

Historische und aktuelle Geoinformation – Grundlage in der Agrarlandschaftsforschung

Detlef Deumlich, Ralf Dannowski und Lidia Völker

Zusammenfassung

Digitale Geländemodelle helfen im Komplex mit aktuellen und historischen Karten sowie Bildquellen bei der Betrachtung in der Landschaft auftretender Prozesse und dienen als Grundlage für Entscheidungen. Ihre Nutzung im Kontext Landschaftsveränderung, Wassererosion und Beurteilung von Abflussprozessen wird beschrieben. Darüber hinaus bildet historisches Karten- und Bildmaterial nach entsprechender Georeferenzierung Zeitschritte der Landschaftsentwicklung ab und gestattet in Kombination mit neueren Digitalen Orthofotos Sichten auf Besonderheiten der Landschaft, die zuvor weniger Beachtung fanden, z.B. historische Landnutzungen wie Wölbäcker, Kohlemeiler, Dränagen, ehemalige Ackergrenzen und Wege.

Summary

Digital elevation models in concert with current or historical maps and aerial photography are helpful for examination of processes proceeding at the landscape level. Also, they are suitable to serve as a basis for decision making. Described here is their application in the context of landscape change, water erosion, and assessment of flow processes. In addition, geo-referenced historical plans and photographs reproduce stages of landscape development. As combined with more recent Digital Orthophotos, all of this information allows us to obtain insight into landscape peculiarities not noted before. These are, for example, historical land use features, such as ridge and furrow remnants, charcoal kilns, drainageways, relinquished lynchets and field paths.

Schlüsselwörter: Historische Karte, DGM, Erosion, Hangneigung, Landschaftsanalyse

1 Einleitung

Landschaftsveränderungen erfolgen über längere Zeiträume durch natürliche Prozesse (z.B. Verwitterung, Tektonik, ...) oder beschleunigt durch anthropogenes Einwirken. Die Bodenerosion durch Wind bzw. Wasser als bedeutendster das Landschaftsbild verändernder natürlicher Prozess wird durch den Menschen verstärkt und zusätzlich durch die Bodenbearbeitung befördert (Lobb et al. 1995, Kietzer 2007). In den vergangenen Jahren aufgetretene Erosionsereignisse bewirkten massive materielle und immaterielle Schäden. Aber auch häufige kleinere Erosionsereignisse und die Bearbeitungspraxis in der Landwirtschaft führen durch Bodenverlagerung zu Landschaftsveränderungen.

Geoinformationen sind bei der Untersuchung dieser Ereignisse und Planung von Schutzmaßnahmen unerlässlich. Sie bieten darüber hinaus aber auch bei der Aufklärung und Vermeidung abflussgebundener Stoffverfrachtungen oder der Schadensbeurteilung von Witterungsextremen (Überschwemmung, Trockenfallen) und Konzipierung wasserwirtschaftlicher Anpassungsmaßnahmen zu deren Minderung zuvor nicht gekannte Möglichkeiten.

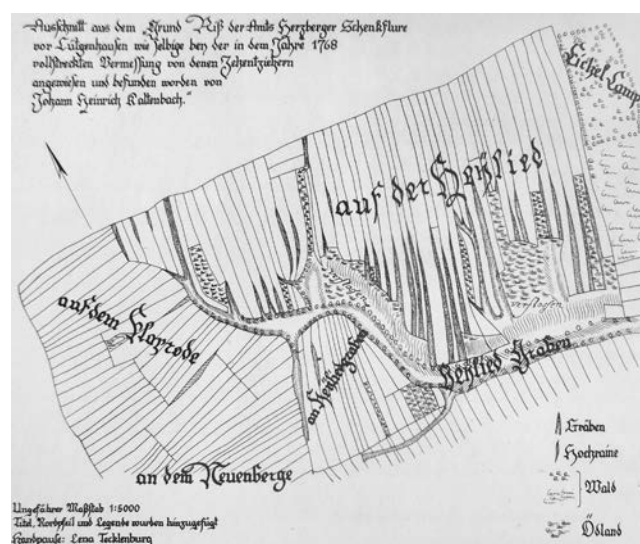


Abb. 1: Kartenausschnitt von 1768 mit Erosionsschäden in Wölbäckern im Eichsfeld

Die Ursachenforschung und Schadensaufnahme solcher Prozesse, Ereignisse und Extremzustände nutzt unterschiedlichste Quellen aus verschiedenen Fachgebieten, insbesondere der Meteorologie, Hydrologie und der Geoinformatik (Geologie, Bodenkunde, Geodäsie, Kartografie, ...). Die sich heute mit INSPIRE entwickelnde Geodateninfrastruktur bietet beste Möglichkeiten, all die dazu verfügbaren Informationen aus Katasterdaten, Orthofotos und zum Gelände, insbesondere zum Relief, bereits vor einer Begehung durch Sachverständige zu beschaffen und zu einer virtuellen Landschaftssituation zu kombinieren. Die GIS-Software gestattet mit 3D-Darstellungen, mit Überhöhungen, der Nutzung des Schattenwurfs und Modellrechnungen verbesserte, zielorientierte Visualisierungen, Analysen und Charakterisierungen von Gegebenheiten und Besonderheiten.

Das Relief spielte schon immer neben den Gewässern eine bedeutende Rolle in der Kartografie und der sich entwickelnden Landschaftsforschung. Bereits aus dem 18. Jahrhundert sind erste Kartendarstellungen von Erosionsschadensfällen bekannt (Abb. 1).

In den letzten Jahren wurden in Deutschland durch die Vermessungsverwaltungen der Länder hochauflösende aus Airborne Laser Scanning (ALS) berechnete Digitale Geländemodelle (DGM-ALS) als neue effektive Planungsinstrumente erstellt, so auch 2008 bis 2012 flächendeckend in Brandenburg (Katzur et al. 2013). Damit werden die DGM25 mit 25 m Rasterweite abgelöst, die bisher eine Grundlage bei der Erosionsschätzung bildeten. Da sich damit die Genauigkeit der Abbildung der Geländeoberfläche von ± 2 m auf $\pm 0,15$ m erhöht (Katzur und Wedel 2010), sind bessere Beurteilungen von Abflussverhältnissen und Erosionsgefährdung zu erwarten. Aber auch ältere Karten und Algorithmen behalten als historische Dokumente ihre Bedeutung bei Einschätzungen der Erosionsgefahr oder von Vernässungsrisiken.

Ergebnisse und Erfahrungen zur Kombination von Geoinformationen und Geländeerkundungen werden für ausgewählte Gebiete Brandenburgs berichtet. Die Ziele und Anwendungen waren in den Projektgebieten unterschiedlich. Deshalb werden mehrere Aspekte der Nutzung der Geodaten in der Landschaftsforschung von der arealbezogenen Einschätzung der Hangneigung, ihrer Typisierung, der Erarbeitung von Erosionsschadens- und Erosionsgefährdungskarten sowie sich vollziehende Landschaftsveränderungen über die letzten 200 Jahre berichtet. Beispiele hydrologisch-wasserwirtschaftlicher Analysen erweitern diese Demonstration der Anwendungsmöglichkeiten moderner digitaler Geoinformationen.

2 Reliefanalyse zur Einschätzung des Wassererosionspotenzials in der Agrarlandschaftsforschung

2.1 Hangneigung

Grundlagenkenntnisse zur Landschaft, ihrer Ausstattung und zum Relief wurden über Jahrhunderte geschaffen und stetig verbessert. Vor allem politische und militärische Erfordernisse und Ereignisse spielten dabei eine Rolle und trugen zur Entwicklung von Geodäsie und Kartografie bei (Helbig 2002). Dabei wurden kulturgeschichtliche Dokumente geschaffen, die einerseits als Stiche Kunst sind, aber auch als wertvolle Marken der Landschaftsforschung dienen. Für die Prozesse der Wassererosion ist besonders das Relief von Bedeutung. Hangneigung und Wölbung bedingen spezielle Bodeneigenschaften und tragen zur Entwicklung verschiedener Böden bei (adhoc Boden 2005).

Die Entwicklung des deutschen topografischen Landeskartenwerks im Maßstab 1:25.000 (MtBl.) führte vom Preussischen Urmeßtischblatt zu den heutigen topografischen Karten. Darin enthalten sind genaue Höhenlinien und ausgewiesene markante Geländepunkte mit ihren Höhen. Diese Karten dienten nach Hochzeichnung in den Maßstab 1:10.000 in der DDR als Grundlage für die Erstellung von Hangneigungskarten (Abb. 2). Vorangegan-

gen war diesem Entwicklungsschritt im Zeitraum 1940 bis 1960 eine eingehende Beschäftigung mit der Boden-erosion durch Wasser in Deutschland (Mückenhausen 1954). Es entstanden thematische Inselkarten und Landesübersichten nach unterschiedlicher Methode (Schultze 1952). Flegel (1958) erarbeitete unter Nutzung von Erosionsschadensprotokollen eine Übersichtskarte zur Bodenerosion in der DDR. Sie bietet ein »vergleichbares Bild des allgemeinen Erosionszustands«. Besonders durch Erosion betroffene, gefährdete und schutzbedürftige Areale wurden farblich hervorgehoben. Durch Kombination von Boden-, topografischen und Nutzungskarten sowie Erhebungen zu Schäden vor Ort wurde diese Karte empirisch-induktiv über Jahre erarbeitet. Da sie nur an wenigen Untersuchungsstellen orientiert wurde, war ihr Gültigkeitsbereich eingeschränkt. Deshalb forderte Flegel (1958, S. 6) »Schätzung und Deutung ... immer mehr durch Messung und Berechnung zu ersetzen«.

2.2 Hangneigungsflächentyp

Die Ergebnisse und Erfahrungen dieser thematischen Karte wurden im Zuge der »Standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung« im Gebietsstand der DDR genutzt. Auf den o.g. Karten im Maßstab 1:10.000 (vergrößerte MtBl. Maßstab 1:25.000) wurden von Hand zunächst neun Neigungsgruppen (HNG 0...8 bei definierter Farbwahl, später zusammengefasst zu fünf Hangneigungsgruppen ZHNG I...V) auf der Grundlage der Höhenschichtlinien unter Zuhilfenahme von Schablonen zur besseren Veranschaulichung erosionsgefährdeter Areale eingetragen. Es entstand die Hangneigungskarte Maßstab 1:10.000 (Arbeitsrichtlinie 1971; Abb. 4). Die Heterogenität der Hangneigung erforderte im Weiteren eine Typisierung. Es wurde der Hangneigungsflächentyp (NFT) der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) entwickelt. Dieser Flächentyp charakterisiert nach Art und Flächenanteil die Heterogenität der Hangneigungsgruppen im jeweiligen Bezugsareal in einem Wert (Tab. 1.).

Übersichtskarten und großmaßstäbige Schlagkarten wurden nach gleicher Methode für die landwirtschaftliche Nutzfläche in der DDR als Beratungsgrundlage und zum Boden- und Gewässerschutz in den 1980er Jahren erzeugt.

Diese qualitativ und quantitativ Flächen beurteilenden Algorithmen sind bei der Bewertung der Gefahr des Eintrags von Boden und Pflanzenschutzmitteln durch oberflächliche Abschwemmung jetzt wieder aktuell. Abstandsbemessungen bzw. Pufferstreifen auf der Grundlage der Düngeverordnung (DüV) bzw. des Pflanzenschutzgesetzes (PflSchG) nutzen diese Informationen, allerdings heute basierend auf dem DGM. Nach § 3 Absatz 7 der DüV gelten auf stark geneigten Ackerflächen mit mehr als 10 % Hangneigung innerhalb von 20 m zur Böschungsoberkante von Gewässern Bewirtschaftungs-

Tab. 1: Kriterien (präzisiert) zur Bestimmung der Hangneigungsflächentypen (NFT) für die MMK (dunkelgrau unterlegt) und ihre erweiterte Anwendung im Pflanzenschutz (PS)

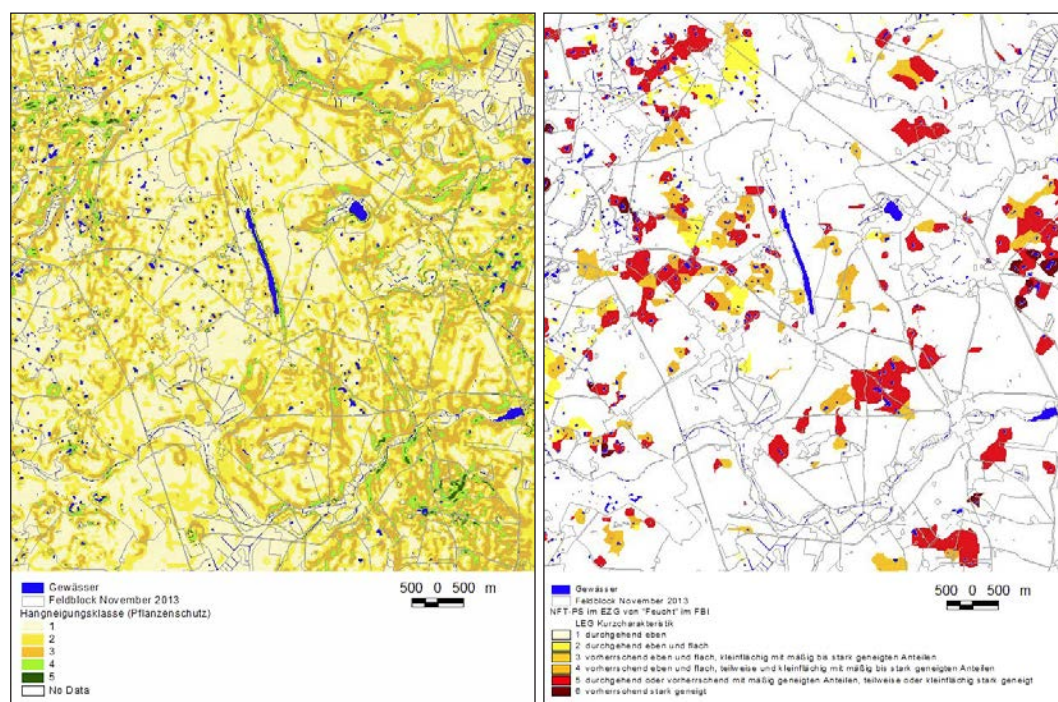
Flächentyp		Original der MMK-Gruppen Zusammengefasste Hangneigungsgruppen (ZHNG I...V) Hangneigungsgruppen (HNG 1..8)				
		I 0 < 4 %	II 1 4-9 %	III 2 / 3 9-14 %	IV 4 / 5 14-23 %	V 6-8 > 23 %
		Anwendung als Klassen für Pflanzenschutzmitteleinsatz Hangneigungsklassen Zusammengefasste Hangneigungen				
Symbol	Bezeichnung	1 ≤ 2 %	2 2-≤ 4 %	3 4-≤ 8 %	4 8-≤ 13 %	5 > 13 %
1	eben	≥ 95	≤ 5	0		
2	flach	≥ 60	≤ 40		0	
3	flach mit mäßig geneigten Anteilen	≥ 80		≤ 20	≤ 5	0
4	flach mit stark geneigten Anteilen	≥ 80		≤ 20		≤ 5
5	mäßig geneigt mit stark geneigten Anteilen	≥ 70			< 30	
6	stark geneigt	< 70			≥ 30	

einschränkungen oder Auflagen. Des Schutzes bedürfen jedoch nicht nur größere Wasserkörper (Seen, Flüsse – geregelt durch EU-Wasserrahmenrichtlinie) oder Trocken- oder Feuchtbiopte, auch die kleineren Sölle und Tümpel sind in der Landschaft und als Lebensraum unerlässlich. Für deren innerhalb der Feldblöcke* gelegene Einzugsgebiete wurden die Hangneigungen für die einzelnen Rasterzellen berechnet und NFT ausgewiesen. Um den speziellen Belangen der Anwendungsbestimmungen der Pflanzenschutzmittel gerecht zu werden, wurden andere

Hangneigungsstufen verwandt (Tab. 1). Das Gefahrenpotenzial und die Areale werden in Geoviewern farblich in Risikoklassen abgestuft abgebildet. Öffentlichkeit, Nutzer und Behörden können daraus relevante Informationen beziehen (Abb. 2, Abb. 3, http://luaplms01.brandenburg.de/invekos_internet/viewer.htm).

Diese Gefahrenkartierung findet ohne Berücksichtigung der Bodeneigenschaft statt. Sie bietet digital einen Überblick über die typischen Reliefeigenschaften in Form der Gruppen bzw. der einzugsgebietsbezogenen Neigungsflächentypen. Gleichweise werden die originalen MMK-NFT, allerdings mit den anderen Hangneigungsstufen, dargestellt.

* Teil des landwirtschaftlichen Flächenkatasters, an natürlichen Außengrenzen orientiert, Flächenidentifizierung in der EU-Landwirtschaft



◀ Abb. 2:
Kartenausschnitt
der klassifizier-
ten Hangneigung
(Variante PS)

◀ Abb. 3:
Kartenausschnitt der
Neigungsflächen-
typen (Variante PS)
im Bereich von
Feuchtarealen

2.3 Wassererosion – Karte des Gefahrenpotenzials

Zur Charakterisierung des Wassererosionspotenzials werden neben dem Relief zusätzlich die Bodeneigenschaften, die Bodenerodierbarkeit (z. B. der Bodenarten der Bodenschätzung oder Substratflächentypen der MMK), einbezogen (Tab. 2).

Ähnliche Ergebnisse wie mit den MMK-Algorithmen werden modellgestützt im GIS erhalten. Die im Folgenden beschriebene Karte der potenziellen Bodenabtragsgefährdung Brandenburgs nach DIN 19708 (ABAG) entstand danach.

Die ALK-Folie 42 (Ergebnisse der Bodenschätzung) enthält gegenwärtig die detailliertesten Daten zum Boden, deckt aber wie die MMK nur landwirtschaftlich genutzte Flächen ab. Aus diesem Grund wurde entschieden, fehlende Flächen mit Informationen der MMK und ihrer Extrapolation auf Nicht-Landwirtschaftsflächen zu belegen. Die Bodenerodierbarkeit (K-Faktor der ABAG) wurde für die Bodenarten (Klassenzeichen der ALK-Folie 42 entsprechend DIN 19708) und die Substratflächentypen der MMK parametrisiert. Der Hangneigungsfaktor (Faktor S) wurde aus dem DGM25, später dem DGM10-Klassik je Rasterzelle berechnet (DIN 19708, Nearing 1997):

$$S = -1,5 + \frac{17}{1 + e^{2,3-6,1 \sin \alpha}} \quad (1)$$

Der Faktor L (Hanglänge) der jeweiligen maximal abflusswirksamen Hanglänge wurde in arcINFO-Grid, das jeweilige DGM nutzend, mit einer AML (ARC Macro Language, Geoverarbeitungsskriptwerkzeug) berechnet. Die Fläche Brandenburgs erforderte bereits eine Splittung des DGM10 in sechs sich gegenseitig überlappende Teile, um

die Datenmenge zu beherrschen. Die mit dem jetzigen DGM-ALS weiter gesteigerte Auflösung bedingt einen 12,5²- bzw. 25²-fach erhöhten Datenumfang gegenüber den klassischen DGMs mit 10 bzw. 25 m Rasterweite.

Die nach DIN 19708 je Rasterzelle berechneten potenziellen Bodenabträge wurden in der Karte der potenziellen Wassererosionsgefährdung in sechs Klassen zusammengefasst (Tab. 3, siehe Erosionsgefährdungsklassen (Vergleichsstufen) in <http://geodaten.zalf.de/website/bswa/viewer.htm>).

2.4 Kartierung von Schadensfällen

In Kartierrichtlinien werden Handlungsabläufe zur terrestrischen Erkundung von Schadensausmaßen angegeben (z. B. DVWK 1996). Begehungen vor Ort sind arbeitsaufwändig und erlauben trotzdem nur die ausschnittsweise Betrachtung bestimmter Flächen innerhalb größerer Schadens- oder Einzugsgebiete. Vermessung und Abschätzung von Ausraum- bzw. Akkumulationsvolumen (Erosion/Deposition) erfolgen meist abschnittsweise. Abschnitte

Tab. 3: Klassifizierung der potenziellen Bodenabträge durch Wassererosion

Klasse	Bodenabtrag in t/(ha · a)
0	0–0,5
1	0,5–0,75
2	0,75–1
3	1–3
4	3–8
5	> 8

Tab. 2: Bestimmung der Wassererosionsgefährdung (Schmidt und Diemann, 1981)

	Substratflächen- typ	Neigungsflächentyp						
		01	03	05	07	09	11	13
Bodensubstrat Korngrößen < 0,0063 mm	Schlüssel-Nr. nach MMK	eben	flach	flach mit mäßig geneigten Anteilen	flach mit stark ge- neigten Anteilen	mäßig geneigt mit stark geneigten Anteilen	stark ge- neigt	sehr stark geneigt
Ton; > 38 % (Torf)	18, 19, 51..55, 82..89, (90..99)	sehr gering	sehr gering	sehr gering	gering	gering	mäßig	stark
Sand; ≤ 7 % (Torf, Bergsand, lehm, Auenlehm und -ton)	1, 2, 28..42, 45..50, 74, 75, 78, 79	sehr gering	sehr gering	gering	gering	mäßig	stark	sehr stark
Lehm und Schluff- lehm; > 25 ... ≤ 38 %	11, 14..17, 20, 43, 44, 63, 64, 69..73, 76, 77, 80, 81	sehr gering	gering	mäßig	mäßig	stark	stark	sehr stark
Lehmige Sande und sandige Lehme; > 7 ... ≤ 25 % (Löß)	3..10, 12, 13, 21..27, 56..62, 65..68	gering	gering	mäßig	stark	stark	sehr stark	sehr stark

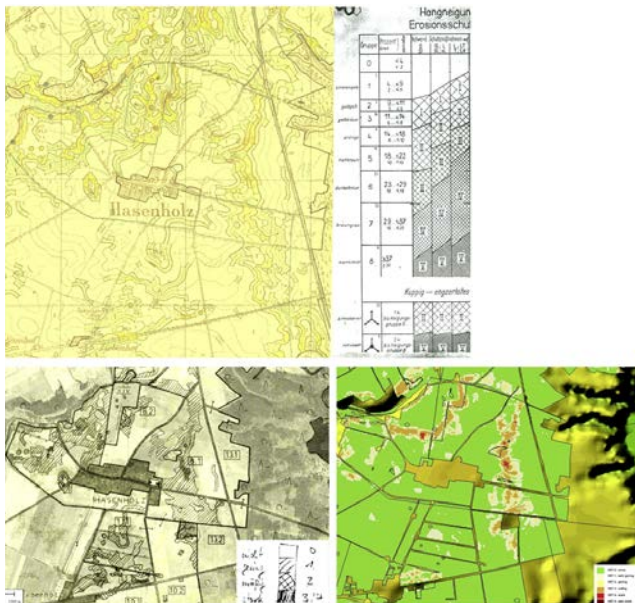


Abb. 4: Kolorierte Hangneigungskarte, Klassifizierung, abgeleitete Erosionsgefährdungskarte händisch und digital nach DIN 19708 (Ausschnitte)

gleicher Schadensformen bzw. -größe werden abgegrenzt. Daraus lassen sich im Nachgang annähernd die Bodenfrachten ermitteln.

Eine wiederholte ALS-Aufnahme und daraus berechnete DGM-ALS gestattet mit ihrer hohen Auflösung künftig die Ermittlung von Rasterzellendifferenzen, somit die bessere lagekonkrete Bestimmung von Erosions- bzw. Depositionsvolumina.

Insbesondere durch seine grobe räumliche Auflösung ist das DGM25 für die Ausweisung kleinerer Erosionssysteme wenig geeignet, gegenüber der analogen Karte war es aber in diesem Entwicklungsabschnitt der Geoinformatik und Computertechnik bahnbrechend.

Beispiele einer Hangneigungskarte, einer unter Verwendung von Transparentpapier entstandenen schematischen Einzeichnung der Erosionsgefährdung mit vier Schraffuren und eines Ausschnitts der im GIS erarbeiteten Erosionspotenzialkarte zeigen einen Abriss der Entwicklungen der letzten 50 Jahre (Abb. 4).

Die Karten dienen im Weiteren der Erarbeitung und Empfehlung von Schutzmaßnahmen.

3 DGM-gestützte Analyse von Landschaftsveränderungen

3.1 Reliefveränderung in Landschaften innerhalb von fünf Jahren

Die hochgenauen DGM-ALS stellen Daten zur besseren Erosionsbeurteilung bereit. In einem Projektgebiet bei Brandenburg/Havel liegen zwei hochauflösende DGM-Datensätze von 2008 und 2012 vor. Daraus wurde ein Differenzgrid berechnet. Aus den Abb. 5 und 6 lassen sich für

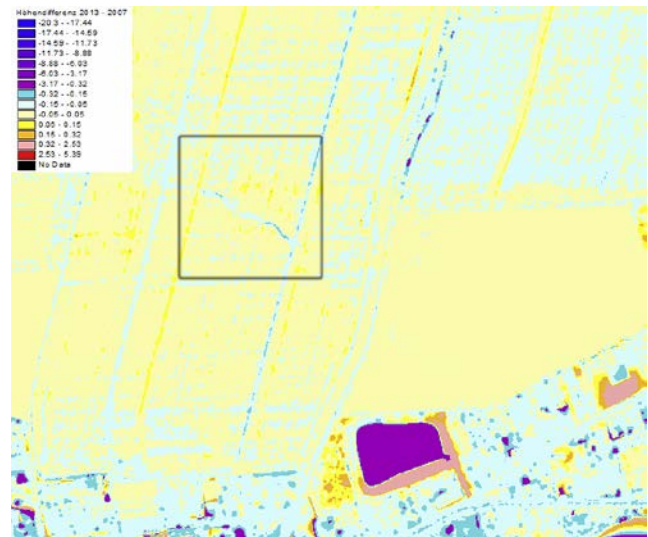


Abb. 5: Höhendifferenz der DGM-ALS der Jahre 2012–2008 (Ausschnittvergrößerung in Abb. 7)



Abb. 6: Erosionsform im Brandenburg-Viewer, DOP20c – Ausschnitt

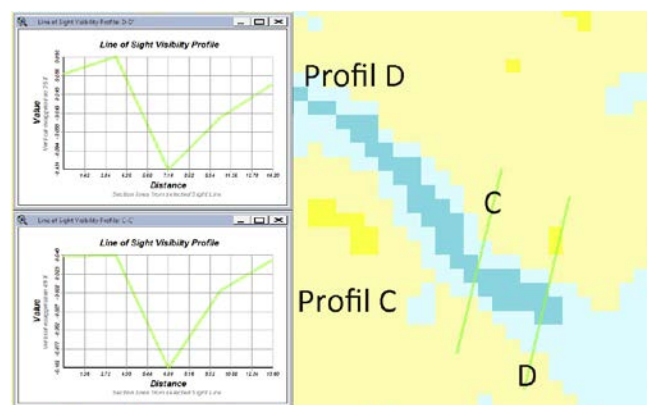


Abb. 7: Größe der Erosionsform (Ausschnitt aus Abb. 5)

das im Zentrum der Bilder befindliche Erosionssystem z. B. Höhenveränderungen von ca. 0,16 m für die Erosionsrinne berechnen bzw. aus den Querprofilen erkennen (Abb. 7). Das zwischenzeitlich neu zum Schutz der Siedlung vor Einträgen errichtete Retentionsbecken (violett, am Weg)

weist eine Tiefe von 1,8 m auf, der umgebende Wall hat ein Niveau von 31,8 m. Auch die auf den Äckern angelegten Fahrtrassen bilden sich zum Teil ab.

Die Bearbeitungsmaßnahmen auf den Äckern führen zu regelmäßigen Änderungen der Oberfläche im Bereich bis zu 3 dm. Somit lassen sich erst über längere Zeitabstände Veränderungen messbar abbilden. Im o.g. Fall ergibt aber die Kombination von DGM-Änderung und aktuellem Luftbild einen Nachweis der Wassererosionsdynamik und belegt die Notwendigkeit des Schutzbauwerks. Ähnliche DGM-Analysen wurden von Maurer et al. (2011) zur Identifikation von natürlichen Änderungen eines initialen Einzugsgebiets einer Bergbaufolgelandschaft in der Lausitz angewandt.

3.2 Hochauflösende DGM und Agrarlandschaftsgeschichte

Nicht alle Landschaftsphänomene sind mit dem Auge erkennbar. Erst durch die hochauflösenden DGM werden feinste Strukturen in der Landschaft großräumig sichtbar. Während beispielsweise Dünen oder Abbruchkanten in topografischen und bodengeologischen Kartenwerken aufgrund ihrer Größe und Besonderheiten bereits präsent sind, werden Strukturen historischer Landnutzung meist übersehen bzw. sind wegen ihrer geringen Höhendifferenzen gegenüber der Umgebung mit bloßem Auge weniger sichtbar. Solche Strukturen können z.B. ehemalige Wege, Schlaggrenzen etc. sein. Sie konnten aus objektiven Gründen bei der Geländeaufnahme meist nicht erkannt werden. Das trifft in besonderem Maße auch für ältere kulturbau technische Anlagen zu, wie Rohrleitungen, Dränagen sowie flache, verlandete oder später verfüllte Entwässerungsgräben (Tetzlaff et al. 2008). Nur in Luftbildern, aufgenommen bei besonderen Witterungsverhältnissen, waren sie andeutungsweise identifizierbar. Bei geeigneter Wahl der Visualisierungsparameter (Shader, Altitude und Azimuth des Lichteinfalls, Überhöhung) oder unter Zuhilfenahme in geringer Abstufung ($\leq 0,2$ m) erzeugter Konturlinien bietet das hochaufgelöste DGM beste Möglichkeiten zur Erkennung artifiziereller Geländeelemente, selbst unter Vegetation. Im Mikorelief vermoorter Niederungsgebiete zeichnen sich infolge unterschiedlicher Sackungsbeträge ursprünglich vorhandene Abflussbahnen ab, die für das heutige Wasser- und Stoffregime der Flächen von Bedeutung sein können.

Somit ermöglichen die DGM-ALS »neue« Sichten in die Landschaft. Im Projektgebiet bei Brandenburg/Havel konnten aus den bislang verfügbaren Unterlagen zur Topografie (DTK10, DGM25) und per Augenschein auf einem durch Erosion schwer betroffenen Feldblock mit maximal 4 % Hangneigung anfangs nur die sich in mehreren Mulden konzentrierenden Oberflächenabflüsse in Richtung der Vorflut erkannt werden. Erst bei günstiger Belichtung nach Ernte und Bestellung im Herbst wurden kleinere Strukturen aus Rücken und Senken erkannt.

Ihnen benachbart und durch sie geprägt traten die regelmäßigen linearen Erosionsformen auf. Im DGM-ALS können solche »alten« Strukturen durch zusätzliche Überhöhung deutlicher sichtbar gemacht werden. Relikte dieser Strukturen befinden sich besser konserviert unter Wald, in dessen Nachbarschaft sich die Phänomene oft in die Ackerflächen hinein fortsetzen. So konnten auf diesem Feldblock Wölbacker (Relikt der Bewirtschaftung

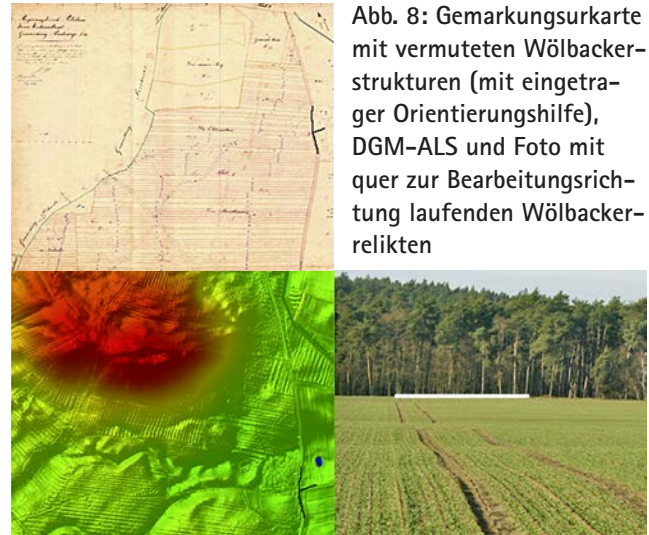


Abb. 8: Gemarkungsurkarte mit vermuteten Wölbackerstrukturen (mit eingetragener Orientierungshilfe), DGM-ALS und Foto mit quer zur Bearbeitungsrichtung laufenden Wölbackerrelikten

des Agrarlandes bis zur Separation, ca. 1840 (Hierold et al. 2001, Wulf 2001)), die dort nicht vermutet wurden, gefunden werden (Abb. 8). Neben den 2007 eingetretenen besonderen Witterungsbedingungen und dem Anbau des den Boden weniger gut bedeckenden Mais wurde die Bodenerosion wesentlich durch die früheren Wölbackerstrukturen beeinflusst.

Belege zu Erosionsschäden durch die Wölbackernutzung finden sich bereits in o.g. Karten im 18. Jahrhundert (Abb. 1). Für die Nachbarschaft des Schadensareals zeugt eine Gemarkungsurkarte von 1841 vor der Separation für diese kleinteilige Nutzungsform (Abb. 8).

3.3 Agrarlandschaftsentwicklung und -veränderungen der letzten 200 Jahre in der Uckermark am Beispiel des Quilloweinzugsgebiets und exponierter Geländehöhen

3.3.1 Entwicklung der Landnutzungsstruktur

Die aus den Abb. 9 bis 11 ersichtliche Landnutzung desselben Ausschnitts im Quillowgebiet ist gegenüber 1826 wenig verändert. Damit kann die häufig als eine Ursache der Bodenerosion genannte Landnutzungsänderung nur marginal die Wassererosion in diesem Gebiet beeinflusst haben. Wesentlicher sind die geänderten Bewirtschaftungspraktiken und Intensivierungsmaßnahmen (Technik, Schlaggröße) sowie Veränderungen der Landschaftsstrukturelemente (Baum-, Hecken-, Saumstrukturen, Wege).

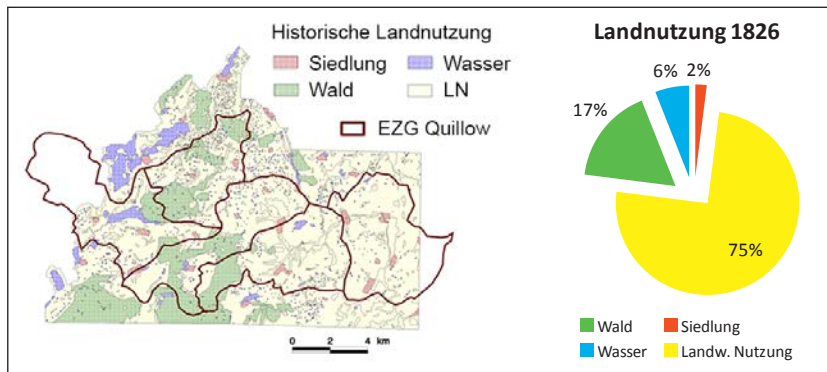


Abb. 9: Historische Landnutzung 1826 im EZG des Quillow bei Prenzlau (UM)

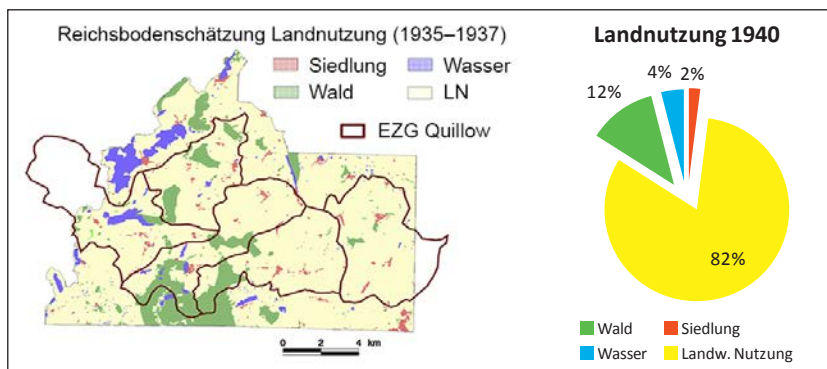


Abb. 10: Landnutzung zu Zeiten der Bodenschätzung (1935–1937) im EZG des Quillow bei Prenzlau (UM)

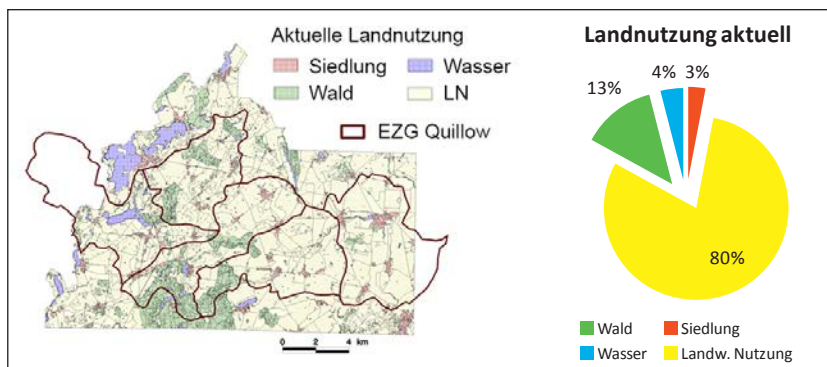


Abb. 11: Aktuelle Landnutzung im EZG des Quillow bei Prenzlau (UM)

Nachweislich fanden Veränderungen statt. Nach Aussagen von Anwohnern war z.B. 1920 aus Seelübbe die Prenzlauer Kirchturmspitze nicht zu sehen. Das bot Anlass zu speziellen Untersuchungen der Veränderung exponierter Geländepunkte bzw. -areale. In diesem speziellen Fall musste eine Höhenabsenkung von ca. 2 m an einer dem Beobachtungsstandort gegenüber gelegenen Oberhangkante eingetreten sein. Das konnte unter Nutzung des DGM-ALS und der heutigen Sichtachse berechnet werden. Diese Art der Veränderung exponierter Höhen findet laufend statt, wie auch nachfolgend beschriebene Befunde belegen.

3.3.2 Veränderungen von Geländehöhen

Weitere Untersuchungen zu Höhenveränderungen solch markanter Geländepunkte, die seit ihrer Dokumentation

in den Messtischblättern (Preuss. Landesaufnahme, Grundlage der Preuss. Geologischen Kartierung – Geologische Karte Maßstab 1:25.000) stattgefunden haben, belegen die Prozesse der Einlebung auf der Landschaftsskala. 2006 wurden 44 Tops, 12 Senken und 20 Straßenpunkte, östlich des Uckersees gelegen, markiert, stereophotogrammetrisch bestimmt und mit einer Laserscanmessung von 1997/98 vergleichend analysiert (Abb. 12). Dabei zeigte sich, dass an Kuppen Höhenreduzierungen, in Senken (in der Uckermark typische Sölle) -zunahmen erfolgten. Das sind Belege für die durch die Erosion bewirkte Landschaftsdynamik.

Die zur Zeit der Erstellung der MtBl. zu erwartenden Höhenfehler wurden mit ca. 0,12 m bei 5 km Entfernung für trigonometrische Messungen angegeben, damals als brauchbare Genauigkeit beschrieben (Jordan 1897). Ähnliche Angaben macht Heil (1897), der auch auf landwirtschaftlich genutzte Flächen in puncto Höhengenaugkeit Bezug nahm: »Hierzu würde es nicht zu umgehen sein, die Dreieckssteine mit Höhenbolzen zu versehen und es müssten solche Vorkehrungen getroffen werden, dass die Steine durch die Bewirtschaftung der Aecker und sonstige Ursachen keine Veränderungen in ihrer Lage erleiden. So lange dies nicht geschieht, ist es ganz einerlei, ob die Höhe des Erdbodens an einem Dreiecksstein über N.N. durch ein Präzisionsnivelement auf Millimeter oder durch eine trigonometrische Höhenmessung auf einige Centimeter genau bestimmt wird.« Seine Erfahrungen wertend, gibt er an, »die Höhen der Terrainpunkte im Allgemeinen auf 10 bis 20 cm genau zu liefern im Stande« zu sein. In Hake (1982) wird der Höhenfehler für den Maßstab 1:25.000 mit $\pm(0,4 \text{ bis } 1) \text{ m}$ angegeben.

Die markanten Geländepunkte aus den MtBl. wurden im GIS vektorisiert und nach ihrer Lage und Höhe attribuiert. Um Lageungenauigkeiten zu berücksichtigen, wurden die Geländepunkte mit 5 bis 30 m Radius gebuffert. Für diese Umgebung der Punkte wurden das DGM-ALS analysiert und die jeweiligen Geländemaxima und -minima mit ArcView 3.2 erfasst.

Der Höhenpunktvergleich zum DGM-ALS mit seiner Lage- und Höhengenaugkeit von $\leq 0,15 \text{ cm}$ (Katzur et al. 2013) erlaubt zumindest tendenzielle Angaben zu dem sich über ca. 150 Jahre erstreckenden Zeitraum und den darin erfolgten Änderungen an exponierten Punkten in der Agrarfläche. Die erhaltenen Werte deuten auch hier

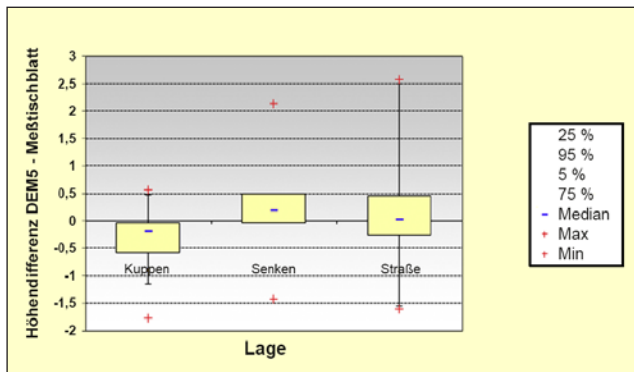


Abb. 12: Box-Whisker-Diagramm der Höhenänderung (m) markanter Geländepunkte

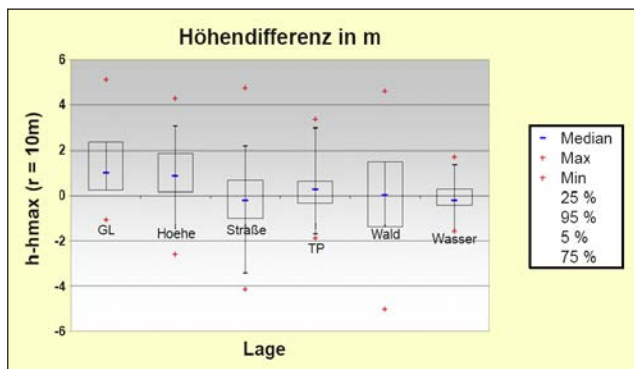


Abb. 13: Höhenveränderungen im EZG Quillow

auf Abträge an Kuppen hin. Da in diesem Fall die Differenz aus der Höhe im MtBl. und der maximalen Höhe der Umgebung des Punktes berechnet wurde, zeigt ein Wert >0 m Höhenverluste an. Punkte im Grünland weisen auf die mit ihrer Bewirtschaftung einhergehende Moorsackung hin. Höhenpunkte für Gewässer und Wälder sowie im Bereich der Infrastruktur sind weniger großen Änderungen unterworfen. Die größeren Differenzen liegen in häufigen Fällen bei Kuppen im Bereich bis zu 2 m. Diese Veränderungen können nicht allein der Erosion durch Wasser oder Wind zugeschrieben werden. Dazu trägt die jährlich wiederkehrende oft mehrmalige Bodenbearbeitung wesentlich bei. Die Ackergeräte wenden bzw. verlagern Boden in Arbeitsrichtung über unterschiedliche Distanzen bis hin zu mehreren Metern. Dadurch und durch die einebnende Wirkung der Geräte wird die Konvexität der Kuppen fortschreitend vermindert (Lobb et al. 1995, Kietzer 2007). Ein Millimeter Bodenhöhe entspricht ca. 14 bis 15 t/ha Bodenverlust. 2 m Höhenverlust könnten in 150 bis 200 Jahren eine durchaus realistische Größe sein. An Höhenpunkten (z.B. TP) auf Kuppen zeigen sich die Höhendifferenzen zwischen dem beackerten und umfahrenen Bereich deutlich – belegt auch durch die aus dem Vergleich von MtBl. und DGM-ALS ersichtlichen veränderten Punkthöhen. In den Luftbildern sind die betroffenen Bereiche meist in heller Farbe mit einem rotbraunen Ring oder mangelnden Pflanzenwuchs zu erkennen. Die Hellfärbung wird durch den im Jungmorän als Ausgangsgestein (C-Horizont) der Bodenbildung anstehenden Lehm oder Kalkmergel bewirkt, der durch die

Profilabflachung inzwischen im Bearbeitungshorizont eingemischt wird. Ursprünglich befinden sich die C-Horizonte der typischen Lessivés in Tiefen >8 dm. Damit ist auch ein bodenkundlicher Beleg gegeben, der die Höhenveränderungen der letzten 200 Jahre beschreibt.

3.4 Luftbildsequenzen

Anhand von Archivluftbildern werden zeitgeschichtliche Parallelisierungen möglich, die über konkrete Termine Aufschluss geben. Um 1936 entstanden Luftbildkarten, die die damalige z.T. kleiner strukturierte Feldflur zeigen. Kriegsluftbilder der Alliierten belegen das in Ausschnitten. Aus der »Russischen Befliegung« 1953 werden die Ergebnisse der in der sowjetischen Besatzungszone durchgeführten Bodenreform flächendeckend ersichtlich (Abb. 14). Die Bildung der industriell wirtschaftenden Agrarbetriebe (ca. 5.000 ha) mit größeren zusammengelegten Schlageinheiten zeigt sich in den Abbildungen der 1980er Jahre (Abb. 15). Danach werden die Bilddokumente aufgrund des technischen Fortschritts häufiger und existieren in engerem zeitlichem Abstand. Im GIS vollzogene Überlagerungen der verschiedenen Quellen und Zeitpunkte zeigen die zeitgeschichtlichen Abläufe (sich verändernde Schlagstrukturen, zunehmende Versiegelung im Bereich von Siedlungen, Bauten, ...), aber auch witterungsbedingte Erosionsmerkmale auf den Ackerflächen (Abb. 16). In der Uckermark werden in vielen Fällen immer wiederkehrende Erosionsformen in den Mulden sichtbar. Den Boden vor Erosion schützende Maßnahmen sind selten sichtbar (Abb. 17). Trotz der heutigen Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung (pfluglos) sind einige prozessrelevante Einflüsse weiter existent. Die Standortspezifität, d.h. die Topografie und die Boden- und Wasserverhältnisse, werden nicht genügend beachtet. Eine höhenlinienparallele Bewirtschaftung könnte mit den Mitteln von Precision Farming GPS-gesteuert auf dafür geeigneten Flächen durchaus Einzug halten. Lange einheitlich bewirtschaftete Hänge können durch mehrere Fruchtarten unterteilt werden. Allein dadurch kann das Risiko der Bodenerosion reduziert werden. Anregungen zur Nutzung sind oft in den älteren Luftbildern enthalten. Aber auch darin sind die immer wiederkehrenden Abflussbahnen sichtbar, für die spezielle Maßnahmen zu planen wären.

4 Hydrologisch-wasserwirtschaftliche Analysen in der Agrarlandschaftsforschung

4.1 Ermittlung von Stoffeintragspfaden

Neben der Quantifizierung und Verortung des Risikos für Wassererosion spielt auch die durch Erosionsereignisse ausgelöste Verlagerung von Stofffrachten, insbesondere



Abb. 14: Luftbildausschnitt – »Russische Befliegung« 1953, kleinteilige Ackernutzung



Abb. 15: DOP40g-Ausschnitt aus der Uckermark 1981, erodierte Kuppen

Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel, eine wesentliche Rolle in der Landschaftsanalyse. Dabei geht es nicht allein um die oberflächige Abschwemmung von Bodenteilchen und an sie gebundenen Stoffen. Lokal können vor allem die im Oberflächenabfluss gelösten Nähr- und Schadstoffe entlang von Fließpfaden oder in akkumulierenden Endsenken zur Versickerung gelangen und so Grundwasserkörper oder auch geschützte Biotope in ihrer Beschaffenheit bzw. ökologischen Qualität beeinträchtigen. Bei der Beurteilung solcher Risiken steht nicht die exakte Quantifizierung der verlagerten Stofffrachten im Vordergrund, sondern es wird eine unter Extremannahmen mögliche Gefährdungssituation betrachtet.

Etwa 800 m nördlich einer als FFH-Gebiet ausgewiesenen, von Grund- und Quellwasser gespeisten Niederung sollte eine Anlage zur industriellen Mast errichtet werden (Abb. 18). Der vorgesehene Standort befindet sich im Randbereich einer schwach ausgebildeten Abflussbahn, in deren weiterem Verlauf ein ausgebauter Graben überschüssiges Wasser aufnehmen und ableiten kann. Dieser Graben endet etwa 300 m vor dem Niederungsrand an einem Straßendurchlass. Eventuell anfallender Abfluss verteilt sich im Weiteren diffus auf der in Ackernutzung befindlichen Oberfläche, dann auch wieder der vorgezeichneten Abflussbahn folgend. Vor dem Rand der Niederung bildet eine Geländeschwelle ein Hindernis für Oberflächenabfluss, und ein Ackersoll bietet zusätzlichen Retentionsraum. Demnach sollte nur in seltenen Extremsituationen (etwa starker Abfluss auf gefrorenem Boden) ein direkter Übertritt von möglicherweise belastetem Wasser in das FFH-Gebiet zu besorgen sein. Aus der



Abb. 16: DOP40c-Ausschnitt aus der Uckermark 2001 mit Erosionssystem



Abb. 17: DOP40c-Ausschnitt aus der Uckermark 2004

Analyse der hydrologischen Situation ergaben sich aber unter Nutzung des DGM-ALS und unter Hinzuziehung hydrogeologischer Standortunterlagen folgende Erkenntnisse:

1. Das wirksame oberirdische Einzugsgebiet (Abb. 18) erstreckt sich über eine Fläche von insgesamt 59 ha, deutlich über den vorgesehenen Anlagenstandort hinaus nach Norden. In einer anzunehmenden Extremsituation mit 30 l/m^2 Oberflächenabfluss kann damit ein Volumen von 17.700 m^3 Wasser anfallen.

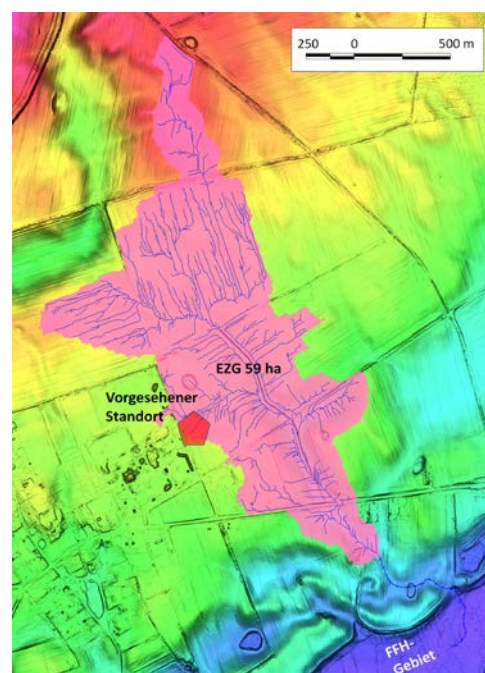


Abb. 18: Einzugsgebietsanalyse anhand des DGM-ALS – Stoffeintragspfade bei Zufluss zu einem FFH-Gebiet

2. Im Bereich der akkumulierenden Randsenke bieten oberflächlich anstehende Sande einen sehr guten Kontakt zum oberflächennahen Grundwasserleiter. Versickerndes Wasser, auch aus dem Ackersoll, wird über die vorhandenen Quellaustritte schnell und somit ohne wesentlichen biogeochemischen Stoffabbau in das FFH-Gebiet eintreten.

Gefolgert wurde die Notwendigkeit einer weiteren, detaillierteren Risikobetrachtung.

4.2 Wasserwirtschaftliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel – Abflussstabilisierung für kleinere Einzugsgebiete

Im subkontinentalen Klima Ostbrandenburgs spielen sommerliche Trockenphasen seit jeher – möglicherweise künftig noch verstärkt – eine maßgebliche Rolle für das Abflussgeschehen der kleinen Flüsse. Ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Forschungsverbundvorhaben (INKA BB, www.inka-bb.de) befasste sich mit der hydrologisch-wasserwirtschaftlichen Situation in den Einzugsgebieten kleinerer Fließgewässer, um Vorschläge für Anpassungsmaßnahmen zur Abflussstabilisierung über Trockenphasen hinweg zu erarbeiten. Eine dieser Maßnahmen besteht im winterlichen Wasser-rückhalt (Aufstau) in Geländesenken, kombiniert mit der zeitlich versetzten Wasserabgabe in Mangelsituationen.

Abb. 19 zeigt den Ausschnitt eines von moorigen Senken und verbindenden Gräben durchzogenen Waldgebietes. Hervorgehoben sind die durch Überstau als Wasserspeicher nutzbaren Flächen. Die von Südwest nach Nordost kaskadenartig ansteigenden »Staubecken« weisen insgesamt einen Höhenunterschied von ca. 4 m auf. Entsprechend war die günstigste Anordnung mehrerer Staustufen zu untersuchen. Der maximale Wasserstand im Oberwasser der Wehre sollte aus Aufwandsgründen 1 bis 1,5 m über Grabensohle nicht übersteigen. Besondere Zwangspunkte leiteten sich überdies aus den bis dicht an die Senkenränder stockenden Forstbeständen ab,

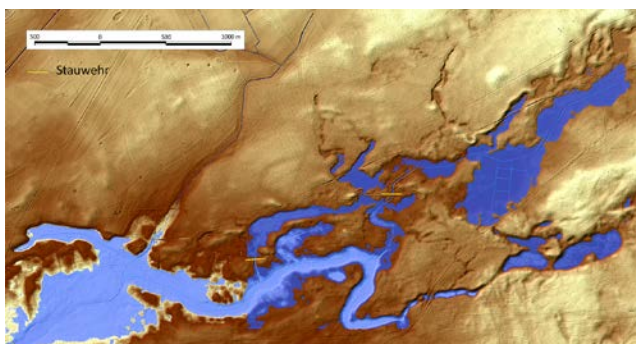


Abb. 19: Staumanalyse zur Bewertung eines Konzepts der gesteuerten Wasserabgabe in sommerlichen Trockenphasen, Variante »Maximales Stauziel +0,3 m« (nicht kompromissfähig). Die unterschiedlichen Blautöne verdeutlichen Höhendifferenzen der kaskadenartig angeordneten Geländesenken.

deren Vitalität durch regelmäßigen winterlichen Aufstau nicht beeinträchtigt werden durfte. Nach einer Begehung im sehr nassen Frühjahr 2012 wurden die aktuell ange-troffenen Wasserstände als kompromissfähige maximale Stauziele vereinbart.

Die anschließende GIS-gestützte Analyse anhand des DGM-ALS sowie vorliegender hydrogeologischer Unter-lagen und Daten ließ folgende Einschränkungen deutlich werden:

1. Der maximal bewirtschaftbare Stauraum in den Sen-ken des Waldgebietes wird ein Volumen von 40.000 m³ nicht übersteigen. Das bedeutet eine effektive Bezu-schussung des Abflusses im zu bevorteilenden Fließ von höchstens sieben bis zehn Tagen.
2. Das relativ große Gefälle und die damit verbundene Anordnung mehrerer Staustufen machen eine aufei-nander abgestimmte Steuerung der Wasserabgabe aus den einzelnen Senkenbereichen erforderlich. Gesteuer-te Stauwehre, zumal in wenig zugänglichem Gelände, sind aber grundsätzlich störanfällig und aufwändig in der Bedienung und Wartung.
3. Eine regelmäßige winterliche Auffüllung der Speicher-becken allein durch Grundwasserzustrom, ohne zu-sätzlich ausreichende Niederschläge, scheint nicht gesichert. Die umgebenden Forstbestände schmälern durch hohe Verdunstung in Trockenperioden den nutz-baren Wasservorrat.

Diese vorläufigen Analyseergebnisse legten die Einstel-lung weiterer Planungsaktivitäten nahe und führten schließlich zum Verwerfen des Konzepts.

4.3 Nachweis des Vernässungsrisikos ausufernder Ackersölle für landwirtschaftliche Nutzflächen

Charakteristisch für die Ackerlandschaften des nordost-deutschen Jungmoränengebietes sind die als »Sölle« be-zeichneten, sehr variabel Wasser führenden eiszeitlichen Hohlformen. Ihre Bedeutung als Laichgewässer für Am-phibien, als Trittsteinbiotop in den intensiv genutzten und ausgeräumten Agrarflächen und als Lebensraum wasser-und feuchteliebender Tier- und Pflanzenarten machen sie unabdingbar für die angestrebte Biodiversität dieser Landschaften. Unerwünschte wassergebundene Stoffein-träge in die Sölle beeinträchtigen ihre ökologische Quali-tät; von der hohen Wasserstandsdynamik dieser Kleinge-wässer wiederum gehen Bewirtschaftungsrisiken für die umgebenden Ackerflächen aus. Ein Beispiel aus diesem Konfliktfeld konnte anhand aktueller hochaufgelöster Höhendaten und Orthofotos bearbeitet werden.

Im Zeitraum 2010 bis 2012 führten extreme Nieder-schläge in Ostbrandenburg zu anhaltend hohen Wasser-ständen in einer Vielzahl der Sölle, wie sie zuletzt 1987 auftraten. Damals waren erhebliche Ertragsausfälle An-lasse für eine Kampagne von Entwässerungsaktivitäten in landwirtschaftlicher Eigenregie – oft ohne Planung, meist ohne Dokumentation –, deren Spuren und Nachwirkun-

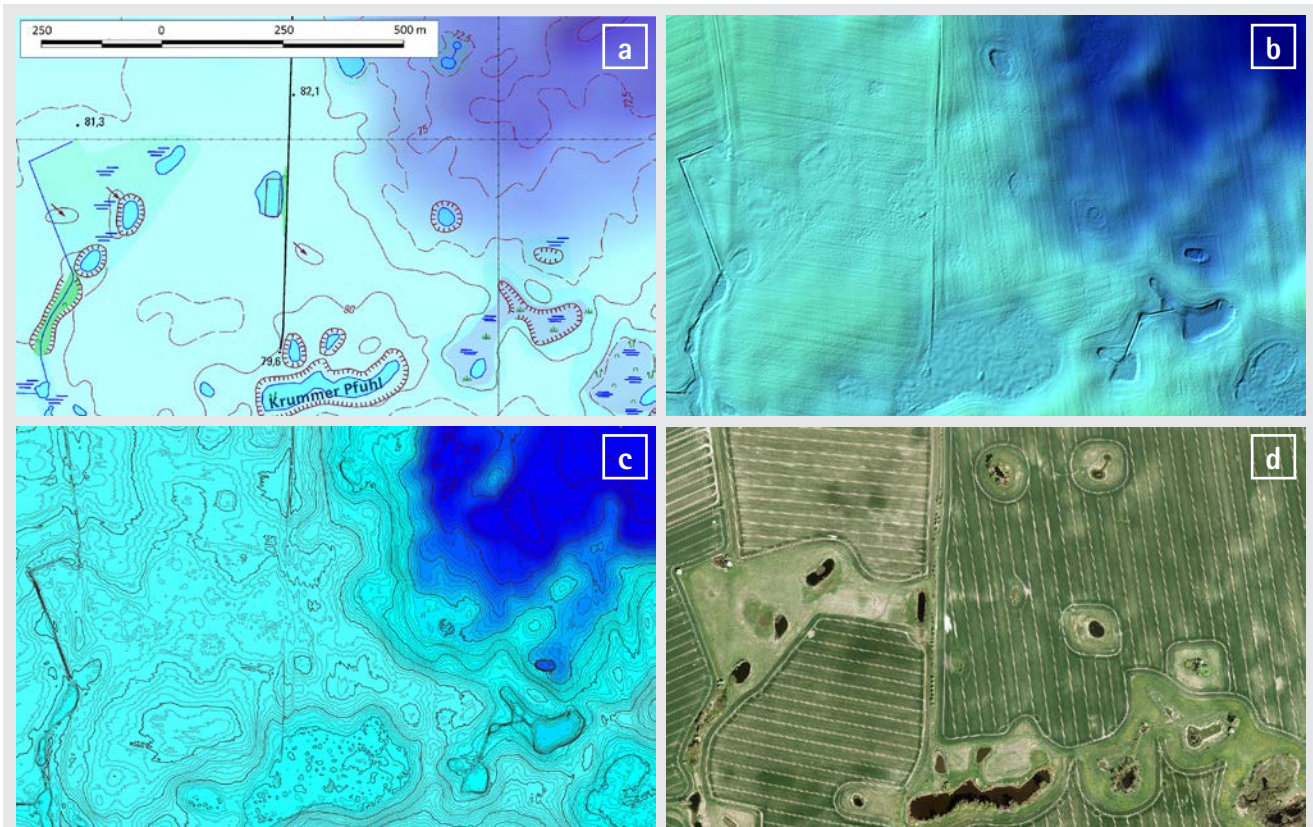


Abb. 20: Wasserstandsanstieg ausufernder Ackersölle in der Extremsituation 2010–2012. a) Kenntnisstand 2009: DGM25 + DTK10. b) Zustand Februar 2011: DGM-ALS. c) DGM-ALS mit 0,2 m-Konturlinien. d) DOP20c, Zustand Sommer 2013. Erläuterungen im Text.

gen noch heute in der Agrarlandschaft zu finden sind. Dem relativ kurzzeitigen Auftreten dieser hohen Wasserstände ist es zuzuschreiben, dass praktisch keine Vernässungskarten existieren. Eine flächenhafte terrestrische Aufnahme und Dokumentation von Ausuferungsgrenzen ist personell grundsätzlich nicht leistbar, und die amtlichen topografischen Karten geben keinerlei Hinweise auf mögliche Extremzustände. Hier konnten die in der aktuellen Vernässungsperiode aufgenommenen ALS- und DOP-Daten wertvolle Hilfe geben.

Abb. 20 zeigt einen Ausschnitt eines kleingewässerreichen Ackerbaugebietes in Ostbrandenburg, das zuletzt von 2005 bis 2009 Gegenstand eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Forschungsprojekts war (Berger et al. 2011).

Aus dem Vergleich zwischen Abb. 20a und Abb. 20b/c wird der Grad der Ausuferung bzw. Vernässung im Umfeld der Sölle deutlich. Sehr illustrativ ist in dieser Hinsicht auch das eng abgestufte Höhenlinienbild (Abb. 20c), das direkt aus den DGM-ALS-Daten erzeugt wurde. Zeigt die Topografische Karte (Abb. 20a) die Mehrzahl der Kleingewässer in ihrer »normalen« (früheren) Ausdehnung und als diskrete Wasserkörper, so sind anhand der unregelmäßig gewellten Oberfläche in Abb. 20b, ausgelöst durch die erratischen Reflexionen des Laserstrahls, die tatsächlich mit Wasser bedeckten Flächen erkennbar. Diese reichen in vielen Fällen deutlich über die sich stellenweise abzeichnenden Uferverwallungen bzw. Pflugsäume hin-

aus. Einen besonders starken Wasserstandsanstieg erfuhr der »Krumme Pfuhl« (Südrand, Mitte). Hier kam es zur Ausbildung einer nahezu geschlossenen Wasserfläche, die eine flache Senke von annähernd 3,75 ha bedeckte. Demgegenüber blieben die Wasserstände der an einen aus dem Gebiet hinausführenden Entwässerungsgraben angeschlossenen Söllekette am westlichen Rand des Ausschnitts abgesenkt. Das trifft auch für die östlich dem Krummen Pfuhl benachbarten, durch ein lokales Entwässerungssystem untereinander verbundenen Kleingewässer zu. Bei letzterer Gruppe besteht Grund zu der Vermutung, dass im größten und tiefsten (östlichen) der Sölle gut wasserleitende Schichten angeschnitten sind, die zu schneller Versickerung des aufgenommenen Wassers führen. Ein Anschluss an eine entwässernde Rohrleitung kommt hier infolge der zentralen Lage der Gruppe in der ausgedehnten Ackerfläche kaum in Betracht. – Das aktuelle Orthofoto (Abb. 20d) schließlich illustriert anhand der zurückgelassenen (bräunlich-grauen) Schlammfluren nochmals anschaulich die vorjährigen Vernässungs- bzw. Überschwemmungsbereiche. Der Landwirt zog offenbar die richtigen Schlüsse aus der durchgestandenen Extremsituation und beließ großzügige Pufferzonen um die Kleingewässer in unbearbeitetem Zustand.

Das beschriebene Beispiel dokumentiert somit die hervorragenden Einsatzmöglichkeiten der modernen digitalen Geoinformationen, auch in Ergänzung zur historischen Landschaftsanalyse.

5 Fazit und Ausblick

Im Beitrag wurde eine breite Palette von Anwendungsbeispielen aus dem Bereich der digitalen Landschaftsanalyse beschrieben. Es konnte gezeigt werden, dass damit Arbeitsabläufe computergestützt bedeutend rationeller gestaltet werden können. Die Überlagerung spezifischer Themen historischer und aktueller Dimension dient einer



Abb. 21: 1945, Senkrechtluftaufnahme, Ausschnitt mit Laufgräben und Stellungen bei Reitwein (Herder-Institut) über DGM-ALS

gründlichen Information im Vorfeld der unerlässlichen Geländebegehung. Visualisierende GIS-Methoden eröffnen in Verbindung mit hochaufgelösten Geländedaten, Modellanwendungen und Expertenwissen neue Bereiche der qualitativen und quantitativen Landschaftsanalytik.

Die hochauflösenden DGM revolutionieren die Landschaftsforschung. Die bei der Primärerfassung des ALS entstehenden digitalen Oberflächenmodelle (DOM) bilden die Gebäude- und Vegetationsoberflächen ab. Mit ihnen können reale Werte der Höhen von Windhindernissen ermittelt werden. Damit existieren präzisere Grundlagen für die Ableitung windgeschützter Bereiche. Die DOM können zur Planung von Windschutzstreifen in winderosionsgefährdeten Gebieten eingesetzt werden.

Aber auch bei der Aktualisierung der Daten zu Landschaftselementen und ihrer bodenschützenden Wirkung erbringen die DOM Vorteile, wenn eine wiederholte Befliegung erfolgt. Aus der Differenz der DOM von verschiedenen Terminen lässt sich sowohl das Abholzen als auch der Zuwachs an Höhe ermitteln. Wo gegenwärtig noch »standardisierte« Werte der Wipfelhöhen verwendet werden, wäre damit eine umfassendere und objektive Erfassung möglich.

Aber auch Informationen von hochauflösenden Geländedemodellen und Archivluftbildern sind kombinierbar. So lassen sich Kriegsflugbilder über noch vorhandene Höhendifferenzen der Kriegszeugnisse wie Laufgräben und Stellungen weitestgehend exakt in die Landschaft georeferenziert einpassen (Abb. 21). Im Zusammenhang mit der 100. Wiederkehr des Beginns des Ersten Weltkriegs und des 70. Jahrestags der Schlacht um Berlin 2015 sind diese Nutzungen aktuell.

Dank

Die Autoren danken den Kollegen Dr. Katzur und Wedel der LGB Brandenburg für ihre Unterstützung, Herrn Wagenknecht für die Anregung zum Beitrag, der Redaktion der zfv und den Gutachtern.

Der Beitrag wurde durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg (MWFK) gefördert.

Literatur

- Adhoc-Boden: AG Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Bodenkundliche Kartieranleitung 5. Auflage (KA5). Stuttgart, Hannover: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 438 S., 2005 (auch als KA5 zitiert).
- Arbeitsrichtlinie zur Durchführung der Standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung: Inst. f. Bodenk. Eberswalde der AdL der DDR, 66 S., 1971.
- Berger, G., Pfeffer, H., Kalettka, T. (Hrsg.): Amphibienschutz in kleingewässerreichen Ackerbaugebieten – Grundlagen, Konflikte, Lösungen. Natur & Text, Rangsdorf: 384 S., 2011.
- DIN 19708: Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Normenausschuss Wasserwesen im DIN, 2005.
- DVWK: Bodenerosion durch Wasser – Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen. DVWK-Merkblatt, Band 239. Bonn: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), 1996.
- Flegel, R.: Die Verbreitung der Bodenerosion in der DDR. Bodenkunde und Bodenkultur, 6, Bibl. Inst. Leipzig, 104 S., 1958.
- Hake, G.: Kartographie 1. Sammlung Götschen, de Gruyter, Berlin, New York, 6. Neubearb. Auflage, S. 93, 255, 278, 1982.
- Helbig, F.: Die kulturgeschichtliche Bedeutung von Geodäsie und Kartographie – eine wesentliche Lehr- und Forschungsaufgabe. Dresdner Kart. Schriften. Selbstverl. FB Vermessungswesen/Kartographie der HTW Dresden, S. 53–62, 2002.
- Heil, J.: Beitrag zur trigonometrischen Höhenmessung. Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart, Verlag Wittwer, H. 7. Bd. XXVI, S. 193–201, 1897.
- Hempel, L.: Das morphologische Landschaftsbild des Unter-Eichsfeldes unter besonderer Berücksichtigung der Bodenerosion und ihrer Kleinformen. Forschungen z. dt. Landeskunde Bd. 98, Remagen, 55 S., 6 Abb., 6 Karten, 1957.
- Hierold, W., Nagel, D.: Die Wölbäcker von Natteheide (Brandenburg) – Zeugnisse historischer Landnutzung. In: Harteisen, U., Schmidt, A., Wulf, M. (Hrsg.), 2001. Kulturlandschaftsforschung und Umweltplanung. GCA-Verlag, Reihe Forschen und Wissen – Landschaftsgestaltung, Herdecke: S. 101–111, 2001.
- http://archive.org/stream/zeitschriftfrve10vermgoog/zeitschriftfrve10vermgoog_djvu.txt
- Jordan, W.: Eisenbahn-Vorarbeiten im Anschluss an die Landesaufnahme. Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart, Verlag Wittwer 1897, H. 1 Bd. XXVI, S. 1–14, 1897.
- Katzur, L., Wedel, H.: Landesflug digitales Geländemodell. Vermessung Brandenburg. Potsdam, 15 (1), S. 53–62, 2010.
- Katzur, L., Schönitz, A., Wedel, H.: Digitale Höhen für jeden Quadratmeter Brandenburgs. Vermessung Brandenburg, Mdl Brandenburg, 1/2013, S. 4–11, 2013.
- Kietzer, B.: Aufklärung der Bodenverlagerung durch Bearbeitungserosion in Jungmoränenlandschaften. Diss., TU Berlin, Fak. VI, 147 S., 2007.
- Lobb, D.A., Kachanoski, R.G., Miller, M.H.: Tillage translocation and tillage erosion on shoulder slope landscape positions measured using ¹³⁷Cs as a tracer. In: Can. J. Soil Sci. 75, S. 211–218, 1995.

- Maurer T., Bartsch, R., Schneider, A., Buczko, U., Gerke, H.H.: Modellierung der strukturellen Heterogenität in einem künstlichen Wassereinzugsgebiet und Ableitung von hydraulischen Eigenschaften mittels Pedotransferfunktionen. DBG, 2011.
- Mückenhausen, E.: Die Bodenerosion durch Wasser in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern. Wasser und Boden in der Landschaftspflege, Henn-Verl. Ratingen, S. 17–47, 1954.
- Nearing, M.A.: A single, continuous function for slope steepness influence on soil loss. Soil Sci. Soc. Am. J. 61, S. 917–919, 1997.
- Schmidt, R., Diemann, R.: Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung. Akad. Landwirtsch. Wiss. DDR, Inst. Bodenkd. Eberswalde, 78 S., 1981.
- Schultze, J.H.: Die Bodenerosion in Thüringen. Verl. J. Perthes Gotha, 186 S., 1952.
- Tetzlaff, B., Kuhr, P., Wendland, F.: Ein neues Verfahren zur differenzierten Ableitung von Dränflächenkarten für den mittleren Maßstabsbereich auf Basis von Luftbildern und Geodaten. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (52), 1, S. 9–18. 2008.
- Wulf, M.: Kulturlandschaftsforschung in Brandenburg. Beispiel Wölbbäcker in der Prignitz. In: Harteisen, U., Schmidt, A., Wulf, M. (Hrsg.), 2001. Kulturlandschaftsforschung und Umweltplanung. GCA-Verlag, Reihe Forschen und Wissen – Landschaftsgestaltung, Herdecke: S. 87–100, 2001.
- Digitale Orthofotos und Russische Befliegung (Abb. 14 bis Abb. 17): LGB Brandenburg, Vertrieb.
- Luftbildausschnitt (Abb. 21) 1945: www.herder-institut.de/?id=228.

Anschrift der Autoren

Dr. Detlef Deumlich | Dr. Ralf Dannowski | Lidia Völker
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. Müncheberg
Institut für Bodenlandschaftsforschung [Deumlich, Völker]
Institut für Landschaftswasserhaushalt [Dannowski]
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg
ddeumlich@zalf.de | rdannowski@zalf.de | lvoelker@zalf.de

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