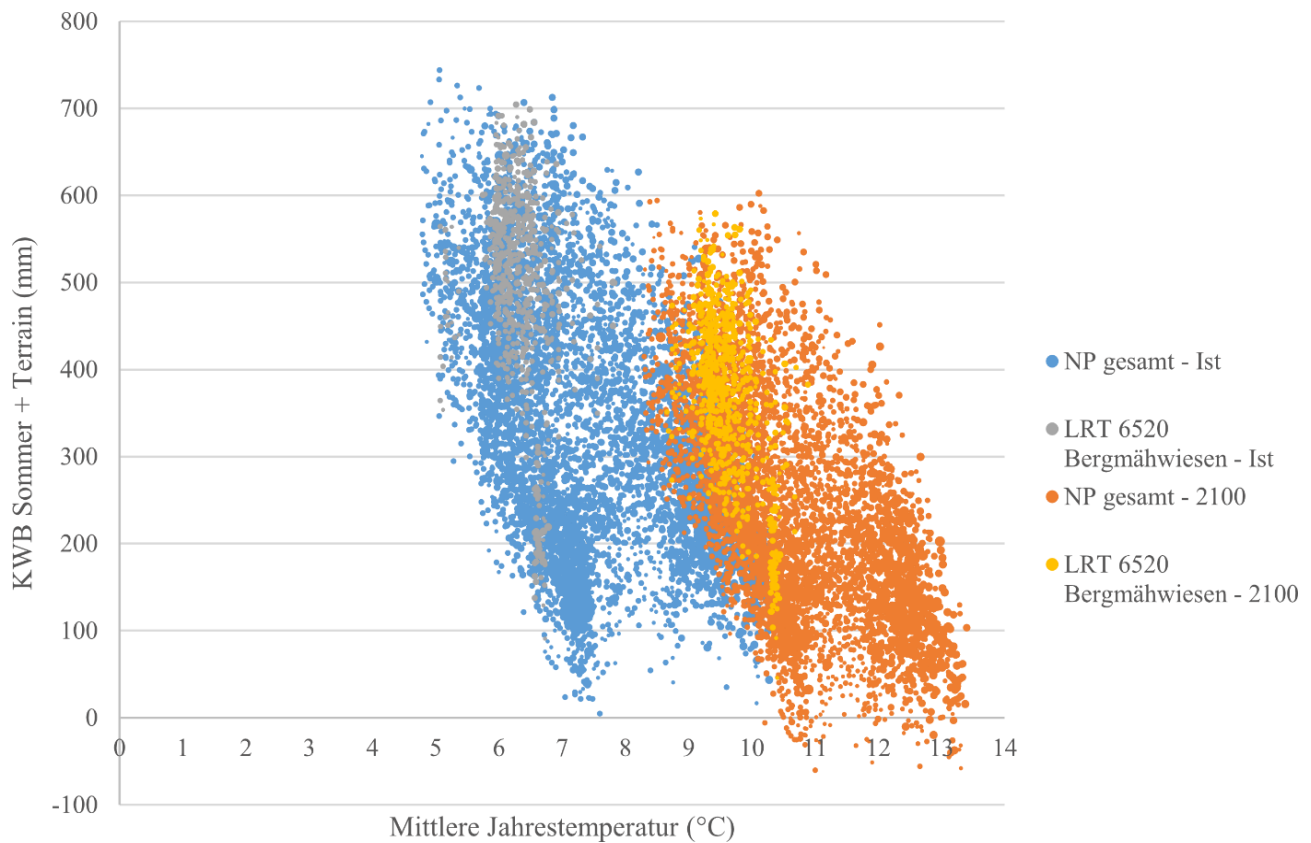


Abbildung 22: Veränderung der klimatischen Bedingungen für die heutigen Standorte der Bergmähwiesen (Ferne Zukunft, 2100)

Die Ergebnisse der Klimahüllenanalyse werden in Abbildung 23 zusammengefasst und visualisiert. Die Punkte zeigen die Vorkommen der heutigen LRT-Flächen. In der Grafik links weisen die mehrheitlich grünen Punkte auf geeignete Standortsbedingungen hin. Die grünen Bereiche stellen potenzielle Ausweichflächen (mit geeigneten klimatischen Bedingungen), unabhängig von der derzeitigen Nutzungsform, dar.

Die Abbildung rechts zeigt die Gefährdung der Bergmähwiesen sowie das drastisch reduzierte Ausweichpotenzial in der fernen Zukunft. Nur in der Mitte des Naturparks gibt es eine leichtgrüne Fläche mit Ausweichpotenzial. Die roten Punkte lassen sich dahingehend interpretieren, dass sich die Standortbedingungen derart verschlechtern, dass die Bergmähwiesen dort mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht mehr vorkommen werden.

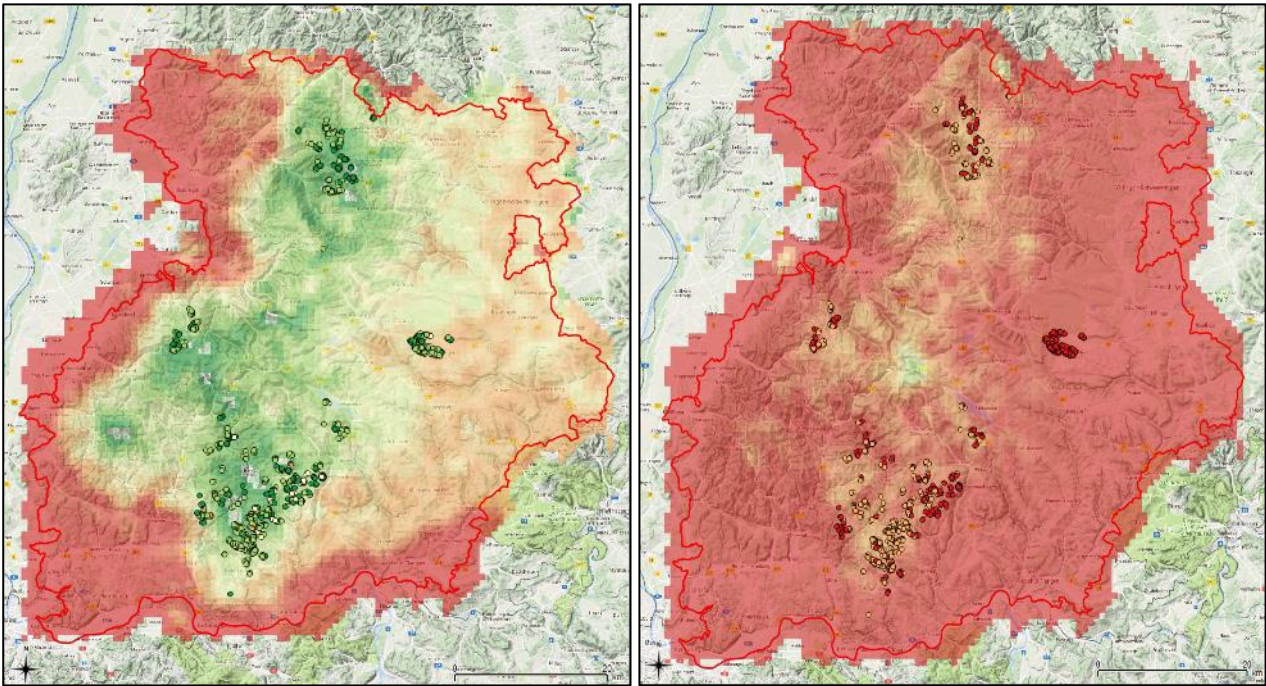


Abbildung 23: Vorkommen und Ausweichpotenzial für Bergmähwiesen (LRT 6520) im Naturpark Südschwarzwald (Links: Ist-Zustand; Rechts: Ferne Zukunft, 2100)

Grün = Flächen mit Ausweichpotenzial; Rot = Flächen ohne Ausweichpotenzial

Der LRT 6230 – Artenreiche Borstgrasrasen

Auf insgesamt 9.325 ha sind im Naturpark Südschwarzwald Artenreiche Borstgrasrasen vorhanden. Der Lebensraumtyp ist, wie die Bergmähwiesen, durch extensive Bewirtschaftung entstanden und wird auch so erhalten. Nur artenreiche Borstgrasrasen werden als Lebensraumtyp gerechnet. Kennzeichnend sind Borstgras und andere Indikatorpflanzen wie Gold-Fingerkraut, Gewöhnlicher Flügelginster oder Harz-Labkraut. In Baden-Württemberg kommen die artenreiche Borstgrasrasen vor allem in silikatischen Mittelgebirgen auf nährstoffarmen und sauren Böden vor.

Gesamtbewertung der Experten zum LRT 6230

Die Gesamteinschätzung der Experten zum LRT Artenreiche Borstgrasrasen ist in Tabelle 12 dargestellt. Auf der Skala von +2 bis -2 wurde nur einmal, in Bezug auf die biotischen Interaktionen, die Bewertung -1 vergeben. In der Gesamtbewertung und bei gleicher Gewichtung aller Faktoren wird der Lebensraumtyp für die ferne Zukunft als leicht gefährdet eingestuft.

Tabelle 12: Gesamtbewertung der Klimavulnerabilität Artenreiche Borstgrasrasen (LRT 6230)

LRT	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Biotische Interaktionen	Störungsregime	Arealverschiebung	Gesamtbewertung
6230 Artenreiche Borstgrasrasen	0	0	-1	0	0	-0,2

In Bezug auf den **Wasserhaushalt** (keine Abnahme, jedoch jahreszeitliche Verschiebung der Niederschläge) wird keine Gefährdung erkennbar.

In Bezug auf den **Nährstoffhaushalt** ist trotz eines möglichen Stickstoffeintrags keine Gefahr der Eutrophierung erkennbar. Dies wurde von den Experten allerdings kontrovers diskutiert.

Der Faktor **biotische Interaktion** (Konkurrenzverhältnisse) wird negativ beurteilt. Es wird eine Konkurrenzvegetation durch Nicht-Charakterarten befürchtet.

Die klimawandelbedingten Wirkungen in Bezug auf das **Störungsregime** (diskutiert wurde z.B. die Zunahme von Starkregen) werden nicht als deutlich negativ eingeschätzt. Leicht negative Wirkungen könnten sich durch Viehtritt und offene Stellen ergeben (Einfallstore für Neophyten und Nicht-Charakterarten).

Eine **Arealverschiebung** in Richtung Wald kann nur durch eine fortgesetzte Beweidung erreicht werden. Das komplexe Zusammenspiel zwischen Erhalt der Attraktivität der Weide für das Vieh, Verbot der Düngung zum Erhalt des LRTs und Arbeitsaufwand der Landwirte muss berücksichtigt werden. Klimawandelbedingte Veränderungen erhöhen diese Komplexität. Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Erhaltung von Bergmähwiesen und Borstgrasrasen: die Bewirtschafter brauchen beide Offenlandausprägungen in ihrer Funktion als Produktionsstandorte.

Bewertung der Experten zu spezifischen Indikatorarten der Artenreichen Borstgrasrasen

Auch für die artenreichen Borstgrasrasen wurden einzelne Indikatorarten auf ihre Klimavulnerabilität hin bewertet. Das Borstgras und der Dreizahn wurden als leicht gefährdet eingestuft, während der gewöhnliche Flügelginster als potenzieller Gewinner des Klimawandels eingestuft wurde. Eine dicke Kutikula schützt die Pflanze vor Hitzestress. Auch kommt der gewöhnliche Flügelginster gut mit Trockenheit klar.

Eine detaillierte Beschreibung der Klimavulnerabilität der einzelnen Indikatorpflanzen wird im Anhang 2 dargestellt.

Tabelle 13: Expertenbewertung der Klimavulnerabilität einzelner Indikatorpflanzen (Borstgrasrasen (LRT 6230))

Indikatorpflanze (angetroffen)	Verschiebung Veg.-periode	Spät-/Frühfrost	Hitzestress	Trockenheit	Zunahme Konkurrenz	Gesamtbewertung
Borstgras <i>Nardus stricta</i>	0	-1	0	+1	-2	-0,4
Gewöhnlicher Flügelnster <i>Genista sagittalis</i>	0	0	+1	+1	+1	0,6
Dreizahn <i>Danthonia decumbens</i>	0	-1	0	0	-1	-0,4

Klimahüllen

Betrachtung der aktuellen Situation

Der Lebensraumtyp Artenreiche Borstgrasrasen befindet sich im Ist-Zustand in einem Temperaturbereich zwischen 5,1 und 8,6°C. Der gesamte Naturpark befindet sich in einem Temperaturbereich zwischen 4,8 und 10,4°C. Die artenreichen Borstgrasrasen besetzen somit die kühleren subalpinen bis montanen Standorte des Naturparks.

Die Bandbreite für die Klimatische Wasserbilanz im Sommer ist deutlich geringer (171 – 589 mm) als für die Bergmähwiesen. Die Borstgrasrasen kommen auf mäßig frischen bis frischen Standorten am weitaus häufigsten vor. Abbildung 24 stellt die Klimahülle für die Borstgrasrasen (grün) sowie die Klimahülle für alle Flächen im Naturpark Südschwarzwald (blau) für den Ist-Zustand dar.

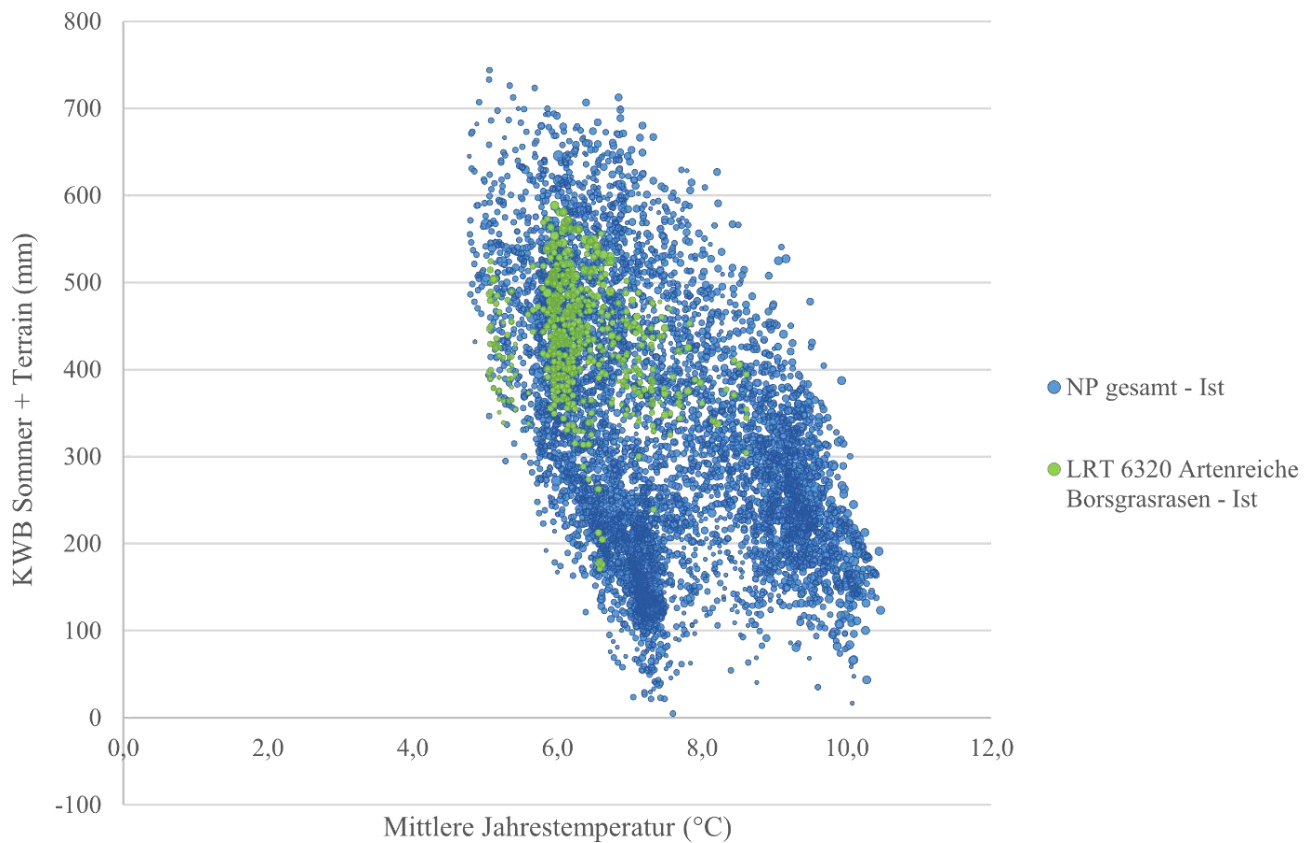


Abbildung 24: Klimatische Bedingungen für Artenreiche Borstgrasrasen (LRT 6230; Ist-Zustand)

Betrachtung der zukünftigen Situation

In der fernen Zukunft wird sich die Temperatur auf den heutigen Standorten des LRTs auf 8,7 bis 11,6°C erhöhen. Von den bestehenden Borstgrasrasen-Standorten liegt keine Fläche im Jahresmittel über 8,6°C; die Borstgrasrasen sind damit mit hoher Wahrscheinlichkeit stark gefährdet. Da sich die Temperatur für den gesamten Naturpark auf 8,3 bis 13,4°C erhöhen wird, gibt es einige, wenige Flächen mit Ausweichpotenzial.

In Bezug auf die KWB bewegen sich die meisten Standorte des LRTs in den trockeneren Bereich (151 – 445 mm). Obwohl im Ist-Zustand auch Borstgrasrasen mit niedrigeren KWB vorkommen, sind diese Standorte eher selten; dies deutet auf eine Gefährdung hin.

Die Kombination der beiden Faktoren weist darauf hin, dass der LRT vom Klimawandel gefährdet ist. Die Gefährdung wird aber vor allem durch die höhere mittlere Jahrestemperatur in der fernen Zukunft verursacht (Abbildung 25).

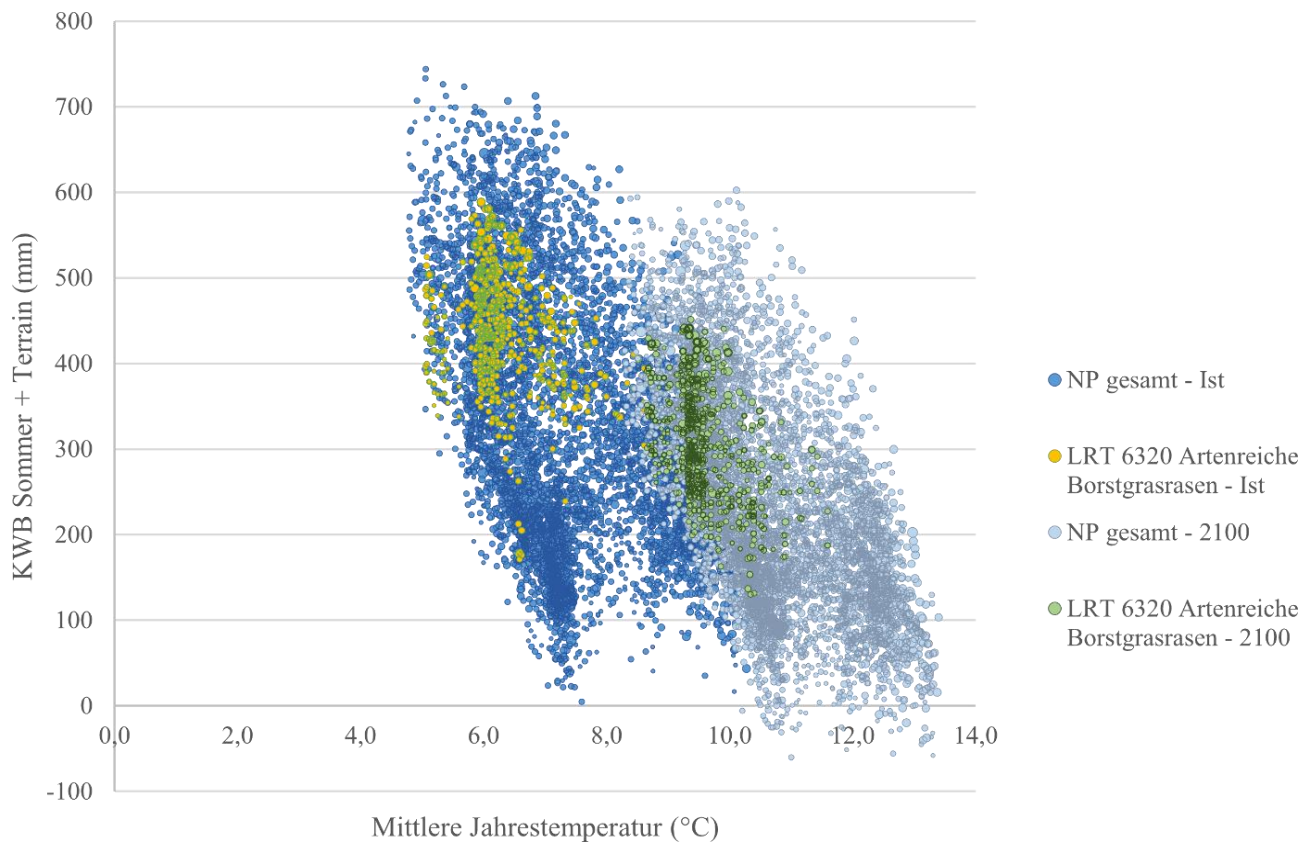


Abbildung 25: Veränderung der klimatischen Bedingungen für die heutigen Standorte der Artenreichen Borstgrasrasen (Ferne Zukunft, 2100)

Abbildung 26 zeigt die Ergebnisse der Klimahüllenanalyse und visualisiert das mögliche Ausweichpotenzial der Artenreichen Borstgrasrasen im Naturpark Südschwarzwald. Die grünen und hellgrünen Punkte zeigen die heutigen Borstgrasrasen Flächen. Die mehrheitlich grünen Punkte und Flächen in der Grafik links weisen auf geeignete Standortsbedingungen und potenzielle Ausweichflächen hin.

Die Abbildung rechts zeigt die Gefährdung der Bergmähwiesen sowie das reduzierte Ausweichpotenzial in der fernen Zukunft. Das Ausweichpotenzial im Naturpark Südschwarzwald ist gering, jedoch im Vergleich zu den Bergmähwiesen nicht so drastisch reduziert.

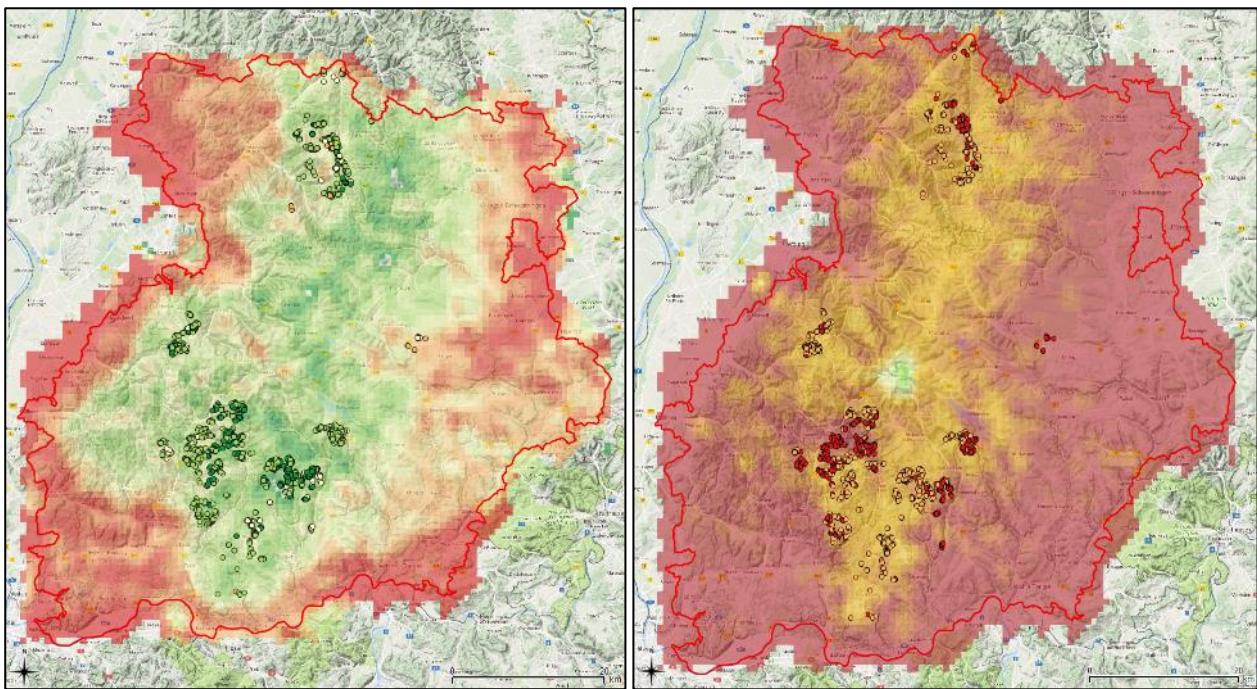


Abbildung 26: Vorkommen und Ausweichpotenzial für Artenreiche Borstgrasrasen (LRT 6230) im Naturpark Südsschwarzwald (Links: Ist-Zustand; Rechts: Ferne Zukunft, 2100)

Grün = Flächen mit Ausweichpotenzial; Rot = Flächen ohne Ausweichpotenzial

5.3 ANMERKUNGEN

Die Analyse der Klimavulnerabilität von FFH Lebensraumtypen zeigt die Änderungen des Klimas und negative Auswirkungen auf die naturschutzrelevanten Räume im Naturpark. Jedoch sollen zu der Methodik und Interpretation der Ergebnisse folgende Anmerkungen berücksichtigt werden:

1. Die Klimadaten für die nahe und ferne Zukunft basieren auf dem IPCC A1B Szenario. Obwohl mittlerweile neue Szenarien vom IPCC entwickelt worden sind (2013), konnte aufgrund mangelnder Datengrundlage für Baden-Württemberg noch keine Aktualisierung der Klimaprojektionen durchgeführt werden.
Das A1B Szenario ist ein optimistisches, milderer Szenario. Das Szenario kann nur eingehalten werden, wenn die Emissionen drastisch gesenkt werden. Neuere Klimaszenarien wie das RCP 8.5 Szenario des IPCC gehen von einer höheren Bevölkerungszunahme und einem höheren Energieverbrauch aus, und kommen dadurch zu einem drastischeren Anstieg der Treibhausgasemissionen. Im Vergleich zum mittleren Szenario RCP 4.5 (2.6°C) beträgt der Temperaturanstieg bis 2100 4.8°C. Das frühere A1B Szenario befindet sich zwischen den beiden RCP Szenarien. Drastischere Klimaszenarien sollten daher unterstellt und bei der Interpretation dieser Ergebnisse berücksichtigt werden.
2. Grundsätzlich basieren Klimaprojektionen des IPCC auf Annahmen bezüglich Bevölkerungswachstum, Primärenergieverbrauch, Konsumverhalten und Treibhausgasemissionen. Aus diesen Klimaprojektionen leiten sich deutliche Klimasignale hinsichtlich der Temperaturentwicklung sowie eine Tendenz für die saisonale Niederschlagsverteilung ab. Es bleiben Unsicherheiten über die Reaktion von Ökosystemprozessen bestehen. Aus den Standortansprüchen der Charakterarten der vier Lebensraumtypen lässt sich eine Bedrohung dieser Artenzusammensetzung ableiten, und insbesondere die charakteristischen Gebietsausprägungen der vier LRTs im Südsschwarzwald scheinen stark gefährdet.

3. Die Auswahl der geographischen Einheit (im vorliegenden Fall die Region Naturpark Südschwarzwald) bestimmt, welche Arten oder Lebensräume mit ihren spezifischen Klimahüllen in ihr vorkommen. Bestimmte Arten oder Lebensräume kommen unter anderen, aber tendenziell ähnlichen klimatischen Bedingungen in anderen Regionen Deutschlands oder Europas vor. So tritt der LRT Borstgrasrasen in Baden-Württemberg vereinzelt an Standorten mit deutlich höherer Durchschnittstemperatur und geringerer Wasserverfügbarkeit als im Naturpark Südschwarzwald auf. Allerdings ist die Artzusammensetzung gegenüber dem Hochschwarzwald deutlich verändert. Entsprechend wäre zwar formal ein Fortbestand dieses LRT unter zukünftig veränderten klimatischen Bedingungen im Südschwarzwald möglich, allerdings in einer anderen Artenzusammensetzung. Ähnliches gilt auch für den LRT 9410 (beerstrauchreiche Tannenwälder z.B. im Schwäbischen Wald vs. Geißelmoos-Fichtenwälder und Fichten-Blockwälder im Hochschwarzwald). Für die LRT 9140 und 6520 sind keine Vorkommen in deutlich wärmeren Klimata bekannt.
4. Invasive Arten sind in der Analyse nicht berücksichtigt worden. Die geänderten Klimabedingungen können sowohl bereits vorhandene invasive Arten sowie neue invasive Arten begünstigen und damit den Konkurrenzdruck auf einzelne Arten beeinflussen.
5. Weitere, in der Analyse nicht berücksichtigte Faktoren sind demografische Entwicklung, sozioökonomische Entwicklungen wie z.B. eine Änderung der Flächennutzung, sowie genetische Variabilität der Arten und biotische Wechselbeziehungen. Unsere Ergebnisse basieren auf einer Klimahüllenmethodik. Dadurch wird insbesondere auf die Sensibilität gegenüber dem Klimawandel abgehoben. Weitere Faktoren können einen Einfluss auf das zukünftige Vorkommen einzelner Arten oder Lebensräume haben.
6. Die Interpretation der Ergebnisse ist statisch, obwohl manche Arten womöglich die Fähigkeit haben, ihre Phänologie (z. B. Blütezeit) anzupassen, oder in andere Bereiche (horizontale Verbreitung) auszuweichen. Einzelne Arten können sich durchaus an geänderte Umweltbedingungen anpassen und damit auch unter anderen Standortbedingungen auftreten. Eine Anpassung des für den kompletten Lebensraum charakteristische Artensets an veränderte Klimabedingungen scheint allerdings sehr unrealistisch.

6 Ausblick und Empfehlungen

6.1 AUSBLICK FÜR DEN NATURPARK SÜDSCHWARZWALD

Die Europäische Union hat 1992 beschlossen, ein Netz von Schutzgebieten aufzubauen. Das Netz ‚Natura 2000‘ besteht aus Gebieten, die nach der Flora und Fauna Habitat (FFH) Richtlinie oder der Vogelschutzrichtlinie geschützt sind. Innerhalb Deutschlands gibt es 4.557 FFH- und 742 Vogelschutzgebiete. Um die Erhaltung der speziellen Schutzgüter Artenlebensstätten und Lebensräume in den Natura 2000-Gebieten zu gewährleisten, sind für jedes FFH Gebiet Erhaltungsziele definiert. In §33 BNatSchG ist außerdem ein Verschlechterungsverbot festgelegt. Das FFH- Monitoring nach Art.11 der FFH-RL bezieht sich auf diese speziellen Schutzgüter und damit auch auf die konkreten Lebensraumflächen im Wald oder Offenland. Aus den Ergebnissen lassen sich für die im Naturpark Südschwarzwald liegenden FFH Gebiete und speziell die vier untersuchten Lebensraumtypen zwei wesentliche Schlussfolgerungen ziehen:

1. Das ist zum einen die Forderung, die statische Betrachtung von Erhaltungszuständen für Lebensräume aufzugeben. Verschiedene Lebensraumtypen wird es in Zukunft bedingt durch den Klimawandel auf vielen der derzeitigen Standorte nicht mehr geben. Es bedarf daher einer **dynamischen Betrachtung des Naturschutzes** die den Klimawandel einschließt;
2. Zum anderen bedarf es einer **größräumigeren Betrachtung des Naturschutzes im FFH-Kontext**. Das derzeitige Vorgehen legt Erhaltungs- oder Entwicklungszustände kleinräumig fest, und schreibt vor, diesen Zustand zu erhalten bzw. weiter zu entwickeln. Dies gilt auch für LRT-Flächen, die bereits aus heutiger Sicht durch die Veränderung der Klimafaktoren keine Chance des Erhalts haben werden. Notwendig ist eine größräumigere Betrachtung des FFH-Schutzgebietskonzepts.

Es ist wahrscheinlich, dass diese Ergebnisse auch für andere Mittelgebirgsstandorte Gültigkeit besitzen. Die Untersuchung des LRTs 9410 aus dem Bayerischen Wald unterstreicht dies.

Klimadynamischer Naturschutz

Die Ergebnisse der qualitativen Expertenbewertungen sowie der Klimahüllen-Methodik für die vier FFH Lebensraumtypen im Naturpark Südschwarzwald zeigen deren Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel. Im gesamten Naturpark werden diese Flächen in der fernen Zukunft mit vollkommen anderen Klimabedingungen konfrontiert sein. Die Zusammensetzung eines LRTs aus charakteristischen Arten wird in der fernen Zukunft unter diesen Bedingungen nicht mehr als solche existieren können. Die vier untersuchten LRTs und die sie prägenden Artenzusammensetzungen werden in dieser Form auf den heutigen Standorten nicht mehr auf die für sie typischen Bedingungen (Temperatur, Niederschlag) treffen. Allerdings bedeuten die Änderungen nicht nur „Verluste“ in der LRT-Bilanz eines FFH-Gebiets. Andere, hier nicht untersuchte LRTs können sich in diese FFH-Gebiete hinein entwickeln, und bislang nicht in der FFH-Kulisse liegende Flächen könnten in Zukunft die Artenzusammensetzung von Lebensraumtypflächen aufweisen. Der Subalpine Buchenwald (9140) kann sich unter Wahrung der Leitbaum- und Indikatorart Buche in Richtung anderer Buchen-LRTs entwickeln; Borstgrasrasen könnten sich, bei wenig geänderter Bewirtschaftung (allerdings dann bei geringerer Ertragskraft für den Landwirt) zu trockenen Heiden entwickeln.

Hier kommt der Gedanke einer klimadynamischen Naturschutzperspektive zum Tragen (MKULNV, 2015; Seite 52 ff). Entscheidend vor dem Hintergrund des Klimawandels sollte die Entwicklung der naturschutzfachlichen Wertigkeit in ihrer Raum-Zeit-Dynamik und nicht nur der Erhalt einer Lebensraumtypfläche an einem bestimmten Ort sein. Eine bestimmte LRT-Fläche ist zwar unter heutigen Standort- und Klimabedingungen durch bestimmte Maßnahmen erhaltbar oder sogar verbesserbar; jedoch unter Berücksichtigung der Veränderung der Klimafaktoren in der fernen Zukunft ist der Erhalt der LRT-typischen Artenzusammensetzung nicht mehr vorstellbar. Auch die Betrachtungsebene des FFH-Gebiets bietet keine bessere Perspektive. Aus der Darstellung der Klimahüllen in der vorliegenden Untersuchung wurde deutlich, dass für diese vier LRTs vor allem in Bezug auf die Temperatur, aber auch in Bezug auf die Klimatische Wasserbilanz, keine Ausweichstrategien innerhalb des Naturparks Südschwarzwald in kühlere und oder feuchtere Regionen bestehen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Müller-Kroehling et al. (2009) für die Bodensauren Nadelwälder im Gebiet des Bayerischen Waldes. Die Untersuchung des Parameters Temperatur ergab eine starke Gefährdung des Lebensraumtyps, mit Ausweichpotenzial nur noch in den allerhöchsten Gipfellagen des Bayerischen Waldes, mit Jahresdurchschnittstemperaturen unter 5°C.

Daher sollte als Betrachtungsebene der naturschutzfachlichen Wertigkeit die klimabedingte Veränderung der Standorte mit einbezogen und bei der Maßnahmenformulierung berücksichtigt werden. Bei der Bewertung des FFH-Gebiets sollten auch die „Zuwanderungen“ oder Ausdehnung von Lebensraumtypflächen oder Lebensstätten der Arten mitberücksichtigt werden. Maßnahmen, die in Bezug auf den Klimawandel „unterstützend“ für neue Lebensraumtypen wirken, könnten dann zu einer schnelleren Besiedlung führen (Beispielhaft könnten die Trockenen Heiden (LRT 4030) stehen). Knappe Ressourcen wären mit höherer Wirkung eingesetzt. Die Förderung der Erhaltung von Lebensraumtypen sollte sich auf die Flächen konzentrieren, auf denen standörtliche Sonderbedingungen oder bewusste Maßnahmen das Überleben von seltenen und wertvollen Lebensräumen ermöglichen. Das Monitoring der FFH-Gebiete besitzt für diese Fragestellung das Instrument der Standarddatenbögen, über die Änderungen erfasst werden. In einem sechsjährigen Zyklus findet eine Berichterstattung an die EU statt. Da die Veränderungen über Stichproben erfasst sind und die Datenauswertung sich auf die biogeografische Region bezieht, ist eine Aussage auf die Gebietskulisse des Naturpark Südschwarzwald nicht möglich. Der derzeitige Berichtsstand von 2013 spiegelt die Ergebnisse der Periode 2007 bis 2012 wider.²³

Zusammenfassend bedeutet der Aspekt eines klimadynamischen Naturschutzes:

- zu akzeptieren, dass es Verluste von LRTs geben wird, die selbst bei günstigem Verlauf des Klimawandels unvermeidbar sind;
- die Zuwanderung naturschutzfachlich wertvoller Arten und die Entstehung neuer Lebensräume in die Betrachtung zu integrieren;
- bei vermeid- oder zeitlich stark verzögerbaren Verlusten sinnvolle und effiziente Steuerungsmaßnahmen zur Erhaltung zu ergreifen. Dazu sei auf die „Zehn empfohlenen Maßnahmen mit hoher Priorität“ des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg verwiesen (Umweltministerium 2015, S. 25 ff).

²³ Auf der Webseite des BfN sind die Daten des Monitoringberichts 2013 abrufbar. <https://www.bfn.de/themen/natura-2000/berichte-monitoring/nationaler-ffh-bericht/vergleich-20072013.html>

Perspektivwechsel – von der Einzelfläche zur FFH-gebietsübergreifenden Betrachtung

Es zeigt sich aus der Untersuchung, dass die Fokussierung auf ein FFH-Gebiet oder gar auf eine spezielle Fläche, den Ackerschlag oder den Waldbestand, wesentlich zu eng greift. Der Klimawandel wird dazu führen, dass nur unter den Bedingungen einer kleinstandörtlichen Besonderheit oder mit extrem hohen Aufwänden (z.B. Bewässerung) die spezifische Artenzusammensetzung erhalten werden kann.

Es scheint daher notwendig, in der Betrachtung der FFH-Gebiete neben der Darstellung der Bewertung der einzelnen Lebensraumtypflächen, auch eine Potenzialbewertung in Bezug auf die naturschutzfachliche Entwicklung des gesamten FFH-Gebiets und darüber hinaus einen Perspektivwechsel vorzunehmen, der Regionen zusammenfasst und der bis auf die Betrachtungsebene Biogeographische Region und Unterregion²⁴ reichen kann. Eine zusammenfassende Betrachtung und Bewertung von FFH-Gebieten und größerer regionaler Einheiten, z.B. auf der Ebene des Schwarzwaldes, würde zudem den Zusammenhang zwischen Klimawandel und Naturschutz deutlicher herausarbeiten. Die sehr enge Fokussierung auf den Aspekt des kleinräumigen Verschlechterungsverbots stellt Bewirtschafter, Naturschutz und Fachbehörden vor dem Hintergrund des Klimawandels vor konfliktbeladene und schwierige Herausforderungen. Bei Ausweitung der Betrachtungsebene und Einbeziehung neuer, naturschutzfachlich wertvoller Lebensräume, unterstützt durch angepasste Vertragsnaturschutzmaßnahmen, würde die Kommunikation und Akzeptanz für Naturschutzaspekte deutlich steigern. Baden-Württemberg hat mit dem Sonderprogramm zur Stärkung der biologischen Vielfalt²⁵ eine Reihe von waldbezogenen Naturschutzmaßnahmen angestoßen. Dazu gehört auch die Stärkung eines besitzartenübergreifenden Natura 2000-Erhaltungsmanagements oder der Aufbau eines Vertragsnaturschutzprogramms für private und kommunale Waldbesitzer. Diese Ansätze tragen im Kern die Erhaltung oder Verbesserung der natürlichen Situation in sich. Sie bieten aber nur sehr eingeschränkt Antworten auf die Dynamik der Veränderungen im Klimawandel, die eine Veränderung der Standorte mit sich bringt. Eine Ausdehnung der Betrachtungsebene der Klimahüllen auf ein breiteres Spektrum bestehender oder potenzieller Lebensraumtypflächen in der Kulisse des Naturparks Südschwarzwald böte einen Ansatz.

6.2 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen in die Managementpläne integrieren

Die in den Managementplänen formulierten Maßnahmen zielen, bezogen auf den Wald, vor allem auf die Schaffung von Waldstrukturen durch die Erhöhung von Alt- und Totholzanteilen. Im Offenland nehmen sie Bezug auf Bewirtschaftungsbedingungen wie Mahd, Beweidung oder Düngereinsatz. Mit diesen Maßnahmen werden die sich ändernden Standortbedingungen nur zu einem kleinen Teil kompensierbar sein und der jeweilige Lebensraumtyp wird so nicht erhalten oder gar verbessert werden können. Die hohe Dynamik der Klima-

²⁴ Biogeographische Regionen werden definiert als Gebiete der Landlebensräume mit ähnlichem botanischen oder zoologischen Organismenbestand. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/biogeografische-regionen/1524>

²⁵ <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/sonderprogramm-zur-staerkung-der-biologischen-vielfalt-3/>

änderung wird die kompensatorischen Effekte von Maßnahmen mit hoher Wahrscheinlichkeit deutlich überlagern. Daher sollten die Managementpläne bei der Formulierung von Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen in realistischer Weise Bezug auf ihre tatsächliche Wirkung nehmen.

Als Grundvoraussetzung gilt, dass die Managementpläne zunächst einmal die klimabedingten Änderungen der Standorte überhaupt berücksichtigen müssen. Bis heute tun sie das nämlich nur in sehr geringem Umfang (vgl. Auswertung von sechs Managementplänen in Anhang 3). In den älteren Managementplänen kommt der Begriff Klimawandel nicht vor. Den Plänen liegt in Bezug auf das Bedrohungspotenzial der Lebensraumtypen kein Gesamtverständnis für das Thema Klimawandel zugrunde. Hilfreich wäre beispielsweise eine Verschneidung der Wald-LRT bzw. der Leitbaumarten von Waldlebensraumtypen mit den in Baden-Württemberg vorliegenden Baumarteneignungskarten.

Für den Waldbereich stellen derzeit die Maßnahmevorschläge in den Forsteinrichtungen grundsätzlich eine weitaus stärker angepasste Entscheidungsgrundlage dar. Sie rücken die standörtlichen Voraussetzungen und die Baumarteneignung stärker in den Fokus. Die Übernahme walddrelevanter Inhalte der Managementpläne in die Forsteinrichtung sowie der im Wald stärker auf die jeweilige Gesamtfläche eines Schutzgutes gerichtete Fokus ist ein, zumindest für den öffentlichen Wald geplanter, positiver Ansatz.

Verbesserung der Nutzungsbedingungen zur Unterstützung der LRT-Erhaltung

Die vier untersuchten LRTs sind alle geprägt von einer forst- und landwirtschaftlichen Nutzung. Nicht zuletzt die Art der extensiven Nutzung in Bergregionen trägt bei den Offenland-Lebensraumtypen zu deren Entstehung bei. Borstgrasrasen würden ohne eine angepasste und extensive Beweidung entweder verhursten und sich zur Waldfläche entwickeln oder bei intensiverer Bewirtschaftung ihre Charakterarten verlieren.

Zum Erhalt der Nutzungsmöglichkeit auf den Flächen sind Maßnahmen nötig, die reaktiv auf den Klimawandel wirken und gleichzeitig die Bewirtschaftbarkeit verbessern bzw. vor allem eine Verschlechterung der Standortbedingungen aufhalten. Dazu gehört die moderate Düngung der Offenland-LRTs (u.a. durch Beweidung), wodurch die Wasserspeicherfähigkeit der Böden verbessert wird. Düngung ist in Absprache mit den unteren Naturschutzbehörden möglich, wird auch in den Managementplänen erwähnt und auch umgesetzt. Notwendig ist jedoch eine stärkere Akzeptanz und Bewilligung bei den Behörden und in der naturschutzfachlichen Diskussion, dass ohne Düngung eine tragfähige Bewirtschaftbarkeit durch den Landwirt in Zukunft kaum realistisch oder arbeitsökonomisch machbar ist.

Zu den Verbesserungen durch Nutzung gehören im Wald präventive Eingriffe wie das Entfernen von Borkenkäferschäden in den nadelholzbetonten Wald-LRTs (9410 bodensaure Nadelwälder). Diese Maßnahme verhindert oder bremst ein rasches Ausbreiten und das flächige Zerstören der Indikatorarten Fichte und Tanne. Allerdings steht diese Maßnahme im Gegensatz zu den in vielen Managementplänen vorzufindenden Empfehlungen diese Bestände aus der forstlichen Bewirtschaftung zu nehmen. Im Zuge der Maßnahmenformulierung sollte klar zum Ausdruck kommen, dass Käferschäden in den LRT-Flächen selbst oder den Nachbarbeständen zum Schutz des Lebensraumtyps rasch geräumt werden müssen.

Sensibilisierung von Öffentlichkeit, Bewirtschaftern und Fachleuten

Insgesamt gilt es im Rahmen von Informationskampagnen, in konkreten Projekten und in der Fortbildung das Thema Klimawandel und die Auswirkungen auf die Landschaft gegenüber der Öffentlichkeit wesentlich stärker als bisher zu platzieren. Die Mittelgebirgslandschaften werden sich drastisch ändern. Sommertrockene Weiden, Hitzetage in den Hochlagen, fehlender Schneefall im Winter, veränderte Baumartenzusammensetzung werden sichtbare Zeichen einer sich ändernden Landschaft werden. Bereits im Vorläuferprojekt „Landschaft im Klimawandel – Anpassungsstrategien für den Naturpark Südschwarzwald“ wurde das Landschaftsbild der Toskana als realistische, durch den Klimawandel gestaltete Zukunftslandschaft für den Südschwarzwald prognostiziert. Eine bekannte Ferienregion in Südeuropa wurde damit als positives „Narrativ“ für ein schwer vermittelbares Thema herangezogen. Damit wurde, zugegebenermaßen unbewusst im Falle des Vergleichs Schwarzwald-Toskana, versucht einen „Wandel in den Köpfen“ zu erzeugen ohne Rückgriff auf ein Katastrophenszenario zu nehmen. Für den Schwarzwald wird es mehrerer solcher Narrative brauchen, um den Wandel zu begleiten und die Akzeptanz zu verbessern. Dabei sollte vermittelt werden, dass sich durch einen aktiven Umgang auch Chancen für eine Region ergeben (erneuerbare Energien, trockenresistente Kulturen, Sonderkulturen), wenn diese bereit ist für eine Änderung der Rezeption ihrer Schwarzwald-Landschaft (Windparks, Photovoltaikanlagen auf Freiflächen; andere Tourismuskonzepte).

Förderung des Transformationsprozesses

Aufgabe der Politik und in Folge den umsetzenden Fachbehörden und mit Landschaft befassten Organisationen ist es, den Transformationsprozess zu begleiten und unterstützen. Die komplexe Aufgabe, Naturschutz, Nutzung und Landschaft in Verbindung zu bringen und unterschiedliche Interessen zu verknüpfen wird unter den Bedingungen des Klimawandels noch einmal anspruchsvoller. Umso wichtiger ist es, für die politischen Akteure zum einen die notwendigen Investitionen in Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu tätigen, und gleichzeitig auch auf der Fläche konkrete Pilotmaßnahmen zu fördern. Viele Maßnahmen wurden in der Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg²⁶ formuliert und priorisiert. Für den Wald gehören dazu u.a. die Erhöhung von Strukturvielfalt, Aufbau von Mischbeständen, Entwicklung der Waldentwicklungstypenrichtlinie, Beratungskonzepte etc. Durch den Klimawandel bedrohte Waldlebensräume die bereits heute stark gefährdet sind und für die keine Ausweichräume vorhanden sind, sollen diese Maßnahmen helfen, „...die bedrohten Lebensräume so lange wie möglich zu erhalten.“ (Umweltministerium 2015, S. 25). Biotopverbundsysteme sollen die Zu- und Abwanderbewegungen zwischen den Lebensräumen verbessern und den genetischen Austausch zwischen Populationen zu ermöglichen (Umweltministerium 2015, S. 28).

Die Förderung der Land- und Forstwirtschaft wird, mit Blick auf den Naturschutz und die Bewirtschafteter ein wesentliches Element sein, um die Klimawirkungen zu kompensieren. Die Maßnahmen zur Sommertrockenheit 2018 (Dürrehilfe für in Not geratene Betriebe) ist ein Beispiel dafür. Daneben gilt es dauerhaft angelegte

²⁶ https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/4_Klima/Klimawandel/Anpassungsstrategie.pdf

Instrumente für Land- und Forstwirtschaft zu etablieren. Beispiele hierfür sind die Etablierung und Weiterentwicklung von Vertragsnaturschutzmaßnahmen. Was im Offenland durch Strukturen wie die Landschaftspflegegerichtlinie und die Landschaftserhaltungsverbände geschaffen wurde, fehlt für den Wald. Mit dem Alt- und Totholzkonzept wurde für den Staatswald ein verpflichtendes Instrumentarium geschaffen, das für den Kommunalwald Empfehlungscharakter hat. Maßnahmen, die sich hier als besonders wirksam in Bezug auf die Schutzgüter zeigen, können durch finanzielle Anreize auch dem Privatwald zur Umsetzung angeboten werden.

Risikominimierung durch Diversifizierung und Wassermanagement

Für die landwirtschaftlichen und forstlichen Bewirtschafter im Naturpark ist eine Zukunftsperspektive mit Bezug auf Naturschutz, Klimawandel und Bewirtschaftungsformen notwendig. Die Bewirtschafter schaffen nicht nur den einzigartigen Raum im Naturpark, sondern stellen auch hochwertige regionale Nahrungs-, Holz und Energieprodukte her. Vor dem Hintergrund des Klimawandels sollten die Bewirtschafter unterstützt werden, auftretende Risiken des Klimawandels zu minimieren. Die Diversifizierung der Betriebe, zum Beispiel der Umstieg auf mehrere Kulturen oder sogar Betriebszweige, ist eine mögliche Anpassungs- und Risikominimierungsmaßnahme. Obwohl durch Spezialisierung (z.B. Milchviehwirtschaft) ungewohnt, kann ein langsamer Umbau hin zu mehr Diversifizierung der Betriebsaktivitäten auf lange Sicht deren Sensitivität gegenüber dem Klimawandel verringern.

Ein wichtiges Thema für die Land- und Forstwirtschaft ist die Verfügbarkeit des Wassers. Der trockene Sommer in 2015 und auch in 2018 beeinflusst Ertrag und erschwert das Management von Kulturen und Vieh. Für den Wald sind die Folgen in erhöhten Borkenkäferschäden und Monitoringaufwänden sichtbar. Retentionsmaßnahmen für Wald und Offenland können, durch gezielte Steuerung des Wasserabflusses im Frühjahr, Frühjahrstrockenheit entgegenwirken. Wasserspeicherung kann, zu einem gewissen Umfang zumindest, auch für die Bewässerung von landwirtschaftlichen Kulturen dienen. Umgekehrt müssen Maßnahmen getroffen werden, um gegenüber Starkregenereignissen gewappnet zu sein. Zerstörungsfreie Wasserabflüsse, Retentionsmaßnahmen in Form von Speicherung und Verlangsamung sind Stichworte für ein in Zukunft notwendiges Wassermanagement zu besseren Bewirtschaftbarkeit und zur Schadensabwehr. In Pilotprojekten sollten daher konkrete Maßnahmen insbesondere in Bezug auf das Wassermanagement in der Land- und Forstwirtschaft unter Einbeziehung naturschutzfachlicher Zielsetzungen erarbeitet und erprobt werden.

7 Literatur und Datenquellen

Verwendete Literatur

- Behrens, M., Fartmann, T. und N. Hölzel (2009). Auswirkungen von Klimaänderungen auf die biologische Vielfalt: Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen. Teil 1: Fragestellung, Klimaszenario, erster Schritt der Empfindlichkeitsanalyse – Kurzprognose.
- Bolte, A., Ibisch, P., Menzel A. und A. Rothe (2008). Anpassung der Wälder an den Klimawandel. Was Klimahüllen uns verschweigen. AFZ-Der Wald 15 (2008): 800 – 803.
- Flaig, H. (2008). Auswirkungen des Klimawandels auf die pflanzliche Erzeugung in Baden-Württemberg. In: Herausforderung Klimawandel. Chance oder Risiko für die Landwirtschaft in Baden-Württemberg? http://www.ltz-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Service/Veranstaltungen/Nachlese/2008/2008_03_05-Fr%C3%BChjahrstagung%20Klimawandel_DL/Ta-gungsband%20Veranstaltung%20zum%20Klimawandel%20.pdf
- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt FVA (2010). Baumarteneignungskarten. Unter: http://www.fva-bw.de/forschung/bui/klimakarten/FR_Fi2010_ost.pdf (abgerufen am 30.04.2018)
- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt FVA (2011). Managementplan für das FFH-Gebiet 7515-341 „Oberes Wolfachtal“, Textteil; S. 96ff. unter: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/natur-und-landschaft/map-endfassungen> (abgerufen am 30.04.2018)
- Hauffe, H.K., Augenstein, I., Vogelsang, W. und M. Lehle (1998). Bewertung von Böden als „Standort für die natürliche Vegetation“. Naturschutz und Landschaftsplanung, 30 (7): 214 – 219.
- Hoffman J. (1995). Einfluss von Klimaänderungen auf die Vegetation von Kulturlandschaften. Bundesamt für Naturschutz. Klimaänderung und Naturschutz. Angewandte Landschaftsökologie 4: 191 – 212.
- Kerner, A.; Geisel, M. (2017): Waldbiotopkartierung Baden-Württemberg. Kartierhandbuch. 11. Aufl. Hg. v. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt FVA
- Klotz, S. und I. Kühn (2007). Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora Deutschlands. Naturschutz und Biologische Vielfalt 46: 49 – 56.
- Kölling, C. und Freising (2007). Klimahüllen für 27 Baumarten. AFZ-Der Wald 23 (2007): 1242 – 1245.
- Kölling, C., M. Konnert und O. Schmidt (2008). Wald und Forstwirtschaft im Klimawandel. AFZ-Der Wald 15 (2008): 804 – 807.

- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz LUBW Baden-Württemberg (Hg.) (2016): Kartieranleitung. Offenland-Biotopkartierung. Baden-Württemberg. 9. Aufl. Online verfügbar unter https://fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/95746/kartieranleitung_offenland-biotopkartierung.pdf?command=downloadContent&filename=kartieranleitung_offenland-biotopkartierung.pdf&FIS=200.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) 2017. Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Teil I Klimafolgen und Anpassung. http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/269448/monitoring_bericht_zum_klimaschutzgesetz_badenwuerttemberg.pdf?command=downloadContent&filename=monitoring_bericht_zum_klimaschutzgesetz_badenwuerttemberg.pdf
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) 2016. Klimawandel in Baden-Württemberg. Fakten – Folgen – Perspektiven. http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/67972/klimawandel_in_baden_wuerttemberg.pdf?command=downloadContent&filename=klimawandel_in_baden_wuerttemberg.pdf
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2013). FFH Lebensraumtypen – Steckbriefe.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2013a). Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg.
- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) (2015). Wald und Waldmanagement im Klimawandel. Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar über https://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/Klimawandel/Dokumente/Klimaanpassungsstrategie_Wald_NRW_Broschuere_2016.pdf.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2015): Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg. 176 Seiten.
- Naturpark Südschwarzwald Hrsg. (2018): Naturparkplan 2025. 112 Seiten.
- Tonn, B. und M. Elsäßer (2013) Infoblatt Natura 2000: Wie bewirtschafte ich eine FFH –Wiese? Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Stuttgart.
- Petermann, J., Balzer, S., Ellwanger, G., Schröder, E. und A. Ssymannk (2007). Klimawandel – Herausforderung für das europaweite Schutzgebietssystem Natura 2000. Naturschutz und Biologische Vielfalt 46: 127 – 148.
- Pompe, S., Berger, S., Bergmann, J., Badeck, F., Lübbert J., Klotz, S., Rehse, A., Söhlke, G., Sattler, S., Walther, G. und I. Kühn (2011). Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. Bundesamt für Naturschutz. BfN-Skripten 304.

Streitberger, M, Jedicke, E. und T. Fartmann (2016). Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Biodiversität in Mittelgebirgen. Eine Literaturstudie zu Arten und Lebensräumen. Naturschutz und Landschaftsplanung 48 (2): 37 – 45.

Watling, J.I., Brandt, L.A., Mazzotti F.J. and S.S. Romañach (2013). Use and Interpretation of Climate Envelope Models: A Practical Guide. University of Florida, 43 pp.

Winter, M., Musche, M., Striese, M. und I. Kühn (2013). Naturschutzfachliches Monitoring Klimawandel und Biodiversität. Teil 1: Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität, Ziele und Grundlagen des Monitorings. Schriftenreihe des LfULG, Heft 24/2013.

Datenquellen Waldbiotopkartierung und Offenland-Biotopkartierung

Waldbiotopkartierung: Lieferung der LRT Flächenanteile aus allen Waldbiotopen im Naturpark Südschwarzwald am 15.08.2017 durch die FVA.

Webhinweis: <https://www.fva-bw.de/daten-und-tools/geodaten/waldbiotopkartierung>.

Offenland-LRT aus Biotopkartierung: Lieferung der Auszüge aller angefragten LRT aus der Biotopdatenbank durch die LUBW am 12.07.2017.

Webhinweis: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/natur-und-landschaft/offenland-biotopkartierung>.

Anhang 1 Klimavulnerabilität Indikatorpflanzen

Der LRT 9410 - Bodensaure Nadelwälder

Fichte (*Picea*)

- Das Risiko von Spätfrost wird höher. Auch wenn die Fichte auf Spätfröste oft robust reagiert und ältere Nadeljahrgänge keine Forstschäden zeigen, so schaden extreme Spätfröste doch der Vitalität. Ergebnis: die Fichte leicht negativ gegenüber Spätfrost eingestuft.
- Hitzestress wird negative Auswirkungen auf die Fichte haben; die Fichte verfügt über geringere Möglichkeiten zur Wasserregulation als z.B. Laubbaumarten.
- Die Wurzeln der Fichte sind flach; sie ist an Feuchte gewöhnt. Eine Zunahme von Extremereignissen wie sehr trockene Sommer (2003; 2015; 2018) wird eine negative Auswirkung haben. Es bestehen zudem Wechselwirkungen mit Schädlingen.
- Die Konkurrenz mit der Buche wird zunehmen. Schon jetzt gibt es vergleichsweise viele Buchen in dem LRT; das Vorkommen von Sauerklée kann auch als ein Zeichen für eine Standortsveränderung gedeutet werden.
- Der Borkenkäfer wird eine noch gravierendere Wirkung als Schädling für die Fichte spielen. Ab einer Durchschnittstemperatur von 8,5°C gibt es eine höhere Gefährdung durch den Borkenkäfer, da die Wahrscheinlichkeit einer dritten Population deutlich ansteigt.
- Ggf. in die Bewertung einzubeziehen: „Mit Stickstoff überversorgte Bäume produzieren weichere Nadeln und Blätter. Diese sind anfälliger gegenüber Austrocknung und Frost, sie schmecken Schadinsekten besser und können Infektionen durch Bakterien und Pilze weniger entgegensetzen.“
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4058.pdf>.

Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*)

- Die Preiselbeere ist unempfindlich gegenüber Frost, deshalb wird die Preiselbeere als nicht sensitiv (0) eingestuft.
- Die Hitzebelastbarkeit der Preiselbeere ist groß, sie kommt auch im Tiefland vor. Temperaturzahl (Ellenberg) ist indifferent, deshalb wird sie auch gegenüber Hitzestress als nicht sensitiv eingestuft.
- Die Preiselbeere ist ein Trocken- bis Frischezeiger (Feuchtezahl 4). Der Standort ist gut mit Wasser versorgt. Deshalb wird vermutet, dass sie von Trockenheit nicht gefährdet ist.
- Durch eine größere Umsetzung von Nährstoffen (Mineralisierung), wird die Konkurrenz von Arten mit höherem Bedarf sehr wahrscheinlich zunehmen.
- Die Auswirkung des Klimawandels auf mögliche Schädlinge und Krankheitserreger der Preiselbeere ist den Experten unbekannt.
- Praktisch wird die Preiselbeere nur von Pilzen als Schädlingen befallen. 3 davon kommen nur an der Preiselbeere vor. Sie verbreiten sich durch Sporen. Ob sich durch Erwärmung, Hitze und Trockenheit die Bedingungen für den Befall von Sporen verbessern, lässt sich noch nicht abschätzen.
- Erläuterung „Mehrere Arten von Nacktbasidien können die Preiselbeere befallen. In Mitteleuropa sind dies *Exobasidium vaccinii*, *Exobasidium splendidum* und *Exobasidium juelianum*. Erstgenannte Art führt zu Gallwucherungen mit roter Oberseite an den Blättern. *Exobasidium splendidum* befällt die Jahrestriebe und die befallenen Blätter sind leuchtend rot. *Exobasidium juelianum* befällt die

gesamte Pflanze (systemisch). Die Blätter sind dünn, weich und ebenfalls leuchtend rot.^[6] Die Preiselbeere wird zudem von den Rostpilzen *Naohidemyces vaccinii* mit Uredien und Telien und von *Thekopsora goeppertiana* mit Telien befallen.

Rippenfarn (*Blechnum spicant*)

- Der Rippenfarn wird als empfindlich gegenüber Spätfrost beschrieben. Für den Farn als immergrüne Pflanze besteht außerdem eine erhöhte Gefahr der Austrocknung wenn der Boden gefroren ist, aber noch kein Schnee liegt.
- Temperaturzahl indifferent. Vorkommen zwar eher im Bergland, aber auch im nordwestdeutschen Tiefland. Hitze allein scheint kein Problem, wohl aber Trockenheit (Frische- bis Nässezeiger; Feuchtezahl 6). Die Probleme der Art bei Trockenheit werden verschiedentlich benannt. Die Abnahme von Nordwest- bis Nordostdeutschland (also bei höherer Kontinentalität und längeren Trockenphasen, natürlich im Winter auch stärkerem Frost) ist signifikant.
- Die direkte Auswirkung von sich ändernder Konkurrenzvegetation sollte gering sein. Durch mehr Konkurrenzvegetation und erhöhte Umsetzung im Mineralboden ist ein leicht negativer Effekt möglich (Stickstoffarmut anzeigende Art).
- Es sind kaum Schädlinge an *Blechnum spicant* bekannt.

Korallenwurz (*Corallorhiza trifida*)

- Wenig Einfluss Frost, weil als Vollparasit an baumgebundenen Pilzen meist unter Schirm vorkommend und spät austreibend
- Kühle- bis Mäßigwärmezeiger, Vorkommen v.a. im Bergland
- Mäßiger Frischezeiger; zunehmende Trockenheit hat allerdings vermutlich auch Auswirkungen auf Mykorrhizapilze und Fichte
- Die direkte Auswirkung von sich ändernder Konkurrenzvegetation sollte gering sein, da die Korallenwurz eine sehr spezielle Nische hat (parasitiert an Pilzen, die Symbiont von Waldbäumen sind [hier wohl v.a. die Fichte]). Daher wird die Präsenz der Korallenwurz deutlich abnehmen, sobald der Anteil der Fichte zurückgeht. Berücksichtigt man diesen Faktor, dann sollte hier sicher -1 stehen, wie auch bei der Fichte selbst. Wenn nicht dann 0. Ähnlich beim Faktor Schädlinge.

Der LRT 9140 – Subalpine Buchenwälder

Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*)

- Der Bergahorn ist frostresistent. Basierend auf den Spätfrost-Erfahrungen im April 2017 ist der Bergahorn wenig sensitiv gegenüber Spätfrost.
- Hitze ist für den Bergahorn ebenfalls kein Problem.
- Der Bergahorn scheint wenig sensitiv gegenüber Trockenheit und kommt andernorts mit dieser Niederschlagshöhe gut zurecht.
- Der Bergahorn ist eine atlantische Art; sie wird in puncto „zunehmende Konkurrenz“ sehr wahrscheinlich profitieren und eher ihre „Präsenz“ ausweiten können;

- Der Bergahorn ist empfindlich gegenüber Pilzen; feuchtere Winter werden ihn gegenüber Pilzschädlingen anfälliger machen.

Harzer Greiskraut (*Senecio cacaliaster* ssp. *Hercynicus*)

- Generell: Das Harzer Greiskraut ist eine kontinentale Art; sie kommt nur in montanen Bereichen vor.
- Das Harzer Greiskraut ist unter dem Schirm von Bäumen gegenüber Spätfrost geschützt. Dieser Schirm schützt das Harzer Greiskraut auch gegenüber Extremen bei Sonneneinstrahlung und Hitze. Deshalb wird das Harzer Greiskraut nicht als von Spätfrost und Hitze gefährdet eingestuft.
- Das Harzer Greiskraut bevorzugt frische und nasse Standorte, deshalb wird es durch zunehmende Sommertrockenheit beeinträchtigt werden.
- Das Greiskraut ist eine stark montane Art. Arten mit stärker submontan oder kollin geprägter Verbreitung könnten zunehmend zur Konkurrenz des Harzer Greiskrauts werden.

Felsen-Johannisbeere (*Ribes petraeum* Wulfen)

- Die Felsen-Johannisbeere wächst meist im Halbschatten, also lichtem Schirmschutz. Dies mindert den Einfluss von Früh- oder Spätfrösten. Als gemäßigt atlantische Art ist sie vermutlich dennoch etwas empfindlich.
- Als Kühlezeiger (Temperaturzahl 3) empfindlich. Kommt im Tiefland nicht vor.
- (Moderater) Frischezeiger (Feuchtezahl 5). Da die Felsen- Johannisbeere natürlich oft auf sickerfrischen Standorten vorkommt, dürfte eine gewisse Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit bestehen.
- Die Felsen- Johannisbeere behauptet sich auch in Schlagfluren. Die Zunahme der Konkurrenz dürfte ein kleineres Problem sein. Es ist sogar eine gewisse Zunahme der Konkurrenzfähigkeit denkbar.
- Zu Schädlingen an der Felsen-Johannisbeere finden sich keine Angaben. Da an Kulturformen der roten Johannisbeere, in die *R. petraeum* eingekreuzt ist, doch einige Schädlinge vorkommen (Blattfallkrankheit, Blattläuse) die von steigenden Temperaturen profitieren dürften, erscheint eine gewisse Beeinträchtigung möglich.

Alpen- Waldfarn bzw. Gebirgs- Frauenfarn (*Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz)

- Als gemäßigt atlantische Art vermutlich empfindlich gegen Fröste. Der Alpen- Waldfarn wächst auf meist lang schneebedeckten Standorten und treibt eher spät aus. Insofern ist die Art auf Spätfröste evtl. schlecht vorbereitet.
- Als Kühlezeiger (Temperaturzahl 3) empfindlich. Kommt im Tiefland nicht vor.
- Frische- bis Nässezeiger (Feuchtezahl 6). Es dürfte eine gewisse Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit bestehen.
- Der Alpen- Waldfarn behauptet sich auch in Schlagfluren bzw. bildet dort sogar eine nach ihm benannte Vegetationseinheit im Offenland, wo er sich gegen krautige Konkurrenz behauptet.
- Zu Schädlingen am Alpen- Waldfarn finden sich keine Angaben.

Alpen- Milchlattich (*Cicerbita alpina*)

- Als gemäßigt atlantische Art vermutlich eher empfindlich gegen Fröste. Der Alpen- Milchlattich wächst allerdings im Offenland und im Wald eher in lichten bis halbschattigen Bereichen. Er hat insofern bereits heute mit Spätfrösten zu kämpfen und übersteht sie.
- Als Kühlezeiger (Temperaturzahl 3) empfindlich. Ausgesprochen montane Art, die im Tiefland nicht vorkommt.
- Frische- bis Nässezeiger (Feuchtezahl 6). Es dürfte eine gewisse Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit bestehen.
- Der Alpen- Milchlattich behauptet sich auch in Schlagfluren. Insofern ist eine gewisse Konkurrenz- kraft gegenüber kräftig wachsenden krautigen Pflanzen gegeben.
- Am Alpen-Milchlattich tritt gelegentlich Kahlfraß durch Blattkäfer auf. Die (Klima-) Bedingungen für die Käfer dürften sich leicht verbessern.

Der LRT 6520 - Bergmähwiesen

Goldhafer (*Trisetum flavescens*)

- Generell: Obwohl der Goldhafer seinen Verbreitungsschwerpunkt in den Berg-Fettwiesen hat, ist er auch in tieferen Lagen mehr oder weniger verbreitet. Nach Ellenberg ist der Goldhafer weder Charakter- noch Differentialart, weil er in den Glatthaferwiesen der tieferen Lagen zu häufig vorkommt (vgl. Ellenberg, 1996, S. 803)
- Keine Auswirkungen für den Goldhafer bei den Faktoren Vegetationsperiode, Frost, Hitze und Trockenheit. Als alpine Art wären ggf. neg. Wirkungen bei dem Aspekt Sommertrockenheit zu erwarten.
- Als Mittelgras wegen der niedrigen Wuchshöhe möglicherweise im Nachteil durch konkurrenzstärkere Obergräser.

Hain Flockenblume (*Centaurea nigra* L. subsp. *Nemoralis*)

- Keine Auswirkungen bei den Faktoren Vegetationsperiode und Frost (wird als unempfindlich gegenüber Spät-/Frühfrost eingestuft).
- Als Höhenart wird der Flockenblume eine Beeinträchtigung durch Hitzestress unterstellt.
- Als Tiefwurzler kommt sie auch mit Trockenheit in Sommermonaten zurecht, was ihr auch ggü. der Konkurrenz einen Vorteil verschafft.

Wald Rispengras (*Poa chaixii* Vill.)

- Keine Auswirkungen bei den Faktoren Vegetationsperiode und Frost.
- Als montane Art könnte das Wald Rispengras durch Hitzestress beeinträchtigt werden.
- Auswirkungen durch Konkurrenten sind in Bezug auf die klimatischen Änderungen nicht zu erwarten.

Horst-Rotschwengel (*Festuca nigrescens*)

- Der Horst-Rot-Schwengel wird als temperaturhart eingestuft und als Pflanze, der ein früher Start in die Vegetationsperiode nutzt; daher eine positive Bewertung in Bezug auf die Ausdehnung der Vegetationsperiode.
- Als montane Art keine Auswirkung bei dem Faktor Frost, da Photosynthese auch bei kühleren Temperaturen funktioniert.
- Keine negativen Auswirkungen in Bezug auf Hitze, da der Schwengel feingliedrige Blattscheiden besitzt, was die Verdunstung verringert. Allerdings gehen die Standortvorteile bei einer höheren Temperatur verloren.
- In Bezug auf die Konkurrenz nachteilige Wirkungen, da als Mittelgras ggü. hochstrebenden Obergräsern im Nachteil.

Der LRT 6230 – Artenreiche Borstgrasrasen

Borstgras (*Nardus stricta*)

- Keine Auswirkungen bei den Faktoren Vegetationsperiode oder Hitzestress. Bei einer fehlenden Schneedecke im Winter werden allerdings Frostschäden zunehmen.
- Negative Auswirkungen könnte eine fehlende Schneedecke auf die Wasserversorgung haben (vgl. Ellenberg, 1996 S. 602). In trockenem Klima bevorzugt das Borstgras Dellen, in denen sich periodisch Wasser sammelt (vgl. Ellenberg, 1996 S. 603).
- Stark negative Wirkung in Bezug auf die Konkurrenzvegetation durch die veränderten Klimafaktoren. Borstgras braucht viel Licht um zu gedeihen (vgl. Ellenberg, 1996).

Flügelginster (*Genista sagittalis*)

- Einschätzung, dass es keine oder allenfalls leicht negative Auswirkungen bei den Faktoren Vegetationsperiode und Frost gibt; bei Frost unklare Situation (Besenginster dagegen ist frostempfindlich).
- Positiv in Bezug auf die Indikatoren Trockenheit, Hitze und Konkurrenz: Dicke Kutikula schützt Pflanze vor Hitzestress und kommt gut mit Trockenheit klar. Vorteile ggü. Konkurrenzvegetation.

Dreizahn (*Danthonia decumbens*)

Braucht Niederschlag, Halblucht-Volllichtpflanze; niederwüchsig (wird also bei günstigeren klimatischen Bedingungen und dem Einwandern höherwüchsiger Arten verdrängt / überwachsen), Stickstoffarmut zeigend, d.h. bei hoher Mineralisation im Nachteil, Temperatur indifferent, atlantische Art d. h. bei ausaperndem Schnee wahrscheinlich gegenüber Frost empfindlich.

Anhang 2 Kontaktierte Expertinnen und Experten

Teilnehmer am Workshop Offenland (28. September 2017, 09.00 – 12.30 Uhr, Haus der Natur, Feldberg)

1. Roland Schöttle (Geschäftsführer Naturpark Südschwarzwald)
2. Holger Wegner (Stellvertretender Geschäftsführer Naturpark Südschwarzwald)
3. Bernhard Bolkart (BLHV Vizepräsident, Kreisverbandsvorsitzender Villingen, Mitglied im BLHV-Fachausschuss Forst, Umwelt und Nebenerwerb)
4. Martin Geisel (Landratsamt Emmendingen, Stellv. Geschäftsführer Landschaftserhaltungsverband e.V., Landschaftspflegemanagement)
5. Diethild Wanke (Landratsamt Lörrach, Landwirtschaft & Naturschutz)
6. Clemens Speicher (BLHV Kreisverbandsvorsitzender Säckingen, Mitglied im BLHV-Fachausschuss Forst)
7. Bernd Wippel (UNIQUE forestry and land use GmbH)
8. Suzanne van Dijk (UNIQUE forestry and land use GmbH)

Teilnehmer am Workshop Wald (24. Oktober 2017, 14:00 – 17:00 Uhr, Haus der Natur, Feldberg)

1. Roland Schöttle (Geschäftsführer Naturpark Südschwarzwald)
2. Holger Wegner (Stellvertretender Geschäftsführer Naturpark Südschwarzwald)
3. Bernhard Bolkart (BLHV Vizepräsident, Kreisverbandsvorsitzender Villingen, Mitglied im BLHV-Fachausschuss Forst, Umwelt und Nebenerwerb)
4. Andreas Schabel (Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Waldnaturschutz)
5. Armin Jacob (Regierungspräsidium Freiburg, Referat Waldbau und Forsteinrichtung)
6. Johannes von Stemm (Landratsamt Schwarzwald-Baar-Kreis, Forstamt)
7. Matthias Wenzel (UNIQUE forestry and land use GmbH)
8. Bernd Wippel (UNIQUE forestry and land use GmbH)
9. Suzanne van Dijk (UNIQUE forestry and land use GmbH)

Projektbeirat

1. Knut Wälde (Landratsamt Schwarzwald-Baar-Kreis)
2. Bernhard Hake (Landratsamt Schwarzwald-Baar-Kreis (Forstbetriebsstelle Schwarzwald))
3. Martina Ziegler (Landwirtschaftsamt Schwarzwald-Baar-Kreis, AG Landwirtschaft Naturpark Südschwarzwald)
4. Prof. Dickhöfer (Universität Hohenheim)
5. Michael Breuer (Staatliches Weinbauinstitut Freiburg)
6. Prof. Klein (Universität Freiburg, Naturschutz und Landschaftsökologie)
7. Prof. Albert Reif (Universität Freiburg, Standortkunde und Vegetationskunde)
8. Walter Kemkes (Biosphärengebiet Schwarzwald)
9. Bernd Seitz (AG Natur und Landschaft/Regierungspräsidium Freiburg Referat Naturschutz und Landschaftspflege)
10. Kai Höpker und Matthias Hirschmüller (LUBW)
11. Clemens Speicher (BLHV Kreisverbandsvorsitzender Säckingen, Mitglied im BLHV-Fachausschuss Forst)
12. Armin Jacob (Regierungspräsidium Freiburg, Referat Waldbau und Forsteinrichtung)
13. Bernhard Bolkart (BLHV Vizepräsident, Kreisverbandsvorsitzender Villingen, Mitglied im BLHV-Fachausschuss Forst, Umwelt und Nebenerwerb).

Anhang 3 Ausgewertete Managementpläne

Analyse der Berücksichtigung des Aspektes Klimawandel in den Managementplänen innerhalb der Gebietskulisse des Naturpark Südschwarzwald.

Ansatz: Filtern nach dem Begriff „Klima“ und „Klimawandel“. Unberücksichtigt bleiben Treffer, die auf Kleinklima, Mikroklima, Freiflächenklima etc. verweisen.

Pläne ohne Berücksichtigung des Aspektes Klimawandel

FFH-Gebiet 8314-342 "Wiesen bei Waldshut", 2014

FFH-Gebiet 8213-311 Gletscherkessel Präg und Weidfelder im Oberen Wiesental und das Vogelschutzgebiet 8114-441 Südschwarzwald (Teilbearbeitung), 2014

FFH-Gebiet 7915-341 „Schönwälder Hochflächen“; 2017

FFH-Gebiet 8115-342 "Löffinger Muschelkalkhochland" und überlappende Teile der Vogelschutzgebiete 8017-441 "Baar" sowie 8116-441 "Wutach und Baaralb", 2017

Plan mit Berücksichtigung des Aspektes Klimawandel

FFH-Gebiet „7813-341 Schwarzwald zwischen Kenzingen und Waldkirch“, 2018

Verweis auf bedrohte Arten durch Trockenheit: Dohlenkrebs, Steinkrebs, Bachneunauge, Groppe und Helm-Azurjungfer; Dunkler und Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling. Bedrohung durch Überflutungen nach Starkregen-Ereignissen der in Ameisennestern lebenden Raupenbestände.

