

A n t w o r t

des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität

auf die Kleine Anfrage des Abgeordneten Andreas Hartenfels (BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN)
– Drucksache 18/3721 –

Auswirkungen der wiederkehrenden Trockenheit auf die Flüsse und Bäche in Rheinland-Pfalz

Die **Kleine Anfrage – Drucksache 18/3721** – vom 19. Juli 2022 hat folgenden Wortlaut:

Nach den Dürrephasen in den Jahren 2018 bis 2020 sind dieses Jahr bereits wieder Rekordtemperaturen, Extremwetter und Trockenphasen zu verzeichnen. Dabei kam es in den letzten Jahren immer wieder zu folgenschweren Niedrigwasserständen und bedrohlichen Temperaturanstiegen in unseren Flüssen. Sowohl die Oberflächen- als auch die Grundwasserkörper zeigen zunehmend die Folgen der anhaltenden Klimaerhitzung in Rheinland-Pfalz.

Ich frage die Landesregierung:

1. Welche Tendenzen der Niederschläge, Temperaturen und Abflussmengen der Gewässer sind in den letzten Jahren im Vergleich zum langjährigen Mittel für Rheinland-Pfalz feststellbar (auch grafisch darstellbar)?
2. Wie sind die Witterungsverhältnisse des bisherigen Jahres 2022 aus Sicht der Wasserwirtschaft zu bewerten?
3. Welche Auswirkungen hatten und haben die wiederkehrende Trockenphasen (2018 bis 2020, bis dato 2022) auf die Ökosysteme von Flüssen und Bächen in Rheinland-Pfalz?
4. Mit welchen Auswirkungen auf die Flüsse und Bäche ist in Rheinland-Pfalz im Rahmen der anhaltenden Klimaerhitzung (Annahme Klimaszenario RCP 4.5) zu rechnen?
5. Welche Strategien und Maßnahmen wird die Wasserwirtschaft in den kommenden Jahren umsetzen, um zukünftig mögliche ökologische Schäden an unseren Flüssen und Bächen zu verringern?

Das **Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität** hat die Kleine Anfrage namens der Landesregierung mit angefügtem Schreiben beantwortet.

18/3837
04-08-2022



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
KLIMASCHUTZ, UMWELT,
ENERGIE UND MOBILITÄT

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität | Postfach 31 60 | 55021 Mainz

Präsidenten des Landtags Rheinland-Pfalz
Herrn Hendrik Hering, MdL
Platz der Mainzer Republik 1
55116 Mainz

DIE MINISTERIN

Kaiser-Friedrich-Straße 1
55116 Mainz
Telefon 06131 16-0
Poststelle@mkuem.rlp.de
<http://www.mkuem.rlp.de>

3. August 2022

**Kleine Anfrage des Abgeordneten
Andreas Hartenfels (BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN)
Auswirkungen der wiederkehrenden Trockenheit
auf die Flüsse und Bäche in Rheinland-Pfalz
- Drucksache 18/3721 -**

Die Kleine Anfrage Drucksache 18/3721 des Abgeordneten Andreas Hartenfels (BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN) beantworte ich namens der Landesregierung wie folgt:

Zu Frage 1:

Die Parameter Niederschlag und Temperatur werden seit 1881 routinemäßig für Rheinland-Pfalz aufgezeichnet. Somit kann die Entwicklung seit über 140 Jahren auf Grund der Daten des Deutschen Wetterdienst betrachtet werden.

1/15

Verkehrsanbindung

☺ Sie erreichen uns ab Hbf. mit den Linien 6/6A (Richtung Wiesbaden), 64 (Richtung Laubenheim), 65 (Richtung Weisenau), 68 (Richtung Hochheim), Ausstieg Haltestelle „Bauhofstraße“. ☺ Zufahrt über Kaiser-Friedrich-Str. oder Bauhofstraße.

Parkmöglichkeiten

Parkplatz am Schlossplatz
(Einfahrt Ernst-Ludwig-Straße),
Tiefgarage am Rheinufer
(Einfahrt Peter-Altmeier-Allee)

Niederschlagsentwicklung:

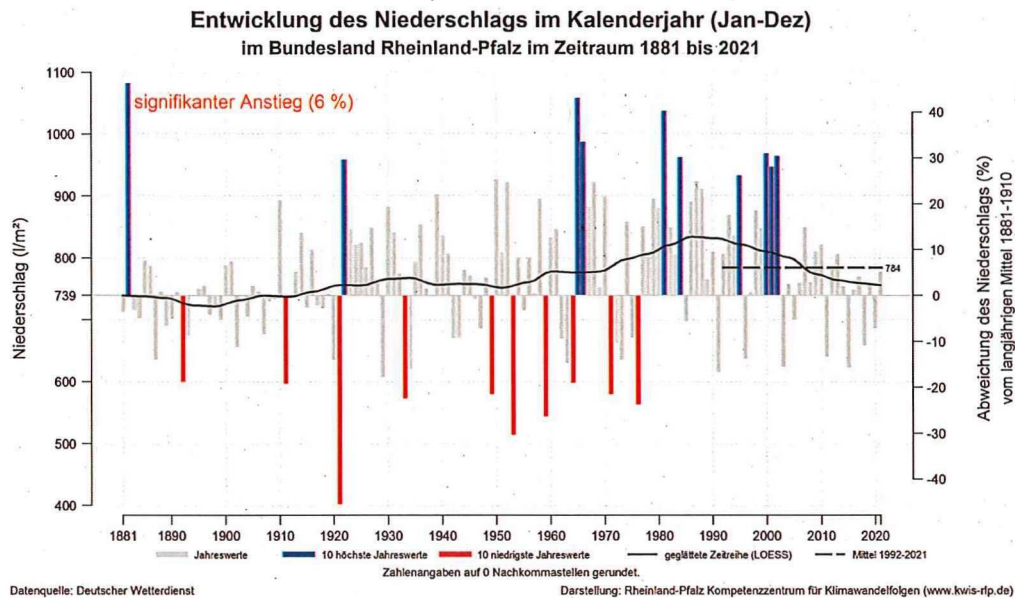


Abb. 1.1: Entwicklung des Jahresniederschlags in Rheinland-Pfalz seit 1881.

Die Entwicklung des Jahresniederschlags (siehe Abb. 1.1) in über die letzten 140 Jahre verläuft mit +6 Prozent signifikant ansteigend. Währenddessen ist eine Verschiebung der Niederschläge vom Sommer- ins Winterhalbjahr aufgetreten. Die niederschlagsärmsten Jahre liegen alle vor 1980. Nach 1980 befinden sich sechs der zehn niederschlagsreichsten Jahre mit ihrem Ende 2000 - 2002. In die Zeit von 1980 bis ca. 2000 fällt auch die Zeit des Niederschlagsmaximums. Seit 2003 sind wieder geringere Jahresniederschläge zu beobachten, die sich auf dem langfristigen Niveau befinden.

Temperaturentwicklung:

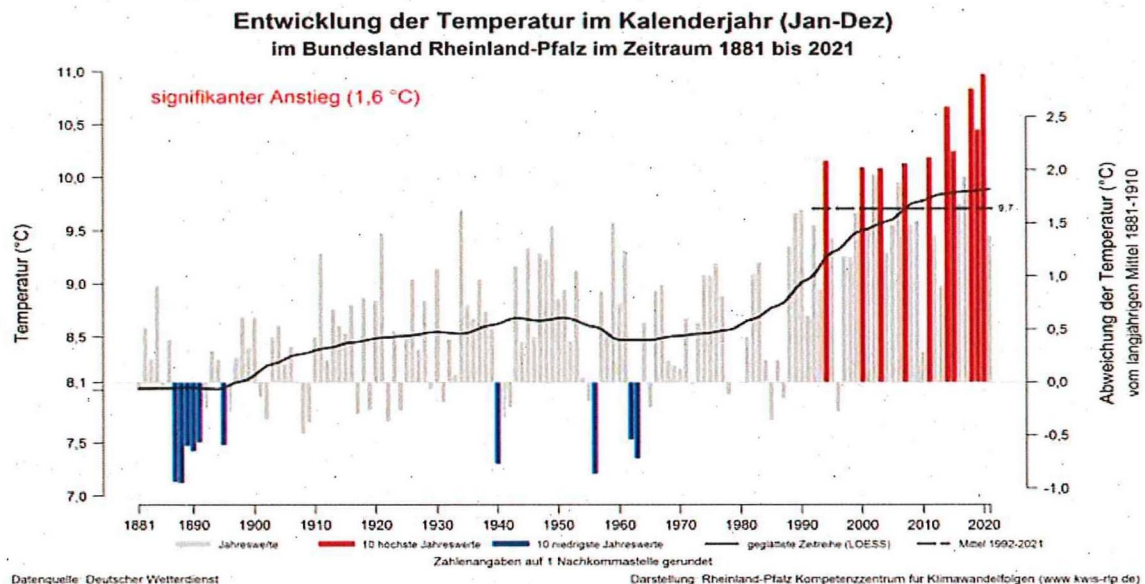


Abb. 1.2: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in Rheinland-Pfalz seit 1881.

Seit Beginn der Temperaturmessungen im Jahr 1881 (siehe Abb. 1.2) ist der Wert signifikant um 1,6°C angestiegen. Die zehn wärmsten Jahre wurden allesamt nach 1990 beobachtet und die sechs wärmsten Jahre traten in den letzten zehn Jahren auf. Dagegen sind die zehn kältesten Jahre alle vor 1970 aufgetreten. In der deutlichen Häufung der überdurchschnittlich warmen Jahre in der jüngeren Vergangenheit zeigt sich deutlich die Auswirkung des globalen Klimawandels.

Entwicklung der Abflussmengen:

Im Rahmen der Kooperation KLIWA werden Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen in Süddeutschland untersucht. Für den Monitoring-Bericht 2021 (<https://www.kliwa.de/publikationen-monitoringberichte.htm>) wurden u.a. die jährlichen **mittleren Abflüsse MQ** und die **jährlichen Höchstabflüsse HQ** von 25 repräsentativen Pegeln in Rheinland-Pfalz im Hinblick auf trendhafte Veränderungen ausgewertet. Bezüglich des Niedrigwassers wurden der **jährliche Niedrigwasserabfluss NQ** sowie das jährlich niedrigste arithmetische Mittel des Abflusses an sieben aufeinanderfolgenden Tagen NM7Q für 10 repräsentative Pegel in Rheinland-Pfalz untersucht.

Den Auswertungen lagen die langjährigen Abflusszeitreihen im Zeitraum 1971 – 2020 zugrunde.

Für die **Hochwasserabflüsse HQ** ergeben sich für den Zeitraum 1932 bis 2020 bei 55 Prozent der Pegel Trends zu steigenden Hochwasserabflüssen im Gesamtjahr. Dies gilt in gleicher Weise für das hydrologische Winterhalbjahr (58 Prozent der Pegel) und in abgeschwächter Form im Sommerhalbjahr (45 Prozent der Pegel). Von den ermittelten Zunahmen ist etwa die Hälfte der Trends signifikant. Beispielhaft sind für den Pegel Martinstein die jährlichen und halbjährlichen Höchstabflüsse HQ im Vergleich zum langjährigen Mittelwert in Graphik 1.3 dargestellt.

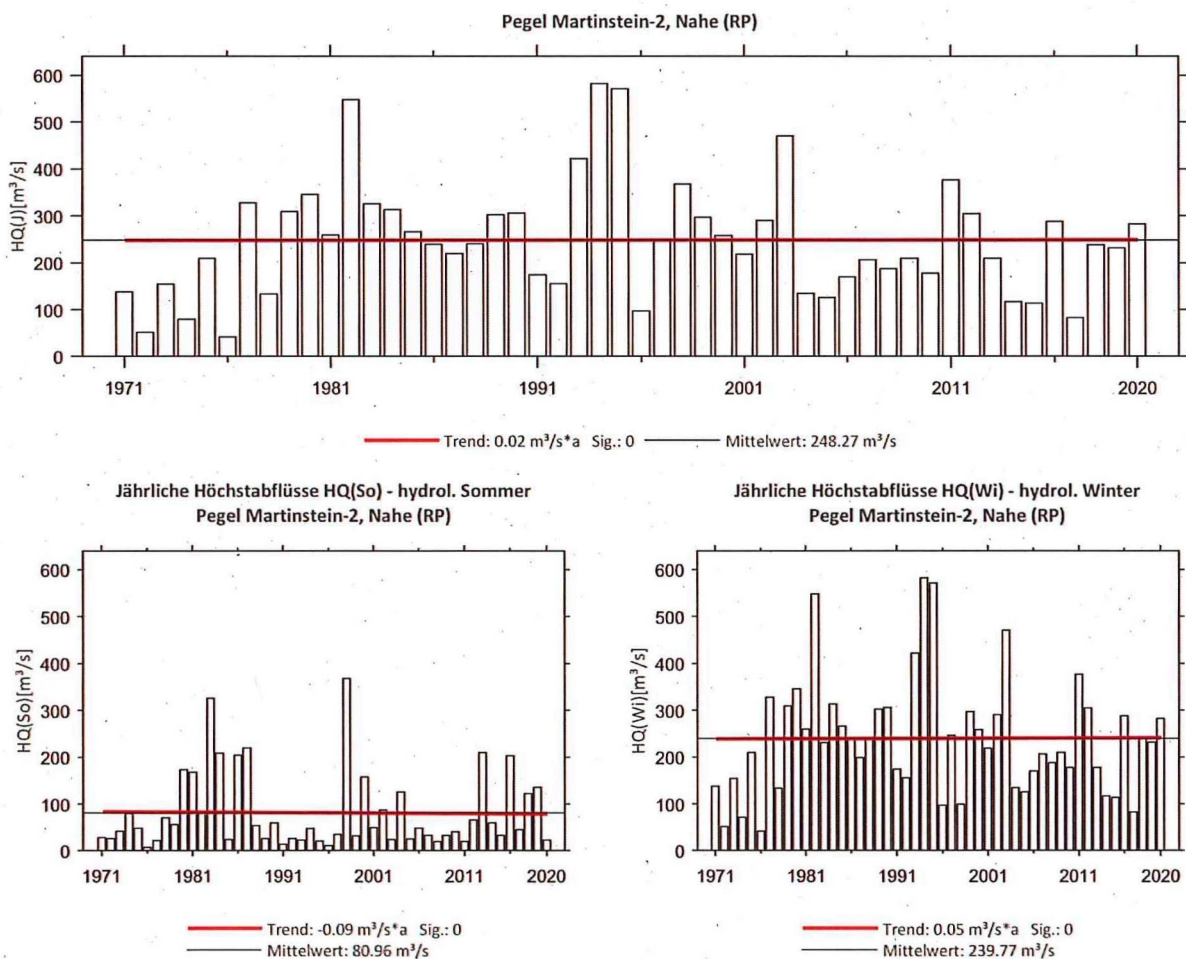


Abb. 1.3 Entwicklung der HQ-Werte am Pegel Martinstein / Nahe seit 1971

Für die jährlichen **Niedrigwasserabflüsse NQ** zeigt sich insgesamt eine ausgeglichene Verteilung von zunehmenden und abnehmenden Trends. Für die jährlichen 7-Tages-Mittel-Niedrigwasserabflüsse NM7Q wurde für die Mehrzahl an Pegeln eine abnehmende Tendenz festgestellt.

Bei der Interpretation der Ergebnisse sollte beachtet werden, dass die Abflüsse im Niedrigwasserbereich sehr sensibel auf wasserwirtschaftliche Nutzungen am Gewässer reagieren. Diese kann klimatisch bedingte Veränderungen überlagern.

Beispielhaft sind für den Pegel Martinstein die jährlichen NQ- und NM7Q-Werte im Vergleich zum langjährigen Mittelwert in Graphik 1.4 dargestellt.

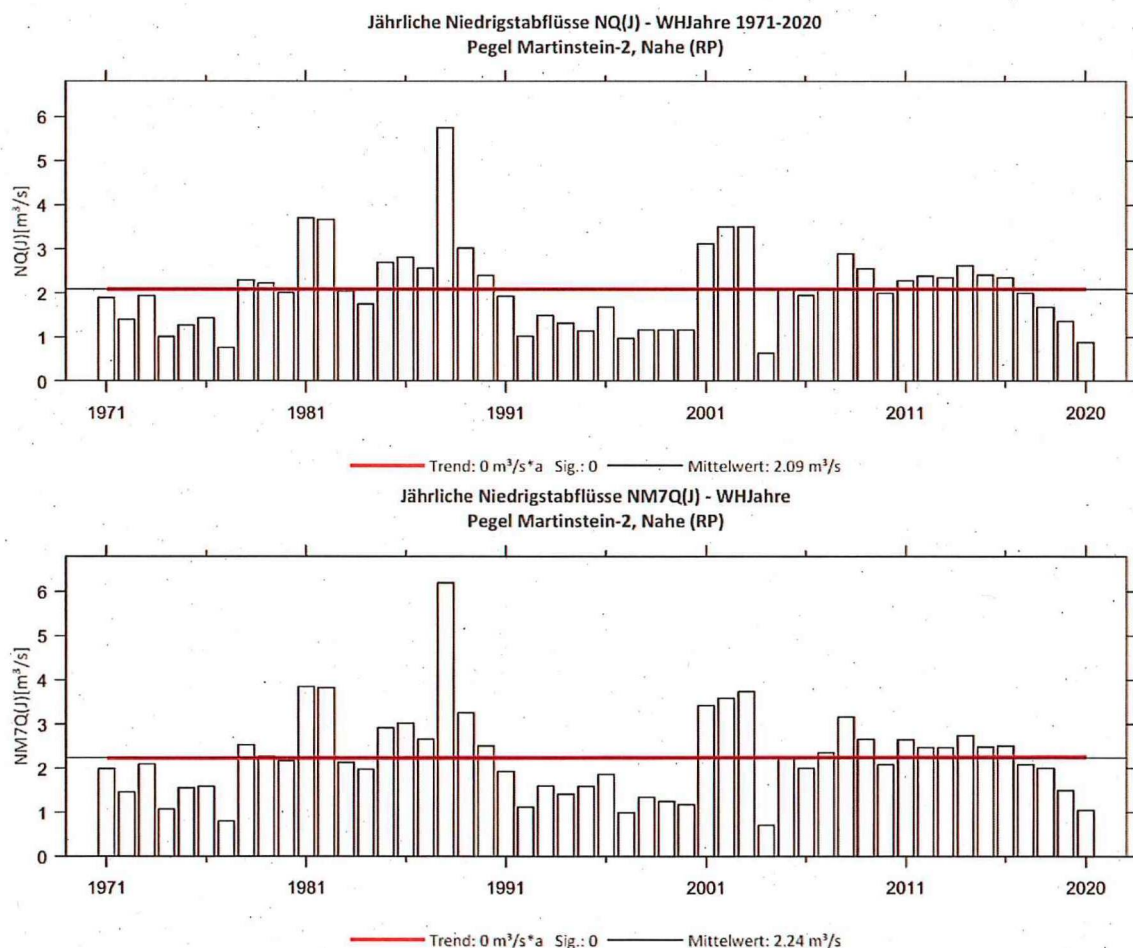


Abb. 1.4 Entwicklung der NQ- und NM7Q-Werte am Pegel Martinstein / Nahe seit 1971

Für die **mittleren Abflüsse MQ** lässt sich aus den Untersuchungen schlussfolgern, dass für den gesamten betrachteten Zeitraum im Gesamtjahr die Trends relativ ausgeglichen sind. Im Winterhalbjahr hingegen überwiegen die Pegel mit steigenden Abflüssen (61 Prozent der Pegel), während im Sommerhalbjahr an 76 Prozent der Pegel mehrheitlich abnehmende Abflüsse zu beobachten sind. Von den ermittelten Veränderungen sind im Durchschnitt 40 Prozent bis 50 Prozent signifikant.

Beispielhaft sind für den Pegel Martinstein die jährlichen und halbjährlichen mittleren Abflüsse MQ im Vergleich zum langjährigen Mittelwert in Graphik 1.5 dargestellt.

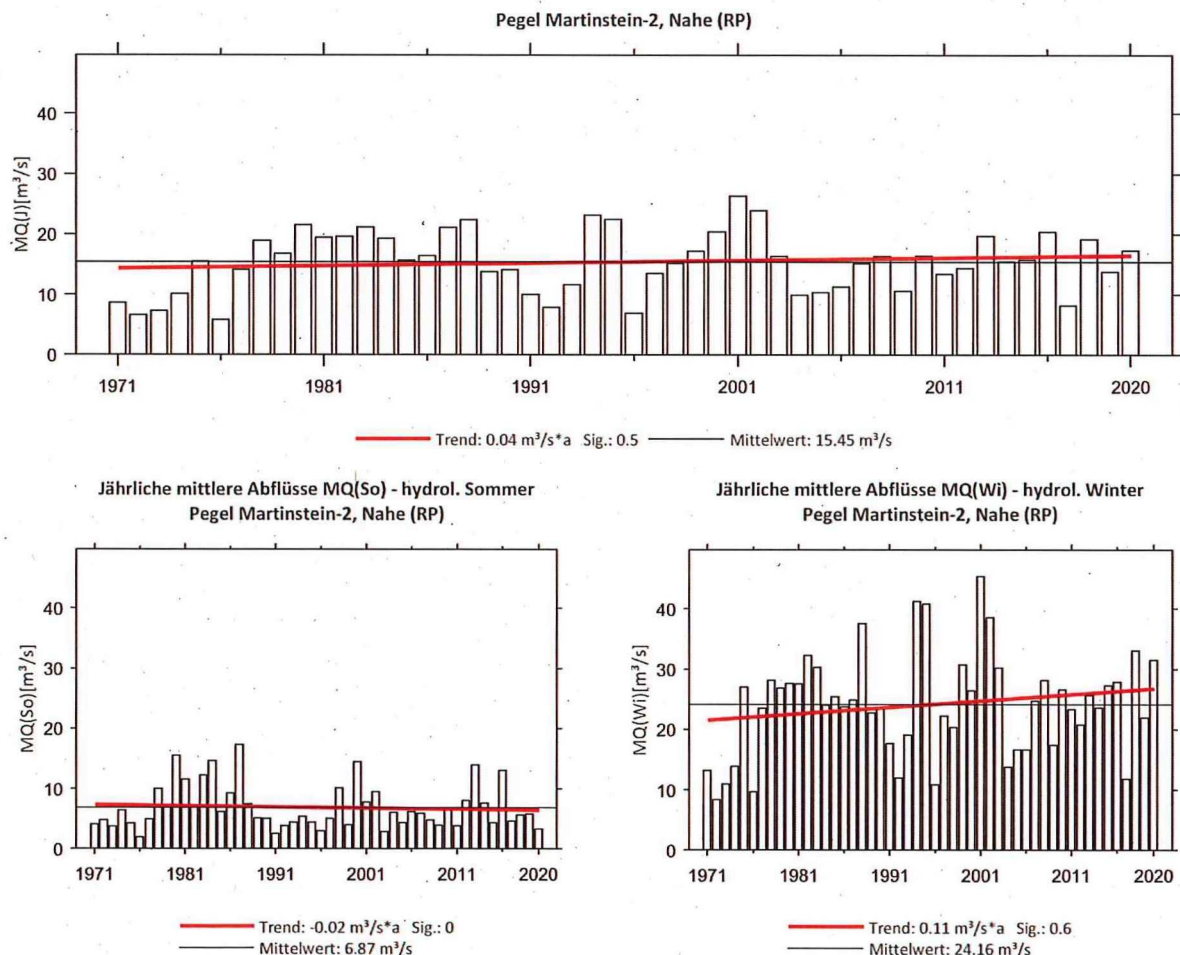


Abb. 1.5 Entwicklung der MQ-Werte am Pegel Martinstein / Nahe seit 1971

Quelle: KLIWA-Monitoringbericht 2021

Zu Frage 2:

Zur Beantwortung dieser Frage wird die Entwicklung der meteorologischen Parameter Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer seit Beginn des hydrologischen Jahres 2022 im November des letzten Jahres herangezogen. Dazu werden die Abweichungen der Monatswerte zum Bezugszeitraum 1991-2020 betrachtet.

Temperatur:

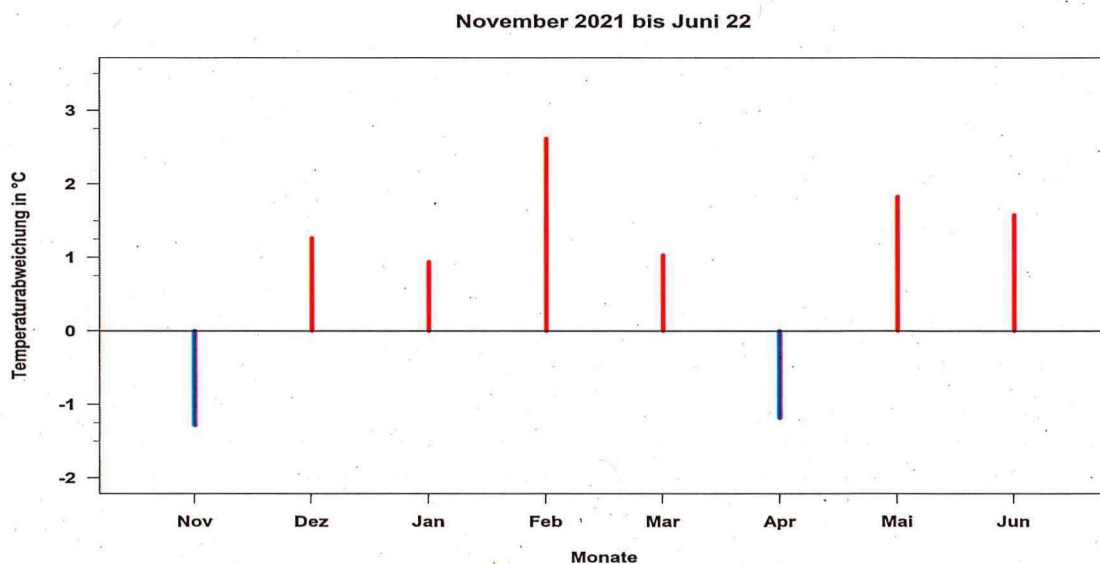


Abb. 2.1: Abweichung der Monatstemperaturwerte für Rheinland-Pfalz von November 2021 bis Juni 2022 im Vergleich zum Bezugszeitraum 1991-2020 (Datenquelle DWD, Abbildung LfU RLP).

In den acht Monaten seit Beginn des hydrologischen Jahres gab es zwei Monate (November und April) mit negativer Abweichung. Die anderen sechs Monate zeigen eine positive Abweichung, wobei der Februar mit plus 2,6°C die größte positive Abweichung zeigt. Damit verbunden ist ein recht frühzeitiger Vegetationsbeginn.

Sonnenscheindauer:

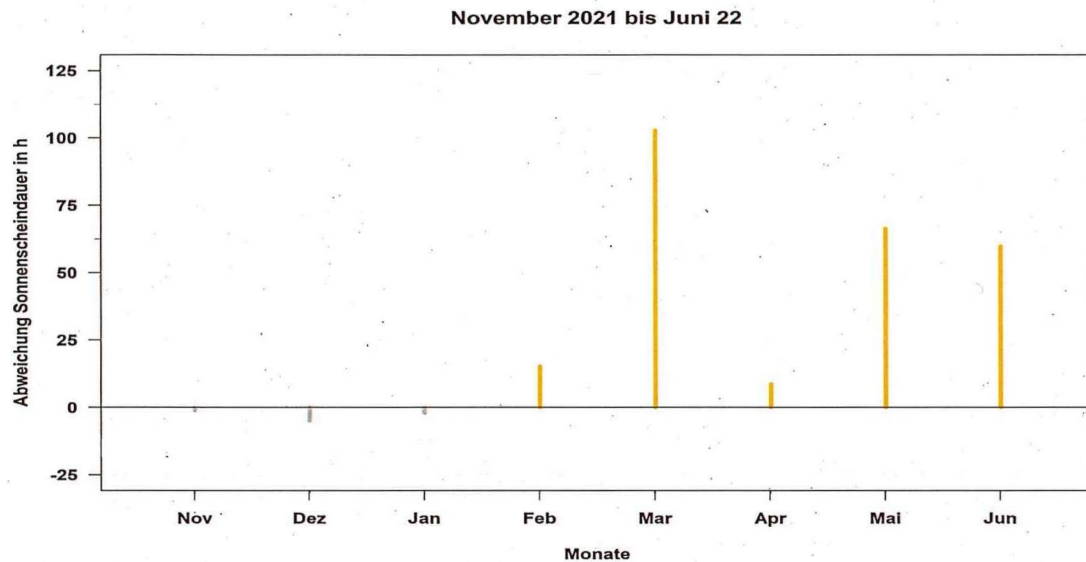


Abb. 2.2: Abweichung der Monatswerte der Sonnenscheindauer für Rheinland-Pfalz von November 2021 bis Juni 2022 im Vergleich zum Bezugszeitraum 1991-2020 (Datenquelle DWD, Abbildung LfU RLP).

In Abbildung 2.2 sind die Abweichungen der Sonnenscheindauer der einzelnen Monate dargestellt. Für die Monate November bis Januar waren weniger Sonnenscheinstunden als der Durchschnitt der Jahre 1991-2020 aufgezeichnet worden. Seit Februar weisen alle Monate überdurchschnittliche Sonnenscheindauern auf, wobei der März die größte positive Abweichung aufweist und damit den Rekordwert von 232,5 Stunden liefert. Ebenso zeigen die Monate Mai und Juni ein deutliches Plus an Sonnenscheinstunden.

Niederschlagsentwicklung:

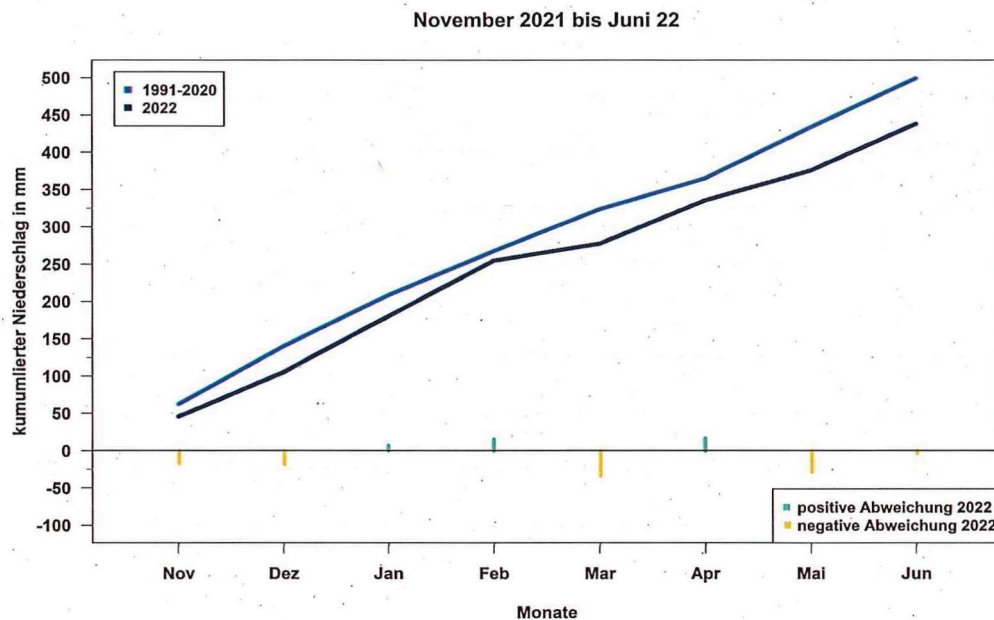


Abb. 2.3: Kumulativer Niederschlag sowie Abweichung der Monatsniederschlagswerte für Rheinland-Pfalz von November 2021 bis Juni 2022 im Vergleich zum Bezugszeitraum 1991-2020 (Datenquelle DWD, Abbildung LfU RLP).

In Abbildung 2.3 ist die Entwicklung des kumulativen Niederschlags seit November 2021 und die monatlichen Abweichungen in Vergleich mit dem Bezugszeitraum 1991-2020 dargestellt. Innerhalb den ersten vier Monaten gleichen sich die positiven und negativen Werte nahezu aus, so dass Ende Februar nur ein geringes Defizit (ca. -5 Prozent) besteht. Im weiteren Verlauf sind dann insbesondere der März und der Mai deutlich niederschlagsärmer als im langjährigen Vergleich. Dadurch steigt das Defizit Ende Juni auf ca. 12 Prozent an. Der recht niederschlagsreiche April konnte daran nichts ändern, er sorgte lediglich für eine Verzögerung in der Entwicklung.



Bewertung:

Die Witterung des aktuellen hydrologischen Jahres kann als überdurchschnittlich warm und sonnenreich charakterisiert werden. Die hohen Temperaturwerte bei viel Sonnenschein sorgen für eine hohe Verdunstung. In Verbindung mit den unterdurchschnittlichen Niederschlägen, bleibt wenig Wasser zur oberflächlichen Belieferung der Flüsse und Bäche. Die Entwicklung im Juli (hohe Temperatur, viel Sonnenschein, wenig Niederschlag) hat die verfügbare Wassermenge weiter reduziert.

Die Abflüsse nahezu aller rheinland-pfälzischen Flüsse liegen seit Ende Juni bzw. Anfang Juli im Bereich des langjährigen mittleren Niedrigwasserabflusses MNQ oder sogar deutlich darunter. Auch im Rhein herrscht bereits deutlich Niedrigwasser.

Die typischen Monate für Niedrigwasser liegen für den Rhein in den Spätsommer- und Herbstmonaten. In diesen Zeitraum geht der Rhein nun mit einem bereits sehr niedrigen Wasserstand hinein. Setzt sich der Witterungsverlauf im Sommer und Herbst mit deutlich unterdurchschnittlichen Niederschlägen weiter fort, kann sich die gegenwärtige markante Niedrigwasserphase in den kommenden Monaten landesweit fortsetzen. Extrem trockene Verhältnisse herrschen z. Z. in Teilen von Eifel, Hunsrück und Westerwald.

Zu Frage 3:

Bei langanhaltenden Dürren der Jahre 2018-2020 ging das Abflussvolumen aller Fließgewässer in Rheinland-Pfalz überdurchschnittlich stark zurück. In großen Fließgewässern fallen dann weite Uferbereiche und -flächen trocken. Der Lebensraum für Fische und Wirbellose wird entsprechend stärker eingegrenzt und auch die Längsdurchgängigkeit bei geringen Wasserständen eingeschränkt.

Bei steigenden Wassertemperaturen nimmt die physikalische Aufnahmefähigkeit der Gewässer für Sauerstoff ab und entsprechend verringert sich das Sauerstoffdargebot in vielen Fließgewässern. In stauregulierten Flüssen kann dies zum Problem werden, insbesondere wenn es zeitgleich zum Abbau größerer Algenbiomassen kommt, wie unlängst in Saar und Mosel. In turbulent fließenden Mittelgebirgsbächen, wie sie in Rheinland-Pfalz dominieren, sind solche Sauerstoffmangelsituationen auf Phasen kurz vor



einer Austrocknung oder bei dem Eintrag von leicht abbaubarer Stoffe über die Mischkanalisation nach Starkregen beschränkt. Neben der geringeren Sauerstoffsättigung bei höheren Wassertemperaturen kommen in Trockenphasen auch Nahrungskonkurrenzeffekte und die Aufkonzentrierung von Schad- und Nährstoffen im Flusswasser hinzu, wodurch sich die Wasserqualität tendenziell verschlechtert. In der Gesamtwirkung wird der Stress und das Krankheitsrisiko für die aquatischen Lebewesen erhöht.

Eine Folgeerscheinung des Klimawandels ist auch die Zunahme der saisonalen Variabilität von Temperatur und Abfluss im Gewässer. Durch sie werden wichtige entwicklungsphysiologische Stimuli ausgelöst, die die Lebenszyklen der Arten prägen und auf die sich die Lebensgemeinschaft in den Gewässern angepasst haben. Eine verringerte Eintrittswahrscheinlichkeit saisonaltypischer Temperatur- oder Abflussverhältnisse kann auf lange Sicht Einfluss auf die Populationsentwicklung von Arten nehmen, indem es zu Desynchronisationen von Entwicklungsprozessen oder bei den Nahrungsbeziehungen kommt. So wirken sich auch verlängerte oder kurzfristige wiederkehrende Dürrephasen nachteilig auf den Fortpflanzungserfolg von Gewässerorganismen aus, die zu dauerhaften Veränderungen in den Lebensgemeinschaften der Gewässer führen können. Um diese Prozesse besser beobachten und dokumentieren zu können, wurde 2017 mit dem gewässerökologischen Klimafolgen-Monitoring ein neues Langzeitmessprogramm in Rheinland-Pfalz neben der regulären berichtspflichtigen biologischen Gewässerüberwachung etabliert (s. u.).

In der aktuellen Hitzeperiode im Juli 2022 hat das Landesamt für Umwelt anlassbezogene Gewässeruntersuchungen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die Wassertemperaturen beschatteter kleiner Bäche auch bei hohen Lufttemperaturen noch im Bereich zwischen 14 °C - 20 °C liegen. Diese Wassertemperaturen liegen (je nach Gewässertyp) noch in einem unkritischen Bereich und sind ein wichtiger Faktor zum Überleben der Bachfauna. In unbeschatteten Bächen können die Wassertemperaturen jedoch deutlich höhere Werte annehmen. Aktuelle Modellierungen im Rahmen eines KLIWA-Projektes zeigen, dass bei maximaler Beschattung mit einer Laubvegetation die Tagesmittelwerte der Wassertemperatur je Gewässertyp und Lage im Sommer um bis zu 6 °C – 7 °C reduziert werden können. Das Problem kleiner Bäche im Mittelgebirge besteht aber eher durch die Gefahr der Austrocknung. Dies gilt insbesondere für Bachoberläufe, welche von Bachforelle, Groppe, Elritze und wenigen anderen Fischarten wie auch vom Bachneunauge besiedelt werden. In der beginnenden Austrocknungsphase



können Teile der Fischpopulation noch rechtzeitig in tiefere Bachabschnitte ausweichen. Anderen gelingt dies nicht und sie verenden in austrocknenden Bachbetten. Im Dürresommer 2020 ist dies in Rheinland-Pfalz in verschiedenen Regionen wie beispielsweise im Hunsrück konkret zu beobachten gewesen. Es kommt also zu Verlusten in der Fischpopulation mancher, kleiner Bachoberläufe, deren Abfluss sich entweder rinnsalartig verringert oder ganz versiegt. Dementsprechend fallen die Auswirkungen lokal und regional sehr unterschiedlich stark aus. Die ökologische Zustandsbewertung von Bächen kann sich durch diese Effekte von Dürren verschlechtern; dies betrifft vorwiegend die Fische und mitunter auch Wasserpflanzen und benthische Algen.

Auch die aquatischen wirbellosen Tiere, wie z.B. Wasserinsekten, die den Gewässergrund besiedeln, sind von Dürre betroffen. Die Wirbellosen in kleinen Fließgewässern können ein seltenes Austrocknen recht gut überstehen. Die meisten Fortpflanzungs- und Jugendstadien der Wirbellosen können in den scheinbar trockenen Bachbetten in der Restfeuchte des Kieslückenraumes in einigen Zentimetern oder Dezimetern Tiefe überdauern. Dies gelingt umso besser, je besser die Wasserqualität ist. Bei zu hoher Nährstoffbelastung und entsprechenden mikrobiologischen Zehrungsprozessen z.B. infolge übermäßigen Algenaufwuchses verschlechtern sich jedoch die Sauerstoffverhältnisse im Kieslückenraum drastisch. Sauerstoffmangel und andere mikrobiologische Abbauprodukte (z.B. Ammonium) begrenzen für einen Großteil der Larven die Überlebenschancen in belasteten Fließgewässern und sie überstehen längere Trockenphasen daher dort nicht. Manche Arten z.B. unter den Fließgewässerinsekten sind ganz speziell an den Faktor Austrocknung angepasst und können ein alljährliches, sommerliches Austrocknen besonders gut überstehen. Solche Arten werden in Zukunft von zunehmenden Dürrephasen wahrscheinlich sogar profitieren.

Im Rahmen eines gewässerökologischen Klimawandelfolgen-Monitorings untersucht das Landesamt für Umwelt die ökologischen Auswirkungen sich verändernden Wassertemperatur- und Abflussverhältnisse. Das Untersuchungsprogramm ist langfristig angelegt und seit 2017 an acht anthropogen wenig beeinflussten Fließgewässern im Land sowie am Laacher See operativ. Das Konzept ist mit benachbarten Bundesländern im Rahmen des KLIWA-Projektes abgestimmt worden. Die Gewässerfauna wird auf Artniveau in jährlichem Abstand genau untersucht. Hierüber werden Erkenntnisse gewonnen, wie sich das Artenspektrum in Fließgewässern und Seen durch den Klimawandel



verändert. Die Wassertemperaturen werden hierbei mit Dauermesssonden in den Fließgewässern lückenlos registriert, im Laacher See wird auch der Sauerstoffgehalt kontinuierlich aufgezeichnet.

Zu Frage 4:

Die Betrachtung der Auswirkungen bei einer Klimaentwicklung auf Basis des Emissionsszenarios RCP 4.5 sind sehr selten und für die Konsequenzen auf die Flüsse und Bäche für Rheinland-Pfalz bisher nicht quantifiziert worden. In der Wasserwirtschaft konzentriert man sich auf das Emissionsszenario RCP 8.5. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass sich die Wasserwirtschaft einerseits auf den Worst-Case-Fall vorbereiten muss und zum anderen, dass das Emissionsszenario zum jetzigen Zeitpunkt den wahrscheinlichsten Entwicklungspfad darstellt.

Allerdings ist eine qualitative Einschätzung bezogen auf RCP 4.5 auf Basis der Ergebnisse von regionalen Klimamodellsimulationen möglich.

Für Rheinland-Pfalz wird ein Anstieg der Jahresmitteltemperatur von 1,5-3°C gegenüber den Bedingungen zum Ende des 20. Jahrhunderts projiziert. Beim Jahresniederschlag wird ein geringer Anstieg gegenüber den Bedingungen zum Ende des 20. Jahrhunderts erwartet, wobei im Winter ein deutlicher Anstieg der Niederschlagsmengen und im Sommer eine Niederschlagsabnahme simuliert wird. Im Winter wird der Niederschlag auch in den höheren Lagen überwiegend in Form von Regen auftreten. Die sommerlichen Trockenphasen werden häufiger als heute von intensiven, lokalen Starkregenereignissen unterbrochen.

Die Entwicklungen im Niedrigwasser in der Zukunft sind, bezogen auf das gesamte Jahr, noch nicht eindeutig und sehr saisonal geprägt. Durch die Zunahme der Winterniederschläge ist mit steigenden Niedrigwasserabflüssen im Winterhalbjahr grundsätzlich zu rechnen. Dem gegenüber sind im Sommerhalbjahr gleichbleibende bis abnehmende Niedrigwasserabflüsse möglich. Am Rhein ist mit deutlichen Abnahmen der Niedrigwasserabflüsse zu rechnen.

Generell kann es sein, dass eine wasserwirtschaftliche Nutzung die untersuchten Niedrigwasserabflüsse beeinflusst. Diese Nutzung durch den Menschen kann natürliche Veränderungen besonders in kleineren Gewässern überlagern, sodass diese nicht festgestellt werden können.



Eine anhaltende Klimaerhitzung bedeutet neben den hydrologischen Veränderungen Auswirkungen auf alle Lebensgemeinschaften von den Bachoberläufen bis zu den großen Flüssen bzw. Strömen.

Eine Absenkung der Schüttung beginnt bei den Quellen, die bei einer regelmäßigen Austrocknung die Fauna in Quellen und Quellbächen gefährdet. Wie schon unter Frage 4 beschrieben führt die wiederholte Austrocknung zu einer Gefährdung der Wirbellosenfauna. Noch problematischer wäre die Fischfauna betroffen. In Forellenbächen führt die Erwärmung und Austrocknung zu einer erheblichen Verkleinerung des Lebensraums und Sterberisiko auch durch Erwärmung und Sauerstoffmangel. Zum einen führt der Wassermangel zu einer Verkleinerung des besiedelbaren Areals durch Fische wie der Bachforelle und Groppe in den kleinen Bächen. Zum anderen führt die Erwärmung der Gewässer zu einer Verkleinerung des Lebensraums von den Unterläufen ausgehend. Insbesondere Fischarten wie die Äsche werden dadurch von oberstrom (durch Wassermangel) und von unterstrom (durch Erwärmung) in die „Zange genommen“. Insbesondere in den Mittelläufen der Gewässer führt der geringere Abfluss zu höheren Konzentrationen von Nähr- und Schadstoffen, die aus Kläranlagen in die Gewässer gelangen. Dadurch können toxikologische Belastungen und eine verstärkte Eutrophierung der Gewässer direkte und indirekte negative Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften ausüben. In den größeren staugeregelten Flüssen führen die Erwärmung und ein geringerer Abfluss zu stärkeren Entwicklungen von Algen. Als Folge können sehr starke Sauerstoffschwankungen und Mangelsituationen auftreten, wie sie heute schon an der Saar beobachtet werden. Die geringen Wasserstände und hohen Temperaturen können auch die Wanderungen von Langdistanzwanderfischarten wie den Atlantischen Lachs im Rhein beeinträchtigen.

Zu Frage 5:

Umsetzung von **Sequenzen von punktuellen Renaturierungsmaßnahmen** im Gewässergerinne zur Etablierung von tiefen Kolken: Naturnahe Gewässer verfügen über unterschiedliche Kolktypen, die allesamt ökologisch wichtig sind, insbesondere für die Populationen von Fischarten wie der Bachforelle und der Äsche. Gerade in begradigten Bächen ist die Tiefenvarianz gegenüber der naturnahen Gewässermorphologie zu gering ausgeprägt. Tiefe Kolke sind elementar als Temperatur- und Wasserrefugien in



Bächen für die Fließgewässerfauna. Mit impulsgebenden Maßnahmen können gewässertypische Kolke nachhaltig initiiert werden.

Umsetzung **linearer Renaturierungsmaßnahmen** am Gewässerufer: Etablierung von gehölzbestandenen Gewässerrandstreifen, zumindest an der Südseite des Gewässers zur Reduzierung des Wärmeeintrags. Dadurch wird die ökosystemeigene Widerstandsfähigkeit (Resilienz) erhöht. Diese Maßnahmen werden als *no-regret*-Maßnahmen bezeichnet, denn ein Gehölzsaum hat nicht nur eine Pufferwirkung vor diffusen Schad- und Nährstoffeinträgen, sondern beschattet kleinere Gewässer auch effektiv.

Umsetzung **flächiger Maßnahmen**: Landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Maßnahmen zur Reduzierung des Oberflächenabflusses und des Interflows.

gez.

Katrin Eder