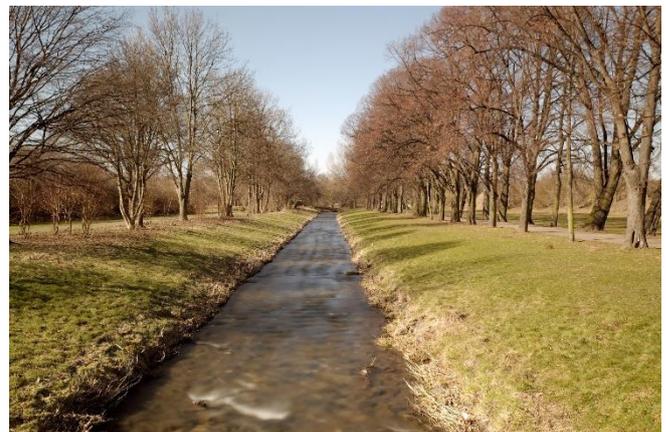




Methodik – Papier zum Handlungsfeld Wasserwirtschaft: Netto-Gesamtabfluss

Netto-Gesamtabfluss

Der Netto-Gesamtabfluss ist die Größe im Wasserhaushalt, die im direkten Zusammenhang mit den Wasserständen in den Gewässern und auch mit den Grundwasserspeichern steht. Insbesondere für die Bewirtschaftung der Talsperren, aber auch der anderen Gewässertypen, sind die zur Verfügung stehenden Daten zum **Netto-Gesamtabfluss** von Bedeutung. Es stehen für den beobachteten Zeitraum 1961-2020 und den Zukunftsprojektionen 2031-2060 und 2071-2100 Karten zur Verfügung.



Die Erft bei Euskirchen. Foto: dd/stock.adobe.com

Grundlagen

Mit dem Begriff Gesamtabfluss werden alle ober- und unterirdischen Abflusskomponenten zusammengefasst. Der Gesamtabfluss wird maßgeblich durch den Niederschlag beeinflusst, so dass der Gesamtabfluss ein ähnliches räumliches Muster wie die Niederschlagssumme aufweist. Der Gesamtabfluss setzt sich aus verschiedenen Abflusskomponenten zusammen: dazu zählen der Oberflächenabfluss, der natürliche Zwischenabfluss und der Abfluss aus künstlichen Entwässerungssystemen (Drainagen), die zusammen unter dem Begriff Direktabfluss zusammengefasst werden können, sowie dem Basisabfluss über die Grundwasserneubildung. Abbildung 1 stellt die Komponenten des Gesamtabflusses schematisch dar.

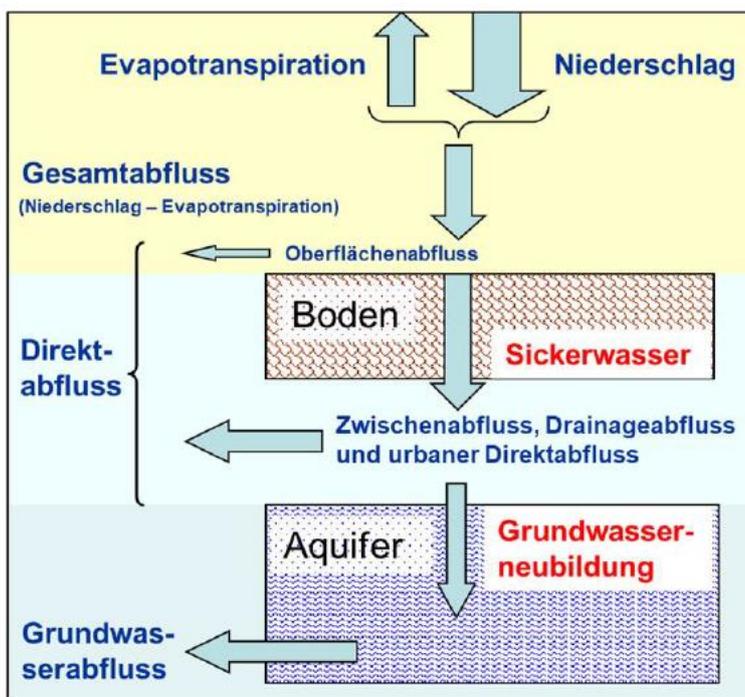


Abbildung 1: Schematische Darstellung Wasserhaushaltsgrößen (Wendland et al. 2021).

Datenbasis und Kartenerstellung

Die Berechnung des Netto-Gesamtabflusses fand im Rahmen des Kooperationsprojektes GROWA+ NRW 2021 statt, welches vom Forschungszentrum Jülich mit dem LANUV NRW unter Beteiligung des Geologischen Dienstes NRW, der Landwirtschaftskammer NRW sowie dem Thünen-Institut, gemeinsam durchgeführt und 2021 zum Abschluss kam. Die in dem Klimaatlas dargestellten Karten des Netto-Gesamtabflusses innerhalb des Beobachtungszeitraumes 1961-2020 sind die Ergebnisse aus dem LANUV **Fachbericht 110, Teilbericht IIa „Modellierung des Wasserhaushalts in Nordrhein-Westfalen mit mGROWA“** (LANUV 2021a), der 2021 veröffentlicht wurde.

Die Karten für den modellierten Netto-Gesamtabfluss der Zukunft basieren auf den LANUV **Fachbericht 110, Teilbericht IX „Projektion der Grundwasserneubildung unter dem Einfluss des Klimawandels in Nordrhein-Westfalen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA und dem Regionalen Klimaprojektionen Ensemble (ReKliEs) für Deutschland“** (LANUV 2021b).

Basis aller Karten zum Netto-Gesamtabfluss und auch den anderen wasserwirtschaftlichen Größen Grundwasserneubildung sowie Evapotranspiration ist das von Hermann et al. 2014 und Herrmann et al. 2015 entwickelte Modell mGROWA zur Wasserhaushaltssimulation. Für die im Klimaatlas dargestellten Karten zum Netto-Gesamtabfluss wurden die Eingangsdaten für das Modell mGROWA auf den neuesten Stand gebracht, die Bestandteile des Modells sind jedoch unverändert und sind in Abbildung 2 dargestellt.

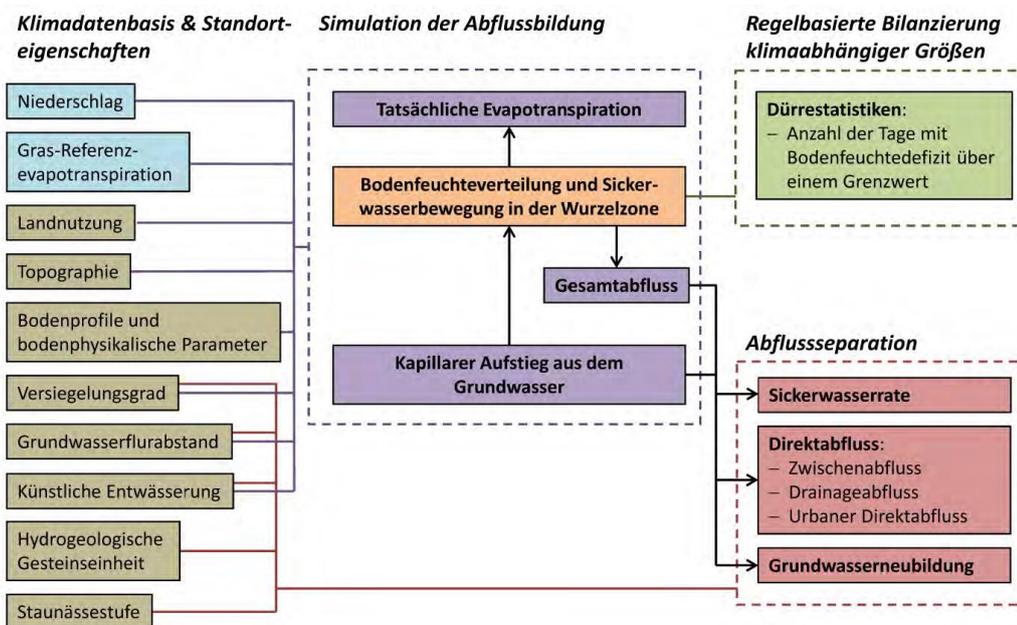


Abbildung 2: Modellkonzept des Wasserhaushaltsmodells mGROWA in der Implementierung für Nordrhein-Westfalen (LANUV 2021a; Herrmann et al. 2015)

Eine dezidierte Modellbeschreibung liegt im Teilbericht IIa des Fachberichtes 110 (LANUV 2021a) vor. Dort wird auch die Implementierung der Klimaparameter ab 1961 genau beschrieben. Für die Implementierung des möglichen zukünftigen Netto-Gesamtabflusses im Modell mGROWA wurden Einzelläufe des ReKliEs.DE-Ensembles verwendet. Teilbericht IX des Fachberichtes 110 (LANUV 2021b) gibt hier genauere Beschreibungen. Der Begriff **Netto-Gesamtabfluss** bezieht sich auf die Einbeziehung des kapillaren Wasseraufstiegs aus dem Grundwasserbereich und der Verdunstung von den Wasseroberflächen, die vom Brutto-Gesamtabfluss abgezogen werden müssen. Dies ist notwendig, weil das aufsteigende Wasser zuvor als Grundwasser neu gebildet wurde. Andernfalls würden die Bilanzierungen der Wassermengen in der Wasserhaushaltsgleichung im Modell nicht korrekt aufgehen.

Für die Darstellung der im Rahmen der Veröffentlichung von Teilbericht IX vorliegenden Karten zum Netto-Gesamtabfluss für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) und für die ferne Zukunft (2071-2100), die jeweils die Einzelläufe aus dem ReKliEs.DE-Ensemble darstellen, mussten diese Einzellaufkarten auf die im Klimaatlas bereits vertraute und bewährte Darstellung in Perzentilbandbreiten (15. Perzentil, 50. Perzentil oder Median und 85. Perzentil) umgerechnet und auf das modellierte Referenzraster der beobachteten Klimanormalperiode 1971-2000 hinzuaddiert werden. Diese Darstellung erfolgte im Einvernehmen mit dem Forschungszentrum Jülich und wurde genauso auch bei den absoluten Projektionsrastern der klassischen Klimaparameter zur Lufttemperatur oder den Niederschlägen des Deutschen Wetterdienstes nach Rücksprache durchgeführt. Die entsprechenden Karten mit den Änderungssignalen gegenüber der Referenzperiode 1971-2000 sind ebenfalls verfügbar, ebenso wie die Differenzkarte 1991-2020 gegenüber 1961-1990. Eine kurze Beschreibung dieser Karten und denen aus dem Beobachtungszeitraum 1961-2020 wird im folgendem Abschnitt „Kartenbeschreibung“ geliefert, ebenso wie eine tabellarische Darstellung der NRW-Mittelwerte der zur Verfügung stehenden Karten.

Kartenbeschreibung

Die Layergruppe **Netto-Gesamtabfluss** innerhalb der Klimaatlas NRW Kartenanwendung stellt jeweils für die Klimanormalperioden 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 sowie der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020 die mGROWA basierten Rasterkarten der modellierten mittleren jährlichen Netto-Gesamtabflüsse in einem Raster von 100 x 100 Meter dar. Basierend auf dem Beobachtungs raster der Referenzperiode 1971-2000 wurden auch die Projektionsraster der drei verfügbaren Szenarien RCP2.6 als „Klimaschutz-Szenario“, RCP4.5 als „moderates Szenario“ sowie dem RCP8.5 als „weiter-wie-bisher-Szenario“ als Karten mit absoluten Werten dargestellt. Die Veränderungs raster (delta-change) sind ebenfalls verfügbar, wenn im Zeitschieber „Klimaänderungen zeigen“ angeklickt wird. Die Zukunftsprojektionen decken die Zeiträume 2031-2060 (Mitte des Jahrhunderts) und 2071-2100 (ferne Zukunft) ab und sind entsprechend der Perzentile einsortiert. Sämtliche Klimanormalperioden des beobachteten und projizierten Zeitraumes können in der Einstellung Klima NRW.Plus über den Zeitschieber

angewählt werden. In den folgenden Abbildung 3 und Abbildung 4 werden jeweils Einzelkarten zum Netto-Gesamtabfluss für 1961-1990 und 1991-2020 dargestellt.

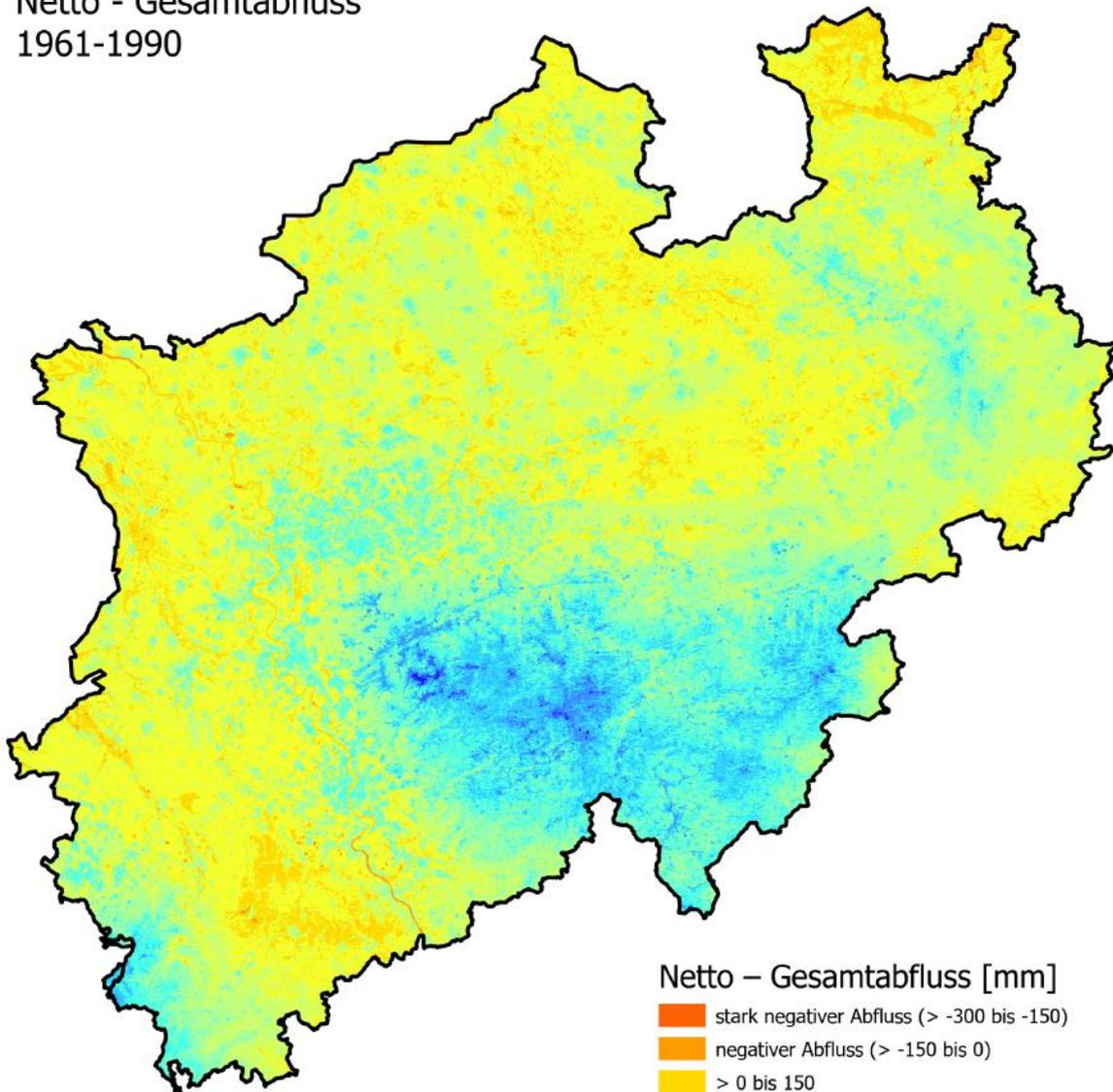
Ganz allgemein sieht man auf beiden Abbildungen, dass im Mittelgebirgsraum, vor allem im Bergischem Land und Sieger- und Sauerland, besonders hohe Werte (hellblau bis dunkelblaue Farbtöne, >750 mm bis 900 mm, >900 mm bis 1050 mm sowie >1050 mm bis >1200 mm und >1200 mm) beim Netto-Gesamtabfluss vorliegen. Hier machen sich die insgesamt höchsten jährlichen Niederschlagsmengen von NRW sowie die recht flachgründige Beschaffenheit des Untergrundes bemerkbar. In den eher trockeneren Großlandschaften, wie der Niederrheinischen Bucht im Wind- und Regenschatten der Eifel, den Niederungen an Rur und Niers im Niederrheinischem Tiefland, weiten Teilen der Westfälischen Bucht und besonders im Westfälischen Tiefland, liegen die Werte des Netto-Gesamtabflusses bereits im niedrigem positiven Bereich (gelb und dunkelgelb, <150 mm bis 300 mm und >0 mm bis 150 mm). In diesen Gebieten liegt in der Regel auch ein eher durchlässiger Untergrund an, wo entsprechend viel vom Niederschlag durch umfangreiche Grundwasserspeicher zwischengespeichert werden kann und länger im System verbleibt. Im Einflussbereich von Gewässern treten auch negative Abflusswerte auf (hellorange Farbtöne, <0 mm bis -150 mm), wo viel kapillares Aufstiegswasser zur Verfügung steht. An Gewässern selbst können die Abflusswerte stark negativ (dunkelorange, <-150 mm bis <-300 mm) werden, insbesondere in den niederschlagsarmen Klimanormalperioden, weil hier die Wasserspeisung aus dem Gewässer selbst erfolgt und nicht durch den Niederschlag. Moderate Werte im Netto-Gesamtabfluss (grüne bis türkise Farbtöne, >300 mm bis 450 mm und >450 mm bis 600 mm) findet man vor allem auf den versiegelten Flächen in den Siedlungen und Verkehrswegen, oder in den Mittelgebirgsvorländern bis tieferen Lagen der Mittelgebirge.

Beim Vergleich des mittleren jährlichen Netto-Gesamtabflusses der ersten verfügbaren Klimanormalperiode 1961-1990 (Abbildung 3) mit der letzten verfügbaren Klimanormalperiode 1991-2020 (Abbildung 4) aus dem Beobachtungsdatensatz werden aktuell deutlich trockenere Bedingungen als 1961-1990 sichtbar. Bewegt man den Zeitschieber entlang der Zeitachse, so ist erkennbar, dass die Flächen mit Abflussmengen von >0 mm bis 150 mm 1961-1990 deutlich kleiner waren als 1971-2000 oder gar 1981-2010, und die Flächen mit Abflüssen > 600 mm entsprechend größer. 1991-2020 hat deutlich mehr Fläche mit Abflussmengen >0 mm bis 150 mm und deutlich weniger Gebiete mit den höheren Abflussmengen. Die negativen Abflussmengen werden an Gewässern sehr ausgeprägt und erreichen bisher nicht gesehene Werte. Sie stellen dann potenziell die einzige Quelle für Wasserflüsse dar. Diese Entwicklung wird auch in Tabelle 1 sichtbar. Der Grund dafür liegt an den deutlich gestiegenen Mitteltemperaturen bei gleichzeitig ähnlichen Niederschlagssummen wie 1961-1990. Während die Klimanormalperiode 1981-2010 die bisher niederschlagsreichste bisher war und für entsprechende Werte beim Netto-Gesamtabfluss sorgte, zeigt sich nun die Kombination der massiv gestiegenen Temperaturen bei gleichen Niederschlagssummen wie 1961-1990.

Tabelle 1: NRW-Mittelwerte Netto-Gesamtabfluss für Klimanormalperioden im Beobachtungszeitraum ab 1961 in mm. Datenquelle: Forschungszentrum Jülich.

Zeitraum	Netto-Gesamtabfluss [mm]
1961-1990	384
1971-2000	384
1981-2010	415
1991-2020	364

Netto - Gesamtabfluss
1961-1990



Netto – Gesamtabfluss [mm]

- stark negativer Abfluss (> -300 bis -150)
- negativer Abfluss (> -150 bis 0)
- > 0 bis 150
- > 150 bis 300
- > 300 bis 450
- > 450 bis 600
- > 600 bis 750
- > 750 bis 900
- > 900 bis 1.050
- > 1.050 bis 1.200
- > 1.200

Datengrundlage

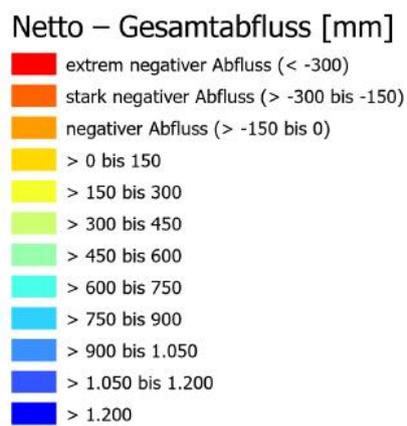
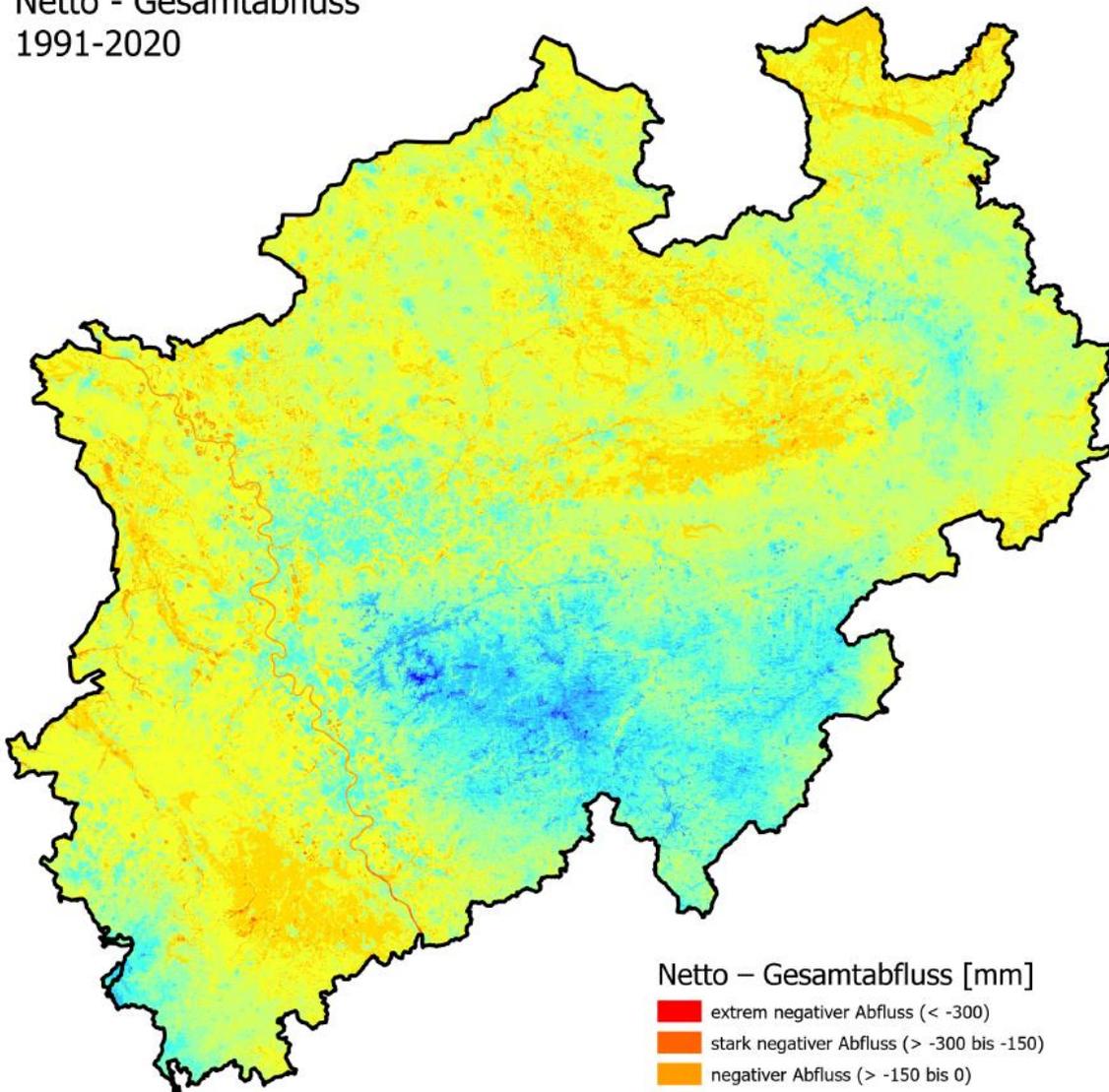


Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Abbildung 3: Mittlerer jährlicher Netto-Gesamtabfluss in NRW im Zeitraum 1961-1990. Datenquelle: Forschungszentrum Jülich.

Netto - Gesamtabfluss
1991-2020



Datengrundlage



Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Abbildung 4: Mittlerer jährlicher Netto-Gesamtabfluss in NRW im Zeitraum 1991-2020. Datenquelle: Forschungszentrum Jülich.

Betrachtet man die in der Kartenanwendung über den Zeitschieber ebenfalls verfügbaren Karten der Zukunftsprojektionen, wird deutlich, dass noch nicht eindeutig klar ist, ob es in der Mitte des Jahrhunderts und in der fernen Zukunft eher geringere oder eher höhere Mittelwerte beim Netto-Gesamtabfluss geben wird. Dies geht auch aus der Veröffentlichung im LANUV Fachbericht 110, Teil IX hervor. Es konnte für weite Teile NRWs in der Hauptzahl der Projektionsmodelle keine signifikante Änderung der Grundwasserneubildung, welche einen Teilparameter des Netto-Gesamtabflusses in der Modellkette darstellt, in der Zukunft gegenüber dem Referenzzeitraum 1971-2000 festgestellt werden. Die in der folgenden Abbildung 5 dargestellte Übersicht der Bandbreite der Projektionsergebnisse (wobei das 15. Perzentil hier für das „trockene“ Ende der Bandbreite und das 85. Perzentil für das „feuchte“ Ende der Bandbreite aller Projektionen für jedes Szenario steht), jeweils für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) und ferne Zukunft (2071-2100), zeigt entweder geringere Gesamtabflüsse oder deutlich höhere Gesamtabflusswerte als im Referenzzeitraum (siehe auch Tabelle 1). Der Vergleich mit der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020 zeigt, wie trocken diese Klimanormalperiode bereits ist. Während die 15. Perzentile nicht wirklich geringere Werte zeigen als in der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020, bringen es die 85. Perzentile vor allem in der fernen Zukunft auf deutlich höhere Werte als bisher beobachtet beim Netto-Gesamtabfluss. Auch hier kann diese mögliche Entwicklung mit potenziell höheren Winterniederschlägen erklärt werden. Die Tatsache, dass bereits jetzt schon ein derart niedriger Wert beim Netto-Gesamtabfluss erreicht wurde, der die „trockenen“ Perzentile aller Szenarien selbst in der fernen Zukunft leicht unterbietet, lässt vermuten, dass die zurzeit verfügbaren Klimamodelle (CMIP 5) noch nicht in der Lage sind, längere Trockenperioden infolge von stationären Wetterlagen abzubilden. Aufgrund der Dynamik der aktuellen Erderhitzung kann eher von dieser Lücke in den Klimamodellen ausgegangen werden, als dass die „Talsohle“ der Trockenheit erreicht worden wäre. Wobei hier große Vorsicht geboten ist mit einer möglichen Interpretation, um nicht in noch nicht validierbare Aussagen zu verfallen. Erst neue Modelle können größere Sicherheit liefern bei den Klimaprojektionen. In der nachfolgenden Tabelle 2 werden die möglichen zukünftigen Mittelwerte aus den Projektionen für NRW übersichtlich dargestellt. Der Vergleich von Tabelle 1 mit Tabelle 2 macht nochmal deutlich, wie vergleichsweise trocken die aktuelle Klimanormalperiode ist.

Tabelle 2: (Projizierte) Mittlerer jährlicher Netto-Gesamtabflusses in NRW in den Zeiträumen 2031-2050 und 2071-2100 in mm. Datenquelle Forschungszentrum Jülich.

Zeitraum	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	372	382	380
	50. Perzentil	398	410	412
	85. Perzentil	436	442	445
2071-2100	15. Perzentil	366	382	366
	50. Perzentil	388	402	422
	85. Perzentil	412	458	495

Fazit Netto-Gesamtabfluss

Mit den Daten des Forschungszentrum Jülich zum Netto-Gesamtabfluss liegen alle Karten für die Klimanormalperioden der beobachteten Zeit 1961-2020 und die der möglichen Zukunft für 2031-2060 und 2071-2100 gesammelt im Klimaatlas vor. Mit Hilfe dieses hochauflösten Datensatzes kann die aktuelle Situation 1991-2020 des Netto-Gesamtabflusses mit denen von früher verglichen werden und die aktuell verfügbaren Klimaprojektionen in Bezug gesetzt werden. Bereits die aktuelle Klimanormalperiode 1991-2020 hat derart geringe Werte, dass selbst die trockenen Zukunftsprojektionen der fernen Zukunft knapp unterschritten sind. Ob sich mit den neueren, noch nicht verfügbaren Projektionen, ein anderes Bild einstellen wird, bleibt abzuwarten. Es ist wichtig zu betonen, dass die Klimaprojektionen eine mögliche zukünftige Klimaentwicklung aufzeigen, die noch gänzlich von uns beeinflusst werden kann. Sowohl zum noch gerade eben so handhabbaren Klimawandel, als auch zu einem nicht mehr in seinen Folgen beherrschbaren Klimawandel.



Erftmündung in den Rhein. Foto: kristina rütten/stock.adobe.com.

Literaturverzeichnis

Herrmann, Frank; Keller, Luise; Kunkel, Ralf; Vereecken, Harry; Wendland, Frank (2015): Determination of spatially differentiated water balance components including groundwater recharge on the Federal State level – A case study using the mGROWA model in North Rhine-Westphalia (Germany). In: *Journal of Hydrology: Regional Studies* 4, S. 294–312. DOI: 10.1016/j.ejrh.2015.06.018.

LANUV (2021a): Kooperationsprojekt GROWA+ NRW 2021 Teil IIa. Modellierung des Wasserhaushalts in Nordrhein-Westfalen mit mGROWA. LANUV-Fachbericht 110. Unter Mitarbeit von Frank Herrmann und Frank Wendland. Hg. v. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Recklinghausen. Online verfügbar unter https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/30110b.pdf.

LANUV (2021b): Kooperationsprojekt GROWA+ NRW 2021 Teil IX. Projektionen der Grundwasserneubildung unter dem Einfluss des Klimawandels in Nordrhein-Westfalen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA und dem Regionalen Klimaprojektionen Ensemble (ReKliEs) für Deutschland. LANUV-Fachbericht 110. Unter Mitarbeit von Frank Hermann, Tim Wolters und Frank Wendland. Hg. v. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Recklinghausen. Online verfügbar unter https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/30110j.pdf.

Wendland, Frank; Herrmann, Frank; Kunkel, Ralf; Ta, Phuong; Tetzlaff, Björn; Wolters, Tim (2021): Räumlich differenzierte Quantifizierung der N- und P-Einträge in Grund- und Oberflächenwasser unter besonderer Berücksichtigung diffuser landwirtschaftlicher Quellen. Endbericht. Hg. v. Forschungszentrum Jülich. Jülich.