

Auswirkung des Klimawandels auf die Kulturlandschaft

Overbeck, Gerhard

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL)

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Overbeck, G. (2013). Auswirkung des Klimawandels auf die Kulturlandschaft. In T. Heintl, & J. Stadelbauer (Hrsg.), *Die Kulturlandschaft des ländlichen Raums in Baden-Württemberg - Entwicklungen, Kontexte, Perspektiven* (S. 68-80). Hannover: Verl. d. ARL. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-354026>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Gerhard Overbeck

Auswirkung des Klimawandels auf die Kulturland

S. 68 - 80

Aus:

Thomas Heinel, Jörg Stadelbauer (Hrsg.)

Die Kulturlandschaft des ländlichen Raums in Baden-Württemberg

Entwicklungen, Kontexte, Perspektiven

Arbeitsmaterial der ARL 359

Hannover 2013

Gerhard Overbeck

Auswirkungen des Klimawandels auf die Kulturlandschaft

Gliederung

- 1 Einführung
- 2 Klimawandel – ein Überblick
- 3 Auswirkungen des Klimawandels auf die Kulturlandschaft
 - 3.1 Direkte Auswirkungen des Klimawandels
 - 3.2 Landschaftliche Auswirkungen des Klimaschutzes
- 4 Konsequenzen für den ländlichen Raum und die Raumentwicklung

Literatur

1 Einführung

Der anthropogene Klimawandel ist aktuell eines der am stärksten diskutierten umweltpolitischen Themen. Dies betrifft besonders das Handlungsfeld des Klimaschutzes, also die möglichst weitgehende Reduktion von Treibhausgasemissionen und damit eine Abschwächung des Klimawandels (verbunden mit der Diskussion um den Energiemix der Zukunft und den Zeitplan für den Ausstieg aus der Atomenergie). Aber auch das Handlungsfeld der Anpassung an die nicht mehr vermeidbaren Folgen des Klimawandels hat in den letzten Jahren den Einzug in die öffentliche Diskussion gefunden. Beide Felder hängen eng miteinander zusammen: das Ausmaß, in dem Anpassung betrieben werden muss, hängt entscheidend davon ab, inwieweit es auf globaler Ebene gelingt, den Klimawandel zu begrenzen. Entsprechend werden der Klimaschutz und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels auch als „zwei untrennbare Handlungserfordernisse“ bezeichnet (Böhm 2007).

Der Klimawandel wird lokal und regional wirken und auch unsere Kulturlandschaften verändern. Einerseits sind einzelne Landschaftselemente oder Nutzungsmöglichkeiten direkt durch den Wandel der klimatischen Verhältnisse betroffen, andererseits haben die Anpassungsmaßnahmen des Menschen Auswirkungen auf die Kulturlandschaftsentwicklung. Deutlich wird dies beispielsweise durch die starke – und das Landschaftsbild unmittelbar prägende – Zunahme der Nutzung erneuerbarer Energien, v. a. durch Biomasseanbau und Windkraft. Gerade der ländliche Raum, in dem naturnahe Elemente und land- und forstwirtschaftliche Nutzungen prägend sind, ist sichtbar von den Änderungen im Bereich Energieerzeugung betroffen, und diese werden noch zunehmen.

Die folgende Darstellung kann nicht dazu dienen, die erwarteten Veränderungen konkreter Landschaften in Baden-Württemberg im Detail darzustellen, zumal zu den Auswirkungen des Klimawandels, gerade mit Blick auf sehr komplexe Wirkungsketten der Veränderungen in den verschiedenen Bereichen, noch erheblicher Forschungsbedarf einerseits und Unsicherheiten andererseits bestehen. Ziel dieses Beitrags ist vielmehr, die erwarteten landschaftswirksamen Folgen des Klimawandels auf der Grundlage aktu-

eller Literatur überblicksartig zu skizzieren und somit neben dem demographischen und dem agrarstrukturellen Wandel eine weitere „Rahmenbedingung“ für die Entwicklung der Kulturlandschaft im ländlichen Raum darzustellen. Dabei erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf „landschaftsrelevante“ Änderungen. Spezifisch für Städte wichtige Aspekte, z.B. Hitzebelastung und damit zusammenhängende Folgen für die menschliche Gesundheit, und die Verwundbarkeit von Infrastruktur- und Versorgungseinrichtungen, z.B. durch Sturzfluten, werden in diesem Beitrag ausgenommen.

2 Klimawandel – ein Überblick

Der anthropogene Klimawandel wird aller Voraussicht nach in Deutschland zu erheblichen Änderungen von Klimaparametern führen. Für Deutschland wird nach Ergebnissen der REMO-Modelle¹ (s. Jakob et al. 2008) derzeit ein Erwärmungstrend von 2,5 bis 3,5°C bis zum Jahr 2100 (im Vergleich zur sog. Klimanormalperiode 1961–1990) angenommen, je nach dem zugrunde liegenden Szenario² der sozio-ökonomischen Entwicklung. Dabei kann der Temperaturanstieg im Winter mit 4,0°C am stärksten ausfallen, am geringsten wohl im Frühjahr (Jakob et al. 2008). Für Baden-Württemberg wird ein durchschnittlicher Anstieg der Jahrestemperatur von 2,2°C bis 3,6°C bis 2100 projiziert, je nach Emissionsszenario (Winter: 2,5 bis 4,1°C; Frühjahr: 1,2 bis 2,0°C; Sommer: 2,7 bis 4,1°C; Herbst: 2,6 bis 4,0°C; ebd.). Die Berechnungen mit dem Modell WETTREG ergeben eine etwas geringere Bandbreite der Temperaturentwicklung (Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur um 2,0 bis 2,5°C; Spekat et al. 2007).

Die Niederschläge werden nach den REMO-Berechnungen im Jahresmittel insgesamt in etwa konstant bleiben, zwischen den Jahreszeiten sind jedoch große Unterschiede zu erwarten: Für die Sommermonate wird (bis 2100) eine Niederschlagsabnahme um bis zu 20% berechnet, in den Wintermonaten kann der Niederschlag um mehr als 20% zunehmen (Jakob et al. 2008). Hier werden aller Voraussicht nach regional große Unterschiede zu verzeichnen sein. Die Studie von Feldmann et al. (2010), die den Zeitraum bis 2040 betrachtet, zeigt auf, dass die Änderungen zunächst recht moderat sein werden.

Neben den Änderungen der primären Klimaparameter wie Temperatur und Niederschlag wird es zum Wandel abgeleiteter Klimagrößen kommen, sodass auch Berechnungen zur Häufigkeit von Extremwetterereignissen und weiteren abgeleiteten Größen durchgeführt werden.

Wichtig ist, dass es sich bei den Ergebnissen von globalen oder regionalisierten Klimamodellen nicht um Prognosen, sondern um Projektionen handelt, die auf einer Reihe von Annahmen über die zukünftigen Rahmenbedingungen basieren, in erster Linie hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Treibhausgasemissionen (dargestellt in den SRES-Szenarien, s. Fußnote 2). Auch ergeben sich Unterschiede zwischen unterschiedlichen Modellierungsverfahren (s.o.). Somit sind die Ergebnisse der Klimamodellierung und daraus abgeleitete Aussagen alle mit relativ großen Unsicherheitsspannen behaftet (vgl. Walkenhorst, Stock 2009). Dies muss beispielsweise bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien berücksichtigt werden: Das genaue Ausmaß des Klimawandels ist unbekannt, der Entwicklungstrend ist jedoch i. d. R. erkennbar.

¹ Eine knappe Einführung zu den Klimamodellen REMO und WETTREG findet sich auf der Website des Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung (KomPass) des Umweltbundesamts (www.anpassung.net); dort sind auch die Ergebnisse regionalisierter Klimamodellierungen verfügbar.

² Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hat sich auf einige grundlegende Szenarien zur globalen Entwicklung der Treibhausgasemissionen verständigt (SRES-Szenarien), welche die Bandbreite möglicher Entwicklungen aufzeigen.

Der bisherige Klimawandel ist durch meteorologische Daten gut belegt (vgl. z.B. Schönwiese 2007). Für den Zeitraum von 1951 bis 2000 ist für Baden-Württemberg ein Temperaturanstieg feststellbar, der zwischen 0,6°C und 1,5°C liegt (je nach Region); die Anzahl der Frosttage pro Jahr ging um bis zu 30 Tage zurück, die Zahl der Sommertage pro Jahr nahm um 20 Tage zu. Fast überall war eine Zunahme der Niederschläge (Jahressumme) zu verzeichnen. Diese betrug im Schwarzwald bis zu 300 mm, die Zahl der Starkniederschlagstage nahm dort um bis zu 11 Tage zu (Daten aus Gerstengarbe et al. 2005, erarbeitet im Rahmen der KLARA-Studie). Signifikant nahmen die Niederschläge im Winterhalbjahr zu, mit regionalen Schwerpunkten im Schwarzwald und im nordöstlichen Baden-Württemberg. Im Sommerhalbjahr gingen die Niederschläge dagegen signifikant zurück, v. a. im Norden Baden-Württembergs (Hennegriff et al. 2006).

Die skizzierten Klimaveränderungen haben Auswirkungen auf eine Vielzahl von Raumnutzungen und lassen sich auch für den bereits erfolgten Klimawandel dokumentieren. Unterschieden werden kann dabei generell zwischen „schleichenden“, d.h. kontinuierlich vorstattgehenden Klimaveränderungen (generelle Trends, z.B. bei Niederschlags- und Temperaturentwicklung) und zwischen der zunehmenden Häufigkeit plötzlich auftretender Ereignisse (z.B. Starkregenereignisse, Hitzewellen). Bei der Analyse der Verwundbarkeit der unterschiedlichen Naturräume Deutschlands gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels wurden insbesondere der Oberrheingraben (zwar nur durchschnittliche Erwärmung, dies jedoch in der heute wärmsten Region Deutschlands, sowie deutliche Zunahme von Winterniederschlägen) sowie das Alpenvorland als besonders betroffen eingestuft. Für ganz Baden-Württemberg wird eine hohe Betroffenheit insbesondere in Bezug auf Hochwasser (Zunahme der Niederschläge im Winter) sowie für die Forstwirtschaft konstatiert.

3 Auswirkungen des Klimawandels auf die Kulturlandschaft

Im Folgenden wird ein Überblick über die Veränderungen in ausgewählten Bereichen gegeben, die insbesondere für die Erscheinung der Kulturlandschaft und ihre Nutzungsmöglichkeiten relevant sind. Detaillierte Untersuchungen zur Verwundbarkeit ausgewählter Sektoren in Baden-Württemberg durch den Klimawandel liegen mit der Studie „Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung“ (KLARA) vor, die vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz durchgeführt wurde (Stock 2005). Das Kooperationsvorhaben „Klimawandel und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft (KLIWA)“ der Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg sowie des Deutschen Wetterdienstes hat die Entwicklung von Hoch- und Niedrigwasserständen vor dem Hintergrund des Klimawandels analysiert und mögliche Ansätze für Anpassungsmaßnahmen aufgezeigt (z.B. Hennegriff et al. 2006; Hennegriff et al. 2008). Für das benachbarte Bundesland Bayern liegt eine umfassende Literaturstudie „Klimawandel in Bayern. Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten“ vor, deren Ergebnisse vielfach auch auf Baden-Württemberg übertragen werden können (Beierkuhnlein, Foken 2008). Die aktuellsten Ergebnisse liegen mit den Schlussberichten der einzelnen Teilprojekte des Forschungsprogramms „Herausforderung Klimawandel Baden-Württemberg“ vor (Enke et al. 2010; Ehrmann et al. 2010; Feldmann et al. 2010; Frank et al. 2010).

3.1 Direkte Auswirkungen des Klimawandels

Änderung der Lebensbedingungen für Tiere und Pflanzen

Durch den Klimawandel verändern sich die Lebens- bzw. Wachstumsbedingungen für Tiere und Pflanzen. Dies hat Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft sowie auf die natürlichen Lebensgemeinschaften und damit auch auf den Naturschutz.

Das Vorkommen von Arten ist grundsätzlich an das Vorhandensein der jeweiligen „passenden“ Umweltfaktoren gebunden. Ändert sich das Klima, ändern sich entsprechend die Verbreitungsgebiete von Tieren und Pflanzen. Modellierungen von Pompe et al. (2008) haben gezeigt, dass – auch unter einem relativ „gemäßigten“ Klimaszenario – etwa 15–19% der untersuchten 845 Pflanzenarten in Deutschland aufgrund des Klimawandels lokal aussterben könnten, v. a. im Südwesten und Nordosten Deutschlands. Auch besonders betroffene Lebensräume können identifiziert werden, so etwa Lebensgemeinschaften, die an kühle Klimabedingungen und an bestimmte Niederschlagsbedingungen gebunden sind, etwa Moore, in denen Reliktarten aus der Nacheiszeit vorkommen, in Baden-Württemberg beispielsweise in Oberschwaben. Ehrmann et al. (2010) zeigen auf, dass die Änderungen der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse insgesamt zu trockeneren Standortverhältnissen in den Sommermonaten führen, dass die genauen Auswirkungen jedoch stark standortabhängig sind. An bereits heute trockenen Standorten sind die Änderungen demnach weniger markant, während grundwasserbeeinflusste Standorte unter Umständen starken Veränderungen in Bezug auf den Wasserhaushalt, den Gehalt an organischem Material im Boden und somit den ökosystemaren Leistungen unterliegen können (ebd.). Genauere Abschätzungen der zu erwartenden Veränderungen müssen jedoch standortspezifisch erfolgen. Gleichzeitig sind die voraussichtlich in vielen Fällen stark vom Klimawandel betroffenen Moore ein Lebensraumtyp, der auch unabhängig vom Klimawandel durch menschliche Nutzung stark verändert worden ist; auch diese Nutzungen prägen z. T. die Kulturlandschaft. Mit Blick auf den Klimaschutz können Moore – richtiges Management vorausgesetzt, d. h. Bewahrung oder Wiederherstellung der natürlichen Moorfunktionen z. B. durch Wiedervernässung, – auch als Kohlenstoffsinken dienen (Janssens et al. 2005).

Prinzipiell besteht natürlich die Möglichkeit, dass die vom Klimawandel betroffenen Arten mit den klimatischen Bedingungen „mitwandern“ – solange sie mobil genug sind, solange es geeignete „Zielhabitate“ in hinreichender Entfernung gibt und solange keine Ausbreitungsbarrieren bestehen. Diese gibt es jedoch in vielen Regionen, z. B. im Falle von isoliert liegenden Schutzgebieten oder intensiv besiedelten, also stark durch Siedlungs- und Verkehrsinfrastrukturen zerschnittenen Gebieten. Problematisch ist die Situation v. a. in Gebirgen: Glazialrelikte in den Höhenlagen des Schwarzwalds (Murrmann-Kristen 2007) sind durch den Klimawandel in Baden-Württemberg möglicherweise in ihrer Existenz bedroht, da sie bei einer Temperaturerhöhung nicht nach oben ausweichen können.

Gleichzeitig können jedoch lokale Artenverluste durch das Zuwandern anderer Arten aus anderen Regionen zumindest in der Gesamtbilanz „ausgeglichen“ werden, insbesondere auch durch Arten, die bislang in Deutschland nicht vorkommen – selbst wenn dies aus Naturschutzsicht auch kritisch bewertet wird. In der Bodenseeregion und im Raum Rottweil können beispielsweise bereits heute höhere Artenzahlen von Brutvögeln festgestellt werden. Als Erklärung wird einerseits die Ausweitung der Areale südlicher Arten nach Norden, andererseits der erhöhte Bruterfolg durch die frühere Ankunft der Zugvögel angenommen (Schuster, Brall 2007).

Standen bisher im Naturschutz v.a. Bemühungen im Vordergrund, bestimmte Arten oder Lebensgemeinschaften an ihren jeweiligen Standorten zu erhalten oder an ehemaligen Standorten wieder zu etablieren, so wird sich das durch den Klimawandel ändern müssen. Die bisher über eine lange Zeit mehr oder weniger konstanten Standortbedingungen werden sich ändern, was bisherige Naturschutzstrategien zwar nicht völlig infrage stellt, aber neue Fragen aufwirft (z.B. Umgang mit neu einwandernden Tier- und Pflanzenarten; Verwendung autochthonen Pflanzenmaterials) und Weiterentwicklungsbedarf mit sich bringt. Der Forschungsbedarf erscheint hier allgemein noch als sehr groß (vgl. auch Jessel 2009). Die Unsicherheit bzw. das Unwissen über die künftige Entwicklung der Natur – eben z.B. zur Frage, welche Areale heute als bedroht oder schutzwürdig eingeschätzte Arten in 50 oder 100 Jahren einnehmen werden – macht „ergebnisoffene“ Leitbilder und Ziele erforderlich (vgl. Heiland et al. 2008). Schutzgebiete, die beispielsweise an das Vorkommen bestimmter Arten oder Lebensgemeinschaften gebunden sind (z.B. FFH-Gebiete), können ihren Schutzstatus verlieren, falls die dort vorkommenden Arten aufgrund von klimatischer Veränderung plötzlich lokal aussterben (vgl. auch Köck 2007). Dennoch handelt es sich bei diesen Flächen – sind es doch i.d.R. die naturnahsten Flächen, die es in unserer Landschaft noch gibt – nach wie vor um höchst schützenswerte Flächen, die das Potenzial auch für die Anpassung der Natur an den Klimawandel bieten.

Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft

Die Landwirtschaft ist als ein gegenüber dem Klimawandel besonders sensibler Wirtschaftsbereich einzuschätzen. Fast alle Anbauweisen beruhen mehr oder weniger unmittelbar auf klimatischen Faktoren oder sie reagieren schnell – auch in Hinblick auf die Erträge – auf klimatische Änderungen oder Extremereignisse (Beierkuhnlein, Foken 2008). Andererseits ist die Landwirtschaft schon immer ein Wirtschaftsbereich gewesen, der sich sehr rasch an geänderte Bedingungen angepasst hat und dies aufgrund der relativ kurzen Bewirtschaftungszyklen – entsprechende züchterische Anpassung und Forschung vorausgesetzt – auch gut kann, etwa im Vergleich zur Forstwirtschaft, zumindest, solange sich die Wachstumsbedingungen (also z.B. auch der Bodenwasserhaushalt) nicht gravierend ändern. Wechsung und Krysanova (2005) erwarten in ihrem Beitrag im Rahmen der KLARA-Studie für Baden-Württemberg klimabedingt eine Ausdehnung des Maisanbaus sowie leichte Ertragsrückgänge beim Winterweizen. Insgesamt positiv wirkt sich der Klimawandel wohl auf den Weinbau aus: Die möglichen Anbauggebiete werden sich räumlich durch die Temperaturerwärmung ausdehnen; bislang wenig angebaute Sorten können neben die traditionell verwendeten treten oder diese z.T. ersetzen (Kartschall et al. 2005).

Eine Betroffenheit der Landwirtschaft ist jedoch nicht nur durch langfristige Trendänderungen bei Temperatur- und Niederschlagsentwicklung zu erkennen, sondern v.a. durch die Zunahme der klimatischen Variabilität (Extremwetterereignisse, wie z.B. Starkregenereignisse, Dürreperioden, Spätfrost), die zu erhöhten Risiken beim Anbau bestimmter Kulturen führt, sowie durch indirekte Folgen, wie z.B. die vermehrte Ausbreitung von Krankheiten oder Schädlingen (z.B. für den Obstbau: Wechsung et al. 2005).

Die Anpassung der landwirtschaftlichen Nutzungen an sich ändernde klimatische Bedingungen vollzieht sich vor dem Hintergrund agrarökonomischer und -politischer Entwicklungen auf europäischer bzw. globaler Ebene. Die hier bestehenden Rahmenbedingungen sind entscheidende „Treiber“ der künftigen Entwicklung der Landwirtschaft und ihrer Bedeutung im ländlichen Raum, auch mit Blick auf den Ausbau von Biomasse als

Energieträger (s. unter 3.2). Umso wichtiger erscheint, dass die Weiterentwicklung der EU-Agrarförderung auch Aspekte der Anpassung an den Klimawandel berücksichtigt (vgl. ARL 2007). Daneben muss bei landwirtschaftlicher Nutzung bedacht werden, dass Ackerflächen auch Emittenten von klimarelevanten Treibhausgasen darstellen (vgl. Janssens et al. 2005).

Auch die Forstwirtschaft wird sich durch den Klimawandel verändern. Kölling et al. (2007) haben das Verhalten von Fichte und Buche, zwei forstwirtschaftlich wichtigen und gleichzeitig in Hinblick auf die Anforderungen an die klimatischen Bedingungen sehr unterschiedlichen Arten (Buche als submontan-montane Art; Fichte als boreal-subalpine Art), für Bayern unter den Bedingungen des Klimawandels untersucht. Sie kamen dabei zu dem Schluss, dass das Klima in Bayern sich – von einigen Regionen am Rande des klimatischen Verbreitungsgebiets abgesehen, in denen ein hohes Anbaurisiko prognostiziert wird – weiterhin für die Buche eignen wird, dass jedoch die Fichte nur noch in den kühlest und feuchtesten Regionen Bayerns ohne größere Risiken angepflanzt werden kann. Insbesondere in den Bereichen, in denen die Fichte bereits jetzt von Trockenheit oder Borkenkäferbefall bedroht ist, wird der Anbau unter einem insgesamt wärmeren und im Sommer trockeneren Klima risikoreicher. Die Ergebnisse lassen sich prinzipiell auch auf Baden-Württemberg übertragen. Aufgrund der langen Bewirtschaftungszyklen in der Forstwirtschaft müssen entsprechende Umbaumaßnahmen früh genug erfolgen; berücksichtigt werden müssen dabei das erhöhte Risiko von Schädlingen, veränderter Bodenbedingungen aufgrund des Klimawandels und der Auswirkungen einer anderen Baumartenzusammensetzung auf den Wasserhaushalt. Insgesamt wird für Baden-Württemberg durch den Klimawandel eine Zunahme der Produktivität der Waldbestände erwartet (Suckow et al. 2005). Das Risiko von extremen Sturmereignissen dürfte sich etwa in der Größenordnung wie heute bewegen (Frank et al. 2010).

Daneben kann Wald auch eine wichtige Kohlenstoffsенке darstellen und somit zum Klimaschutz beitragen. In Baden-Württemberg wurden durch Speicherung im Wald (ungenutzter Zuwachs) und in Waldprodukten von 1987 bis 2002 rund 6,6% der Kohlenstoffemissionen des Landes gebunden (Pistorius 2007). Allerdings ist das Potenzial von Wäldern zur Kohlenstoffbevorratung beschränkt; der Schutz von Kohlenstoffsенken scheint bedeutsamer zu sein als eine Erhöhung der Senkenwirkung (Freibauer 2005). Regional und lokal differenzierte Strategien der Landnutzung und eine langfristige Betrachtung sind sicherlich Voraussetzungen für erfolgreiche Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Forstwirtschaft.

Auswirkungen auf den Tourismus

Die touristische Attraktivität vieler Regionen hängt stark von der landschaftlichen Attraktivität ab. Für den Bereich Sommertourismus spielen hierbei – neben topographischen Bedingungen – v. a. die Art der Landnutzung und damit das Nutzungsmuster einer Landschaft eine Rolle, daneben aber natürlich auch die klimatischen Bedingungen. Letztere sind entscheidend für den Wintertourismus. Gerade Wintersportgebiete in niedrigen Lagen werden vom Klimawandel besonders stark betroffen sein bzw. sind dies aktuell schon: Seifert (2004a, b zitiert in: Beierkuhnlein, Foken 2008: 264) zeigte für das Fichtelgebirge, dass sich die Schneesicherheit seit Anfang der 1970er Jahre deutlich verringert hat. Für den Schwarzwald wird erwartet, dass die Anzahl natürlicher Schneetage pro Jahr bereits bis 2025 stark abnimmt und dass mehr als 14 Schneetage pro Saison unter einer Höhenlage von 1.200 bis 1.300 m „regelmäßig nicht mehr zu erwarten“ sind (WM BW 2005).

Gerade in tiefer liegenden Regionen, in denen der Wintertourismus heute ein wichtiger Wirtschaftssektor ist, wird daher ein Umbau der Infrastrukturen bzw. der touristischen Angebote unumgänglich sein. Vorübergehend mag ein Rückgang an Schneetagen durch künstliche Beschneieung noch ausgeglichen werden können, längerfristig dürfte dies jedoch in vielen Wintersportgebieten auch ökonomisch betrachtet keine sinnvolle („nachhaltige“) Anpassungsstrategie darstellen, von den negativen Umweltauswirkungen der Beschneieung ganz abgesehen (für einen Überblick vgl. Lutz 2001). Vielmehr werden dadurch der Umbau der Tourismusinfrastrukturen und somit Investitionen in andere – schneelagenunabhängige – Tourismuspotenziale verhindert.

Für den Sommertourismus liegen im Rahmen der KLARA-Studie Untersuchungen zum Badetourismus am Bodensee und zum Wandertourismus im Schwarzwald vor (Wolff et al. 2005); für beide Bereiche wird durch den Klimawandel eine positive Entwicklung gesehen (Zunahme der Badetage und Verlängerung der Badesaison am Bodensee; leichte Verbesserung der Witterungsbedingungen für den Wandertourismus im Schwarzwald; ebd.).

Veränderungen der Häufigkeit von Hoch- und Niedrigwassern

Die Ergebnisse des Projekts KLIWA zeigen, dass die Niederschlagssummen im Sommerhalbjahr in Baden-Württemberg bereits in der Vergangenheit (Zeitraum 1931–2000) stark zurückgingen, im Winterhalbjahr jedoch überwiegend signifikant gestiegen sind (Hennegriff et al. 2006). Starkniederschläge haben in diesem Zeitraum regional (besonders betroffen: der Schwarzwald und der Nordosten Baden-Württembergs; ebd.) ebenfalls sehr deutlich zugenommen (um bis zu 30–35%). Für den Zeitraum 2021 bis 2050 werden, basierend auf regionalen Klimaszenarien der Firma Meteo-Research, Zunahmen der Niederschlagswerte (Jahresmittel) um 4–17% erwartet, im Winterhalbjahr jedoch deutlich mehr (ebd.).

Zunehmende Hochwasserabflüsse zeigen sich an vielen Pegeln schon in den zurückliegenden ca. 30 Jahren (vgl. Hennegriff et al. 2006). Für die zukünftige Entwicklung (Zeitraum 2021–2050) wird insgesamt davon ausgegangen, dass kleinere und mittlere Hochwasser deutlich zunehmen werden, was zu einem Zuschlag auf den Hochwasserkennwert für ein hundertjährliches Hochwasserereignis (HQ_{100}) in Höhe von 15% bzw. 25% (je nach Gebiet; s. Karte in Hennegriff, Reich 2007) führt, also zur Einführung sog. „Klimaänderungsfaktoren“ (Hennegriff, Reich 2007). Obwohl auch bei den extremen Abflüssen eine deutliche Zunahme erwartet wird, scheint die Extremwertstatistik eine Änderung der Kennwerte für ein 1.000-jährliches Hochwasser derzeit laut Hennegriff und Reich (2007) nicht zu rechtfertigen.

Die zitierten Ergebnisse können nun als Grundlage für die Anpassung von technischen Hochwasserschutzeinrichtungen (z. B. Erhöhung von Deichen bzw. Ermöglichung späterer Erhöhungen) oder für die vorausschauende Dimensionierung von Hochwasserrückhaltebecken dienen (Hennegriff, Reich 2007). Die Hochwasserereignisse der letzten Jahre in Deutschland haben – zunächst unabhängig von der erwarteten Verschärfung der Problematik in einigen Flussgebieten – aber auch gezeigt, dass technische Maßnahmen (z. B. Deiche) vielfach nicht ausreichend Schutz vor Extremereignissen bieten können. Nicht-strukturelle Maßnahmen des Hochwasserschutzes wie die Entwicklung von Flutpoldern, das Freihalten von Flächen von Bebauung, Bauvorsorge und Auflagen zur Landnutzung in Hochwasserentstehungsgebieten nehmen vor dem Hintergrund steigender Hochwasserrisiken an Bedeutung zu. Sie können sowohl das Ausmaß der Hochwasserereignisse selbst beeinflussen als auch dazu beitragen, Schadenspotenziale nicht weiter zu erhöhen (ausführlich s. Schanze 2011). Gleichzeitig lassen sich durch die Reakti-

vierung von Flussauensystemen und durch Änderungen der Landnutzung vielerorts auch Synergieeffekte mit dem Naturschutz erzielen. Allerdings sind die Spielräume zur Verstärkung der Retentionsleistung in vielen dicht besiedelten Gebieten aufgrund bestehender Siedlungsstrukturen relativ beschränkt; im Siedlungsbestand stoßen derartige Ansätze somit auf Grenzen. Zur Entwicklung der jeweils für das betreffende Flussgebiet geeigneten Kombination unterschiedlicher Maßnahmen der Hochwasservorsorge ist es somit notwendig, die unterschiedlichen Landnutzungen, ihre Vulnerabilität und ihre Anpassungsflexibilität übergreifend zu berücksichtigen.

Da die steigenden Schadenspotenziale der Vergangenheit v. a. eine Folge nicht angepasster Siedlungsflächenentwicklung sind, ist aus raumplanerischer Sicht eine konsequente vorsorgeorientierte Planung von großer Bedeutung. Beispiele zeigen, dass die Regionalplanung hierbei deutlich über die gesetzlich vorgeschriebenen Ausweisungen der Wasserwirtschaft hinausgehen kann (z. B. im Regierungsbezirk Köln, vgl. Birkmann 2008). Hierbei sollte insbesondere auch die erwartete Zunahme von Starkniederschlagsereignissen bedacht werden.

Der Klimawandel wird jedoch voraussichtlich nicht nur zur Erhöhung der Hochwassergefahr im Winterhalbjahr, sondern auch zur Zunahme von Niedrigwasserereignissen im Sommer führen, insbesondere im Bodensee-Gebiet, in Teilen des Hochrheins und des südlichen Oberrheins (Hennegriff et al. 2008). Dies kann Einschränkungen beispielsweise der Energieversorgung nach sich ziehen (z. B. Verfügbarkeit von Kühlwasser).

3.2 Landschaftliche Auswirkungen des Klimaschutzes

Ziele und Potenziale zum Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland

Die Erkenntnisse zum Klimawandel haben in Deutschland zur starken Förderung von erneuerbaren Energien geführt. Vom Jahr 2000 bis 2007 stieg der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland von 3,8 auf 8,6%, der Anteil am Primärenergieverbrauch stieg von 2,6 auf 6,7% (BMU 2008). In Baden-Württemberg nahmen erneuerbare Energien an der Bruttostromerzeugung 2007 einen Anteil von 13% ein, wobei die Wasserkraft mit 7,6% den größten Anteil ausmachte (UM BW 2008). Der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch für Wärme betrug 2007 8,2%. Ziel der Landesregierung bis 2020 ist ein Anteil der erneuerbaren Energien von 20% an der Bruttostromerzeugung und von 16% an der Bruttowärmeerzeugung (ebd.).

In längerfristiger Sicht bestehen erheblich ehrgeizigere Ziele: In Deutschland soll die Emission von Treibhausgasen bis 2050 um 80% (gegenüber 1990) reduziert werden, das bedeutet einen Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch von 80% und am Wärmeverbrauch von 46% (BMU 2008). Ziel dieser Maßnahmen ist – im Einklang mit Bestrebungen der EU –, den globalen Temperaturanstieg auf rund 2 °C zu beschränken. Unklar ist derzeit, in welchem Zeithorizont welche Veränderungen im Energiesystem möglich sind: Neben der Diskussion um den „Fahrplan“ des Umstiegs auf Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen sowie des Ausstiegs aus der Atomkraft – der nach der Fukushima-Katastrophe nun wohl innerhalb eines Zeitraums von rund 10 Jahren erfolgen wird – und der tatsächlichen Umsetzung sind auch Änderungen an den Netzinfrastrukturen notwendig, die geplant und umgesetzt werden müssen.

Landschaftliche Auswirkungen erneuerbarer Energien

Den positiven Folgen des vermehrten Einsatzes erneuerbarer Energien für den Klimaschutz stehen erhebliche landschaftliche Auswirkungen gegenüber: Der Flächen- bzw. Raumbedarf von erneuerbaren Energien ist im Vergleich zu fossilen Energiequellen erheblich. Die Produktion von Energie benötigt Flächen, die dann für andere Nutzungen nicht mehr zur Verfügung stehen, sodass Flächenkonkurrenzen und Nutzungskonflikte zunehmen. Bei einigen Energieträgern (Windkraft, aber auch flächendeckende Photovoltaikanlagen) ergeben sich Auswirkungen v.a. auf das Landschaftsbild, bei anderen (Biomasse, Wasserkraft) auch Auswirkungen auf weitere Umweltressourcen. Insbesondere die Nutzung von (Agrar-)Ökosystemen für die Energieproduktion kann aufgrund der meist intensiven Wirtschaftsweise zu Umweltbelastungen führen (s. z.B. Rode, Schlegelmilch 2006; für einen Überblick über die unterschiedlichen Nutzungspfade s. z.B. Thrän 2006). Aktuelle Untersuchungen aus Rheinland-Pfalz zeigten, dass der Anteil von Silomais zur Produktion von Biogas insgesamt – auf Landesebene – nur relativ gering ist, dass auf Gemeinde- oder Betriebsebene nach Inbetriebnahme einer Biogasanlage jedoch z.T. ein sehr starker Zuwachs der zum Silomaisanbau genutzten Fläche zu erkennen ist (von 9 auf 40%; Kruska, Emmerling 2008), mit lokal bzw. regional entsprechend steigender Gefahr negativer Umweltauswirkungen aufgrund des intensiven Wirtschaftens beim Maisanbau. Andererseits kann der Anbau von Energiepflanzen auf ertragsschwachen Standorten möglicherweise eine sinnvolle Nutzungsmöglichkeit von Flächen bieten, die aus Sicht der Landespflege offen gehalten werden sollen, wo sich aber die Produktion von Nahrungsmitteln nicht lohnt.

Somit wird deutlich, dass der nachhaltige Ausbau von erneuerbaren Energien unter Beachtung nicht nur klimapolitischer Aspekte erfolgen kann, sondern eine Reihe weiterer Aspekte einbeziehen muss. Dies gilt aufgrund des hohen Flächenbedarfs und der direkten Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion insbesondere für die Energieproduktion aus Biomasse. Zur Ausgestaltung nachhaltiger Möglichkeiten der Biomassenutzung für die Energiegewinnung liegt eine Reihe von Empfehlungen vor, beispielsweise des Deutschen Rats für Landschaftspflege (DLR 2006), des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU 2007) sowie des Nachhaltigkeitsbeirats Baden-Württembergs (NBBW 2008).

Als notwendig erachtet werden dabei beispielsweise (NBBW 2008) der Aufbau entsprechender Organisations- und Kooperationsstrukturen (regionale Energiekonzepte) und die entsprechende Anpassung des Förderinstrumentariums. Auch der SRU (2007) plädiert für eine klare Priorisierung der Verwendung von Biomasse für die Strom- und Wärmeerzeugung, und nicht für die Kraftstofferzeugung. Ganz generell sind die Berücksichtigung des Energieertrags pro Flächeneinheit, Aspekte des Ressourcenschutzes, die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion sowie Fragen des räumlichen Bezugs (Transportentfernung) wichtige Kriterien beim weiteren Ausbau erneuerbarer Energien. Zur Sicherstellung einer umwelt- und landschaftsverträglichen Nutzung von Biomasse fordern Plieninger et al. (2006) – neben weiteren Aspekten – ein Primat der Steigerung der Energienutzungseffizienz vor dem weiteren Ausbau erneuerbarer Energien sowie den Vorrang der Nutzung von Reststoffen vor dem großflächigen Anbau von Energiepflanzen.

In vielen Regionen, auch in Baden-Württemberg, wurden regionale Energiekonzepte aufgestellt und trägt die Regionalplanung zur räumlichen Steuerung erneuerbarer Energien bei (z.B. Regionalverband Nordschwarzwald 2007; VRRN 2007; s.a. Schultze, Köppel 2008 zur Frage der räumlichen Steuerung von Gebieten zum Anbau von nach-

wachsenden Rohstoffen). Generell wird die Regionalplanung hier als wichtiger Akteur angesprochen (vgl. BMVBS 2011).

Bei der Diskussion um den Ausbau von erneuerbaren Energien wird häufig das Potenzial für regionale Wertschöpfungsprozesse betont. Dies gilt insbesondere für Bioenergienutzung, bei der auf endogene Potenziale der Region zurückgegriffen wird. Obwohl die Investitionskosten und der Planungsaufwand bei der Einrichtung entsprechender Anlagen hoch sind, werden hier positive Effekte für Regionen gesehen. Allerdings liegen bislang nur relativ wenig quantitative Erfassungen vor. Hoffmann (2007) zeigte am Beispiel des Naturparks Saar-Hunsrück, dass durch Energieerzeugung aus Biomasse (untersucht am Beispiel einer landwirtschaftlichen Biogasanlage und einer kommunalen Holzheizung) hier im Vergleich zu konventionellen Energieträgern erhebliche Effekte für regionale Wertschöpfungsketten und Arbeitsplatzsicherung erzielt werden können.

4 Konsequenzen für den ländlichen Raum und die Raumentwicklung

Landschaften sind von jeher durch Veränderungsprozesse geprägt bzw. sind durch menschliche Nutzungsweisen zu dem geworden, was sie heute sind – man spricht von „gewachsenen“ Kulturlandschaften. Vielfach ist es das Ziel von Kulturlandschaftspflege und -entwicklung, bestimmte Landschaftselemente zu bewahren oder Veränderungsprozesse so zu gestalten, dass zumindest radikale Umbrüche vermieden werden. Durch den Klimawandel sind nun praktisch alle Landnutzungen in unterschiedlichem Umfang von Veränderungen betroffen, sodass sich Auswirkungen auch auf die Kulturlandschaft ergeben.

Die aktuellen klimatischen Änderungen verlaufen auf einer relativ raschen Zeitskala. Zumindest in Mitteleuropa sind die Auswirkungen des Klimawandels im Vergleich mit anderen Regionen der Welt oder auch Europas dennoch recht moderat (vgl. z.B. die Kartendarstellungen der Temperatur- und Niederschlagsentwicklung in Europa in BMVBS 2007). Die landschaftlich relevanten Veränderungen in den unterschiedlichen betroffenen Handlungsbereichen (vgl. unter 3.1) dürften bei uns insgesamt weniger dem Klimawandel an sich zuzuweisen sein als vielmehr den bewussten Änderungen („Anpassungen“) der Landnutzungen und Landschaftsstrukturen – ist doch die Kulturlandschaft v.a. durch die menschliche Nutzung bzw. Nutzungsgeschichte geprägt. Gleichwohl wird es in einzelnen Bereichen langfristige Veränderungsprozesse geben, die jedoch eher punktuell oder lokal zu erkennen sind (z.B. Verlust bzw. Veränderung bestimmter klimawandelsensitiver Biotoptypen), in Einzelfällen aber Nutzungsänderungen hervorbringen (z.B. in Flusstälern).

Dennoch führt zumindest bislang der „Boom“ von erneuerbaren Energien, insbesondere Biomasse und Windkraft (vgl. 3.2) zu wesentlich rascheren landschaftlichen Auswirkungen als der Klimawandel selbst bzw. die Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Die vielfach polemisch und emotional geführten Diskussionen um den Ausbau erneuerbarer Energien zeigt, wie schwierig es ist, diesen rasanten Wandel unter Einbezug sozialer, ökologischer und ökonomischer Faktoren zu gestalten (vgl. z.B. Vössing 2007). Klar ist jedoch, dass die ambitionierten Klimaschutzziele – die notwendig sind, um einen „gefährlichen“ Klimawandel zu vermeiden – nicht ohne Veränderungen auch unserer Kulturlandschaften erreicht werden können. Mit Blick auf die langfristigen Ziele werden hier noch erheblich größere Anstrengungen notwendig werden, die sicherlich auch Konflikte hervorrufen – aber auch Veränderungen unseres Verständnisses von Kulturlandschaft.

Gleichzeitig zeigt sich gerade beim Ausbau der erneuerbaren Energien, dass der Klimawandel und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels nicht isoliert von ande-

ren Prozessen bzw. den wirtschaftlichen und sozialen Rahmenbedingungen betrachtet werden können – auch im globalen Maßstab. Der starke Zuwachs erneuerbarer Energien in Deutschland ist nicht zuletzt der Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und weiteren Instrumenten geschuldet. Für die zukünftige Entwicklung der Landwirtschaft dürfte, auch in Deutschland, ganz generell die Bedeutung der globalen Nachfrage sowie der Preisentwicklung auf den Agrarmärkten (und der Ausgestaltung der EU-Agrarförderung) von größerer Bedeutung für die Entwicklung der Flächennutzung sein, als es der Klimawandel ist. Selbst wenn sich die Anbaumöglichkeiten in einzelnen Regionen oder für einzelne Erzeugnisse verschlechtern, kann dies durch insgesamt steigende Preise kompensiert werden (vgl. z.B. die Einschätzung von Wechsung für Brandenburg; Wechsung 2009). Ähnliches gilt sicherlich für die Forstwirtschaft, wobei hier aufgrund der Langfristigkeit der Waldbewirtschaftung der vorausschauenden Berücksichtigung des zukünftigen Klimas eine weit bedeutendere Rolle zukommt.

Auch wenn sowohl die Projektionen zum Klimawandel als auch die Ausbauziele für erneuerbare Energien sich auf Zeiträume beziehen, die weit über die üblichen Planungshorizonte (z.B. der Regionalplanung) hinausgehen, sollten die zu erwartenden Veränderungen trotz der Unsicherheiten im Detail bereits jetzt mitbedacht werden, wenn es um die Weiterentwicklung von Landschaften oder Siedlungsstrukturen geht – ebenso, wie bereits heute die zukünftige demographische Entwicklung berücksichtigt werden muss. Nur dann lassen sich die bevorstehenden und i. d. R. zumindest vom Trend her absehbaren Änderungen auch als Chancen nutzen.

Literatur

- ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2007): Anpassung an den Klimawandel in Europa – Die Sicht der Raumplanung. = Positionspapier aus der ARL 73. Hannover.
- Beierkuhnlein, C.; Foken, T. (2008): Klimawandel in Bayern. Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten. = Bayreuther Forum Ökologie 113. Bayreuth.
- Birkmann, J. (2008): Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilienz. Notwendigkeit der Perspektivenerweiterung in der Raumplanung. In: Raumforschung und Raumordnung 66 (1), 5-22.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit (2008): Erneuerbare Energien in Zahlen. Broschüre. http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen.pdf (03.06.2011).
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2011): Erneuerbare Energien. Zukunftsaufgaben der Regionalplanung. Bonn.
- Böhm, H. R. (2007): Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – zwei untrennbare Handlungserfordernisse. In: IWAR (Hrsg.): Klimawandel – Anpassungsstrategien in Deutschland und Europa. = WAR 183. Darmstadt, 1-5.
- DRL – Deutscher Rat für Landespflege (2006): Stellungnahme – Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. In: DRL (Hrsg.): Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. = Schriftenreihe des DRL 79. Bonn 5-47.
- Ehrmann, O.; Konold, W.; Niederberger, J.; Wattendorf, P. (2010): Auswirkungen des Klimawandels auf Biotope Baden-Württembergs (KLIBB) innerhalb des Forschungsprogramms Herausforderung Klimawandel Baden-Württemberg. www.herausforderung-klimawandel-bw.de (03.06.2011).
- Enke, W.; Hense, A.; Krienkamp, F.; Panitz, H.-J.; Schädler, G.; Schölzel, C.; Spekat, A. (2010): Probabilistische Abschätzung regionaler Klimaänderungen der kommenden Dekaden und ihrer Unsicherheiten (Verbundprojekt PArK). www.herausforderung-klimawandel-bw.de (03.06.2011).
- Feldmann, H.; Früh, B.; Kormmeker, C.; Panktz, H.-J.; Schädler, G. (2010): Hochauflösende regionale Simulationen künftiger Starkniederschlagsereignisse in Baden-Württemberg (ReSiPrec). www.herausforderung-klimawandel-bw.de (03.06.2011).

- Frank, C.; Grebhan, K.; Kortmeier, C.; Kunz, M.; Lux, R.; Mayer, H.; Mohr, S.; Rauthe, M.; Ruck, B.; Schindler, D.; Schönborn, J. (2010): Strategien zur Reduzierung des Sturmschadensrisikos für Wälder (Verbundprojekt RESTER). www.herausforderung-klimawandel-bw.de (03.06.2011).
- Freibauer, A.; Schulze, E.-D. (2005): Effizienz von Kohlenstoffsinken unter dem Aspekt des Klimaschutzes. www.waldundklimanet.de (16.11.2008).
- Gerstengarbe, F.-W.; Werner, P. C.; Österle, H.; Wodinski, M. (2005): Klimatische Belastungen und Extreme. In: Stock, M. (Hrsg.): KLARA. Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. = PIK-Report 99. Potsdam, 21-45.
- Heiland, S.; Geiger, B.; Rittel, K. Steinl, C.; Wieland, S. (2008): Der Klimawandel als Herausforderung für die Landschaftsplanung. Probleme, Fragen und Lösungsansätze. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 40 (2), 37-41.
- Hennegriff, W.; Ihrerger, J.; Kolokotronis, V. (2007): Prognose von Auswirkungen des Klimawandels auf die Hochwasserverhältnisse in Baden-Württemberg. In: KW – Korrespondenz Wasserwirtschaft (1), 309-314.
- Hennegriff, W.; Kolokotronis, V.; Weber, H.; Bartels, H. (2006): Klimawandel und Hochwasser. Erkenntnisse und Anpassungsstrategien beim Hochwasserschutz. In: KA – Abwasser, Abfall 53 (8), 770-779.
- Hennegriff, W.; Reich, J. (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf den Hochwasserschutz in Baden-Württemberg. In: Die Gemeinde (BWGZ) 2/2007, 65-69.
- Hoffmann, D. (2007): Regionale Wertschöpfung durch optimierte Nutzung endogener Bioenergiepotenziale als strategischer Beitrag zur nachhaltigen Regionalentwicklung. Dissertation an der philosophischen Fakultät der Universität des Saarlands. <http://scidok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2007/1156/pdf/DissDunjaHoffmann.pdf> (13.11.2008).
- Jakob, D.; Göttel, H.; Kotlarski, S.; Lorenz, P.; Sieck, K. (2008): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Abschlussbericht zum UFOPLAN-Vorhaben. = Climate Change 11/08. Dessau.
- Janssens, I. A.; Freibauer, A.; Schlamadinger, B.; Ceulemans, R.; Ciais, P.; Dolman, A. J.; Heimann, M.; Nabuurs, G.-J.; Smith, P.; Valentini, R.; Schulze, E.-D. (2005): The carbon budget of terrestrial ecosystems at country-scale – a European case study. In: Biogeosciences 2, 15-26.
- Jessel, B. (2009): Biodiversität und Klimawandel – Forschungsbedarfe im Rahmen nationaler Handlungsstrategien. In: Natur und Landschaft 84 (1), 32-38.
- Kartschall, T.; Wolff, M.; Wodinski, M.; Stock, M. (2005): Weinbau. In: Stock, M. (2005): KLARA. Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. = PIK-Report 99. Potsdam, 81-88.
- Köck, W. (2007): Klimawandel und Recht – Adaption an Klimaänderungen: Auswirkungen auf den Hochwasserschutz, die Bewirtschaftung der Wasserressourcen und die Erhaltung der Artenvielfalt. In: Tetzlaff, G.; Karl, H.; Overbeck, G. (Hrsg.): Wandel von Vulnerabilität und Klima: Müssen unsere Vorsorgewerkzeuge angepasst werden? = Schriftenreihe des DKKV 35. Bonn, 63-77.
- Kölling, C.; Zimmermann, L.; Walentowski, H. (2007): Klimawandel – Was geschieht mit Fichte und Buche? In: AFZ – Der Wald 11/2007, 584-588.
- Kruska, V.; Emmerling, C. (2008): Flächennutzungswandel durch Biogaserzeugung. Regionale und lokale Erhebungen in Rheinland-Pfalz. In: Naturschutz und Landschaftsplanung, 40 (3), 69-72.
- Lutz, G. (2001): Beschneigungsanlagen in Bayern – Stand der Beschneigung, potenzielle ökologische Risiken. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz. http://www.lfu.bayern.de/publikationen/doc/lfu_all_00011_tb_2000/beschneigung.pdf (13.11.2008).
- Murmann-Kristen, L. (2007): Gesamtstaatliche repräsentative Gebiete aus Naturschutzsicht in Baden-Württemberg. In: Scherfose, V. (Bearb.): Bundesweit bedeutsame Gebiete für den Naturschutz. = Naturschutz und Biologische Vielfalt 43. Bonn-Bad Godesberg, 301-326.
- NBBW – Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württemberg (2008): Energie aus Biomasse: Potenziale und Empfehlungen für Baden-Württemberg. Stuttgart. <http://www.nachhaltigkeitsbeirat-bw.de/mainDaten/dokumente/bioenergiegutachten.pdf> (13.11.2008).
- Pistorius, T. (2007): Kohlenstoffspeicherung in Wald und Holzproduktion. Wie Wirtschaftswandel und nachhaltige Forstwirtschaft in Baden-Württemberg zum Klimaschutz beitragen. http://www.waldundklima.net/wald/pistorius_fva_2007.php (15.11.2011).
- Plieninger, T.; Bens, O.; Hüttl, T. (2006): Bioenergie-Nutzung und Kulturlandschaftsentwicklung – Kompatibilitäten, Synergien, Unverträglichkeiten. In: DRL – Deutscher Rat für Landespflege (Hrsg.): Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. = Schriftenreihe des DRL 79. Bonn, 81-87.

■ Auswirkungen des Klimawandels auf die Kulturlandschaft

- Pompe, S.; Hanspach, J.; Badeck, F.; Klotz, S.; Thuiller, W.; Kühn, I. (2008): Climate and land use change impacts on plant distributions in Germany. In: *Biol. Lett.* 4, 564-567.
- Regionalverband Nordschwarzwald (2007): Teilregionalplan Regenerative Energien. = Materialien zur Regionalentwicklung 122. Pforzheim.
- Rode, M.; Schlegelmilch, S. (2006): Räumliche Dimensionen und Auswirkungen des Biomasseanbaus aus landespflegerischer Sicht. In: DRL – Deutscher Rat für Landespflege (Hrsg.): Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. = Schriftenreihe des DRL 79. Bonn, 58-66.
- Schanze, J. (2011): Hochwasserrisikomanagement nach Hochwasserrichtlinie (HWRL). In: von Haaren, C.; Galler, C. (Hrsg.): Zukunftsfähiger Umgang mit Wasser im Raum. = Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL 234. Hannover, 152-170.
- Schönwiese, C.-D. (2007): Indizien für den Klimawandel der letzten 100 Jahre. In: Tetzlaff, G.; Karl, H.; Overbeck, G. (Hrsg.): Wandel von Vulnerabilität und Klima: Müssen unsere Vorsorgewerkzeuge angepasst werden? = Schriftenreihe des DKKV 35. Bonn, 4-16.
- Schultze, C., Köppel, J. (2007): Gebietskulissen für den Energiepflanzenanbau? Steuerungsmöglichkeiten der Planung. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* 9/2007, 269-273.
- Schuster, S.; Brall, A. (2007): Zunahme der Artenvielfalt auf Linientaxierungsstrecken in Südwestdeutschland. In: *Vogelwelt* 128, 85-91.
- Seifert, W. (2004a): Klimaänderungen und (Winter-)Tourismus im Fichtelgebirge – Auswirkungen, Wahrnehmung und Ansatzpunkte zukünftiger touristischer Entwicklung. Diplom Thesis, Universität Bayreuth.
- Seifert, W. (2004b): Klimaänderungen und Tourismus im Fichtelgebirge. In: Maier, J. (Hrsg.): Arbeitsmaterialien zur Raumordnung und Raumplanung. Bayreuth.
- Spekat, A.; Enke, W.; Kreienkamp, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. Endbericht. <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/dateien/3133.htm> (10.12.2008).
- Suckow, F.; Lasch, P.; Badeck, F.-W.; Hauf, Y. (2005): Forstsektor. In: Stock, M. (Hrsg.): KLARA. Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. = PIK-Report 99. Potsdam, 89-106.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Berlin.
- Stock, M. (Hrsg.) (2005): KLARA. Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. = PIK-Report 99. Potsdam.
- Thrän, D. (2006): Perspektiven und Szenarien für eine nachhaltige Biomassenutzung. In: DRL – Deutscher Rat für Landespflege (Hrsg.): Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. = Schriftenreihe des DRL 79. Bonn, 88-94.
- UM BW – Umweltministerium Baden-Württemberg (2008): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2007. Erste Abschätzung, Stand Juli 2007. Stuttgart.
- Vössing, A. (2007): Brot oder Benzin. Flächenkonkurrenzen zwischen Lebensmitteln und nachwachsenden Rohstoffen. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* 39 (12), 377-367.
- VRRN – Verband Region Rhein-Neckar (2007): Erneuerbare Energien-Konzept für die Region Rhein-Neckar – rechtsrheinischer Teilraum. = Schriftenreihe 2. Mannheim.
- Walkenhorst, O.; Stock, M. (2009): Regionale Klimaszenarien für Deutschland. Eine Leseanleitung. = E-Paper der ARL 6. Hannover.
- Wechsung, F. (2009): Gesamteinschätzung zum Klimarisiko für die ostdeutschen Ackerstandorte. In: Wechsung, F.; Gerstengarbe, F.-W.; Lasch, P. Lüttger, G. (Hrsg.): Die Ertragsfähigkeit ostdeutscher Ackerflächen unter Klimawandel. = PIK-Report 112. Potsdam, 56-57.
- Wechsung, F.; Krysanova, V. (2005): Weizen und Mais. In: Stock, M. (Hrsg.): KLARA. Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. = PIK-Report 99. Potsdam, 64-69.
- Wechsung, F.; Hanspach, A.; Menzel, L. (2005): Obstbau. In: Stock, M. (Hrsg.): KLARA. Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. = PIK-Report 99. Potsdam, 69-81.
- WM BW – Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2005): Nachhaltige Entwicklung des Schneesports und des Wintersporttourismus in Baden-Württemberg. Stuttgart.
- Wolff, M.; Walkenhorst, O.; Stock, M. (2005): Tourismus. In: Stock, M. (Hrsg.): KLARA. Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. = PIK-Report 99. Potsdam, 107-131.