Ermittlung grundwasserbeeinflusster oberirdischer Gewässer in Mecklenburg-Vorpommern

Dr. Stephan Hannappel[1], Dr. Beate Schwerdtfeger[2] & Dipl. Ing. Franka Koch[2]

[1] HYDOR Consult GmbH, Am Borsigturm 40, 13507 Berlin, hannappel@hydor.de

[2] Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Goldberger Straße 12, 18273 Güstrow)

Einführung

Ziel der Untersuchungen (HYDOR 2010) war die Identifizierung von oberirdischen Gewässern mit einem ausgeprägten Grundwasserzustrom, um dort Maßnahmen zur Reduzierung des diffusen Nährstoffeintrages aus der landwirtschaftlichen Nutzung im Grundwassereinzugsgebiet vornehmen zu können.

Die geohydraulischen Voraussetzungen der Interaktion zwischen oberirdischen Gewässern und Grundwasser sind im norddeutschen Lockergesteinsbereich flächendeckend vorhanden. Bezugshorizont für die Ermittlung der oberirdischen Gewässer mit Grundwasserzustrom in M-V war der obere, großräumig zusammenhängende und zumeist auch wasserwirtschaftlich nutzbare Grundwasserleiter. In Landesbereichen mit an der Erdoberfläche anstehenden bindigen Bildungen wurden saisonal wasserführende und sehr oberflächennahe Grundwasserleiter (schwebendes Grundwasser) oberhalb davon nicht berücksichtigt, da aus ihnen heraus kein dauerhafter Zustrom zu den oberirdischen Gewässern erfolgen kann.

Die Reduzierung des Nährstoffeintrages ist notwendig, da die Ergebnisse der landesweiten Gewässerüberwachung in den letzten Jahren zeigen, dass trotz einiger positiver Entwicklungen anhaltende Defizite der Gewässergüte bestehen, insbesondere in Bezug auf Belastungen mit Nitratstickstoff. Die meisten Fließgewässer des Landes sind in Abhängigkeit von den hydrologischen Verhältnissen aufgrund der Nitrat-Konzentrationen den Güteklassen II bis III und / oder III (nach LAWA) zuzuordnen, d. h. es überwiegen nach wie vor Gewässer mit deutlicher und erhöhter Nitratbelastung ohne erkennbar veränderliche Trends.

Als Grundlage für die Festlegung von Zielgebieten für Maßnahmen zur Minderung der diffusen Nährstoffbelastungen wurden daher durch das LUNG zunächst räumliche Belastungsschwerpunkte für Grundwasser (HYDOR 2008) und oberirdische Gewässer (BIOTA 2009) identifiziert.

Zudem wurden Umfang und Intensität künstlicher Flächenentwässerung (insbes. Dränung) in Mecklenburg-Vorpommern ermittelt (BIOTA 2010). Im Zuge der Maßnahmenplanung für die oberirdischen Gewässer zur Minderung der diffusen Nährstoffbelastungen sollen zukünftig prioritär die Eintragspfade Grundwasser und Dränung untersucht werden. Als Ergänzung zur Ermittlung der Dränflächen war daher die flächenhafte Ausweisung der Eintragpfade vom Grundwasser in oberirdische Gewässer erforderlich, hier vornehmlich in Fließgewässereinzugsgebieten, die einen starken Grundwasserzustrom aufweisen.

Für die Ableitung der in Betracht kommenden Maßnahmen muss bekannt sein, in welchen Gebieten oberirdische Gewässer grundwasserbeeinflusst bzw. -gespeist sind. Diese Grundwasserentlastungsgebiete wurden auf Basis von Grundwassergleichen digital ausgewiesen.

Methodik zur Ausweisung grundwasserbeeinflusster oberirdischer Gewässer

Entlastungsgebiete sind Bereiche, in denen die mittleren Flurabstände des Grundwassers im Jahresdurchschnitt weniger als 2 Meter betragen und die Grundwasserüberdeckung sandig oder z. T. anmoorig (holozäne Deckschichten) ausgeprägt ist. Abb. 1 zeigt schematisch eine Skizze mit der Lage des Entlastungsgebietes des Grundwassers.

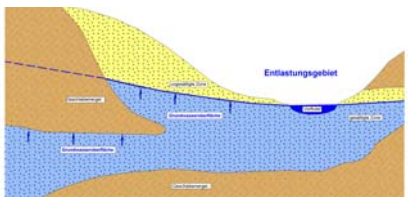

Bild 1: Schematische Skizze der hydrogeologischen Position eines Entlastungsgebietes im Lockergestein

Die räumliche Identifizierung der Entlastungsgebiete ist also durch die Berechnung des mittleren Flurabstandes des Grundwassers in den ungespannten Gebieten bei einer freien Grundwasseroberfläche möglich. Der Flurabstand kann dann durch den digitalen Verschnitt des Geländemodells mit der freien Grundwasseroberfläche ermittelt werden, wie es z. B. landesweit in Brandenburg für die forstlich genutzten Gebiete mit ungespanntem Grundwasser durchgeführt wurde (Hannappel & Riek 2011).

Verwendete Datengrundlagen

Folgende digitale Datenbestände wurden verwendet:

• digitales Geländehöhenmodell DGM 25 (s. Bild 2 in zehn aggregierten Höhenstufen),

• Informationen zu oberirdischen Fließ- und Standgewässern,

• Informationen zur landesweiten Grundwasserdynamik,

• Daten der Hydrogeologischen Karte 1 : 50 000 (Voigt 1987),

• gemessene Wasserstände des Grundwassers und von oberirdischen Gewässern,

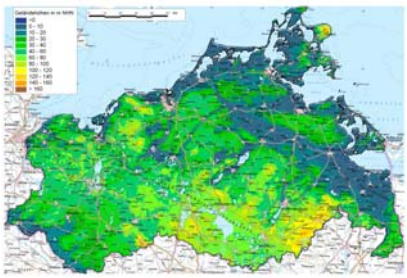

Bild 2: Aggregierte Geländehöhen des digitalen Geländehöhenmodells DGM 25 in Mecklenburg-Vorpommern

Erfassung von Wasserständen der Fließgewässer der digitalen TK 10

Voraussetzung zur Berücksichtigung der Wasserstände von oberirdischen Gewässern zur Berechnung der Grundwassergleichen ist in jedem Fall der hydraulische Kontakt des Grundwassers mit dem Fließ- oder Standgewässer an der Uferlinie. In gespannten Gebieten können die Gewässer ohne diesen Kontakt mit dem Grundwasser innerhalb des bindigen Substrates „schweben". Die räumliche Bedeutung der georeferenzierten Daten zu den Wasserständen der oberirdischen Gewässer resultiert aus ihrer anschließenden Verwendung für die geostatistisch basierte Regionalisierung aller Wasserstände. Je dichter die verwendete Datenbasis in räumlicher Hinsicht, desto besser ist das zu erwartende Ergebnis.

Bei dem in der TK 10 enthaltenem Wert handelt es sich um einen langfristigen Mittelwasserstand. Als solches wurde er interpretiert und ggf. mit den Daten des „Seenprogramms" oder der langjährigen Mittelwerte der Fließgewässer transformiert. Es wurde ein Punktshape anhand der georeferenzierten Digitalisierung der Punkte im GIS-ArcView sowie der gleichzeitigen Eintragung des in der TK 10 abgedruckten Wertes in die Attributtabelle erzeugt. Die Gewässerhöhen wurden sowohl an den Uferlinien der Fließ- als auch der Standgewässer digitalisiert. Jeder einzelne Wert wurde vor seiner Digitalisierung einer räumlichen Einzelfallprüfung unterworfen.

Die Gewässerhöhenpunkte wurden im Anschluss an die abschnittsweise Digitalisierung nochmals einer zusammenfassenden Prüfung unterzogen, im Rahmen derer z. B. eine komplette Bereinigung des Datensatzes um Punkte durchgeführt wurde, die in den Gebieten mit gespanntem Grundwasser lagen. Insgesamt wurden 10 467 Punkte digitalisiert, deren Lage in Bild 3 dargestellt ist. Gut erkennbar ist die regionale Konzentration sowohl der Fließ- als auch der Standgewässerpunkte in den Gebieten mit ungespanntem Grundwasser im Südwesten, Süden (Seenplatte), im Osten (Ueckermünder Heide) und auf den Inseln (Usedom, Darß, Zingst). Innerhalb der Grundmoränenbereiche wurden nur Gewässerpunkte in engen Flusstälern digitalisiert, wo ein engräumig begrenzter hydraulischer Kontakt zwischen dem Grundwasser und den oberirdischen Gewässern besteht.

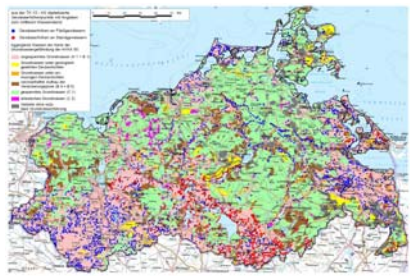

Bild 3: Hydrogeologische Informationen der HYKA 50 und Lage der digitalisierten Gewässerhöhenpunkte aus der TK

Neuberechnung der Daten zur Grundwasserdynamik

Das Ziel der Ermittlung der Grundwasserbeeinflussung der oberirdischen Gewässer kann nur über den Flurabstand des Grundwassers in den ungespannten Gebieten erreicht werden. Für diesen müssen die Grundwassergleichen digital zur Verfügung stehen. Da es naturräumlich und auch technologisch aufgrund der eingesetzten geostatistischen Regionalisierungsverfahren nicht sinnvoll ist, die Grundwassergleichen ausschließlich in den Niederungen in Flussnähe zu berechnen, wurde eine Neuberechnung der Grundwassergleichen mit allen zugrunde liegenden Stützpunkten flächenhaft durchgeführt.

Bild 4 zeigt das Ergebnis in Form von Flächeninformationen in einer groben Intervallskalierung von 0 bis 135 m NHN, Gebiete mit berechneten Grundwasserständen unter dem Meereswasserspiegel im Bereich der Küsten sind farblich separat gehalten (lila Flächen).

Die Karte zeigt im Vergleich zu den bisherigen Grundwassergleichen in sehr vielen Gebieten eine gute Übereinstimmung, vor allem außerhalb der Niederungsbereiche. Dies war ausdrücklich methodisch erwünscht, da hier den oft auf Detailkenntnissen beruhenden Gleichenlinien des Jahres 2003 eine hohe Erklärungskraft zugesprochen werden kann. Aus diesem Grund wurden in diesen Gebieten auch zusätzliche Stützpunkte entlang von Isohypsen eingefügt. In vielen Gebieten verlaufen die Gleichenlinien in der neu erarbeiteten Form jedoch auch anders. In den meisten Fällen ist dies durch Messwerte belegt, die aktuell in der Datenbasis zur Verfügung standen.

Abweichungen treten dort auf, wo die HYKA 50 dokumentiert, dass die oberirdischen Gewässer keinen Anschluss an das Grundwasser haben. Hier laufen die Gleichenlinien vom LUNG (2004) dennoch oftmals „talparallel" und suggerieren damit einen solchen Anschluss, z. B. im unteren Trebeltal westlich von Demmin oder an mehreren Stellen im Recknitztal. Die neuen Grundwassergleichen kreuzen in den gespannten Bereichen die Gewässer und zeigen hier damit die eigenständige Dynamik an. Vor allem in den in die Grundmoränenbereiche tief eingeschnittenen Niederungsgebieten der engen Flusstäler (z. B. obere Peene, Tollense) war es jedoch nicht immer möglich, die Gleichenlinien zusammenhängend darzustellen.. Auf die Ausweisung der Entlastungsgebiete anhand der Flurabstandsberechnung hat das jedoch keinen Einfluss, da hier stets Flurabstände von weniger als 2 m bestehen.

Bild 4 : Berechnete Grundwasserdruckflächen als flächenhafte Darstellung

Abgrenzung der grundwassergespeisten oberirdischen Gewässer

Im Anschluss an die Erstellung der Rasterdaten im 25 m-Abstand zu den Grundwasserständen wurden die Daten jeweils von den Rasterdaten des DGM 25 an den Knoten subtrahiert und damit die Rohdaten zum Flurabstand erzeugt. Entsprechend der Definition des Grundwasserflurabstandes wurden die im Anschluss daran landesweit aggregierten Daten um diejenigen Bereiche reduziert, in denen gespanntes Grundwasser ansteht. Verwendet wurden hierfür die Polygone der HYKA 50

In allen übrigen Landesteilen enthalten die Ergebnisdaten die mit den Geländehöhen berechneten Flurabstände in den Gebieten mit ungespanntem Grundwasser. Inklusive der Flächenanteile der oberirdischen Gewässer umfassen die ungespannten Gebiete 11 382 km², also 49 % der Landesfläche. Bild 5 dokumentiert die Flurabstände des Grundwassers in einer sechsstufigen Skalierung von <1 m bis >5 m.

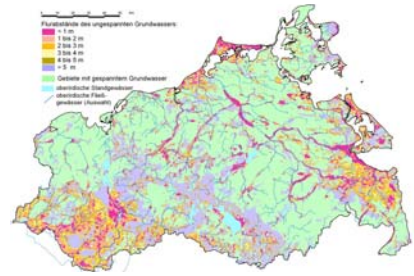

Bild 5: Flurabstände in Gebieten mit ungespanntem Grundwasser

Die daraus abgeleiteten Entlastungsgebiete des Grundwassers mit Flurabständen von weniger als 2 m umfassen 4 210 km², das sind 18 % der Landesfläche. In diesen Bereichen herrschen im Jahresdurchschnitt aufsteigende Gradienten des Grundwassers und die Pflanzen haben - zumindest saisonal - die Möglichkeit, Wasser aus der gesättigten Zone oder der darüberliegenden Kapillarzone zu entnehmen. Räumliche Schwerpunkte der Entlastungsgebiete befinden sich vor allem im Südwesten (Lewitz, Griese Gegend) und im Osten (Ueckermünder Heide) des Landes sowie in geringerer lateraler Verbreitung fast überall entlang der Flussläufe in den ungespannten Gebieten.

Anschließend wurde ein digitaler Verschnitt der Entlastungsgebiete mit den 4 287 oberirdischen Einzugsgebieten der Fließ- und Standgewässer durchgeführt. Mit diesen Daten wurde eine dreistufige Klassifizierung der Einzugsgebiete im Hinblick auf die Intensität ihrer quantitativen Grundwasserbeeinflussung vorgenommen (s. Tab. 1):

Tab 1: Grundwasserbeeinflussung der oberirdischen Gewässereinzugsgebiete

Klassifizierung der quantitativen Intensität der Grundwasserbeeinflussung	Flächenanteil Entlastungsgebiete am Einzugsgebiet	Flächengröße	Anteil an der Landesfläche
grundwasserbeeinflusst	>33 %	4 216 km²	18 %
teilweise grundwasserbeeinflusst	5 bis 33 %	10 513 km²	47 %
nicht grundwasserbeeinflusst	<5 %	8 237 km²	35 %

Die Klassifizierung kennzeichnet nicht einen saisonal unterschiedlichen Grundwassereinfluss, hierzu sind die Datengrundlagen nicht geeignet. Vielmehr soll mit dem gewählten Ansatz des Flächenbezuges der räumliche Aspekt der hydraulischen Interaktion zwischen Grundwasser und oberirdischem Gewässer zum Ausdruck gebracht werden.

Die prozentual zunächst niedrig erscheinenden Grenzen zwischen den 3 Klassen verdeutlichen, dass auch bereits bei einem flächenhaften Anteil von nur 10 % des gesamten Einzugsgebietes, in denen das Grundwasser direkt hydraulisch mit dem oberirdischen Gewässer kommuniziert, die Beeinflussung zumindest teilweise vorhanden ist. Da die Gewässer innerhalb ihrer Einzugsgebiete oftmals nur einen linienförmigen Verlauf aufweisen, können dementsprechend auch bereits diese geringen Flächenanteile einen deutlichen Einfluss z. B. beim Stoffeintrag aus den höher gelegenen Neubildungsgebieten des Grundwassers heraus in die Niederungen bewirken. Bild 6 zeigt die räumliche Verbreitung der so klassifizierten Einzugsgebiete zusammen mit den Grundwasserentlastungsgebieten.

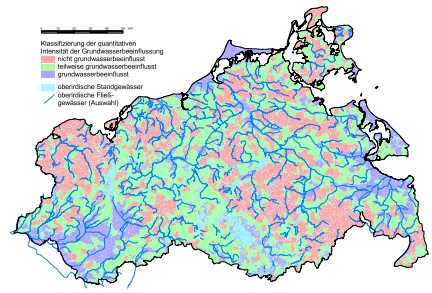

Bild 6: Grundwasserbeeinflussung der oberirdischen Einzugsgebiete

Erkennbar ist ein deutlicher Bezug zu den hydrogeologischen Randbedingungen. In den gespannten Bereichen des Landes liegen z. B. fast ausschließlich Einzugsgebiete ohne Grundwasserbeeinflussung.

Ausblick

Die Besonderheiten rückgestauter oberirdischer Fließgewässer wurden nicht gesondert betrachtet, da die Datenbasis der Gewässerpunkte dies nicht erlaubte. Vielfach ist anzunehmen, dass ein Teil dieser Gewässer in das umgebende oberflächennahe Grundwasser infiltriert und somit weitere, (künstlich) dauerhafte Entlastungsgebiete geschaffen wurden. Auch die durch den Schöpfwerksbetrieb veränderten Bereiche konnten nicht gesondert berücksichtigt werden. Für die Auswahl von Maßnahmegebieten kann davon ausgegangen werden, dass in den Entlastungsgebieten die Verweilzeiten des Sickerwassers sehr kurz und damit die kurzfristigen Erfolgschancen von Maßnahmen sehr hoch sind. Die Ergebnisse der Berechnungen wurden inzwischen dazu genutzt, landesweit die Verweilzeiten des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung zu berechnen (Hannappel et al. 2011).

Literatur

BIOTA (2009): Regionalisierung der Nährstoffbelastung in Oberf-lächengewässern in Mecklenburg-Vorpommern. Be-richt im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, BIOTA Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, Bützow.

BIOTA (2010): Ermittlung von Art und Intensität künstlicher Entwässerung von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Mecklenburg-Vorpommern. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, Bützow.

Hannappel, S. & W. Riek (2011): Berechnung des Flurabstandes des oberflächennahen Grundwassers der Waldfläche Brandenburgs für hydrologisch typische Zeiträume. - Hydrologie & Wasserbewirtschaftung 1, 11, S. 42 – 49, Koblenz

Hannappel, S., Lemke, G., Schwerdtfeger, B. & S. Zeilfelder (2011): Ermittlung der Verweilzeiten des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung nach der DIN 19732 für Mecklenburg-Vorpommern.- Forum für Hydrologie & Wasserbewirtschaftung, Heft 30/11.

HYDOR (2008): Aktualisierung der Regionalisierung von stofflichen Grundwasserbelastungen in Mecklenburg-Vorpommern. – Gutachten der HYDOR Consult GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Berlin.

HYDOR (2010): Ermittlung grundwasserbeeinflusster Oberflächengewässer in Mecklenburg-Vorpommern.- Gutachten der HYDOR Consult GmbH an das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Berlin (online verfügbar unter: http://www.wrrl-mv.de/doku/2010_ermittlung_grundwasserbeeinflusster_oberirdischer_gewaesser.pdf)

Voigt, H.-J. (1987): Hydrogeologisches Kartenwerk der Deutschen Demokratischen Republik, Nutzerrichtlinie für die Karten der hydrogeologischen Kennwerte und die Karte der Grundwassergefährdung. - Hrsg.: Zentrales Geologisches Institut, 42 S., Berlin (unveröff.)