

## **Beispiele für die Anwendung digitaler Geländemodelle (DGM) in der Landschafts- forschung**

---

Das Relief ist einer der wichtigsten Standortfaktoren in der Landschaft und bestimmt viele Prozesse der Landschaftsentwicklung. Es ist einer der wenigen Faktoren die flächendeckend hoch aufgelöst vorliegen und erhält dadurch eine zusätzliche Bedeutung für die Landschaftsforschung. Eine Voraussetzung für die Übertragung der in der Landschaftsforschung entwickelten Methoden ist die flächendeckende Verfügbarkeit dieser Daten mit einheitlicher Qualität [Heinrich, 2003, Dibbern et al., 1998].

---

Am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) sind im Rahmen der Landschaftsforschung digitale Geländemodelle für folgende Aufgaben- und Anwendungsbereiche wichtig:

- Landschaftsstrukturforschung inkl. Typisierung und Genese
- Landschaftsprozessforschung, u.a. Erosion, Geländeklima, Hochwassergefahr
- Ableitung geomorphometrischer und geomorphographischer Reliefparameter
- Wichtiger Baustein der nichtinvasiven Methoden zur Abbildung von Heterogenitäten/Strukturen in Bodenlandschaften
- Grundlage für die Modellierung des Landschaftswasserhaushalts
- Historische Landnutzungsformen
- Landschaftsvisualisierung
- Verbesserte Abgrenzung kleinmaßstäbiger Geodaten (Boden, Geologie, Biotoptypen)
- Dissaggregation vergesellschafteter Geodatenbezüge bei morphologischer Kopplung

In diesem Beitrag werden im Folgenden Beispiele aus der Modellierung des Landschaftswasserhaushalts (Uckereinzugsgebiet), der Ableitung von Reliefparametern (Ausweisung von Ungunstgebieten landwirtschaftlicher Nutzflächen) und der Landschaftsvisualisierung (Geologie und Landschaftsgenese) vorgestellt.

### **DGM in der Wasserhaushaltsmodellierung, Beispiel Uckereinzugsgebiet**

Die Wasserhaushaltsmodellierung im Uckereinzugsgebiet ist ein Beispiel für eine mesoskalige Einzugsgebietsmodellierung mit einem konzeptionellen, semi-distributiven Modellansatz. Typische Anwendungsfelder solch eines Modells auf dieser Maßstabsebene sind etwa die Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie oder Folgeabschätzungen von klimatischen Veränderungen und Landnutzungsänderungen auf den Wasserhaushalt. Der Schwerpunkt liegt also eher in der Langzeitbetrachtung der hy-



Abb.1: Lage des Untersuchungsgebiets.

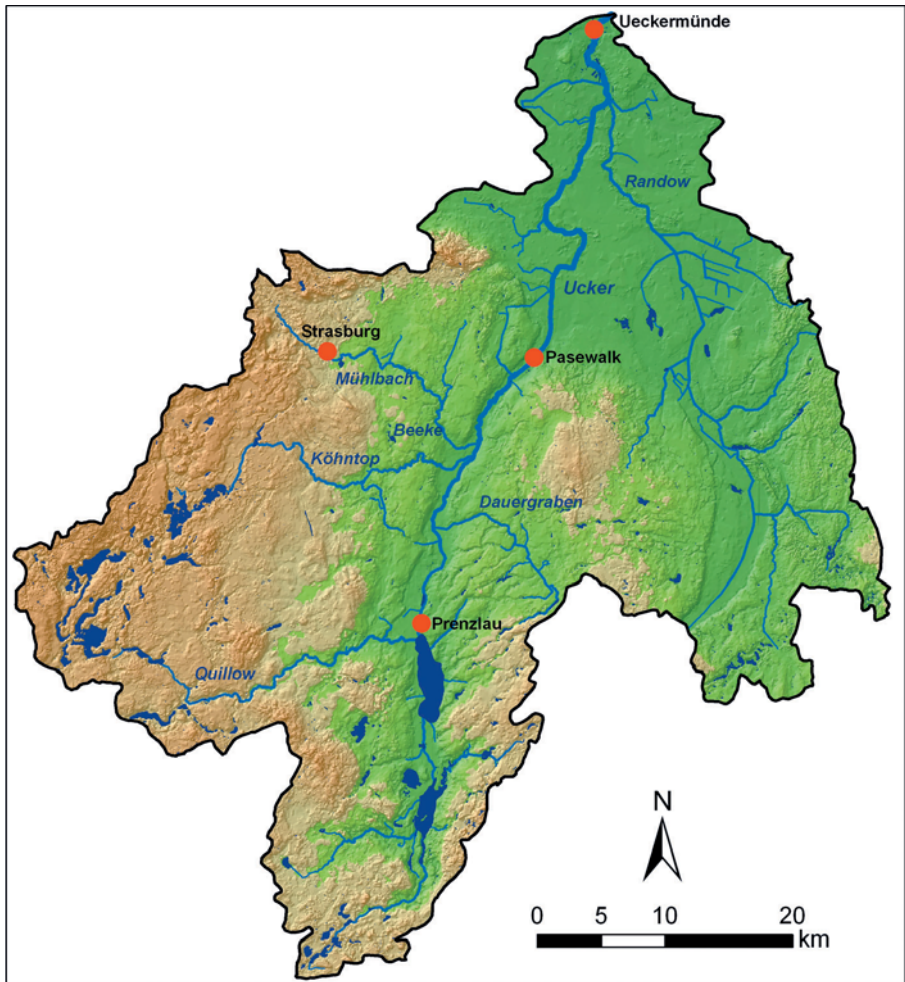
drologischen Entwicklung einer Region und nicht in der Betrachtung von kurzfristigen, lokal beschränkten Einzelereignissen.

Das oberirdische hydrologische Einzugsgebiet der Ucker (2 400 km<sup>2</sup>) liegt im Nordosten Deutschlands zu gleichen Teilen in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg (s. Abb. 1). Es ist der Schwerpunktuntersuchungsraum des ZALF-Forschungsverbunds Nachhaltige Landschaftsentwicklung NordMitteleuropa 2020 (NME2020), in dessen Rahmen die folgenden Untersuchungen statt fanden.

Das Gebiet liegt im Bereich der letzten Vereisung. Oberflächenform und Bodenbildung sind im Wesentlichen durch die glaziale Landschaftsentstehung geprägt. Es überwiegen kuppige, wellige Grundmoränenlandschaften mit zahlreichen Seen und Söllen (s. Abb. 2). Die höchsten Erhebun-

gen (162 m) werden durch die bewaldeten Endmoränenzüge gebildet. Langgestreckte, in Nord-Süd-Richtung verlaufende, Niederungen, die z.T. mit Rinnenseen bzw. Flachmooren gefüllt sind, gliedern das Gebiet. Die für Jungmoränengebiete typische Bodenbildung mit bindigen Deckschichten führt zu vielen Binneneinzugsgebieten mit den zahlreichen Kleingewässern. Die Ucker (103 km) durchfließt das Gebiet in Süd-Nord-Richtung und mündet bei Uckermünde in das Stettiner Haff (s. Abb. 2). Die wichtigsten Nebenflüsse sind der Quillow und die Randow. Klimatisch ist das Gebiet durch zunehmende Kontinentalität nach Osten geprägt. Die langjährigen mittleren Jahresniederschläge liegen zwischen 470 und 630 mm im Jahr. Die klimatische Wasserbilanz ist im langjährigen Mittel negativ. Hauptnutzungsform ist die Landwirtschaft, wobei über 50% der Fläche des Einzugsgebiets ackerbaulich genutzt werden.

Zur Modellierung wird das am ZALF entwickelte Wasserhaushaltsmodell THESEUS (Toolbox for HydroEcological Simulation and Evaluation Utilities) verwendet. Es ist ein Modell zur flächendifferenzierten Berechnung der Verdunstung, Bodenfeuchtedynamik und Grundwasserneubildung in der ungesättigten Zone mit Anbindung an ein Geografisches Informationssystem [Wegehenkel, 2002]. Der Raumbezug wird über die drei räumlich miteinander verbundenen Ebenen Teileinzugsgebiete, Elementarflächen und Fließgewässer hergestellt. Die Teileinzugsgebiete 2. bis 6. Ordnung des Uckereinzugsgebiets bilden die weitere hydrologische Unterteilung des Raums. In jedem Teileinzugsgebiet werden Hydrotope (Elementarflächen) gebildet, für die homogene hydrologische Eigenschaften angenommen werden.



<b>Legende</b>		<b>Quellen</b>	
<span style="color: red;">●</span> Städte	<b>Höhenwert</b>	DGM 25 und ATKIS DLM 25/1: Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg und Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern; Überarbeitung ZALF	
<span style="color: blue;">—</span> Fliessgewässer	162 m		
Wasserflächen	-1 m		
Einzugsgebiet			

**Abb. 2: Gewässernetz mit Relief im Uckereinzugsgebiet.**

Die Elementarflächen entstehen durch die Verschneidung der Landnutzung mit der Bodeninformation. Jede Fläche enthält Informationen zum Bodentyp, zur Landnutzung und zur Anbaufrucht, zum

Grundwasserabstand sowie zur mittleren Gebietshöhe und Gebietsgefälle, die aus einem Digitalen Geländemodell (DGM) abgeleitet werden. Durch Überlagerung der Teileinzugsgebiete, des Fließgewäs-

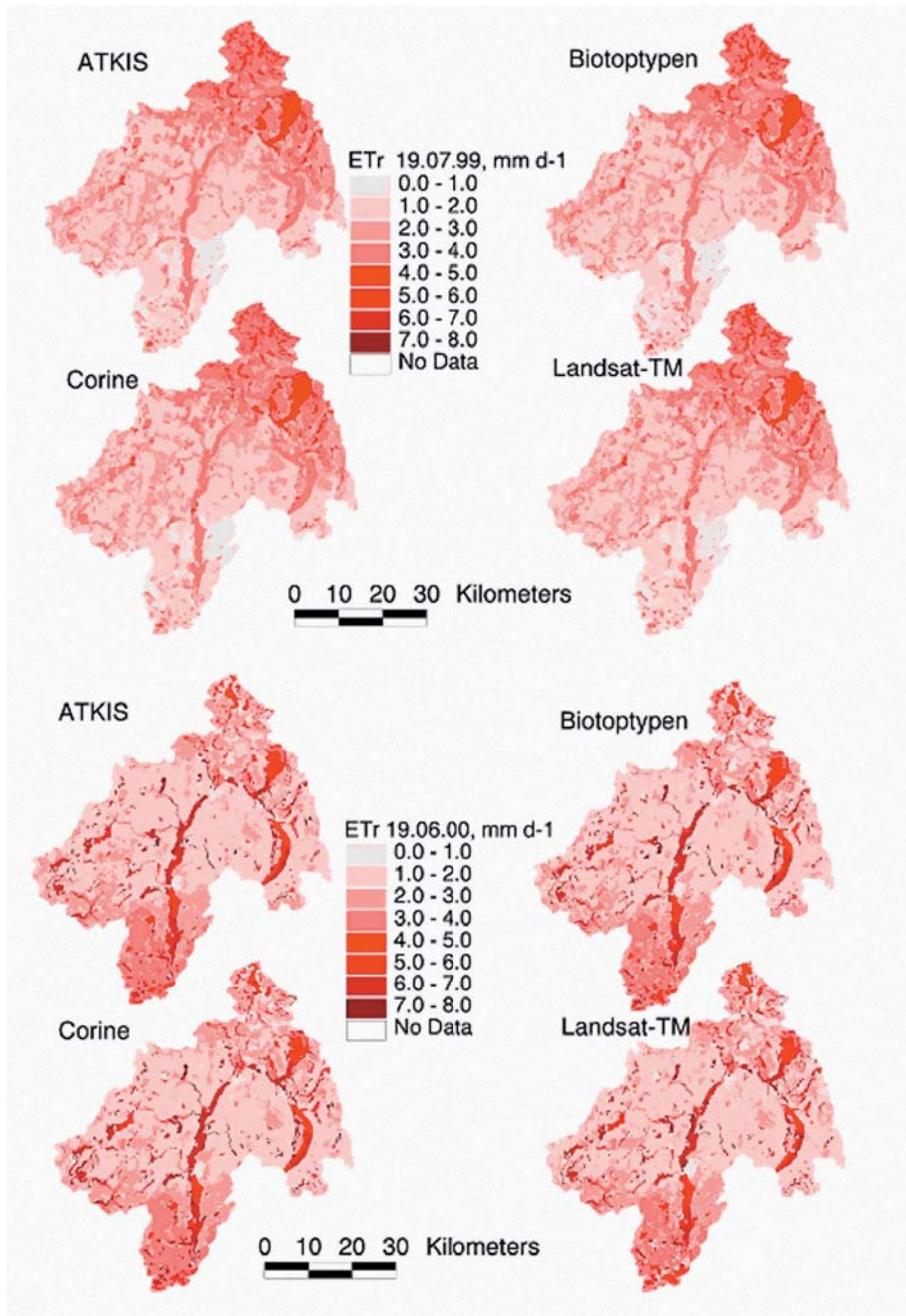


Abb. 3: Modellierter Tageswerte der aktuellen Verdunstung (ETr in mm d<sup>-1</sup>) für den 19.7.99 und 19.6.00 für das Ucker-Einzugsgebiet [Wegehenkel et al., 2006, verändert].

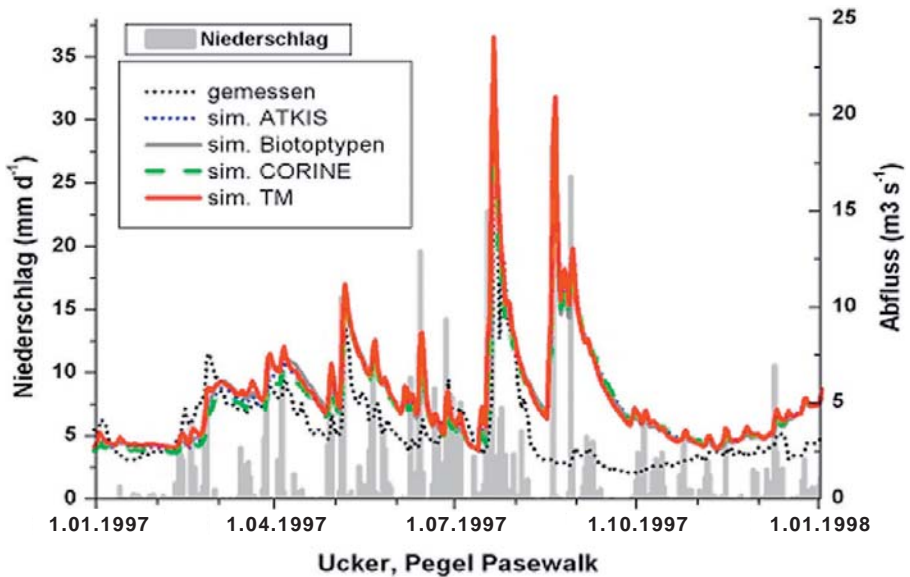


Abb. 4: Simulierte Tagewerte Abfluss für das Jahr 1997 [Wegehenkel et al., 2006, verändert].

ernetzes und des DGM entstehen hydrologisch geordnete Fließabschnitte mit Höheninformationen. Für jede Elementarfläche wird pro Zeitabschnitt (Tag) die Wasserbilanz inklusive Abflussbildung berechnet.

Die Ergebnisse einer Anwendung eines derartigen Modells werden natürlich ganz wesentlich von der Qualität der Eingangsdaten bestimmt. Um ein hydrologisch korrektes und für die Modellierung geeignetes Fließgewässernetz zu erzeugen, waren umfangreiche Vorarbeiten notwendig. Ausgangspunkt war das Fließgewässernetz aus ATKIS DLM25/1, das anhand der TK10 und Feldbegehungen korrigiert und ergänzt wurde. Die Topologie wurde entsprechend der Fließrichtung berichtigt und in den Seen ergänzt, um einen Durchfluss zu ermöglichen (s. Abb. 2). Da für das Untersuchungsgebiet noch keine flächendeckende Bodenkarte adäquaten Maßstabs vorlag, wurde aus der Boden-

übersichtskarte 1:300 000 Brandenburg (BÜK300) sowie der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK), die nur für landwirtschaftliche Flächen vorliegt und der Naturraummosaikkarte (NRMK) eine Bodenkarte mit Bodendatenbank erstellt. Informationen über das Relief stammen für den Teil des Uckereinzugsgebiets der in Brandenburg liegt aus dem DGM25 und für den Teil in Mecklenburg-Vorpommern zunächst aus dem DGM50, das später ebenfalls durch das DGM25 ersetzt werden konnte. Die meteorologischen Zeitreihen stammen vom Deutschen Wetterdienst und von ZALF-Wetterstationen.

Untersuchungen zur Modellrobustheit bzw. -sensivität auf veränderte Eingangsdaten sind eine der Grundlagen, um Aussagen über die Gültigkeit der Modellergebnisse machen zu können. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden verschiedene Quellen von Landnutzungsinformationen

herangezogen und auf ihre Auswirkung auf die Modellierung des Wasserhaushalts hin untersucht. Zum Vergleich standen ATKIS®, Biotoptypenkartierung, CORINE land cover und eine Landnutzungsklassifikation auf Basis von Landsat TM zur Verfügung. Abbildung 3 zeigt die simulierte Flächenverteilung der aktuellen Verdunstung für zwei Termine, berechnet auf der Basis der vier verschiedenen Landnutzungsdaten. In Abbildung 4 ist der zeitlich dynamische Vergleich der vom Modell simulierten Abflüsse zu sehen. Bei der aktuellen Verdunstung zeigen sich nur geringe Unterschiede in den Simulationsergebnissen des Modells (Abb. 3). Bei den simulierten Abflüssen sind die Auswirkungen der verschiedenen Landnutzungsdaten auf die Ergebnisse insbesondere bei kleineren Abflussspitzen  $< 5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  deutlicher zu erkennen (Abb. 4). Diese Abflussspitzen entstehen u.a. durch schnellen Oberflächenabfluss auf versiegelten Flächen in Siedlungen und sind bei den Modellrechnungen auf der Basis der Landnutzungsklassifikation aus Landsat-TM am höchsten. Dies ist darin begründet, dass die Landsat-TM-Klassifikation den höchsten Siedlungsflächenanteil von allen Landnutzungsdaten zeigte. Die Ergebnisse sind in Uhlemann 2005 & Wegehenkel et al 2006 ausführlich dargestellt.

Eine vergleichende Untersuchung über die Auswirkungen verschiedener Reliefinformationen auf die Modellergebnisse, analog zur Landnutzung, wäre überaus interessant. Das DGM 25 scheint zwar für diesen einfachen Modellansatz und diese Skala durchaus geeignet, weist aber auch deutliche Artefakte auf, z.B. sind Bearbeitungsgrenzen erkennbar. Doch nur für Teile des Quilloweinzugsgebiets gibt es Reliefdaten aus Laserscanbefliegungen, so dass zurzeit noch keine vergleichenden

Sensitivitätsuntersuchungen mit Reliefdaten vorgenommen werden konnten.

### **Ausweis Relief bedingter landwirtschaftlicher Ungunlagen mit der Methode VERMOST**

Dieses Beispiel illustriert eine Aufgabe aus dem Bereich der Regionalisierung des aus dem DGM25 abgeleiteten Reliefparameters der Hangneigung. Zur Beseitigung der Extremwerte und groben Spitzen und zur Vermeidung einer Überschätzung wurde dieses mit Hilfe einer auf Kernel Density beruhenden Dichtefunktion leicht geglättet. In einem nachfolgenden Schritt wurde der Parameter Neigungsflächentyp (nft) als Vergesellschaftung von Neigungen in einer definierten virtuellen Umgebung im Moving Window nach einem bewährten und standardisierten Entscheidungstabelleverfahren berechnet, indem die Anteile verschiedener Hangneigungsgruppen im Fenster bewertet wurden. Danach wurde eine Regionalisierung mit der Methode VERMOST (Vergleichsmethode Standort) durchgeführt.

Die Methode VERMOST wurde in den 80-er Jahren im Rahmen der Standorterkundung und des Standortvergleichs landwirtschaftlicher Böden auf der Basis der MMK entwickelt und angewandt [Thiere et al., 1980 und Thiere et al. 1991]. Sie wurde genutzt, um die standörtlichen Verhältnisse unterschiedlicher Gemeinden und Schläge vergleichbar zu machen und diese in ihren bestimmenden Merkmalen und ihrer Heterogenität zu beschreiben. Dazu wurde das zu untersuchende Merkmal über fachlich determinierte und plausible Vergleichsstufen auf eine 6-stufige Werteskala abgebildet, die nach steigender Ungunst geordnet sind. Merkmalskomplexe wurden mit Hilfe von Koppelmatrizen bewertet.

Der Algorithmus der Methode VERMOST stellt folgenden Satz teils komplexer Kennziffern für jede einzelne Kontur bereit:

- Dominierende Vergleichsstufe;
- Subdominierende Vergleichsstufe;
- Begleitende Vergleichsstufe;
- Index;
- Indexklasse;
- Hauptkontrast;
- Begleitkontrast;
- Kontrastgruppe und
- Flächentyp nach Vergleichsstufen.

Durch die Implementierung dieses in der Praxis vielfach bewährten Algorithmus in das GIS konnten folgende Vorteile erzielt werden: Einerseits kann der Algorithmus auf nicht standortkundliche

Fragestellungen angewandt werden, da der Satz der bereitgestellten Kennziffern die Verteilung und Heterogenität eines beliebigen räumlich verteilten und bewerteten Merkmals (auch kategoriale Merkmale) in einer beliebigen Zielkontur beschreibt. Andererseits kann als Zielkontur ein Moving-Window mit variablem Radius Verwendung finden.

Abbildung 5 zeigt die Hangneigungsverhältnisse eines Landschaftsausschnitts im Bereich Neuenhagener Insel und Bad Freienwalde als Abweichung von der mittleren Hangneigung auf der Basis des DGM25. Aus der Detailansicht ist ein Mix unterschiedlicher Hangneigungen in einem kleineren Ausschnitt erkennbar. Zum Ausweis zusammenhängender Areale von

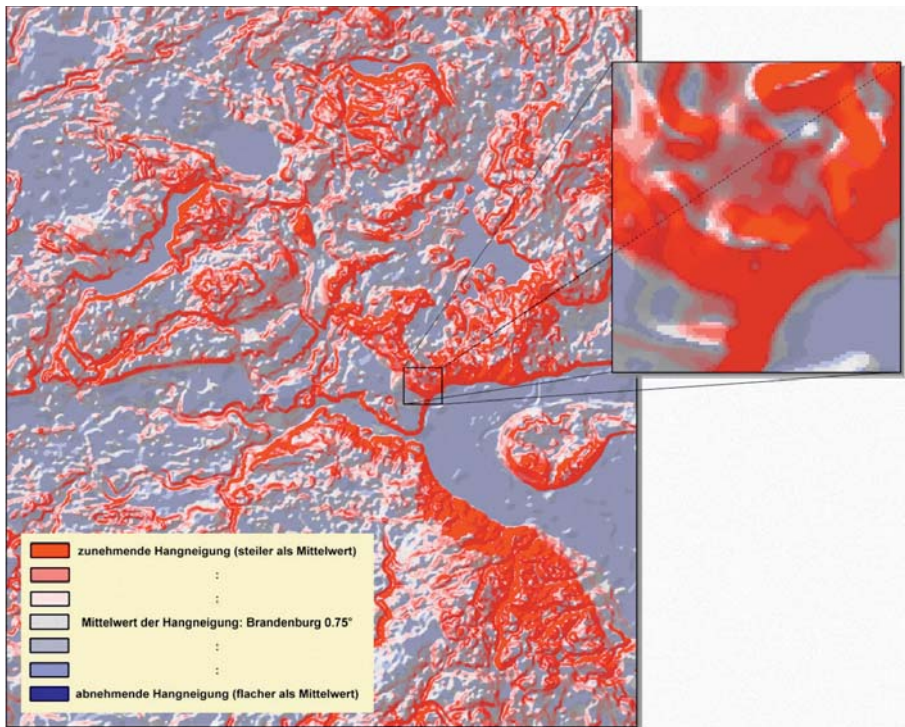
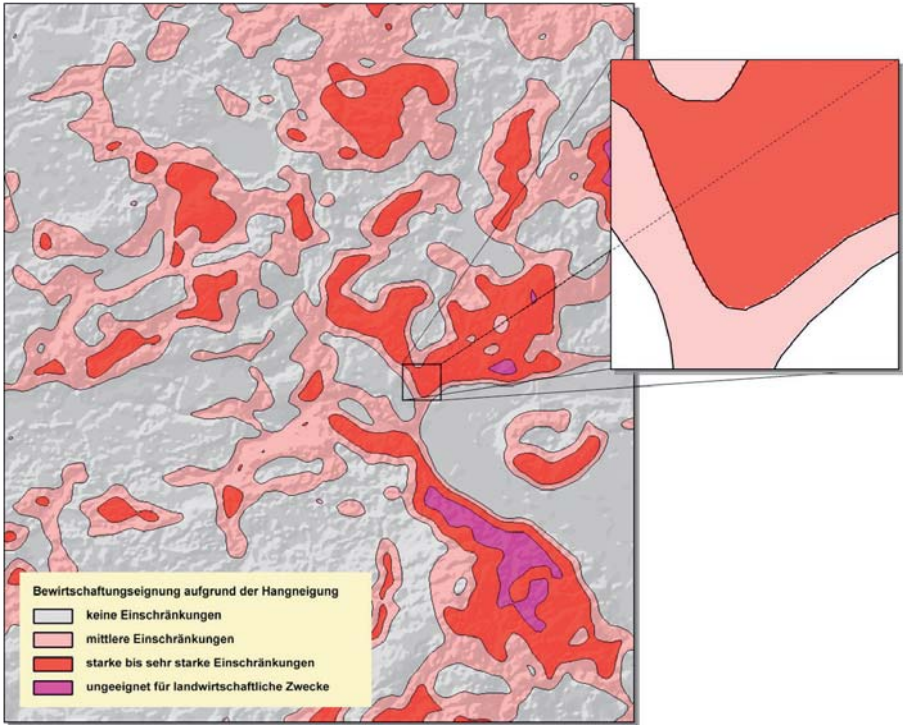


Abb. 5: Hangneigungsverhältnisse (Neigungsflächentyp) im Bereich der Neuenhagener Insel auf der Basis eines leicht generalisierten DGM25.



**Abb. 6: Regionalisierung Landwirtschaftliche Ungunstlagen über Parameter Indexklasse (IK) der Methode VERMOST.**

Ungunstlagen für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung infolge zu großer Hangneigung eignet sich diese Verteilung nicht. Auch bringt eine stärkere Generalisierung des DGM keine wirkliche Regionalisierung zustande, obwohl die Varianz der Hangneigung im Landschaftsausschnitt sinkt. Durch Überführung der Hangneigungsflächentypen in eine klassifizierte Verteilung (Vergleichsstufen) lässt sich jedoch problemlos die Methode VERMOST im Moving-Window verwenden, um die Heterogenität der Verteilung der Neigungsflächentypen im Fenster zu beschreiben. Verwendet man dazu einen Radius  $r = 1000 \text{ m}$  und die Kennziffer Indexklasse (IK) ergibt sich die in Abbildung 6 dargestellte Verteilung, die klar zwischen

ungeeigneten und geeigneten Arealen unterscheidet. Die Detaildarstellung zeigt deutlich, wie aus dem Mix unterschiedlicher Hangneigungen klar ausgegrenzte Areale von Klassen als quasi homogen definierter Bewirtschaftungerschwerernisse infolge Hangneigung entstehen. Durch Kombination mit den Substrat-, Hydro-morphie- und Steinigkeitsverhältnissen können darauf aufbauend die standortbedingten Anbaueignungsareale flächenscharf ausgewiesen werden.

### **Visualisierung von Landschaftsausschnitten**

Eine grundlegende Voraussetzung, um hochwertige Landschaftsbilder am Computer entstehen zu lassen, ist die Verfüg-

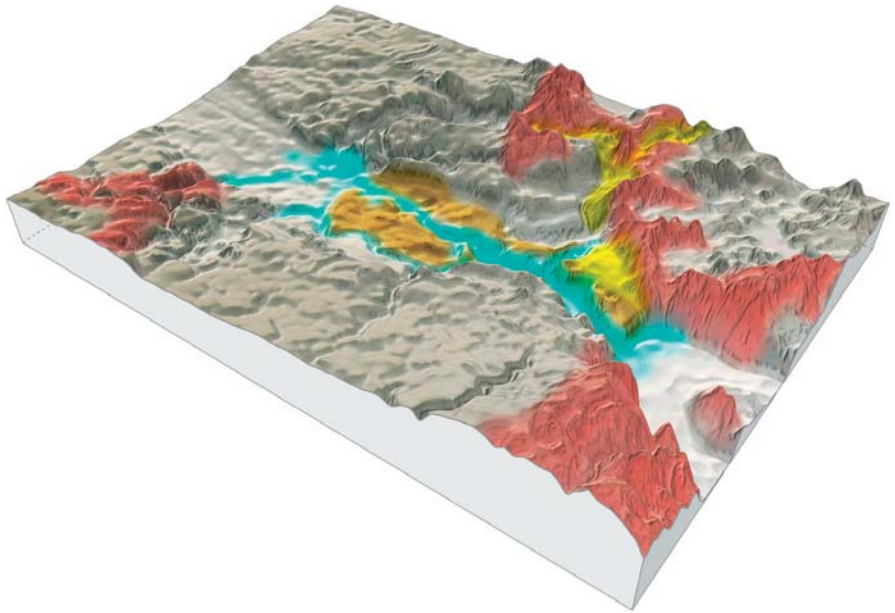
barkeit eines breiten Spektrums digitaler Daten, die bestimmte Aspekte eines Landschaftsausschnitts beschreiben. Dazu gehören nicht nur bildhafte Darstellungen wie Luft- und Satellitenbilder, sondern auch thematische Daten zur Beschreibung des Reliefs, der Topographie, der Landnutzung oder der geologischen Verhältnisse. Aber auch nicht nur durch direkte visuelle Beobachtung oder Kartierung erfassbare Daten können Verwendung finden, sondern beliebige räumlich verteilte Informationen wie der Versiegelungs- oder Zerschneidungsgrad, die Eignung des Standorts für landwirtschaftliche Produktion oder die Landschaft als Habitat für seltene Tier- und Pflanzenarten, die Biodiversität und Vieles andere mehr.

Bei einer Vielzahl von Visualisierungsthemen besteht ein enger Bezug zum Relief. Um den Blick für die Landschaft zu schärfen, sind Sichten aus verschiedenen Perspektiven hilfreich, da nur selten die landschaftlichen Zusammenhänge aus einem Blickwinkel erkennbar sind. Es müssen die wesentlichen und bestimmenden Elemente der Landschaft herausgearbeitet, womöglich auch überbetont werden und auch im Bedarfsfall nicht sichtbare räumlich verteilte Informationen sichtbar gemacht werden. Die heutige Landschaft und Landnutzung ist nur in ihrem historisch, geologischen Kontext zu verstehen. Mit den vorhandenen Technologien und Daten, insbesondere ein die Reliefverhältnisse ausreichend genau beschreibendes DGM, lassen sich durch neuartige Sichten auf die Landschaft neue Einsichten gewinnen, die in der realen Landschaft überprüft werden können sowie Eindrücke aus der realen Landschaft verallgemeinern, um so den Erkenntnisgewinn zu steigern. Hochwertige Visualisierungen sind ein ausgezeichnetes

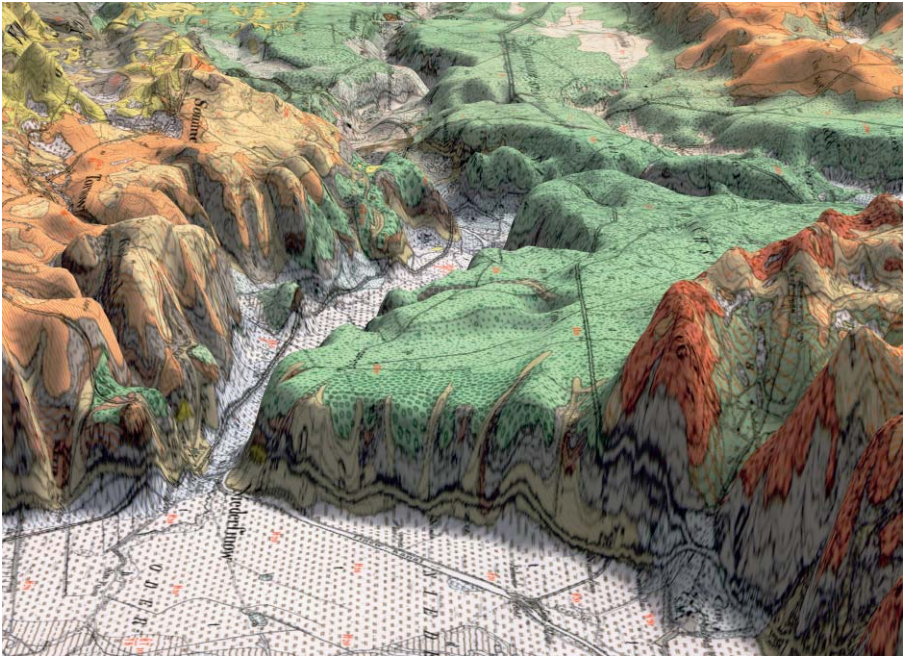
Mittel, um den partizipativen Erkenntnis- und Diskussionsprozess unterschiedlicher Partner zu befördern.

Eine hochwertige Visualisierung wird dadurch erreicht, indem die notwendigen Daten aus dem GIS als ein Satz thematischer Folien einem Postprocessing-Prozess im Sinne der Bildbearbeitung unterworfen werden. Dabei spielen verschiedene Generalisierungsgrade eines DGM eine entscheidende Rolle, um diese mit unterschiedlichen Intensitäten und Verknüpfungsalgorithmen zu einer aus vielen Ebenen bestehenden Komposition der Visualisierung zu vereinigen. So können bestimmte Aspekte betont und andere etwas zurückgenommen werden. Die Auswahl von geeigneten Farbspektren, Signaturen und Transparenzen erfordert nicht geringen Aufwand. Von entscheidender Bedeutung ist jedoch die Berechnung eines virtuellen, räumlichen Eindrucks. Dieser wird sowohl durch die künstliche Beleuchtung des DGM realisiert als auch durch die Einbeziehung und optische Verstärkung von Hangkanten sowie Steillagen. In der richtigen Auswahl und Mischung aller dieser abgeleiteten Reliefparameter aus verschiedenen Generalisierungsgraden eines oder mehrerer genutzter DGM liegt das Erfolgsrezept einer lebendigen Visualisierung.

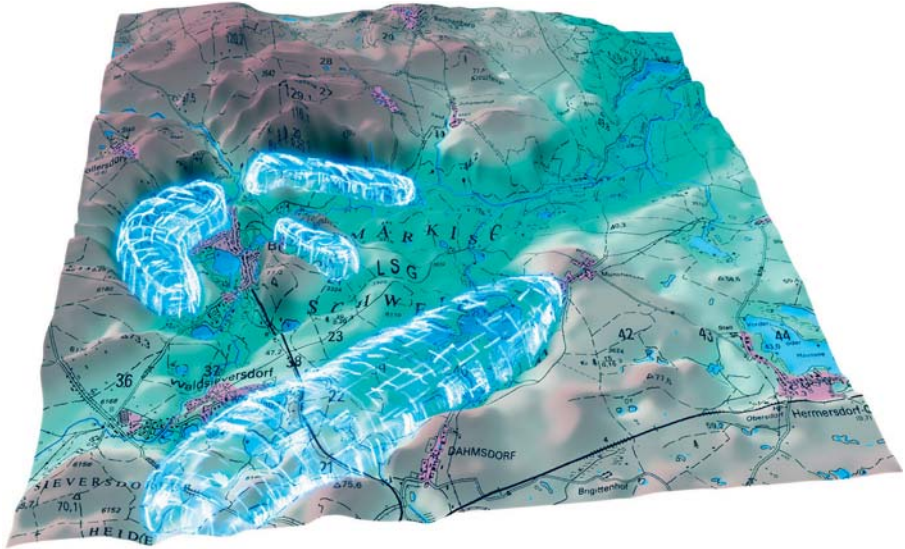
Die Visualisierung von Landschaftsausschnitten ist ein aufwendiger, interaktiver Prozess, der eine Vielzahl von Freiheitsgraden bei der Auswahl der thematischen Ebenen und der Art ihrer Verknüpfung zulässt. Schon bei der Berechnung einer Beleuchtung können die Anzahl der Lichtquellen, ihre Intensitäten, die Winkel des horizontalen und vertikalen Lichteinfalls, der Schattenfall, die Intensität des Streulichts oder der Reflexionen, des



**Abb. 7: Morphologie des Eberswalder Urstromtals mit ausgewählten geologischen Einheiten.**



**Abb. 8: Pforte des Eberswalder Urstromtals mit historischer Geologischer Karte.**



**Abb. 9: Toteisblöcke im Buckower Kessel in der Märkischen Schweiz.**

Überhöhungsfaktors des DGM sowie die Klassifizierung und Signaturzuordnung für die unterschiedlichen Beleuchtungsintensitäten frei festgelegt werden.

Die Abbildungen 7, 8 und 9 zeigen Visualisierungsergebnisse auf der Basis digitaler Geländemodelle des Landes Brandenburg.

### **Ausblick**

Der Stellenwert von digitalen Geländemodellen für die Landschaftsforschung wird durch die neuen Qualitäten, die durch die fernerkundungsgestützte Erstellung von Digitalen Geländemodellen über Laser-scan- oder Radartechniken erzielt werden, noch erheblich zunehmen. In der hohen räumlichen Auflösung und der Genauigkeit der Höhenangabe, die durch die Gewinnung von Höhendaten aus Laserscanbefliegungen erzielt wird, steckt ein großes Potential für die Landschaftsforschung, das über die traditionelle Verwendung von digitalen Höhenmodellen weit hinausgehen kann.

Bei den eingangs aufgeführten Anwendungsbereichen digitaler Höhenmodelle in der Landschaftsforschung am ZALF wird eine qualitative Verbesserung durch eine Steigerung der Auflösung und Genauigkeit der Höhenangaben eintreten. Die Bearbeitung der nachfolgenden Fragestellungen, die Gegenstand der aktuellen Landschaftsforschung am ZALF sind, sind erst durch die neuen Datenqualitäten denkbar:

- Modellgestützte quantitative Auswertungen zum Wasserhaushalt von Niederungsflächen. Ziel ist die Angabe von Grundwasserflurabständen, daraus abgeleitet auch Speicherinhalten bzw. -änderungen bei teilweise bzw. wechselhaft auftretendem Überstau der Flächen. Hauptproblem sind die zurzeit an diesen Standorten noch nicht genügend hohe Zuverlässigkeit der Höhendaten, bedingt durch die schwierige Trennung von Vegetation (Grasland, Schilf – sehr dicht, teilweise im Wasser stehend) und wahrer Geländeoberfläche.

- Ableitung detaillierter Wasserstufenkarten als wesentlicher Eingangsparameter für die Modellierung der Grünlandvegetation.
- Identifizierung von Söllen und der Stoffeintragungspfade und Abschätzung der Nährstoffeinträge in Sölle, Gewässer, Feuchtgebiete und sensible Biotope.
- Für die rechnergestützte Ausweisung von kleinflächigen Naturschutzbrachen in Ackerflächen wie auch für die Präzisierung von Biotopentwicklungspotenzialen werden hochaufgelöste Hangneigungs- und Expositionsdaten benötigt.

Ob ein Geländemodell zur Lösung einer bestimmten Aufgabe eine ausreichende Qualität besitzt oder nicht, kann nur im Zusammenhang mit der Art der Aufgabenstellung beantwortet werden. Aufgaben, die eine höhere Ableitung des Geländemodells benötigen, wie die Ableitung morphographischer und morphometrischer Reliefparameter, reagieren sensibler auf Abweichungen als solche, die nur die Höhe selbst verwenden. Erste Erfahrungen mit hoch aufgelösten digitalen Geländemodellen zeigten bereits deren Potenzial aber auch neue Anforderungen, um mit den Datenmengen und den detaillierten Informationen umgehen zu können. Durch die Art der Primärdatengewinnung, die eine regelbasierte Filterung erfordert, um die Werte des Geländemodells von denen des Oberflächenmodells zu trennen, treten neue Fehlerpotentiale auf. Es sind neue Interpretationsansätze notwendig, um die Abbildung von Details wie Pflugfurchen und Wegrainen oder die dynamische Veränderung von Wasserständen berücksichtigen zu können. Um letzteres interpretieren zu können, sind Angaben zum Erfassungszeitpunkt der

Primärdaten erforderlich. In jedem Falle sollte sich jedoch der Anwender im Vorfeld der Nutzung eines Geländemodells mit dessen Eignung und Qualität auseinandersetzen. Um das Potenzial dieser neuen Generation digitaler Geländemodelle auszuschöpfen, ist eine verstärkte Kommunikation zwischen Datennutzer und Datenerzeuger erforderlich.

### **Datenquellen**

Abflussdaten Uckereinzugsgebiet: Staatliches Umweltamt und Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.

ATKIS DLM25/1: Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg und Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern.

Bodenübersichtskarte Brandenburg 1:300 000 (BÜK300): Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg.

Biototypenkartierung: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg und Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.

CORINE land cover: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

Daten zur Umweltsituation im Land Brandenburg (DUB): Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg.

DGM25/DGM50: Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg und Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern.

DGM2 und Laserscandaten: Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg.

Geologische Übersichtskarte 1: 300 000:  
Landesamt für Bergbau, Geologie und  
Rohstoffe Brandenburg.

Historische Geologische Karte (1883 -  
1897).

Meteorologie: Deutscher Wetterdienst.

Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche  
Standortkartierung (MMK) Meck-  
lenburg-Vorpommern: Bundesamt für  
Geowissenschaften und Rohstoffe.

Naturraummosaikkarte (NRMK) Meck-  
lenburg-Vorpommern: Landesamt für  
Forsten und Großschutzgebiete Meck-  
lenburg-Vorpommern.

### Literaturverzeichnis

Dibbern, I.; Heinrich, U.; Reiche, E.-W. &  
Windhorst, W.: Projekt Osterau - Ein  
Beispiel zur digitalen automatisierten  
Bestimmung von gewässerkundlichen  
Flächeninformationen. Verhandlungen  
der Gesellschaft für Ökologie, 1998,  
28, 83 - 90.

Heinrich, U.: Geographische Informati-  
onssysteme. In: Fränzle, O., Müller,  
F. & Schröder, W. (Hrsg.): Handbuch  
für Umweltwissenschaften. Landsberg  
am Lech, München, Zürich, Ecomed  
Verlag, 2003.

Thiere, J.; Lieberoth, I. & Dunkelgod, P.:  
Beurteilungsrahmen für Standortregio-  
naltypen der Mittelmaßstäbigen Land-  
wirtschaftlichen Standortkartierung.  
Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd.,  
Berlin 19, 757-770, 1980.

Thiere, J.; Altermann, M.; Lieberoth, I.  
& Rau, D.: Zur Beurteilung landwirt-  
schaftlicher Nutzflächen nach techno-  
logisch wirksamen Standortbedingun-  
gen. Arch. Acker-Pflanzenbau Boden-  
kd., Berlin 35, 3, 171 - 183, 1991.

Uhlemann, S.: Auswirkung unterschied-  
licher Landnutzungsdaten auf die re-  
gionale Wasserhaushaltsmodellierung  
(Uckereinzugsgebiet). TU Freiberg,  
2005. [http://www.zalf.de/home\\_zalf/  
institute/zentral/lis/lis/download.htm](http://www.zalf.de/home_zalf/institute/zentral/lis/lis/download.htm)

Wegehenkel, M.; Heinrich, U.; Uhlemann,  
St.; Dunger, V. & Matschullat, J.: The  
impact of different spatial land cover  
data sets on the outputs of hydrological  
models – a modelling exercise in the  
Ucker catchment located in North-East  
Germany. Physics and Chemistry of the  
Earth, für 2006 angenommen.

Wegehenkel, M.: Estimating the impact  
of land use changes using conceptual  
hydrological model THESEUS a case  
study. Physics and chemistry of the  
earth, 2002, 27, 631 - 640.

