

Klimawandel und Landnutzung in Deutschland – Anforderungen an die Landentwicklung

Hans-Ludger Gerdes, Andreas Harnischfeger, Michael Klaus, Willi Perzl,
Martin Schumann und Karl-Heinz Thiemann (DVW AK 5 – Landmanagement)

Zusammenfassung

Der Klimawandel hat unmittelbare Folgen für die Landnutzung. Zum einen gilt es, sich auf die veränderten klimatischen Verhältnisse einzustellen (Adaption), und zum anderen, den CO₂-Ausstoß zu senken, d.h. fossile Energien durch erneuerbare zu ersetzen und natürliche CO₂-Senken zu intensivieren (Prävention). Der Beitrag gibt einen Überblick, welche Auswirkungen die hierzu notwendigen Strategien auf die Landentwicklung haben. Dies bildet die Grundlage zur Diskussion, welche neuen Anforderungen auf die Planung und Bodenordnung zukommen, aber auch welche Forderungen aus Sicht einer nachhaltigen Entwicklung der ländlichen Räume an die Adaption- und Präventionsstrategien zu stellen sind.

Summary

Climate change has a direct impact on land use. It is necessary to adapt to the changing climatic conditions (adaptation) and to reduce CO₂ emissions (prevention) by replacing fossil fuels with renewable energies and by enhancing natural carbon sinks. In this paper, diverse strategies and their consequences on the rural development are presented. It gives the basis for future debate regarding new requirements both for land development and land tenure. It sets also focus on strategies for adaptation and prevention from the perspective of sustainable development of rural areas.

1 Einleitung

Der vorliegende Beitrag stellt eine Zusammenfassung des vom Arbeitskreis (AK) 5 – Landmanagement des Deutschen Vereins für Vermessungswesen (DVW) erstellten gleichnamigen Leitfadens dar (AK 5 – Landmanagement 2010). Der Klimawandel ist schon jetzt zu einem zentralen Thema und zur Herausforderung für eine zukunftsfähige Entwicklung geworden. Dies betrifft insbesondere auch die Landnutzung sowie die Erhaltung und Gestaltung der ländlichen Räume. Der AK 5 hat sich in seiner Arbeitsperiode 2007–2010 intensiv mit der Thematik beschäftigt und die bodenbezogenen Aspekte der Adaption- und Präventionsstrategien in ihrer Wechselbeziehung zur Landentwicklung herausgearbeitet. Dabei wird deutlich, dass die Integrierte Ländliche Entwicklung (ILE) mit ihren investiven Instrumenten (Bodenordnung, Dorferneuerung, Ausbau der örtlichen Infrastruktur) einen wesentlichen Beitrag zur Bewältigung der Folgen des Klimawandels und zum Schutz des Klimas leisten kann.

Der Leitfaden, der nachfolgend als Kurzfassung wiedergegeben wird, versteht sich in diesem Sinne als Aufforderung, die Gestaltungsmöglichkeiten von Planung und Bodenordnung sachgerecht in die Handlungsstrategien einzubringen, aber auch als Orientierungshilfe für die Praxis der Landentwicklung. Gleichzeitig soll innerhalb wie außerhalb der Geodäsie die gesellschaftsrelevante Bedeutung des Berufsbildes verdeutlicht werden. Hinzuweisen ist ferner darauf, dass das Positionspapier keine wissenschaftliche Abhandlung darstellt, sondern aus der Praxis für die Praxis entwickelt wurde.

2 Zum Klimawandel

Die Veränderung des Klimas wird heute nicht mehr ernsthaft in Frage gestellt. Sie zeigt sich in einem allmählichen Anstieg der Durchschnittstemperatur der erdnahen Atmosphäre und der Meere (globale Erwärmung) sowie einer Veränderung des Niederschlagsverhaltens (NASA 2007). Für eine Prognose der Auswirkungen des Klimawandels werden weltweit verschiedene Modelle eingesetzt. Für Deutschland, Österreich und die Schweiz entwickelte das Max-Planck-Institut für Meteorologie das regionale Klimamodell REMO (Regional Model) für die Zeitperiode von 1950 bis 2100 (www.mpimet.mpg.de/wissenschaft/atmosphaere-im-erdsystem/arbeitsgruppen/regionale-klimamodellierung.html). Aus den Ergebnissen dieses Klimamodells lassen sich mit unterschiedlichen Szenarien folgende Aussagen zum Klimawandel für die Zeit 2071–2100 im Vergleich zur Periode 1961–1990 ableiten:

- Die Jahresdurchschnittstemperatur wird sich bis zum Ende des Jahrhunderts um 2,5 bis 3,5 °C erhöhen, wobei die Wintertemperaturen im Süden und Südosten Deutschlands am stärksten steigen werden.
- Die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge bleibt fast unverändert, allerdings steigt die Niederschlagsmenge im Winter um 5 bis 10%, während sie im Sommer großflächig sinkt. Dabei ist in den Mittelgebirgen Süd- und Südwestdeutschlands im Winter mit einem erheblichen Mehr an Niederschlägen von rund 30% zu rechnen und im Süden, Südosten und Nordosten Deutschlands im Sommer mit einer Abnahme der Niederschläge von bis zu 30%.

Das Umweltbundesamt hat 2007 das statistische Klimamodell WETTREG als regionales Modell publiziert (vgl. Speka, Enke, Kreienkamp 2007). Daraus ergeben sich im Vergleich zu heute für die Periode 2071–2100 folgende Veränderungen:

- Die Tagesdurchschnittstemperatur steigt je nach betrachtetem Szenario zwischen 1,8 und 2,3 °C an.
- Die Zahl der heißen Tage (Maximumtemperatur $\geq 30^\circ\text{C}$ – 8 Tage [1981–1990]) nimmt um ca. 4 bis 10 Tage und die Zahl der Tropennächte (Minimumtemperatur $\geq 20^\circ\text{C}$ – 1 Nacht [1981–1990]) um ca. 2,5 bis 5 Nächte zu.
- Die Zahl der Frosttage (Minimumtemperatur $\leq 0^\circ\text{C}$ – 58 Tage [1981–1990]) nimmt um ca. 28 bis 30 Tage und die Zahl der Eistage (Maximumtemperatur $\leq 0^\circ\text{C}$ – 12 Tage [1981–1990]) um ca. 8 bis 9 Tage ab.
- Der Niederschlag reduziert sich im Sommer zum Ende des 21. Jahrhunderts um rund 20%, wobei Vorpommern mit einer Abnahme von 25 bis 40% am stärksten betroffen ist. Im Winter steigt der Niederschlag insbesondere auf der Nordseite von Harz, Rheinischem Schiefergebirge, Thüringer Wald, Erzgebirge, Spessart, Odenwald und Schwäbischer Alb sowie dem Schwarzwald und im gesamten Alpenbereich um 20 bis 30%. Odenwald, Spessart und Rhön sowie die Westhälfte Deutschlands (Eifel, Hunsrück) müssen sogar mit 70 bis 80% mehr an Niederschlägen rechnen.

3 Adaptionstrategien und Landentwicklung

Adaption (Anpassung) steht allgemein für die Fähigkeit, sich auf Veränderungen einzustellen. In Bezug auf das Klima sind Veränderungen bereits von jedermann wahrnehmbar. Sie werden u. a. in den oben genannten Klimamodellen erfasst und in Szenarien dargestellt. Dazu ist festzustellen, dass durch die prognostizierten klimatischen Veränderungen vor allem die Bereiche Hochwasser, Grundwasser und Erosion beeinflusst werden. Im Folgenden sollen daher Strategien aufgezeigt werden, wie im Zusammenspiel der jeweiligen Akteure im ländlichen Raum eine Anpassung an den Klimawandel möglich ist und wie die sich daraus ergebenden Nutzungskonflikte und Flächenansprüche im Rahmen der Landentwicklung gelöst werden können.

3.1 Hochwasser

Die skizzierten Veränderungen bei den Niederschlägen führen in erster Linie zu vermehrten Hochwasserereignissen und machen umfangreiche Anpassungsstrategien zum Schutz vor deren Folgen erforderlich. Sie gliedern sich in die Bereiche Hochwasservorsorge, Wasserrückhalt in der Fläche und technischer Hochwasserschutz.

Im Rahmen der Hochwasservorsorge sind vor allem der Aufbau eines Krisenmanagements und die Erstellung von gemeindeübergreifenden Hochwasserschutzkonzepten erforderlich. Zu deren Erarbeitung und Umsetzung sind insbesondere die Kommunen gefordert, ihre Kräfte zu bündeln, wobei Prozesse der Integrierten Ländlichen Entwicklung (ILE-Prozesse) eine wertvolle Hilfestellung leisten können.

Die Wasserrückhaltung in der Fläche wird in Zukunft noch größere Bedeutung erhalten. Hierunter fallen insbesondere die Errichtung von dezentralen Rückhaltesystemen und die Neuschaffung von kleineren Wasserspeichern sowie der naturnahe Ausbau (Rückbau) von Gewässern und die Entsiegelung von Flächen. Entsprechende Maßnahmen werden in der ländlichen Bodenordnung (Flurbereinigung/Flurneuordnung) seit Jahrzehnten mit großem Erfolg durchgeführt, sodass auf einem reichen Erfahrungsschatz aufgebaut werden kann.

Bei den Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes sind aufgrund des Klimawandels teilweise neue Dimensionierungen notwendig. Die Erhöhung und Verbreiterung von Deichen sowie die Anlage von Flutpoldern und steuerbaren Retentionsflächen führen zu flächenbeanspruchenden Konflikten mit der bisherigen landwirtschaftlichen Nutzung. Sie lassen sich eigentums-, nutzungs- und landschaftsverträglich mit dem vereinfachten Flurbereinigungsverfahren zur Landentwicklung (§ 86 FlurbG) oder der Unternehmensflurbereinigung (§§ 87 ff. FlurbG) lösen.

3.2 Grundwasser

Das Grundwasser ist die wichtigste Ressource für die Trinkwassergewinnung. Im Gegensatz zu anderen Bodenschätzen ist das Grundwasser eine sich ständig erneuernde Ressource. Für die Nutzung des Grundwassers gilt der Grundsatz der Nachhaltigkeit, d. h. höchstens der Anteil, der sich auf natürliche Weise erneuert, sollte vom Menschen genutzt werden.

Die Auswertung der Wettermodelle lässt bis 2100 erwarten, dass sich die sommerlichen Niederschläge um bis zu 30% verringern. Die höheren Temperaturen sorgen zusätzlich dafür, dass sich die Verdunstung des vorhandenen Wassers erhöht und die Flüsse weniger Wasser führen. Die Folge ist, dass die Wasserqualität sinkt und wegen der geringeren Niederschlagsmengen die Grundwasserneubildung nicht in ausreichendem Maße erfolgt. Aus diesem Grund ist es neben einem sparsameren Umgang mit Wasser heute wichtig, das Grundwasser durch eine nachhaltige Nutzung zu schützen.

Als wichtigste Vorsorgemaßnahme für unser Trinkwasser sind Wasserschutzgebiete (kurz WSG) zu nennen. Sie dienen dem gezielten örtlichen Schutz der Grundwasserressource vor bakteriellen und chemischen Belastungen sowie anderen Gefahren. Ein Wasserschutzgebiet umfasst in der Regel das gesamte Einzugsgebiet, aus dem das

Grundwasser zur Wasserfassung fließt, und ist in Zonen abnehmender Schutzintensität (I bis III) gegliedert. Zur Verbesserung eines flächendeckenden Gewässerschutzes und damit auch eines umfassenden Grundwasserschutzes tragen neben der Reduzierung des Flächenverbrauches für Siedlungs- und Verkehrsflächen vor allem folgende Maßnahmen bei:

- Reduzierung des Einsatzes von Agrarchemikalien,
- Rückgängigmachen der Trockenlegung von Feuchtgebieten zur ackerbaulichen Nutzung,
- Umwandlung vernässter und häufig überfluteter Ackergebiete in Grünland oder Feuchtwald,
- Entsiegelung unnötig versiegelter Flächen,
- Beseitigung funktionsuntüchtiger bzw. nicht notwendiger Meliorationsanlagen,
- Heranführung trockenheitsgeschädigter Auwälder und Moore durch eine verstärkte Wasserzufuhr an die ursprünglichen Standortverhältnisse,
- Durchführung verstärkter Maßnahmen zur Wasserrückhaltung in der Fläche, insbesondere zur Unterstützung der Grundwasserneubildung in den Trockengebieten.

Der gesetzlich vorgeschriebene, flächendeckende Grundwasserschutz ist Teil des allgemeinen Gewässerschutzes der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRR) und der geltenden Bundes- und Landeswassergesetze. Maßnahmen zur Herbeiführung eines nachhaltigen Grundwasserschutzes sind flächenintensiv und erfordern deshalb ein professionelles Flächenmanagement.

3.3 Bodenerosion

Unter Bodenerosion versteht man alle Vorgänge der flächen- und linienhaften Verlagerung von Bodenmaterial, die vom (land)wirtschaftenden Menschen über das naturgegebene Maß hinaus durch Wasser oder Wind bewirkt werden. Schadwirkungen der Erosion treten sowohl im Abtragungs- als auch im Ablagerungsbereich und sowohl flächenintern als auch -extern in angrenzenden Biotopen auf:

- Bereich des Bodenabtrags: Verlust an durchwurzelbarer Bodensubstanz und Schädigung der natürlichen Bodeneigenschaften (Filter-, Puffer- und Speicherfunktion) → Minderung der Bodenfruchtbarkeit
- Bereich der Ablagerung: Eintrag von Sedimenten, Nähr- und Schadstoffen in Gewässer und Nachbarflächen, die sowohl herkömmlich landwirtschaftlich als auch naturschutzfachlich genutzt sein können → Störung des Stoffhaushaltes und Beeinträchtigung von ökologisch sensiblen Bereichen

Die Erosionsgefährdung durch Wasser ergibt sich im Einzelnen aus Klima-, Standort- und Nutzungsfaktoren und wird mit der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung

(ABAG) erfasst. Durch die Klimaänderungen, wie Hitzeperioden und Starkniederschläge, die länger, häufiger und intensiver als früher auftreten, wird die Erosion allgemein zunehmen. Daher ist es heute von besonderer Bedeutung, die Erosionsgefährdung zu reduzieren und die Flächenbewirtschaftung zu optimieren. Hieraus ergibt sich die Anforderung an die Landentwicklung, die Nutzungsfaktoren (erosionswirksame Hanglänge, Querbewirtschaftung, Grünlandnutzung) so zu gestalten, dass die negativen Auswirkungen der Klimaänderungen nicht nur aufgefangen, sondern dass die Erosionsgefährdung nach Möglichkeit noch reduziert wird. Dies kann erreicht werden, indem aufbauend auf der Ermittlung der potenziellen Erosionsgefährdung eine den örtlichen Verhältnissen optimal angepasste Flureinteilung geplant wird. Zum Schutz der neuen Flureinteilung und Unterbrechung der erosionswirksamen Hanglängen sind dabei neben Wegen und Gräben vor allem dauerhafte Strukturen in Form von Hecken und Gehölzstreifen zu schaffen.

Die Einteilung der Ackerflächen in drei Gefährdungsstufen (keine Erosionsgefährdung – Erosionsgefährdung – hohe Erosionsgefährdung) erfolgt entsprechend der »Verordnung über die Grundsätze der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (Direktzahlungsverpflichtungsverordnung)« vom 4. Nov. 2004 (BGBl. I S. 2778). Es handelt sich hierbei um eine Datensammlung (GIS) im Sinne eines Erosionskatasters. Die Länder haben gemäß der »Zweiten Verordnung zur Änderung der Direktzahlungsverpflichtungsverordnung« vom 19. Febr. 2009 (BGBl. I S. 395) bis zum 30. Juni 2010 die zuvor beschriebene Einteilung vorzunehmen, die dann den Landwirten klare Vorgaben für die Bewirtschaftung ihrer Ackerflächen geben. Darüber hinaus sollte die Landwirtschaft für die Einhaltung der nachfolgenden Vorsorgemaßnahmen sensibilisiert werden:

- erosionsmindernde Bodenbearbeitungs- und Bestellungsverfahren (z.B. konservierende Bodenbearbeitung mit Mulchsaat),
- acker- und pflanzenbauliche Erosionsschutzmaßnahmen (z.B. Bodenbedeckung durch Fruchtfolgegestaltung, Zwischenfrüchte, Untersaaten oder Strohmulch),
- erosionsmindernde Anbau- und Flurgestaltung (z.B. Unterteilung großer Hanglängen und Bewirtschaftung in Schichtlinie),
- Schaffung temporärer Strukturen in Form von Blüh- und Grünstreifen (zeitweilige Flächenstilllegung),
- Anlage und Erhalt dauerhafter Strukturen in Form von Hecken, Gehölzstreifen, Wegen und Gräben.

Durch den beschriebenen Klimawandel wird auch die Erosionsgefährdung durch Wind zunehmen. Bei der Winderosion können die kleinsten Bodenteilchen schon ab Windgeschwindigkeiten von 20 km/h über größere Entfernungen verteilt werden. Gefährdet sind vor allem trockene, nicht bedeckte Flächen mit hohem Feinsandanteil und ackerbaulich genutzte Moore.

Wie bei der Wassererosion regelt die o.g. Direktzahlungen-Verpflichtungsverordnung auch die Einteilung aller landwirtschaftlichen Flächen nach dem Grad der Winderosionsgefährdung. Dabei erfolgt durch die Verknüpfung von Bodenart, Windgeschwindigkeit und Windhindernissen die entsprechende Einstufung. Als Windhindernis gelten alle Landschaftselemente, die über eine relevante Höhe verfügen und somit den Wind beeinflussen. Hierbei kann es sich sowohl um Linien- (Windschutzhecken, Baumreihen, Alleen, etc.) als auch um Flächenelemente (Wälder, Parks, Ortschaften) handeln. Informationen über die Verteilung dieser Windhindernisse sind in digitaler Form als Landschaftselemente in den InVeKos- (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem für die EU-Zahlungsansprüche der landwirtschaftlichen Betriebe) und ATKIS-Daten verfügbar.

Durch geschickte Neuanlegung von Hecken und Baumreihen kann das Gefährdungspotenzial von Feldlagen im Hinblick auf die Winderosion reduziert werden. Darüber hinaus können die linienhaften Landschaftselemente wichtiger Bestandteil eines Biotopverbundsystems sein und dem Verlust an biologischer Vielfalt entgegenwirken.

3.4 Instrumentarien zur Unterstützung der Adaptionstrategien

Zur Planung und Umsetzung der notwendigen, teilweise sehr unterschiedlichen Maßnahmen eignen sich die Verfahren nach dem Flurbereinigungsgesetz in idealer Weise. Das Instrument der ländlichen Bodenordnung bietet alle Möglichkeiten zur Herbeiführung einer nachhaltigen Flächenbewirtschaftung und sollte zielgerichtet eingesetzt werden. Wichtig ist, dass in den Bodenordnungsverfahren der Wege- und Gewässerplan mit landespflegerischem Begleitplan verstärkt den gestiegenen Anforderungen aus den genannten Bereichen Rechnung trägt. Weiterhin müssen diese Anforderungen im Rahmen des Flächenmanagements durch gezielte Flächenausweisungen berücksichtigt werden. Hierzu ist es erforderlich, dass sich alle maßgeblichen Akteure (Fachbehörden, Kommunen, Landwirte und sonstige Grundstücksnutzer) einbringen. Zur Vorbereitung der einzelnen Projekte ist es sinnvoll, ILE-Prozesse zu initiieren. Die Unterstützung der Adaptionstrategien erfordert von den verantwortlichen Planern ein großes Fachwissen und eine hohe Sensibilität, worauf sich auch die Ausbildung einstellen muss.

4 Präventionsstrategien und Landentwicklung

Als Prävention bezeichnet man vorbeugende Maßnahmen, um ein unerwünschtes Ereignis oder eine unerwünschte Entwicklung zu vermeiden. Dies ist hier die subjektiv

wahrnehmbare Veränderung des Klimas mit ihren negativen Folgen. In diesem Zusammenhang sollen die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen aufzeigen, wie eine zielgerichtete Landnutzung einen Beitrag zur Prävention der prognostizierten klimatischen Veränderungen leisten kann. Dabei ist festzustellen, dass einzelne Maßnahmen durchaus im Gegensatz zu dem Ziel einer nachhaltigen Flächennutzung stehen können. Diesen Gegensatz gilt es mit Blick auf eine dauerhaft zukunftsfähige Entwicklung bestmöglich planerisch zu bewältigen.

4.1 Nutzung erneuerbarer Energien

4.1.1 Grundlagen erneuerbarer Energien

Erneuerbare Energien sind nahezu unerschöpfliche natürliche Energiequellen, die sich – anders als fossile Energien (Kohle, Erdöl, Gas) oder Atomenergie (Uran als Energiequelle) – ständig regenerieren. Man unterscheidet dabei die drei Primärenergiequellen Sonne, Erde und Mond. Diese drei Energiequellen können durch Energieumwandlungen zur Erzeugung von Strom, Wärme und Brennstoffen genutzt werden. Bei der Sonnenenergie können hierzu unterschiedliche Möglichkeiten der Energieumwandlung angewendet werden: zum einen die direkte Nutzung der Sonnenstrahlen, zum anderen die Nutzung über Wind- und Wasserkraft sowie in Form von Biomasse. Im Folgenden werden nur die für die Landentwicklung wichtigsten Energieumwandlungen betrachtet, nämlich Solarstrahlung, Windenergie, Biomasse und Geothermie.

Grundsätzlich sind erneuerbare Energien weitestgehend emissionsfrei und erzeugen mit Ausnahme der Biomasseproduktion keine Treibhausgase (CO₂). Da eine verlustarme großvolumige Energiespeicherung bisher noch nicht realisiert ist, haben Sonnenenergien (v.a. Solarthermie, Fotovoltaik, Windkraft) den Nachteil, dass sie nicht ständig im ausreichenden Maß zur Verfügung stehen. Dieser Nachteil kann durch Energie aus Biomasse, Erdwärme oder Gezeitenenergie gelindert werden, weil sich diese Energieformen besonders für den Grundlastbereich eignen. Ein weiterer Aspekt, der bei der Nutzung erneuerbarer Energien zu berücksichtigen ist, ist der Flächenbedarf pro erzeugter Energieeinheit. Dieser ist sehr unterschiedlich und beträgt für 1 GWh bei Windenergie 1,7 ha, bei Fotovoltaik 4 ha, bei Biomasse in Form von Silomais 40 ha und in Form von Waldrestholz 190 ha. Diese Flächeninanspruchnahme kann sich durch verbesserte Techniken in Zukunft reduzieren, dürfte aber in der Größenordnung weiterhin gelten.

4.1.2 Energie aus der Sonnenstrahlung

Eine Solaranlage ist eine technische Anlage zur Umwandlung der Sonnenenergie in eine andere Energieform. Solaranlagen lassen sich nach dem Arbeitsprinzip und der gewonnenen Energieform in drei grundsätzliche Typen

unterscheiden: Thermische Solaranlagen liefern Wärme, Solarkraftwerke erzeugen Strom, evtl. auch Wärme oder Kälte über einen nachgeschalteten Prozess und Fotovoltaikanlagen liefern direkt elektrische Energie. Während kleinere Solar- und Fotovoltaikanlagen vor allem im Bereich der Dorfentwicklung zu berücksichtigen sind, da sie das Ortsbild beeinflussen können, haben Sonnenstromkraftwerke in der Regel größere Auswirkungen auf die



Abb. 1: Solarkraftwerk im Industriepark Region Trier (IRT). Auf einer Fläche von rd. 25 ha produzieren 113.000 Fotovoltaik-Module eine elektrische Leistung von rd. 1 MW (= 5000 t CO₂-Einsparung pro Jahr).

Landentwicklung. Dies können, wie aus Abb. 1 anschaulich hervorgeht, folgende Aspekte sein:

- Prägung des Landschaftsbildes, insbesondere in Weinbausteillagen,
- Flächenkonkurrenz zur Landwirtschaft, aber auch
- Nutzungsalternative bei aufgegebenen, ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen,
- Veränderung von Ökosystemen.

4.1.3 Windenergie

Bei der Windenergie handelt es sich um die kinetische Energie der bewegten Luftmassen der Atmosphäre. Sie ist eine indirekte Form der Sonnenenergie und zählt deshalb zu den erneuerbaren Energien. Windenergieanlagen nutzen die Bewegungsenergie des Windes, die durch unterschiedliche Luftdruckverhältnisse in der Nähe der Erdoberfläche entsteht. In Deutschland dienen sie ausschließlich der netzgekoppelten Erzeugung von Elektrizität. Hierzu werden sowohl einzelne Windkraftanlagen als auch Windparks in größerem Ausmaß errichtet. Während der dadurch bedingte Verbrauch von landwirtschaftlicher Nutzfläche von untergeordneter Bedeutung ist, muss jede Anlage in der Bodenordnung eine Erschließung und Zuwegung erhalten. Ferner sind die Folgen für das Landschaftsbild und damit auch für die touristische Entwicklung zu berücksichtigen und in die Planung einzustellen.

4.1.4 Nachwachsende Rohstoffe – einjährige Pflanzen

Unter dem Begriff nachwachsende Rohstoffe werden land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe pflanzlichen und tierischen Ursprungs verstanden, die nicht dem Nahrungsbereich zugeführt, sondern stofflich oder energetisch genutzt werden. Zu den positiven Wirkungen der Nutzung nachwachsender Rohstoffe für die Energieerzeugung



Abb. 2: Biogasanlage im Landkreis Bernkastel-Wittlich. Auf einer Fläche von rd. 4 ha produziert die Anlage 12 GWh Strom und 14 GWh Wärme (Erdgas) pro Jahr. Für den Betrieb werden rd. 1000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche benötigt.

zählen insbesondere die weitgehende CO₂-Neutralität, die Schonung der fossilen Ressourcen, die Möglichkeit zur Verwirklichung einer regionalen Kreislaufwirtschaft und die gute Verträglichkeit der Produkte in umweltsensiblen Bereichen. Im Energiebereich können nachwachsende Rohstoffe zur Wärme- und Stromgewinnung sowie als Treibstoff verwendet werden. Von der Form der Energieträger unterscheidet man feste (z.B. Durchforstungsholz, Stroh), flüssige (z.B. Öl, Ethanol) und gasförmige Energieträger (Biogas).

Die Auswirkungen von nachwachsenden Rohstoffen auf die Landentwicklung sind sehr differenziert. Vordringlich sind die Konsequenzen für die Landnutzung und damit für das Landschaftsbild zu betrachten. Hier sind, wie Abb. 2 am Beispiel einer größeren Biogasanlage zeigt, folgende Kriterien von Bedeutung:

- Veränderung des Landschaftsbildes und der Landnutzung (z.B. Monokultur Maisanbau, auch auf Flächen, die eher für eine Grünlandnutzung geeignet sind),
- Nutzungskonkurrenz bzw. Nutzungsalternative zum Futter- und Marktfruchtanbau sowie
- Veränderung von Lebensräumen durch Grünlandumbruch.

4.1.5 Nachwachsende Rohstoffe – Energiewald

Als Energiewald werden Anpflanzungen bezeichnet, die mit schnell wachsenden Bäumen Holz zur Energiegewinnung erzeugen. Man spricht auch von Kurzumtriebsplan-

tagen oder Kurzumtriebswäldern, da nach einer kurzen Umtriebszeit von 3 bis 10 Jahren das Holz geerntet wird. Bei einer längeren Umtriebszeit von 15 bis 20 Jahren wird Industrieholz produziert, worauf hier nicht näher eingegangen werden soll. Die Nutzung kann etwa 20 bis 30 Jahre als Dauerkultur erfolgen und ergibt einen Ertrag von 10t bis 15t Biomasse pro ha und Jahr.

Im Vergleich zur herkömmlichen landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion zeigen Flächen mit angebautem Agrarholz als extensive Form der Landwirtschaft eine verbesserte Bodenstruktur und eine erhöhte Wasserspeicherkapazität des Bodens. Durch die nach dem Setzen der Stecklinge sich schnell entwickelnde dichte Bodenvegetation wird der Oberboden vor Erosion geschützt. Durch die Fähigkeit, Schad- und Spurenstoffe zu binden, kann der Energiewald besonders in Bereichen mit hohem Düngemittelsatz bzw. hoher Viehbesatzdichte zum Grundwasserschutz beitragen.

Ökologisch gesehen sind Kurzumtriebsplantagen insbesondere in waldarmen und ausgeräumten Landschaften eine Bereicherung für die Tier- und Pflanzenwelt. Im Vergleich zu anderen Flächen mit Energiepflanzen werden auf Energieholzplantagen geringere Mengen an klimaschädlichem Lachgas N_2O freigesetzt. Außerdem ist die CO_2 -Bilanz durch den selteneren Einsatz von Fahrzeugen besser, da keine Pflege, Düngung und jährliche Ernte stattfindet (NABU 2008). Von Nachteil ist insbesondere in trockenen Regionen die ungünstige Wassernutzungseffizienz der Pionierbaumarten, denn der hohe Wasserbedarf verschlechtert die Gebietswasserbilanz. Kritisch ist auch die Umwandlung von Stilllegungsflächen zu sehen, denn hier können ökologisch wertvolle Bereiche verloren gehen.

4.1.6 Geothermie

Geothermie ist die unterhalb der festen Erdoberfläche gespeicherte Wärmeenergie. Die Erdwärme ist nach menschlichen Maßstäben unerschöpflich und kann als Energiequelle zur Erzeugung von Wärme und Strom genutzt werden. Hierbei wird zwischen der Nutzung der oberflächennahen Geothermie zur direkten Energiegewinnung, etwa zum Heizen und Kühlen (meist als Wärmepumpenheizung), und der tiefen Geothermie zur direkten Nutzung im Wärmemarkt oder auch indirekt zur Stromerzeugung unterschieden. Bei der Umwandlung in Strom sind aus Sicht der Optimierung von Wirkungsgraden Kraft-Wärme-Kopplungen (KWK) optimal. Für die Nutzung in Mitteleuropa sind hauptsächlich die hydrothermale Geothermie, petrophysikalische Systeme und die oberflächennahe Geothermie von Bedeutung. Ihre Auswirkungen auf die Landentwicklung sind eher als gering zu betrachten; direkte Folgen haben nur die Wahl des Standorts und die Erschließung größerer Anlagen.

4.1.7 Instrumentarien zur Unterstützung der Anwendung erneuerbarer Energien

Die Standortfrage spielt bei den meisten erneuerbaren Energien eine wichtige Rolle. Diese Frage kann aktiv im Rahmen von ILE-Prozessen oder bei einem Regionalmanagement moderiert werden. Weiterhin kann hierzu eher passiv in Form von Stellungnahmen zur Bauleitplanung eine Hilfestellung geleistet werden. Dabei sind insbesondere die Fragen der Erschließung der Energieerzeugungsanlage sowie die Anbindung an das Strom- bzw. Wärmenetz zu berücksichtigen. Bei der Erschließung sollte darauf geachtet werden, dass mit den neuen Wegen Synergieeffekte erzielt werden (z.B. landwirtschaftliche oder touristische Nutzung). Im Fall einer solchen Mehrfachnutzung ist ggf. eine Förderung des Wegebaus über die Gemeinschaftsaufgabe »Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes« möglich.

Generell ist bei der Nutzung erneuerbarer Energien anzustreben, dass die notwendigen Erschließungswege so angelegt werden, dass sie sich in das sonstige landwirtschaftliche Wegenetz integrieren und es ergänzen. Eine weitere Forderung ist, dass die notwendigen landschaftspflegerischen Kompensationsmaßnahmen in ein ökologisches Konzept eingebunden werden und dadurch sowohl zur Biotopvernetzung als auch zur Erholungsvorsorge beitragen. Bei der Umsetzung der Planungen kommt dem Bodenmanagement eine entscheidende Rolle zu. Gerade in Regionen, in denen eine große Flächennachfrage besteht und Nutzungskonkurrenzen vorliegen, sollte die Bodenordnung eingesetzt werden, um die Auswirkungen auf die Landwirtschaft zu minimieren. In Gebieten, in denen sich die Landwirtschaft auf dem Rückzug befindet, bestehen zwar keine Nutzungskonflikte, jedoch kann mit einem gezielten Flächenmanagement eine strukturierte Fortentwicklung der Regionen erreicht werden. Für die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe gelten die gleichen Anforderungen an die Flurstrukturen wie bei der konventionellen Landwirtschaft. Die Schläge sollten möglichst groß, optimal geformt und durch befestigte Wege erschlossen sein.

Die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien wirft aber auch verschiedene Fragen auf, die aus Sicht der Landentwicklung grundsätzlich geklärt werden müssen. Eine solche ist die Qualität des Planungsverfahrens und damit die Einwirkungsmöglichkeiten seitens der Fachbehörden. Generell ist hier zu fordern, dass alle Standorte für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien über eine qualifizierte Bauleitplanung und die dabei vorgeschriebene Beteiligung der Landentwicklungsbehörden (§§ 4 f. BauGB) festgelegt werden.

Aus Sicht der Landnutzung ist es ferner wichtig, dass der Konflikt zwischen »ökologischer Energie« und einer nicht so ökologischen Erzeugung der Biomasse für die Energiegewinnung gelöst wird. Dazu sind optimierte Konzepte für den Anbau und die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen zu entwickeln, die

auch die Nutzung von Gräsern mit einschließen. Diese Mischsysteme ergeben neue Perspektiven im Hinblick auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Die ökologische Erzeugung von Energiepflanzen sollte z.B. durch eine gezielte Förderpolitik oder eine modifizierte Besteuerung unterstützt werden. Dies führt zu einer weiteren Forderung aus Sicht der nachhaltigen Entwicklung ländlicher Räume, nämlich die Berücksichtigung und Verbesserung des Gewässerschutzes. Es muss gewährleistet werden, dass die Wasserressourcen nicht zusätzlich durch Nährstoffeintrag und Pestizide belastet werden.

4.2 Nutzung von CO₂-Senken und Sicherung von CO₂-Speicher (Wald und Moore)

4.2.1 Klimaschutz durch nachhaltige Forstwirtschaft

4.2.1.1 Waldumbau

Im Wald bewirken die höheren Temperaturen während der Vegetationsperiode eine steigende Transpiration, die in Verbindung mit der Abnahme der Sommerniederschläge zu Trockenstress führt. Die Folge des Trockenstresses sind neben einem verminderten Holzzuwachs, der als forstwirtschaftliches Betriebsrisiko noch getragen werden kann, vor allem Wurzelschäden, die wiederum die Anfälligkeit für Windwurf sowie Schädlings- und Krankheitsbefall erhöhen. Eine nicht ausreichende Wasserversorgung führt ferner zu einer steigenden Krankheitsanfälligkeit und damit letztlich Sterblichkeit der Bäume. Die herabgesetzte Vitalität der Wälder schwächt ihre Widerstandskraft auch vor den häufiger auftretenden extremen Wetterereignissen, wie Orkan, Hagel oder Starkregen. Am stärksten betroffen sind insbesondere die Fichtenbestände und -monokulturen.

Die ökonomischen Schäden spüren die Waldbesitzer sofort. Die ökologischen Schäden sind monetär kaum zu beziffern; fest steht jedoch, dass der Wald seine gesellschaftlichen und landschaftsökologischen Funktionen weitgehend einbüßt. Die beste Anpassungsstrategie an ein verändertes Klima ist, die für den Standort geeignete Baumart zu wählen. Um das Risiko zu streuen, empfiehlt es sich, Mischwaldbestände anzulegen. Ein solcher Waldumbau ist gerade im Kleinprivatwald nur über eine nachhaltige Nutzung möglich.

Eine weitere Maßnahme zur Risikominimierung ist die Reduzierung der Vorratsdichte in den Wäldern. Wie die Bundeswaldinventur (vgl. BMELV 2002) zeigt, haben sich sehr hohe Vorräte in den Wäldern angesammelt, die bei gleicher Nutzungsintensität wie in den letzten Jahrzehnten weiter ansteigen werden. Die Problematik der Übervorräte besteht darin, dass die Überalterung der Bestände zu einer Häufung von Kalamitäten führt, aber auch, dass der oben beschriebene Waldumbau nur über eine Holznutzung und Verjüngung erfolgen kann.

4.2.1.2 Klimaschutzeffekte des Waldes und der Forstwirtschaft

Durch eine zielgerichtete Forstwirtschaft und nachhaltige Waldnutzung können vor allem drei Klimaschutzeffekte des Waldes genutzt werden: Ein bewirtschafteter Wald trägt zum Klimaschutz bei, da er eine dauerhafte CO₂-Senke darstellt. Der Grundsatz der nachhaltigen Forstwirtschaft besagt, dass nur soviel Holz aus dem Wald entnommen werden darf, wie nachwächst. In den letzten Jahrzehnten wurde in Deutschland aber wesentlich weniger geschlagen als nachwuchs, wodurch die Holzvorräte stark angestiegen sind. Eine stärkere Nutzung der Wälder ist daher sowohl unter dem Gesichtspunkt des Klimaschutzes (Kohlenstoffbindung) als auch als notwendige Maßnahme zum Waldumbau zwingend erforderlich. Ferner ersetzt Holz andere energiezehrende Roh- und Baustoffe, wie Beton, Stahl oder Kunststoff. Zu nennen ist schließlich auch die CO₂-neutrale Energiegewinnung bei der Verwertung von Durchforstungs-, Schwach- und Altholz.

4.2.1.3 Probleme der Holznutzung im Kleinprivatwald

Der Kleinprivatwald ist gekennzeichnet durch eine extreme Besitzersplitterung mit Grundstücksgrößen von durchschnittlich unter einem Hektar und vielfach ungünstigen Grundstücksformen von wenigen Metern Breite und einigen Hundert Metern Länge. Hinzu kommt, dass die Abmarkung der Kleinstparzellen in der Regel im Laufe der Zeit verloren gegangen ist und eine Erschließung der Waldgebiete weitgehend fehlt. Unter diesen Voraussetzungen ist eine Bewirtschaftung durch die Waldbesitzer kaum möglich. Als Folge der Strukturängel sind die Holzvorräte im Kleinprivatwald, der über 30% aller Waldflächen in Deutschland umfasst, in den letzten Jahrzehnten weit stärker angewachsen als im Großprivat-, Kommunal- oder Landeswald. Zur Beseitigung der Defizite und Wiederaufnahme bzw. Intensivierung der Waldnutzung können folgende Maßnahmen beitragen:

- **Bodenordnungsverfahren nach dem FlurbG.** In der Waldflurbereinigung werden schwerpunktmäßig drei Maßnahmenbereiche durchgeführt:
 - Waldwegebau zur Schaffung einer bedarfsgerechten Erschließung,
 - Klärung der Eigentumsverhältnisse und Abmarkung der Grundstücksgrenzen sowie
 - Zusammenlegung der Grundstücke und Anbindung an forstwirtschaftliche Wege.
- **Förderung der Forstwirtschaft durch Zusammenschlüsse nach § 15 Bundeswaldgesetz (BWaldG).** Hierbei wird zwischen Forstbetriebsgemeinschaften (FBG), Forstbetriebsverbänden und Forstwirtschaftlichen Vereinigungen unterschieden.

Darüber hinaus ist es entscheidend, die Waldeigentümer zu sensibilisieren und für eine nachhaltige Bewirtschaftung

tung ihrer Waldgrundstücke zu gewinnen. In Verbindung mit der Durchführung von Bodenordnungsverfahren müssen die Grundstückseigentümer gleichzeitig auch für die Bildung von forstwirtschaftlichen Zusammenschlüssen motiviert werden, da nur die Kombination beider Instrumente die Strukturängel beseitigen und genügend große Bewirtschaftungseinheiten von mehreren hundert Hektar schaffen kann.

4.2.2 Klimaschutz durch Moore

Moore bedecken 3% der Landfläche der Erde, darin gespeichert sind jedoch 30% des gesamten terrestrischen Kohlenstoffs (Succow 2010). Sie sind Lebensräume, die von einem Überschuss an Regen- oder Grundwasser abhängig sind. Die dadurch entstehende Torfbildung ist ein sehr langsamer Prozess, im Durchschnitt wächst die Torfschicht eines naturnahen Moores nur um einen Millimeter pro Jahr. Dabei ist entsprechend der Topographie zwischen den regenwasserernährten, sehr nährstoffarmen Hoch- und den grundwassergespeisten, nährstoffreichen Niedermoores zu unterscheiden. Zu den Niedermoores zählen die meisten der heute in Mitteleuropa noch wachsenden Moore. Intakte Moore sind die einzigen natürlichen Ökosystemtypen, die kontinuierlich und dauerhaft Kohlenstoff in bedeutenden Mengen aufnehmen (natürliche Kohlenstoffsenke). Bei intakten Moores wachsen weitere Torflagen auf, wodurch Pflanzen aus der stärker mit Leben erfüllten oberen Zone in den anaeroben Untergrund gelangen und konserviert werden. Hierdurch wird der in den Pflanzen gebundene Kohlenstoff der Atmosphäre entzogen und gebunden. Durchschnittlich sind in einem Moor über 1000t CO₂ pro Hektar gespeichert. Deshalb muss es grundsätzliches Ziel sein, die weltweit noch nicht stärker anthropogen beeinträchtigten Moore in ihrem Naturzustand, d.h. wachsend, zu erhalten (vgl. www.schaalsee.de und www.kranich-schutz.de).

In entwässerten Moores gibt es dagegen eine erhebliche Freisetzung von bis zu 6,4t CO₂ pro Hektar und Jahr. In Deutschland und weiteren westeuropäischen Ländern sind zwischen 85% und 99% aller Moore nicht mehr intakt, d.h. anthropogen verändert. Die Mehrzahl der Moore wird landwirtschaftlich genutzt, wobei ihre Klimawirksamkeit mit steigender Entwässerungs- und Nutzungsintensität zunimmt (Höper 2007).

Auf diesen Moorstandorten kann durch Renaturierung oder klimaentlastende Nutzungsformen die CO₂-Freisetzung drastisch reduziert werden. Bei geplanten Renaturierungsvorhaben von Hochmoores muss neben der Wasserversorgung auch die Reduzierung der Nährstoffzufuhr realisiert werden. Dabei ist sicherzustellen, dass eine uneingeschränkte Nutzung der benachbarten landwirtschaftlichen Flächen gewährleistet wird, also die Erschließungs- und Vorflutverhältnisse bestehen bleiben.

Klimaentlastende Nutzungsformen auf wiedervernässten Moores (Paludikulturen) gewinnen zunehmend an Bedeutung. Derartige Paludikulturen (vgl. <http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de>) bieten neben Klimaschutz durch Verhinderung von CO₂-Ausstoß und Verdunstungskühlung auch Lebensraum für seltene Arten, Alternativen für fossile Rohstoffe und Perspektiven für Landwirtschaft und Tourismus in strukturschwachen Regionen. Die praktische Umsetzung wird derzeit in verschiedenen Forschungsprojekten erprobt, zum Beispiel Torfmoos auf Hochmoorgrünland als Substratrohstoff für den Gartenbau oder auf Niedermoorstandorten Schilf zur Energiebiomasseerzeugung und Schwarzerlen zur Wertholzgewinnung.

Bei der Moorrenaturierung und Realisierung von Alternativnutzungen müssen vor allem die Nutzungskonflikte mit der Landwirtschaft (Entzug bisher konventionell genutzter Flächen) und der Verlust der notwendigen Vorflut oberhalb des Moores gelegener Gebiete berücksichtigt werden. Die Auflösung dieser Konflikte ist in Bodenordnungsverfahren nach dem FlurbG und LwAnpG möglich, wobei insbesondere auch die notwendigen wasserwirtschaftlichen Maßnahmen (Regelung des Wasserregimes für das Moor und Regelung der erforderlichen Vorflut für die verbleibenden landwirtschaftlichen Nutzflächen) durchgeführt werden können. Wichtig ist, dass für solche Vorhaben eine breite gesellschaftliche Akzeptanz entsteht, was erfahrungsgemäß in ILE-Prozessen und deren Regionalmanagement erreicht werden kann.

4.3 Senkung des Energieverbrauchs

In Ergänzung der verschiedenen Präventionsstrategien sind auch die Maßnahmen der Landentwicklung von Bedeutung, die dazu führen, dass einerseits der Energieverbrauch reduziert wird und andererseits eine bessere Energieeffizienz entsteht. Einen wesentlichen Beitrag hierzu leistet die ländliche Bodenordnung einschließlich Nutzungstausch. So haben z.B. Untersuchungen in Österreich nachgewiesen, dass sich der Dieselaufwand bei einer Vergrößerung der Schläge von 0,5 auf 5 ha um ca. 8% reduziert (Schüller/Moitzi 2008). Untersuchungen der Forschungsgruppe Agrar- und Regionalentwicklung Triesdorf haben 2008 festgestellt, dass durch eine Optimierung der Erschließung und Grundstücksgrößen der CO₂-Ausstoß um bis zu 28% gesenkt werden kann. Daher ist es nicht nur aus betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten, sondern auch aus ökologischen Gründen sinnvoll, auf eine Optimierung der Agrarstrukturen durch Flurbereinigung hinzuwirken.

5 Fazit und Ausblick

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die bodenbezogenen Adaptionsstrategien zur Bewältigung der Folgen des Klimawandels vor allem die Bereiche Hochwasserschutz, Vorsorge für das Grund- und Trinkwasser sowie Minderung der Bodenerosion umfassen. In diesen Handlungsfeldern kann die ländliche Bodenordnung mit ihrem eigenen Gestaltungsauftrag und den Möglichkeiten des integrativen Flächenmanagements (Abstimmung und Koordination, Auflösung von Landnutzungskonflikten, Bereitstellung benötigter Flächen) maßgeblich zur Umsetzung der Vorhaben und Planungen beitragen. Die Präventionsstrategien zum Schutz des Klimas (Senkung des Ausstoßes von Treibhausgasen) erstrecken sich in den flächenrelevanten Bereichen vor allem auf die verstärkte Nutzung regenerativer Energien (Sonnenstrahlung, Wind, einjährige Pflanzen, Energiewald und Geothermie). Hier kann die ländliche Bodenordnung für eine raumverträgliche Realisierung und bedarfsgerechte Erschließung der Energiegewinnungsanlagen sorgen. Eine nachhaltige Forstwirtschaft zum Waldumbau und zur Nutzung des Waldes als CO₂-Senke wird im Kleinprivatwald, der über 30% aller Waldflächen in Deutschland umfasst, erst möglich, wenn die Strukturmängel durch Wegebau und Grundstückszusammenlegung behoben und durch forstwirtschaftliche Zusammenschlüsse rentable Wirtschaftseinheiten geschaffen werden. Bei den Mooren zur Nutzung als natürlicher CO₂-Speicher stehen die Lösung von Nutzungskonflikten im Zuge der Wiedervernässung und die Regelung des Wasserregimes im Vordergrund. Schließlich ist auch auf die Senkung des Gasölverbrauchs durch Zusammenlegung und Wegebau hinzuweisen, die jedes Flurbereinigungsverfahren infolge der Senkung der Arbeits- und Maschinenzeiten von durchschnittlich 25% mit sich bringt. In Zukunft gilt es, dieses Potenzial der ländlichen Neuordnung voll auszuschöpfen und in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Fachverwaltungen und Akteuren im ländlichen Raum die Landnutzung in Bezug auf den Klimawandel möglichst optimal zu gestalten. Hierzu gibt der Leitfaden wichtige Hinweise und stellt die gesellschaftspolitische Dimension von Planung und Bodenordnung in der Geodäsie heraus.

Literatur

- AK 5 – Landmanagement: Klimawandel und Landnutzung – Anforderungen an die Landentwicklung. DVW Schriftenreihe, Wißner-Verlag, Augsburg, 2010, in Vorbereitung.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.): Bundeswaldinventur². Bonn, 2002, www.bundeswaldinventur.de.
- Forschungsgruppe Agrar- und Regionalentwicklung Triesdorf: Effizienz staatlich geförderter Flurbereinigungsverfahren nach dem Flurbereinigungsgesetz (FlurbG) – Bewertung der Flurneuordnung an Fallbeispielen aus Bayern und Rheinland-Pfalz. Abschlussbericht, 2008.
- Höper, H.: Freisetzung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren. In: TELMA – Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde 37/2007, S. 85–116.
- NASA: GISS Surface Temperature Analysis – Global Temperature Trends: 2007 Summation. data.giss.nasa.gov/gistemp/2007/.
- Naturschutzbund Deutschland (NABU): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft – Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. Berlin, 2008.
- Schüller, M. und Moitz, G.: Flurbereinigung senkt auch Kraftstoffaufwand. Blick ins Land, Heft 4/2008, S. 22–23.
- Spekat, A., Enke, W. und Kreienkamp, F.: Neuentwicklung von regionalen hochauflösenden Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen 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. Publikationen des Umweltbundesamtes, Potsdam, 2007, www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3133.pdf.
- Succow, M.: Moore – ein wichtiger Klimafaktor. Vortrag am 09.03.2010, Haus der Wissenschaft, Bremen.
- Umweltbundesamt: Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaänderungen – Das statistische Regionalisierungsmodell WETTREG. Dessau, 2007, www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3542.pdf.

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Hans-Ludger Gerdes
 GLL Verden – Amt für Landentwicklung
 Eitzer Straße 34, 27283 Verden (Aller)

Dipl.-Ing. Andreas Harnischfeger
 Amt für Landentwicklung und Flurneuordnung
 Frankental 1, 98617 Meiningen

Dr.-Ing. Michael Klaus
 Lehrstuhl für Bodenordnung und Landentwicklung der TUM
 Arcisstraße 21, 80290 München

Dipl.-Ing. Willi Perzl
 Amt für Ländliche Entwicklung Oberpfalz
 Lechstraße 50, 93057 Regensburg

Dipl.-Ing. Martin Schumann
 ADD Trier – Referat Ländliche Entwicklung
 Willy-Brandt-Platz 3, 54290 Trier

Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Thiemann
 Universität der Bundeswehr München
 Professur für Landmanagement
 85577 Neubiberg
k-h.thiemann@unibw.de