

Ist unsere Kulturlandschaft klimaresilient – und welchen Beitrag kann die Flurneuordnung leisten?

Is our Cultural Landscape Climate-Resilient – and what Contribution Can Land Consolidation Make?

Jens Mück

Zusammenfassung

Land- und Forstwirtschaft sowie Ökosysteme sind zukünftig in stärkerem Ausmaß von Hitze, Trockenheit, Niedrigwasser, Starkregen, Überschwemmungen und phänologischen Veränderungen im Jahreszyklus beeinflusst. Der Klimawandel fordert damit die Fähigkeit zur Resilienz der mitteleuropäischen Kulturlandschaft erheblich heraus. Grundsätzlich stellt die Flurneuordnung ein sehr geeignetes Instrument dar, um diesen Herausforderungen zu begegnen. Hierfür nimmt die Umsetzung von Strategien zur Regelung des Landschaftswasserhaushalts eine zentrale Bedeutung ein. Für die Flurneuordnung liegt in der Auseinandersetzung mit den Folgen des Klimawandels vor allem eine Chance, ihren gesetzlichen Auftrag zur Entwicklung eines Flurneuordnungsgebiets neu zu denken.

Schlüsselwörter: Flurneuordnung, Klimawandel, Klimaresilienz, Kulturlandschaft, Landschaftswasserhaushalt

Summary

In the future, agriculture, forestry and ecosystems will be increasingly affected by heat, drought, low water levels, heavy rainfall, flooding and phenological changes in the annual cycle. Climate change therefore represents a considerable challenge for the resilience of the Central European cultural landscape. In principle, land consolidation is a very suitable instrument for meeting these challenges. The implementation of strategies to regulate the landscape water balance is of vital importance. For land consolidation, dealing with the consequences of climate change is an opportunity to reinterpret its legal mandate to develop a land consolidation area.

Keywords: land consolidation, climate change, climate resilience, cultural landscape, landscape water balance

1 Die Folgen des Klimawandels in Baden-Württemberg

Weltweit war das Jahr 2023 das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnung. Die durchschnittliche globale Temperatur im 12-Monats-Zeitraum zwischen Februar 2023 und Januar 2024 hat die vorindustriellen Werte erst-

mals um 1,5° C überschritten. Europa ist dabei aktuell der sich am schnellsten erwärmende Kontinent der Welt (EEA 2024). Hitzewellen, einst relativ selten, werden immer häufiger, während sich die Niederschlagsverhältnisse verändern, sowohl hinsichtlich der Menge als auch bezüglich des Verteilungsmusters, was Trockenheit und Niedrigwasser zur Folge hat. Starkregeneignisse und Überschwemmungen nehmen gleichzeitig an Intensität und Häufigkeit zu. Rund um den Jahreswechsel 2023/24 hatten beispielsweise die starken und anhaltenden Niederschläge vor allem in Nord- und Mitteldeutschland massive Hochwasserstände zur Folge. Dagegen herrschte in Baden-Württemberg aufgrund ausbleibender Niederschläge bereits im Juni eine Niedrigwassersituation, wie sie normalerweise frühestens im Spätsommer erreicht wird (LUBW 2024).

Grundsätzlich folgen die Klimaveränderungen in Baden-Württemberg den globalen Megatrends und lassen sich in vier Bereiche einteilen (UM 2023):

- Hitze
- Trockenheit und Niedrigwasser
- Starkregen und Hochwasser
- phänologische Veränderungen im Jahreszyklus

Hitzewellen werden insgesamt häufiger und durch den Temperaturanstieg intensiver und länger anhaltend (Friedrich et al. 2023). Besonders betroffen ist hierbei zunächst der urbane Raum. Die insgesamt erhöhten Temperaturen bei gleichzeitigem Ausbleiben der nächtlichen Abkühlung werden verschärft durch dichte Bebauung, einen hohen Versiegelungsgrad und großes Verkehrsaufkommen. Hitze führte in den Jahren 2020 und 2022 zu einer nachweisbaren Übersterblichkeit, auf Hitzeereignisse gehen 99 % der extremwetterbedingten Todesfälle zurück. Diese Effekte treten im ländlichen Raum in geringerer Intensität auf. Risikogruppen, wie z. B. ältere Menschen, sind jedoch auf dieselbe Weise davon betroffen (Augustin et al. 2023, BMWK 2023). Kritisch für den ländlichen Raum sind Hitzewellen vor allem bei gleichzeitigem Auftreten von längerer Trockenheit, da sie deren Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft sowie Ökosysteme zusätzlich deutlich verschärfen (Klotz et al. 2023, Lotze-Campen et al. 2023, UM 2023).

Häufigkeit und Intensität von *Trockenheit und Niedrigwasser* werden in Baden-Württemberg zunehmen und



Foto: Michael Lünenschloß

Abb. 1: Die Landwirtschaft gilt als besonders anfällig gegenüber Trockenheit und Niedrigwasser.

zunächst den ländlichen Raum schwerwiegender treffen. Besonders Ökosysteme und Biodiversität werden hier betroffen sein sowie die Land- und Forstwirtschaft (siehe Beispiel in Abb. 1) (Klotz et al. 2023, Lotze-Campen et al. 2023, Marx et al. 2023). Die volkswirtschaftlichen Schäden lassen sich aber bislang noch nicht exakt beziffern, da auf Datengrundlagen, wie sie beispielsweise bei Stürmen und Überflutungen über Versicherungsmeldungen vorliegen, bisher nicht zurückgegriffen werden kann und der monetäre Schaden an Ökosystemen und Biodiversität ohnehin nur eingeschränkt und indirekt beziffert werden kann (Schulze et al. 2023). Für die Hitze- und Dürrejahre 2018 und 2019 wurden jedoch allein schon rund 35 Mrd. Euro volkswirtschaftliche Schäden in Deutschland nachgewiesen, was mit Sicherheit eine Untergrenze aufgrund der beschriebenen Erfassungsproblematik darstellt (BMWK 2023). Die Jahre 2018 und 2019 offenbarten aber ganz deutlich die Anfälligkeit der Land- und Forstwirtschaft und die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen. Ertragsverluste von Getreide durch Hitze und Dürre machten das mögliche Schadensausmaß sichtbar. Unter der beeinträchtigten Verfügbarkeit von Wasser litten in besonderem Maße die Wälder, die Folgen wirken bis heute nach. Die Kosten und die Auswirkungen dieser »stillen« Extremwetterereignisse werden derzeit sehr wahrscheinlich unterschätzt.

Ebenso kann davon ausgegangen werden, dass höhere Niederschlagsmengen in den Wintermonaten insgesamt sowie vermehrte Starkregenereignisse im Verlauf eines Jahres sowohl in der Häufigkeit als auch in der Intensität zunehmen werden (Bronstert et al. 2023, Kunstmann et al. 2023, Kunz et al. 2023).

Hochwasser, Überschwemmungen und Sturzfluten nach Starkregenereignissen dominieren dabei als Großereignisse das Schadensbild (Kunz et al. 2023, Schulze et al. 2023). Besonders in Erinnerung bleiben hier die Überschwemmungen im Ahrtal im Juli 2021. Seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs war dies das schadensträchtigste dokumentierte Extremwetterereignis in Deutschland mit einer Schadenssumme von mindestens 40 Mrd. Euro (BMWK 2023). Die Schäden, die solche Ereignisse mit sich bringen, sind zwar zunächst aufgrund geographischer und topographischer

Gegebenheiten lokal begrenzt, wirken aber weit darüber hinaus auf fast sämtliche Wirtschafts- und Gesellschaftsbereiche (Schulze et al. 2023). In besonderer Weise sind hier die Wasserwirtschaft, das Schutzgut Boden und die Landwirtschaft betroffen (Kunstmann et al. 2023, Lotze-Campen et al. 2023, Pfeiffer et al. 2023). Allein aus der Tatsache heraus, dass sowohl das durch Starkregen verursachte Hochwasser in Süddeutschland und Österreich im August 2022 als auch die durch langanhaltende Niederschläge verursachten Überflutungen in weiten Teilen Deutschlands im Juni 2013 weitläufig als Jahrhundertfluten bezeichnet werden, zeigt die deutlich erhöhte Auftrittswahrscheinlichkeit solcher Ereignisse und den dringend erforderlichen Handlungsbedarf (BMWK 2023).

Insgesamt *höhere Niederschlagsmengen im Winter* begünstigen zunächst eine Grundwasserneubildung. Aufgrund der klimawandelbedingten mildereren Winter der vergangenen Jahre fällt dieser Niederschlag allerdings immer seltener in Form von Schnee, sondern immer häufiger als Regen (Kunz et al. 2023). Dies ist insofern als problematisch anzusehen, da es sich bei der Landschaft in Mitteleuropa um eine historisch bedingt in den vergangenen 200 Jahren auf Entwässerung optimierte Landschaft handelt. Durch die Begradigung der großen Flussauen, den technischen Verbau von Fließgewässern untergeordneter Bedeutung (Bäche, Gräben) und die flächendeckende staatlich, wie auch privat organisierte Anlage von Entwässerungsgräben und Dränagen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, aber auch im Wald, fließt Wasser damit sofort, schnell und direkt ab und nicht verzögert wie bei einer Schneeschmelze im Frühjahr (Poschlod 2015). Dieser Umstand schränkt die potenzielle Grundwasserneubildung deutlich ein und mindert die Wasserverfügbarkeit in der für die Land- und Forstwirtschaft, aber auch für Ökosysteme relevanten Vegetationsperiode, was insbesondere während Dürrephasen die Situation verschärft.

Mildere Winter führen bereits beobachtbar zu deutlichen *phänologischen Veränderungen*, also den im Jahresverlauf periodisch wiederkehrenden Entwicklungserscheinungen in der Natur (Klotz et al. 2023). Aus der Landwirtschaft und dem Obstbau ist hier vor allem der Beginn der Raps- oder der Apfelblüte bekannt, bei Wildpflanzen z. B. der Beginn der Blüte der Haselnuss. Ein milder Winter und ein früher Beginn des Frühlings verschiebt dabei die Wachstumsphasen von Pflanzen, da deren Entwicklung meist sehr stark von der vorherrschenden Witterung, also von mehreren Wochen anhaltenden Temperaturereignissen abhängt. So hat sich beispielsweise der Beginn der Apfelblüte in Baden-Württemberg seit 1961 um fast zwei Wochen zeitlich nach vorne verschoben. Trotz Klimawandel wird jedoch das Risiko von auftretenden Spätfrostereignissen aller Wahrscheinlichkeit nicht geringer, was die frühe Entwicklung der Pflanzen anfälliger gegenüber Spätfrost macht. Ohne entsprechenden Schutz, wie z. B. Frostberegnung, kann dies zu erheblichen Ertragseinbußen führen. Gleichzeitig hat sich trotz früherem Blühbeginn die Pflückreife bei Äpfeln nicht im selben Maße

nach vorne verlagert, was zu einer verlängerten Entwicklungsdauer von der Blüte bis zum Apfel führt und damit das Risiko für Infektionserkrankungen und in deren Folge von weiteren Ertrags- und Qualitätseinbußen steigen lässt (LUBW 2023).

Ebenso erheblich sind diese Veränderungen auf Ökosysteme, Lebensräume und Arten. Ein früher Blühbeginn vor dem Erscheinen von bestäubenden Insekten kann insbesondere bei bezüglich der Nahrungspflanzen hochspezialisierten Bestäubern, wie z. B. sehr vielen Wildbienenarten, zu Nahrungsengpässen führen. Dies hat negative Auswirkungen zur Folge, sowohl auf die Bestäubungsleistung bei Wild- und Nutzpflanzen als auch auf den Reproduktionserfolg bestimmter Arten. Bei hochspezialisierten Arten steigt dadurch – zumindest lokal – bereits mittelfristig das Aussterberisiko deutlich an. Gleichzeitig führen zeitliche Verschiebungen beim Blühbeginn von Pflanzenarten zu ungewohnter Konkurrenz bezüglich Nahrung oder Lebensstätten bei Tierarten, die üblicherweise jahreszeitlich versetzt erscheinen. Dies wird mindestens auf lokaler Ebene die Zusammensetzung von Lebens- und Artengemeinschaften verändern (Klotz et al. 2023). Ist derzeit noch die intensive Landnutzung der größte Treiber für den Verlust an Biodiversität in Mitteleuropa, wird der Klimawandel im Laufe des 21. Jahrhunderts voraussichtlich der wesentliche Grund für den fortschreitenden Biodiversitätsverlust werden (EEA 2024, Klotz et al. 2023, UM 2023). Erhöhte Wasser- und Lufttemperaturen, Änderungen bei der Niederschlagsverteilung und zunehmende Sommertrockenheit erhöhen den Stress auf Arten und Lebensräume mit engen Ansprüchen an Standort- und Umweltbedingungen.



Abb. 2: Amphibien, hier die Gelbbauchunke, sind eine der am stärksten vom Klimawandel betroffenen Artengruppen.

Wander- und Ausweichbewegungsmöglichkeiten von Tier- und Pflanzenarten in günstigere Standorte sind jedoch aufgrund mangelhafter Vernetzung und Durchgängigkeit von Lebensräumen erheblich eingeschränkt. Eine hiervon besonders betroffene Artengruppe sind beispielsweise die Amphibien (siehe Beispiel in Abb. 2).

2 Anpassungsbedarf und landschaftliche Resilienz

Aus den beschriebenen Folgen der Klimaveränderungen lassen sich für den ländlichen Raum wichtige Schlussfolgerungen ableiten. Zentrale Auswirkungen der Folgen des Klimawandels betreffen den Landschaftswasserhaushalt. Der zukünftig über längere Phasen des Jahres zu erwartenden Trockenheit, besonders während der wasserbedarfsintensiven Vegetationsperiode, steht ein temporäres »zu viel« an Wasser entgegen, häufig verursacht durch singuläre Extremereignisse. Der Klimawandel wird sich dadurch auf sämtliche »grüne« Bereiche erheblich auswirken, vor allem im Hinblick auf den zukünftigen Erbringungsgrad von Ökosystemleistungen bzw. landschaftlicher Funktionen wie beispielsweise der natürlichen Bestäubungsleistung, der Biodiversität, der Bodenfruchtbarkeit, der Wasserverfügbarkeit und der Rohstoff- und Nahrungsmittelproduktion sowie der Naherholung.



Abb. 3: Hecken können Erosion mindern, verbessern das Mikroklima und tragen zum Biotopverbund bei.

Einzelne Stressfaktoren, wie etwa Trockenheit oder Starkregen, dürfen dabei nie ausschließlich einzeln für sich betrachtet werden, sondern immer nur im Zusammenhang und in ihren gegenseitig bedingten Wechselwirkungen. Hierzu ein stark vereinfachtes Beispiel: Hitze verstärkt die Wirkung von Trockenheit auf landwirtschaftliche Erträge und Oberböden. Ausgetrocknete Oberböden von Ackerflächen haben nur eine geringe Wasseraufnahmefähigkeit, was insbesondere bei Starkregen einen hohen Oberflächenabfluss und damit eine sehr hohe Erosionsgefährdung und eine verringerte Grundwasserneubildung mit sich bringt. Hecken können als Windbremse die oberflächliche Austrocknung dieser Flächen mindern und damit die Wasseraufnahmefähigkeit steigern und Erosion vorbeugen oder den Bodenabtrag zumindest in der Fläche bremsen (siehe Beispiel in Abb. 3). Gleichzeitig können solche linearen Landschaftselemente ganz wesentlich zum Erhalt der Biodiversität beitragen, indem sie die Struktur- und Randlinienvielfalt erhöhen und die Vernetzung und Durchgängigkeit von Lebensräumen verbessern. Darüber hinaus schaffen sie durch Transpiration und Schattenbildung ein

günstigeres Mikroklima, was die Auswirkungen von Hitze und Trockenheit auf landwirtschaftliche Erträge abmildert.

Mit diesem vereinfachten Beispiel deuten sich bereits verschiedene Anpassungsmöglichkeiten an die Folgen des Klimawandels an. Dabei wird im Kontext der Erforderlichkeit von Maßnahmen zur Anpassung an die Klimawandelfolgen häufig der Begriff der Klimaresilienz verwendet. Aber was bedeutet der Begriff Resilienz überhaupt? Was macht eine Landschaft resilient gegenüber den Folgen des Klimawandels und kann die Flurneuordnung hierzu einen Beitrag leisten?

Häufig wird der Begriff Resilienz gleichgesetzt mit Robustheit oder Widerstandsfähigkeit. Dies deckt jedoch nur einen Teil der Resilienzfähigkeit ab. Unter landschaftlicher Resilienz wird grundsätzlich die Anpassungs- und Selbsterneuerungsfähigkeit einer Landschaft verstanden und damit ihre Fähigkeit, trotz Störungen, Krisen oder Stresssituationen die eigenen grundlegenden landschaftlichen Qualitäten zu erhalten, zu erneuern oder zu stärken (Schmidt 2020). Grundlegende landschaftliche Qualitäten sind in diesem Zusammenhang ökologische Basis- und Regulationsfunktionen (z. B. fruchtbare Böden) sowie Versorgungsfunktionen (z. B. landwirtschaftliche Produktion) und kulturelle Funktionen (z. B. identitätsstiftender Landschaftscharakter) (Elsasser et al. 2021). Resilienz ist also immer auf einen konkreten Stör- oder Stressfaktor in Bezug auf eine bestimmte landschaftliche Qualität zu beziehen. Entscheidend für das Maß an Resilienz ist zudem, ob es sich um einen einzelnen, abgrenzbaren Störfaktor oder um mehrere, komplex zueinander in Wechselbeziehung stehende Störungen handelt und wie hoch die Vorbelastung der Landschaft ist. Je länger es einer Landschaft gelingt, ihren Charakter und ihre Funktionen trotz Stör- und Stressfaktoren aufrechtzuerhalten, desto größer ist ihre spezifische Resilienz (Schmidt 2020). Landschaftliche Resilienz stellt dabei jedoch eine zeitliche Momentaufnahme dar. Daher bedingt die Aufrechterhaltung einer landschaftlichen Resilienz immer auch eine fortwährende Weiterentwicklung. Moderate Störungen trainieren in gewisser Weise das Anpassungsvermögen einer Landschaft. Es kommt dabei natürlich auf das quantitative und qualitative Ausmaß der Störung und die Geschwindigkeit der Veränderung an. Jede Landschaft weist darüber hinaus eine besondere naturräumliche Sensitivität bzw. Vulnerabilität gegenüber bestimmten Stör- oder Stressfaktoren auf. Werden hier bestimmte Schwellen erreicht oder überschritten, kann ein landschaftliches System irreversibel zusammenbrechen (Schmidt 2020).

Landschaftliche Resilienz bedeutet also eine Robustheit gegenüber Stör- und Stressfaktoren, die verhindert, dass kritische Schwellen erreicht werden. Gleichzeitig bedeutet landschaftliche Resilienz aber auch, dass eine grundsätzliche Veränderbarkeit der Landschaft bei Aufrechterhaltung der grundlegenden Funktionen gewährleistet ist. Je höher die landschaftliche Resilienz, desto mehr Optionen stehen der landschaftlichen Entwicklung unter geänderten Rahmenbedingungen zur Verfügung, ohne dabei ökologische

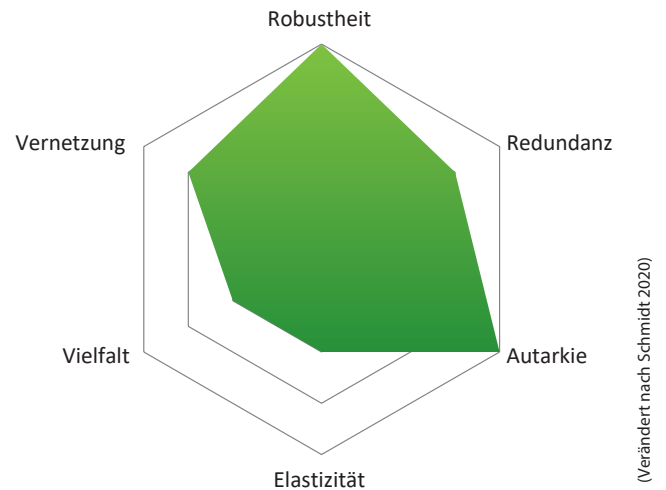


Abb. 4: Beispielhaftes Resilienzprofil

Basis- und Regulationsfunktionen sowie Versorgungsfunktionen und kulturelle Funktionen einzubüßen.

Für eine hohe landschaftliche Resilienz ist also ein ausgewogenes Resilienzprofil erforderlich (siehe Beispiel in Abb. 4). Dieses Profil ist gewissermaßen das Sicherheitsnetz, das bei Störungen sowohl das Erreichen von kritischen Schwellen verhindert bzw. verzögert als auch die Optionen an Anpassungsmöglichkeiten vervielfacht, um die bisherigen Landschaftsfunktionen beizubehalten. Schmidt (2020) nennt hier drei zentrale Prinzipien, bei denen es stets darauf ankommt, dass keine zu starken Einseitigkeiten entstehen:

1. Das Prinzip der redundanten Vielfalt:

Vielfalt, sei es im Sinne von Biodiversität oder Vielfalt an Landnutzungen, stellt Perspektiven und Potenziale sicher, um auf geänderte Rahmenbedingungen zu reagieren. Redundanz, also das Vorhandensein funktional gleicher oder vergleichbarer Ressourcen, gewährleistet Ersatz für die Aufrechterhaltung landschaftlicher Funktionen, z. B. können durch ein Extremereignis Teile von redundanten Landschaftsstrukturen verloren gehen, ohne dass bestimmte landschaftliche Funktionen komplett ausfallen.

2. Das Prinzip der robusten Elastizität:

Mitteuropäische Kulturlandschaften sind meist sehr einseitig auf Robustheit ausgelegt (z. B. technische Maßnahmen gegen Hochwasser, siehe Beispiel in Abb. 5). Elastizität, also das (kontrollierte) »Zulassen« von Entwicklungen (z. B. Flüsse mit natürlichen Überschwemmungsbereichen), spielt in der Regel eine untergeordnete Rolle. Das mindert auf Dauer die notwendige Anpassungsfähigkeit einer Landschaft.

3. Das Prinzip der dezentralen Konzentration:

Resilienz wird befördert durch ein spezifisches Maß an Autarkie und Vernetzung. Autarkie kann dabei in Krisenfällen durch Reduzierung der Fremdbhängigkeit, zumindest kurzfristig, die Funktions- und Überlebensfähigkeit eines Systems gewährleisten. Für eine dauerhafte Gewährleistung ist jedoch ein hohes Maß an Ver-

netzung erforderlich, da gerade autarke Systeme häufig einen hohen Isolierungsgrad aufweisen und dann Hilfe von außen benötigen.

Die Frage nach landschaftlicher Resilienz kann also gesamthaft und grundsätzlich nur bei Betrachtung auf Ebene der Landschaft beantwortet werden. Sie beschreibt daher auch immer eine Prozessfähigkeit der Landschaft, mit Veränderungen und Störfaktoren umzugehen.



Foto: Landratsamt Rems-Murr-Kreis

Abb. 5: Mitteleuropäische Landschaften sind meist einseitig auf Robustheit ausgelegt, z. B. durch technische Maßnahmen zum Hochwasserschutz.

3 Steigerung der Resilienz gegenüber den Folgen des Klimawandels

Abgeleitet von den grundlegenden Gedanken zur landschaftlichen Resilienz kann für die Erörterung der Klimaresilienz der mitteleuropäischen Kulturlandschaft und der erforderlichen Anpassungsmaßnahmen Folgendes festgehalten werden:

Bei den beschriebenen Stör- und Stressfaktoren des Klimawandels handelt es sich um unterschiedliche Faktoren, die teilweise gleichzeitig, teilweise zeitlich versetzt wirken, aber immer in enger Wechselbeziehung zueinander stehen, was für sich bereits hohe Anforderungen an die Resilienz eines Systems stellt.

Darüber hinaus ist die mitteleuropäische Kulturlandschaft eine Landschaft, die seit Jahrhunderten sehr stark anthropogen überprägt wurde. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Landschaft in Baden-Württemberg in vielen Aspekten über kein ausgewogenes Resilienzprofil verfügt und sich insbesondere in den vergangenen rund 150 Jahren vielfach einseitige Schwerpunkte entwickelt haben. Wesentliche treibende Faktoren hierfür waren die Erfindung der Dampfmaschinen und des Mineraldüngers. Dies ermöglichte eine zunehmende Mechanisierung der Landwirtschaft und damit eine zunehmend einheitlichere Bewirtschaftung der Fläche. Zusätzlich gefördert wurden diese Entwicklungen durch politische Reformen. Ebenso führte das Angebot von billigen Energieträgern ab den

1950er Jahren (»Wirtschaftswunder«) zu einer Verbilligung der bis dahin für die landwirtschaftliche Produktion limitierenden Produktionsfaktoren wie Mineraldünger, Pesticide und Arbeitskraft. Die bis dahin noch traditionell bewirtschafteten Flächen wurden entweder intensiviert oder, im Falle von Grenzertragsstandorten, aufgegeben. Dieser Mechanismus verstärkte den Landschaftswandel und den damit verbundenen Verlust an landschaftlicher Elastizität und Biodiversität innerhalb nur weniger Jahrzehnte.

Ebenso hierzu beigetragen haben – dem Zeitgeist geschuldet – die Optimierung der Flächennutzung hinsichtlich einer maschinellen Bewirtschaftung und einer hohen Ertragsfähigkeit durch Vergrößerung der Schläge, Entfernung unproduktiver Landschaftselemente und Kleinstrukturen bzw. Melioration von Störstellen. Zudem wurde durch die Anlage von Entwässerungsgräben und Drainagen sowie durch die Begradigung von Gewässern untergeordneter Bedeutung der laterale Wasserabfluss erhöht (siehe Beispiel in Abb. 6) und der Grundwasserspiegel damit abgesenkt. Ab etwa den 1860er Jahren wurden die Flussauen, große Ströme (Rhein) und alpine Gebirgsflüsse reguliert und die großen Sümpfe und Moore flächig kultiviert. Innerhalb von nur rund 100 Jahren veränderte sich damit die Kulturlandschaft Mitteleuropas in einer bis dahin nie dagewesenen Geschwindigkeit. Diese landschaftlichen Umgestaltungen sind in Kombination mit dem insgesamt hohen Eutrophierungsgrad durch den Einsatz von Düngemitteln und der Belastung durch umweltgefährdende Stoffe aus Industrie, Gewerbe und Privathaushalten gegenwärtig der Hauptgrund für den Verlust an Biodiversität in Mitteleuropa. Er ist der bislang stärkste und vor allem schnellste, der je dokumentiert wurde (Haber 2014, Kunz 2017, Poschlod 2015).

Dies zeigt sich auch an dem verschwindend geringen Anteil von natürlichen bzw. naturnahen Ökosystemen. Rund 46 % der Landesfläche werden landwirtschaftlich genutzt, der Großteil davon als Acker- oder Grünland. Auf rund 38 % der Fläche steht Wald, dieser wird allerdings auch zum allergrößten Teil forstwirtschaftlich genutzt. Siedlung und Verkehr nehmen etwa 14 % der Landesfläche



Foto: Daniel Moog

Abb. 6: Die mitteleuropäische Kulturlandschaft ist auf Entwässerung optimiert. Der technische Verbau von Gewässern untergeordneter Bedeutung trägt wesentlich dazu bei.

ein. Damit weist Baden-Württemberg einen sehr hohen Anteil von intensiv genutzten Flächen auf. Für natürliche oder wenigstens naturnahe Ökosysteme, wie z. B. Moore oder Gewässer, verbleiben weniger als 2 % der Landesfläche (MLR 2019). Diese sind aber ebenfalls meist in einem stark vom Menschen beeinflussten und damit nur eingeschränkt leistungsfähigen Zustand.

Dadurch begegnet die mitteleuropäische Kulturlandschaft den Stör- und Stressfaktoren des Klimawandels bereits in einem sehr hohen Maße vorbelastet. Das Risiko für die Landschaft, unter Stress und Störungen eine kritische Schwelle bei gleichzeitig eingeschränkten Anpassungsoptionen zu erreichen, wird unter den realistisch zu erwartenden Klimaveränderungen im aktuellen Jahrhundert und der derzeit beobachteten rasanten Geschwindigkeit dieser Veränderungen als durchaus hoch einzuschätzen sein. Der Klimawandel fordert damit die Fähigkeit zur Resilienz der mitteleuropäischen Kulturlandschaft erheblich heraus.

4 Flurneuordnung

Die Flurneuordnung dient der Umgestaltung des ländlichen Raums. Diese Umgestaltung setzt sie im Wesentlichen durch Bodenordnung und durch die Herstellung von privatnützigen, gemeinschaftlichen Anlagen um. Historisch betrachtet erfolgte dies lange Zeit ausschließlich mit der Zielsetzung einer Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft. Diese Ausrichtung ist insofern nachvollziehbar und begründbar, da es dem Zeitgeist des Nützlichkeitsdenkens entsprach, insbesondere in den Zeiten der labilen Nahrungsversorgung und des Wiederaufbaus nach dem Zweiten Weltkrieg. In den Kriegs- und Nachkriegsjahren hatte der Naturschutz daher zwangsläufig nur eine geringe gesellschaftliche Bedeutung. Die uneingeschränkte Zustimmung der Bevölkerung zur Modernisierung der Land- und Forstwirtschaft schwand ab Anfang der 1960er Jahre. Durch die Sensibilisierung in Bezug auf den Verlust von Lebensräumen und Arten, die Gefährdung von Böden und Grundwasser und damit der menschlichen Gesundheit wurde der Einsatz von Technik und Chemie in der Landwirtschaft zunehmend in weiten Teilen der Bevölkerung grundsätzlich in Frage gestellt. Meilensteine dieser Entwicklung waren Publikationen wie »Der stumme Frühling« von Rachel Carson im Jahr 1962 und »Die Grenzen des Wachstums – Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit« von Dennis Meadows im Jahr 1972, die rückblickend als eigentliche Auslöser des Umweltbewusstseins und der Umweltpolitik in den Industriestaaten betrachtet werden können (Haber 2014).

In der Folge ersetzte 1976 ein neues Bundesnaturschutzgesetz das Reichsnaturschutzgesetz von 1935, das in der Bundesrepublik als Länderrecht weiterhin gültig geblieben war. Im selben Jahr wurden auch die Zielsetzungen

des Flurbereinigungsgesetzes um die Förderung der allgemeinen Landeskultur und der Landentwicklung erweitert und insgesamt die Belange des Umwelt- und Naturschutzes gestärkt. Nachdem Maßnahmen des Naturschutzes in Flurneuordnungsverfahren zunächst nur eingeschränkt umsetzbar waren, erfolgte im Jahr 1994 durch die zweite Novellierung des Flurbereinigungsgesetzes die Gleichstellung von Zielen des Natur- und Umweltschutzes mit den Zielen der Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft. Rechtlich müssen Flurneuordnungsverfahren allerdings nach wie vor vorrangig den Interessen der beteiligten Grundstückseigentümer dienen, es muss also die Voraussetzung der Privatnützigkeit objektiv gegeben sein.

Grundsätzlich stellt die Flurneuordnung ein sehr geeignetes Instrument dar, um Landschaften an die Folgen des Klimawandels anzupassen (Guggemos et al. 2020, Möckel und Wolf 2022). Inwieweit jedoch Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel als privatnützig anzusehen sind, ist rechtlich zumindest umstritten, was aktuell noch den Anwendungsbereich der Flurneuordnung in diesem Kontext einschränkt. Es scheint derzeit noch eine Frage der fachlichen Interpretation und damit der rechtlichen Auslegung zu sein, inwieweit Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel die Voraussetzung einer objektiven Privatnützigkeit erfüllen. Unbestritten sollte jedoch sein, dass in einem Flurneuordnungsverfahren grundsätzlich langfristige Interessen im Vordergrund stehen. Ebenso nicht zur Diskussion steht, dass eine Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft inzwischen nicht mehr nur ausschließlich betriebswirtschaftliche Aspekte umfasst, sondern eben auch ökologische Aspekte. Auch besteht ein objektives Interesse der beteiligten Grundstückseigentümer, dass im Rahmen der Bodenordnung nicht nur betriebswirtschaftlich zweckmäßige Verhältnisse, sondern auch rechtskonforme Zustände hergestellt und Konflikte damit beseitigt werden, unter anderem durch die Umsetzung umweltrechtlicher Anforderungen (z. B. Gewässerrandstreifen). Die Sicherung der beschriebenen grundlegenden Funktionen einer Landschaft durch Steigerung der Resilienz gegenüber den Folgen des Klimawandels sind somit als wertgebende und werterhaltende Faktoren von Grund und Boden anzusehen und damit im objektivem Interesse der Teilnehmergeinschaft. Maßnahmen zur Steigerung der Resilienz der Landschaft gegenüber den Folgen des Klimawandels können somit durchaus auch als privatnützige, gemeinschaftliche Anlage angesehen werden und nicht grundsätzlich und ausschließlich als öffentliche Anlage (Möckel und Wolf 2022).

5 Slow it, spread it, sink it, store it

Aufgrund ihres gesetzlichen Auftrags und ihrer traditionellen Rolle sowohl als Landschaftsgestalterin als auch als ausgleichende Vermittlerin zwischen den Interessen innerhalb

der Teilnehmergeinschaft und den Trägern öffentlicher Belange ist die Flurneuordnung dafür prädestiniert, die notwendige Steigerung der Klimaresilienz der Landschaft unterstützend zu begleiten. Die Umsetzung von Strategien zur Regelung des Landschaftswasserhaushalts unter landschaftsökologischen Aspekten nimmt hierbei eine zentrale Rolle ein. Dabei lassen sich vier Schritte abgrenzen, die grundsätzlich auch in jedem Flurneuordnungsverfahren umsetzbar sind:

1. Slow it – den Wasserabfluss verlangsamen,
2. Spread it – Wasser in der Landschaft verteilen,
3. Sink it – Wasser versickern lassen,
4. Store it – Wasser für Dürrephasen verfügbar halten.

Zunächst sollte das Ziel sein, den Oberflächenabfluss auf das vom Gelände vorgegebene Maß zu verlangsamen und im Hinblick auf die Erosionskraft zu bremsen. Neben einer Verringerung der Versiegelung bei gemeinschaftlichen Anlagen (z. B. Rasenverbundpflaster anstelle von Asphalt im Wegebau) bedeutet das primär eine Änderung der Bodennutzung in entsprechend gefährdeten Bereichen. Die Ausweisung von Grünland in Hanglagen oder, sofern nicht möglich, die Ausweisung von hangparallelen Bewirtschaftungsrichtungen auf Ackerland sind hier simple, aber sehr wirkungsvolle Mittel. Wo immer möglich, sollten vor allem bei Ackernutzung in Hanglage entlang der Höhenlinien erosionsbremsende Elemente angelegt werden (siehe Beispiel in Abb. 7), um die Hanglänge zu verkürzen und abgeschwemmten Oberboden frühzeitig auffangen zu können. Dies verringert zum einen die Sedimentbelastung von Gewässern, zum anderen lässt sich dadurch nach einem Schadensereignis der Oberboden wenigstens zu einem Teil auf die ursprüngliche Fläche wieder zurücktransportieren. Mögliche Elemente hierfür sind die Anlage von Grünwegen, besser noch die Anlage von Ackerrand- bzw. Altgrasstreifen oder Hecken. Letztere weisen einen sehr hohen multifunktionalen Wert auf, da sie sich vom Grundsatz hervorragend zur Unterstützung des Biotopverbunds eignen und einen weiteren Baustein zur Steigerung der Klimaresilienz darstellen. Insbesondere Heckenstrukturen mindern zudem die Erosionsgefährdung durch Wind, vor allem aber wirken sie sich positiv auf das Mikroklima aus und mindern die Austrocknung des Oberbodens. Zugleich verbessern sie somit seine Wasseraufnahmekapazität, was Erosionsschäden durch Oberflächenabfluss von vornherein wesentlich vorbeugt (Möckel et al. 2024).

Durch Umsetzung eines sogenannten Keyline-Designs lässt sich die Wirkung dieser erosionsmindernden Elemente auf den Landschaftswasserhaushalt weiter verbessern und stärken. Diese Technik wurde in Australien erfunden und umfasste zunächst den Bau von Bewässerungsdämmen und -gräben, kann aber heute auch in Mitteleuropa aufgrund ihrer Multifunktionalität als vielversprechendes Werkzeug zur Anpassung an den Klimawandel betrachtet werden (Yeomans 2008). Die Keylines folgen dabei als Rinnen bzw. Mulden dem Verlauf der Höhenlinien mit dem Ziel, das Wasser mit einem geringen Gefälle zum Scheitel-

punkt der unterhalb gelegenen Höhenlinie zu leiten. Da die Linienführung dem Gelände entsprechend angepasst ist, wird nicht nur die Erosion wirksam gemindert, sondern auch die Versickerung verstärkt und damit potenziell auch eine mögliche Dürrephase abgemildert. Im Gegensatz zur klassischen Geländeterrassierung, insbesondere in Rebverfahren, könnten weitere Vorteile dieser Technik ein harmonischeres Einfügen in das Landschaftsbild und somit eine breitere Akzeptanz in der Öffentlichkeit sein sowie in bestimmten Fällen auch eine kostengünstigere Planung und Umsetzung.



Foto: Landratsamt Main-Tauber-Kreis

Abb. 7: Rinnen und Mulden entlang von Höhenlinien bremsen Erosion bei Starkregen und eignen sich zur Unterstützung des Biotopverbunds.



Foto: Wasserwirtschaftsamt Ansbach

Abb. 8: Ein kontrollierter Grabeneinstau leitet Hochwasser verzögert ab und verbessert die Wasserverfügbarkeit im Umfeld durch Versickerung.

Während das Keyline-Design vorrangig für Hangbereiche in Betracht kommt, kann die Rückhaltung von Niederschlag in flacheren Bereichen durch eine hydrologische Vernetzung von Retentionsflächen, wie Mulden oder Senken, mit dem Vorfluter erfolgen, also einem permanenten Kontakt mit dem Fließgewässer bei tendenziell tieferer Sohlhöhe von Speicher und Vorfluter. Damit wird Wasser im Gewässersystem selbst gespeichert, zeitlich verzögert in den Vorfluter geleitet und die Spitze von Hochwasserereignissen gebrochen. Ebenso können Wasserabflussgräben in Wasserspeichergräben umgebaut werden, indem

das Gefälle umgekehrt wird, also ein negatives Gefälle des Grabensystems zum Vorfluter erzeugt wird. Dadurch wird der Niederschlag von Anfang an im Gelände zurückgehalten und die Wasserspeicherkapazität deutlich erhöht. Eine weitere Umsetzungsmöglichkeit könnte die Umwidmung von bestehenden Gräben durch einen Grabeneinstau sein. Hierbei wird gewährleistet, dass Hochwasser nach wie vor abgeleitet wird, allerdings erfolgt diese Ableitung verzögert und ermöglicht damit eine teilweise Versickerung vor Ort. Niederschlag, vor allem nach Starkregenereignissen, bleibt somit über längere Zeit pflanzenverfügbar und kann dadurch die Auswirkungen von Dürrephasen auf die Landwirtschaft abmildern und die Grundwasserbildung stützen (siehe Beispiel in Abb. 8).

Darüber hinaus sollten sämtliche Maßnahmen, die zu einer Reduzierung der Fließgeschwindigkeit von Gewässern führen, stärker in den planerischen Fokus von Flurneuordnungsverfahren gestellt werden. Renaturierungsmaßnahmen an Gewässern, die einen naturnahen Ausbau mit mäandrierendem Verlauf und Pufferflächen bei gleichzeitiger Verlängerung der Gewässerlänge als Umsetzungsziel verfolgen, verringern nicht nur das Tempo des Wasserabflusses, sondern stellen auch einen essentiellen Beitrag zum Biotopverbund dar (siehe Beispiel in Abb. 9). Im Sinne der Wasserrückhaltung und des Schutzes der Biodiversität steigern solche Maßnahmen somit in mehrfacher Weise



Fotos: Landratsamt Alb-Donau-Kreis

Abb. 9: Renaturierungsmaßnahmen an Gewässern verringern das Tempo des Wasserabflusses und sind damit geeignete und wichtige Maßnahmen in Flurneuordnungsverfahren. Links: Während der Umsetzung. Rechts: Nach der Umsetzung.

die Resilienzfähigkeit einer Landschaft gegenüber den Folgen des Klimawandels. Dränagesysteme sind dagegen in diesem Kontext als kontraproduktiv zu betrachten. Sofern eine Deaktivierung bestehender Systeme nicht möglich ist, sollte über gezielte Steuerungsmöglichkeiten im Hinblick auf das Wassermanagement in Dürrephasen nachgedacht werden.

6 Fazit

Welche Impulse lassen sich nun für die Planung und Aufstellung des Wege- und Gewässerplanes in Flurneuordnungsverfahren ableiten? Zunächst muss sich die Flurneuordnung nicht neu erfinden, um einen effektiven Beitrag zur Steigerung der Resilienz gegenüber den Folgen des Klimawandels zu leisten. Landschaftliche Resilienz ergibt sich durch ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Vielfalt und Redundanz, Robustheit und Elastizität sowie Autarkie und Vernetzung. Werden in einem Flurneuordnungsverfahren diesbezüglich markante Ungleichgewichte offensichtlich, sollte die Planung entsprechende Maßnahmen berücksichtigen, beispielsweise bei gering ausgeprägter Redundanz der Landschaft entsprechende Landschaftsstrukturen mit besonderer Bedeutung stärken. Resilienz fragt somit immer nach den Zusammenhängen, nach Ausgleich und Integration von verschiedenen Interessen. Im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung ist dies traditionell eine der Stärken und Kernkompetenzen der Flurneuordnung.

Durch die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landnutzung und Ökosysteme in den kommenden Jahrzehnten sollte allerdings die übliche Herangehensweise einen Schritt weitergeführt werden und das Verfahrensgebiet explizit hinsichtlich besonders sensibler Bereiche, insbesondere dem Wassermanagement, überprüft werden. Wie bei allen Entscheidungen, die komplexe Systeme betreffen, wird dabei Unsicherheit eine große Rolle spielen. Es ist vielfach unklar, wann, wo, wie häufig und in welcher Intensität zukünftig Schadensereignisse eintreten werden. Um festlegen zu können, wie sich die Teilnehmergemeinschaft gegen die schwer abzuschätzenden Folgen des Klimawandels schützen kann und wie viel Fläche sie hierfür bereitstellen soll, ist Entscheidungsfähigkeit gefragt. Diese Fähigkeit zur Entscheidung prägt in hohem Maße die Flurneuordnungsverwaltung und sie trägt damit auch eine hohe Verantwortung. Übliche Strategien, wie beispielsweise Kosten-Nutzen-Analysen oder Minimax-Regel, geraten im Hinblick der Unsicherheit der Klimawandelfolgen schnell an ihre Grenzen und können zu falschen oder gar keinen Entscheidungen führen. Es bietet sich daher an, bei der Entscheidungsfindung die Maßnahme (z. B. Herstellen von Retentionsflächen) zu wählen, die den Schaden (hier: Flächeninanspruchnahme und Herstellungskosten) bei einer Fehlentscheidung minimiert bzw. die auch bei nicht Eintreten des Erwarteten (hier: Starkregenereignis) dennoch wertvolle Mitnahmeeffekte (hier: Biotopverbund) aufweist und damit einen Mehrwert bietet. Diese Entscheidungsfindungen sind in der Regel aufwendiger. Durch breite und offene Dialogprozesse mit der Teilnehmergemeinschaft und allen relevanten Akteuren können sich aber daraus innovative Projekte für die Anpassung an den Klimawandel entwickeln.

In der planerischen Auseinandersetzung mit der Resilienzfähigkeit einer Landschaft gegenüber den Folgen des Klimawandels finden sich somit viele Handlungsfelder, in denen die Flurneuordnung bereits seit langem agiert und

jahrzehntelange Erfahrung aufweisen kann. Gleichwohl kann aber vieles im Kontext des Klimawandels in einen neuen Gesamtzusammenhang gebracht werden. Daher liegt in der Auseinandersetzung mit den Folgen des Klimawandels vor allem eine Chance für die Flurneuordnung, ihren gesetzlichen Auftrag zur Entwicklung eines Flurneuordnungsgebiets unter dem Aspekt der Resilienzfähigkeit neu zu denken und den Diskussionen unter Kolleginnen und Kollegen, mit der Teilnehmergeinschaft und den Akteuren vor Ort frische Impulse und neue Ideen zu geben.

Literatur

- Augustin, J., Burkart, K., Endlicher, W., Herrmann, A., Jochner-Oette, S., Koppe, C., Menzel, A., Mücke, H.-G., Sauerborn, R. (2023): Klimawandel und Gesundheit. In: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg, 171–190.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023): Kosten der Klimawandelfolgen in Deutschland. www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Klimaschutz/kosten-klimawandelfolgen-in-deutschland.html, letzter Zugriff 5/2024.
- Bronstert, A., Apel, H., Bormann, H., Bürger, G., Haberlandt, U., Hannappel, A., Hattermann, F.F., Heistermann, M., Huang, S., Iber, C., Joneck, M., Kolokotronis, V., Kundzewicz, Z. W., Menzel, L., Meon, G., Merz, B., Meuser, A., Nied, M., Paton, E.N., Petrow, T., Rottler E. (2023): Hochwasser und Sturzfluten an Flüssen in Deutschland. In: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg, 109–130.
- EEA – European Environment Agency (2024): European climate risk assessment – Executive summary. European Environment Agency, Kopenhagen.
- Elsasser, P., Grabski-Kieron, U., Hellmich, M., Hirschfeld, J., Raabe, M., Rajjmis, S., Sagebiel, J., Siebert, R., Steinführer, A., Steinhäufser, R., Weller, P. (2021): Gesellschaftliche Bewertung der Landnutzungsstrategien. In: Gömann, H., Fick, J. (Hrsg.): Wechselwirkung zwischen Landnutzung und Klimawandel. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg, 299–420.
- Friedrich, K., Deutschländer, T., Kreienkamp, F., Leps, N., Mächel, H., Walter, A. (2023): Klimawandel und Extremereignisse: Temperaturen inklusive Hitzewellen. In: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg, 61–72.
- Guggemos, R., Bergner, E., Turck, S., Wudtke, T. (2020): Berücksichtigung von Klimaschutz und Klimaanpassung in der ländlichen Bodenordnung. In: *avn – allgemeine vermessungs-nachrichten*, Heft 6/2020, 127. Jg., 269–277.
- Haber, W. (2014): Landwirtschaft und Naturschutz. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
- Klotz, S., Henle, K., Settele, J., Sukopp, U. (2023): Biodiversität und Naturschutz im Klimawandel. In: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg, 191–212.
- Kunstmann, H., Fröhle, P., Hattermann, F.F., Marx, A., Smiatek, G., Wanger, C. (2023): Wasserhaushalt im Klimawandel. In: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg, 213–226.
- Kunz, M., Karremann, M. K., Mohr, S. (2023): Auswirkungen des Klimawandels auf Starkniederschläge, Gewitter und Schneefall. In: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg, 73–84.
- Kunz, W. (2017): Artenschutz durch Habitatmanagement – Der Mythos der unberührten Natur. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
- Lotze-Campen, H., Conradt, T., Ewert, F., Frühauf, C., Gömann, H., Michaelis, P., Lüttger, A., Nendel, C., Weigel, H.-J. (2023): Klimawirkungen und Anpassungen in der Landwirtschaft. In: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg, 237–248.
- LUBW – Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2024): Schwerpunkte 2023. LUBW, Karlsruhe.
- Marx, A., Blauhut, V., Boeing, F., Forkel, M., Hagenlocher, M., Herbst, M., Hoffmann, P., Kuhlicke, C., Kumar, R., Madruga de Brito, M., Samaniego, L., Thonicke, K., Ziese, M. (2023): Dürren und Waldbrände unter Klimawandel. In: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg, 131–142.
- MLR – Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2019): https://lr.landwirtschaft-bw.de/Lde/3650826_3651462_5405915_5378885_5378933_5395054, letzter Zugriff 5/2024.
- Möckel, S., Baaken, M. C., Bartkowski, B., Beckmann, M., Strauch, M., Stubenrauch, J., Volk, M., Witing, F., Wolf, A. (2024): Zukunftsfähige Agrarlandschaften in Deutschland – praktische Maßnahmen und ihre Wirksamkeit im Vergleich. In: *NuR – Natur und Recht*, Heft 1/2024, 46. Jg., 13–24.
- Möckel, S., Wolf, A. (2022): Flurbereinigung: Privatnützigkeit und Ökosystemleistungen. In: *NuR – Natur und Recht*, Heft 1/2022, 44 Jg., 11–20.
- Pfeiffer, E.-M., Eschenbach, J., Munch, J. C., Vereecken, H. (2023): Böden und ihre Funktionen im Klimawandel. In: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg, 263–274.
- Poschlod, P. (2015): Geschichte der Kulturlandschaft. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Schmidt, C. (2020): Landschaftliche Resilienz – Grundlagen, Fallbeispiele, Praxisempfehlungen. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg.
- Schulze, S., Bardt, H., Bieberle, H., Klepper, G., Mohammadzadeh, M., Osberghaus, D., Rickels, W., Schlenker, O., Schwarze, R. (2023): Kosten des Klimawandels und Auswirkungen auf die Wirtschaft. In: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin und Heidelberg, 311–332.
- UM – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2023): Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg – Fortschreibung. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Yeomans, K. (2008): Water for Every Farm – Yeomans Keyline Plan. 4. Auflage, Keyline Designs, Australien.

Kontakt

Jens Mück
Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg
stv. Leiter Referat 42 – Landschaftspflege, Naturschutz
Büchsenstraße 54, 70174 Stuttgart
jens.mueck@gl.bwl.de

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter www.geodaesie.info.