

Ermittlung von Art und Intensität künstlicher Entwässerung von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Mecklenburg-Vorpommern

Franka Koch¹, Andreas Küchler¹, Dietmar Mehl², Tim G. Hoffmann²

¹Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 18273 Güstrow, Goldberger Straße 12, franka.koch@lung.mv-regierung.de; ²biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, 18246 Bützow, Nebelring 15

Zusammenfassung: Im Hinblick auf diffuse Einträge der Pflanzennährstoffe Stickstoff und Phosphor in die Gewässer zählen die Folgen anthropogener Nährstoffzufuhr (Düngung, atmosphärische Deposition) zu den Hauptursachen. Künstliche Entwässerung verstärkt die Belastung bezüglich der Freisetzung von Nährstoffen aus der Humussubstanz von Böden (insbesondere Mooren) sowie durch den schnellen Abtransport der Nährstoffe aus der für Stoffumsetzungsprozesse hochwirksamen Bodenzone. Weiterhin bewirkt künstliche Entwässerung eine Vielzahl negativer Beeinträchtigungen des Wasserhaushalts. Mit Hilfe der Fuzzylogik-Methode wurden ausgehend von großräumig vorliegenden Geofaktoren künstlich entwässerte, landwirtschaftliche Flächen sowie die durch künstliche Entwässerung beeinflussten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern ermittelt und nach hydrologischen Wirkungstypen differenziert. Die Ergebnisse stellen eine verbesserte Datengrundlage für die Entwicklung von Maßnahmen zur Optimierung des Landschaftswasserhaushaltes sowie zur Reduzierung der diffusen Nährstoffbelastungen der Oberflächengewässer dar.

Determining mode and intensity of artificial drainage of agricultural land in Mecklenburg-Vorpommern

Abstract: Anthropogenic sources (fertilization and atmospheric deposition in particular) are the main causes of the diffuse emissions of the plant nutrients nitrogen and phosphorus to water bodies. Artificial drainage intensifies the water load through nutrient loss from the top soil of drained land (particularly peatlands) as well as by the rapid transport of nutrients from the soil zone which otherwise would be converted in this highly effective zone. Furthermore, artificial drainage causes a huge number of negative effects on the water balance. With the help of a Fuzzylogik method, artificially drained agricultural lands as well as surfaces influenced by artificial drainage in Mecklenburg-Vorpommern were identified based on a number of large-scale geofactors and then differentiated according to hydrologic effect types. The results provide an improved database for the development of measures to optimize the landscape water budget as well as to reduce the diffuse nutrient load of surface waters.

1. Einführung

Art und Intensität künstlicher Flächenentwässerung hängen maßgeblich von der beabsichtigten Nutzung ab. Im Wesentlichen kann man in Mecklenburg-Vorpommern von folgenden flächenhaft dominierenden Nutzungszwecken und demzufolge durchgeführten Entwässerungsmaßnahmen ausgehen (1) Entwässerung von urbanen Flächen und Infrastrukturanlagen sowie (2) Entwässerung von Flächen, die einer landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Nutzung unterliegen. Neben der Entwässerung unterstützen Meliorationsmaßnahmen die Wasserregulierung und Bewässerung.

Die durch flächenhafte künstliche Entwässerung veränderten hydrologischen Prozessstrukturen betreffen regelmäßig alle drei Phasen des Niederschlags-Abfluss-Prozesses: (1) Abflussbildung, (2) Abflusskonzentration und (3) Durchflussverlauf in den Gewässersystemen, wobei die Entwässerung grundsätzlich zu einer Prozessverstärkung im Sinne einer Intensivierung führt. Das bedeutet, dass es zu größeren Abflussmengen insgesamt und vor allem zu einer Abflusserhöhung je Zeiteinheit

kommt. Zu den wichtigsten hydrologischen Folgen zählen:

- Verringerung der landschaftlichen Retentionsprozesse für Wasser und vom Wasser transportierte Stoffe;
- Verschärfung von Hochwasser- und Niedrigwassersituationen;
- Vergrößerung der hydraulischen Belastung und des hydraulischen Stresses für Gewässerorganismen;
- Verminderung der realen Verdunstung und Veränderung des Lokalklimas;
- Verringerung der Grundwasserneubildung;
- Verschiebung von Wasserscheiden beim Anzapfen von Binnenentwässerungsgebieten und vergleichbaren Maßnahmen und daraus resultierende großräumige Systemveränderungen.

Umfangreiche Entwässerung führt somit auch zu einer Abnahme der Fließgewässerstrecken mit permanenter Wasserführung zugunsten solcher mit periodischer oder episodischer Wasserführung. Diese Verschiebungen zeigen sich primär in den Quellregionen und Oberläufen der Gewässer und verstärken die wahrscheinlich klimatisch bedingten Abflussrückgänge in Mecklenburg-

Vorpommern (Mehl, 2004; Mehl et al., 2004). Daneben erhöht sich regelmäßig der Aufwand für die Gewässerunterhaltung.

Bei der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000) gewinnt neben den hydrologischen Folgen für Grund- und Oberflächenwasserkörper die Kopplung mit den Aspekten des Stoffhaushalts eine hohe Bedeutung (Mehl et al., 2009). Gerade im Hinblick auf die diffuse Belastung der Gewässer mit den Pflanzennährstoffen Stickstoff und Phosphor zählt die künstliche Entwässerung zu den verstärkenden Faktoren, vor allem im Hinblick auf die Freisetzung der Nährstoffe aus der Humussubstanz entwässerter Böden (insbesondere Moore). Sie verstärkt die Folgen anthropogener Nährstoffzufuhr über Düngung und atmosphärische Deposition.

Ein effektives Management muss an den Haupteintragspfaden ansetzen. Eine deutschlandweite Berechnung im Auftrag des Umweltbundesamtes ergab einen Anteil der Dränung an den Eintragspfaden in der Flussgebietseinheit Warnow/Peene von rd. 60 % bei Stickstoff und rd. 10 % bei Phosphor. Im bundesdeutschen Durchschnitt hat dieser Eintragspfad einen Anteil von nur etwa 20 % (UBA, 2009). Darin zeigt sich die besondere Bedeutung des Eintragspfades Dränung in Mecklenburg-Vorpommern und sicher im gesamten norddeutschen Tiefland.

Im Rahmen der Bestandsaufnahme für die Umsetzung der WRRL wurden 2003 im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern die archivierten Dränprojekte der ehemaligen Meliorationsbaukombinate der Bezirke Rostock, Schwerin und Neubrandenburg erfasst und digitalisiert. Dieser Bestand ist jedoch unvollständig und unscharf. Beispielsweise sind Projekte ohne vorliegende Planung, von anderen Trägern vorgenommene Entwässerungsprojekte sowie ältere oder jüngere Projekte nicht erfasst. Auch ist die Übereinstimmung der Bauausführung mit der Planung nicht belegt. Die für die Umsetzung der WRRL zu entwickelnden Maßnahmen müssen jedoch räumlich konkretisiert werden, wofür die vorliegenden Unterlagen nicht ausreichend waren. Eine landesweite Bestandsaufnahme aller Entwässerungsanlagen z. B. durch Begehungen oder Auswertung von Archivmaterialien bei den 27 Wasser- und Bodenverbänden des Landes

wäre zu aufwändig. Deshalb wurde die Entwicklung und Anwendung einer Methodik zur Erfassung von Umfang und Intensität künstlicher Flächenentwässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen in Mecklenburg-Vorpommern auf Grundlage vorliegender Geodaten beauftragt.

2. Untersuchungsgebiet und Methode

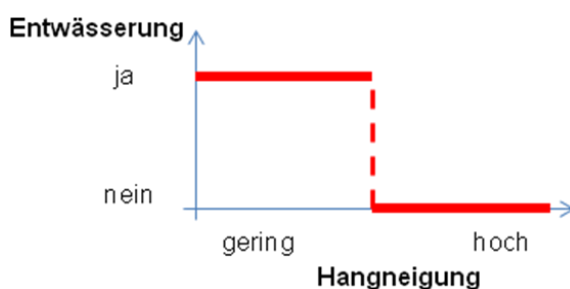
Die gesamte Analyse ist auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen beschränkt, deren Flächenumfang und hydrologische Bedeutung für Mecklenburg-Vorpommern von besonderer Bedeutung.

Der methodische Ansatz fußt auf der statistischen Auswertung landesweit vorliegender Daten, die einen Informationsgehalt bezüglich der Entwässerungsbedürftigkeit enthalten. Es wurden 15 potentielle Parameter nach Indikationsmöglichkeiten, entsprechenden Datengrundlagen und Methoden zur Identifizierung des potenziellen (ursprünglichen) Entwässerungsbedarfes zusammengestellt und hinsichtlich ihrer Eignung für die Fragestellung bewertet.

Jeder einzelne für eine Prognose zur Verfügung stehende Daten- bzw. Parametersatz spricht mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit für eine Entwässerung, erreicht aber keine Eineindeutigkeit (= Indiz für Entwässerung). Einen methodischen Ausweg eröffnet das Prinzip der Fuzzylogik, das eine Modellierung von Unsicherheiten und Unschärfen verschiedener Daten ermöglicht. Das Konzept eröffnet die Möglichkeit, die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines vordefinierten Ergebnisses berechnen zu können (damit besteht sozusagen eine „stochastische Unsicherheit“). Die Wahrscheinlichkeit wird dabei zwischen wahr (1) und unwahr/falsch (0) bestimmt (Abb. 1).

Für die als geeignet ausgewählten Parameter, die im Weiteren eine Berücksichtigung erfahren, wurde jeweils eine Wahrscheinlichkeitsfunktion, d. h. eine Entwässerungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der jeweiligen Parameterklasse, festgelegt. Als Ergebnis der Parameterauswahl standen schließlich 11 Entwässerungsmerkmale mit Wahrscheinlichkeitsfunktionen zur Verfügung (Abb. 2). Um die (gesamte) Entwässerungswahrscheinlichkeit einer Fläche zu bestimmen, wurden die Merkmale kalibriert und zusammengefasst.

Konventionelle Logik



Fuzzylogik



Abb. 1: Prinzip der konventionellen und der Fuzzylogik am Beispiel der Einflussgröße Hangneigung.

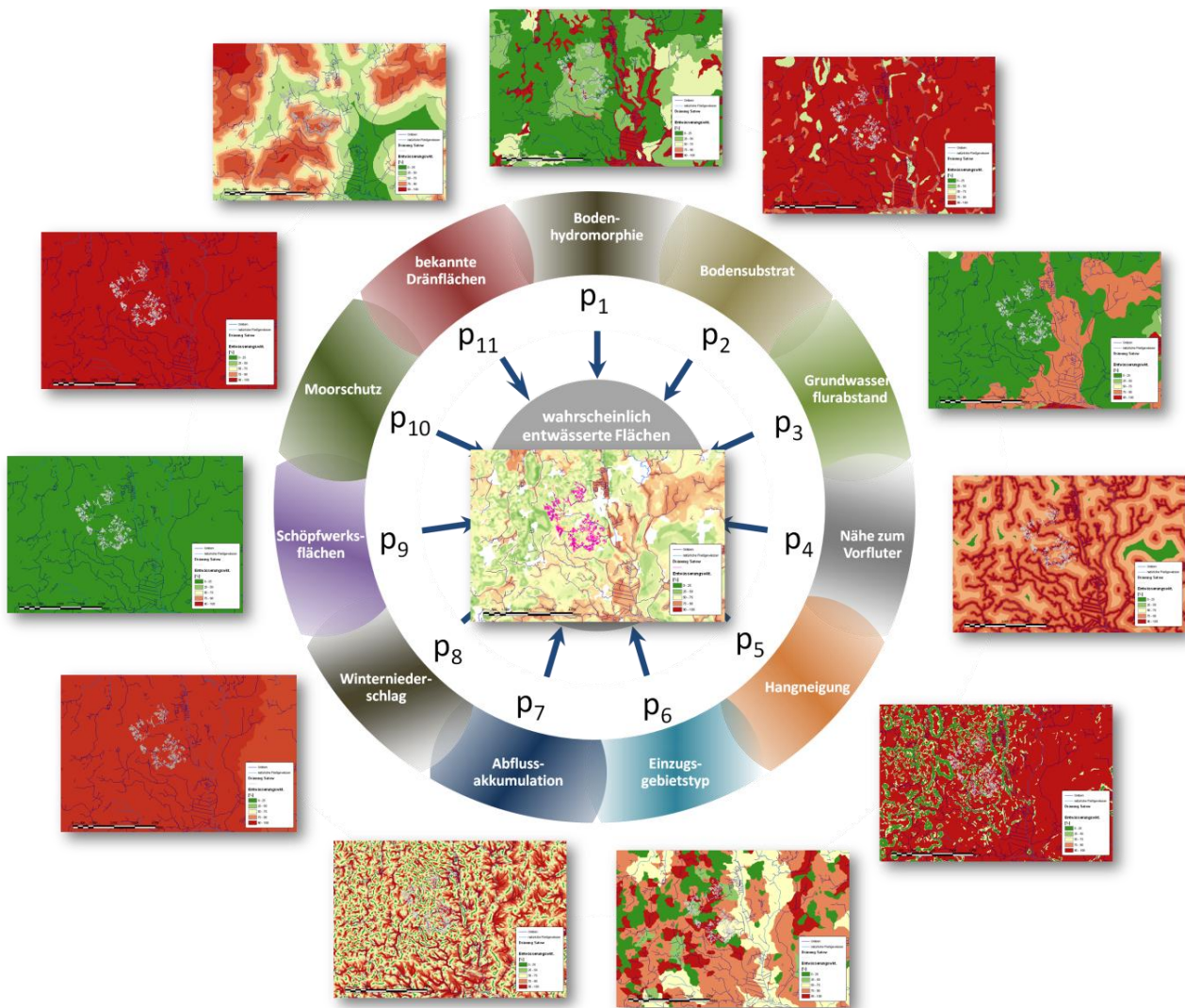


Abb. 2: Entwässerungsmerkmale zur Bestimmung der wahrscheinlich entwässerten Fläche.

Als Ergebnis der Merkmalskalibrierung ist die folgende Gleichung 1 zur Bestimmung der zusammengefassten Entwässerungswahrscheinlichkeit aufgestellt worden. Diese ist ein Ergebnis mehrerer Kalibrierungs- und Vali-

dierungsdurchgänge und stellt bei den vorliegenden Daten und unter den festgelegten Voraussetzungen die beste Näherung der realen Entwässerungswahrscheinlichkeit dar.

Gleichung 1:

$$p_{Entw} = \min(p_{10}, \max(p_9, \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + 1,1 \cdot p_5 + 1,1 \cdot p_6 + 1,1 \cdot p_7 + p_8 + 1,3 \cdot p_{11}}{9,6}))$$

- p_{Entw} - zusammengefasste Entwässerungswahrscheinlichkeit
- p_1 - Entwässerungswahrscheinlichkeit nach Bodenhydromorphie
- p_2 - Entwässerungswahrscheinlichkeit nach Bodensubstrat
- p_3 - Entwässerungswahrscheinlichkeit nach Grundwasserflurabstand
- p_4 - Entwässerungswahrscheinlichkeit nach Nähe zum Vorfluter
- p_5 - Entwässerungswahrscheinlichkeit nach Hangneigung
- p_6 - Entwässerungswahrscheinlichkeit nach Einzugsgebietstyp
- p_7 - Entwässerungswahrscheinlichkeit nach Abflussakkumulation
- p_8 - Entwässerungswahrscheinlichkeit nach Winterniederschlag
- p_9 - Entwässerungswahrscheinlichkeit nach Schöpfwerksflächen
- p_{10} - Entwässerungswahrscheinlichkeit nach Moorschutz
- p_{11} - Entwässerungswahrscheinlichkeit nach bekannten Dränflächen

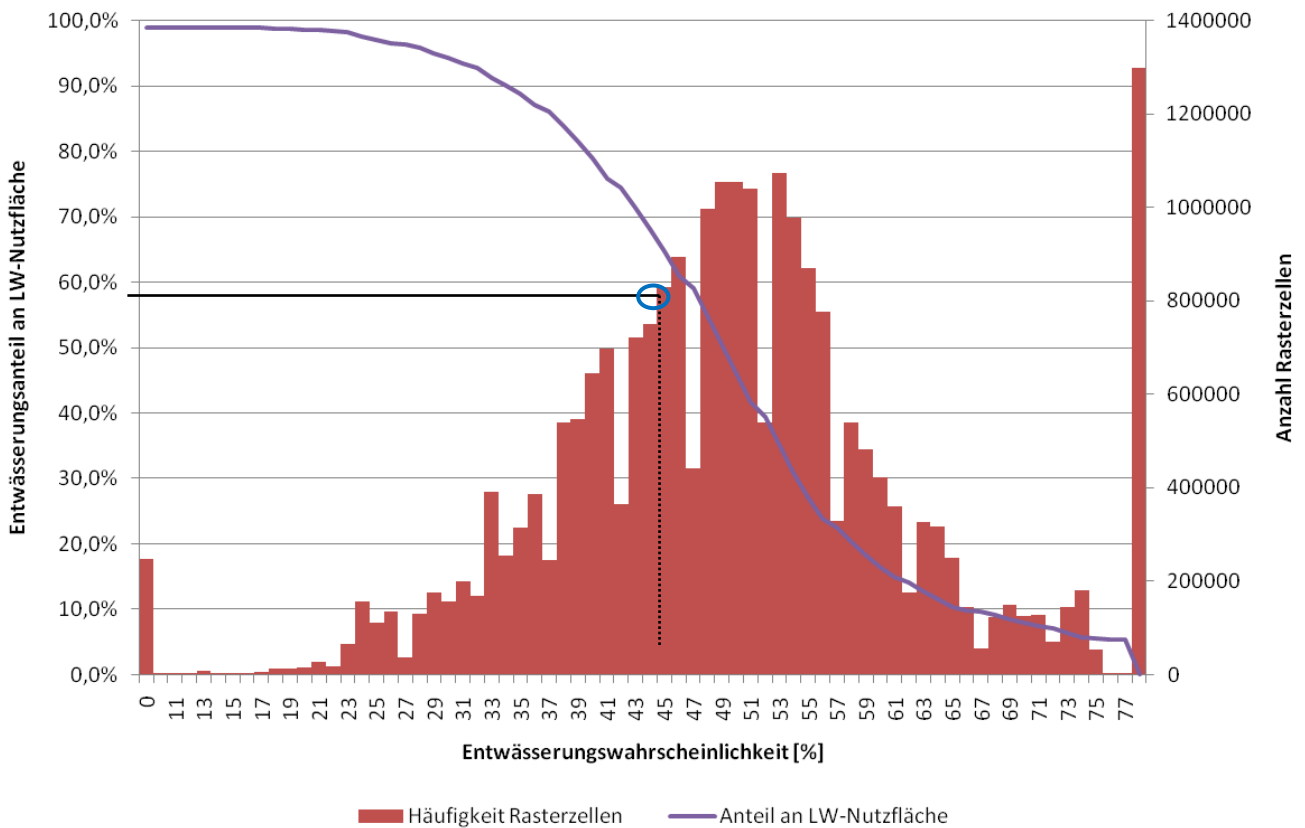


Abb. 3: Verteilungs- und inverse Summenfunktion der zusammengefassten Entwässerungswahrscheinlichkeit.

Das Ergebnis der Fuzzy-Funktion der Gleichung 1 wurde per Rasteroperator im GIS für alle Rasterzellen der Ausgangsdaten berechnet und mit der Gebietskulisse der Landwirtschaftsflächen Mecklenburg-Vorpommerns verschnitten. Dadurch wurde eine Karte der zusammengefassten Entwässerungswahrscheinlichkeiten für diese Flächen generiert. Jede der 25-m-Rasterzellen enthält einen Wert von 0 % bis 100 %, welcher die Wahrscheinlichkeit der Existenz einer landwirtschaftlichen Flächenentwässerung ausdrückt.

Bei Darstellung der Verteilungs- und Summenfunktion der zusammengefassten Entwässerungswahrscheinlichkeit ist erkennbar, dass eine Grenzwahrscheinlichkeit $p_{\text{Entw}} > 47\%$ einem Entwässerungsanteil von ca. 56 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche entspricht (Abb. 3).

Diese Zahl entspricht nahezu der Angabe im Planungsatlas Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft der DDR (Autorenkollektiv, 1968). Deshalb wurde festgelegt, dass Flächen mit einer Entwässerungswahrscheinlichkeit von $p_{\text{Entw}} > 47\%$ als entwässerte Flächen angesehen werden können. Die Validierung der Ergebnisse anhand bekannter Dränflächen und statistischer Angaben ergab eine gute Übereinstimmung. So beträgt die mittlere Abweichung zwischen Angaben des Planungsatlasses Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft der DDR (Autorenkollektiv, 1968) und den hochgerechneten Flächengrößen für entwässertes Grünland 7 % und für entwässertes Ackerland 5 %.

3. Ergebnisse

Zentrales Ergebnis ist eine Gebietskulisse, die konkret quantifizierbare Aussagen über die Flächengröße der

künstlichen Entwässerung ermöglicht. Demnach sind ca. 885.000 ha der Landwirtschaftsflächen in Mecklenburg-Vorpommern künstlich entwässert. Dies entspricht einem Anteil von ca. 60 %. Bei Acker beträgt die Entwässerungsquote 53 %; bei Grünland 83 %. Nord- und Ostsee-einzugsgebiete weisen insgesamt kaum Unterschiede auf. Durch landwirtschaftliche Entwässerungsmaßnahmen beeinflusst wird mit ca. 1,6 Millionen ha fast die doppelte Fläche der direkt entwässerten Gebiete.

Neben der Gebietskulisse bietet die vorgestellte Methodik auch einen Ansatz zur Bestimmung des wahrscheinlichen hydrologischen Wirkungstyps einer entwässerten Fläche. Dieser Wirkungstyp wird beim Ergebnisdatensatz über die wahrscheinlich entwässerten Flächen als Geoattribut mitgeführt und erlaubt eine differenziertere Kartendarstellung (Abb. 4).

Demzufolge werden 39 % des Ackerlandes per Dränage, 8 % durch Grabensysteme und 6 % durch kombinierte Systeme mit Graben, Dränage bzw. durch Schöpfwerke entwässert. 47 % der Ackerflächen werden nicht entwässert. Beim Grünland ist der Anteil der Grabenentwässerung mit 39 % gegenüber 15 % Dränenentwässerung wesentlich höher. 9 % der Grünlandgebiete verfügen über ein kombiniertes Graben-Drän-Entwässerungssystem. 16 % des Grünlandes liegt in Schöpfwerksgebieten. Immerhin 4 % ehemaliger Grünlandflächen wurden wiedervernässt. Nur 17 % des Grünlandes in Mecklenburg-Vorpommern verfügen über kein künstliches Entwässerungssystem.

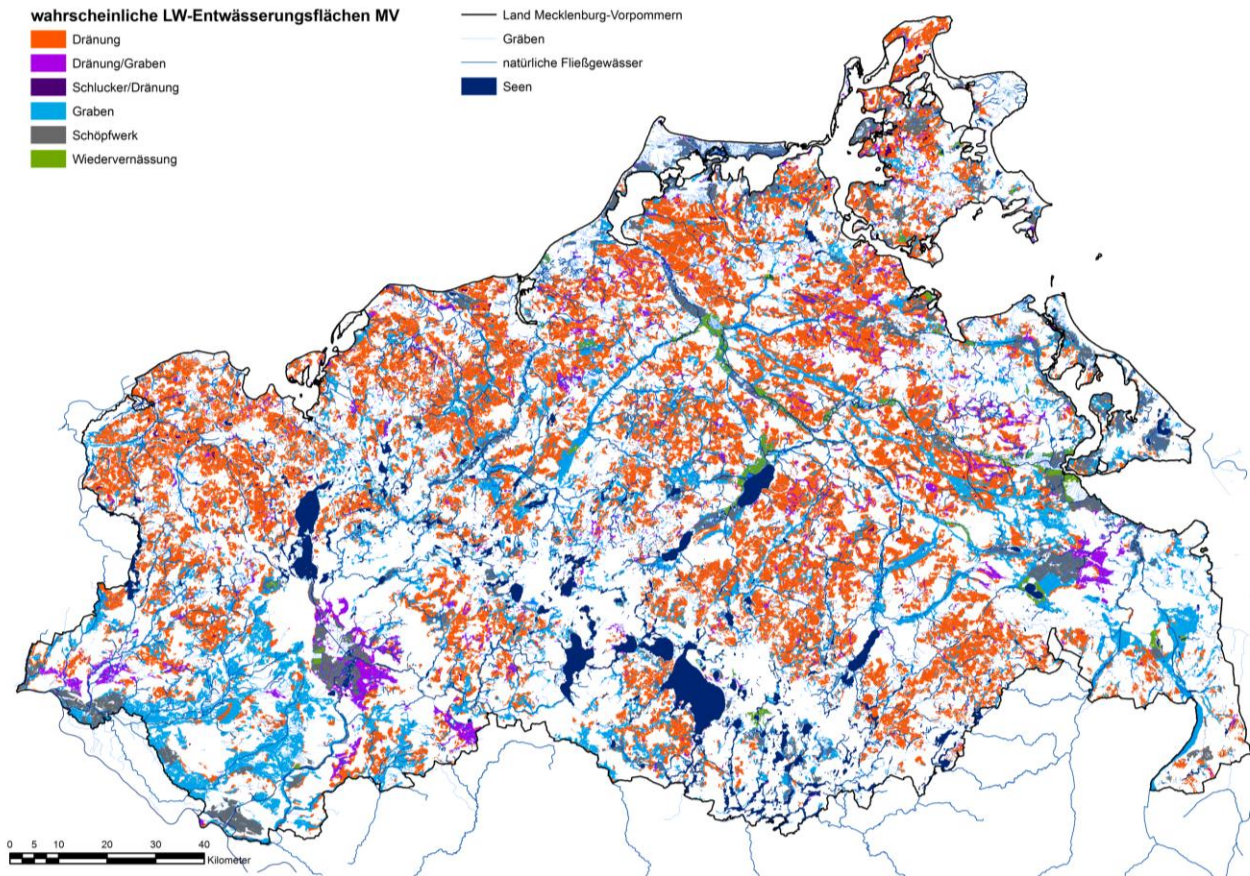


Abb. 4: Gebietskulisse der wahrscheinlich entwässerten Landwirtschaftsflächen des Landes Mecklenburg-Vorpommern nach Entwässerungstypen.

4. Diskussion

Der gewählte wahrscheinlichkeitsorientierte Ansatz einer Bestimmung der künstlich entwässerten Landwirtschaftsflächen für das Land Mecklenburg-Vorpommern hat sich als zielführend erwiesen. Es ist eine deutliche Verbesserung des Kenntnisstandes zu den Dränanlagen und -flächen vor allem im Hinblick auf wasser- und stoffhaushaltliche Betrachtungen erreicht worden.

Der landesweit einheitliche Ansatz wurde mit statistischen Daten abgeglichen, so dass eine höhere Übereinstimmung zwischen Flächeninformationen und Statistik erzielt werden konnte. Als großer Zugewinn ist die Differenzierung der Entwässerungsflächen nach hydrologischem Wirkungstyp zu betrachten. Sie erlaubt im Weiteren eine Berücksichtigung der unterschiedlichen hydrologischen Auswirkungen von Drän-, Graben-, Schlucker- (Versickerungsschächte) oder Schöpfwerksentwässerung.

Betont werden muss an dieser Stelle, dass die Ausweisung der Entwässerungsflächen allein auf einer intelligenten Verschneidung großräumig vorliegender Geofaktoren mit mittlerem räumlichen und fachlichen Detailgrad basiert. Lagedaten zu realen Entwässerungssystemen sind mit Ausnahme der Schöpfwerksflächen nur zu Vergleichs- und Kalibrierungszwecken in die Gebietskulisse eingegangen. Eine Überlagerung mit Planungsunterlagen und den Ergebnissen von Vor-Ort-Untersuchungen wird aus den o. g. Gründen und gerade für relativ klein-

räumige Fragestellungen weiterhin für unverzichtbar gehalten.

5. Schlussfolgerungen

Gegenüber konventionellen Methoden wie Sammlung und Digitalisierung von Altunterlagen oder gar Bestandserhebung vor Ort ist der deutlich geringere Aufwand einer Entwässerungsflächenbestimmung hervorzuheben.

Der in Mecklenburg-Vorpommern verfolgten Strategie zur Reduzierung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Gewässer entsprechend, werden neben den ursachenbezogenen landwirtschaftlichen Maßnahmen im engeren Sinne (Düngemanagement usw.) auch nachgeschaltete, wasserseitige Maßnahmen geprüft (Koch, 2010). Diese ermöglichen über eine Steuerung des Wasserhaushaltes unter Inanspruchnahme natürlicher Stoffumsetzungsprozesse eine Verminderung von Nährstoffeinträgen in die Gewässer (Trepel, 2007, 2009). Vor allem handelt es sich dabei um Maßnahmen des landwirtschaftlichen Wasserbaus. Es sind dazu in Mecklenburg-Vorpommern Demonstrationsvorhaben, z. B. zur Reaktivierung von Feuchtflächen als Nährstoffsinken zwischen Dränabläufen und Einleitung in das Fließgewässer sowie zum Dränmanagement im Sinne einer Bodenwasserregulierung geplant.

Das Ergebnis liefert zudem einen wichtigen Beitrag zur Grundlagenforschung. Generell notwendig sind u. a. die Verbesserung des Kenntnisstandes zur hydrologischen

und stofflichen Prozessstruktur bei gedränten Flächen (Kahle et al. 2005a, 2005b, 2007; Kahle und Lennartz, 2005) und Untersuchungen zum Abfluss beschleunigenden und Stoffrückhalt mindernden Einfluss verrohrter Gewässer (Mehl et al., 2003).

6. Literatur

- Autorenkollektiv, 1968. Planungsatlas Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft der DDR. Rat für landwirtschaftliche Produktion und Nahrungsgüterwirtschaft der DDR, Greifswald.
- Kahle, P., Lennartz, B., 2005. Untersuchungen zum Stoffaustausch aus landwirtschaftlich genutzten Dränflächen in Nordostdeutschland. *Wasserwirtschaft* 9, 45-49.
- Kahle, P., Tiemeyer, B., Lennartz, B., 2005a. Skalenabhängige Stickstoffausträge aus gedränten Einzugsgebieten des Norddeutschen Tieflands. In: TU Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft (Hrsg.): Workshop: N-Umsatz in der Dränzone und im Grundwasser. S. 5. Dresden.
- Kahle, P., Tiemeyer, B., Lennartz, B., 2005b. Stoffausträge aus landwirtschaftlichen Nutzflächen über Dränung. *Wasserwirtschaft* 12, 12-16.
- Kahle, P., Tiemeyer, B., Deutsch, B., Lennartz, B., 2007. Untersuchungen zum Stickstoffaustrag über Dränung in einem nordostdeutschen Tieflandeinzugsgebiet. *Wasserwirtschaft* 6, 25-29.
- Koch, F., 2010. Konzept zur Minderung der diffusen Nährstoffbelastungen in den Oberflächengewässern und im Grundwasser in Mecklenburg-Vorpommern. Vortrag auf dem 15. Gewässersymposium des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern in Güstrow. http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/gewsymp_15_12_koch_diffuse_naehrstoffe.pdf. Zugriff: 08.10.2010.
- Mehl, D., Marquardt, A., Kollatsch, R.-A., Neumann, B., 2003. Bestandsaufnahme nach Wasserrahmenrichtlinie in Mecklenburg-Vorpommern: Zum Ausmaß der Fließgewässerverrohrung. *Wasserwirtschaft* 9, 42-46.
- Mehl, D., Steinhäuser, A., Klitzsch, S., 2004. Die Trends der mittleren Niederschlags- und Abflußverhältnisse in den Flußgebieten Mecklenburg-Vorpommerns. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* 43, 63-134.
- Mehl, D., 2004. Grundlagen hydrologischer Regionalisierung: Beitrag zur Kennzeichnung der hydrologischen Verhältnisse in den Flußgebieten Mecklenburgs und Vorpommerns. Dissertation, Universität Greifswald.
- Mehl, D., Steinhäuser, A., Koch, F., Kuchler, A., 2009. Regionalisierung der Nährstoffbelastung in Oberflächengewässern in Mecklenburg-Vorpommern. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 53, 336-341.
- Mehl, D., Hoffmann, T. G., Helbig, H., 2009. Bestimmung der morphologischen Auen in Sachsen-Anhalt mit Hilfe eines Fuzzylogik-Ansatzes. *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* 2, 659-665.
- Trepel, M., 2007. Dränung – Nährstoffausträge, Flächenausweisung und Management. *Wasserwirtschaft* 6, 30-32.
- Trepel, M., 2009. Nährstoffrückhalt und Gewässerrenaturierung. *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 2, 211-215.
- UBA – Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, 2009. Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer Deutschlands. <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2873>. Zugriff: 23.09.2009.
- WRRL – Europäische Wasserrahmenrichtlinie, 2000. Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der EG Nr. L 327/1 vom 22.12.2000. Brüssel.