

# Verfahrensweise zur Abschätzung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve von Grundwasserkörpern und ihrer Aufteilung auf die Teilkörper der unteren Wasserbehörden

## 0. Vorbemerkungen

Die Verfahrensweise zur Abschätzung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve wurde vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) auf Veranlassung des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU) unter Mitwirkung von Vertretern des MU, des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und des Niedersächsischen Kompetenzzentrums Klimawandel (NIKO) anlässlich der Neufassung des außer Kraft getretenen Runderlasses des MU zur „Mengenmäßigen Bewirtschaftung des Grundwassers“ v. 29.5.2015 (Nds. MBl. S. 790), zuletzt geändert am 20.10.2020 (Nds. MBl. S. 1194), weiterentwickelt. Die operative Umsetzung führte das LBEG durch. Die nachfolgend dargestellte Verfahrensweise beschreibt die aktualisierte Methodik zur Abschätzung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve für die Neufassung des Erlasses „Mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers“ (MBE). Dies beinhaltet auch die Aktualisierung von Eingangsparametern.

## Vorsorgeprinzip in Zeiten des Klimawandels

Derzeit kann beobachtet werden, dass sich die Intensität und die Saisonalität der Niederschläge in Niedersachsen verändern und Landschaftswasserverluste durch eine steigende Verdunstung erhöhen. Nach derzeitigen Erkenntnissen verzeichnet Niedersachsen in der letzten Dekade aufgrund der klimatischen Entwicklungen größtenteils sinkende Grundwasserneubildungsraten, die teilweise signifikant sind. Aufgrund dessen hat sich das Land Niedersachsen entschieden, im Sinne des Vorsorgeprinzips die *Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve* unter der Annahme ungünstiger zukünftiger Entwicklungen zu ermitteln. Das bedeutet, dass das Grundwasserdargebot der Nahen Zukunft mit den Grundwasserneubildungsmengen, die mit dem „Kein-Klimaschutz“-Szenario (RCP8.5) ermittelt wurden, abgeschätzt wird. Somit wird sichergestellt, dass der MBE Nutzbare Grundwasserdargebotsreserven vorausschauend und nicht rückblickend ausweist.

Es wird zusätzlich sichergestellt, dass diese Daten bezogen auf die aktuellen Entwicklungen plausibel sind. Es gibt Grundwasserkörper (GWK), die heute eine signifikante negative Entwicklung der Grundwasserneubildung (Zeitraum 1961-2020) aufweisen. Z.T. unterschreitet die Grundwasserneubildung der jüngsten zurückliegenden Periode 1991-2020 die Neubildung, die das Modell mGROWA (s.u.) für die Nahe Zukunft projiziert. In diesen Fällen wird eine weitere Reduzierung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve vorgenommen. Somit wird sichergestellt, dass neben den zukünftigen auch die aktuellen Entwicklungen der jährlichen Grundwasserneubildungsraten berücksichtigt werden. Das bedeutet auch, dass bei einer Fortschreibung der Grundwasserneubildungsmodellierung nicht nur 30-jährige Mittel, sondern auch stets aktuelle Trendentwicklungen für die Abschätzung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve mitberücksichtigt werden, sofern die Änderungen als signifikant bewertet wurden. Vorgenanntes gilt ebenso bei Verfügbarkeit von neuen Klimamodelldaten für die Berechnung der Grundwasserneubildung.

## Maßgebliche Eingangsgrößen für den Mengenbewirtschaftungserlass (MBE)

Für Niedersachsen wird die Grundwasserneubildung mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA berechnet (Ertl et al. 2019), dessen neueste Version als mGROWA22 seit August 2022 vorliegt. mGROWA ist ein rasterbasiertes hydrologisches Wasserhaushaltsmodell. Im Sinne eines Rasters wird Niedersachsen dafür in Rasterzellen mit einer Größe von 500 m x 500 m eingeteilt. Das Modell mGROWA berechnet die Wasserbilanz und die Grundwasserneubildung ist ein Ergebniswert. Dieses Raster wurde bereits für die Methodik im niedersächsischen Wasserversorgungskonzept übernommen und bildet auch für diese Methodik die Grundlage. Das Modell wird anhand von Klimabeobachtungsdaten angetrieben und kalibriert. Anschließend wird das kalibrierte Modell mit Klimamodelldaten (Projektionen) aus zwei Treibhausgas-Szenarien („Klimaschutz“-Szenario RCP2.6 und „Kein-Klimaschutz“-Szenario RCP8.5) angetrieben (Hajati et al., 2022). Somit steht die Grundwasserneubildung für 1961 bis 2020 und für zwei Zukunftsszenarien bis 2100 zur Verfügung. Relevant für den MBE ist, dass mGROWA keine anthropogenen Einflüsse (außer der Drainage) und bis auf den Abfluss keine Interaktion mit Oberflächengewässern und keinen Einfluss weiterer Grundwasserleiter berücksichtigt, deren Wirkung lokal bedeutsam für die Grundwasserneubildung sein kann.

Für den Erlass wird die *Nahe Zukunft* („Kein-Klimaschutz“-Szenario RCP8.5, 2031-2060) betrachtet. Dieses Szenario wurde im Sinne des Vorsorgeprinzips gewählt. Die für diesen Zeithorizont projizierte Grundwasserneubildung weist eine Ergebnisbandbreite auf. Diese ergibt sich aus den 11 Klimamodellen, mit denen mGROWA für das RCP8.5-Szenario angetrieben wurde. Jedes Ergebnis der 11 Klimamodelle hat dieselbe Eintrittswahrscheinlichkeit.

Für die Berechnung der *mittleren Verhältnisse* wird für die projizierte *mittlere Grundwasserneubildung* der *Nahen Zukunft* der Mittelwert aus den o.g. Ergebniswerten der 11 Modellläufe verwendet (s. Abbildung 1). Für die Berechnung der *trockenen Verhältnisse* wird für das projizierte *15er Perzentil der Grundwasserneubildung* der *Nahen Zukunft* der Mittelwert aus den o.g. Ergebniswerten der 11 Modellläufe verwendet (siehe Abbildung 1).

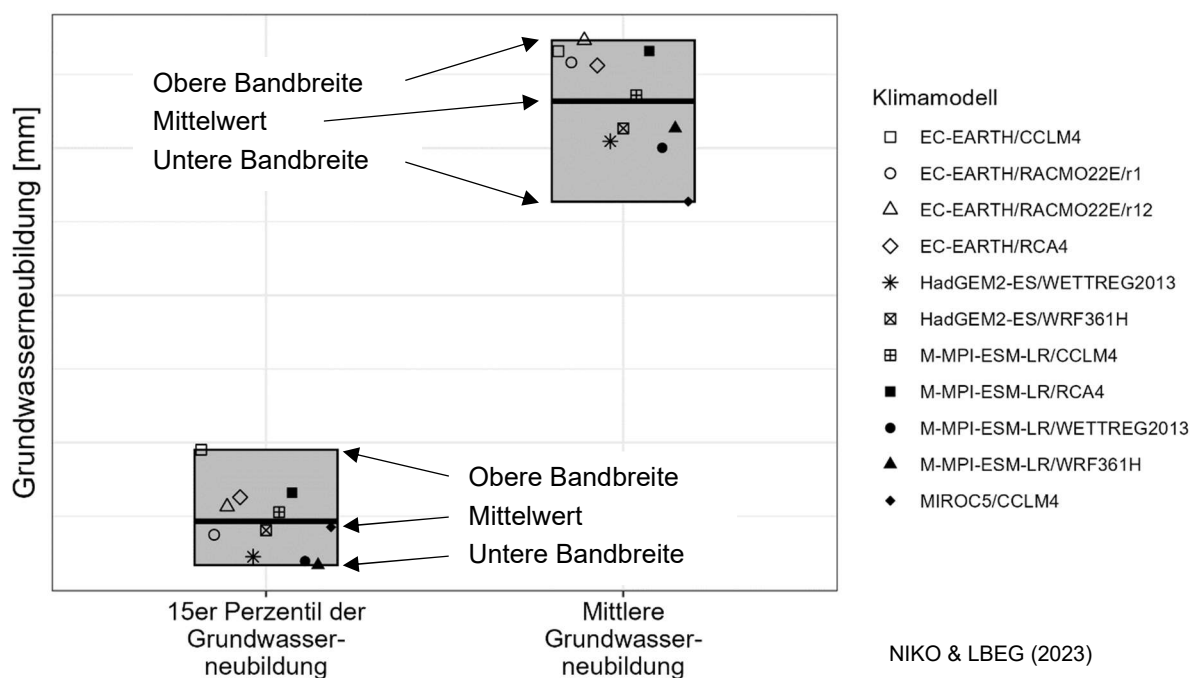


Abbildung 1: Erläuterung der Ergebnis-Bandbreiten von Projektionen einer 30-jährigen Periode

Die Verwendung der unteren Bandbreite (Rasterzellen mit den jeweils niedrigsten Werten aus den 11 Läufen) wurde nicht verfolgt, da diese Berechnungen deutlich zu gering sein dürften und auch von der derzeitigen Entwicklung nicht wiedergeben werden. Wenn eine Auswertung von zurückliegenden langjährigen Trends jedoch ergibt, dass der Mittelwert der Nahen Zukunft zu optimistisch ist, berücksichtigt die Methode dies durch einen Abschlag (siehe unten).

Wesentliche Grundlagen für eine nachhaltige Bewirtschaftung der GWK sind die zugelassenen Entnahmemengen und die noch verbleibende Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve.

### **Hinweise zur Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve**

Die grundlegenden Einheiten zur Bewirtschaftung des Grundwassers gemäß den Zielen und Grundsätzen des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und der Grundwasserverordnung (GrwV) sind die Grundwasserkörper (GWK).

Die Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve wird auf der Grundlage des nachfolgend beschriebenen Verfahrens unter Berücksichtigung folgender Ziele abgeschätzt:

- **Sicherung der Wasserversorgung in Zeiten des Klimawandels**
- **Sicherung und Erhaltung grundwasserabhängiger Landökosysteme und hydraulisch mit dem Grundwasser verbundener Oberflächengewässer**

Neben den naturwissenschaftlichen Grundlagen und Methoden beinhaltet die Verfahrensweise auch Elemente, die in der o. g. Arbeitsgruppe per Konvention festgelegt werden mussten. Neben diesen Konventionen ist zu beachten, dass die Methodik einige Bilanzgrößen (wie z.B. Zu- und Ausströmung aus dem zweiten GW-Stockwerk, Grundwasserzu- und -austritte aus Oberflächengewässern) nicht berücksichtigt und vorhandene Flächendaten (Karten) unterschiedlichen Maßstabsebenen entnommen wurden, so dass im Ergebnis nur eine überschlägige Abschätzung resultiert.

Bei Veränderungen von zugelassenen Grundwasserentnahmen ist regelmäßig die nutzbare Grundwasserdargebotsreserve zu überprüfen, welche bei gleicher Entnahmemenge je nach Nutzungsart variieren kann. Die Ver- bzw. Entsorgungsinfrastrukturen (z.B. Überregionale Strukturen, Einleitungen über Kläranlagen) müssen berücksichtigt werden, da die tatsächliche Auswirkung einer Grundwasserentnahme von deren anschließender Nutzung abhängt (z. B. teilweise Wiedereinleitung von gereinigtem Abwasser nach der Nutzung in privaten Haushalten). Beispiel: Eine Grundwasserentnahme zur öffentlichen Wasserversorgung gelangt über die Verbraucher zur Kläranlage und wird dort in das örtliche Fließgewässer eingeleitet. Die Abflussmenge des Fließgewässers – und damit dessen ökologische Funktionsfähigkeit - wird damit stabilisiert. Eine Grundwasserentnahme in gleicher Höhe für einen anderen Nutzungszweck (ohne Anbindung an eine Kläranlage) verlässt den lokalen Wasserhaushalt und unterstützt damit die Funktionsfähigkeit des Fließgewässers nicht.

Da in die Berechnungen, die dem MBE zugrunde liegen, diese Nutzungsarten und örtlichen Strukturen nicht einbezogen werden können, wird als wasserwirtschaftliche Planungsgröße die **maßgebliche Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve** ausgewiesen; dabei werden die zugelassenen Entnahmemengen zugrunde gelegt.

Ausgehend von der rasterbasierten Verfahrensweise werden als zusätzliche Information auf Ebene der Amtsbezirke der unteren Wasserbehörden (Teilkörper) Angaben zur nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve gemacht.

Der Verfahrensablauf ist in Abbildung 2 skizziert.

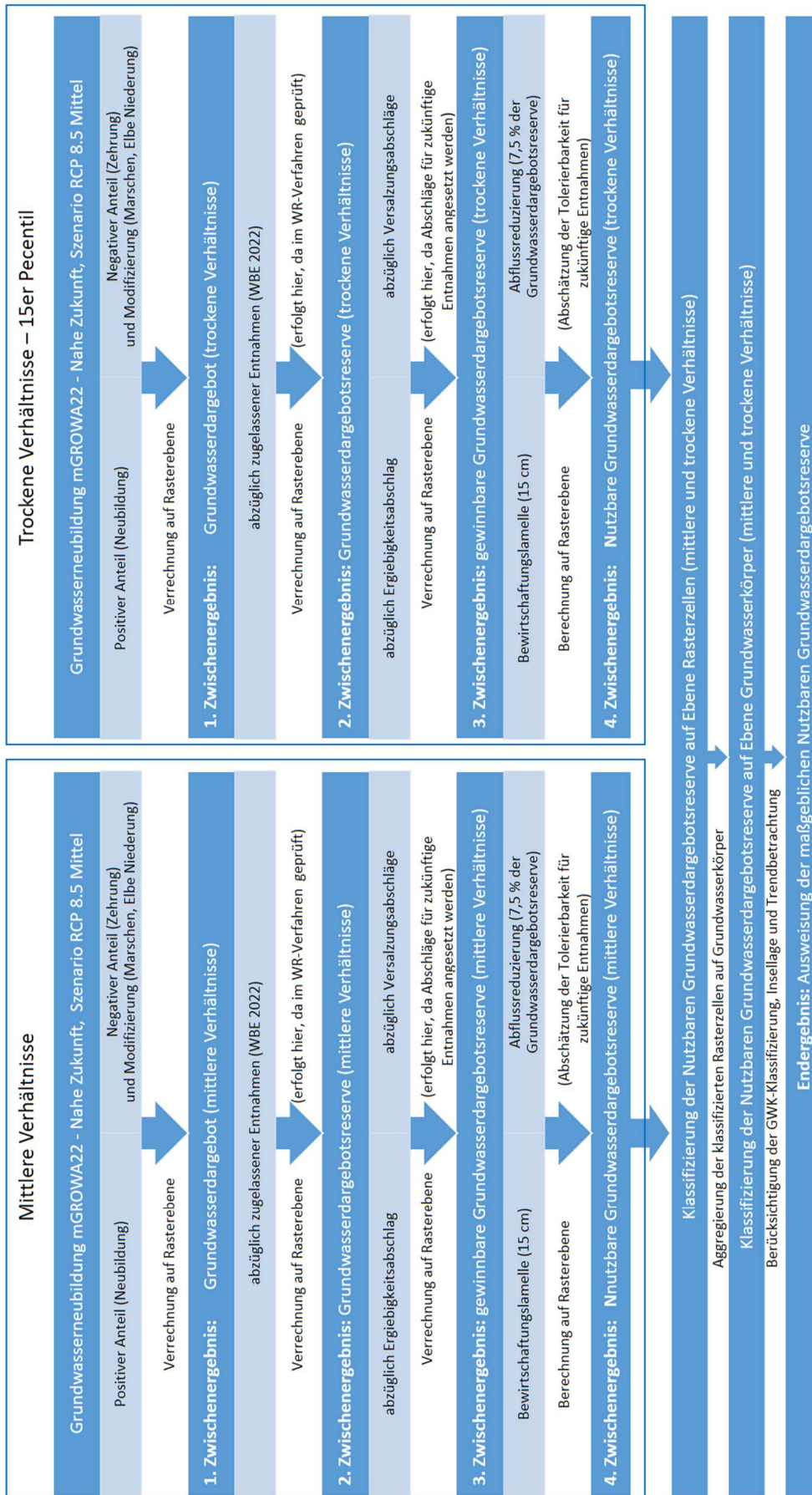


Abbildung 2: Verfahrensablauf zur Abschätzung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserven, der Klassifizierung der Grundwasserkörper und Ausweisung der maßgeblichen nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve

## 1. Begriffsbestimmungen

Die im Rahmen der Verfahrensweise verwendeten Begriffe sind wie folgt definiert:

Begriff	Definition
Grundwasserkörper - GWK	Aufgrund der Vorgaben der EG-WRRL abgegrenzte Grundwasservorkommen (§ 3 Nr. 6 WHG).
Teilkörper - TK	Teil des GWK, der sich aus der Verschneidung mit den Gebietsgrenzen der unteren Wasserbehörden ergibt.
Grundwasserneubildung	Zugang von infiltriertem Wasser zum Grundwasser aus Niederschlag, berechnet mit der Methode mGROWA22 des LBEG in m <sup>3</sup> /a. Mit mGROWA22 werden sowohl die Zusickeung (positive Werte) als auch die Aussickerung (GW-Zehrung durch den Sickerraum, negative Werte) berechnet.
Grundwasserdargebot	Summe aller positiven Glieder der Wasserbilanz aus Niederschlag.  Hinweis: Das Grundwasserdargebot für trockene Verhältnisse (Trockenwetterperioden) wurde mit dem 15. Perzentil (entspricht etwa den 5 trockensten Jahren innerhalb einer 30-jährigen Periode) [m <sup>3</sup> /a] ermittelt und bildet auch die Grenze, ab der sehr niedrige Grundwasserstände identifiziert werden (s. Grundwasserbericht Niedersachsen – Sonderausgabe zur Grundwasserstandsentwicklung im Jahr 2021, Tabelle 1).
Grundwasserdargebotsreserve	Grundwassermenge, die sich nach Reduktion des Grundwasserdargebots um die zugelassenen Entnahmen (Wasserbuch, Stand 2022 (WBE 2022)) ergibt [m <sup>3</sup> /a].
Ergiebigkeitsabschlag	Abschlag von der Grundwasserdargebotsreserve aufgrund ungünstiger hydraulischer Entnahmebedingungen, die eine Nutzung behindern [%].
Versalzungsabschlag	Abschlag von der Grundwasserdargebotsreserve aufgrund von Versalzungen im GWK, die eine Nutzung behindern [%].
Gewinnbare Grundwasserdargebotsreserve	Grundwassermenge, die sich nach Reduktion der Grundwasserdargebotsreserve um den Ergiebigkeitsabschlag und den Versalzungsabschlag ergibt [m <sup>3</sup> /a].
Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve	Grundwassermenge, die sich nach erfolgter Berechnung der Gewinnbaren Grundwasserdargebotsreserve unter Beachtung bestimmter Randbedingungen zum Schutz der grundwasserabhängigen Landökosysteme und der Fließgewässer ergibt. Diese Randbedingungen werden bei dieser Verfahrensweise zum einen durch die Vorgabe einer Bewirtschaftungslamelle und zum anderen durch eine tolerierbare Abflussreduzierung konkretisiert. [m <sup>3</sup> /a]
Maßgebliche Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve	Grundwassermenge, die sich nach erfolgter Berechnung der mittleren Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve unter Berücksichtigung der GWK-Klassifizierung, Insellage und Trendbetrachtung ergibt [m <sup>3</sup> /a].

## 2. Beschreibung der Verfahrensweise

### 1. Zwischenergebnis: Ermittlung des Grundwasserdargebots

In den Marschen und in der Elbe-Niederung ergeben sich großflächig Regionen, in denen die Wasserbilanz berechnet mit mGROWA negativ ist und es damit zu negativer Grundwasserneubildung kommt bzw. zur Grundwasserzehrung. Das liegt daran, dass Verluste (zum Beispiel tatsächliche Verdunstung durch Vegetation, Entwässerung durch Drainage) höher sind als die Grundwassermenge, die durch Niederschlag nachgebildet wird. Diese Gebiete sind geprägt durch sehr geringe Grundwassergefälle und gleichzeitig ausgeprägte Stauwasserhaltung in den Oberflächengewässern. Der Einfluss der Oberflächengewässer auf das Grundwasser ist in diesen Gebieten sehr intensiv; er kann aber (wie oben dargestellt) durch die Modellierung, die auf dem Wassereintrag durch Niederschlag aufbaut, nicht näher abgebildet werden. Für die Methodik im Mengenbewirtschaftungserlass erfolgte eine Reduzierung der Grundwasserzehrung in den genannten Gebieten um 95 % (s.a. Wasserversorgungskonzept Niedersachsen), um die komplexen Prozesse der Kulturlandschaft zu berücksichtigen.

Das zur Verfügung stehende Grundwasserdargebot berechnet sich nun aus den positiven Anteilen der Grundwasserneubildung und der o.g. modifizierten negativen Grundwasserneubildung. Die Grundwasserneubildung ist dann negativ, wenn der Anteil der Grundwasserzehrung (z.B. kapillarer Aufstieg aus dem Grundwasser) größer ist als der Anteil der Grundwasserneubildung. Die Beiträge zur Deckung des Landschaftswasserhaushaltes (d.h. der Wasserbedarf von grundwasserabhängigen Landökosystemen ohne Oberflächengewässer) werden im Rahmen der Berechnung der Grundwasserneubildung berücksichtigt, weil insbesondere der Bewuchs die Menge des Niederschlagswassers, die in die gesättigten Bodenschichten gelangt, vermindert oder zu einer Grundwasserzehrung führt. Innerhalb der Methodik muss die Grundwasserzehrung (negative Bilanzglieder) durch die Grundwasserneubildung (positiven Bilanzglieder) ausgeglichen werden.

Dies bedeutet, eine Rasterzelle mit einem negativen Wert (Grundwasserzehrung) wird so lange durch die umliegenden Rasterzellen, die positive Werte aufweisen, aufgefüllt, bis die Grundwasserneubildung der Rasterzelle 0 mm/a ergibt. Die negative Grundwasserneubildung wird methodisch wie eine Grundwasserentnahme (s.u.) betrachtet. Diese Berechnung, also der Ausgleich zwischen den einzelnen Rasterzellen, erfolgt zunächst innerhalb des jeweiligen Grundwasserkörpers. Erst wenn im Grundwasserkörper kein Dargebot mehr vorhanden ist, wird der benachbarte, im Anstrom befindliche Grundwasserkörper (HÜK200) hinzugezogen. Eine Verrechnung erfolgt in jedem Fall nur innerhalb einer Flussgebietseinheit.

Aus dieser räumlichen Verrechnung von negativen und positiven Bilanzgliedern ergibt sich im Mengenbewirtschaftungserlass das räumliche Raster des Grundwasserdargebots für mittlere Verhältnisse (auf Basis der mittleren Grundwasserneubildung für die *Nahe Zukunft*) und trockene Verhältnisse (auf Basis des 15er Perzentils der Grundwasserneubildung für die *Nahe Zukunft*).

## **2. Zwischenergebnis: Grundwasserdargebotsreserve (Berücksichtigung der Grundwasserentnahmen)**

Von den so ermittelten Grundwasserdargeboten werden im Anschluss die anthropogenen Grundwasserentnahmen abgezogen. Die hierbei methodisch anzusetzenden Entnahmen für den IST-Zustand mit dem Bezugsjahr 2022 basieren auf den zugelassenen Entnahmerechten mit ihren zulässigen Jahresentnahmen (Auslagerung aus dem digitalen Wasserbuch (WBE), Juli 2022). Es ist im Rahmen eines vorsorge- und planungsorientierten wasserwirtschaftlichen Ansatzes davon auszugehen, dass bestehende Entnahmerechte vollständig ausgenutzt werden.

Bei der Verteilung aller o.g. Entnahmen auf die Rasterzellen werden diese von den Grundwasserdargeboten abgezogen. Analog zur Berechnung des Grundwasserdargebots bei Grundwasserzehrung werden die Entnahmen „radial“ auf die anliegenden Rasterzellen verteilt, bis eine Deckung der Entnahme erreicht wurde.

Diese Berechnung erfolgt unter Berücksichtigung der Grundwasserkörpergrenzen. Erst wenn im Grundwasserkörper kein Dargebot mehr vorhanden ist, wird der benachbarte Grundwasserkörper im Anstrom (aus HÜK200) hinzugezogen.

Es ergeben sich hieraus die Grundwasserdargebotsreserven für mittlere und trockene Verhältnisse.

Bei der Behandlung unterschiedlicher Entnahmezwecke (Öffentliche Trinkwasserversorgung, Industrie, Feldberegnung, Sonstige) ergeben sich folgende Besonderheiten:

Grundsätzlich können die jeweils als Eingangsdaten für den Bedarf eingesetzten Entnahmerechte anhand ihrer Lagekoordinaten aus dem WBE (2022, bearbeitet) den Rasterzellen (500 m x 500 m) zugeordnet werden (Industrie, Öffentliche Wasserversorgung).

Allerdings sind für manche Entnahmezwecke die Entnahmepunkte im WBE mit fiktiven bzw. virtuellen Entnahmeorten gekennzeichnet, sodass für eine Verteilung der Bedarfe in der Fläche, bzw. hinsichtlich einer flächengewichteten Abschätzung der Bedarfsverteilung, methodische Vorgehensweisen entwickelt werden mussten. Betroffen davon sind maßgeblich die Entnahmezwecke zur Feldberegnung E40 (landwirtschaftliche Beregnung oder Berieselung mit Frostschutz) und E45 (landwirtschaftliche Beregnung oder Berieselung) des WBE (2022, bearbeitet).

### Grundwasserentnahmen für landwirtschaftliche Feldberegnung

Grundlage für die Methodik zur Verteilung der Grundwasserentnahmen zur Feldberegnung ist die Zuordnung der Landnutzung zu den Rasterzellen. Die Informationen zur Landnutzung werden den Feldblöcken des SLA (2019) entnommen. Relevant für eine Zuordnung als berechnete Fläche sind die Flächen mit landwirtschaftlicher Nutzung. Ebenso werden Rasterzellen, in denen Entnahmerechte zur Feldberegnung (realer Entnahmeort) verortet sind, per Konvention als Ackerflächen berücksichtigt. Bei der methodischen Umsetzung wird die Landnutzung der gesamten Rasterzelle zugeordnet und damit mit 25 ha angenommen. Es werden zunächst die Rasterzellen mit dem größten zugeordneten landwirtschaftlichen Nutzflächenanteil je Rasterzelle berücksichtigt.

Die zugelassenen Entnahmemengen zum Zwecke der landwirtschaftlichen Feldberegnung (WBE 2022, bearbeitet) werden über diese ermittelten Flächen unter Annahme der jeweils durch die Kreislandvolkverbände angegebenen Beregnungsgaben und berechneten Flächen (s. Kapitel 4.3.2 und Kapitel 6.3, Hintergrunddokument zur Wasserversorgungskonzept Niedersachsen, 2022) verteilt.

In der Methodik zum Mengengewirtschaftungserlass wird grundsätzlich die gesamte Rasterzellenfläche (25 ha) als „berechnet“ angenommen, wodurch sich die Berechnungsmengen je Rasterzelle ergeben.

Die Verteilung der Entnahmemengen erfolgt in zwei Stufen:

- 1) Zunächst werden die Rasterzellen mit Entnahmen belegt, in denen ein Wasserrecht zur Feldberechnung verortet wurde (WBE, Feldberechnung, real). Rasterzellen mit hohen Entnahmerechten, werden dabei zuerst berücksichtigt. Die Rasterzellen werden als „berechnete“ Ackerflächen dargestellt und berücksichtigt.
- 2) Anschließend werden die Entnahmemengen, die nach Schritt 1 noch verbleiben sollten (WBE Summe bilanzrelevantes Wasserrecht, Feldberechnung, fiktiv und virtuell), verteilt. Dabei werden die Rasterzellen mit der höchsten potenziellen Berechnungsbedürftigkeit (NIBIS® Kartenserver) zuerst berücksichtigt, bis die Entnahmemengen für die UWB erreicht worden sind.

### **3. Zwischenergebnis: gewinnbare Grundwasserdargebotsreserve (Abschläge Ergiebigkeit/Versalzung)**

Für zukünftige bzw. neue Entnahmen von Grundwasser ist nicht nur ein ausreichendes Grundwasserdargebot entscheidend, sondern auch, ob das Grundwasser technisch gewonnen werden kann und die Grundwasserentnahme mit Blick auf die jeweilige Brunnenergiebigkeit wirtschaftlich sinnvoll ist. In der Karte zu den Entnahmebedingungen in grundwasserführenden Gesteinen aus der Hydrogeologischen Übersichtskarte 1:500.000 für Niedersachsen (NIBIS® Kartenserver) wurden die Entnahmebedingungen in den Grundwasserleitern abgeschätzt.

Ein weiterer maßgeblicher Aspekt bei der Grundwasserbewirtschaftung ist die Versalzung des Grundwassers. Eine Grundwassergewinnung in versalzten Bereichen ist aus qualitativen Gesichtspunkten nicht sinnvoll. Ebenso ist eine Verlagerung von versalztem Grundwasser durch Grundwasserentnahmen in nicht versalzte Grundwasserleiter zu vermeiden, so dass in einigen Bereichen nicht das ganze zur Verfügung stehende Grundwasser gewinnbar sein dürfte. In der Karte zur Versalzung des Grundwassers auf Basis der Hydrogeologischen Übersichtskarte 1:200.000 für Niedersachsen (NIBIS® Kartenserver) sind mögliche Grundwasserversalzungen dokumentiert.

Tabelle 1: Abschläge für Entnahmebedingungen in den grundwasserführenden Gesteinen

#### **Entnahmebedingungen**

gute Entnahmebedingungen	kein Abschlag
sehr gute Entnahmebedingungen	kein Abschlag
ungünstige Entnahmebedingungen	20 % Abschlag
stark wechselnde Entnahmebedingungen	kein Abschlag



Tabelle 2: Abschläge für die Versalzung des Grundwassers

### Versalzung des Grundwassers

Grundwasserleiter vollständig oder fast versalzt	90 % Abschlag
Unterer Teil des Grundwasserleiters versalzt	50 % Abschlag
Versalzung des Grundwasserleiters nicht nachgewiesen	kein Abschlag
Oberflächennahe Versalzung im Festgestein	kein Abschlag (da sehr kleinräumig)

Entnahmebedingungen und Versalzung werden als Abschlag (siehe Tabelle 1 und Tabelle 2) auf die Grundwasserdargebotsreserve berücksichtigt. Hieraus ergeben sich die gewinnbaren Grundwasserdargebotsreserven für mittlere und trockene Verhältnisse.

### Hilfsgrößen zur Ermittlung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve

Zur Abschätzung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve wurden zudem zwei zusätzliche Berechnungen durchgeführt. Zum einen die Berechnung einer „Bewirtschaftungslamelle“ und zum anderen die Berechnung der „Verminderung des Basisabflusses“, die im Folgenden erläutert werden:

#### Bewirtschaftungslamelle

*„Für die Abschätzung der entnahmebedingten Auswirkungen auf die land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung ist in der Regel der Grundwasserabsenkungsbereich maßgebend, der sich ausgehend von der Fassungsanlage bis zur Ein-dm-Absenkungsisolinie erstreckt.*

*Im Rahmen der hydrogeologischen Begutachtung lassen sich Absenkungsbeträge meist nur mit einer Aussagegenauigkeit von 2–3 dm ermitteln.*

*Dieses hydrogeologisch abgegrenzte Absenkungsgebiet wird daher um einen Saumbereich unter Berücksichtigung und in Abhängigkeit von den bodenkundlichen Gegebenheiten, wie z. B. Bodensubstrat und Wasserhaushalt, erweitert.“ (LBEG, GeoBericht 15, S. 34)*

Für die hier vorgestellte Methodik wird daher von einer tolerierbaren GWK-weiten Absenkung von maximal 0,15 m (Bewirtschaftungslamelle) ausgegangen (konservativer Ansatz) und muss durch die Grundwasserdargebotsreserve gedeckt werden. Die abgeschätzte tolerierbare Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve als jährliches Wasservolumen ergibt sich aus der folgenden Gleichung:

$$\begin{aligned} & \text{jährliche Bewirtschaftungslamelle} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{a}} \right) \\ & = \text{Größe der Rasterzelle (m}^2\text{)} * \text{Max. jährliche Absenkung (m/a)} \\ & * \text{Porosität (-)} \end{aligned}$$

Hierbei ist die Größe der Rasterzelle bei der Berechnung 250.000 m<sup>2</sup> (aufgrund der Rastergröße von 500 m x 500 m).

Die Porosität (effektive Porosität, n<sub>e</sub>) wird per Konvention in Abhängigkeit von der Grundwasserergiebigkeit für Lockergestein auf 0,25 und für Festgestein auf 0,05 gesetzt.

Entsprechend wird die abgeschätzte Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve für die Bewirtschaftungslamelle im Lockergestein mit einem jährlichen Volumen von **9.375 m<sup>3</sup>/a** berechnet:

$$9.375 \frac{m^3}{a} = 250.000 m^2 * 0,15 m/a * 0,25$$

Für Festgestein beträgt der Wert 1.875 m<sup>3</sup>/a.

Sofern die jährliche Bewirtschaftungslamelle nicht durch die Grundwasserdargebotsreserve gedeckt wird, reduziert sich dieser Wert auf die Höhe der Grundwasserdargebotsreserve.

#### Verminderung des Basisabflusses in Oberflächengewässern

*„Dies betrifft i. d. R. Gewässer(abschnitte), für die anhand des Grundwassermodells eine förderbedingte Reduktion des Basisabflusses von 5 – 10 % oder weniger prognostiziert wird. Diese Gewässer(abschnitte) müssen nach Rücksprache mit der genehmigenden Behörde und dem GLD in der weiteren Bewertung nicht berücksichtigt werden und sind nur im Einzelfall hinsichtlich von Veränderungen weiter zu beobachten.“ (NLWKN, Oberirdische Gewässer, Band 43: S. 11)*

Für die hier vorgestellte Methodik wird eine förderbedingte Reduktion des Basisabflusses von 7,5 % nach Durchführung der Berechnung der Grundwasserdargebotsreserve (d.h. mit Berücksichtigung der zugelassenen Entnahmen, aber ohne Ergiebigkeitsabschlag, da dieser Abschlag für die Wechselwirkung mit einem Fließgewässer ohne Bedeutung ist, 2. Zwischenergebnis, s.o.) als zusätzliche, tolerierbare Abflussreduktion berücksichtigt. Der von Entnahmen unbeeinflusste Basisabfluss entspricht in der Regel der Grundwasserneubildung. In Niedersachsen existieren nahezu keine Gebiete ohne eine Grundwasserentnahme, so dass per Konvention eine gegenüber dem Ist-Zustand weitere Abflussreduzierung je Rasterzelle von 7,5 % der Grundwasserdargebotsreserve als tolerierbar angesetzt und berechnet wird.

Beispielsweise wird für die abgeschätzte jährliche tolerierbare Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve (Verminderung des Basisabflusses) ein jährliches Volumen von **3.750 m<sup>3</sup>/a** berechnet, wenn die Grundwasserdargebotsreserve in einer Rasterzelle 50.000 m<sup>3</sup> beträgt.

#### **4. Zwischenergebnis Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve**

Aus den oben abgeschätzten Zwischengrößen

- gewinnbare Grundwasserdargebotsreserve (3. Zwischenergebnis)
- Bewirtschaftungslamelle
- Verminderung des Basisabflusses

erfolgt die Abschätzung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve für jede Rasterzelle als kleinster dieser drei Werte für mittlere und trockene Verhältnisse. Sowohl die „Bewirtschaftungslamelle“ als auch die „Verminderung des Basisabflusses in Oberflächengewässern“ definieren die möglichen Rahmenbedingungen zur Abschätzung einer maximal tolerierbaren Entnahmemenge auf Grundwasserkörperebene. Unter Hinzunahme des Wertes für die gewinnbare Grundwasserdargebotsreserve wird der jeweils kleinere Wert bei der Ausweisung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve verwendet.

Die Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve für die Grundwasserkörper und auch für die Teilkörper ergibt sich durch Aufsummierung (Aggregation) der Werte der einzelnen Rasterzellen innerhalb der einzelnen Gebiete.

Die Berechnungen erfolgen sowohl für die mittlere Grundwasserneubildung (Mittelwert) als auch für trockene Verhältnisse (15er-Perzentil) der Nahen Zukunft (s.o.). Dadurch ergeben sich für jede Rasterzelle zwei Werte, die Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve für mittlere Verhältnisse und diejenige für trockene Verhältnisse. Für die Ermittlung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve für mittlere und trockene Verhältnisse werden die Werte dann jeweils auf Grundwasserkörperebene aggregiert. Im Tabellenwerk wird als wasserwirtschaftlich relevante Größe die mittlere Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve (Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve für mittlere Verhältnisse) ausgewiesen. Die berechnete Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve für trockene Verhältnisse wird im Zusammenhang mit der Klassifizierung (s. u.) verwendet.

Da die Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve auf einem Abschätzverfahren beruht, werden die Werte auf Grundwasserkörper- und Teilkörperebene nur mit einer Genauigkeit von 0,1 Mio. m<sup>3</sup>/a angegeben.

In einzelnen Grundwasserkörpern erfolgt aufgrund derzeitiger Trendentwicklungen der Grundwasserneubildung eine Modifizierung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve durch Sonderbetrachtungen und wird als maßgebliche Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve ausgewiesen (s.u.).

### **Klassifizierung des nutzbaren Grundwasserdargebots**

Aus den Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserven für mittlere und trockene Verhältnisse wird ein Klassifizierungsschema abgeleitet, das Auskunft über die Situation in den einzelnen Grundwasserkörpern gibt.

Die Klassifikation erfolgt in zwei Schritten:

#### 1. Klassifizierung auf Rasterzellenebene:

Zunächst erfolgt eine Klassifizierung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve auf Rasterzellenebene in 3 Klassen (Beispiel siehe Abbildung 3).

GWK	WERT A	WERT B	Klassifizierung Rasterzelle
DE_GB_X	0	0	3
DE_GB_X	0	1567,77675	2
DE_GB_X	0	156,26325	2
DE_GB_X	0	316,07475	2
DE_GB_X	0	757,659	2
DE_GB_X	0	1387,54125	2
DE_GB_X	0	1957,36425	2
DE_GB_X	2568,936	4100,3835	1
DE_GB_X	2398,8135	3878,034	1
DE_GB_X	2362,83825	3810,14775	1
DE_GB_X	0	0	3
...	...	...	...

Wenn WERT A > 0, dann Klassifizierung = 1  
 Wenn WERT A = 0 und WERT B > 0, dann Klassifizierung = 2  
 Wenn WERT A = 0 und WERT B = 0, dann Klassifizierung = 3

Abbildung 3: Beispielhafte Klassifizierung von Rasterzellen.

Ist für trockene Verhältnisse eine Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve vorhanden, erhält die Rasterzelle den Wert 1. Ist eine Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve nur für mittlere Verhältnisse ausgewiesen, erhält die Rasterzelle den Wert 2. Wenn sowohl bei mittleren als auch bei trockenen Verhältnissen keine Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve vorhanden ist, wird der Wert der Rasterzelle auf 3 gesetzt.

2. Klassifizierung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve auf Grundwasserkörperebene:

Für die Klassifizierung auf Grundwasserkörperebene wird für die Rasterzellen, die in dem GWK liegen, der Mittelwert der Klassenzuordnungen berechnet. Auf der Grundlage dieses Mittelwertes wird der GWK einer von 3 Klassen zugeordnet (siehe Abbildung 4).

GWK	Klassifizierung Rasterzelle
DE_GB_X	3
DE_GB_X	2
DE_GB_X	2
DE_GB_X	2
DE_GB_X	2
DE_GB_X	2
DE_GB_X	2
DE_GB_X	2
DE_GB_X	1
DE_GB_X	1
DE_GB_X	1
DE_GB_X	3
...	...
<b>Mittelwert</b>	<b>1,775</b>

Mittelwert der bewerteten Rasterzellen je GWK und anschließende Gesamtbewertung anhand von Bewertungsgrenzen

Klassifizierungsgrenzen	Klassifizierung
$< 2,5$	<b>1</b> überwiegend nutzbare Dargebotsreserve für mittlere Verhältnisse vorhanden
$> 2,5 \text{ bis } < 2,85$	<b>2</b> überwiegend keine nutzbare Dargebotsreserve für mittlere Verhältnisse vorhanden
$> 2,85$	<b>3</b> nutzbare Dargebotsreserve für mittlere Verhältnisse fast vollständig erschöpft

Abbildung 4: Beispielhafte Klassifizierung auf Grundwasserkörperebene.

Dadurch wird es zum Beispiel möglich, einerseits die Gebiete zu identifizieren, bei denen eine Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve auch unter trockenen bzw. mittleren Verhältnissen überwiegend vorhanden ist, oder andererseits die Gebiete, in denen die Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve auch bei mittleren Verhältnissen schon zu großen Teilen oder vollständig ausgeschöpft ist (Mittelwert der Rasterzellen auf GWK-Ebene von > 2,85).

### **Endergebnis: Ausweisung der maßgeblichen Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve**

Auf Grundlage der vorhergehenden Schritte erfolgt anschließend die Ableitung der **maßgeblichen Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve** für mittlere Verhältnisse. Im Rahmen von Trendbetrachtungen erfolgt eine Modifikation der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve. Im Sinne des Vorsorgeprinzips und um die projizierten Grundwasserneubildungsdaten auf Plausibilität zu prüfen werden die mittleren jährlichen Grundwasserneubildungen des Modellierungszeitraums 1961 bis 2020 aus mGROWA22 für Zeitreihenauswertungen auf Grundwasserkörperebene genutzt. Im Endergebnis kann für derzeit 13 Grundwasserkörper die Notwendigkeit für eine vorsorgeorientierte Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen abgeleitet werden. Dies erfolgt durch eine dreistufige Prüfung:

1. Signifikant fallende Trends der jährlichen Grundwasserneubildung:  
21 Grundwasserkörper weisen für den Zeitraum 1961-2020 signifikant fallende Langzeittrends der Grundwasserneubildung auf, bei 2 Grundwasserkörpern bestehen signifikant steigende Trends.
2. Grundwasserdargebot 1991-2020 ist kleiner als das für die *Nahe Zukunft*:  
18 Grundwasserkörper von den vorgenannten 21 Grundwasserkörpern weisen aktuell ein Grundwasserdargebot für die Periode 1991 – 2020 auf, das unter dem projizierten Grundwasserdargebot für die Nahe Zukunft liegt.
3. Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve ist größer 0,1 Mio. m<sup>3</sup>/a und die Klassifizierung ist nicht „gesondert zu ermitteln“:  
13 von den 18 Grundwasserkörpern nach (2) verfügen über eine Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve von mehr als 0,1 Mio. m<sup>3</sup>/a. Diese 13 Grundwasserkörper befinden sich im mittleren Niedersachsen. Es gibt aktuell (Stand Mitte 2023) keine Anzeichen für eine Trendumkehr, auf deren Basis eine Rückkehr des Grundwasserdargebotes in Richtung auf den Mittelwert der *Nahen Zukunft* zu erwarten wäre.

Aus Vorsorgegründen wird daher in diesen 13 Grundwasserkörpern (Schritte 1 -3) die entsprechende Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve an eine mögliche weiterhin ungünstige Grundwasserdargebotsentwicklung angepasst. Daher wird die abgeschätzte Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve in diesen Grundwasserkörpern per Konvention um 50% für die maßgebliche Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve reduziert.

Somit wird die maßgebliche Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve wie folgt abgeleitet:

- Für GWK mit der Klassifizierung 3 wird keine maßgebliche Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve ausgewiesen, da bereits ein sehr hoher Nutzungsdruck vorliegt.
- Für GWK auf den Inseln wird keine maßgebliche Nutzbare Grundwasserdargebotsreserve ausgewiesen, da die hydrogeologischen Verhältnisse bzgl. der Süß-Salzwassergrenze bzw. der Süßwasserlinsen eine gesonderte Betrachtung erfordern.

- Die Ausweisung der maßgeblichen Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve erfolgt mit einer auf 0,1 Mio. m<sup>3</sup>/a Genauigkeit gerundeten Wertangabe.
- Reduzierung der Nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve um 50% für die im Rahmen der Trendbetrachtung identifizierten GWK.