

# Methodik – Papier zum Handlungsfeld Wasserwirtschaft: Tatsächliche Evapotranspiration

## Tatsächliche Evapotranspiration

Die Tatsächliche Evapotranspiration ist die Größe im Wasserhaushalt, die bestimmt, wieviel Wasser übrigbleibt, um für die Grundwasserneubildung oder für den Netto – Gesamtabfluss zur Verfügung zu stehen. Die zur Verfügung stehenden Daten zur **Tatsächlichen Evapotranspiration** geben darüber Auskunft, welche Rolle die steigenden Mitteltemperaturen auf den Wasserhaushalt haben. Mit den Daten zur tatsächlichen Evapotranspiration stehen nun seit der Neuveröffentlichung des Klimaatlas NRW für den beobachteten Zeitraum 1961-2020 und den Zukunftsprojektionen 2031-2060 und 2071-2100 neueste Karten zur Verfügung.



Der Möhnesee mit wenig Wasser. Foto: MH-Foto/stock.adobe.com.

## Grundlagen

Unter dem Begriff der Evapotranspiration werden die Wasserhaushaltsgrößen Verdunstung (Evaporation) und Wasserabgabe über Poren von Pflanzen (Transpiration) zusammengefasst. Somit beinhaltet die Evapotranspiration sowohl die Verdunstung von Wasseroberflächen und dem Boden als auch die Transpiration von Pflanzen. Die tatsächliche Evapotranspiration ist limitiert durch das Wasserdargebot, während die potenzielle Evapotranspiration in Theorie ein stets ausreichendes Wasserdargebot annimmt. Die räumliche Struktur der tatsächlichen Evapotranspiration unterscheidet sich deutlich von der des Niederschlages. Die Beschaffenheit des Untergrundes spielt hier die dominante Rolle. Was die mögliche zukünftige Entwicklung betrifft, so können nur bedingt Aussagen darüber getroffen werden, in welche Richtung die Werte der tatsächlichen Evapotranspiration gehen werden. Aufgrund der Kopplung mit den eindeutig ansteigenden Temperaturen wird aber auch eine allgemeine Zunahme der tatsächlichen Evapotranspiration erwartet, vorausgesetzt, es ist genügend Wasser im System vorhanden, abgesehen von den Gewässeroberflächen natürlich. Die Menge an Niederschlagswasser, die abzüglich der tatsächlichen Evapotranspiration zurückbleibt, steht dem Wasserhaushalt zur Verfügung. Abbildung 1 stellt die Komponenten des gesamten Wasserhaushaltes schematisch dar.

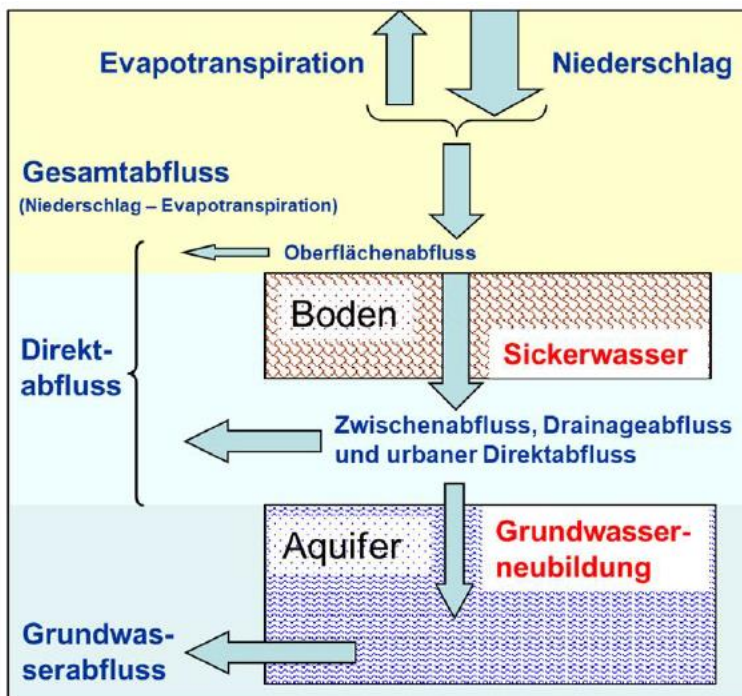


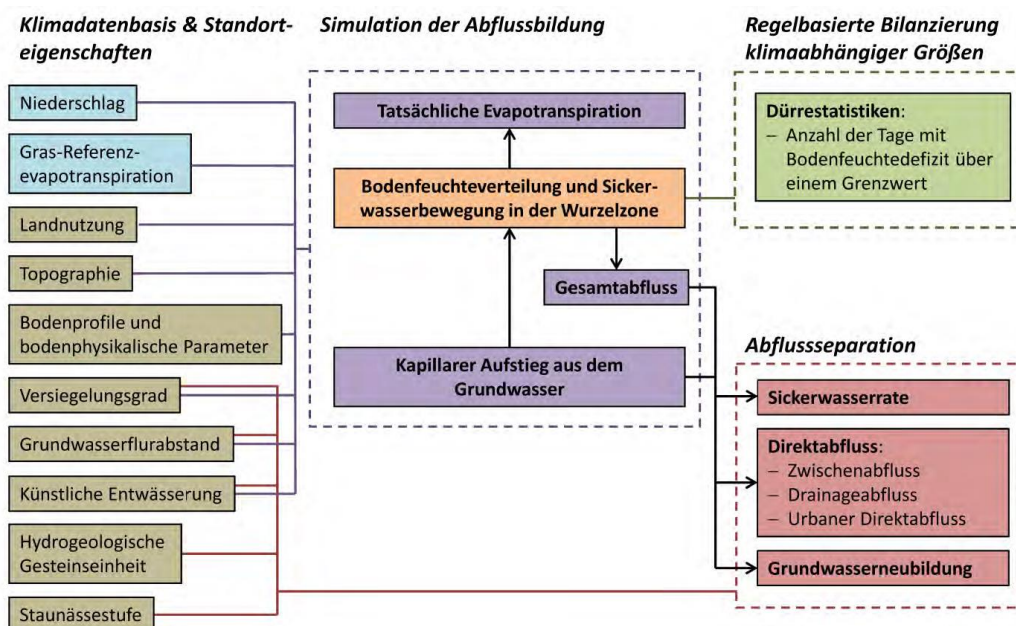
Abbildung 1: Schematische Darstellung Wasserhaushaltsgrößen (Wendland et al. 2021).

## Datenbasis und Kartenerstellung

Die Berechnung der tatsächlichen Evapotranspiration 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 der tatsächlichen Evapotranspiration 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 die modellierte Tatsächliche Evapotranspiration 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 zur Tatsächliche Evapotranspiration und auch den anderen wasserwirtschaftlichen Größen Grundwasserneubildung sowie Netto – Gesamtabfluss ist das von Hermann et al. 2014 und Herrmann et al. 2015 entwickelte Modell mGROWA zur Wasserhaushaltssimulation. Für die im Klimaatlas dargestellten Karten zur tatsächlichen Evapotranspiration 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 der möglichen zukünftigen tatsächlichen Evapotranspiration im Modell mGROWA wurden Einzelläufe des ReKliEs.de Ensembles verwendet. Teilbericht IX des Fachberichtes 110 (LANUV 2021b) gibt hier genauere Beschreibungen.

Für die Darstellung der im Rahmen der Veröffentlichung von Teilbericht IX vorliegenden Karten zur tatsächlichen Evapotranspiration 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 der absoluten Projektionskarten 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 **Tatsächliche Evapotranspiration** 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 tatsächlichen Evapotranspiration in einem Raster von 100 x 100 Meter dar. Basierend auf dem Beobachtungsraster 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 KlimaNRWplus über den Zeitschieber angewählt werden. In den folgenden Abbildungen Abbildung 3 und Abbildung 4 werden jeweils Einzelkarten zur tatsächlichen Evapotranspiration für 1961-1990 und 1991-2020 dargestellt.

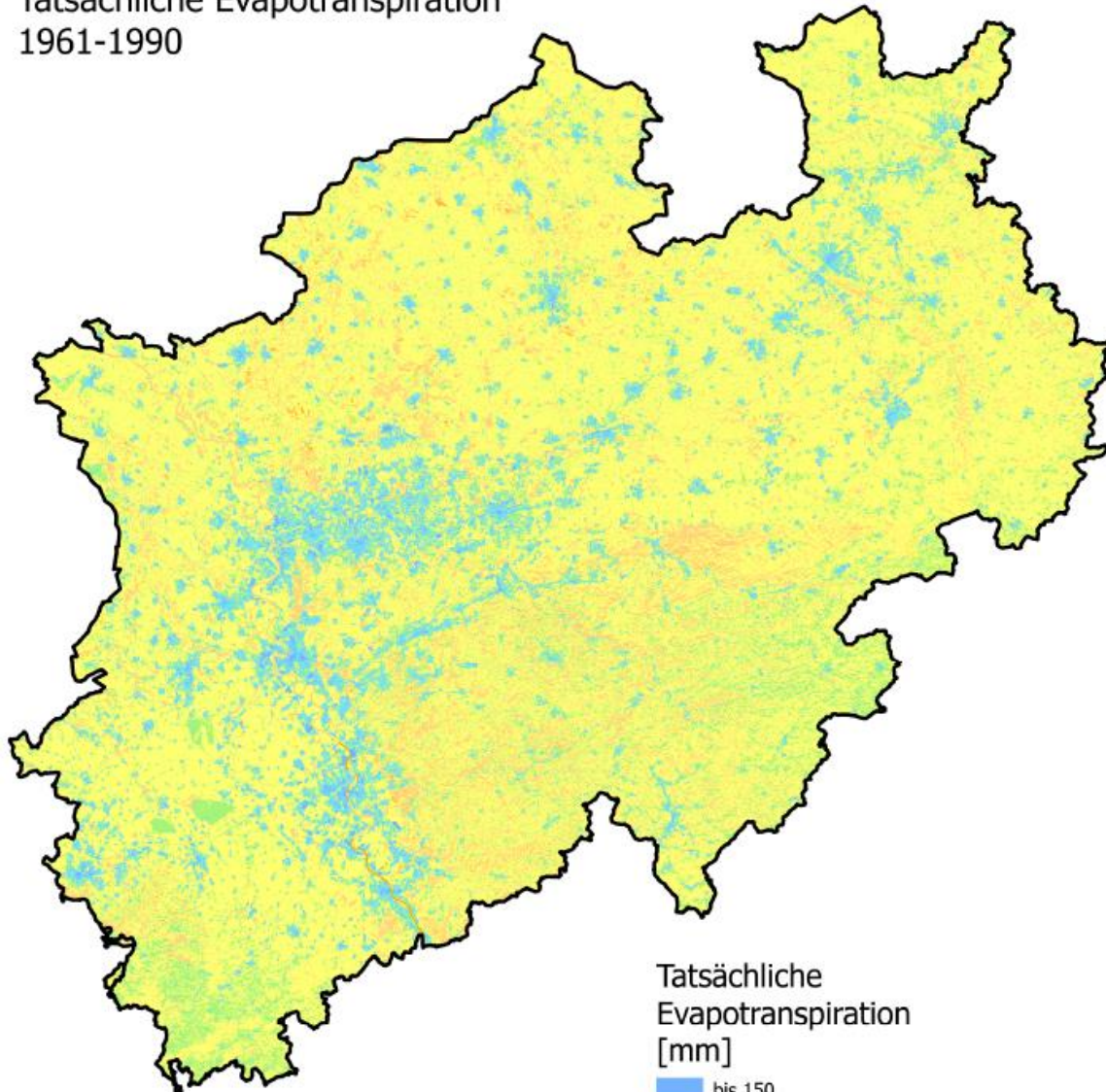
Generell sieht man in allen Karten der tatsächlichen Evapotranspiration, dass die Siedlungsgebiete deutlich über die geringsten Werte (hell- und dunkelblaue Farben, < 300 mm bis < 150 mm) bei der tatsächlichen Evapotranspiration verfügen. Die Gründe für derart niedrige Werte bei der tatsächlichen Evapotranspiration liegen in der hohen Versiegelungsrate mit entsprechend geringer Vegetationsdichte, hohen Netto – Gesamtabflussmengen sowie niedrigen Grundwasserneubildungsraten, die das Potenzial für Evapotranspiration deutlich verkleinern. In den Stadtrandbereichen und vor allem in der Eifel, auf Acker- und Weideflächen, sowie an den Nordrändern der Berghänge im Rothaargebirge findet man Gebiete in NRW, in denen die Tatsächliche Evapotranspiration eine Klasse höher ist als in den Siedlungsbereichen (grüner Farbton, > 300 bis 450 mm). Die weitaus größten Flächenanteile in NRW fallen in die Klasse > 450 bis 600 mm (gelb). Diese sich im unteren Mittelfeld der Skalierung befindliche Klasse der tatsächlichen Evapotranspiration kann schon als eigentlich typischer Wert für alle Außenbereiche in NRW angesehen werden. Überall dort, wo die Grundwasserstände niedrig sind und entsprechend kapillarer Grundwasseraufstieg möglich ist, liegen die Werte der tatsächlichen Evapotranspiration in Bereichen zwischen > 600 mm bis 750 mm beziehungsweise > 750 mm bis 900 mm (orange Farbtöne). Auch auf den Südhängen in den Mittelgebirgen, wo es auch Hangzugwasser geben kann, werden diese Werteklassen erreicht. Außerdem wird der Wertebereich > 750 mm bis 900 mm auch bei zahlreichen Gewässeroberflächen angezeigt. Die beiden höchsten Wertebereiche (rot und dunkelrote Farbtöne, > 900 mm bis 1050 mm und > 1050 mm) kommen nur ganz sporadisch als vereinzelte Pixel an kleinen Bächen vor, die sich im Mittelgebirgsraum befinden.

Beim Vergleich der mittleren jährlichen tatsächlichen Evapotranspiration der ersten verfügbaren Klimanormalperiode 1961-1990 (Abbildung 3) mit der letzten verfügbaren Klimanormalperiode 1991-2020 (Abbildung 4) aus dem Beobachtungsdatensatz wird eine deutlich angestiegene Tatsächliche Evapotranspiration erkennbar. Bewegt man den Zeitschieber entlang der Zeitachse, so gewinnen die Klassen mit > 600 mm bis 750 mm an Tatsächlicher Evapotranspiration deutlich an Fläche hinzu. Dies geschieht auf Kosten der aber immer noch am weitesten verbreiteten Klasse mit > 450 bis 600 mm an Tatsächlicher Evapotranspiration. Die nächsthöhere Klasse mit > 750 mm bis 900 mm wird auf den Gewässerflächen dominant. Die bisher eher einzelnen Pixel der beiden höchsten Klassen sind nun häufiger und verbundener entlang der kleineren Mittelgebirgsbäche aufzufinden. Diese Entwicklung wird auch in Tabelle 1 sichtbar. Vor allem die sehr stark angestiegene mittlere Lufttemperatur dürfte für den Anstieg der tatsächlichen Evapotranspiration verantwortlich sein. Wären die mittleren jährlichen Niederschlagssummen auf einem ähnlichen Niveau geblieben wie 1981-2010, hätten die absoluten Werte der tatsächlichen Evapotranspiration den Wert für 1991-2020 noch höher ausfallen lassen.

**Tabelle 1:** NRW-Mittelwerte tatsächliche Evapotranspiration für Klimanormalperioden im Beobachtungszeitraum ab 1961. Datenquelle: Forschungszentrum Jülich.

<b>Zeitraum</b>	<b>Tatsächliche Evapotranspiration [mm]</b>
<b>1961-1990</b>	491
<b>1971-2000</b>	488
<b>1981-2010</b>	500
<b>1991-2020</b>	508

### Tatsächliche Evapotranspiration 1961-1990



#### Tatsächliche Evapotranspiration [mm]

- bis 150
- > 150 bis 300
- > 300 bis 450
- > 450 bis 600
- > 600 bis 750
- > 750 bis 900
- > 900 bis 1.050
- > 1.050

Datengrundlage



Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen



Abbildung 3: Mittlere jährliche tatsächliche Evapotranspiration in NRW im Zeitraum 1961-1990. Datenquelle: Forschungszentrum Jülich.

### Tatsächliche Evapotranspiration 1991-2020

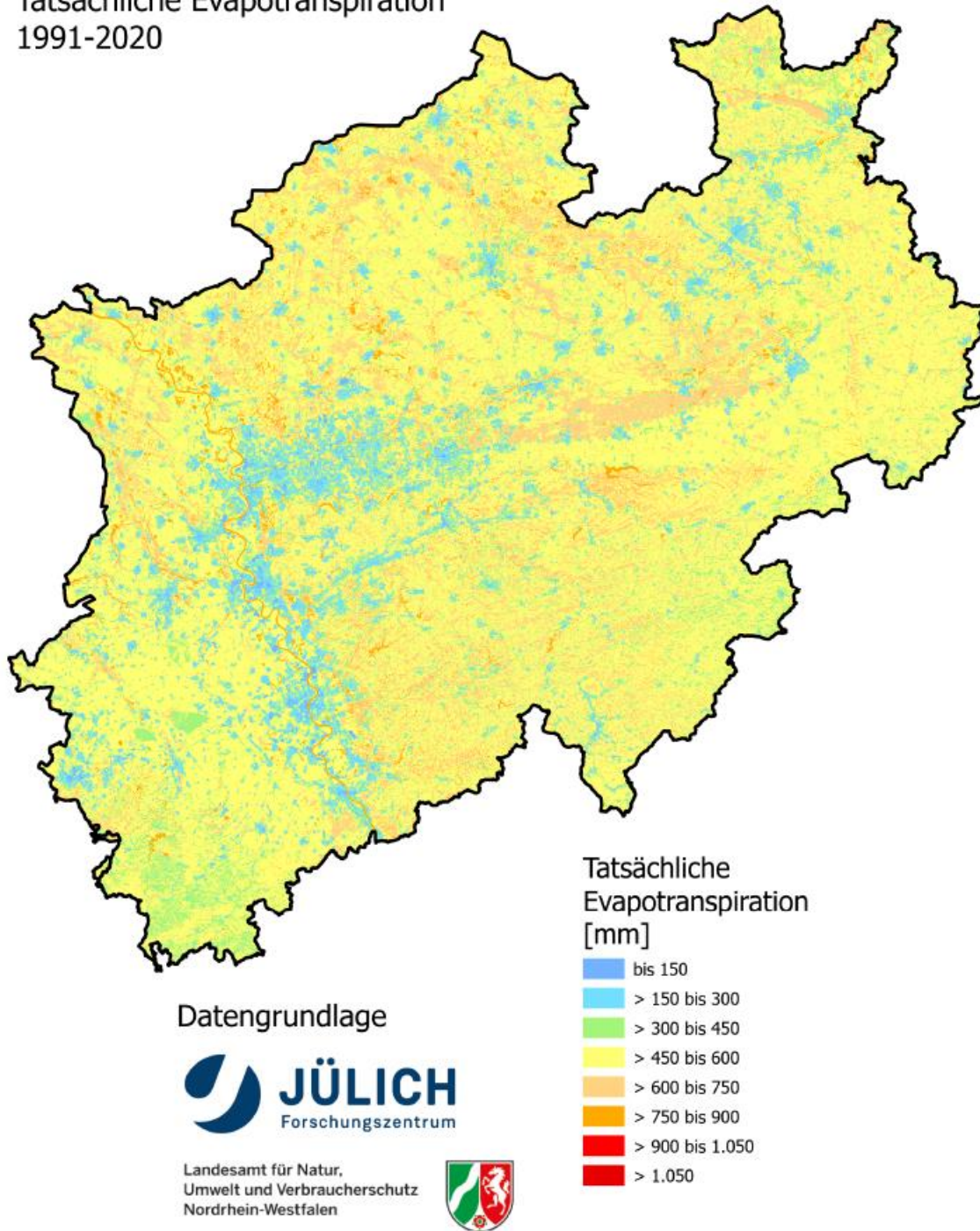
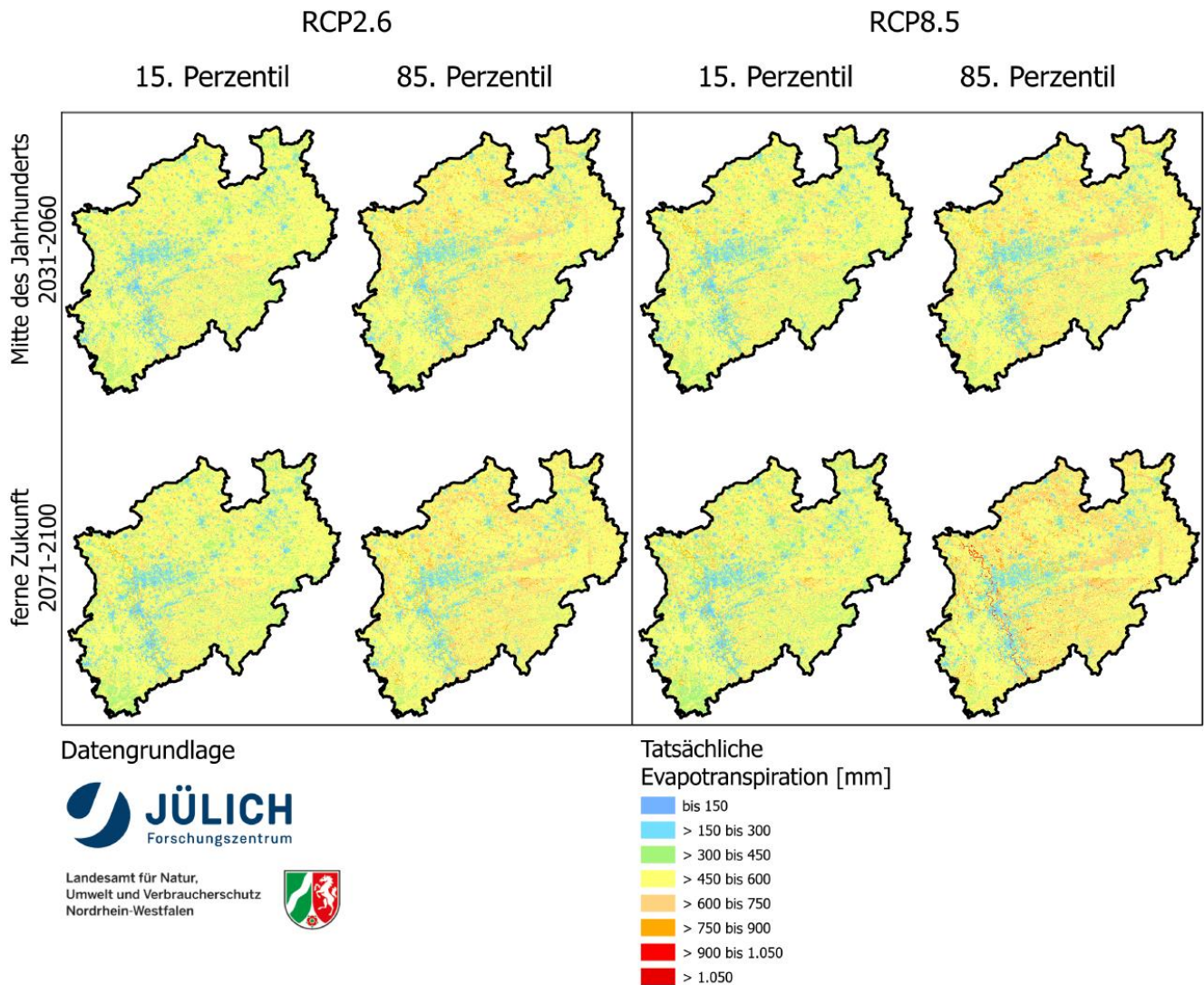


Abbildung 4: Mittlere jährliche tatsächliche Evapotranspiration in NRW im Zeitraum 1991-2020. Datenquelle: Forschungszentrum Jülich.



Betrachtet man die in der Kartenanwendung über den Zeitschieber ebenfalls verfügbaren Karten der Zukunftsprojektionen, wird deutlich, dass sich die Tatsächliche Evapotranspiration aufgrund der projizierten Temperatur- und Niederschlagsanstiege noch weiter erhöhen kann. Aber wie auch die anderen projizierten Wasserhaushaltsgrößen Grundwasserneubildung und Netto – Gesamtabfluss können noch keine eindeutigen Richtungsangaben gemacht werden. Dies geht auch aus der Veröffentlichungen im LANUV Fachbericht 110, Teil IX hervor. Es konnte für weite Teile NRWs in der Hauptzahl der Projektionsmodelle keine signifikante Änderung der Grundwasserneubildung, die auch abhängig von der tatsächlichen Evapotranspiration ist, in der Zukunft gegenüber dem Referenzzeitraum 1971-2000 festgestellt werden. Eine weitere Unsicherheit stellt auch die Kopplung der tatsächlichen Evapotranspiration an der zur Verfügung stehenden Wassermenge dar. Wenn besonders hohe Werte im 85. Perzentil angezeigt werden, kommen besonders warme und niederschlagsreiche Modell-Läufe zusammen. Modell-Läufe der 15. Perzentilbandbreite und damit im Bereich der geringsten möglichen tatsächlichen Evapotranspiration sind jedoch in der Interpretation problematischer, weil nicht genau klar ist, ob es genügend Wasser für die mögliche zukünftige Evapotranspiration geben wird. Es kann möglich sein, dass die 15. Perzentile hier auf einen generellen Trockenstress hinweisen, auch wenn die Temperaturen nicht auf dem Niveau sind, wie beim 85. Perzentil.

Die in der folgenden Abbildung 4 dargestellte Übersicht der extremen Bandbreiten (15. und somit unteres Perzentil RCP2.6 VS 85. und somit höheres Perzentil RCP8.5) jeweils für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) und ferne Zukunft (2071-2100) zeigt entweder geringere Tatsächliche Evapotranspirationswerte auf einem Niveau von der Referenzperiode 1971-2000, oder deutlich höhere Werte als bisher selbst in der Klimanormalperiode 1991-2020 erlebt. Insbesondere die bisher noch nicht beobachteten sehr hohen Evapotranspirationswerte auf den Gewässern im oberen Perzentil des RCP8.5 Szenarios in der fernen Zukunft machen deutlich, wie stark sich die Temperaturerhöhungen auswirken können, sollte man diesen Pfad beschreiten. Tabelle 2 stellt übersichtlich alle möglichen zukünftigen absoluten Mittelwerte für die Klimanormalperioden 2031-2060 und 2071-2100 dar. In Bezug gesetzt zu Tabelle 1 kann man erkennen, dass die Tatsächliche Evapotranspiration der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020 bereits in einen Wertebereich kommt, der schon deutlich oberhalb der 50. Perzentile der Szenarien für die Mitte des Jahrhunderts liegt.



**Abbildung 3:** Übersicht möglicher Zukunftsprojektionen absolute tatsächliche Evapotranspiration, RCP2.6 und RCP8.5, jeweils 15. und 85. Perzentil für die Zeiträume 2031-2060 und 2071-2100. Datenquelle: Forschungszentrum Jülich.

**Tabelle 2:** Übersicht möglicher zukünftiger NRW-Mittelwerte der jährlichen tatsächlichen Evapotranspiration in mm. Datenquelle Forschungszentrum Jülich.

Zeitraum	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	484	481	484
	50. Perzentil	500	497	499
	85. Perzentil	513	510	520
2071-2100	15. Perzentil	488	489	486
	50. Perzentil	498	504	511
	85. Perzentil	516	523	533

## Fazit Tatsächliche Evapotranspiration

Mit den neu verfügbaren Daten des Forschungszentrum Jülich zur tatsächlichen Evapotranspiration liegen nun 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 hochauflösenden Datensatzes kann die aktuelle Situation 1991-2020 der tatsächlichen Evapotranspiration mit denen von früher verglichen werden und die aktuell verfügbaren Klimaprojektionen in Bezug gesetzt werden. Bereits die aktuelle Klimanormalperiode 1991-2020 hat schon einen beachtlich hohen Wert, der im Mittelfeld aller Szenarien für die Mitte des Jahrhunderts liegt. Es ist wichtig zu betonen, dass die Klimaprojektionen eine mögliche zukünftige Klimaentwicklung aufzeigen, die noch gänzlich von uns beeinflusst werden kann. Sowohl zu einem noch gerade eben so handhabbaren Klimawandel, als auch zu einem nicht mehr beherrschbaren Klimawandel.



Trockenheit am Mönnesee. Foto: MH-Foto/stock.adobe.com.

# Literaturverzeichnis

---

Herrmann, Frank; Chen, Shaoning; Kunkel, Ralf; Wendland, Frank (2014): Auswirkungen von Klimaänderungen auf das nachhaltig bewirtschaftbare Grundwasserdargebot und den Bodenwasserhaushalt in Nordrhein-Westfalen. Hg. v. Forschungszentrum Jülich. Forschungszentrum Jülich. Jülich. Online verfügbar unter

[https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/klimaanpassung/dokumente/bericht\\_grundwasser\\_klimawandel.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/klimaanpassung/dokumente/bericht_grundwasser_klimawandel.pdf), zuletzt geprüft am 12.08.2022.

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](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/30110b.pdf), zuletzt geprüft am 12.08.2022.

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 Herrmann, 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](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/30110j.pdf), zuletzt geprüft am 12.08.2022.

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, zuletzt geprüft am 18.10.2022.