

Klimafolgenstudie 2012

Anpassungsmaßnahmen



Untersuchungen zu den Folgen des Klimawandels
in Sachsen-Anhalt



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz

Klimafolgenstudie 2012

Anpassungsmaßnahmen

Bericht zur Untersuchung der Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt

im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt
unter fachlicher Begleitung des
Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Berichte des
Landesamtes für Umweltschutz
Sachsen-Anhalt

2013 – Heft 9

In dieser Schriftenreihe erscheinen folgende Bände mit den Ergebnissen der beiden Untersuchungen zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt:

Die Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt Kurzfassungen der Studien 2009 und 2012	Heft 2/ 2013
Vulnerabilitätsstudie 2009 Bericht	Heft 3/ 2013 (Band 1)
Vulnerabilitätsstudie 2009 Anhang	Heft 3/ 2013 (Band 2)
Klimafolgenstudie 2012: Klimadiagnose und Klimaprojektion, Extremereignisse	Heft 4/ 2013
Klimafolgenstudie 2012: Wasser Bericht	Heft 5/ 2013 (Band 1)
Klimafolgenstudie 2012: Wasser Folgeuntersuchungen	Heft 5/ 2013 (Band 2)
Klimafolgenstudie 2012: Naturschutz	Heft 6/ 2013
Klimafolgenstudie 2012: Landwirtschaft	Heft 7/ 2013
Klimafolgenstudie 2012: Forstwirtschaft	Heft 8/ 2013
Klimafolgenstudie 2012: Anpassungsmaßnahmen	Heft 9/ 2013



Vorwort

Die Anpassung an den Klimawandel ist neben dem Klimaschutz die zweite Säule der Klimapolitik in Sachsen-Anhalt. Nach Einschätzung der großen Mehrheit von Wissenschaft und Politik ist der Klimawandel trotz aller Bemühungen um den Klimaschutz nicht aufzuhalten. Das belegen auch die in zwei Studien erhobenen Daten und Szenarien für Sachsen-Anhalt. Das Klima in unserem Bundesland wird sich voraussichtlich regional in unterschiedlicher Weise ändern. Folglich müssen auch die Auswirkungen auf verschiedene Landesteile und Sektoren differenziert betrachtet werden. Nur ein überlegtes Handeln in Gegenwart und Zukunft erspart vermeidbare, durch den Klimawandel verursachte Kosten. Deshalb wurde im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt vom Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 2009 eine Studie zum Klimawandel in Sachsen-Anhalt und der Verletzlichkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels (**Vulnerabilitätsstudie**) durchgeführt. 2012 wurden in einer weiteren Studie (**Klimafolgenstudie 2012**) die Untersuchungen zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt unter Berücksichtigung neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse, mit einem besonderen Fokus auf Extremereignisse, fortgeschrieben. Die Ergebnisse beider Studien sollen nun für die breite Öffentlichkeit zugänglich gemacht und deshalb in dieser Schriftenreihe publiziert werden.

Halle, 01.03.2013



Klaus Rehda
Präsident

Durchführung einer Untersuchung zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt

Los 4: Anpassungsmaßnahmen

Projektbericht November 2012

Im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt
mit fachlicher Begleitung durch das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU)

Vergabe-Nr. 1.2-44761-02-2011

Auftragnehmer:

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ
Department Ökonomie

Projektleitung:

Prof. Dr. Bernd Hansjürgens
Department Ökonomie
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Pol., Dipl.-Verw.Wiss. Oliver Gebhardt - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Teresa Zölch, M.Sc. - Climate Service Centre – CSC

Dr. Clemens Heuson - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Simon Melch, B.A. - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Kontakt:

Oliver Gebhardt
Department Ökonomie – UFZ
Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

☎ 0341-235 1477

✉ Oliver.Gebhardt@ufz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Klimawandel in Sachsen-Anhalt: Neue Herausforderungen?	7
2.1	Klimatische Veränderungen: Mittelwertbetrachtungen	7
2.2	Klimatische Veränderungen: Extremwertbetrachtungen	12
2.3	Auswirkungen klimatischer Veränderungen in ausgewählten Handlungsfeldern	14
2.3.1.	Wasser	14
2.3.2.	Landwirtschaft.....	15
2.3.3.	Forstwirtschaft	16
2.3.4.	Naturschutz	16
2.4	Resümee	18
3	Evaluierung der Anpassungsstrategie des Landes Sachsen-Anhalt an den Klimawandel..	19
3.1	Prozessuale Analyse der Strategieentwicklung	19
3.2	Wirtschaftswissenschaftliche Analyse der Begründbarkeit staatlichen Handelns	24
3.3	Vergleichende Strategieanalyse	26
4	Modifikation bestehender Anpassungsmaßnahmen und Ausarbeitung von ergänzenden Maßnahmen	32
5	Identifizierung besonders vorteilhafter Anpassungsmaßnahmen für ausgewählte Sektoren	34
5.1	Methodisches Vorgehen.....	34
5.1.1	Bewertungsverfahren: Multikriterien-Analyse	34
5.1.2	Bewertungssoftware: PRIMATE	37
5.1.3	Bewertungskriterien.....	38
5.1.4	Gewichtung der Bewertungskriterien.....	40
5.2	Datenerhebung.....	40
5.3	Handlungsfeld Wasser	43
5.3.1.	Bewertung „Anpassung Hochwasserschutz“	43
5.3.2.	Bewertungsergebnis „Anpassung Hochwasserschutz“	44
5.4	Handlungsfeld Landwirtschaft.....	46

5.4.1. Bewertung „Weiterentwicklung von klimaanpassungsbezogenen Beratungsgrundlagen in der Landwirtschaft“	46
5.4.2. Bewertungsergebnis „Weiterentwicklung von klimaanpassungsbezogenen Beratungsgrundlagen in der Landwirtschaft“	46
5.4.3. Bewertung „Klimaanpassungsbezogene Aus-, Weiterbildung und landwirtschaftliche Beratung“	48
5.4.4. Bewertungsergebnis „Klimaanpassungsbezogene Aus-, Weiterbildung und landwirtschaftliche Beratung“	48
5.4.5. Bewertung „Klimaangepasste Fortschreibung landwirtschaftlicher Rahmenregelungen“	50
5.4.6. Bewertungsergebnis „Klimaangepasste Fortschreibung landwirtschaftlicher Rahmenregelungen“	50
5.5 Betrachtungsfeld Boden	52
5.5.1. Bewertung „Anpassung des Bodenschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels“	52
5.5.2. Bewertungsergebnis „Anpassung des Bodenschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels“	52
5.6 Handlungsfeld Forstwirtschaft	55
5.6.1. Bewertung „Verbesserung forstlicher Ressourcen und des Waldzustands“	55
5.6.2. Bewertungsergebnis „Verbesserung forstlicher Ressourcen und des Waldzustands“	55
5.6.3. Bewertung „Stabilisierung Waldökosysteme und Erhalt der Multifunktionalität“	57
5.6.4. Bewertungsergebnis „Stabilisierung der Waldökosysteme und Erhalt der Multifunktionalität“	57
5.7 Handlungsfeld Tourismus	59
5.7.1. Bewertung „Anpassung des Tourismus‘ im Harz“	59
5.7.2. Bewertungsergebnis „Anpassung des Tourismus‘ im Harz“	59
6 Zusammenfassung	61
7 Literaturverzeichnis.....	63

Abbildungen

Abbildung 1: Entwicklung der Tagesdurchschnittstemperatur	8
Abbildung 2: Entwicklung der jährlichen Niederschlagssumme.....	9
Abbildung 3: Entwicklung der Klimatischen Wasserbilanz	10
Abbildung 4: Entwicklung der Windgeschwindigkeit.....	10
Abbildung 5: Entwicklung der Dauer der thermischen Vegetationsperiode	11
Abbildung 6: Idealtypischer Prozess der Entwicklung einer Anpassungsstrategie nach Hallegatte et al. (2011).....	20
Abbildung 7: Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für die Strategie des Landes Sachsen-Anhalt zur Anpassung an den Klimawandel	31
Abbildung 8: Ablauf PROMETHEE-Verfahren.....	35
Abbildung 9: Exemplarische Gesamtpräferenzmatrix – Ränge auf Basis der Dominanzmaße ..	36
Abbildung 10: Exemplarische Gesamtpräferenzmatrix – Ränge auf Basis der Nettoflüsse	36
Abbildung 11: Anpassung Hochwasserschutz – Stimmen-Salden	44
Abbildung 12: Anpassung Hochwasserschutz – Maßnahmen-Rangfolge	45
Abbildung 13: Weiterentwicklung Beratungsgrundlagen in der Landwirtschaft – Stimmen-Salden	47
Abbildung 14: Weiterentwicklung Beratungsgrundlagen in der Landwirtschaft – Maßnahmen-Rangfolge	47
Abbildung 15: Anpassungsbezogene Aus-, Weiterbildung und landwirtschaftliche Beratung – Stimmen-Salden.....	49
Abbildung 16: Anpassungsbezogene Aus-, Weiterbildung und landwirtschaftliche Beratung – Maßnahmen-Rangfolge	49
Abbildung 17: Klimaangepasste Fortschreibung landwirtschaftlicher Rahmenregelungen – Stimmen-Salden.....	51
Abbildung 18: Klimaangepasste Fortschreibung landwirtschaftlicher Rahmenregelungen – Maßnahmen-Rangfolge	51
Abbildung 19: Anpassung des Bodenschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels – Stimmen-Salden	53
Abbildung 20: Anpassung des Bodenschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels – Maßnahmen-Rangfolge	53
Abbildung 21: Verbesserung forstlicher Ressourcen und des Waldzustands – Stimmen-Salden	56
Abbildung 22: Verbesserung forstlicher Ressourcen und des Waldzustands – Maßnahmen-Rangfolg	56
Abbildung 23: Stabilisierung Waldökosysteme und Erhalt der Multifunktionalität – Stimmen-Salden	57
Abbildung 24: Stabilisierung Waldökosysteme und Erhalt der Multifunktionalität – Maßnahmen-Rangfolge	58
Abbildung 25: Anpassung des Tourismus' im Harz – Stimmen-Salden.....	60
Abbildung 26: Anpassung des Tourismus' im Harz – Maßnahmen-Rangfolge	60

Tabellen

Tabelle 1:	Veränderung ausgewählter klimatischer Parameter auf Landesebene	7
Tabelle 2:	Überblick der Einschätzung der Begründbarkeit staatlicher Anpassungsmaßnahmen in den Sektoren Wasser, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Naturschutz	25
Tabelle 3:	Überblick Bearbeitungsstand Klimaanpassungsstrategien nach Bundesländern	28
Tabelle 4:	Bewertungskriterien und deren Begründung.....	39

Abkürzungen

A1B	Emissions-Szenario A1B gemäß SRES
ALFF	Amt für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten
APA	Aktionsplan Anpassung zur Deutschen Anpassungsstrategie (DAS)
AP-ST	Aktionsplan des Landes Sachsen-Anhalt zur Anpassung an den Klimawandel
AS-HE	Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Hessen
AS-NW	Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen
AS-ST	Strategie des Landes Sachsen-Anhalt zur Anpassung an den Klimawandel
BAH	Büro für Angewandte Hydrologie
BayKLAS	Bayerische Klima-Anpassungsstrategie
Biota	biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH
CEC	Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DAS	Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel
FFH-LRT	Lebensraumtyp nach der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG
KNA	Kosten-Nutzen-Analyse
KWB	Klimatische Wasserbilanz
LHW	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
LLFG	Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau
MKA	Multikriterien-Analyse
NW-FVA	Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
P[Ziffer]	[Ziffer]% Perzentil
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
PRIMATE	Probabilistic Multi-Attribute Evaluation
PROMETHEE	Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations
REMO	Dynamisches regionales Klimamodell des Max-Planck-Instituts für Meteorologie
RKM	Regionales Klimamodell
SRES	Special Report on Emissions Scenarios
UBA	Umweltbundesamt
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ
WETTREG/	Statistisches regionales Klimamodell der CEC
WETTREG2010	

1 Einleitung

Das Klima wandelt sich. Alle Anstrengungen den Klimawandel zu begrenzen oder zu verlangsamen können nicht verhindern, dass sich Gesellschaften in einigen Bereichen auf veränderte klimatische Rahmenbedingungen einstellen müssen. Diese Notwendigkeit wurde in den vergangenen Jahren auf unterschiedlichen politischen Ebenen erkannt, und es wird versucht, ihr durch die Entwicklung von Strategien zur Anpassung an den Klimawandel zu begegnen. Sachsen-Anhalt ist unter den deutschen Bundesländern einer der Vorreiter dieser Klimaanpassungsbemühungen.

Grundlage eines wirksamen und effizienten Umgangs mit den sich aus dem Klimawandel ergebenden Herausforderungen stellen szenariobasierte Untersuchungen wahrscheinlicher Veränderungen relevanter klimatischer Parameter und deren räumlich-sektoralen Auswirkungen dar. Das bestehende Wissen darüber, wie sich das Klima in Sachsen-Anhalt voraussichtlich wandeln wird und welche Folgen diese Veränderungen haben werden, basiert zu einem großen Teil auf zwei umfassenden Klimafolgenstudien, die vom Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt in Auftrag gegeben wurden.

Im Jahr 2009 führte das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) (Kropp et al. 2009) für Sachsen-Anhalt eine Klimafolgenstudie durch, die sowohl Ergebnisse regionalisierter Klimaprojektionen als auch Analysen zu den Folgen des Klimawandels in den Sektoren Wasser, Boden, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Naturschutz und Weinbau beinhaltete.

Im Jahr 2012 wurde durch eine Gruppe von Forschungs- und Beratungsinstituten (CEC, BAH, BIOTA, NW-FVA) eine weitere Studie erarbeitet, die zum Ziel hatte, die Erkenntnisse der ersten Klimafolgenstudie des PIK zu validieren und zu erweitern. In Einzelstudien wurden die klimatischen Veränderungen auf regionaler Ebene (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012) sowie deren Auswirkungen in den Handlungsfeldern Wasser (Pfützner et al. 2012), Landwirtschaft (Deimer, Steininger 2012), Forstwirtschaft (Sutmöller et al. 2012) und Naturschutz (Thiele et al. 2012) analysiert.

Das Helmholtz Zentrum für Umweltforschung – UFZ wurde beauftragt, u.a. unter Berücksichtigung dieser Untersuchungen, einerseits eine bewertende Betrachtung der 2010 von der Landesregierung beschlossenen Anpassungsstrategie vorzunehmen und andererseits für ausgewählte Handlungsfelder Anpassungsmaßnahmen zu identifizieren, die das Erreichen der anpassungsbezogenen Zielsetzungen in ausgewählten Handlungsfeldern im besonderen Maße befördern.

Im Folgenden werden zunächst wesentliche Ergebnisse der aktuellen Klimaprojektionen und sektoralen Analysen dargestellt und eine Einschätzung getroffen, ob sich aus diesen neue bzw. veränderte Handlungsbedarfe ergeben.

Hieran schließt sich eine bewertende Betrachtung der Anpassungsstrategie des Landes Sachsen-Anhalt an. Dabei wird (1) der Prozess der Strategieentwicklung analysiert, (2) für ausgewählte Handlungsfelder die Legitimation der in Strategie und Aktionsplan beschriebenen Anpassungsmaßnahmen aus einer wirtschaftswissenschaftlichen Perspektive untersucht

sowie (3) ein Vergleich mit den Anpassungsstrategien anderen Bundesländer und der des Bundes vorgenommen.

Auf dieser Grundlage werden zur Unterstützung der Überarbeitung der Sachsen-Anhalt-Strategie Änderungs- und Ergänzungsvorschläge unterbreitet.

Im zweiten Teil des Berichts werden die Methodik zur Ermittlung besonders vorteilhafter Anpassungsmaßnahmen und die Ergebnisse ihrer Anwendung in den Handlungs- bzw. Betrachtungsfeldern Wasser, Boden, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Tourismus erläutert.

In der Zusammenfassung werden das Vorgehen und wesentliche Ergebnisse rekapituliert.

2 Klimawandel in Sachsen-Anhalt: Neue Herausforderungen?

2.1 Klimatische Veränderungen: Mittelwertbetrachtungen

Das Vorliegen aktualisierter Informationen zu den klimatischen Veränderungen sowie deren sektoralen Auswirkungen wirft die Frage auf, ob sich aus diesen Erkenntnissen neue Handlungserfordernisse ergeben, die in der Strategie des Landes Sachsen-Anhalt zur Anpassung an den Klimawandel Berücksichtigung finden sollten. Eine vergleichende Analyse der vorhandenen Klimafolgenstudien ermöglicht es, diesbezüglich eine Einschätzung treffen zu können.

Dabei ist zu beachten, dass die aktuellen Ergebnisse und die Resultate der PIK-Studie nur eingeschränkt vergleichbar sind. Dies hat zum einen methodische Gründe, wie bspw. Unterschiede bezüglich des verwendeten Basiszeitraums, der genutzten regionalen Klimamodelle (RKM) und der SRES-Emissions-Szenarien. Zum anderen ist dies dadurch begründet, dass sich die Klimafolgenstudien hinsichtlich ihres Detaillierungsgrads und der regionalen Ausrichtung unterscheiden. Die neuen Einzelstudien sind durch ihre sektorale Fokussierung eher in der Lage spezifischere Aussagen über die Effekte des Klimawandels in Sachsen-Anhalt zu treffen.

Tabelle 1: Veränderung ausgewählter klimatischer Parameter auf Landesebene

Klimatischer Parameter	Jährlicher Mittelwert im Basiszeitraum 1971-2000 (1961-1990) ¹		Veränderungen im Vergleich zum Basiszeitraum: 2011-2040		Veränderungen im Vergleich zum Basiszeitraum: 2041-2070		Veränderungen im Vergleich zum Basiszeitraum: 2071-2100	
	WETTREG-2010 (WETTREG)	REMO (REMO)	WETTREG-2010 (WETTREG)	REMO (REMO)	WETTREG-2010 (WETTREG)	REMO (REMO)	WETTREG-2010 (WETTREG)	REMO (REMO)
Temperatur [°C]	8,8 (8,9)	9,4 °C (9,1 °C)	+0,9 (+0,2)	+0,6 (+0,6)	+2,2 (+1,4)	+1,8 (+1,8)	+3,4 (+2,3)	+3,1 (+3,0)
Niederschlag [mm]	588 (552)	690,7 (702)	-8,8 (-13)	+21,4 (+12)	-33,5 (-35)	+64,9 (+55)	-52,9 (-18)	+26,9 (+21)
Klimatische Wasserbilanz (KWB) [mm]	0,4 (19)	-* (67)	-45,9 (-25)	-* (-2)	-152,9 (-89)	-* (+14)	-237,8 (-91)	-* (-53)
Windgeschwindigkeit [m/s]	3,2	2,8	0	0	-0,1	+0,1	-0,1	+0,1
Dauer der thermischen Vegetationsperiode [d]	246,1	252,7	-0,8	+3,6	+30,8	+34,6	+70,2	+39,9

Anmerkung: *Aussagen zur KWB können unter Verwendung von REMO nicht direkt getroffen werden, da das Modell die Sonnenscheinstunden/Tag nicht berechnet. (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012, S. B.XII). In Kropp et al. (2009, S. 25f) wurde der REMO-Datensatz durch die Berechnung der Globalstrahlung sowie deren Prüfung mittels empirischer Daten ergänzt. Dies ermöglichte es, die potentielle Evapotranspiration und klimatische Wasserbilanz zu berechnen.

Quelle: Kropp et al. (2009, S. 34), Kreienkamp, Spekat, Enke (2012, S. 12-13, 15-25, 33, Anhang C.I-E.IX); Eigene Berechnung auf Basis von Kropp et al. (2009), Kreienkamp, Spekat, Enke (2012).

¹ Für den Basiszeitraum werden die mit den verschiedenen RKM simulierten Werte angegeben. Diese weichen von den Beobachtungswerten ab. Im Basiszeitraum betragen die durchschnittlichen gemessenen Werte für die Temperatur 8,6 °C, für den Niederschlag 550 mm sowie für die KWB 20 mm (Kropp et al. 2009, S. 28ff).

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Entwicklung ausgewählter klimatischer Parameter, die in der aktuellen Klimafolgenstudie (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012) unter Nutzung der regionalen Klimamodelle WETTREG2010 und REMO, des SRES-Emissions-Szenarios A1B für die drei betrachteten Zeitabschnitte bis zum Ende des 21. Jahrhunderts im Vergleich zum Basiszeitraum 1971-2000 projiziert werden. Darüber hinaus sind jeweils in Klammern die Projektionsergebnisse aus der ersten Klimafolgenstudie (Kropp et al. 2009) vermerkt, die mithilfe von WETTREG und REMO für das Szenario A1B ermittelt wurden. Erwähnenswerte Abweichungen in Form eines stärkeren Temperaturanstiegs, einer zunehmenden Verschlechterung der KWB sowie Verringerung der Niederschläge für die WETTREG2010- gegenüber den WETTREG-Simulationen v.a. für die späteren Projektionsperioden sind grau markiert.

Hinsichtlich der durchschnittlichen Temperaturentwicklung zeigt die Auswertung der für den Zeitraum 1951-2006 vorliegenden Daten für Sachsen-Anhalt bereits einen großflächigen Anstieg von 0,5 - 1,5 °C (Bernhofer et al. 2008, S. 29). Für den Zeitraum 2071-2100 wird auf Basis der Projektionen für Sachsen-Anhalt für das Emissions-Szenario A1B je nach verwendetem Modell ein durchschnittlicher Temperaturanstieg von 2,3 °C (WETTREG) bis 3,4 °C (WETTREG2010) erwartet. Die mit REMO ermittelten Werte liegen mit 3,0 °C bzw. 3,1 °C ebenfalls innerhalb dieser Wertespanne. Auf Basis der WETTREG-Projektionen wird ein geringfügig höherer Temperaturanstieg im Nordwesten als im Südosten des Landes erwartet. Auf Grundlage von REMO ist hingegen mit einem stärkeren Anstieg der Durchschnittstemperatur im südöstlichen Teil von Sachsen-Anhalt als im Norden oder in der Mittelgebirgsregion zu rechnen. Die größten Temperaturveränderungen werden unter Verwendung der verschiedenen regionalen Klimamodelle (RKM) für den Winter und die niedrigsten für den Frühling erwartet. REMO weist zusätzlich hohe Veränderungen im Sommer aus. (Kropp et al. 2009, S. 15, 34f, 41, Kreienkamp, Spekat, Enke 2012, S. 14, Anhang D.VII, D.XXVIII)

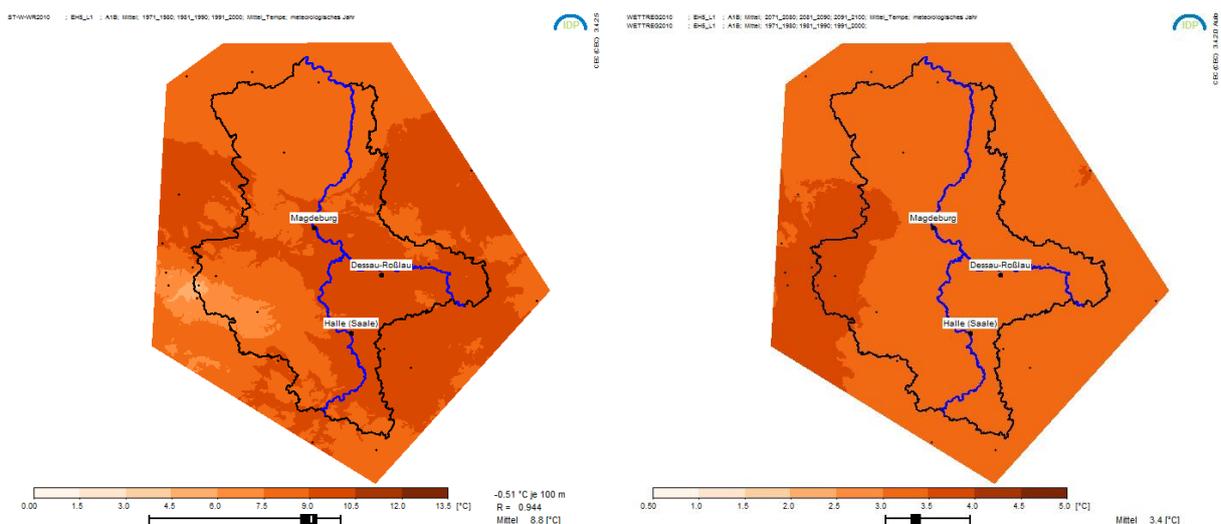


Abbildung 1: Entwicklung der Tagesdurchschnittstemperatur

Anmerkung: Die linke Abbildung zeigt die simulierte Tagesmitteltemperatur [°C] im Basiszeitraum (1971-2000). Die rechte Abbildung stellt dem die Veränderung der Tagesmitteltemperatur [°C] im Projektionszeitraum 2071-2100 gegenüber. (WETTREG2010, Szenario A1B)

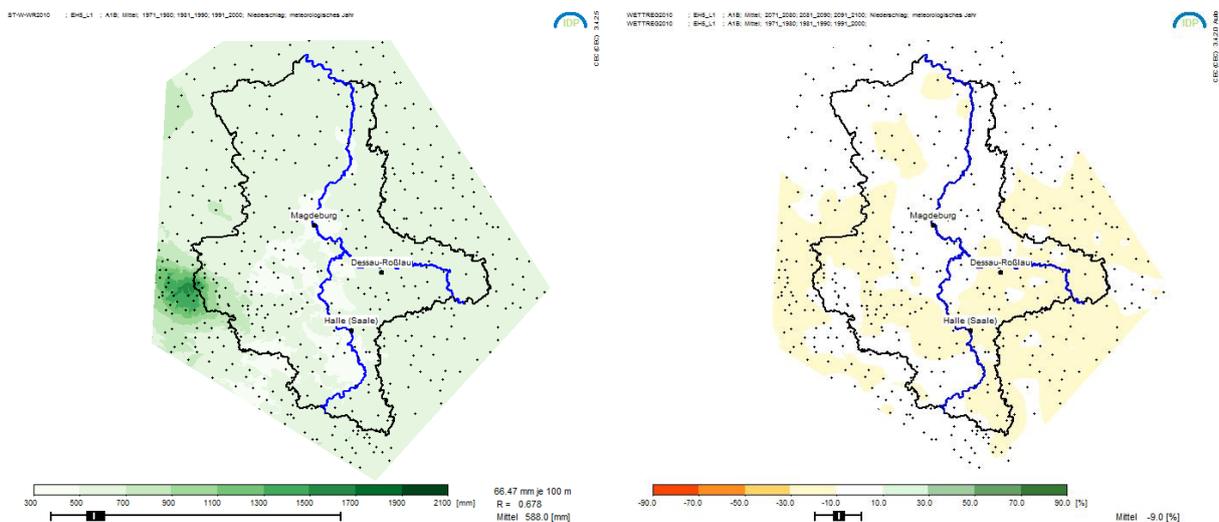
Quelle: Kreienkamp, Spekat; Enke (2012, Anhang D.VII)

Abbildung 1 stellt exemplarisch die mit WETTREG2010 für den Basiszeitraum berechnete, durchschnittliche Tagestemperatur sowie deren Veränderung bis zum Ende des Jahrhunderts dar.

Für die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts lässt sich feststellen, dass es in Regionen mit geringen Jahresniederschlägen noch trockener geworden ist (Saaletal: Abnahme der Niederschläge um -5% bis -15%), während in den Regionen mit relativ hohe Jahresniederschlägen eine Niederschlagszunahme zu beobachten war (Harz: 22%). Zudem fand bereits eine Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter statt (Bernhofer et al. 2008, S. 29).

Die Projektionsergebnisse der Niederschlagsentwicklung sind verglichen mit den Temperaturdaten wesentlich heterogener. Die WETTREG2010-Projektionen lassen bis 2100 einen Rückgang der jährlichen Niederschlagssumme um -52,9 mm erwarten, während auf Basis von REMO mit einem Anstieg 26,9 mm zu rechnen ist. Auf Basis von WETTREG nehmen die Niederschläge im Sommer ab und im Winter zu. Die REMO-Projektionen zeigen ebenfalls abnehmende Niederschläge im Sommer und deren Zunahme vom Herbst bis in den Frühling. WETTREG und REMO zeigen die stärkste Verringerung für das nördliche Sachsen-Anhalt (Kropp et al. 2009, S. 37f, 41f; Kreienkamp Anhang D.XIII, D.XXXIV). *Abbildung 2* stellt die Entwicklung der Summe der jährlichen Niederschläge auf Basis von WETTREG2010 dar.

Abbildung 2: Entwicklung der jährlichen Niederschlagssumme



Anmerkung: Die linke Abbildung zeigt die simulierte jährliche Niederschlagssumme [mm] für den Basiszeitraum (1971-2000). Die rechte Abbildung stellt dem die prozentualen Veränderungen im Projektionszeitraum 2071-2100 gegenüber. (WETTREG2010, Szenario A1B)

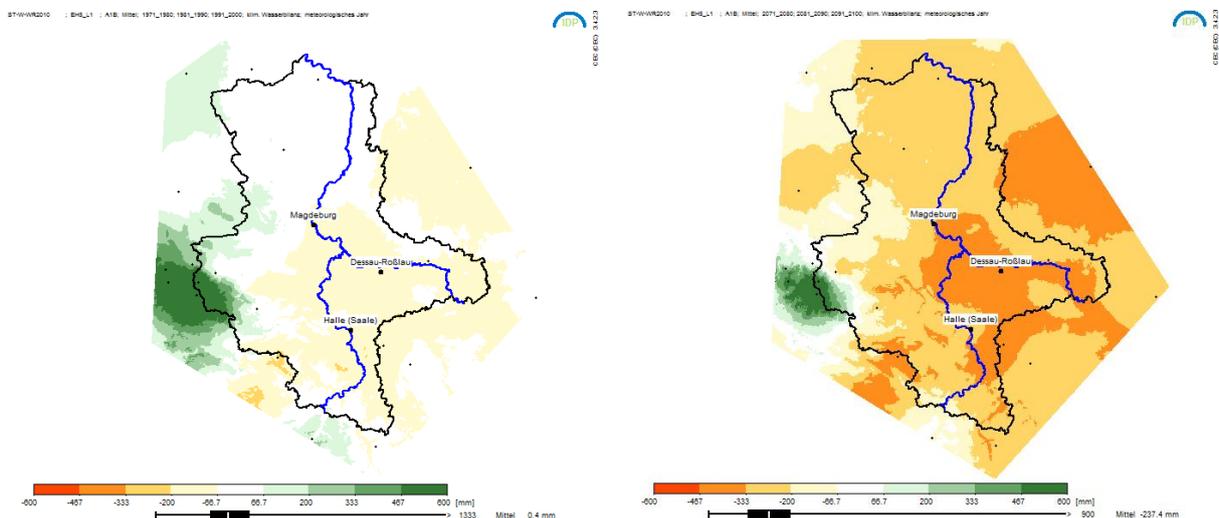
Quelle: Kreienkamp, Spekat; Enke (2012, Anhang D.XIII)

Die Veränderungen der Temperatur und des Niederschlags führen zu einer Veränderung der Wasserverfügbarkeit. Dies zeigt sich anhand der Entwicklung der klimatischen Wasserbilanz (KWB). Der mit WETTREG2010 für den Projektionszeitraum 2071-2100 bestimmte durchschnittliche jährliche Wert der KWB liegt bei -237,4 mm. Dabei ist zu beachten, dass die jährliche mittlere KWB auf Basis der empirischen Werte bereits im Basiszeitraum negativ ist.² Die Projektionen lassen erwarten, dass bereits heute trockene Regionen (östliches, südliches

² Der mit WETTREG2010 für den Basiszeitraum simulierte Wert ist mit 0,4 mm leicht positiv (vgl. *Tabelle 1*).

und nördliches Sachsen-Anhalt) v.a. während der Sommer weiter austrocknen. Der Harz ist die einzige Region, deren KWB im Zeithorizont 2071-2100 positiv bleibt (Kropp et al. 2009, S. 34, 41; Kreienkamp, Spekat, Enke 2012, S. 13, Anhang C.X-C.XI). Abbildung 3 stellt die Entwicklung der Klimatischen Wasserbilanz dar.

Abbildung 3: Entwicklung der Klimatischen Wasserbilanz



Anmerkung: Die linke Abbildung zeigt die simulierte Klimatische Wasserbilanz [mm] für den Basiszeitraum (1971-2000). Die rechte Abbildung stellt dem die simulierte Klimatische Wasserbilanz [mm] im Projektionszeitraum 2071-2100 gegenüber. (WETTREG2010, Szenario A1B)

Quelle: Kreienkamp, Spekat; Enke (2012, Anhang C.X - C.XI)

Die Projektionen der Windgeschwindigkeit gehen für die RKM ebenfalls auseinander, jedoch mit relativ geringen Veränderungen im Vergleich zu den anderen Parametern. **Abbildung 4** stellt die Entwicklung der Windgeschwindigkeit auf Basis von WETTREG2010 dar.

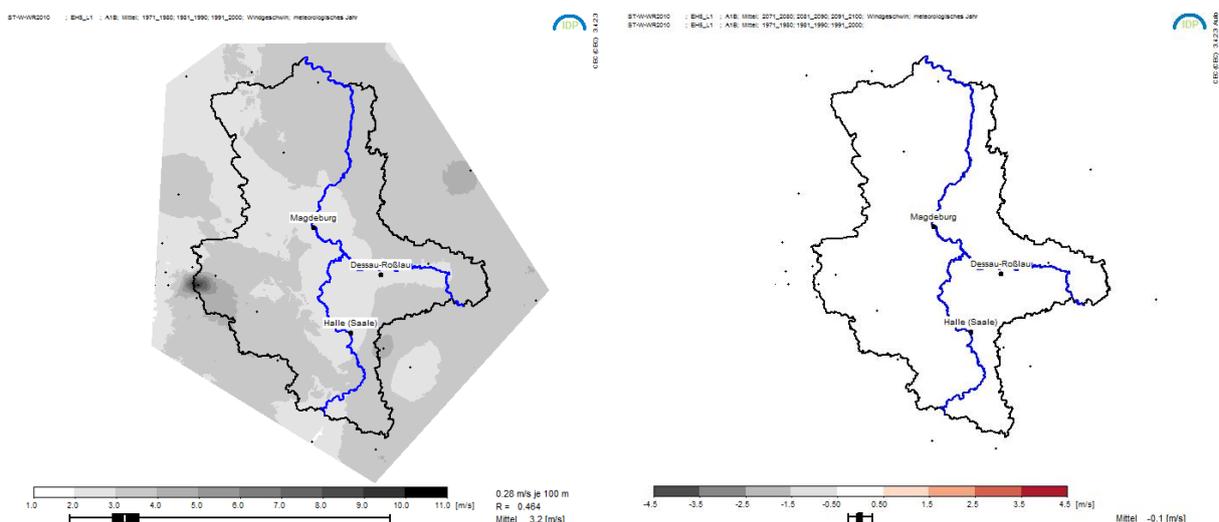


Abbildung 4: Entwicklung der Windgeschwindigkeit

Anmerkung: Die linke Abbildung zeigt das simulierte Tagesmittel der Windgeschwindigkeit [m/s] im Basiszeitraum (1971-2000). Die rechte Abbildung stellt dem die Änderungssignale [m/s] im Projektionszeitraum 2071-2100 gegenüber. (WETTREG2010, Szenario A1B)

Quelle: Kreienkamp, Spekat; Enke (2012, Anhang D.XXII)

REMO projiziert eine leichte Zunahme des Tagesmittels der Windgeschwindigkeit. Da man jedoch davon ausgeht, dass REMO Schwächen bei der Repräsentation der Orographie hat,

werden die Windmaxima im Harz wohl nicht angemessen dargestellt und die Windgeschwindigkeit im Flachland im Vergleich mit den vorliegenden Beobachtungsdaten überschätzt. Auf Basis von WETTREG2010 wird insgesamt mit einer geringen Abnahme, für den Winter jedoch mit einer leichten Zunahme der mittleren täglichen Windgeschwindigkeit gerechnet (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012, S. 12, 15).

Die thermische Vegetationsperiode verlängert sich im Mittel im Zeitraum 2071-2100 aufgrund der steigenden Temperaturen um 40 Tage (REMO) bzw. 70 Tage (WETTREG2010 – vgl. *Abbildung 5*).

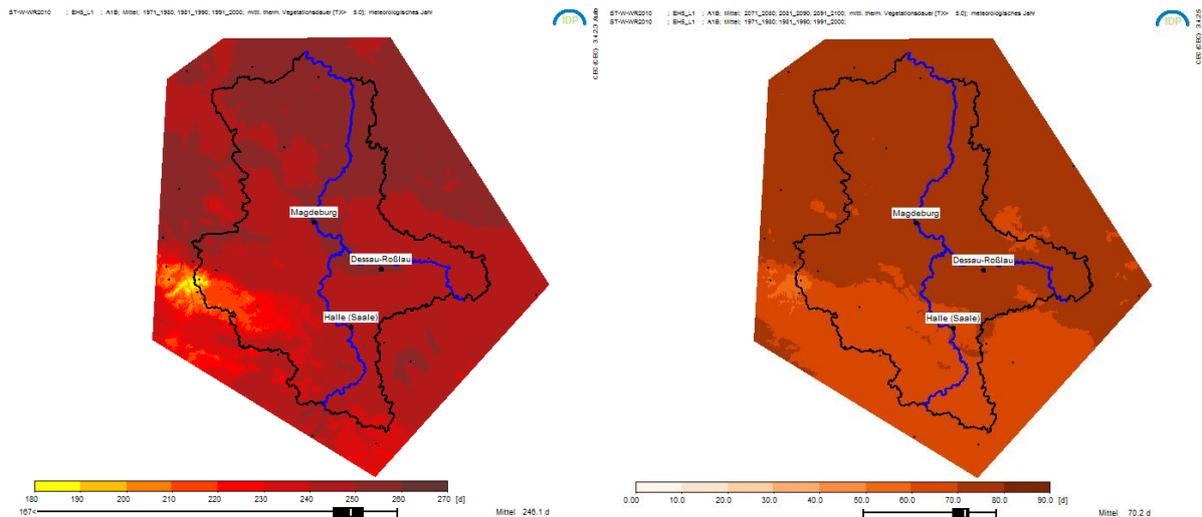


Abbildung 5: Entwicklung der Dauer der thermischen Vegetationsperiode

Anmerkungen: Die linke Abbildung zeigt die simulierte jährliche Dauer der thermischen Vegetationsperiode [d] für den Basiszeitraum (1971-2000). Die rechte Abbildung stellt dem die Änderungssignale [d] im Projektionszeitraum 2071-2100 gegenüber. (WETTREG2010, Szenario A1B)

Quelle: Kreienkamp, Spekat; Enke (2012, Anhang E.V)

WETTREG2010 prognostiziert höhere Temperaturen im Frühjahr. Daher beginnt die Vegetationsperiode früher als in den REMO Simulationen. Je höher der jeweilige Teil des Landes liegt, desto kürzer fällt die Verlängerung der Vegetationsperiode aus. Die Vegetationsperiode ist in den westlichen Teilen des Harzes um den Brocken herum mit 260 bis 280 Tagen am kürzesten (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012, S. 34f).

Bei der Bewertung der Veränderung der Durchschnittswerte dieser klimatischen Parameter ist zu beachten, dass diese die mittlere Entwicklung in Sachsen-Anhalt jeweils für Perioden von 30 Jahren beschreiben. Die Abbildungen geben einen Eindruck, welche regionalen Unterschiede hierbei zu erwarten sind. Auch wenn vor dem Hintergrund der methodischen Unterschiede der Klimafolgenstudien diese im Detail notwendigerweise voneinander abweichen, so werden die wesentlichen, bereits in der ersten Klimafolgenstudie beschriebenen Entwicklungen auch durch die aktuellen Analysen bestätigt.

2.2 Klimatische Veränderungen: Extremwertbetrachtungen

Die dargestellten Veränderungen der Durchschnittswerte wichtiger klimatischer Parameter stellen nur eine Seite des Klimawandels dar. Ähnlich wichtig ist es, die Entwicklung der Extrema besonders relevanter klimatischer Parameter zu untersuchen. Für Sachsen-Anhalt wurden in der ersten Klimafolgenstudie des PIK noch keine konkreten Extremwertbetrachtungen vorgenommen. Festgestellt wurde jedoch, dass im Allgemeinen das Auftreten extremer Wetterereignisse wie Hitzewellen und Dürren bereits zugenommen habe. Auf Basis der für Sachsen-Anhalt bis zum Jahr 2100 durchgeführten Klimaprojektionen wurde festgestellt, dass mit einer Verringerung der Eis-/Frosttage, einer Verdopplung von Sommer- bzw. heißen Tagen sowie einer Zunahme der Häufigkeit von Hitzewellen zu rechnen sei. Auch in den sektoralen Abschnitten der ersten Klimafolgenstudie wurden Extremereignisse mit Ausnahme einzelner Passagen, wie bspw. zur Hochwassergefährdung, vorrangig implizit thematisiert (Kropp et al. 2009, S. 8, 14, 16f, 44, 48).

Die Klimafolgenstudie 2012 geht detaillierter auf die Entwicklungen der Extremwerte einzelner Klimaparameter ein. Diese werden unter Verwendung einer *Klimatologie der Perzentile* beschrieben. Der Perzentil ist dabei eine statistische Maßzahl, die auf dem Rang in der größensortierten Reihe eines klimatischen Parameters basiert. Einzelne Messwerte belegen somit Rangplätze innerhalb des durch den kleinsten und größten Messwert aufgespannten Wertebereichs. Damit lässt sich angeben, bei wie viel Prozent aller in der Analyse berücksichtigten Messwerte der konkrete Wert „einsortiert“ werden kann. Hohe Perzentile stehen somit für große und selten auftretende Extremwerte. Der Perzentil 90 (P90) gibt demnach die Stufe an, oberhalb der die obersten 10% der Wertemaxima (bzw. -minima) des jeweiligen Klimaparameters auftreten (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012, Glossar S. iv, S. 35f).

Die Veränderungen, denen die Perzentile unterworfen sind, lassen sich auf zwei Arten beschreiben. Zum einen kann angegeben werden, wie sich das Wertenniveau eines Perzentils im Projektionszeitraum im Vergleich zum Basiszeitraum entwickelt. Man kann so bspw. sagen, dass die Schwelle des P90 der Tagesmaximaltemperatur in Halle in 1971-2000 bei ca. 25°C lag und im Vergleich dazu in 2071-2100 bei ca. 29,5°C liegen wird. Zum anderen kann die Veränderung der Häufigkeit der Überschreitung einzelnen Perzentil-Schwellen beschrieben werden. Dabei wird ausgewertet, wie oft ein konkreter Wert, der eine P-Schwelle darstellt, im Basisjahr und in der Zukunft überschritten wird. Es lässt sich so bspw. beschreiben, wie oft ein konkretes Tagestemperaturmaximum, das im Basiszeitraum an 10% der Tage eines Jahres (\cong P90) überschritten wurde, in einem der Projektionszeiträume überschritten werden wird. Wenn dieser Wert in der Zukunft jährlich bspw. an ca. 85-100 Tagen anstatt an den ca. 36 Tagen im Basiszeitraum überschritten wird, dann nimmt das Auftreten des mit dem P90 im Basiszeitraum verbundenen Temperaturmaximums im Projektionszeitraum um 140-170% zu (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012, S. 39, 44f).

Die Auswertung für die Tageshöchsttemperaturen zeigt, dass insgesamt ein Anstieg der Wertenniveaus zu erwarten ist. Zudem werden die entsprechenden Schwellwerte in Zukunft häufiger überschritten. Die dem P90 im Basiszeitraum zugeordneten Tageshöchsttemperaturen

werden in 2071-2100 ganzjährig um 140-170% und saisonal z.T. um mehr 300% überschritten. Die Tageshöchsttemperatur im Sommer, die im Zeitraum 1971-2000 lediglich an 1% der Tage pro Jahr (\cong P99) also an 3,65 Tagen jährlich auftrat, wird gegen Ende des Jahrhunderts knapp sechsmal (REMO) bzw. etwa zwölfmal (WETTREG2010) so häufig auftreten (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012, S. 45).

Die Niederschlagsextreme ändern sich hingegen auf Basis von WETTREG2010 nur geringfügig. Für den Großteil des Landes bewegen sich die Änderungen des P99 im Geringfügigkeitsbereich (ca. \pm 10%). Die Niederschlagsschwelle P95 wird in diesem Zeitraum nahezu überall unterboten. Die Häufigkeit der P95 zugeordneten Werte bleibt gleich bzw. geht leicht zurück. Der Rückgang ist im Sommer in den weniger extremen Perzentilstufen P90 und P95 i.d.R. wesentlich größer (-30%) als bei den Starkniederschlagsstufen P98 und P99 (-20%). Im Winter werden im Flächenmittel für alle Extrem-Perzentile nur geringe Änderungen projiziert (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012, S. 45ff).

Die Änderungen der Niederschlagsextreme auf Basis von REMO sind z.T. wesentlich heterogener. Für den Sommer wird im Flächenmittel ein Rückgang des unverdrifteten Niederschlags in P90 (-20%) und P95 (-10%) erwartet. Zugleich werden eine starke Zunahme dieses Niederschlags im Süden und in der Mitte des Landes bei den Starkniederschlagsstufen P98 und P99 (z.T. +70%) und eine starke Abnahme im Norden, für P99 bis zu -70%, projiziert. Im Winter wird in allen Perzentilstufen mit einer Zunahme der Niederschläge gerechnet. Das gilt insbesondere in den extremen Bereichen. Konkret werden folgende Anstiege erwartet: P90 ca. +35%, P95 ca. +50%, P98 ca. +80%, P99 ca. +120% (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012, S. 45ff).

REMO und WETTREG2010 berechnen eine Abnahme von extremen Windereignissen im Sommer und eine Zunahme im Winter. Für die extreme Perzentil-Stufe P99 werden so bis zum Ende des Jahrhunderts mit WETTREG2010 folgende Veränderungen zum Basiszeitraum simuliert: Sommer -70%; Winter +90%, Jahresdurchschnitt +30%. Die entsprechenden Ergebnisse für die REMO-Projektionen sind: Sommer -25%, Winter +200%, Jahresdurchschnitt +60% (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012, S. 47).

2.3 Auswirkungen klimatischer Veränderungen in ausgewählten Handlungsfeldern

Da sich die Notwendigkeit, sich auf die klimatischen Veränderungen einzustellen, nicht aus diesen *per se*, sondern v.a. aus deren (handlungsfeldspezifischen) Auswirkungen ergibt, ist deren Analyse für die Erstellung und Revision von Anpassungsstrategien von großer Bedeutung. Im Folgenden wird für die Handlungsfelder *Wasser*, *Landwirtschaft*, *Forstwirtschaft* und *Naturschutz* ein Überblick über die in beiden Klimafolgenstudien identifizierten nutzungsunabhängigen Auswirkungen sowie die sich ggf. aus diesen ergebenden nutzungsbezogenen Betroffenheiten gegeben. In allen betrachteten Handlungsfeldern sind der Anstieg der Lufttemperatur sowie Rückgang der Niederschläge die wichtigsten klimatischen Veränderungen. Im Naturschutzbereich ist neben den Temperatur- und Niederschlagstrends die Zunahme der Strahlung besonders relevant.

2.3.1. Wasser

Dem Wasserbereich kommt in Sachsen-Anhalt wie in den anderen Bundesländern auch eine besondere Rolle zu, da die Ressource Wasser nicht nur dort, sondern auch in vielen anderen Handlungsfeldern Grundlage zahlreicher (Produktions-)Prozesse ist. Daher ist die Einschätzung der beiden Klimafolgenstudien (Kropp et al. 2009, Pfützner et al. 2012), dass eine Verringerung des verfügbaren Wassers aufgrund der geringeren Niederschläge und einer temperaturbedingt höheren potentielle Evapotranspiration zu erwarten ist, sektorübergreifend von großer Bedeutung. Die folgenden Auswirkungen des Klimawandels und deren nutzungsbezogene Folgen werden als besonders bedeutsam beschrieben (Kropp et al. 2009, S. 53, 90-93, 310, Pfützner et al. 2012, S. 143-146):

Auswirkungen

- Abnahme der Bodenfeuchte
- Abnahme der Grundwasserneubildung
- Abnahme der Abflüsse im Sommer
- Abnahme der Sickerwasserspende als Quelle der Grundwasserneubildung
- Abnahme der Wasserverfügbarkeit
- Anstieg der Evapotranspiration
- Anstieg der Wassertemperatur
- Früher einsetzende Schneeschmelze

Folgen

- Abnahme der Verfügbarkeit von Kühlwasser
- Anstieg von Dürrierisiko und -häufigkeit
- Anstieg von Hochwasserrisiko und -häufigkeit
- Zunahme der Häufigkeit der Tage mit Niedrigwasser
- Veränderung des Abflussverhaltens (Verminderung im Sommer, Verschiebung der Spitzen ins zeitige Frühjahr)

Dabei ist zu beachten, dass v.a. hinsichtlich der Veränderung des Hochwasserrisikos eine differenzierte Betrachtung notwendig ist. So wird in der ersten Klimafolgenstudie darauf verwiesen, dass Aussagen zur Entwicklung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Hochwassern prinzipiell unsicher seien, es jedoch Anzeichen dafür gebe, dass kleine und mittlere Hochwasser in Zukunft häufiger auftreten könnten. Aussagen zu Extremhochwasser seien jedoch nicht möglich (Kropp et al. 2009, S. 53). Die Autoren der aktuellen Studie erwarten zumindest für die ferne Zukunft einerseits eine Dämpfung der Hochwasser. Andererseits verweisen sie auf die zukünftig größere Wahrscheinlichkeit, dass länger anhaltende Dauerregen, die einen wesentlichen Einfluss auf das Auftreten von Hochwasserereignissen in größeren Einzugsgebieten haben, auf zunehmend trockene Gebiete treffen (Pfützner et al. 2012, S. 133f).

2.3.2. Landwirtschaft

Für den landwirtschaftlichen Sektor werden in den Klimafolgenstudien sowohl positive als auch negative Auswirkungen des Klimawandels thematisiert. So wirkt sich die Abnahme des pflanzenverfügbaren Wasser insgesamt negativ auf die Ertragsentwicklung aus. Der CO₂-Düngeeffekt sowie die Verlängerung der Vegetationsperiode hingegen haben einen produktivitätssteigernden Effekt auf die landwirtschaftliche Produktion. Es wird erwartet, dass sich bis 2040 die Vulnerabilität der Landwirtschaft in Sachsen-Anhalt nicht wesentlich verändern und Wasser erst nach 2040 zu einem limitierenden Produktionsfaktor wird (Kropp et al. 2009, S. 132). Dies sind die in den vorliegenden Studien beschriebenen Auswirkungen und deren nutzungsbezogenen Folgen für die Landwirtschaft (Kropp et al. 2009, S. 99, 132, 152-155, 158; Deimer, Steininger 2012, S. 92):

Auswirkungen

- Abnahme der Wasserverfügbarkeit
- Beeinträchtigung der Bodenqualität
- Zunahme des CO₂-Düngeeffekt
- Verlängerung der Vegetationsperiode

Folgen

- Abnahme der Erträge (bspw. durch Zunahme von Trockenstress)
- Zunahme der Erträge (bspw. durch Zunahme des CO₂-Düngeeffekts, Verlängerung der Vegetationsperiode)
- Geringe Ertragsrückgänge bei Wintergetreidearten (v.a. nach 2040)
- Starke Ertragsrückgänge bei Sommerungen und Winterraps (v.a. nach 2040)
- Silomais benötigt Zusatzwasser zur Ertragsteigerung (v.a. nach 2040)

2.3.3. Forstwirtschaft

Bei der Einschätzung der Folgen des Klimawandels im Forstsektor überwiegt in der Zusammenschau die Betonung der negativen Effekte infolge der Zunahme des Risikos für Trockenstress, Windwurf, Schädlingsbefall und Waldbrand gegenüber möglichen positiven Folgen durch den CO₂-Düngeeffekt sowie die Verlängerung der Vegetationsperiode. Einzelne Baumarten und Grenzstandorte sind von den beschriebenen Auswirkungen im besonderen Maße betroffen. Dies sind die für die Forstwirtschaft beschriebenen Auswirkungen und deren nutzungsbezogene Folgen (Kropp et al. 2009, S. 99, 158f, 185, 200, 236; Suttmöller et al. 2012, S. 7-10, 20-26):

Auswirkungen

- Abnahme der Wasserverfügbarkeit
- Minderung der Grundwasserspendefunktion der Wälder (unter WETTREG)
- Beeinträchtigung der Bodenqualität
- Veränderung der Stickstoffeinträge
- Zunahme des CO₂-Düngeeffekts
- Verlängerung der Vegetationsperiode
- Erhöhung der Disposition hinsichtlich biotischer Schadorganismen

Folgen

- Anstieg der ober-/unterirdischen Kohlenstoffspeicherung in Regionen mit Fichten- und Kieferbeständen
- Rückgang der ober-/unterirdischen Kohlenstoffspeicherung in Regionen mit Buchenbeständen
- Abnahme der Erträge (bspw. durch Erhöhung von Trockenstressrisiko, Windwurfisiko, Risiko des Schädlingsbefalls, Waldbrandgefahr)
- Zunahme der Erträge (bspw. durch Zunahme des CO₂-Düngeeffekts, Verlängerung der Vegetationsperiode)

2.3.4. Naturschutz

Naturschutzgebiete und geschützte Arten sind besonders anfällig gegenüber klimatischen Veränderungen. In Sachsen-Anhalt werden mehr als 11% der Gesamtfläche des Landes als Natura 2000-Gebiete geschützt. Die Auswirkungen des Klimawandels in diesen Gebieten wurden in den vorliegenden Klimafolgenstudien untersucht. Es wird festgestellt, dass der Klimawandel für die in diesen Gebieten lebenden, geschützten Arten einen der Stressfaktoren darstellt. Darüber hinaus sind 40% der in der ersten Klimafolgenstudie der in Sachsen-Anhalt untersuchten FFH-LRT (FFH-Lebensraumtypen) durch einen hohen Anteil von Pflanzenarten geprägt, die sensitiv gegenüber Feuchtigkeits- und Temperaturveränderungen sind. Sowohl die projizierten klimatischen Veränderungen als auch die sich aus diesen ergebenden Auswirkungen, wie bspw. die Verschlechterung der klimatischen Wasserbilanz, haben daher für die betroffenen Gebiete eine große Bedeutung (Kropp et al. 2009, S. 248f).

Dies sind die für den Bereich Naturschutz als besonders erachteten Auswirkungen des Klimawandels und ihre erwarteten Folgen (Kropp et al. 2009, S. 99, 248, 269ff; Thiele et al. 2012, S. 35-74):

Auswirkungen

- Abnahme der Wasserverfügbarkeit
- Beeinträchtigung der Bodenqualität
- Erhöhung der Nährstoffeinträge
- Erhöhung der UV-B-Strahlung
- Verlängerung der Vegetationsperiode

Folgen

- Änderungen im Lebensrhythmus (Fauna)
- Aussterben sensibler Arten (Flora)
- Austrocknung feuchter, sensibler Habitats (Fauna)
- Erhöhung des Risikos von Schädlingsbefall
- Invasion nicht-heimischer Arten
- Veränderung der Artenzusammensetzung
- Veränderung in Entwicklung und Fortpflanzung (Fauna)
- Veränderung der Vegetationszonen (Flora)
- Veränderungen des Stoffwechsels (Fauna)

Für alle betrachteten Sektoren kann festgestellt werden, dass v.a. die Veränderungen der Temperatur und des Niederschlags am bedeutendsten sind. Dennoch sind die Bereiche in unterschiedlichem Maße von den Auswirkungen der klimatischen Veränderungen betroffen. Im Wasser- und Forstsektor sowie im Bereich Naturschutz überwiegen nach Einschätzung der Experten die negativen Folgen des Klimawandels. Der Landwirtschaftssektor profitiert noch bis zur Mitte des Jahrhunderts überwiegend von den klimatischen Veränderungen. Voraussichtlich erst danach werden die negativen Effekte stärker sein. Es sind die Veränderungen des Wasserhaushalts, die die Folgen des Klimawandels in allen betrachteten Bereichen im besonderen Maße beeinflussen.

Die neuen Klimafolgenstudien umfassen vertiefende Analysen bspw. zur Entwicklung Wasserhaushalts in kleineren Wassereinzugsgebieten oder der Ertragsentwicklung verschiedener Fruchtarten an spezifischen Standorten sowie eingehende sektorale Risikobetrachtungen bspw. hinsichtlich der Entwicklung des Schädlingsbefalls im Forstsektor. Sie erweitern das bestehende Wissen bezüglich der sektorspezifischen Auswirkungen des Klimawandels sowie deren nutzungsbezogenen Folgen.

2.4 Resümee

Die Zusammenschau der Klimafolgenstudien zeigt, dass der Klimawandel in Sachsen-Anhalt bereits Realität ist und bis Ende des Jahrhunderts weitere substantielle Veränderungen zu erwarten sind:

Die Durchschnittstemperatur nimmt zu, die Klimatische Wasserbilanz verschlechtert sich und die Vegetationsperiode wird länger andauern. Die Entwicklungen von Niederschlag und Windgeschwindigkeit werden durch die verschiedenen Modelle unterschiedlich projiziert. Der Niederschlag nimmt nach WETTREG und WETTREG2010 im Landesdurchschnitt ab und nach in den REMO-Projektionen leicht zu. Auf Basis von WETTREG2010 ist mit einer leichten Abnahme und unter Nutzung von REMO mit einer leichten Zunahme der Windgeschwindigkeit zu rechnen.

Die Studien von Kreienkamp, Spekat, Enke (2012) und Kropp et al. (2009) zeichnen dabei insgesamt ein sehr ähnliches Bild von den zu erwartenden klimatischen Veränderungen in Sachsen-Anhalt. Der wesentliche Unterschied zwischen den Studien besteht darin, dass die schon in der ersten Klimafolgenstudie diskutierte Entwicklung von Extremereignissen ausführlicher analysiert und so einige deren Aussagen besser absichert werden. Die sektoralen Analysen erweitern das Wissen bezüglich der konkreten Auswirkungen und nutzungsbezogenen Folgen des Klimawandels in den für Sachsen-Anhalt als besonders relevant erachteten Bereichen *Wasser, Landwirtschaft, Forstwirtschaft* und *Naturschutz*.

Die Auswertung der zusätzlich vorliegenden Informationen führt nicht zu einer abweichenden Bewertung der bestehenden und zu erwartenden Anpassungsnotwendigkeiten. Die neuen Daten werden jedoch die Verständigung über geeignete Anpassungsmaßnahmen befördern. Substantielle Überarbeitungen oder eine Neuausrichtung der Anpassungsstrategie sind auf der Basis der aktuellen Klimafolgenstudien nicht notwendig.

3 Evaluierung der Anpassungsstrategie des Landes Sachsen-Anhalt an den Klimawandel

3.1 Prozessuale Analyse der Strategieentwicklung

Die Erstellung einer Klimaanpassungsstrategie kann in Abhängigkeit von den spezifischen Rahmenbedingungen auf unterschiedliche Weise erfolgen. Dennoch zeigt eine vergleichende Betrachtung des Strategiefindungsprozesses in verschiedenen Bundesländern, aber auch auf kommunaler oder Bundesebene, dass dabei aus guten Gründen ähnliche Schritte aufeinander folgen. In der Regel schließt sich an eine Analyse der konkreten klimatischen Veränderungen und deren Auswirkungen auf der jeweiligen Betrachtungsebene die Ermittlung möglicher Anpassungsmaßnahmen an. In diesem Zusammenhang werden ggf. bereits durchgeführte Anpassungsmaßnahmen ermittelt und in der Maßnahmendokumentation berücksichtigt. Aus diesem Möglichkeitsraum werden oft unter Verwendung von Bewertungskriterien besonders vorteilhafte Maßnahmen ausgewählt, die Eingang in die anpassungsorientierten Strategiepapiere finden. In der Regel wird mit Vorlage dieser Dokumente auch deren regelmäßige Überprüfung angestrebt.

Eine der Empfehlungen, wie ein solcher Prozess der Strategiefindung idealtypisch ablaufen könnte, wurde von Hallegatte, Lecocq, de Perthuis (2011) in Form eines 7-stufigen Leitfadens zur Ausarbeitung von Anpassungsstrategien vorgelegt.³ Dieser normativen Heuristik liegt die Annahme zugrunde, dass Anpassung ein dynamischer Prozess ist und so unter Berücksichtigung von Lernprozessen, einer sich verändernden Datenlage und gesellschaftlichen Prioritäten entsprechende Veränderungen der Strategie möglich sein müssen. *Abbildung 7* stellt die einzelnen Stufen dieses idealtypischen Prozesses dar.

Die Basis der gesamten Strategieentwicklung bilden dabei klimatische und ökonomische Szenarien, die zur Ermittlung der möglichen Folgen des Klimawandels durch entsprechende Projektionsverfahren verwendet werden. Maßnahmen, die prinzipiell geeignet wären, auf diese Folgen zu reagieren, werden identifiziert und durch Anwendung eines geeigneten Auswahlverfahrens unter besonderer Berücksichtigung ihrer Dringlichkeit priorisiert. Der Einsatz verschiedener Verfahren, die dabei auf unterschiedlichen Detailebenen ansetzen, kann die Schaffung einer möglichst robusten Entscheidungsgrundlage befördern. Für die Bewertung der Effektivität der in der Strategie festgeschriebenen Maßnahmen wird empfohlen, individuelle, messbare Erfolgskriterien, d.h. konkrete Indikatoren bzw. Meilensteine festzulegen, die mit der jeweiligen Maßnahme zu bestimmten Zeitpunkten erreicht werden sollten. Das kontinuierliche Monitoring ermögliche so die Identifizierung eines ggf. bestehenden Modifikationsbedarfs der Maßnahmen. Neben einer Evaluierung der Effektivität der einzelnen Anpassungsmaßnahmen soll auch die Strategie an sich regelmäßig evaluiert und ggf. re-justiert werden.

³ Für einen Überblick zu weiteren Leitfäden und Heuristiken die klimaanpassungsbezogene Entscheidungsprozesse unterstützen sollen vgl. Heuson et al. (2012, S. 54-57).

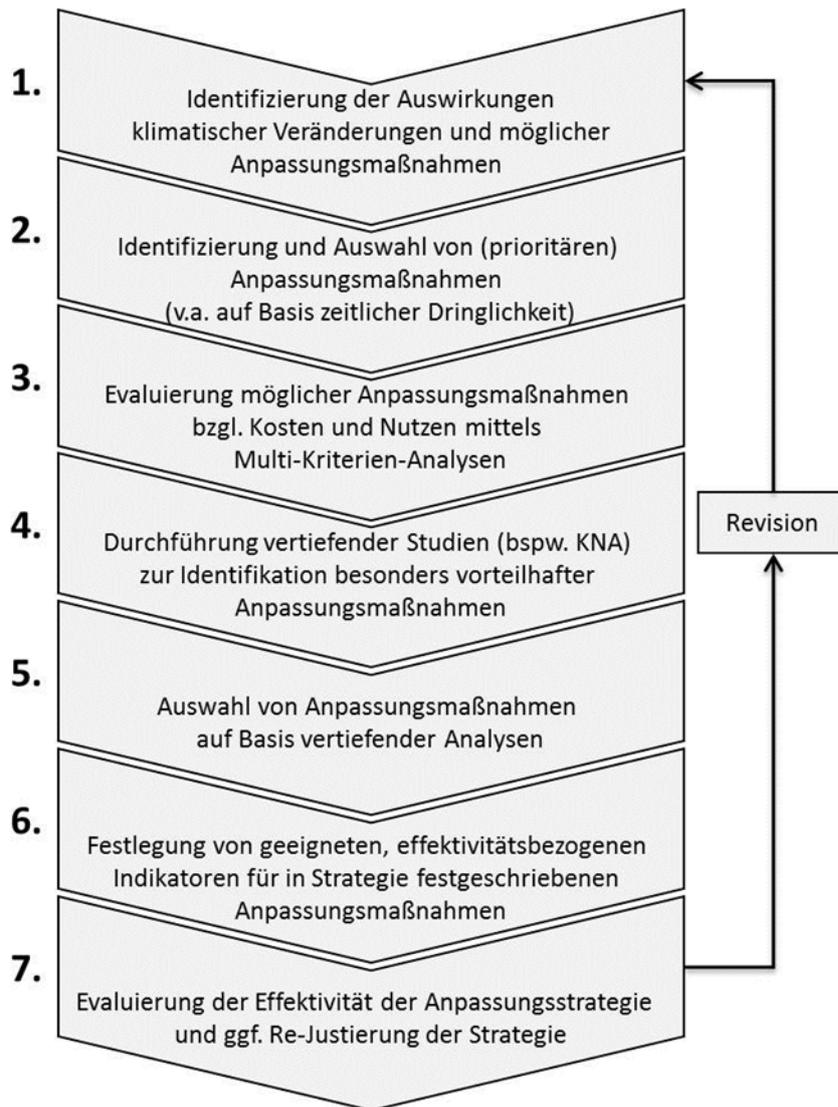


Abbildung 6: Idealtypischer Prozess der Entwicklung einer Anpassungsstrategie nach Hallegatte et al. (2011)

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Hallegatte, Lecocq, de Perthuis (2011).

Diese normative Heuristik hat den Anspruch, einen idealen Prozess der Formulierung einer effektiven und kohärenten Anpassungsstrategie zu beschreiben. Auch wenn eine erfolgreiche Anpassungsstrategie nicht notwendigerweise diesem idealisierten Ablauf folgen muss, so kann dieser für die Reflektion empirischer Strategiefindungsprozesse durchaus hilfreich sein.

Die Untersuchung des Strategiefindungsprozesses in Sachsen-Anhalt unter Nutzung dieser Heuristik kam zu folgenden Ergebnissen:

Schritt 1: Identifizierung der Auswirkungen klimatischer Veränderungen und möglicher Anpassungsmaßnahmen auf Basis von definierten Wirtschafts- bzw. Klimaszenarien

Die vorbereitende Klimafolgenstudie von Kropp et al. (2009), die SRES-Emissions-Szenarien A2, A1B und B1 für die Klimaprojektionen nutzte und für zahlreiche Sektoren Aussagen zu den regionalen Auswirkungen des Klimawandels traf, diente als wissenschaftliche Basis für die Entwicklung der Strategie des Landes Sachsen-Anhalt zur Anpassung an den Klimawandel

(AS-ST). Die Erarbeitung des Aktionsplans (AP-ST), der die sektorspezifischen Anpassungsmaßnahmen darstellt, erfolgte zudem in Abstimmung mit Experten der relevanten Fachbereiche sowie unter Einbindung wissenschaftlicher Expertise.

Schritt 2: Identifizierung und Auswahl von (prioritären) Anpassungsmaßnahmen v.a. unter dem Gesichtspunkt der zeitlichen Dringlichkeit deren Umsetzung

Der AP-ST umfasst alle bereits in Umsetzung befindlichen Aktionen bzw. solche, die geplant und bereits im Haushalt verankert sind. Dabei wurden nach Aussage der Autoren v.a. *No Regret-Maßnahmen*⁴ berücksichtigt, d.h. Aktivitäten, die auf bereits begonnene klimatische Veränderungen bzw. auf solche reagieren, deren Eintreten in naher Zukunft sehr wahrscheinlich sei (AP-ST 2010, S. 1). Dies sind die beiden explizit genannten Kriterien für die Aufnahme von Anpassungsmaßnahmen in den AP-ST. Durch die Einbeziehung der einzelnen Fachressorts in diesen Auswahlprozess ist davon auszugehen, dass bei den vorgelagerten Beratungen auf Ressortebene in jedem Fall implizit (ggf. auch explizit) weitere Auswahlkriterien Anwendung fanden. Diese wurden jedoch bislang weder im Rahmen der AS-ST noch im AP-ST festgehalten. Die empfohlene vorrangige Berücksichtigung des Kriteriums *zeitliche Dringlichkeit* lässt sich vor diesem Hintergrund nicht belegen. Es ist jedoch schwer vorstellbar, dass im Rahmen des Auswahlprozesses die Bedeutung der zeitlichen Dimension nicht thematisiert wurde.

Schritt 3: Evaluierung möglicher Anpassungsmaßnahmen hinsichtlich deren Kosten und Nutzen mittels einfacher Multikriterien-Analysen (MKA) für als relevant erachtete Auswirkungen des Klimawandels

Die im AP-ST festgeschriebenen Anpassungsmaßnahmen wurden vor deren Aufnahme in den AP-ST nicht systematisch bspw. unter Nutzung von Multikriterien-Analysen (MKA) evaluiert. Eine erste Evaluierung besonders relevanter Maßnahmen in ausgewählten Bereichen wird jedoch derzeit im Rahmen dieser Studie und in Vorbereitung der Überarbeitung der Anpassungsstrategie durchgeführt.

Schritt 4: Durchführung vertiefender Studien (auf Basis von Schritt 3) bspw. mittels Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) zur Identifikation besonders vorteilhafter Anpassungsmaßnahmen

Aufgrund des bisherigen Fehlens einer allgemeinen, vergleichenden Evaluierung von Anpassungsmaßnahmen (*Schritt 3*) wurden bislang keine vertiefenden Untersuchungen im Sinne der Heuristik vorgenommen. In der Folge der Veröffentlichung von AS-ST und AP-ST wurde jedoch seitens des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt eine Pilot-Studie mit der Zielsetzung in Auftrag gegeben, mögliche Anpassungskosten in den Bereichen *Trink- und Brauchwasserversorgung, Hochwasserschutz, Forstwirtschaft* sowie *Tourismus* zu ermitteln.

⁴ Das *No regret*-Kriterium („keine Reue“) erfüllen Strategien oder Maßnahmen, die unabhängig von Art und Ausmaß des auf Basis der Projektionen erwarteten Klimawandels ökonomisch und ökologisch sinnvoll sind. Es handelt sich also um Handlungsoptionen, die klimawandelunabhängig einen positiven gesellschaftlichen (Netto-)Nutzen stiften (Birkmann et al. 2011, S. 15f).

Schritt 5: Auswahl der Maßnahmen auf Grundlage der durchgeführten Analysen

Aufgrund der bislang noch nicht erfolgten resp. nicht abgeschlossenen Bearbeitung der Schritte 3 und 4 ist eine Auswahl *auf dieser Grundlage* noch nicht erfolgt. Die bisherige Selektion der Maßnahmen basiert auf den beiden genannten Kriterien.

Schritt 6: Festlegung von geeigneten, effektivitätsbezogenen Indikatoren für Maßnahmen in Anpassungsstrategie

Bislang wurden noch keine effektivitätsbezogenen Indikatoren zur Evaluierung der Anpassungsmaßnahmen im AP-ST festgelegt.

Schritt 7: Evaluierung der Effektivität der Anpassungsstrategie und ggf. Re-Justierung der Strategie

Der vorliegende Kabinettsbeschluss vom 13.04.2010 sieht eine laufende Aktualisierung sowie Berichterstattung an das Kabinett spätestens nach Ablauf von 3 Jahren vor. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass neue bzw. aktualisierte Klimawandel- und anpassungsbezogene Wissensbestände zeitnah in der Strategie Berücksichtigung finden. Hinweise zur Überarbeitung der AS-ST können u.a. aus den Ergebnissen der einzelnen Teilbereiche der aktuellen Klimafolgenstudie abgeleitet werden. So nehmen die Bearbeiter von Los 4 bspw. eine erste Einschätzung des Strategiefindungsprozesses und der theoretischen Legitimation der im AP-ST festgeschriebenen Aufgaben aus wirtschaftswissenschaftlicher Perspektive vor. Zusätzlich wird die AS-ST unter strukturellen und inhaltlichen Gesichtspunkten mit anderen Anpassungsstrategien verglichen. Ein Mechanismus der systematischen (bspw. indikatorbasierten) Evaluierung der Effektivität der Strategie existiert derzeit (noch) nicht. Daher kann aktuell noch keine effektivitätsbezogene Bewertung vorgenommen werden.

Resümierend kann festgestellt werden, dass der skizzierte idealtypische Prozess der Strategieentwicklung in Sachsen-Anhalt teilweise, aber nicht vollständig durchlaufen wurde. Einige der Abweichungen vom als Maßstab verwendeten Idealablauf waren vor dem Hintergrund des aktuellen Stands der strategischen Befassung mit der Klimapassung nicht nur in Sachsen-Anhalt, sondern in zahlreichen regionalen und nationalen Kontexten zu erwarten. Darüber hinaus fallen insbesondere drei Aspekte auf:

- Es ist unklar, welche Kriterien - über den Umstand der bereits laufenden Durchführung bzw. gesicherten Finanzierung sowie dem No Regret-Charakter der Anpassungsmaßnahmen hinaus - Grundlage dafür waren, diese Maßnahmen in den Aktionsplan aufzunehmen. Die Kriterien sollten offengelegt werden.
- Bei der Erstellung von Anpassungsstrategie wurde zwar noch nicht auf die Ergebnisse detaillierter Bewertungen von Anpassungsmaßnahmen (bspw. mit den Methoden der Multikriterien-Analyse oder Kosten-Nutzen-Analyse) zurückgegriffen. Mit der Berücksichtigung derartiger Analysen ist bei der Überarbeitung der Dokumente aber zu rechnen.

- Das bisherige Fehlen eines Monitorings der Effektivität von Anpassungsstrategien und -maßnahmen ist unter Berücksichtigung der hiermit verbundenen wissenschaftlichen Vorarbeiten und Aufwendungen nachvollziehbar. Ein geeignetes Evaluierungssystem kann jedoch als wesentliche Voraussetzungen für das Erreichen der durch die Anpassungsstrategie verfolgten Ziele betrachtet werden.

Es muss darauf verwiesen werden, dass der hier vorgestellte Befund auf einer Betrachtung basiert, die beschreibt, wie Anpassungsstrategien bzw. -pläne *idealerweise* konzipiert und umgesetzt werden sollten. Von dieser Richtschnur weichen empirische Entwicklungen notwendigerweise ab. Es soll daher an dieser Stelle noch einmal betont werden, dass in Sachsen-Anhalt trotz der dargestellten Abweichungen insgesamt bereits umfangreiche und detaillierte Ausführungen zur Entwicklung dieser strategischen Planungen sowie deren Umsetzung geleistet wurden.

3.2 Wirtschaftswissenschaftliche Analyse der Begründbarkeit staatlichen Handelns

In einem nächsten Schritt wurde geprüft, ob die staatlichen Anpassungsmaßnahmen in AS-ST und AP-ST aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht zu rechtfertigen sind. Die neoklassische Wirtschaftstheorie geht davon aus, dass sich auf einem funktionierenden Markt, auf dem die einzelnen Akteure die Maximierung ihres individuellen Nutzens verfolgen, ein gesamtwirtschaftlich effizientes Marktgleichgewicht herausbildet. Wird diese Herausbildung durch Marktversagenstatbestände wie bspw. öffentliche Güter, Externalitäten oder asymmetrische Information behindert⁵, so führt dies zu Ineffizienzen⁶ bspw. bei der autonomen Anpassung der privaten Akteure an den Klimawandel (Heuson et al. 2012, S. 40).

Staatliches Eingreifen wird als legitim erachtet, um die Herstellung eines effizienten Marktgleichgewichts zu befördern. Folgende Arten staatlichen Handelns werden in der Literatur diskutiert, um bestehende Barrieren einer effizienten Anpassung an den Klimawandel zu überwinden:⁷

- 1 Förderung von klimawandelbezogener Wissensproduktion und technischen Innovationen
- 2 Ermittlung von Frühwarnsignalen
- 3 Bereitstellung und Verteilung von klimawandelbezogenen Informationen
- 4 Anpassung von Normen und Regulationen
- 5 Anpassung des Katastrophenschutzes
- 6 Schaffung von Anreizen und ggf. Bereitstellung von Subventionen, um private Anpassungsmaßnahmen zu initiieren
- 7 Bereitstellung und Anpassung lokaler öffentlichen Gütern
- 8 Regulierung natürlicher Monopole
- 9 Etablierung funktionierender Versicherungsmärkten

Für die Handlungsfelder *Wasser*, *Landwirtschaft*, *Forstwirtschaft* und *Naturschutz* wurde die Legitimation der als in Umsetzung bzw. in Planung befindlich beschriebenen Aufgaben untersucht. Dabei wurden die im Aktionsplan als Teil der Aufgabenbeschreibung zugeordneten, spezifischeren Anpassungsmaßnahmen bei der Beurteilung berücksichtigt. Bei der Auswertung zeigte sich, dass sich die staatliche Erfüllung der z.T. recht weit definierten Aufgaben theoretisch aus zahlreichen der betrachteten Gründe begründen ließe. Die ergänzende Fokussierung auf die in der Aufgabenbeschreibung genannten Maßnahmen schränkte diese

⁵ Für nähere Erläuterungen zu den einzelnen Marktversagenstatbeständen per se und deren möglichen Auswirkungen vgl. Heuson et al. (2012, S. 40f.).

⁶ In der Regel führen diese Marktversagenstatbestände bei Ausbleiben staatlichen Handelns zu einem zu niedrigen Niveau der Anpassungsaktivitäten privater Akteure.

⁷ Vgl. u.a. Gawel, Heuson (2011, S. 53), Hallegatte, Lecocq, de Perthuis (2011, S. 11ff.), Osberghaus et al. (2010, S. 847); Tröltzsch et al. (2011a, S. 11f.).

Möglichkeiten ein. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse findet sich in Tabelle 2, in der die verschiedenen Typen staatlichen Handelns den jeweiligen Aufgaben zugeordnet werden.

Tabelle 2: Überblick der Einschätzung der Begründbarkeit staatlicher Anpassungsmaßnahmen in den Sektoren Wasser, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Naturschutz

Sektor	Aufgabe	Form des staatlichen Eingriffs
Wasser	Anpassung der Trink- und Brauchwasserversorgung der Bevölkerung, der Wirtschaft und der Landwirtschaft	2, 3, 4, 5, 7, 8
	Schutz der Bevölkerung, der Wirtschaft und der Landwirtschaft vor Schäden aus Hochwassern und ggf. steigendem Grundwasserspiegel	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Landwirtschaft	Sicherstellung der Versorgung mit Nahrungsgütern und Futtermitteln sowie mit nachwachsenden Rohstoffen	1, 3, 4, 7
	Unterstützung bei der Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion an die sich verändernden Standort- und Produktionsbedingungen	1, 2, 3, 6, 7
	Absicherung von Produktionsrisiken und von erhöhten Gefahren des Totalausfalls von Ernten durch Witterungsextreme oder Tierkrankheiten	4, 5, 9,
Forstwirtschaft	Ökologische Stabilisierung der Waldökosysteme mit angepassten Baumarten	1, 3, 4, 5
	Erhöhung der Diversität von Flora und Fauna	1, 6, 7
	Erhaltung der Schutzfunktionen des Waldes und Sicherung der Waldfunktionen für den Landschaftswasserhaushalt	4, 5, 7
	Beobachtung der klimabedingten Änderungen des Waldzustands	1, 2
Naturschutz	Erhaltung ausreichend großer Populationen heimischer Tier- und Pflanzenarten	4, 7
	Sicherung des genetischen Austauschs von Populationen sowie Wahrung und Wiederentwicklung von Migrationsmöglichkeiten	2, 4, 7
	Feststellung des Artenwandels	2
	Verringerung der Störanfälligkeit von Lebensräumen	7
	Entwicklung der Forsten zu natürlichen bzw. naturnahen, standortgerechten Waldgesellschaften	7

Die betrachteten Aufgaben stellen unter Berücksichtigung der ihnen im Aktionsplan zugewiesenen Anpassungsmaßnahmen aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht allesamt legitime Formen staatlichen Handelns dar.

3.3 Vergleichende Strategieanalyse

Eine Einschätzung der Anpassungsstrategie Sachsen-Anhalts kann über die bisherigen Betrachtungen hinaus ebenso unter Auswertung ausgewählter strategischer Dokumente⁸ anderer Bundesländer zur Klimaanpassung sowie der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) und dem zugehörigen Aktionsplan (APA) vorgenommen werden. Hierfür wurde anhand struktureller und inhaltlicher Gesichtspunkte eine vergleichende Dokumentenanalyse durchgeführt.

Diese Aspekte bildeten dabei das Analyseraster:

- Zielsetzungen,
- Einbezogenen Sektoren,
- Beschriebene klimatische Veränderungen und deren Auswirkungen,
- Anpassungsmaßnahmen und der Prozess ihrer Auswahl,
- Art und Umfang der Einbindung relevanter Anspruchsgruppen in den Strategiefindungsprozess sowie
- Angedachte bzw. bereits etablierte Evaluierungsmechanismen.

Die *zentralen Ergebnisse* des Vergleichs der sachsen-anhaltinischen Anpassungsstrategie (AS-ST) und des dazugehörigen Aktionsplans (AP-ST) mit der DAS und dem APA des Bundes sind:

- Aufbau und sektorale Fokussierung von DAS und AS-ST sind sehr ähnlich. Unterschiede hinsichtlich der jeweils ergänzend betrachteten Handlungsfelder sind dabei v.a. auf die Bedeutung einzelner Sektoren auf Bundesebene oder Landesebene sowie die spezifischen Zuständigkeiten der beiden Regulierungsebenen zurückzuführen.
- Die beiden Aktionspläne unterscheiden sich in ihrer Systematik stärker. Der APA stellt der eigentlichen Aufstellung von Aktivitäten und Maßnahmen des Aktionsplans, die sich in seinem Anhang befindet, eine umfassende Einleitung voran. In dieser werden Ziele und Grundsätze des APA näher erläutert. Darüber hinaus wird eine Positionierung zur Priorisierung der Handlungserfordernisse vorgenommen, und es werden die bei der Schwerpunktsetzung berücksichtigten Kriterien explizit benannt. Die Darstellung der Anpassungsaktivitäten erfolgt im APA entlang der festgelegten Schwerpunkte *Wissen bereitstellen, Informieren, Befähigen; Rahmensetzung durch die Bundesregierung; Aktivitäten in direkter Bundesverantwortung und Internationale Verantwortung* unter Angabe der jeweiligen Kosten.
- Der AP-ST folgt hingegen im Wesentlichen dem sektoralen Vorgehen der AS-ST und ist, obwohl auch unabhängig von dieser verfügbar, faktisch als Anhang zur AS-ST konzipiert. Dies ist einer der Gründe, warum (bis auf den einleitenden Hinweis darauf, dass alle bereits in Umsetzung befindlichen sowie geplanten und im Haushalt abgesicherten Anpassungsaktionen dargestellt sind) keine mit dem Vorgehen im

⁸ Nicht immer können diese tatsächlich als Anpassungsstrategien bezeichnet werden.

APA vergleichbaren zusätzlichen Informationen bereitgestellt werden. So fehlen bspw. Hinweise zu Auswahlkriterien oder auch Angaben zu den mit den jeweiligen Aktivitäten verbundenen Kosten.

- Eine Auswahl von Anpassungsmaßnahmen oder eine entsprechende Schwerpunktsetzung auf Basis von Priorisierungen mittels MKA oder KNA wird in Ermangelung der notwendigen Datenvoraussetzungen in keinem der beiden Aktionspläne vorgenommen.
- Eine in Berichtsform vorzulegende Evaluierung der Umsetzung der Aktionspläne ist für den APA geplant, sie wurde für AS-ST und AP-ST bereits durchgeführt. Auf Bundesebene ist angedacht, die verbalisierte Einschätzung des Umsetzungsstands in der nächsten Legislaturperiode durch eine indikatorbasierte Evaluierung zu ergänzen. Entsprechende Vorarbeiten wurden, koordiniert durch das UBA, bereits abgeschlossen.⁹
- Der Umstand, dass im APA bewertungsbezogene Aspekte bspw. der (multikriteriellen) Priorisierung oder auch der indikatorbasierten Evaluierung von Anpassungsmaßnahmen stärker betont werden, ist u.U. darauf zurückzuführen, dass die Erarbeitung von AS-ST und AP-ST bereits ca. 1,5 Jahre vor Veröffentlichung des APA abgeschlossen waren. In diesem Zeitraum hat die Thematisierung und Würdigung dieser Aspekte in den Diskussionen zur Anpassung an den Klimawandel zugenommen.

Zentrale Ergebnisse des Vergleichs der sachsen-anhaltinischen Anpassungsstrategie (AS-ST) und des dazugehörigen Aktionsplans (AP-ST) mit den Anpassungsstrategien der Bundesländer Bayern (BayKLAS), Nordrhein-Westfalen (AS-NW) und Hessen (AS-HE) sowie einiger strategischer Dokumente der Bundesländer Brandenburg, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein, in denen u.a. Klimaanpassungsaspekte thematisiert werden, sind:

- Betrachtet man den Zeitpunkt der Erarbeitung und Publikation sowie Detailierungsgrad der vorliegenden Anpassungsstrategien, so kann man feststellen, dass auf dieser Grundlage Sachsen-Anhalt und Bayern als Vorreiter der Befassung mit der Anpassungsthematik auf Ebene der Bundesländer gelten können. Anpassungsstrategien i.e.S. haben zudem noch Nordrhein-Westfalen und am 17.10.2012 Hessen vorgestellt. Die übrigen Bundesländer haben z.T. klimaanpassungsbezogene Dokumente entwickelt bzw. erarbeiten derzeit vergleichbare Strategien. Ein Überblick über die vorliegenden Dokumente bzw. den aktuellen Stand der Bearbeitung gibt *Tabelle 3*.
- Die Anpassungsstrategien i.e.S. folgen dem typischen Aufbau von Einleitung, Darstellung des klimatischen Ist-Zustands und der Klimaprojektionen, Betrachtung sektoraler Handlungsfelder sowie ggf. besonderer (Modell-)Regionen. Die Handlungsfelder im Fokus und deren Anzahl sind dabei ähnlich. In Sachsen-Anhalt werden 16, in Hessen 12, in Bayern 15 und in Nordrhein-Westfalen 8 Bereiche näher

⁹ Für weiterführende Hinweis zu den für die einzelnen DAS-Handlungsfelder erarbeiteten Impact- und Response-Indikatoren vgl. Schönthaler et al. (2011). Die erstgenannten Indikatoren beziehen sich dabei auf die Klimawirkungen und die letztgenannten auf mögliche Klimaanpassungsmaßnahmen.

betrachtet. Die Dokumente der übrigen Bundesländer decken i.d.R. eine kleinere Anzahl von Sektoren ab, hauptsächlich Wasser, Boden, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Naturschutz. In Detaillierungsgrad und Umfang reicht dabei die Strategie kaum eines Bundeslands, am ehesten noch die BayKLAS, an die AS-ST und den AP-ST heran.

Tabelle 3: Überblick Bearbeitungsstand Klimaanpassungsstrategien nach Bundesländern

Bundesländer mit Landesadaptionsstrategien	
Bundesland	Titel der Strategie
Bayern	Bayerische Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS) (2009)
Hessen	Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Hessen (Hessische Anpassungsstrategie) (2012); Aktionsplan mit Maßnahmen in Planung
Nordrhein-Westfalen	Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen (2009)
Sachsen-Anhalt	Strategie des Landes Sachsen-Anhalt zur Anpassung an den Klimawandel und dazu gehörender Aktionsplan (2010)
Bundesländer ohne explizite Anpassungsstrategie (Strategie teilweise in Arbeit, mit einzelnen sektoralen Strategien, mit Vorstudien bzw. Klimaschutzstrategien)	
Land	Status bzw./ggfs. relevante Veröffentlichungen
Baden-Württemberg	Anpassungsstrategie in Arbeit
Berlin	Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima (2011)
Brandenburg	Maßnahmenkatalog zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (2008)
Bremen	Anpassungsstrategie in Arbeit
Hamburg	Anpassungsstrategie mit Aktionsplan in Arbeit
Mecklenburg-Vorpommern	Folgen des Klimawandels in Mecklenburg-Vorpommern (2010); Maßnahmenkonzept zur Anpassung der Wälder Mecklenburg-Vorpommerns an den Klimawandel (2010); Anpassung an den Klimawandel und Klimaschutz in der Planungsregion Vorpommern (2011)
Niedersachsen	Anpassungsstrategie in Arbeit; vgl. „Der Klimawandel als Herausforderung für Staat und Gesellschaft. Struktur für eine Anpassungsstrategie“ (2009)
Rheinland-Pfalz	Anpassungsstrategie in Arbeit; Klimabericht Rheinland-Pfalz (2007)
Saarland	Saarländisches Klimaschutzkonzept 2008 – 2013 (2008); Klimawandel und Raumentwicklung im Saarland: Abschlussbericht des saarländischen INTERREG IV B-Projektes „C-C-Change - Changing Climate, Changing Lives“ (2012)
Sachsen	Anpassungsstrategien in Arbeit; Aktionsplan Klima und Energie des Freistaates Sachsen (2008); Energie- und Klimaprogramm Sachsen (Entwurf, Stand 12. Oktober 2011)
Schleswig-Holstein	Anpassungsstrategie in Arbeit, Fahrplan Anpassung an den Klimawandel (2011)
Thüringen	Gemeinsam KLIMAbewusst handeln. Thüringer Klima- und Anpassungsprogramm (2009)

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von KomPass (2012).

- Einzelne Bundesländer setzen angesichts der ermittelten oder vermuteten Vulnerabilitäten besondere Schwerpunkte auf einzelne Handlungsfelder. Das gilt bspw. für den *Wassersektor* in Brandenburg und Schleswig-Holstein, oder in Nordrhein-Westfalen für den Bereich *Stadtplanung und technische Infrastruktur*. Wieder andere Bundesländer nehmen eine regionale Fokussierung vor, wie bspw. Bayern auf den Alpenraum.
- Keines der Bundesländer außer Sachsen-Anhalt hat bislang einen eigenständigen, separat vom eigentlichen Strategietext verfügbaren Aktionsplan vorgelegt. In den Dokumenten der übrigen Bundesländer, werden die Maßnahmen direkt in den sektoralen Kapiteln vorgestellt.
- Die Auswahl der in der Strategie zu berücksichtigenden Maßnahmen wurde in den übrigen Bundesländern¹⁰ wie folgt getroffen:
 - BayKLAS: Bei der Auswahl bestehender sowie weiterführender Maßnahmen zur Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels wurden folgende Prinzipien beachtet: *Nachhaltigkeit, Umweltverträglichkeit, Berücksichtigung möglicher Wechselwirkungen zwischen Klimaschutz und Anpassung, integrativer, synergetischer* und *No Regret-Charakter* der Maßnahme sowie Beachtung der Sonderrolle von wasserbezogenen Anpassungsmaßnahmen.
 - AS-NW: Die Anpassungsstrategie stellt laufende Projekte und Maßnahmen vor. Es wird darauf verwiesen, dass auf der Basis der sektorspezifischen Vulnerabilitäten zusätzliche Anpassungsmaßnahmen erarbeitet werden.
 - AS-HE: Eine Aufstellung von Anpassungsmaßnahmen erfolgt erst zukünftig in einem unter Mitwirkung verschiedener gesellschaftlicher Akteure zu erarbeitenden Aktionsplan.
- Hinsichtlich der Auswahl der zu berücksichtigenden Anpassungsmaßnahmen besteht somit derzeit kein einheitliches, systematisches Vorgehen. Häufig liegt ein Schwerpunkt auf der Dokumentation von bereits in Umsetzung befindlichen Anpassungsmaßnahmen. Diese werden ggf. noch ergänzt durch Diskussionen prinzipiell möglicher Anpassungsmaßnahmen.
- Der unterschiedlichen zeitlichen Dimension verschiedener Anpassungsmaßnahmen wird v.a. im Maßnahmenkatalog Brandenburgs Rechnung getragen, indem zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen unterschieden wird. Bayerns Differenzierung nach bestehenden und weiterführenden Maßnahmen sowie den im Anhang beschriebenen zusätzlichen Maßnahmen, die bis zum Jahr 2020 umgesetzt werden sollen, geht in eine ähnliche Richtung.
- Privaten Akteuren kommen in den verschiedenen Anpassungsstrategien unterschiedliche Rollen zu. Die AS-ST skizziert in einem eigenen Kapitel exemplarisch Handlungsbereiche, in denen private Akteure konkrete Vorsorge- und Anpassungs-

¹⁰ Für Sachsen-Anhalt vgl. Kapitel 3.1.

maßnahmen umsetzen können. Darüber hinaus werden wesentliche Aspekte beschrieben, die das Anpassungsverhalten beeinflussen. Die BayKLAS betont - ebenfalls in einem eigenständigen Kapitel - nicht nur die Bedeutung privater Akteure für den Implementationserfolg der Strategie, sondern informiert auch sehr konkret über besonders relevante Anpassungsmaßnahmen, wie bspw. bestehende Informationsangebote. Die AS-NW betont im Wesentlichen die Notwendigkeit der Einbindung aller relevanten und damit auch der privaten Akteure bei der Umsetzung der Strategie. Die Bedeutung der Einbindung privater Akteure wird grundsätzlich gewürdigt. Sachsen-Anhalt und Bayern tragen diesem Umstand in der Strategie in ähnlicher Weise Rechnung, wobei das entsprechende Kapitel der BayKLAS konkreter ist.

- Die Mitwirkungsmöglichkeiten privater Akteure sind jedoch zumindest theoretisch nicht nur auf die Umsetzungsphase begrenzt. Dennoch werden in der Regel im Wesentlichen Akteure aus dem öffentlichen Bereich in die eigentlich Erarbeitung der Strategie eingebunden. Bayern engagiert sich zunehmend für den Dialog mit privaten Akteuren. In Schleswig-Holstein ist eine bessere Einbindung Privater ebenfalls geplant. Hessen sieht die Mitwirkung gesellschaftlicher Akteure bei Maßnahmenfindung vor. In Sachsen-Anhalt war ursprünglich geplant, gesellschaftlichen Gruppen, Verbänden und Kommunen die Möglichkeit zu geben, über eine Internet-Plattform die von ihnen durchgeführten Anpassungsmaßnahmen zu melden und diese in der Folge ebenfalls im Aktionsplan zu dokumentieren (AP-ST 2010, S. 1). Bislang wurde diese Kommunikationsplattform (noch) nicht etabliert.
- Die Evaluierung von Anpassungsmaßnahmen und -strategien steht in den Bundesländern noch am Anfang. In Bayern wird die Evaluierung der Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen im Rahmen der Evaluierung der Umsetzung des Klimaprogramms Bayern 2020 angestrebt. Im Ausblickskapitel der AS-NW wird die Absicht erklärt, die Grundlagen v.a. im Hinblick auf die Maßnahmenermittlung und -umsetzung weiterzuentwickeln. In Hessen sei ein indikatorgestütztes Monitoring geplant. In Sachsen-Anhalt wird in regelmäßigen Abständen in Berichtsform sowohl über den Stand der Umsetzung von Anpassungsstrategie und Aktionsplan Auskunft gegeben. Darüber hinaus wird die AS-ST auf Basis eines Kabinettsbeschlusses laufend einer Aktualisierung unterzogen. Eine indikatorbasierte Evaluierung ist derzeit nicht geplant.

Resümierend kann man feststellen, dass Aufbau und inhaltliche Fokussierung der Strategie des Landes Sachsen-Anhalt zur Anpassung an den Klimawandel und des dazu gehörenden Aktionsplans in wesentlichen Punkten dem Vorgehen auf der Bundesebene entsprechen. Im Vergleich mit den Initiativen der anderen Bundesländer fallen die *frühzeitige* und *umfassende* Befassung mit der Anpassungsthematik auf. Trotz der Vorreiterrolle Sachsen-Anhalts könnte im Rahmen der Revision der Anpassungsstrategie eine Prüfung einzelner Aspekte, die auf der Bundesebene und/oder in den anderen Bundesländern anders ausgestaltet sind, gewinnbringend sein. Erste Anhaltspunkte hierfür sind in *Abbildung 7* dargestellt. Weitere Änderungs- und Ergänzungsvorschläge werden auf Basis der vorgenommenen Analysen im folgenden Kapitel unterbreitet.

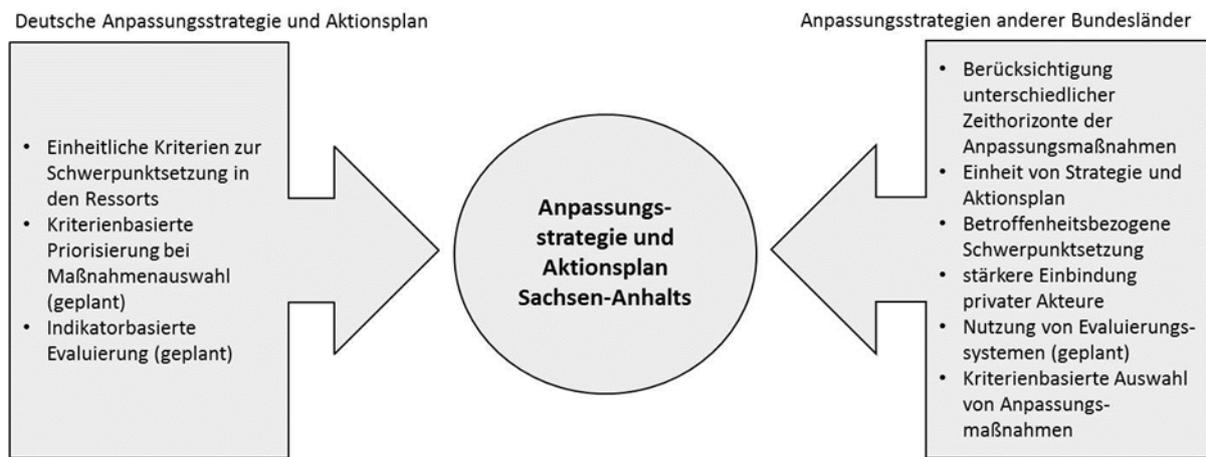


Abbildung 7: Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für die Strategie des Landes Sachsen-Anhalt zur Anpassung an den Klimawandel

4 Modifikation bestehender Anpassungsmaßnahmen und Ausarbeitung von ergänzenden Maßnahmen

Auf Grundlage der vorliegenden Untersuchungsergebnisse lassen sich folgende Änderungs- und Ergänzungsvorschläge formulieren:

- Es sollte geprüft werden, ob eine stärkere Fokussierung von AS-ST und AP-ST entsprechend der spezifischen Betroffenheiten bzw. Verwundbarkeiten auf Schwerpunktsektoren, wie in einigen anderen Bundesländern praktiziert, ein Weg sein könnte, um den Aufwand der Überarbeitung der Dokumente in Grenzen zu halten. Das könnte Kapazitäten freisetzen, die bislang durch die umfassende sektorale Abdeckung gebunden sind, um einige der im Folgenden thematisierten Ergänzungen realisieren zu können.
- Es könnten weitere sektorale Studien zur Ermittlung bestehender Anpassungsbedarfe und/oder zur Einschätzung der Eignung möglicher Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmenbündel durchgeführt werden. Die auf diese Weise generierten Informationen würden es ermöglichen, die derzeit noch erheblichen Disparitäten hinsichtlich der Anzahl sektoraler Anpassungsmaßnahmen zu verringern. Das gilt im Besonderen, da diese Unterschiede derzeit mit Verweis auf den auf sektoraler Ebene sehr verschiedenen Wissenstand um die wahrscheinlichen Auswirkungen des Klimawandels begründet werden.
- Auf Basis der Schritte, die der Maßnahmenauswahl vorgelagert sind, ist zu empfehlen, den Katalog der Kriterien, auf deren Grundlage über die Aufnahme von Anpassungsmaßnahmen in die AS-ST bzw. den AP-ST entschieden wird, zu erweitern. Dabei ist bspw. denkbar, sich am Vorgehen des Bundes zu orientieren und darauf zu verweisen, welche Prinzipien oder Kriterien auf Ressortebene verwendet werden, um die in AS-ST und AP-ST zu berücksichtigenden Anpassungsmaßnahmen auszuwählen oder einen bspw. durch die interministerielle Arbeitsgruppe Klimawandel abgestimmten Kriterienkatalog festzulegen. Diese Kriterien könnten zukünftig die Basis der entsprechenden Zuarbeiten der Ressorts bilden. Die Berücksichtigung zumindest einiger der im Rahmen dieser Studie verwendeten Kriterien könnte bei der Festlegung des Katalogs erwogen werden.
- Die Darstellung der Anpassungsmaßnahmen, die bislang in Form eines vergleichsweise eigenständigen Aktionsplans erfolgte, sollte in die sektoralen Kapitel der Anpassungsstrategie integriert werden. Alternativ könnte der Aktionsplan um eine Rahmung, wie sie im APA vorgenommen wird, ergänzt werden. Die Ausführungen im derzeit eigenständigen AP-ST werfen punktuell Fragen auf, die sich z.T. nur durch die Lektüre der entsprechenden Kapitel der AS-ST klären lassen. Eine Integration der Maßnahmen in die sektoralen Kapitel der Strategie scheint sinnvoll, da dies das Verständnis der aufgelisteten Maßnahmen durch den direkten Bezug zu den sektorspezifischen Ausführungen in der AS-ST erleichtern würde.

- Es sollte geprüft werden, ob bei der Darstellung der Anpassungsaufgaben und der ihnen in der Aufgabenbeschreibung zugeordneten Aktionen eine ausreichend klare Unterscheidung zwischen Zielsetzungen der Klimaanpassung (Zweck) und Maßnahmen zum Erreichen der Zielsetzungen (Mittel) vorgenommen wird. Es könnte zudem eruiert werden, ob die Zuordnung einzelner Anpassungsmaßnahmen zu den jeweiligen Zielsetzungen überarbeitet werden sollte bzw. eine Re-Formulierung einzelner Zielsetzungen angeraten ist. Prinzipiell scheint sowohl zum allgemeinen Verständnis aber auch in Vorbereitung einer späteren Evaluierung der Anpassungsmaßnahmen deren möglichst konkrete Formulierung wünschenswert. Die Gruppierung von Maßnahmen, die keine klaren Handlungsalternativen darstellen, sondern eher aufeinander aufbauen, könnte klarer vermitteln, dass zum Erreichen der jeweiligen Zielsetzung nicht nur einige der beschriebenen Einzelmaßnahmen, sondern diese nur im Zusammenspiel als Maßnahmenbündel ihre Wirkung entfalten können.
- Angesichts des Anspruchs, die AS-ST nicht nur für die Landesbehörden sondern auch für die Bürger des Landes zu erstellen, sollte über eine Ausweitung des sich mit der Unterstützung von autonomen (privaten) Anpassungsprozessen befassenden Kapitels der AS-ST erwogen werden. Die ursprüngliche Vorstellung, den AP-ST als ein *lebendes* Dokument zu begreifen, in das sich auch Kommunen und gesellschaftliche Gruppen einbringen können, sollte wieder aufgegriffen werden. Es spricht viel dafür, nach Wegen zu suchen, wie dieser Anspruch mit vertretbarem Aufwand zu realisieren ist. Das gilt auch dann, wenn der AP-ST zukünftig integraler Teil der AS-ST sein sollte.
- Wie schon mehrfach angesprochen spielt das Monitoring der Umsetzung von AS-ST und AP-ST eine wichtige Rolle für das Erreichen der gesteckten sektoralen Anpassungsziele. Dafür ist neben einer Bestandsaufnahme der Umsetzung in Berichtsform eine indikatorbasierte Evaluierung der Effektivität der durchgeführten Anpassungsmaßnahmen und, wenn möglich, der AS-ST geboten. Auf dieser Grundlage lassen sich die ggf. notwendigen Modifikationen leichter identifizieren. Dabei ist die Entwicklung eines eigenen Indikatorensets nicht unbedingt notwendig. Vielmehr scheint es sinnvoll, sich diesbezüglich an den auf Bundesebene in der Entwicklung befindlichen Instrumenten zu orientieren (vgl. Fußnote 9). Trotz dieser Vorarbeiten, auf die zurückgegriffen werden kann, ist jedoch zu erwarten, dass die entsprechende Datenerhebung und Auswertung Ressourcen binden bzw. neue Mittel erfordern.
- Es wäre zu prüfen, ob durch die Veröffentlichung einer nur die wesentlichen Aspekte der Anpassungsstrategie aufgreifenden Publikation deren Öffentlichkeitswirksamkeit erhöht werden kann.

Es ist zu betonen, dass diese Vorschläge vor dem Hintergrund betrachtet werden sollten, dass Sachsen-Anhalt eines der wenigen deutschen Bundesländer ist, die als Vorreiter der strategischen Befassung mit der Klimaanpassung gelten können. Alle genannten Vorschläge sind unter Aufwand- und Kostengesichtspunkten abzuwägen.

5 Identifizierung besonders vorteilhafter Anpassungsmaßnahmen für ausgewählte Sektoren

5.1 Methodisches Vorgehen

5.1.1 Bewertungsverfahren: Multikriterien-Analyse

Die vergleichende Bewertung von Anpassungsmaßnahmen kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Stehen bei der Abwägung v.a. die Wirksamkeit bzw. der Nutzen und die durch die jeweilige Maßnahme verursachten Kosten im Vordergrund und lassen sich diese in monetären Einheiten angeben, so bietet sich die Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) an. Auf diese Weise kann die Handlungsoption mit dem höchsten Netto-Nutzen, d.h. dem größten Nutzen nach Abzug der Kosten, oder dem besten Kosten-Nutzen-Verhältnisses identifiziert werden.¹¹

Wenn sich der oder die Nutzen einer Anpassungsmaßnahme zwar nicht in monetären Einheiten ausdrücken, aber dennoch bspw. durch die Ausprägung einer geeigneten Zielgröße beschreiben lassen, so ist die Durchführung einer Kosten-Wirksamkeitsanalyse (KWA) denkbar. Dabei werden die anfallenden Kosten mit der gewählten Zielgröße ins Verhältnis gesetzt und so diejenige Handlungsoption ermittelt, die das Erreichen des angestrebten Ziels mit dem geringstmöglichen Mitteleinsatz ermöglicht bzw. die mit einem festgelegten Budget die höchste Wirksamkeit erzielt.¹²

Die Durchführung von Multikriterien-Analysen (MKA) bietet sich hingegen an, wenn Anpassungsmaßnahmen anhand mehrerer quantitativer und/oder qualitativer Kriterien vergleichend bewertet werden sollen. Hierfür stehen sowohl Varianten der MKA zur Verfügung, die auf einer gewichteten Aggregation einzelner Teil-Nutzen basieren, als auch Outranking-Verfahren, wie bspw. das **Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations-Verfahren (PROMETHEE)**.¹³

PROMETHEE bildet durch einen paarweisen Vergleich der Werte aller Handlungsoptionen für alle Bewertungskriterien Präferenzmatrizen, die abbilden, welche der Alternativen unter den spezifizierten Bedingungen wie stark vorzuziehen ist. Die Einzelmatrizen werden in einem nächsten Schritt gewichtet zu einer Gesamtpräferenzmatrix aggregiert.

Aus dieser Matrix kann durch Auswertung der Spaltensummen (*Eingangsfluss*) und Zeilensummen (*Ausgangsfluss*) abgelesen werden, welche Anpassungsmaßnahme über alle Bewertungskriterien in welchem Maße die übrigen Alternativen dominiert bzw. von diesen dominiert wird. *Abbildung 8* stellt den Ablauf des PROMETHEE-Verfahrens dar.

¹¹ Für weiterführende Informationen vgl. bspw. Hanusch (1994) oder Hanley, Spash (1993).

¹² Für weiterführende Informationen vgl. bspw. Hanusch (1994).

¹³ Für einen Überblick multikriterieller Verfahren vgl. bspw. Zimmermann, Gutsche (1991).

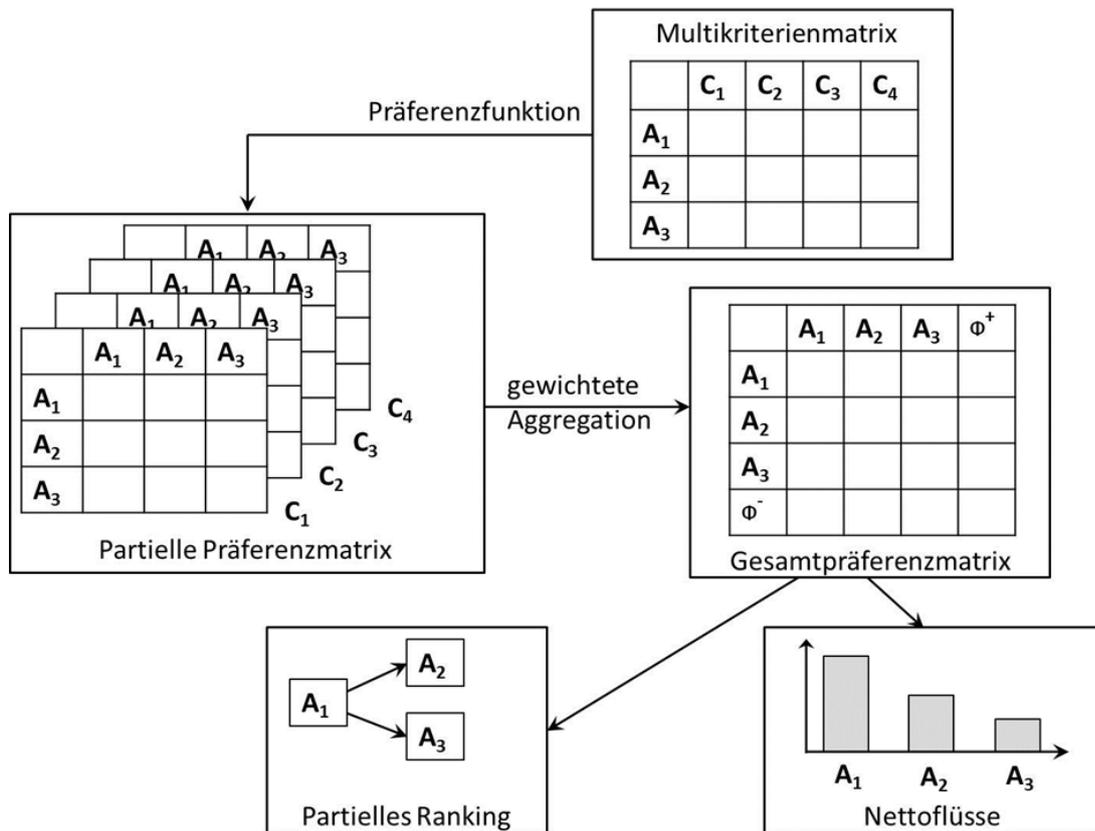


Abbildung 8: Ablauf PROMETHEE-Verfahren

Anmerkung: A_i = verglichene Alternativen, C_i = verwendete Bewertungskriterien, Φ^- = Eingangsfluss, Φ^+ = Ausgangsfluss.

Bei PROMETHEE I erfolgt die Reihung der Alternativen unter Nutzung dieser Dominanzmaße. Wenn dies bspw. aufgrund der Unvergleichbarkeit einzelner Alternativen nicht direkt möglich ist, dann kann über eine Verrechnung dieser beiden Dominanzmaße (*Ausgangsfluss - Eingangsfluss = Nettofluss*) eine vollständige Quasiordnung und somit eine eindeutige Reihung der Handlungsoptionen erstellt werden (PROMETHEE II). *Abbildung 9* und *Abbildung 10* zeigen jeweils eine exemplarische Gesamtpräferenzmatrix, bei der sich auf Basis der Eingangs- und Ausgangsflüsse jeweils unterschiedliche Rangfolgen ergeben. In *Abbildung 10* ist die Rangfolge vermerkt, die sich auf Grundlage der Verrechnung von Ausgangs- und Eingangsflüssen zu Nettoflüssen ergibt.

Für das Abwägen verschiedener Anpassungsoptionen empfiehlt sich aufgrund der spezifischen Rahmenbedingungen derartiger Entscheidungsprozesse, wie bspw. die Berücksichtigung mehrerer, häufig nicht-monetär skalierten Bewertungskriterien, die Durchführung einer MKA.¹⁴ Bei der Auswahl der zu bewertenden Maßnahmen ist zu beachten, dass Handlungsoptionen verglichen werden, die dieselbe Zielsetzung haben und wirkliche Handlungsalternativen darstellen. Diese Bedingung stellt im Rahmen der Priorisierung von Anpassungsoptionen häufig eine besondere Herausforderung dar.

¹⁴ Multikriterielle Verfahren wurden bereits für vergleichbare Bewertungen eingesetzt. Für die Priorisierung der Anpassungsoptionen des niederländischen *Routeplanner* vgl. bspw. de Bruin et al. (2009).

	AP	W	BD	BF	BP	VM	VB	VD	F+
Maßnahmen → AP	0	0.422	0.169	0.252	0.310	0.297	0.080	0.453	1.985
W	0.027	0	0.134	0.201	0.184	0.184	0.054	0.241	1.028
BD	0.064	0.435	0	0.125	0.218	0.276	0.032	0.375	1.527
BF	0.044	0.387	0.025	0	0.140	0.172	0.037	0.292	1.100
BP	0.028	0.270	0.029	0.066	0	0.161	0.048	0.249	0.855
VM	0	0.254	0.068	0.078	0.159	0	0.054	0.164	0.779
VB	0.144	0.487	0.190	0.304	0.367	0.391	0	0.502	2.389
VD	0.047	0.202	0.060	0.091	0.145	0.074	0.054	0	0.677
Eingangsfluss → F-	0.356	2.460	0.678	1.120	1.526	1.560	0.363	2.279	
	Rang 1	Rang 8	Rang 3	Rang 4	Rang 5	Rang 6	Rang 2	Rang 7	

Ausgangsfluss
Rang 2
Rang 5
Rang 3
Rang 4
Rang 6
Rang 7
Rang 1
Rang 8

• **PROMETHEE I:** Ranking auf Basis von **Ausgangs- und Eingangsflüssen**

• **PROMETHEE II:** Ranking auf Basis von **Nettoflüssen**

Abbildung 9: Exemplarische Gesamtpräferenzmatrix – Ränge auf Basis der Dominanzmaße

	AP	W	BD	BF	BP	VM	VB	VD	F+
AP	0	0.422	0.169	0.252	0.310	0.297	0.080	0.453	1.985
W	0.027	0	0.134	0.201	0.184	0.184	0.054	0.241	1.028
BD	0.064	0.435	0	0.125	0.218	0.276	0.032	0.375	1.527
BF	0.044	0.387	0.025	0	0.140	0.172	0.037	0.292	1.100
BP	0.028	0.270	0.029	0.066	0	0.161	0.048	0.249	0.855
VM	0	0.254	0.068	0.078	0.159	0	0.054	0.164	0.779
VB	0.144	0.487	0.190	0.304	0.367	0.391	0	0.502	2.389
VD	0.047	0.202	0.060	0.091	0.145	0.074	0.054	0	0.677
F-	0.356	2.460	0.678	1.120	1.526	1.560	0.363	2.279	

Ränge nach Nettoflüssen
→ Differenz F+ u. F-
Rang 2
Rang 7
Rang 3
Rang 4
Rang 5
Rang 6
Rang 1
Rang 8

• **PROMETHEE I:** Ranking auf Basis von **Ausgangs- und Eingangsflüssen**

• **PROMETHEE II:** Ranking auf Basis von **Nettoflüssen**

Abbildung 10: Exemplarische Gesamtpräferenzmatrix – Ränge auf Basis der Nettoflüsse

5.1.2 Bewertungssoftware: PRIMATE

Die Durchführung einer Bewertung lässt sich erheblich durch die Nutzung einer entsprechenden Software erleichtern. Ein solches Instrument zur Realisierung von KNA- und MKA-Analysen stellt bspw. die am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ entwickelte Software *Probabilistic Multi-Attribute Evaluation – PRIMATE* dar. Die in dieser Software implementierte MKA basiert auf dem beschriebenen PROMETHEE II-Verfahren. Zunächst wird dabei durch Eingabe der zu vergleichenden Maßnahmen, zu verwendenden Kriterien, den für die einzelnen Alternativen ermittelten Werten und Kriteriengewichtungen die Entscheidungsmatrix angelegt.

Die im Bereich der Klimaanpassung sehr häufig zu berücksichtigenden datenbezogenen Unsicherheiten können dabei in die Bewertung eingehen, indem Wertespanssen anstatt von Einzelwerten angegeben werden. Aus diesem durch die Angabe des Minimal- und Maximalwerts aufgespannten Wertebereich zieht PRIMATE bis zu 10.000 zufällige Werte. Für jeden zufällig gezogenen Wert wird eine vollständige MKA durchgeführt. Die Ergebnisse aller durchgeführten MKA werden statistisch ausgewertet, indem die Mittelwerte und Standardabweichungen der berechneten *Nettoflüsse* sowie die Verteilungen der durch die betrachteten Alternativen in den Bewertungen belegten Ränge ausgegeben werden.

Unsicherheiten, die sich aus abweichenden Einschätzungen der Relevanz der einzelnen Bewertungskriterien durch verschiedene Entscheider ergeben, können auf zweierlei Art berücksichtigt werden. Die MKA kann einerseits mit Globalgewichten durchgeführt werden, indem PRIMATE bis zu 10.000 zufällige Gewichtskombinationen zieht und verwendet. Andererseits können auch empirisch ermittelte Gewichte für bis zu 16 Einzelkriterien, 5 Kriterien-Gruppen und 16 Entscheider-Gruppen in PRIMATE eingegeben und bei der Bewertung berücksichtigt werden. Analog zum Umgang mit Datenunsicherheiten wird für jede Gewichtskonfiguration eine vollständige MKA durchgeführt und deren Ergebnisse statistisch ausgewertet.

Die Bewertungsergebnisse können in PRIMATE zum einen als Rangfolge der Alternativen¹⁵ entsprechend deren Eignung zur Beförderung des Erreichens der jeweiligen Zielsetzung ausgegeben werden. Zum anderen können für jede Alternative die Stimmen-Salden, die sogenannten *Nettoflüsse*, dargestellt werden. Wenn durch die Berücksichtigung von PRIMATE mehrere Bewertungen durchgeführt wurden, dann ist der angegebene Wert der Mittelwert der *Nettoflüsse* aller vorgenommenen Bewertungen. Die zusätzliche Ausgabe der zweifachen Standardabweichung¹⁶ dieser Mittelwerte ermöglicht, die in diesen enthaltene Unsicherheit einzuschätzen. So kann beurteilt werden, ob die ermittelte Rangordnung statistisch abgesichert ist. Dies ist nicht der Falle, wenn große daten- bzw. gewichtungsbezogener Unsicher-

¹⁵ Wenn bei der Bewertung Unsicherheiten berücksichtigt werden, dann sind die Ergebnisse der einzelnen (bspw. für Datenunsicherheiten bis zu 10.000) Bewertungen nachvollziehbarerweise nicht immer identisch. Es kommt daher vor, dass unterschiedliche Alternativen bei den wiederholten Bewertungen bspw. den ersten Rang einnehmen. Mittels eines Balkendiagramms zeigt PRIMATE an, welche Alternative wie oft bei den durchgeführten Bewertungen auf dem jeweiligen Rang lag.

¹⁶ Die zweifache Standardabweichung gibt den Bereich an, in dem 95% der ermittelten Werte liegen.

heiten vorliegen. Dann ist die Differenz der Nettoflüsse eher klein im Vergleich zu den Standardabweichungen. Darüber hinaus kann jeweils eine gesonderte Rangfolge für jede Entscheider-Gruppe ausgegeben werden.

Diese Bewertungsergebnisse, die auf einem systematischen Vergleich der Alternativen basieren, sollen durch die Verbesserung der Informationsbasis komplexe Entscheidungen unterstützen.

5.1.3 Bewertungskriterien

Die vergleichende Bewertung der Anpassungsmaßnahmen erfolgt anhand hierfür geeigneter Kriterien. Die Beurteilung der Eignung muss in Abstimmung mit Fachexperten und Entscheidungsträgern vorgenommen werden. Im Folgenden werden diejenigen Kriterien näher erläutert, die – als Ergebnis dieser Konsultationen – handlungsfeldübergreifend für die Bewertung ausgewählt wurden.¹⁷

Trotz der Zusammenarbeit mit den Fachexperten in den einzelnen Handlungsfeldern war die Ermittlung konkreter monetärer Werte für die zu bewertenden Anpassungsmaßnahmen, die durch deren Planung, Umsetzung (einmalig) bzw. Unterhaltung (laufend) verursacht werden, nicht möglich. Daher wurden die Ausprägungen der Kriterien *einmalige Kosten*, *laufende Kosten* sowie *Gesamtkosten*, wie alle übrigen Bewertungskriterien auch, über die Zuweisung von Kategorien bestimmt. Dafür kam eine 5-stufige Skala zum Einsatz. Das Kriterium *Gesamtkosten* diente bei der Datenerhebung als Rückfalloption. Die Angaben wurden nur dann in der Bewertung verwendet, wenn eine Differenzierung nach einmaligen und laufenden Kosten nicht möglich war.

Nutzenseitig ging eine Vielzahl von Kriterien in die Bewertung ein. Als wesentlicher wirkungsbezogener Aspekt wurde die *Bedeutung der Maßnahme* berücksichtigt. D.h. durch die Befragten wurde eingeschätzt, welche Relevanz die Handlungsoption zur Erreichung einer spezifischen anpassungsbezogenen Zielsetzung innerhalb eines Handlungsfelds hat. Darüber hinaus wurden für die einzelnen Maßnahmen die *zeitliche Dringlichkeit* deren Umsetzung, mögliche *Synergieeffekte mit Klimaschutzmaßnahmen* sowie *positive Wechselwirkungen* oder *Konflikte mit anderen Klimaanpassungsmaßnahmen* sowie die *Dynamik der Wirkung* ermittelt. Mit dem letztgenannten Kriterium sollte sichergestellt werden, dass beim Vergleich berücksichtigt wird, ob eine Handlungsoption lediglich einmalig oder anhaltend ihre Wirkung entfaltet. Zusätzlich gingen die *Reversibilität* bzw. *Flexibilität* einer Maßnahme ein. Dieses Kriterium zielt auf die Frage ab, mit welchem Aufwand diese Maßnahme nach ihrer Umsetzung – bspw. infolge veränderter Einschätzungen der Betroffenheit – noch umkehrbar bzw. anpassbar ist. Als letztes nutzenbezogenes Kriterium wurde der *Zusatznutzen* einer Maßnahme betrachtet, den diese unabhängig von ihrer Klimaanpassungswirkung bspw. zum Erreichen weiterer (Politik-)Ziele stiftet.

Einen dritten Block bildeten die 4 Kriterien, die helfen sollen, die *Chancen der Umsetzung* der einzelnen Maßnahmen im Rahmen der Bewertung zu berücksichtigen. Das wichtigste Krite-

¹⁷ Einen Überblick über (weitere) geeignete Kriterien zur Bewertung von Anpassungsmaßnahmen geben bspw. de Bruin et al. (2009), Beck et al. (2011), Bednar-Friedl et al. (2011) oder Tröltzsch et al. (2011b).

rium war dabei die *Durchführbarkeit* der Maßnahmen vor dem Hintergrund der bestehenden Rahmenbedingungen. Bei dieser Einschätzung sollten v.a. die technischen, rechtlichen, wirtschaftlichen und organisationalen Randbedingungen, die wesentlichen Einfluss auf die Realisierungschancen einer Maßnahme haben, Beachtung finden. Zusätzlich sollte in die Bewertung die *Einschätzung* der jeweiligen Maßnahme durch die *Bürger, Politik* und *Fachbehörden* eingehen. Hierfür war eine Beurteilung notwendig, ob die Handlungsoptionen in den betrachteten Gruppen eher abgelehnt werden, umstritten oder mehrheitlich anerkannt sind. In den meisten Handlungsfeldern wurden in Ermangelung belastbarer Daten für die übrigen Kriterien lediglich die Angaben zur allgemeinen Durchführbarkeit der Maßnahme oder in einigen Fällen noch die Einschätzung der Fachbehörden für die Bewertung verwendet.

Tabelle 4 stellt die verwendeten Kriterien und deren Begründung überblicksartig dar.

Tabelle 4: Bewertungskriterien und deren Begründung

Bewertungskriterium	Begründung
Kosten	
Einmalige Kosten (Planung, Umsetzung, ggf. Reinvestition)	Berücksichtigung des einmaligen finanziellen Aufwands der Maßnahme auf Landesebene
Laufende Kosten (Unterhaltung, Monitoring)	Berücksichtigung des laufenden finanziellen Aufwands der Maßnahme auf Landesebene
Gesamtkosten (einmalige und laufende Kosten)	Berücksichtigung des gesamten finanziellen Aufwands der Maßnahme auf Landesebene <i>Back-up-Kriterium für den Fall, dass Unterscheidung nicht möglich</i>
Nutzen	
Bedeutung der Maßnahme	Berücksichtigung der Notwendigkeit der Umsetzung der Klimaanpassungsmaßnahmen zur Erreichung des jeweiligen (Sub)Ziels
Zeitliche Dringlichkeit der Umsetzung	Berücksichtigung des als sinnvoll erachteten Timings der Maßnahmenumsetzung
Dynamik der Wirkung	Vermeidung der Bevorzugung von Klimaanpassungsmaßnahmen, die ihre Wirkung nur einmalig entfalten gegenüber solchen mit anhaltender/mehrfacher Wirkung
Positive Wirkung auf Klimaschutz	Berücksichtigung möglicher Klimaschutzeffekte von Klimaanpassungsmaßnahmen
Synergien mit anderen Klimaanpassungsmaßnahmen	Berücksichtigung von Synergieeffekten mit anderen Klimaanpassungsmaßnahmen
Konflikte mit anderen Klimaanpassungsmaßnahmen	Berücksichtigung von Konflikten mit anderen Klimaanpassungsmaßnahmen
Reversibilität bzw. Flexibilität der Maßnahme	Berücksichtigung der Umkehrbarkeit bzw. Anpassungsfähigkeit der Klimaanpassungsmaßnahmen (bspw. bei aktualisierten Einschätzungen der Betroffenheit)
Zusatznutzen unabhängig von der Klimaanpassungswirkung	Berücksichtigung von über die Erhöhung der Anpassungsfähigkeit hinaus anfallenden sekundären Nutzen (bspw. in anderen Politikfeldern) der Klimaanpassungsmaßnahme

Chancen der Umsetzung	
Durchführbarkeit angesichts technischer, rechtlicher, wirtschaftlicher, organisationaler Rahmenbedingungen	Berücksichtigung der Realisierungschancen der Klimaanpassungsmaßnahme angesichts der derzeitigen Rahmenbedingungen
Einschätzung Bürger	Berücksichtigung der Realisierungschancen der Maßnahme angesichts deren Bewertung durch die Bürger
Einschätzung Politik	Berücksichtigung der Realisierungschancen der Maßnahme angesichts deren Bewertung durch politische Entscheidungsträger
Einschätzung Fachbehörde(n)	Berücksichtigung der Realisierungschancen der Maßnahme angesichts deren Bewertung durch die Fachbehörden

5.1.4 Gewichtung der Bewertungskriterien

Bei der Durchführung einer Multikriterien-Analyse werden die zu verwendenden Bewertungskriterien gegeneinander gewichtet. Auf diese Weise können die unterschiedlichen Präferenzen verschiedener, in die Entscheidungsprozesse eingebundener Gruppen berücksichtigt werden. Je wichtiger ein Kriterium oder eine Kriteriengruppe für den Abwägungsprozess ist, desto größer ist das Gewicht, das ihnen bei der Abwägung zugewiesen wird. Theoretisch wäre auch denkbar, alle Kriterien mit demselben Gewicht bei der Bewertung einzubeziehen. Realistischer ist jedoch, dass einzelnen Aspekten eine größere Bedeutung beigemessen wird als anderen und diesem Umstand auch über eine entsprechende Gewichtung Rechnung getragen wird.

Bei der durchzuführenden Bewertung kam ein zweistufiges Gewichtungsverfahren zum Einsatz. Zunächst wurden die Kriterienblöcke *Kosten*, *Nutzen* und *Umsetzungschancen* zueinander gewichtet. Daran schloss sich eine Gewichtung der Einzelkriterien innerhalb der Kriterienblöcke an.

5.2 Datenerhebung

Die für die Bewertung verwendeten Daten wurden durch Einschätzungen von Experten aus den einzelnen Handlungsfeldern generiert. Die Datenerhebung wurde durch die Vorstellung der Zielsetzung und des methodischen Vorgehens der Untersuchung im Rahmen zweier projektbegleitender Arbeitskreise vorbereitet. Eines dieser Vorbereitungstreffen hatte zum Ziel, von den im Vorfeld bereits identifizierten und eingeladenen Experten für die einzelnen Handlungsfelder ein erstes Feedback zu den prinzipiell für die Bewertung als geeignet erachteten Kriterien und deren Gewichtung einzuholen. Darüber hinaus wurde in diesem Rahmen als Grundlage der durchzuführenden Bewertung für jedes Handlungsfeld eine Aufstellung als besonders relevant erachteter Anpassungsmaßnahmen erstellt.

Mit der Absicht, mögliche Ergänzungen dieser Aufstellungen zu unterstützen, wurden den Ansprechpartnern in der Folge handlungsfeldspezifische Sammlungen bereits in unterschiedlichen Quellen für Sachsen-Anhalt dokumentierter Anpassungsmaßnahmen zukommen gelassen. Auf dieser Grundlage wurden in Abstimmung mit den Experten die in den einzelnen

Handlungsfeldern zu betrachtenden Zielsetzungen sowie die diesen zugeordneten Anpassungsmaßnahmen festgelegt.

Dabei zeigte sich, dass die Abgrenzung von Ziel und Mittel, wie zuvor schon im Zusammenhang mit der Analyse des AP-ST angemerkt, nicht selten eine große Herausforderung darstellt. So können in einigen Fällen relativ allgemein beschriebene Maßnahmen auch als Sub-Ziele betrachtet werden. Zudem wird eine vergleichende Betrachtung dadurch erschwert, dass Anpassungsmaßnahmen, die einer Zielsetzung zugeordnet wurden, in Einzelfällen aufeinander aufbauen und so keine Alternativen i.e.S. darstellen. Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen wurden in Abstimmung mit den Experten die zum Erreichen der einzelnen Zielsetzungen relevanten Anpassungsmaßnahmen spezifiziert.

Die eigentliche Datenerhebung erfolgte mit Hilfe von Bewertungs- und Gewichtungsbögen, die unter Berücksichtigung der Hinweise zur handlungsfeldspezifischen Eignung einzelner Kriterien und deren Skalierung entwickelt worden waren. Ergänzt wurden diese Bögen durch weiteres Informationsmaterial, wie bspw. nähere Erläuterungen zu den Bewertungskriterien, auf deren Grundlage die Einschätzungen zu den einzelnen Maßnahmen vorgenommen werden konnten.

Das Ausfüllen der Bewertungs- und Gewichtungsbögen wurde durch telefonische, schriftliche und/oder persönliche Konsultationen unterstützt. Es zeigte sich, dass nicht alle Kriterien in allen betrachteten Handlungsfeldern für die Bewertung herangezogen werden konnten. In der Dokumentation der durchgeführten Bewertungen findet sich ggf. ein Hinweis auf die nicht berücksichtigten Kriterien.

Wenn einzelnen Maßnahmen nicht eindeutig ein einzelner Kriterienwert zugewiesen werden konnte, so bestand die Möglichkeit, Wertespanspannen anzugeben. Diese Option wurde v.a. bei der Einbindung mehrerer Experten in die Bewertung der Anpassungsmaßnahmen in einem Handlungsfeld genutzt.

Bei der Berücksichtigung unterschiedlicher Einschätzungen der Bedeutung einzelner Bewertungskriterien durch die Fachexperten wurden zwei verschiedene Wege beschritten. So wurden bspw. die (geringen) Abweichungen der Kriteriengewichtungen durch die Experten im Betrachtungsfeld Boden direkt im Bewertungsprozess zusammengeführt, während bspw. im Handlungsfeld Landwirtschaft eine mit allen Experten abgestimmte Gewichtung vorgenommen wurde. Die Gründe für das unterschiedliche Vorgehen sind dabei v.a. auf die konkreten Umstände der Datenerhebung in den beiden Bereichen zurückzuführen. Beide Arten eine Gewichtung vorzunehmen, lassen sich mit dem gewählten Auswertungsverfahren vereinbaren.

Es bleibt festzuhalten, dass die vorgenommenen Bewertungen auf den Einschätzungen ausgewiesener Experten basieren, diese damit jedoch auch subjektiv und nicht wie bspw. bei groß angelegten Befragungen statistisch abgesichert sind. Aus forschungspraktischen Überlegungen wurde zur Absicherung der verwendeten Datenbasis entschieden, für die Datenerhebung, soweit möglich, auf die Urteilskraft mehrerer sektoraler Experten aus verschiedenen Institutionen zu vertrauen.

Bei der Interpretation der Bewertungsergebnisse ist zu beachten, dass in einzelnen Handlungsfeldern für Maßnahmenalternativen sehr ähnliche Einschätzungen abgegeben wurden, so dass wenige Unterschiede in den Ausprägungen einzelner Kriterien in Abhängigkeit von deren Gewicht erhebliche Auswirkungen auf das Ergebnis der vergleichenden Betrachtung hatten.

5.3 Handlungsfeld Wasser

5.3.1. Bewertung „Anpassung Hochwasserschutz“

Im Handlungsfeld Wasser wurde eine vergleichende Bewertung der Maßnahmen vorgenommen, die das Erreichen der Zielsetzung *Schutz der Bevölkerung, der Wirtschaft, der Landwirtschaft vor Schäden aus Hochwasser und ggf. steigendem Grundwasserspiegel* befördern sollen. Die Analyse basierte auf den Einschätzungen von Experten des Landesbetriebs für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW). Da die Ansprechpartner am aussagefähigsten zu den in ihren Einflussbereich fallenden Handlungsoptionen waren, wurde die Bewertung auf diese beschränkt. Im Einzelnen waren das:

- Überprüfung der Hochwasserschutzpläne,
- Anpassung geeigneter Überwachungssysteme im Oberflächen- und Grundwasser,
- Überprüfung und ggf. Erweiterung der Retentionsflächen,
- Beobachtung und Auswertung Abflussmengen und Grundwasserstand (Bemessungsflüsse).

Die folgenden Maßnahmen, befördern das Erreichen dieselbe Zielsetzung, liegen jedoch im Einflussbereich der jeweils angegebenen Akteure und wurden daher im Rahmen dieser Bewertung nicht betrachtet:

- Anpassung der Notfallpläne für Hochwasserereignisse (Landkreise, Kommunen),
- Überarbeitung /Überprüfung der Speicherbewirtschaftung (Talsperrenbetrieb Sachsen-Anhalt),
- Förderung der Verhaltens- und Eigenvorsorge der Bevölkerung (Landkreise, Kommunen),
- Überarbeitung von Entwicklungs- und Bauungsplänen (Landkreise, Kommunen),
- Normenempfehlung und -anpassung (Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt),
- Anpassung an/von Richtlinien und Gesetzen (Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt, Landtag des Landes Sachsen-Anhalt).

Die Mehrzahl der Maßnahmen zur Verfolgung der ebenfalls sehr wichtigen Zielsetzung „Anpassung der Trink- und Brauchwasserversorgung der Bevölkerung, der Wirtschaft und der Landwirtschaft“ liegen im Verantwortungsbereich der Landkreise und Kommunen (Daseinsvorsorge). Entsprechende Daten sind somit nur über diese zu ermitteln. Dabei ist zu beachten, dass für einzelne Maßnahmen, die dieser Zielsetzung zugeordnet sind, wie bspw. die „Berechnung und Prognostizierung versorgungsrelevanter Werte“, nur in Abstimmung mit den (großen) Wasserversorgern, die in der Regel eigene Messnetze betreiben, verlässliche Einschätzungen getroffen werden können. Eine vergleichende Bewertung für diese Zielsetzung konnte im Rahmen dieser Studie nicht durchgeführt werden.

5.3.2. Bewertungsergebnis „Anpassung Hochwasserschutz“

Für die Durchführung der Multikriterien-Analyse wurde, wie für die Bewertungen in allen Handlungsfeldern, das PROMETHEE-Verfahren angewendet. Dieses führt einen paarweisen Vergleich aller Handlungsalternativen über die alle Bewertungskriterien durch. Dabei werden die Stimmen, die für (*Ausgangsflüsse*) und diejenigen die gegen (*Eingangsflüsse*) eine Alternative sprechen ermittelt und gewichtet zu Nettoflüssen zusammengefasst.¹⁸

In *Abbildung 11* wird das Bewertungsergebnis auf Basis der Nettoflüsse dargestellt.¹⁹ Je höher in der Ergebnisgrafik der rote Balken dabei über der roten Linie ist, desto besser ist die jeweilige Maßnahme im direkten Vergleich mit den Alternativen geeignet, die Zielsetzung *Schutz der Bevölkerung, der Wirtschaft, der Landwirtschaft vor Schäden aus Hochwasser und ggf. steigendem Grundwasserspiegel* zu befördern.

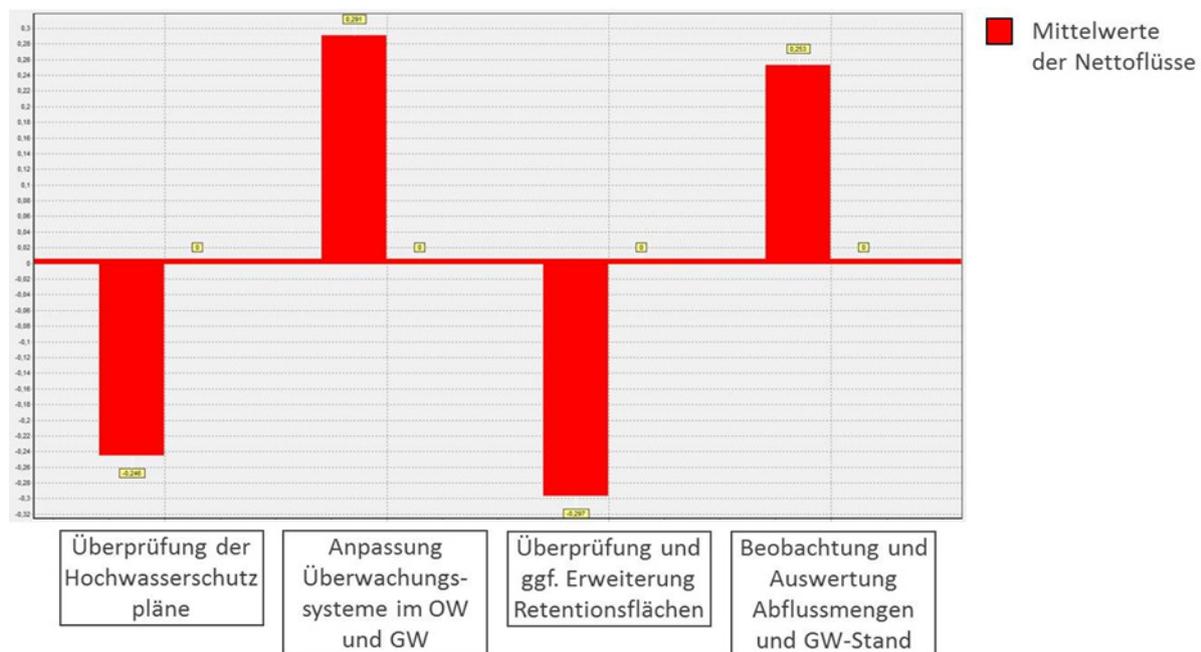


Abbildung 11: Anpassung Hochwasserschutz – Stimmen-Salden

Anmerkung: Die roten Balken geben die Nettoflüsse an. Diese können als Saldo der gewichteten Stimmen interpretiert werden, die für bzw. gegen die jeweilige Alternative sprechen. Je größer der rote Balken über (unter) der roten Nulllinie (Pro-Stimmen \triangleq Contra-Stimmen) ist, desto eher (weniger) ist die Maßnahme geeignet, das Erreichen der Zielsetzung zu befördern.

Abbildung 12 zeigt das Ergebnis der Multikriterien-Analyse als Rangfolge der verglichenen Maßnahmen.

¹⁸ Für nähere Informationen zum methodischen Vorgehen vgl. Kapitel 5.1.1.

¹⁹ In diesem Fall existiert angesichts der Tatsache, dass die Eingangsdaten nur aus Einzelwerte und nicht aus Wertespanssen bestehen, und nur ein Entscheider betrachtet wurde, nur ein Nettofluss-Wert.

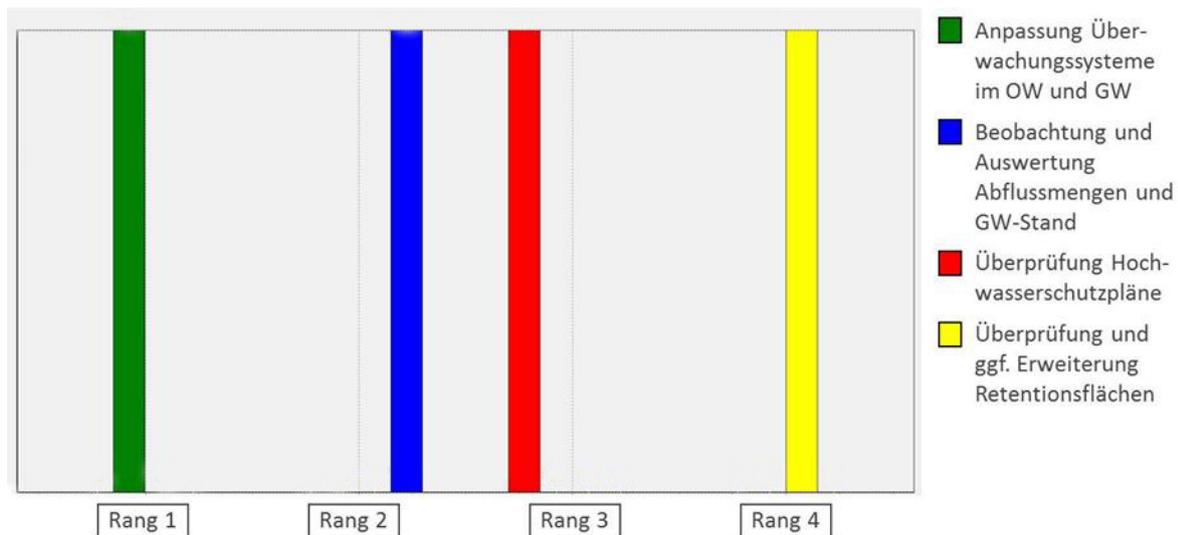


Abbildung 12: Anpassung Hochwasserschutz – Maßnahmen-Rangfolge

Anmerkung: Die Höhe der Balken zeigt an, wie häufig die jeweilige Alternative bei den durchgeführten multikriteriellen Bewertungen den jeweiligen Rang belegt.

Das Bewertungsergebnis ist so zu interpretieren, dass unter Berücksichtigung der verwendeten Bewertungskriterien, Daten und Gewichtungssets die „Anpassung geeigneter Überwachungssysteme im Oberflächen- und Grundwasser“ sowie die „Beobachtung und Auswertung der Abflussmengen und Grundwasserstände (Bemessungsflüsse)“ im Vergleich mit den beiden Alternativmaßnahmen als besonders geeignet erscheinen, das Erreichen der Zielsetzung *Schutz der Bevölkerung, der Wirtschaft, der Landwirtschaft vor Schäden aus Hochwasser und ggf. steigendem Grundwasserspiegel* zu befördern. Das bedeutet im Umkehrschluss jedoch nicht, dass die „Überprüfung der Hochwasserschutzpläne und Retentionsflächen (inkl. deren ggf. angeratenen Erweiterung)“ nicht geeignet wären, positiv auf das Erreichen der Zielsetzung einzuwirken. Vielmehr zeigt sich unter den getroffenen Annahmen die besondere Vorteilhaftigkeit der beiden erstgenannten Handlungsoptionen.

5.4 Handlungsfeld Landwirtschaft

Im Handlungsfeld Landwirtschaft wurde für drei anpassungsbezogenen Zielsetzungen eine vergleichende Bewertung der diesen zugeordneten Maßnahmen durchgeführt. Die hierfür notwendigen Einschätzungen wurden von Experten der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (LLFG), des Amtes für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten (ALFF) sowie des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt getroffen. Die Datenerhebung erfolgte dabei nicht nach Institutionen getrennt, sondern die Bewertungsbögen wurden durch Herbeiführung eines Konsens' ausgefüllt. In allen drei Bewertungen wurden in Ermangelung entsprechender Daten keine kostenseitigen Kriterien berücksichtigt.

5.4.1. Bewertung „Weiterentwicklung von klimaanpassungsbezogenen Beratungsgrundlagen in der Landwirtschaft“

Als eine wichtige Zielsetzung, um die Anpassungsfähigkeit des landwirtschaftlichen Sektors in Sachsen-Anhalt an den Klimawandel (weiter) zu erhöhen, wird die *Weiterentwicklung von Beratungsgrundlagen für die Klimaanpassung in der Landwirtschaft* betrachtet. Die folgenden Maßnahmen sollen hierfür umgesetzt werden:

- Erarbeitung von Informations- und Beratungsgrundlagen,
- Versuche zur Anpassung der Landbewirtschaftung,
- Monitoring der natürlichen Produktionsfaktoren (Bodendauerbeobachtungsflächen, Dauerversuche, Lysimeterversuche usw.).

Die Bewertung wurde analog zum Vorgehen im Handlungsfeld *Wasser* durchgeführt. Dabei wurde aufgrund nicht zu ermittelnder Angaben auf die Verwendung der Kriterien *Einschätzung durch Bürger* sowie *Einschätzung durch Politik* verzichtet.

5.4.2. Bewertungsergebnis „Weiterentwicklung von klimaanpassungsbezogenen Beratungsgrundlagen in der Landwirtschaft“

Das Bewertungsergebnis auf Basis der Nettoflüsse in *Abbildung 13* zeigt, dass die beiden Handlungsoptionen „Erarbeitung von Informations- und Beratungsgrundlagen“ sowie „Monitoring der natürlichen Produktionsfaktoren, bspw. mittels Bodendauerbeobachtungsflächen, Dauerversuchen und Lysimeterversuchen“ durch die Experten der verschiedenen Institutionen im direkten Vergleich zur Anpassungsmaßnahme „Versuche zur Anpassung der Landbewirtschaftung“ als besonders vorteilhaft eingestuft wurden, um die *Weiterentwicklung von Beratungsgrundlagen für die Klimaanpassung in der Landwirtschaft* zu fördern.

Der Vergleich der Nettoflüsse erlaubt unter Berücksichtigung der doppelten Standardabweichung, die 95% aller Stichprobenwerte erfasst, eine Beurteilung, ob die Rangordnung *Abbildung 14* statistisch signifikant ist. Ist die Differenz der Nettoflüsse klein im Vergleich zu den Standardabweichungen, so gilt dies nicht. Aufgrund der großen Daten- und/oder Gewichtsvariabilität ist dann keine klare Entscheidung möglich, welche Alternative besser ist.

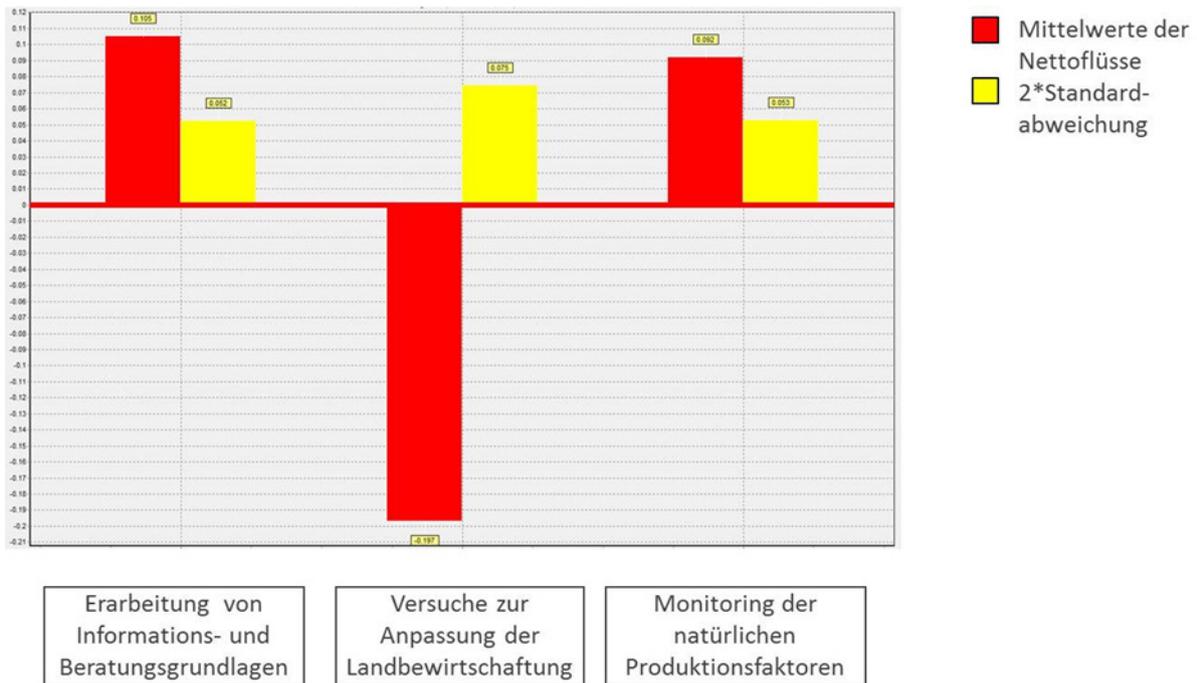


Abbildung 13: Weiterentwicklung Beratungsgrundlagen in der Landwirtschaft – Stimmen-Salden

Anmerkung: Die roten Balken geben die Nettoflüsse an. Diese können als Saldo der gewichteten Stimmen interpretiert werden, die für bzw. gegen die jeweilige Alternative sprechen. Je größer der rote Balken über (unter) der roten Nulllinie (Pro-Stimmen $\hat{=}$ Contra-Stimmen) ist, desto eher (weniger) ist die Maßnahme geeignet, das Erreichen der Zielsetzung zu befördern. Die gelben Balken zeigen die Unsicherheiten in den Daten an (vgl. Fußnote 16).

Abbildung 12 zeigt das Ergebnis der Multikriterien-Analyse als Rangfolge der Handlungsalternativen.

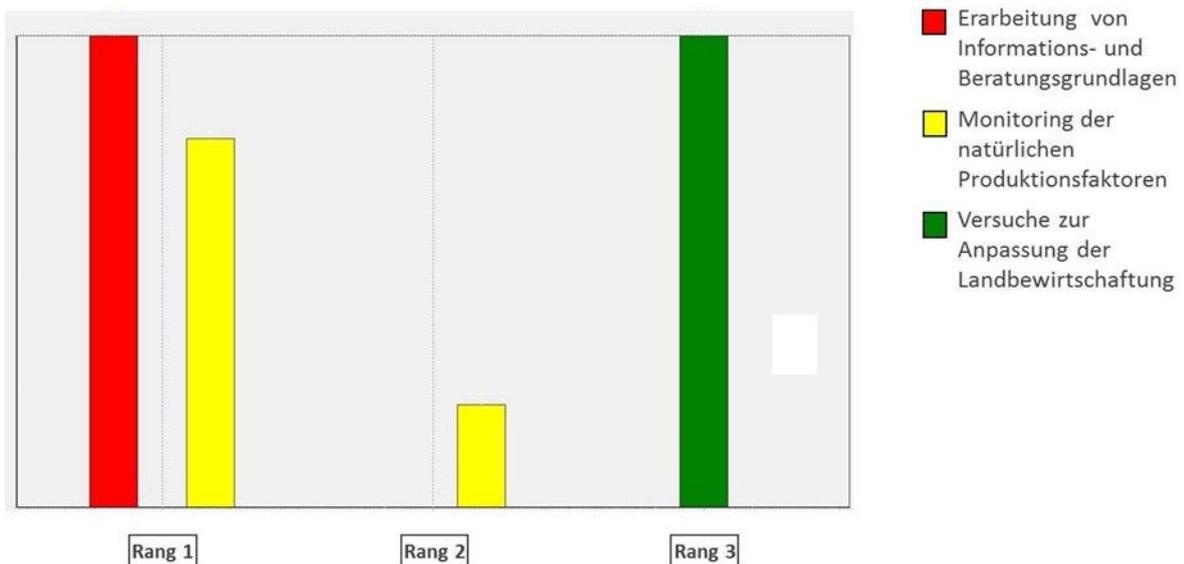


Abbildung 14: Weiterentwicklung Beratungsgrundlagen in der Landwirtschaft – Maßnahmen-Rangfolge

Anmerkung: Die Höhe der Balken zeigt an, wie häufig die jeweilige Alternative bei den durchgeführten multikriteriellen Bewertungen den jeweiligen Rang belegt.

Bei dieser Bewertung bestand hinsichtlich der besonderen Vorteilhaftigkeit der beiden genannten Handlungsoptionen kein Zweifel. Der Unterschied zwischen den beiden ist jedoch zu klein, als dass auf dieser Grundlage eine Abstufung vorgenommen werden sollte. Da nur ein Gewichtungssset verwendet wurde, spiegeln die gelben Balken in *Abbildung 13* lediglich Unsicherheiten in den verwendeten Daten wider.

5.4.3. Bewertung „Klimaanpassungsbezogene Aus-, Weiterbildung und landwirtschaftliche Beratung“

Die zweite Zielsetzung, für die eine Bewertung vorgenommen wurde, ist die *Aus- und Weiterbildung und landwirtschaftliche Beratung bezüglich der Anpassung an den Klimawandel*. Die hinsichtlich ihrer Eignung zur Beförderung dieser Zielsetzung zu vergleichenden Maßnahmen waren:

- Weiterentwicklung von Informationsdiensten,
- Vermittlung von Informations- und Beratungsgrundlagen für individuelle Anpassungen in den Betrieben zur Vermeidung betrieblicher und ökologischer Fehlentwicklungen,
- Weiterbildung der in der Landwirtschaft Beschäftigten.

Das methodische Vorgehen folgte dem der Bewertung zur Zielsetzung *Weiterentwicklung von Beratungsgrundlagen für die Klimaanpassung in der Landwirtschaft*. Der einzige Unterschied bestand darin, dass bei der Bewertung in Ermangelung entsprechender Daten nicht nur auf die Berücksichtigung der Kriterien *Einschätzung durch Bürger* und *Einschätzung durch Politik*, sondern auch auf das Kriterium *Reversibilität der Maßnahme* verzichtet werden musste. Die verwendeten Daten bestanden ausschließlich aus Einzelwerten, so dass hinsichtlich der Bewertungsergebnisse keine daten- oder gewichtungsbezogenen Unsicherheiten bestehen.

5.4.4. Bewertungsergebnis „Klimaanpassungsbezogene Aus-, Weiterbildung und landwirtschaftliche Beratung“

Der Vergleich dieser drei Anpassungsmaßnahmen zeigte auf, dass die „Vermittlung von Informations- und Beratungsgrundlagen für individuelle Anpassungen in den Betrieben zur Vermeidung betrieblicher und ökologischer Fehlentwicklungen“ auf Basis der Einschätzungen der Experten eindeutig als vorteilhafteste dieser drei Optionen zur Förderung der *Aus- und Weiterbildung und landwirtschaftlichen Beratung bezüglich der Anpassung an den Klimawandel* betrachtet werden kann. Die „Weiterbildung der in der Landwirtschaft Beschäftigten“ schnitt im direkten Maßnahmenvergleich weniger gut ab. *Abbildung 15* zeigt das Bewertungsergebnis auf Grundlage der Nettoflüsse und *Abbildung 16* stellt die in diesem Fall eindeutige Reihenfolge der betrachteten Maßnahmen dar.

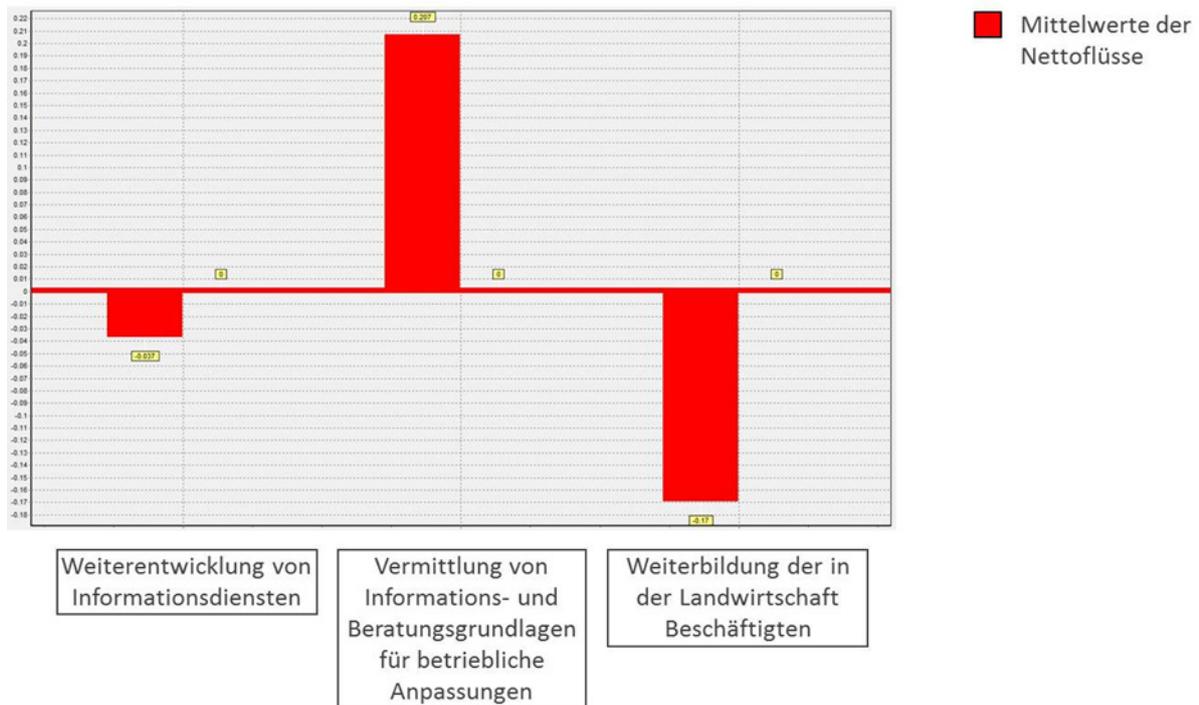


Abbildung 15: Anpassungsbezogene Aus-, Weiterbildung und landwirtschaftliche Beratung – Stimmen-Salden

Anmerkung: Die roten Balken geben die Nettoflüsse an. Diese können als Saldo der gewichteten Stimmen interpretiert werden, die für bzw. gegen die jeweilige Alternative sprechen. Je größer der rote Balken über (unter) der roten Nulllinie (Pro-Stimmen $\hat{=}$ Contra-Stimmen) ist, desto eher (weniger) ist die Maßnahme geeignet, das Erreichen der Zielsetzung zu befördern.

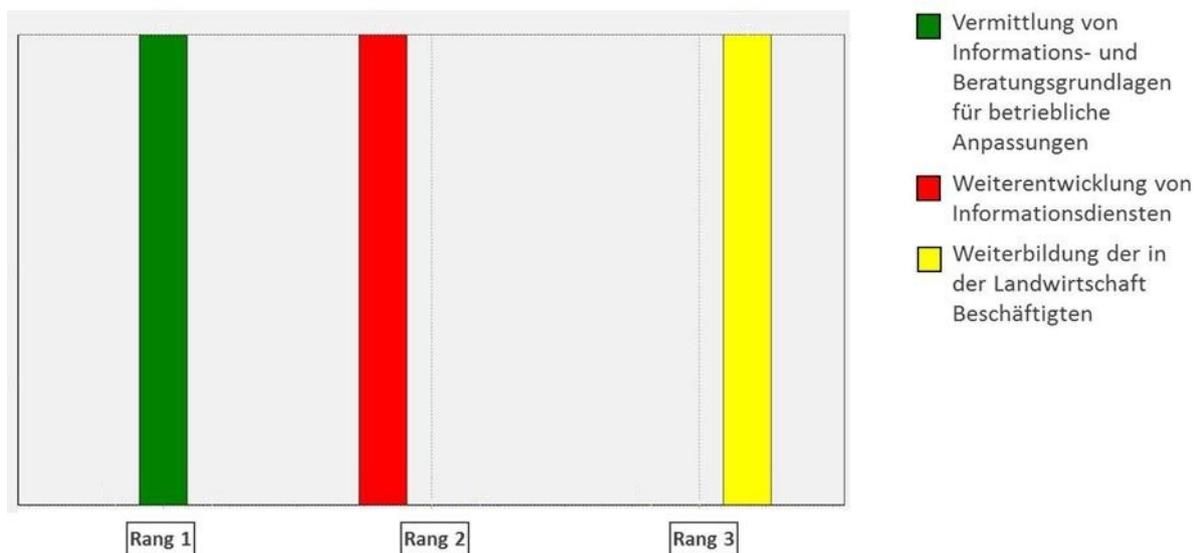


Abbildung 16: Anpassungsbezogene Aus-, Weiterbildung und landwirtschaftliche Beratung – Maßnahmen-Rangfolge

Anmerkung: Die Höhe der Balken zeigt an, wie häufig die jeweilige Alternative bei der durchgeführten multikriteriellen Bewertung den jeweiligen Rang belegt.

5.4.5. Bewertung „Klimaangepasste Fortschreibung landwirtschaftlicher Rahmenregelungen“

Die dritte Zielsetzung, für die in diesem Handlungsfeld eine Bewertung durchgeführt wurde, war die *Klimaangepasste Fortschreibung bestehender Rahmenregelungen für die Landwirtschaft*. Die mit Hinblick auf ihre Beförderung des Erreichens dieser Zielsetzung bewerteten Anpassungsmaßnahmen waren:

- Weiterentwicklung der Leitlinien für eine ordnungsgemäße Landbewirtschaftung,
- Erarbeitung von Planungsgrundlagen zur Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Belange bei der Landes- und Regionalplanung,
- Ausrichtung von geeigneten Planungsinstrumenten zur Berücksichtigung von Anpassungserfordernissen, z.B. in der Flurneuordnung,
- Weiterentwicklung der Landeskultur/Agrarraumgestaltung.

Bei der Bewertung wurde dem bereits skizzierten Vorgehen gefolgt. Es fanden alle zuvor für das Handlungsfeld genannten Kriterien mit Ausnahme der *Einschätzung durch Bürger* sowie der *Einschätzung durch Politik* Anwendung.

5.4.6. Bewertungsergebnis „Klimaangepasste Fortschreibung landwirtschaftlicher Rahmenregelungen“

Das in *Abbildung 17* auf Grundlage der Nettoflüsse dargestellte Bewertungsergebnis zeigt, dass unter Berücksichtigung der verwendeten Bewertungskriterien und erhobenen Daten und des genutzten Gewichtungssets v.a. die planungsbezogenen Maßnahmen „Erarbeitung von Planungsgrundlagen zur Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Belange bei der Landes- und Regionalplanung“ sowie „Ausrichtung von geeigneten Planungsinstrumenten zur Berücksichtigung von Anpassungserfordernissen“ als besonders vorteilhaft einzustufen waren. Das gilt im Besonderen für zeitlich vorgelagerte Erarbeitung der entsprechenden Grundlagen.

Die Darstellung der Maßnahmenrangfolgen in *Abbildung 18* spiegelt aufgrund der eindeutigen Einschätzungen der Experten (keine Angabe von Wertespanssen) die Reihung entsprechend der Nettoflüsse wider. Die Maßnahme „Weiterentwicklung der Leitlinien für eine ordnungsgemäße Landbewirtschaftung“ wurde im direkten Vergleich mit den anderen drei Handlungsoptionen als am wenigsten geeignet betrachtet, das Erreichen der Zielsetzung *Klimaangepasste Fortschreibung bestehender Rahmenregelungen für die Landwirtschaft* voranzubringen.

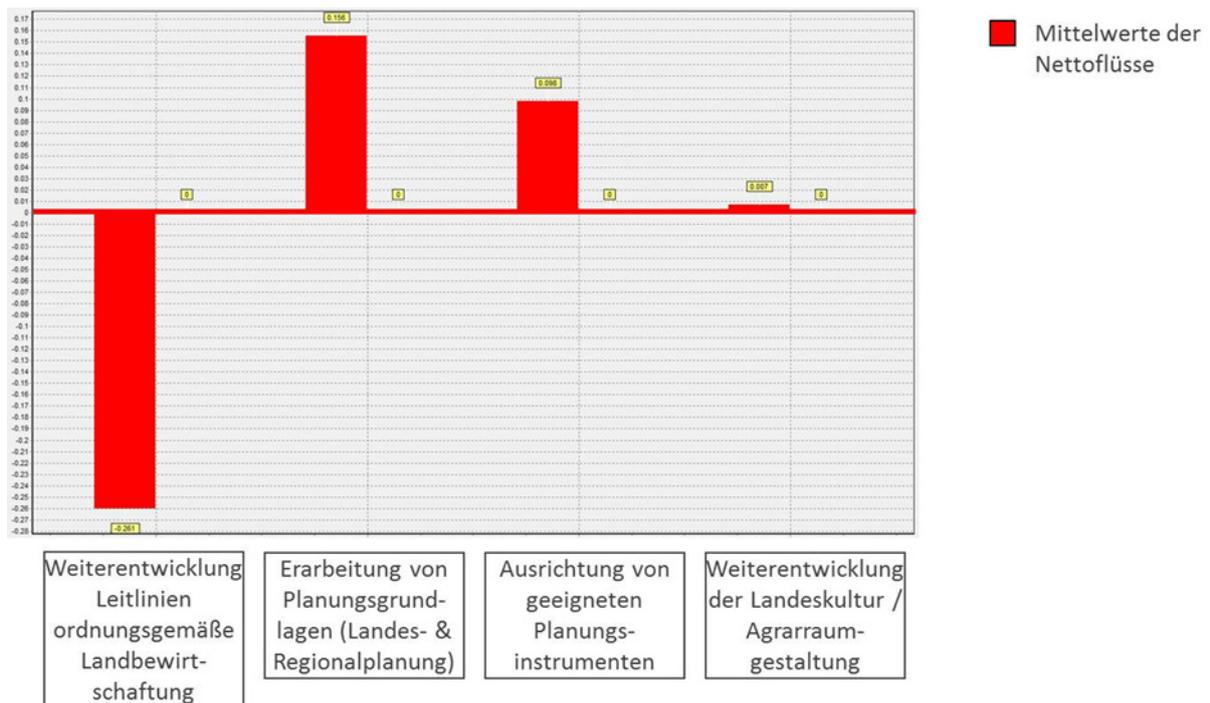


Abbildung 17: Klimaangepasste Fortschreibung landwirtschaftlicher Rahmenregelungen – Stimmen-Salden

Anmerkung: Die roten Balken geben die Nettoflüsse an. Diese können als Saldo der gewichteten Stimmen interpretiert werden, die für bzw. gegen die jeweilige Alternative sprechen. Je größer der rote Balken über (unter) der roten Nulllinie (Pro-Stimmen $\hat{=}$ Contra-Stimmen) ist, desto eher (weniger) ist die Maßnahme geeignet, das Erreichen der Zielsetzung zu befördern.

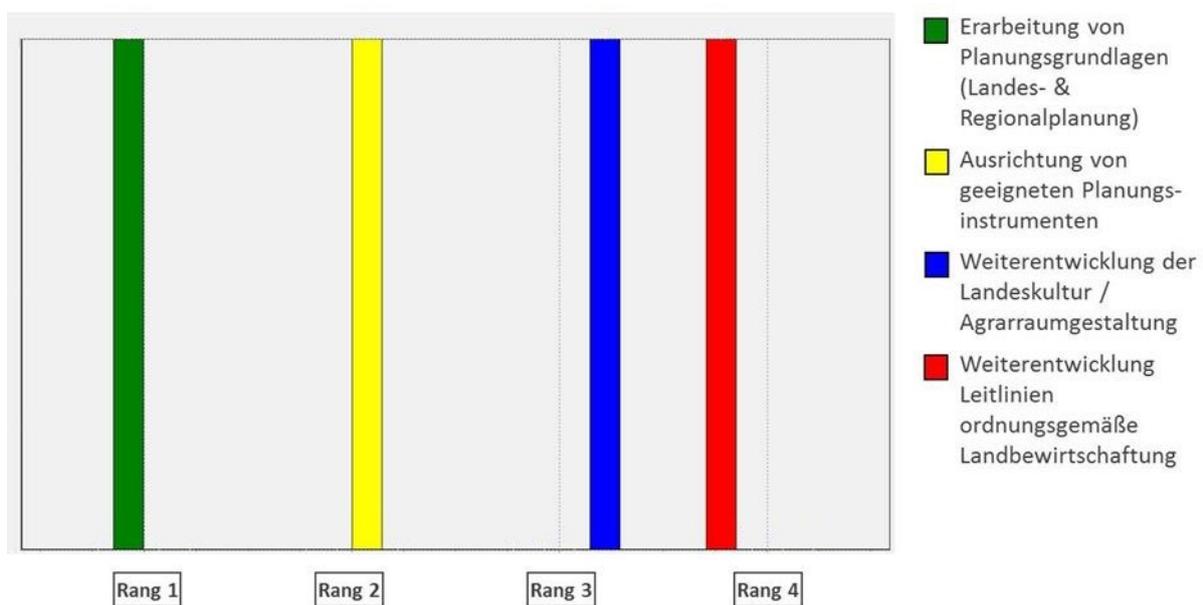


Abbildung 18: Klimaangepasste Fortschreibung landwirtschaftlicher Rahmenregelungen – Maßnahmen-Rangfolge

Anmerkung: Die Höhe der Balken zeigt an, wie häufig die jeweilige Alternative bei der durchgeführten multikriteriellen Bewertung den jeweiligen Rang belegt.

5.5 Betrachtungsfeld Boden

5.5.1. Bewertung „Anpassung des Bodenschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels“

Im Betrachtungsfeld Boden wurden im Rahmen dieser Studie Anpassungsmaßnahmen vergleichend bewertet, die der Zielsetzung *Anpassung des Bodenschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels* dienen. Diese waren:

- Minderung Bodenerosion,
- Entwicklung und Förderung des Bodenbewusstseins,
- Entsiegelung bzw. Vermeidung Versiegelung,
- Konkretisierung und Fortentwicklung der Guten Landwirtschaftlichen Praxis,
- Beobachtung der klimawandelbezogenen Veränderungen des Bodenzustandes und Anpassung der Messprogramme.

Dabei war die letztgenannte Handlungsoption eine Synthese der ursprünglich von den Fachexperten empfohlenen Maßnahmen

- Klimawandelbezogene Auswertung und Anpassung der Messprogramme,
- Beobachtung der durch den Klimawandel verursachten Veränderungen des Bodenzustands.

Die Einschätzungen, die die Basis dieser Bewertung bildeten, wurden durch Experten des Amtes für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten (ALFF), des Landesamtes für Umweltschutz (LAU), des Landesamtes für Geologie und Bergwesen (LAGB) sowie des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt vorgenommen. Bei der Bewertung wurden bis auf die *Einschätzung der Maßnahmen durch die Bürger, die Politik oder die Fachbehörden* sämtliche Kriterien berücksichtigt. Als einziges, die Umsetzungschancen der Maßnahmen betreffende Kriterium ging somit die *Durchführbarkeit* vor dem Hintergrund der bestehenden Rahmenbedingungen in die Abwägung ein.

5.5.2. Bewertungsergebnis „Anpassung des Bodenschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels“

Als Ergebnis der vergleichenden Betrachtung der Anpassungsmaßnahmen zeigte sich die besondere Vorteilhaftigkeit der „Entwicklung und Förderung des Bodenbewusstseins“. Dies ist neben der großen Bedeutung des Bodenbewusstseins für die Verbesserung der Anpassungsfähigkeit, v.a. auf die im Vergleich eher geringen finanziellen Mittel zurückzuführen, die für entsprechende Fördermaßnahmen aufzubringen wären.

Die in *Abbildung 19* über die Standardabweichungen dokumentierten Unsicherheiten sind auf die Verwendung von Wertespanssen anstatt von Einzelwerten für verschiedene Maßnahmen und Kriterien zurückzuführen. Die sich auf Grundlage der durchgeführten multikriteriellen Bewertungen ergebende Rangfolge der betrachteten Anpassungsmaßnahmen ist in *Abbildung 20* dargestellt.

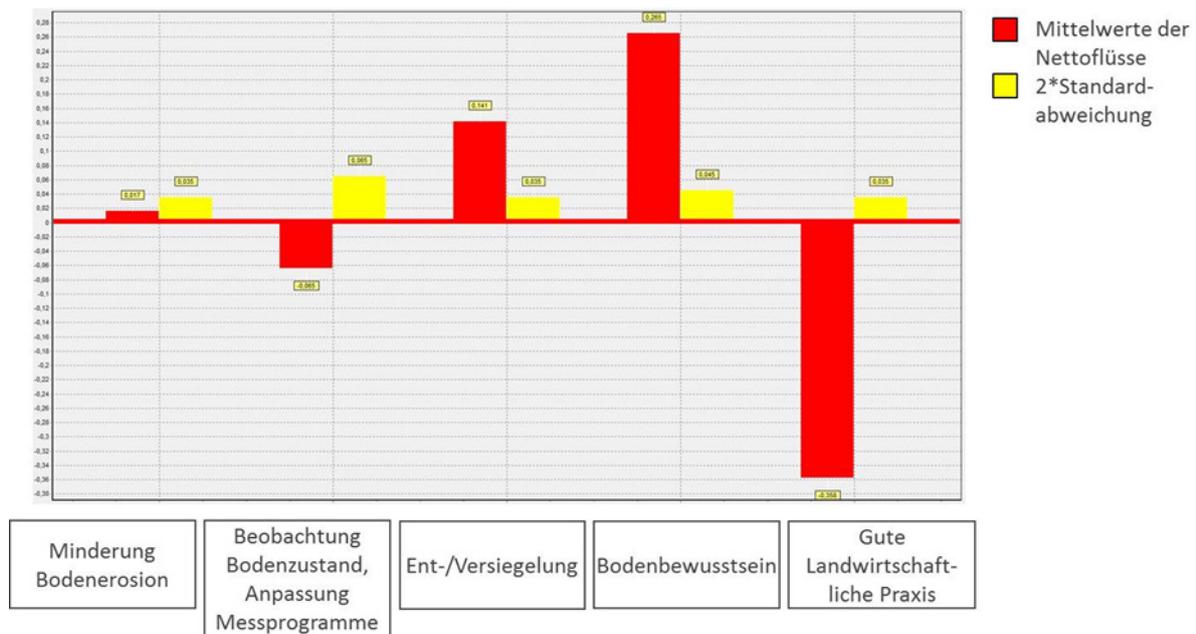


Abbildung 19: Anpassung des Bodenschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels – Stimmen-Salden

Anmerkung: Die roten Balken geben die Nettoflüsse an. Diese können als Saldo der gewichteten Stimmen interpretiert werden, die für bzw. gegen die jeweilige Alternative sprechen. Je größer der rote Balken über (unter) der roten Nulllinie (Pro-Stimmen $\hat{=}$ Contra-Stimmen) ist, desto eher (weniger) ist die Maßnahme geeignet, das Erreichen der Zielsetzung zu befördern. Die gelben Balken zeigen die Unsicherheiten in den Daten an (vgl. Fußnote 16).

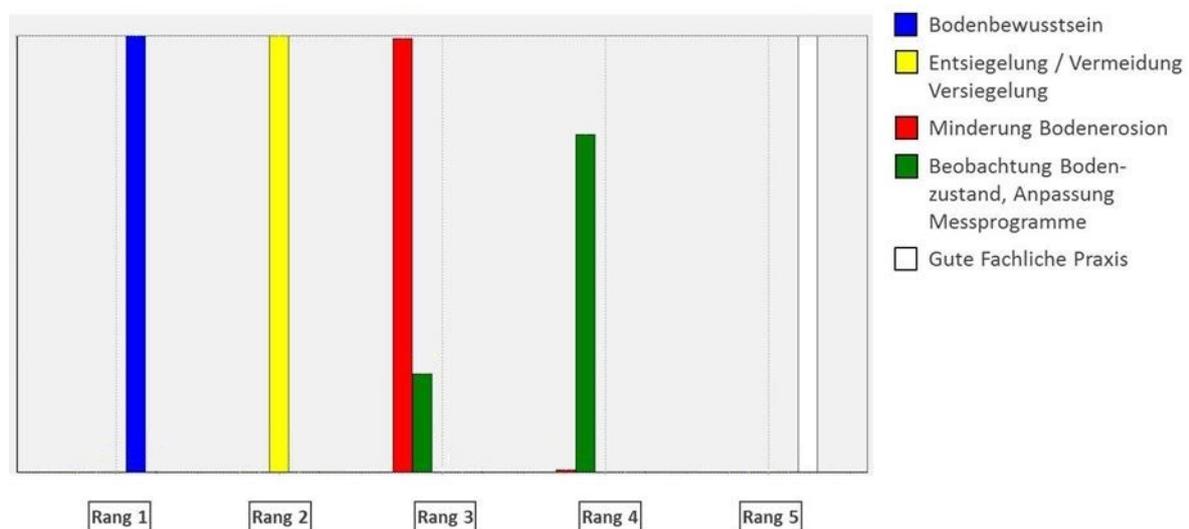


Abbildung 20: Anpassung des Bodenschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels – Maßnahmen-Rangfolge

Anmerkung: Die Höhe der Balken zeigt an, wie häufig die jeweilige Alternative bei den durchgeführten multikriteriellen Bewertungen den jeweiligen Rang belegt.

Insgesamt zeigte sich, dass die mit dem Bewertungsergebnis verbundene Unsicherheit eher klein ist. Dennoch kann man auf Basis einer Auswertung der Mittelwerte der Nettoflüsse, die die Standardabweichungen angemessen berücksichtigt, sowohl die „Entsiegelung bzw. Vermeidung Versiegelung“ als auch die „Minderung Bodenerosion“ sowie mit Einschränkungen

die „Beobachtung der klimawandelbezogenen Veränderungen des Bodenzustandes und Anpassung der Messprogramme“ für die Beförderung des Erreichens der Zielsetzung *Anpassung des Bodenschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels* als ähnlich geeignet einstufen.

Das Abschneiden der „Konkretisierung und Fortentwicklung der Guten Landwirtschaftlichen Praxis“ muss vor dem Hintergrund interpretiert werden, dass bei generell recht ähnliche Einschätzungen für die betrachteten Handlungsalternativen, diejenige Option als am wenigsten geeignet erscheint, die bezüglich einiger weniger, aber als wichtig eingestufte Einzelkriterien weniger gut bewertet wird. In diesem Fall war dies u.a. auf das Kriterium *Konflikte mit anderen Anpassungsmaßnahmen* zurückzuführen.

Bei der Interpretation der für das *Betrachtungsfeld Boden* ermittelten Ergebnisse ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass es durch dessen spezifischen Charakter eine besondere Herausforderung darstellt, Anpassungsmaßnahmen zu identifizieren und zu bewerten, die wirkliche Alternativen zu Erreichung des formulierten Anpassungsziels sind. Das gilt auch für die hier betrachteten Handlungsoptionen. Der Grund hierfür ist, dass Anpassungsmaßnahmen nur im Zusammenhang mit der Nutzung des Bodens, die typischerweise in anderen Handlungsfeldern erfolgt, geplant und umgesetzt werden können. Daher ist der Bereich Boden auch eher ein Betrachtungs- als ein eigenständiges Handlungsfeld.

5.6 Handlungsfeld Forstwirtschaft

5.6.1. Bewertung „Verbesserung forstlicher Ressourcen und des Waldzustands“

Eine der im forstwirtschaftlichen Sektor durchgeführten Analysen nahm eine vergleichende Bewertung der der Zielsetzung Verbesserung forstlicher Ressourcen und des Waldzustands zugeordneten Anpassungsmaßnahmen vor. Diese umfassten im Detail:

- Vermeidung biotischer Risiken,
- Aufforstung künftiger landwirtschaftlicher Grenzertragsgebiete,
- Fortführung und Anpassung des forstlichen Umwelt-Monitorings,
- Anbau leistungsstarker Baumarten und -herkünfte.

Die für die Durchführung der Bewertungen notwendigen Einschätzungen wurden von einem Experten des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt getroffen.

5.6.2. Bewertungsergebnis „Verbesserung forstlicher Ressourcen und des Waldzustands“

Auf Grundlage des in *Abbildung 21* in Form der Nettoflüsse und in *Abbildung 22* als Rangfolgen der betrachteten Maßnahmen dargestellten Bewertungsergebnisses ließen sich drei Schlussfolgerungen ziehen:

Die Anpassungsmaßnahme „Fortführung und Anpassung des forstlichen Umwelt-Monitorings“ wurde im direkten Vergleich der vier Handlungsoptionen eindeutig als besonders vorteilhaft identifiziert.

Die beiden Alternativen „Vermeidung biotischer Risiken“ sowie „Anbau leistungsstarker Baumarten und -herkünfte“ schienen etwa gleich geeignet zu sein, das Erreichen der Zielsetzung *Verbesserung forstlicher Ressourcen und des Waldzustands* zu befördern.

Die „Aufforstung künftiger landwirtschaftlicher Grenzertragsgebiete“ schnitt v.a. aufgrund des geringeren *Zusatznutzens* der Maßnahme, deren im geringeren Maße gegebener *zeitlicher Dringlichkeit* sowie den mit deren *Durchführung* verbundenen Herausforderungen im Vergleich der Handlungsoptionen am schlechtesten ab.

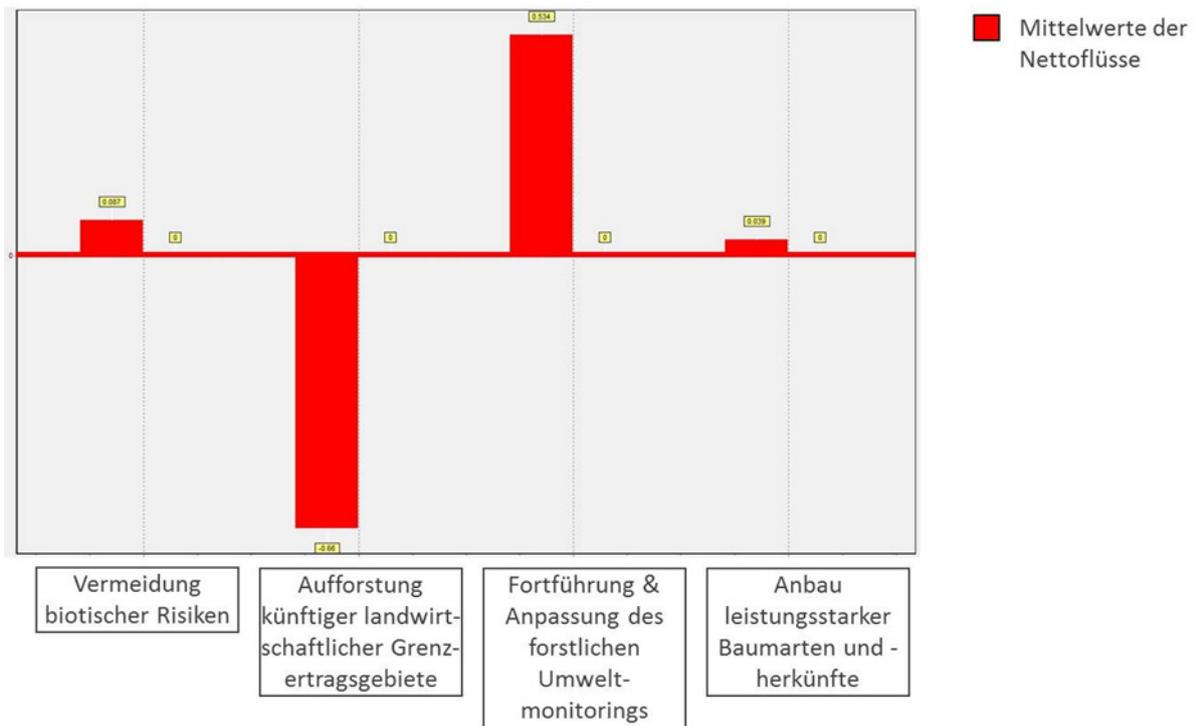


Abbildung 21: Verbesserung forstlicher Ressourcen und des Waldzustands – Stimmen-Salden

Anmerkung: Die roten Balken geben die Nettoflüsse an. Diese können als Saldo der gewichteten Stimmen interpretiert werden, die für bzw. gegen die jeweilige Alternative sprechen. Je größer der rote Balken über (unter) der roten Nulllinie (Pro-Stimmen $\hat{=}$ Contra-Stimmen) ist, desto eher (weniger) ist die Maßnahme geeignet, das Erreichen der Zielsetzung zu befördern.

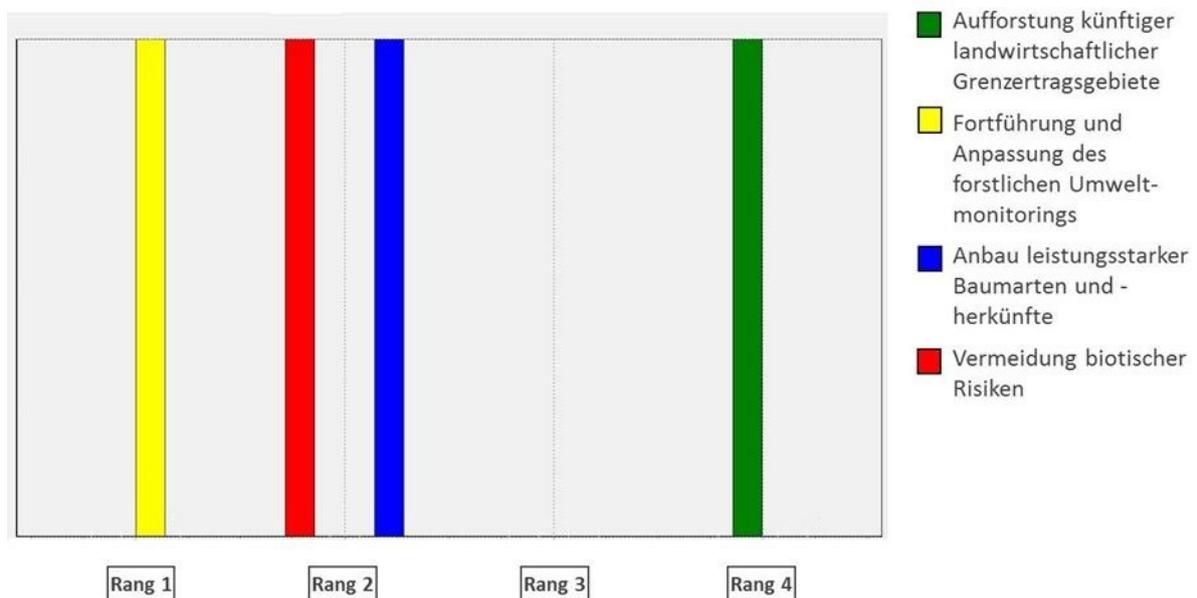


Abbildung 22: Verbesserung forstlicher Ressourcen und des Waldzustands – Maßnahmen-Rangfolge

Anmerkung: Die Höhe der Balken zeigt an, wie häufig die jeweilige Alternative bei der durchgeführten multikriteriellen Bewertung den jeweiligen Rang belegt.

5.6.3. Bewertung „Stabilisierung Waldökosysteme und Erhalt der Multifunktionalität“

Für den forstwirtschaftlichen Bereich wurde zudem eine Bewertung der Anpassungsmaßnahmen durchgeführt, die der Zielsetzung *Stabilisierung Waldökosysteme und Erhalt der Multifunktionalität* dienen sollen. Dabei wurden folgende Maßnahmen hinsichtlich ihrer Vorteilhaftigkeit verglichen:

- Ausweisung von potentiell besonders gefährdeten Gebieten,
- Entwicklung von Risikokarten und Anbauempfehlungen für Baumarten,
- Verbesserung Waldschutz-Monitoring und Weiterentwicklung integrierter Waldschutz,
- Weiterentwicklung des Handlungsrahmens der *Leitlinie Wald* bzgl. Risikomanagement.

5.6.4. Bewertungsergebnis „Stabilisierung der Waldökosysteme und Erhalt der Multifunktionalität“

Das in *Abbildung 23* und *Abbildung 24* dargestellte Bewertungsergebnis zeigt, dass die Maßnahmen „Ausweisung von potentiell besonders gefährdeten Gebieten, Verbesserung des Waldschutzmonitorings und Weiterentwicklung integrierter Waldschutz“ sowie „Weiterentwicklung des Handlungsrahmens der Leitlinie Wald mit Blick auf eine Verbesserung des Risikomanagements“ unter Berücksichtigung der verwendeten Bewertungskriterien, Daten und des genutzten Gewichtungssets für das Erreichen der Zielsetzung *Stabilisierung Waldökosysteme und Erhalt der Multifunktionalität* gleichermaßen förderlich sind.

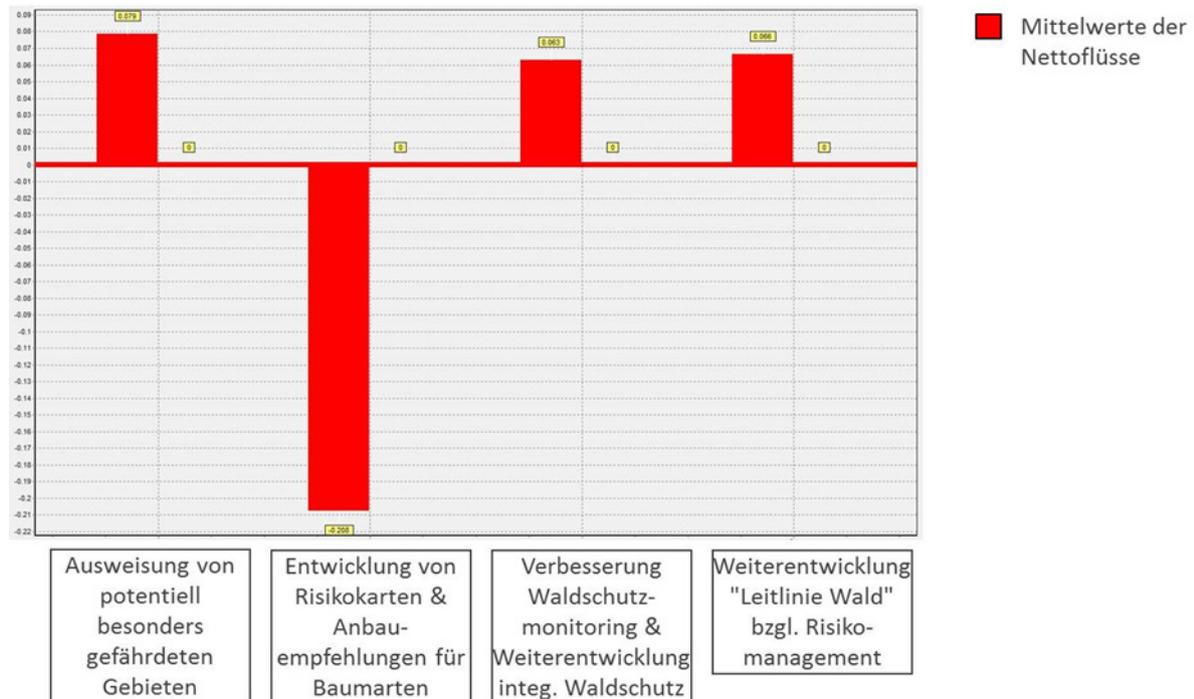


Abbildung 23: Stabilisierung Waldökosysteme und Erhalt der Multifunktionalität – Stimmen-Salden

Anmerkung: Die roten Balken geben die Nettoflüsse an. Diese können als Saldo der gewichteten Stimmen interpretiert werden, die für bzw. gegen die jeweilige Alternative sprechen. Je größer der rote Balken über (unter) der roten Nulllinie (Pro-Stimmen $\hat{=}$ Contra-Stimmen) ist, desto eher (weniger) ist die Maßnahme geeignet, das Erreichen der Zielsetzung zu befördern.

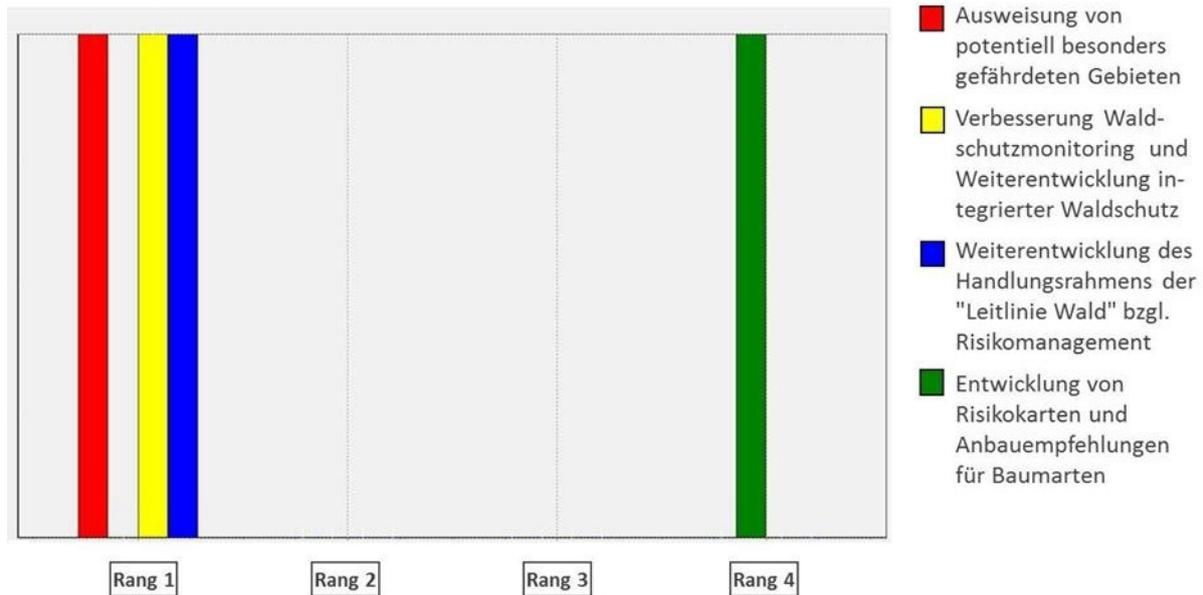


Abbildung 24: Stabilisierung Waldökosysteme und Erhalt der Multifunktionalität – Maßnahmen-Rangfolge

Anmerkung: Die Höhe der Balken zeigt an, wie häufig die jeweilige Alternative bei der durchgeführten multikriteriellen Bewertung den jeweiligen Rang belegt.

Der durch die beiden Abbildungen vermittelte Eindruck, dass die Maßnahme „Entwicklung von Risikokarten und Anbauempfehlungen für Baumarten“ *weit* weniger vorteilhaft sei, muss jedoch relativiert werden. Wie schon in Kapitel 5.2 angesprochen, können bei Bewertungen, bei denen für die betrachteten Alternativen insgesamt sehr ähnliche Einschätzungen abgegeben werden, vergleichsweise kleine Unterschiede in den Kriterienwerten, in diesem Fall v.a. für die Kriterien *Zusatznutzen* und *Durchführbarkeit*, einen erheblichen Einfluss auf das Bewertungsergebnis haben. Für diese Bewertung muss festgestellt werden, dass die ermittelte Rangfolge der Maßnahmen valide ist, die unterschiedliche Eignung der einzelnen Maßnahmen jedoch nur unter Beachtung dieses Hinweises eingeordnet werden sollte.

5.7 Handlungsfeld Tourismus

5.7.1. Bewertung „Anpassung des Tourismus‘ im Harz“

Im Handlungsfeld Tourismus wurde eine vergleichende Bewertung der Maßnahmen zur Beförderung des Erreichens der Zielsetzung *Anpassung des Tourismus‘ im Harz an die Erfordernisse des Klimawandels* vorgenommen. Im Einzelnen waren dies:

- Berücksichtigung des Klimawandels in touristischen Leitbildern und bei der Produktentwicklung,
- Unterstützung von Anpassungsstrategien durch geeignete Kommunikationsmaßnahmen,
- Analyse der Konflikte, die sich aus sektoralen Anpassungsmaßnahmen ergeben und Konfliktmanagement.

Die Bewertung basierte auf Einschätzungen von Fachexperten des Ministeriums für Wissenschaft und Wirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt. Für die Datenerhebung wurde auf Wunsch der Ansprechpartner ein reduzierter Kriterienkatalog verwendet. Kostenseitig gingen die *Gesamtkosten* in die Bewertung ein. Nutzenseitig wurden die *Bedeutung der Maßnahme*, die *zeitliche Dringlichkeit* deren Umsetzung, die *Dynamik der Wirkung*, mögliche positive *Klimaschutzwirkungen* sowie etwaige von der Klimaanpassungswirkung unabhängig *Zusatznutzen* berücksichtigt. Die Umsetzungschancen fanden durch das Kriterium der *Durchführbarkeit* Eingang in die Bewertung.

5.7.2. Bewertungsergebnis „Anpassung des Tourismus‘ im Harz“

Das Bewertungsergebnis ist in *Abbildung 25* in Form der Nettoflüsse und in *Abbildung 26* als Rangfolge der betrachteten Maßnahmen dargestellt. Die Durchführung von „Kommunikationsmaßnahmen“, die die Notwendigkeit der Anpassung an den Klimawandel sowie ergänzende Informationen dazu vermitteln, wie dies geschehen kann, schienen im besonderen Maße geeignet, das Erreichen der Zielsetzung *Anpassung des Tourismus im Harz an die Erfordernisse des Klimawandels* zu befördern. Im direkten Vergleich der Handlungsoptionen zeigte sich die verstärkte „Berücksichtigung des Klimawandels in touristischen Leitbildern und bei der Entwicklung touristischer Angebote im Harz“ als ebenfalls geeignet.

Das weniger gute Abschneiden der Anpassungsmaßnahme „Analyse der Konflikte, die sich aus sektoralen Anpassungsmaßnahmen ergeben und deren Management“, war u.a. darauf zurückzuführen, dass deren *zeitliche Dringlichkeit* und *Durchführbarkeit* sowie die gestifteten *Zusatznutzen* in geringerem Maße gegeben sind, als dies bei den anderen Handlungsoptionen der Fall ist.

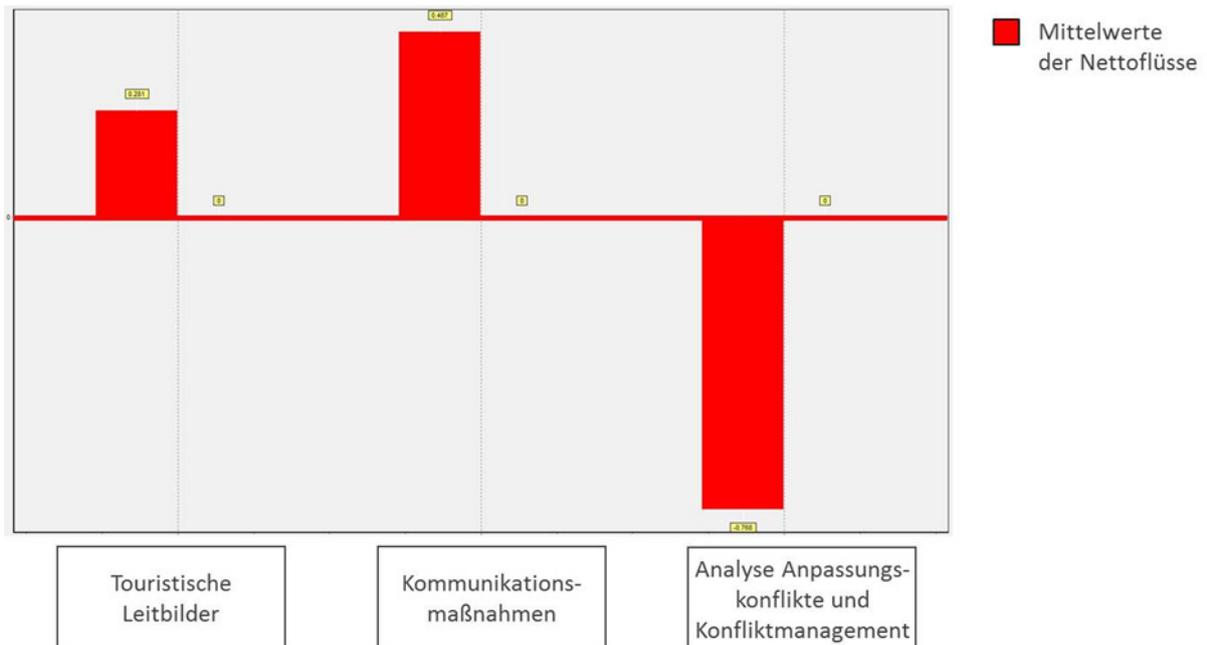


Abbildung 25: Anpassung des Tourismus' im Harz – Stimmen-Salden

Anmerkung: Die roten Balken geben die Nettoflüsse an. Diese können als Saldo der gewichteten Stimmen interpretiert werden, die für bzw. gegen die jeweilige Alternative sprechen. Je größer der rote Balken über (unter) der roten Nulllinie (Pro-Stimmen $\hat{=}$ Contra-Stimmen) ist, desto eher (weniger) ist die Maßnahme geeignet, das Erreichen der Zielsetzung zu befördern.

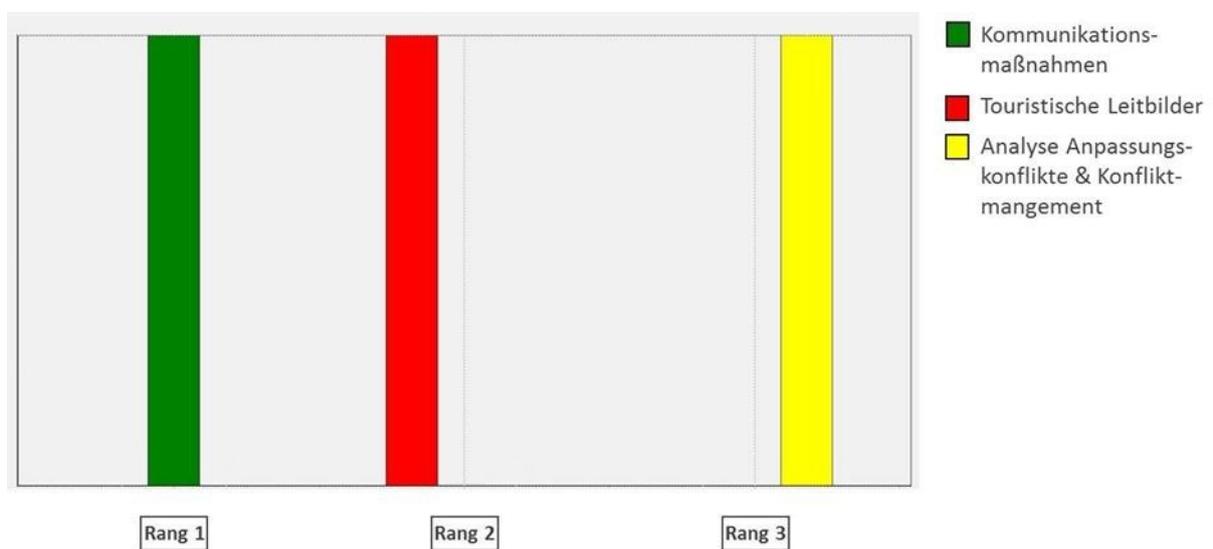


Abbildung 26: Anpassung des Tourismus' im Harz – Maßnahmen-Rangfolge

Anmerkung: Die Höhe der Balken zeigt an, wie häufig die jeweilige Alternative bei der durchgeführten multikriteriellen Bewertung den jeweiligen Rang belegt.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie wurden zunächst auf Basis der Auswertung aktueller Klimainformationen sowie einer bewertenden Bestandaufnahme der Anpassungsstrategie des Landes Sachsen-Anhalt einige Empfehlungen für deren Überarbeitung entwickelt.

Die aktuelle Studie (Kreienkamp, Spekat, Enke 2012) zeichnet insgesamt ein sehr ähnliches Bild von den zu erwartenden klimatischen Veränderungen in Sachsen-Anhalt wie die frühere Untersuchung (Kropp et al. 2009), die eine der wesentlichen Grundlagen der Erarbeitung der Anpassungsstrategie darstellte. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass die aktuelle Studie die schon in der ersten Klimafolgenstudie angesprochene Entwicklung von Extremereignissen ausführlicher analysiert und somit einige der früheren Aussagen auf diese Weise absichert. Die sektoralen Analysen von Pfützner et al. (2012), Sutmöller et al. (2012), Deimer, Steininger (2012) und Thiele et al. (2012) erweitern das Wissen bezüglich der konkreten Auswirkungen und (nutzungsbezogenen) Folgen des Klimawandels in den für Sachsen-Anhalt als besonders relevant erachteten Handlungsfeldern *Wasser, Landwirtschaft, Forstwirtschaft* und *Naturschutz*. In der Zusammenschau führen die nun zusätzlich vorliegenden Informationen nicht zu einer abweichenden Bewertung der bestehenden und zu erwartenden Anpassungsnotwendigkeiten. Die neuen Daten werden jedoch die Verständigung über geeignete Anpassungsmaßnahmen befördern. Substantielle Überarbeitungen oder eine Neuausrichtung der Anpassungsstrategie sind auf der Basis der aktuellen Klimafolgenstudien nicht notwendig.

Die bewertende Betrachtung der Anpassungsstrategie Sachsen-Anhalts erfolgte, indem

- (1) der Prozess der Strategieentwicklung analysiert,
- (2) für ausgewählte Handlungsfelder die Legitimation der in Strategie und Aktionsplan beschriebenen Anpassungsmaßnahmen aus wirtschaftswissenschaftlichen Perspektive untersucht sowie
- (3) ein Vergleich mit den Anpassungsstrategien anderer Bundesländer und der des Bundes vorgenommen wurden.

Als Ergebnis der Prozessanalyse wurde festgehalten, dass der als Vergleichsmaßstab genutzte, idealtypische Prozess der Strategieentwicklung in Sachsen-Anhalt bislang teilweise, aber nicht vollständig durchlaufen wurde. Abweichungen ließen sich mit Hinblick auf die empfohlene Nutzung eines Kriterienkatalogs zur Auswahl der Anpassungsmaßnahmen sowie die Gewährleistung eines effektivitätsorientierten, ggf. indikatorbasierten Monitorings von Anpassungsmaßnahmen und Anpassungsstrategie feststellen. Erste Schritte einer detaillierten Bewertung von Anpassungsmaßnahmen wurden im Rahmen dieser Studie unternommen.

Die Analyse der in den Handlungsfeldern *Wasser, Landwirtschaft, Forstwirtschaft* und *Naturschutz* betrachteten Aufgaben, d.h. Zielsetzungen und den diesen im Aktionsplan zugewiesenen Maßnahmen, ergab, dass diese aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht allesamt legitime Formen staatlichen Handelns darstellen.

Der Vergleich ausgewählter anpassungsbezogener Publikationen anderer Bundesländer sowie der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel und dem zugehörigen Aktionsplan mit der Anpassungsstrategie und dem Aktionsplan Sachsen-Anhalts zeigte, dass deren Aufbau und inhaltliche Fokussierung in Wesentlich dem Vorgehen auf der Bundesebene entsprechen. Die bestehenden Abweichungen wurden dargestellt.

Im Vergleich mit den Initiativen der anderen Bundesländer fiel die *frühzeitige* und *umfassende* Befassung mit der Thematik Klimaanpassung in Sachsen-Anhalt auf. Trotz der Vorreiterrolle Sachsens-Anhalts scheint es sinnvoll, im Rahmen der Revision der Anpassungsstrategie einzelne Aspekte, in denen die Aktivitäten auf der Bundesebene und/oder in den anderen Bundesländern anders ausgestaltet sind, zu prüfen. Diesbezüglich bestehende Anhaltspunkte wurden zusammen mit weiteren Änderungs- und Ergänzungsvorschläge in einem eigenständigen Kapitel dargestellt.

Im zweiten Teil der Untersuchung wurden in den Handlungs- bzw. Betrachtungsfelder *Wasser, Boden, Landwirtschaft, Forstwirtschaft* und *Tourismus* Anpassungsmaßnahmen identifiziert, die zum Erreichen spezifischer, anpassungsbezogener Zielsetzungen als besonders vorteilhaft erscheinen. Die Bewertung erfolgte unter Anwendung eines multikriteriellen Verfahrens. Auf dieser Grundlage konnten für jede der insgesamt acht betrachteten Zielsetzungen Maßnahmen bestimmt werden, die im Vergleich zu den übrigen bestehenden Handlungsalternativen als besonders vorteilhaft erscheinen, das Erreichen der jeweiligen anpassungsbezogenen Zielsetzung zu befördern.

Damit wurde nicht nur die erste multikriterielle Bewertung von Anpassungsmaßnahmen in Sachsen-Anhalt vorgelegt, sondern durch die eingehende Darstellung des methodischen Vorgehens ein Instrument vorgestellt, das auch zukünftig bei der Überarbeitung von Anpassungsstrategie und -aktionsplan eingesetzt werden kann.

7 Literaturverzeichnis

AP-ST (2010): *Strategie des Landes Sachsen-Anhalt zur Anpassung an den Klimawandel und dazu gehörender Aktionsplan, Teil II Aktionsplan*, Magdeburg.

Beck, S.; Bovet, J.; Baasch, S.; Reiß, P.; Görg, C. (2011): *Synergien und Konflikte von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel*, Climatic Change 18/2011, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Bednar-Friedl, B.; Koland, O.; König, M.; Raab, J. (2011): *Die gesellschaftlichen Kosten von Anpassung: Ansätze für eine Bewertung von Anpassungsoptionen (SALDO)*, Endbericht Start-Clim 2010.C, Wegener Zentrum, Universität Graz & Umweltbundesamt, Wien.

Bernhofer, C.; Goldberg, V.; Franke, J.; Surke, M.; Adam, J. (2008): „Regionale Klimadiagnose Sachsen-Anhalt“, *Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt*, Sonderheft 5-2008, Halle.

Birkmann, J.; Böhm, H. R.; Buchholz, F.; Büscher, D.; Daschkeit, A.; Ebert, S.; Fleischhauer, M.; Frommer, B.; Köhler, S.; Kufeld, W.; Lenz, S.; Overbeck, G.; Schanze, J.; Schlipf, S.; Sommerfeldt, P.; Stock, M.; Vollmer, M.; Walkenhorst, O. (2011): „Glossar Klimawandel und Raumplanung“, *E-Paper der ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung)*, Nr. 10, Hannover.

Bruin, K. de; Dellink, R. B.; Ruijs, A.; Bolwidt, L.; Buuren, A. van; Graveland, J.; Groot, R. S. de; Kuikman, P. J.; Reinhard, S.; Roetter, R. P.; Tassone, V. C.; Verhagen, A.; Ierland, E. C. van (2009): „Adapting to climate change in The Netherlands: an inventory of climate adaptation options and ranking of alternatives“, *Climatic Change*, 95, S. 23-45.

Deimer, C.; Steininger, M. (2012): *Durchführung einer Untersuchung zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt*, Los 2 Landwirtschaft, Abschlussbericht, 30.10.2012, Magdeburg.

Gawel, E., Heuson, C. (2011): „Der „Aktionsplan Anpassung“ zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel – eine ökonomische Bewertung“, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 61 (12), S. 51-56.

Hallegatte S.; Lecocq F.; de Perthuis, C. (2011): „Designing climate change adaptation policies – an economic framework“, *Policy Research Working Paper 5568*, The World Bank Sustainable Development Network, Washington.

Hanley, N.; Spash, C. (1993): *Cost-Benefit Analysis and the Environment*. Cheltenham.

Hanusch, H. (1994): *Nutzen-Kosten-Analyse*, München.

Heuson, C.; Gawel, E.; Gebhardt, O.; Hansjürgens, B.; Lehmann, P.; Meyer, V.; Schwarze, R. (2012): *Ökonomische Grundfragen der Klimaanpassung. Umriss eines neuen Forschungsprogramms*, UFZ-Bericht 02/2012, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig.

Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) (2012): *Fachinformationen: Anpassung in den Ländern*, Zuletzt abgerufen am 05. November 2012. Verfügbar unter: http://www.anpassung.net/cIn_339/nn_700714/DE/Fachinformationen/Anpassung_20in_20Oden_20Laendern/anpassung_in_den_Laendern_node.html

Kreienkamp, F.; Spekat, A.; Enke, W. (2012): *Durchführung einer Untersuchung zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt*, Abschlussbericht Los 1.1 und 1.2, Abschlussbericht, 20.01.2012, Magdeburg.

Kropp, J.; Roithmeier, O.; Hattermann, F.; Rachimow, C.; Lüttger, A.; Wechsung, F.; Lasch, P.; Christiansen, E.S.; Reyer, C.; Suckow, F., Gutsch, M.; Holsten, A.; Kartschall, T.; Wodinski, M.; Hauf, Y.; Conradt, T.; Österle, H.; Walther, C.; Lissner, T.; Lux, N.; Tekken, V.; Ritchie, S.; Kossak, J.; Klaus, M.; Costa, L.; Vetter, T.; Klose, M. (2009): *Klimawandel in Sachsen-Anhalt. Verletzlichkeiten gegenüber den Folgen des Klimawandels*, Endbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) im Auftrag des MLU Sachsen-Anhalt, Magdeburg.

Osberghaus, D.; Dannenberg, A.; Mennel, T.; Sturm, B. (2010): „The role of the government in adaptation to climate change“, *Environment and Planning C: Government and Policy*, 28, S. 834-850.

Pfützner, B.; Klöcking, B.; Schumann, A.; Hesse, G. (2012): *Durchführung einer Untersuchung zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt*, Los 1.3 (Wasser), vorläufiger Endbericht März 2012, Magdeburg.

Schönthaler, K.; Andrian-Werburg, S. v.; Nickel, D.; Pieck, S.; Tröltzsch, J.; Küchenhoff, H.; Rubenbauer, S. (2011): *Entwicklung eines Indikatorensystems für die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)*, Climate Change Nr. 22/2011, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Sutmöller, J.; Ahrends, B.; Schmidt, M.; Albert, M.; Fleck, S.; Plasil, P.; Meesenburg, H. (2012): *Durchführung einer Untersuchung zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt*, Los 3 (Forstwirtschaft), Zwischenbericht, April 2012, Göttingen.

Thiele, V.; Berlin, A.; Bussche, J.; Degen, B.; von Kreutzner, K.; Lipinski, A.; Niederstraßer, J. (2012): *Durchführung einer Untersuchung zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt*, Los 1.4 (Naturschutz), Zwischenbericht, April 2012, Magdeburg.

Tröltzsch, J.; Görlach, B.; Lückge, H.; Peter, M.; Sartorius, C. (2011a): *Ökonomische Aspekte der Anpassung an den Klimawandel – Literaturlauswertung zu Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel*, Climatic Change 19/2011, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Tröltzsch, J.; Görlach, B.; Lückge, H.; Peter, M.; Sartorius, C. (2011b): *Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel*, Zwischenbericht Arbeitspaket 2, FKZ 3709 41 121, März 2011, Berlin.

Zimmermann, H. J.; Gutsche, L. (1991): *Multi-Criteria Analyse - Einführung in die Theorie der Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzungen*, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio.

Herausgegeben
durch das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
Stabsstelle Fachbereichsübergreifende Aufgaben, Klimawandel, Öffentlichkeitsarbeit

Impressum

Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt - Halle (2013) Heft 9:

Klimafolgenstudie 2012, Anpassungsmaßnahmen

Autoren:

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
B. Hansjürgens, O. Gebhardt, T. Zölch, C. Heuson, S. Melch

Redaktion:

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
Dr. Christiane Röper
Manfred Unglaube

Foto Titelseite: Manfred Unglaube (2012)

Herausgeber und Bezug:

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, PSF 200 841, 06009 Halle (Saale)
Sitz: Reideburger Str. 47, 06116 Halle (Saale), Telefon +49 345 5704-0
E-Mail: poststelle@lau.mlu.sachsen-anhalt.de

Diese Schriftenreihe wird kostenlos abgegeben und darf nicht verkauft werden. Der Nachdruck bedarf der Genehmigung.

Die Autoren sind für den fachlichen Inhalt ihrer Beiträge selbst verantwortlich. Die von ihnen vertretenen Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

März 2013

Diese Schrift darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben politischer Informationen oder Werbemittel. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Schrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte.

ISSN 0941-7281

