

Klimaänderungen im Raum Vaihingen



Eine Zusammenstellung klimarelevanter Daten
von 1988 bis 2023 aus der Umgebung
von Vaihingen an der Enz

Impressum:

Erstellt von:

Dr. rer. nat. Bernhard Link
Ruländerstr. 3
71665 Vaihingen an der Enz

1. Auflage: Mai 2021

2., aktualisierte und erweiterte Auflage: März 2024

Titelseite:

Hitzegeschädigte Buchen im
Gewann Bruderhaus zwischen
Roßwag und Großglattbach
Foto: Bernhard Link

Inhalt: Klimaänderungen im Raum Vaihingen

1. Einführung	1
2. Datengrundlage und Auswertemodus	2
3. Geographische Lage von Vaihingen.....	3
4. Temperaturparameter im Raum Vaihingen von 1988 bis 2023.....	4
5. Windgeschwindigkeit im Raum Vaihingen zwischen 2007 und 2023	9
6. Niederschläge im Raum Vaihingen zwischen 1988 und 2023.....	11
7. Grundwasser und Grundwasserneubildung im Raum Vaihingen	15
8. Badewasserqualität im Oberen und Unteren Seewaldsee	19
9. Wasserabfluss am Pegel Vaihingen zwischen 1995 und 2023.....	21
10. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	26
11. Danksagung	30
12. Weiterführende Literatur (Auswahl).....	30

1. Einführung

Seit 1948, dem Jahr meiner Geburt, sind die jährlichen CO₂-Emissionen durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern weltweit von ca. 5,4 Gt auf über 36 Gt gestiegen und haben sich damit in den letzten 75 Jahren nahezu versiebenfacht (Quelle: <https://www.volkerquaschning.de/datserv/CO2/index.php>). Es verwundert daher nicht, dass damit einhergehend auch der Kohlendioxidgehalt in der Atmosphäre kontinuierlich zugenommen hat. Während ich in meiner Schulzeit in den 1960er Jahren noch gelernt habe, dass der CO₂-Gehalt in der Luft relativ konstant 300 ppm betrage (z. B. Max Schmidt, Anorganische Chemie I, Hochschultaschenbücher 86/86a, Mannheim 1967), ist er inzwischen auf über 420 ppm

gestiegen. Entsprechend hat sich wegen des Treibhauseffekts von Kohlendioxid die Temperatur der Atmosphäre aufgeheizt. Diese Energiezufuhr hat inzwischen weltweit zu Klimaveränderungen geführt, die gravierende Umweltänderungen bewirken und zunehmend zu einer Bedrohung der menschlichen Existenz werden.

Dabei stellt sich die Frage, inwiefern sich diese Klimaänderungen auch in der direkten Region um Vaihingen bemerkbar machen. Subjektive Eindrücke über besonders heiße oder trockene Sommer werden zwar zunehmend geäußert, aber einzelne Wetterereignisse können trügerisch sein und einen objektiven Trend

verdecken. Daher sollten für eine Beantwortung dieser Frage objektive Messungen über längere Zeiträume herangezogen werden. Die Klimaforscher arbeiten in Zeiträumen von 30 Jahren. Ihnen sind die langfristigen Trends wichtig, was bedeutet, dass es auch in einem

2. Datengrundlage und Auswertemodus

Als Grundlage für die Temperatur- und Niederschlagsdaten dieser Auswertung dienen die Aufzeichnungen, die seit 1988 an der Messstation des Deutschen Wetterdienstes in Sachsenheim (Stations-Nr. 4349) erhoben werden. Da aus Mühlacker die Wetterdaten erst ab 2007 vollständig vorliegen und die Daten aus der Messstation Vaihingen nicht unentgeltlich bereitgestellt werden, fiel die Wahl auf Sachsenheim. Außerdem liegt die Wetterstation in Sachsenheim auf einer Höhe von 248 m über dem Meeresspiegel in Zentrumsnähe von Sachsenheim und dürfte damit insgesamt die Wettersituation im Siedlungsgebiet von Vaihingen und seinen Teilorten (zwischen 200 und ca. 300 m) besser beschreiben als die Daten der Messstation Vaihingen selbst, die in Höhenlage (282 m über dem Meeresspiegel) beim Stromberggymnasium liegt. Die Entfernung zwischen Vaihingen und Sachsenheim beträgt auf der Luftlinie ca. 8,5 km. Beide Orte sind hauptsächlich in Hanglage bebaut und somit luftklimatisch einigermaßen vergleichbar. Daten zur Windgeschwindigkeit liegen an der Wetterstation in Sachsenheim nur vereinzelt vor. Daher wurden hierfür ab 2007 die Daten der Station in Mühlacker-Lienzingen (Stations-Nr. 3362, 244 m ü.d.M.) herangezogen.

Die Daten der Wetterstation Sachsenheim und Mühlacker stehen über den Serverdienst <https://opendata.dwd.de> des Deutschen Wetterdienstes kostenlos zur Verfügung. Zur Auswertung wurden sie in eine Excel-Datei übertragen und dann entsprechend aufbereitet. Eine Zusammenstellung der jährlichen Nieder-

langfristigen Erwärmungstrend immer wieder Ausreißer nach oben oder unten geben kann. Klima nicht mit dem Wetter zu verwechseln; beim Wetter handelt es sich um kurzfristige Ereignisse in Zeiträumen von wenigen Tagen oder Wochen.

schläge an der Wetterstation in Vaihingen wurde von der Stadtverwaltung Vaihingen übermittelt.

Verschiedene Daten zum Grundwasser und zur Grundwasserneubildung finden sich im Internetauftritt der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW). Zwischen dem Deutschen Wetterdienst (DWD) und den Wasserwirtschaftsverwaltungen der Ländern Baden-Württemberg, Bayern, Hessen und Rheinland-Pfalz existiert seit über zwanzig Jahren ein gemeinsames Projekt mit dem Namen **KLIWA** (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft), das zum Ziel hat, die Auswirkungen der bisherigen und künftigen Klimaveränderung auf den Wasserhaushalt der Flussgebiete in Süddeutschland zu ermitteln bzw. abzuschätzen und soweit erforderlich wasserwirtschaftliche Handlungsempfehlungen abzuleiten. Veröffentlichungen dazu sind ebenfalls im Internet zu finden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Badewasserqualität des Oberen und Unteren Seewaldsees wurden vom Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg und vom Gesundheitsamt im Landratsamt Ludwigsburg übermittelt; Messergebnisse ab 2020 stehen online unter <https://badegewaesserkarte.landbw.de/> zur Verfügung.

Daten zu den Pegelständen bzw. den Durchflüssen an der Enz in Vaihingen wurden vom Regierungspräsidium Stuttgart, Außenstelle Heilbronn, bereitgestellt. Die Pegelstation in Vaihingen wurde am 01.11.1994 in Betrieb

genommen, so dass hier erst ab diesem Datum Aufzeichnungen vorliegen.

Soweit Mittel- oder Summenwerte zu einzelnen Parametern nicht bei den übermittelten Daten vorlagen, wurden sie aus den jeweiligen Tages- oder Monatswerten selbst errechnet.

3. Geographische Lage von Vaihingen

Vaihingen liegt in einer Talweitung der Enz zwischen Pforzheim und Bietigheim. Die Enz hat sich hier in den Oberen Muschelkalk eingegraben und erreicht in Vaihingen eine Höhe von 200 m über dem Meer. Die Bebauung zieht sich in der Kernstadt vom Enztal in nordöstlicher Richtung an den Muschelkalkhängen hinauf bis auf eine Höhe von etwa 280 m und erreicht dort den Unteren Keuper. Vaihingen liegt damit deutlich unter dem Landesdurchschnitt von 443 m ü.d.M. (siehe Abb. 1a). Da die Durchschnittstemperaturen primär von der

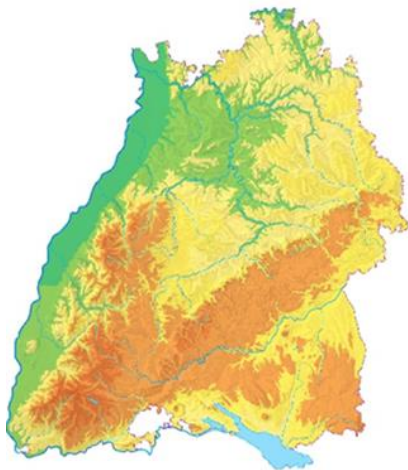
Trendlinien wurden als Regressionsgeraden über die Methode der kleinsten Fehlerquadrate erstellt; das Bestimmtheitsmaß (R^2) ist in den Abbildungen mit angegeben.

Höhenlage abhängen, ist die Gegend um Vaihingen eher dem wärmeren Teil Baden-Württembergs zuzuordnen, die Jahresmitteltemperatur an der Wetterstation Sachsenheim liegt etwa 1,4 °C über dem Landesdurchschnitt (siehe Abb. 1b und Abb. 2). Durch die im Westen vorgelagerten Ausläufer des Schwarzwaldes befindet sich Vaihingen im Regenschatten des Schwarzwaldes und erhält daher mit jährlich ca. 700 mm/m² gegenüber 1000 mm/m² im Landesvergleich eher unterdurchschnittliche Regenmengen (siehe Abb. 1c).

Abb. 1a-c: Topographie, Temperatur und Niederschläge in Baden-Württemberg

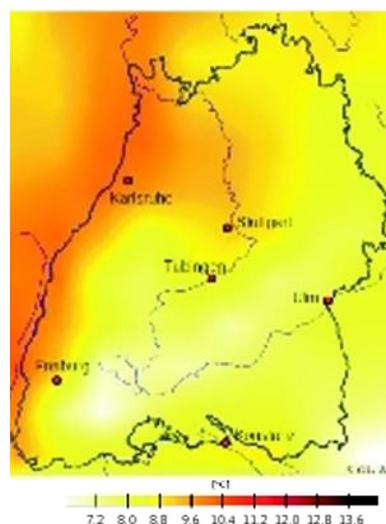
Topografische Karte BW Baden-Württemberg

Datenquelle: LGL, www.lgl-bw.de



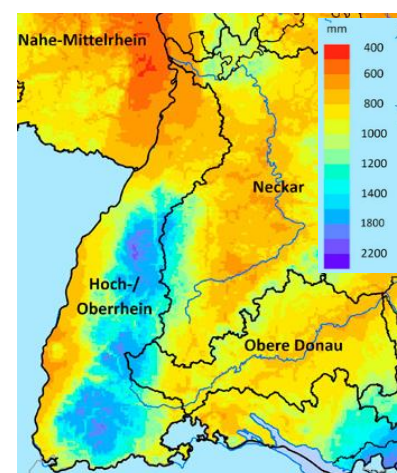
Jahresdurchschnitts- temperatur 1971-2000

lubw.baden-wuerttemberg.de



Jahresniederschlag in BW Mittelwerte 1991-2020

Quelle: KLIWA, www.kliwa.de.



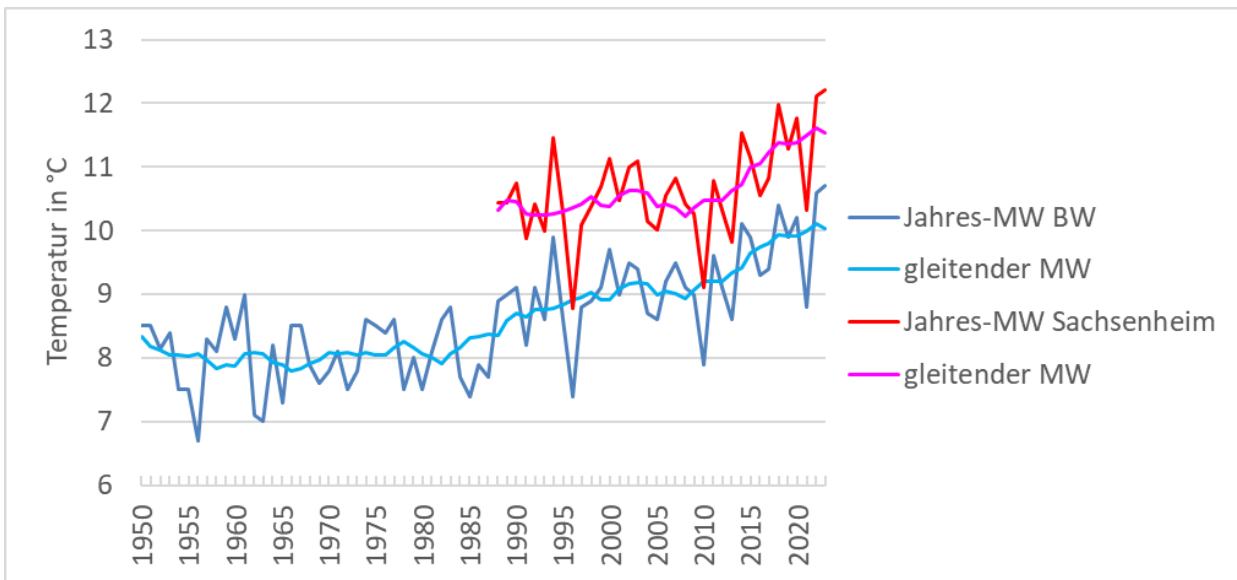
4. Temperaturparameter im Raum Vaihingen von 1988 bis 2023

Die **Jahresmittelwerte der Lufttemperatur**, gemessen in 2 m Höhe, wurden als arithmetisches Mittel aus den jeweiligen Tagesmittelwerten berechnet. Sie lagen in Sachsenheim in den Jahren 1988 bis 2023 zwischen 8,78 °C (1996) und 12,22 °C (2023). Sie zeigen dasselbe Muster wie die Jahresmittelwerte von Baden-Württemberg insgesamt (flächenbezogener Mittelwert), übersteigen diese Werte aber aufgrund der geringeren Höhenlage von

Sachsenheim (248 m ü. NN) im Vergleich zum Landesdurchschnitt insgesamt um ca. 1,4 °C (siehe Abb. 2).

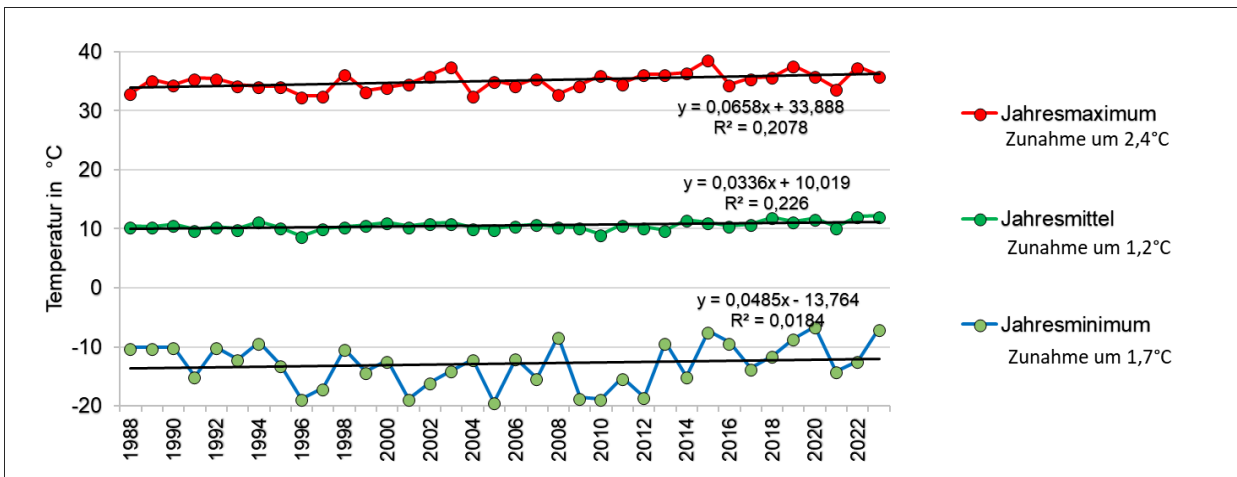
Trotz der Unterschiede von Jahr zu Jahr lässt sich insgesamt ein kontinuierlicher Anstieg zu höheren Temperaturen erkennen; im Durchschnitt haben die Jahresmittelwerte in den letzten 36 Jahren um 1,2 °C zugenommen (Abb. 3, grüne Linie).

Abb. 2: Jahresmittelwerte der Temperatur in Baden-Württemberg und an der Wetterstation Sachsenheim



Die gleitenden Mittelwerte wurden über 10 Jahre errechnet

Abb. 3: Jährliche Mittelwerte, Maximal- und Minimalwerte der Temperatur an der Wetterstation Sachsenheim



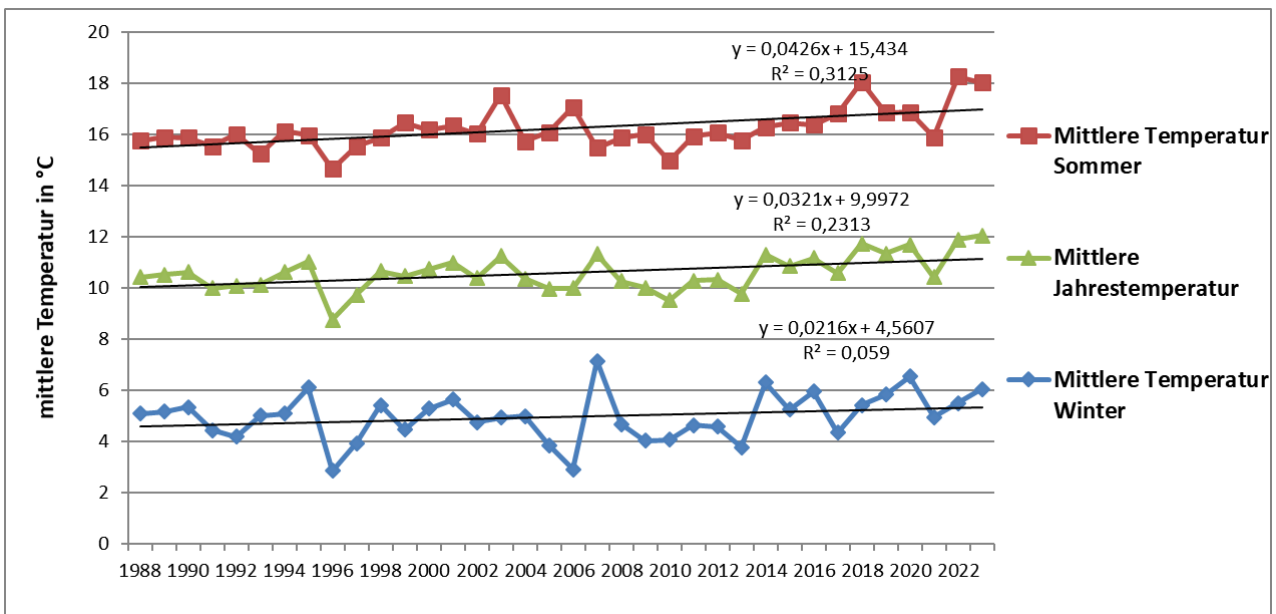
Die **Temperaturmaxima** in den jeweiligen Jahren variierten zwischen 32,5°C (1995) und 38,7°C (2015). Dabei ist ein deutlicher Trend zu höheren Temperaturen erkennbar; im Mittel stiegen die Maximaltemperaturen im Untersuchungszeitraum um 2,4 °C an (Abb. 3, rote Linie).

Bei den **Temperaturminima** schwanken die jährlichen Werte beträchtlich; mit -19,6 °C trat im Jahr 2005 die kälteste Temperatur auf, im Jahr 2020 betrug die tiefste Temperatur dagegen nur -6,5 °C. Im Durchschnitt ist auch hier zwischen 1988 und 2020 ein Anstieg um 1,7°C zu verzeichnen, wobei dieser Anstieg aufgrund

der starken Schwankungen mit einer größeren Unsicherheit behaftet ist (Abb. 3, blaue Linie).

In Abb. 4 sind die Mittelwerte der Temperatur getrennt nach **Sommerhalbjahr** (Mai bis Oktober) und **Winterhalbjahr** (November bis April) aufgetragen, die gleichzeitig eingetragenen Jahresmittelwerte beziehen sich im Unterschied zu Abb. 3 auf die Zeiträume von November des Vorjahres bis zum Oktober des Folgejahres. Dabei zeichnet sich insgesamt über den gesamten Zeitraum von 1988 bis 2023 bei den mittleren Temperaturen im Sommer eine stärkere Zunahme (1,53°C) ab als im Winter (0,78°C). Insgesamt ist also die Klimaänderung jahreszeitlich in den Sommermonaten bei uns stärker ausgeprägt.

Abb. 4: Durchschnittliche Temperaturen in den Sommer- und Winterhalbjahren an der Wetterstation Sachsenheim



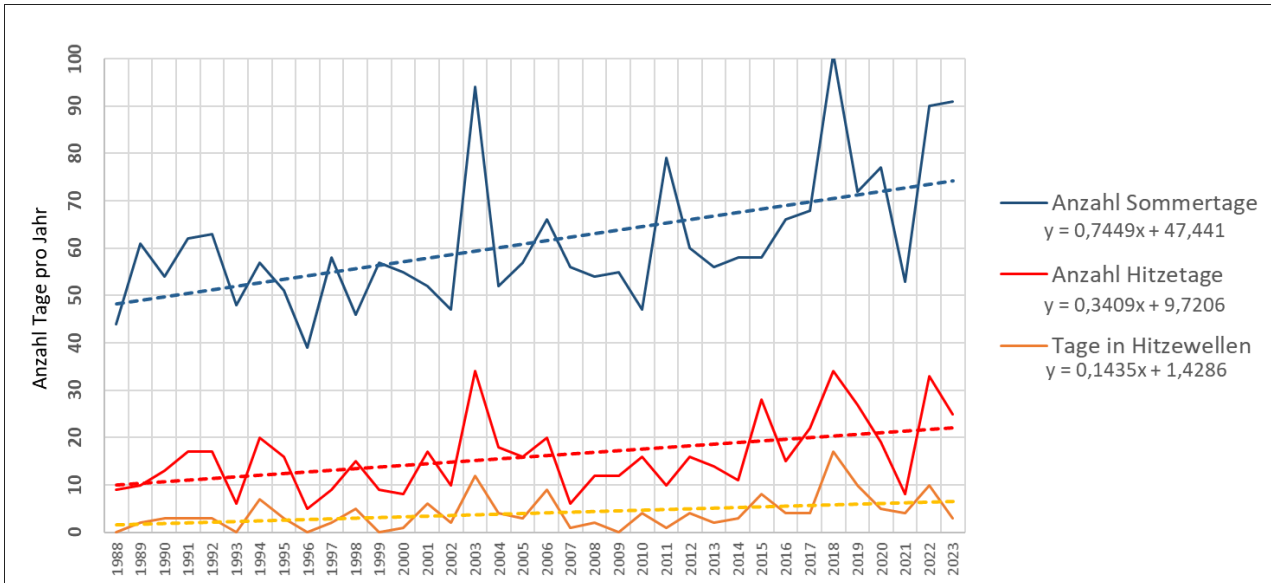
Dies zeigt sich auch bei anderen Temperaturparametern. Als **Sommertage** werden Tage bezeichnet, an denen die maximale Tagestemperatur 25°C erreicht oder überschreitet. In Sachsenheim lag die Zahl der Sommertage pro Jahr zwischen 39 Tagen (1996) und 101 Tagen (2018); im Schnitt nahmen die Sommertage im Untersuchungszeitraum um 20 von 50 auf 70 Tage pro Jahr zu (Abb. 5, blaue Linie). **Hitze-tage** sind Tage, an denen eine maximale

Tagestemperatur von 30°C erreicht oder überschritten wird. Auch hier ist im Untersuchungszeitraum ein Anstieg von durchschnittlich 10 auf 21 Tage pro Jahr, also mehr als eine Verdoppelung, zu verzeichnen (Abb. 5, rote Linie). Eine **Hitzewelle** ist bisher nicht einheitlich definiert; häufig wird darunter eine Folge von mindestens drei Hitzetagen hintereinander verstanden. Geht man von dieser Definition aus, so zeigt sich auch hier ein

entsprechender Anstieg. Während zu Beginn des Untersuchungszeitraums nur an durchschnittlich einem Tag pro Jahr von einer Hitzewelle gesprochen werden konnte, war dies

gegen Ende der Untersuchung an durchschnittlichen sieben Tagen im Jahr der Fall (Abb. 5, gelbe Linie).

Abb. 5: Sommertage, Hitzetage und Tage in Hitzewellen an der Wetterstation Sachsenheim



In Tab. 1 ist die Verteilung der verschiedenen Parameter in den Zeiträumen von 1988 bis 1999, von 2000 bis 2011 und von 2012 bis 2023 zahlenmäßig separat aufgeführt; auch hier zeigen sich entsprechende Unterschiede, wobei die Zunahmen überwiegend in der letzten Dekade auftraten. Die Anzahl der

Tropennächte, an denen die Temperatur nachts nicht unter 20°C sinkt, hat ebenfalls deutlich zugenommen. Während in den 24 Jahren zwischen 1988 und 2011 insgesamt fünf Tropennächte auftraten, gab es in den zwölf Jahren zwischen 2012 und 2023 schon acht Tropennächte.

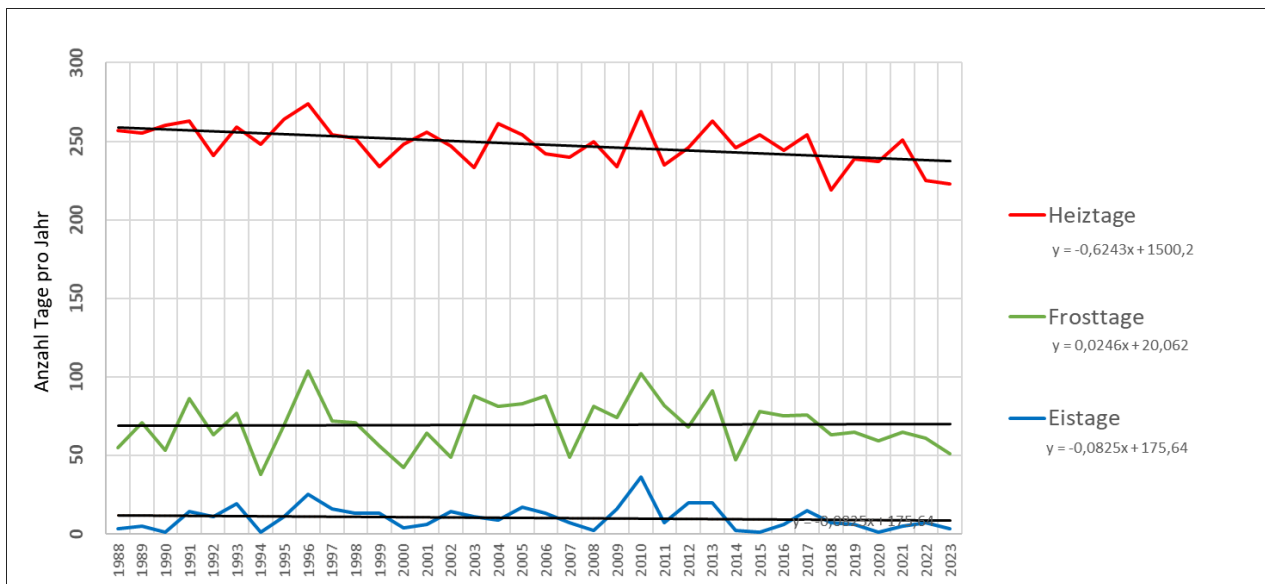
Tab. 1: Verteilung heißer und kalter Tage zwischen 1988 und 2023

Zeitraum	Sommertage	Hitzetage	Hitzewellentage	Tropennächte	Heiztage	Frosttage	Eistage
1988-1999	640	146	28	2	3061	815	132
2000-2011	714	179	45	3	2969	883	142
	(+ 12%)	(+23%)	(+61%)	(+50%)	(- 3 %)	(+ 8%)	(+ 8%)
2012-2023	850	252	81	8	2901	799	93
	(+33%)	(+73%)	(+189%)	(+300%)	(-5%)	(- 2%)	(- 30%)

Im Gegensatz dazu hat die Anzahl der jährlichen **Heiztage**, an denen die Tagesdurchschnittstemperatur unter 15°C blieb, im Untersuchungszeitraum um rund 20 Tage von ca. 260 auf ca. 240 Tage pro Jahr abgenommen (Abb. 6, rote Linie und Tab. 1). Bei den

Frosttagen (Tagesminimum kleiner 0°C) und bei den **Eistagen** (Tagesmaximum kleiner 0°C) lässt sich dagegen kein eindeutiger Trend erkennen (Abb. 6, grüne und blaue Linie bzw. Tab. 1).

Abb. 6: Anzahl der jährlichen Heiztage, Frosttage und Eistage an der Wetterstation Sachsenheim

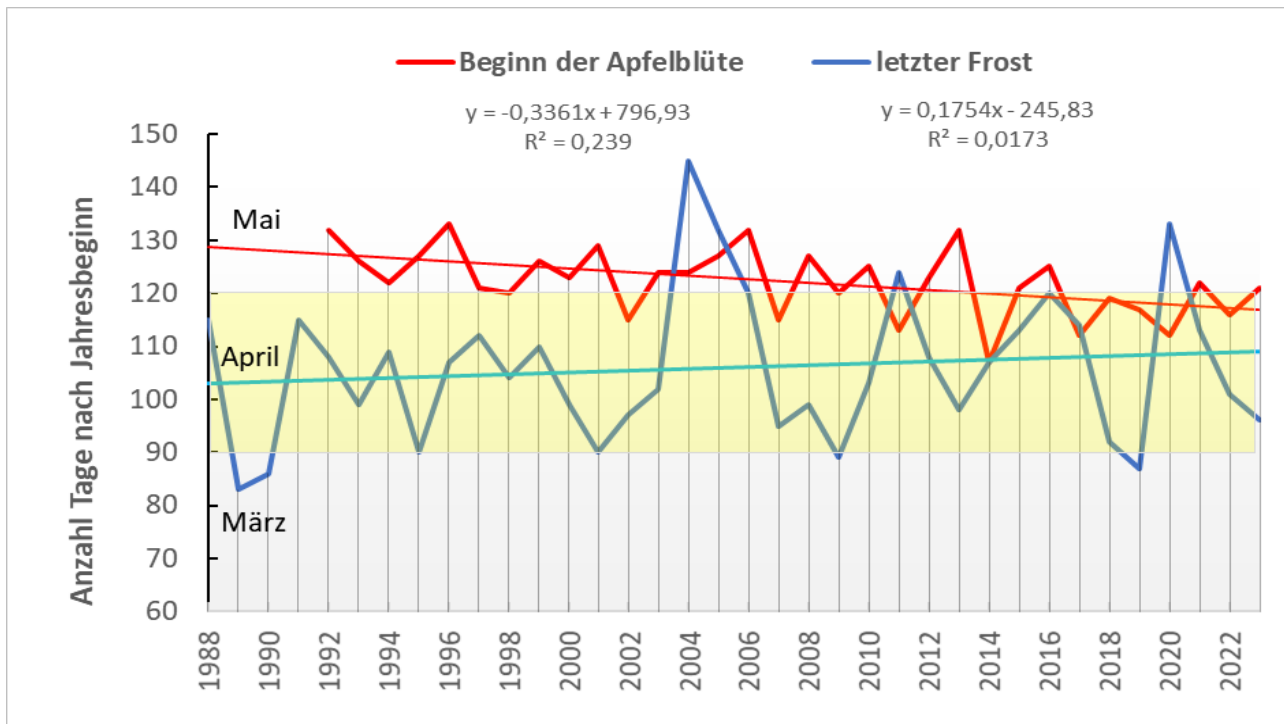


Diese Entwicklung hat zur Folge, dass im Frühjahr die Vegetationsperiode in der Regel zwar immer früher beginnt, dass aber trotzdem ähnlich häufig wie bisher Nachtfröste auftreten und zu entsprechenden Schäden im Obstbau, Gartenbau und in der Landwirtschaft führen können.

In Abb. 7 ist dies nochmals verdeutlicht. Hier ist als Beginn der Vegetationsperiode für jedes Jahr der Tag angegeben, an dem im Landesdurchschnitt von Baden-Württemberg die Apfelblüte begann (rote Linie). Gleichzeitig ist der Tag seit Jahresbeginn angegeben, an dem im Frühjahr an der Wetterstation Sachsenheim letztmals die Temperatur unter den Gefrierpunkt fiel (blaue Linie). Trotz der starken

Schwankungen von Jahr zu Jahr ist hier eine gegenläufige Entwicklung beider Ereignisse zu erkennen. Während sich die Obstbaumblüte immer früher in das Jahr verlagerte – innerhalb der letzten 30 Jahre um durchschnittlich 10 Tage früher – traten die letzten Nachtfröste dagegen im Laufe der Jahre im Durchschnitt immer später im Jahr auf. Während sich die Verschiebung der Vegetationsperioden zwanglos mit der Klimaerwärmung erklären lässt, scheinen die späteren Nachtfröste dieser Erklärung zu widersprechen. Meteorologen machen dafür jedoch eine Instabilität der Polarwirbel als Folge des Klimawandels verantwortlich, was dazu führt, dass auch noch relativ spät im Jahr polare Kaltluft unsere Region erreichen kann.

Abb. 7: Beginn der Apfelblüte und Auftreten später Nachtfröste in Sachsenheim



Quelle für den Beginn der Apfelblüte in Baden-Württemberg:

https://www.dwd.de/DE/leistungen/phaeno_sta/phaenosta.html?nn=588524#buehneTop

5. Windgeschwindigkeit im Raum Vaihingen zwischen 2007 und 2023

Daten zur Windgeschwindigkeit liegen an der Wetterstation Sachsenheim leider nicht durchgehend vor. Daher wurden für diese Auswertung die Daten der Wetterstation Mühlacker (Standort am östlichen Ortsrand von Lienzingen) ausgewählt, die dort seit 2007 verfügbar sind. Die **Tagesmittelwerte** der Windgeschwindigkeit lagen in dieser Zeit zwischen 0,2 km/h (21.12.2007) und 33,1 km/h

(10.02.2020), der Mittelwert über die gesamte Dauer von 17 Jahren betrug 7,5 km/h. Trägt man die Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeit gegen die Zeit auf (Abb. 8), zeigt sich zwar ein jahreszeitliches Muster mit höhere Windgeschwindigkeiten im Winterhalbjahr, ein eindeutiger zeitlicher Trend über den Gesamtzeitraum ist jedoch nicht erkennbar.

Abb. 8: Tagesmittel der Windgeschwindigkeit an der Messstelle in Mühlacker-Lienzingen

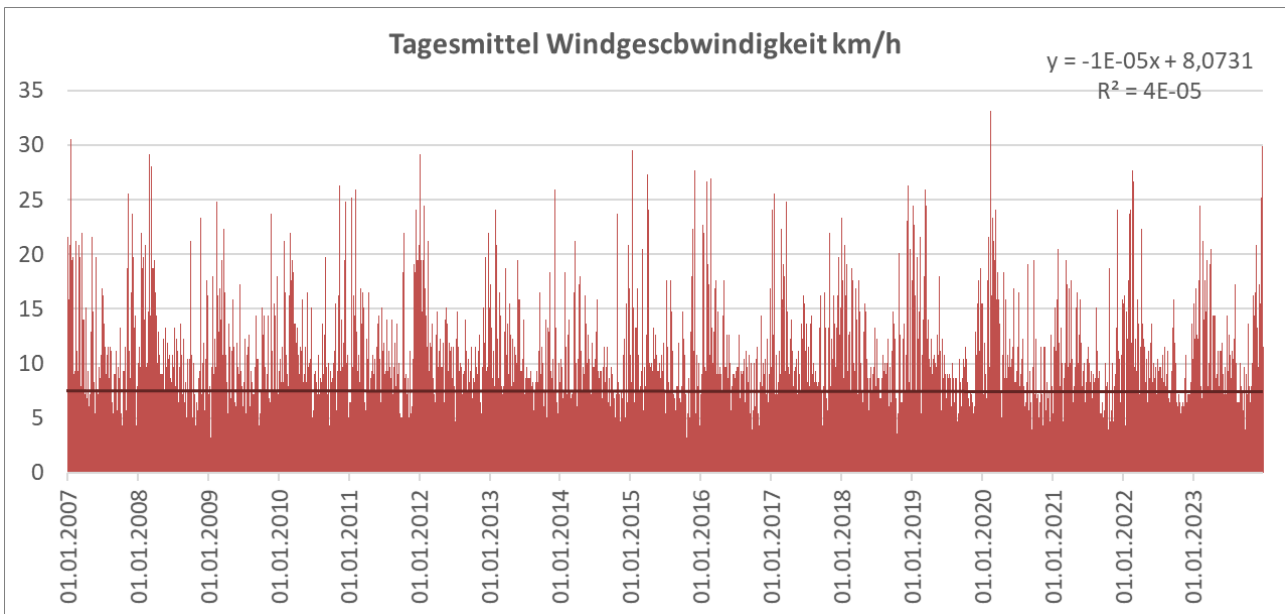
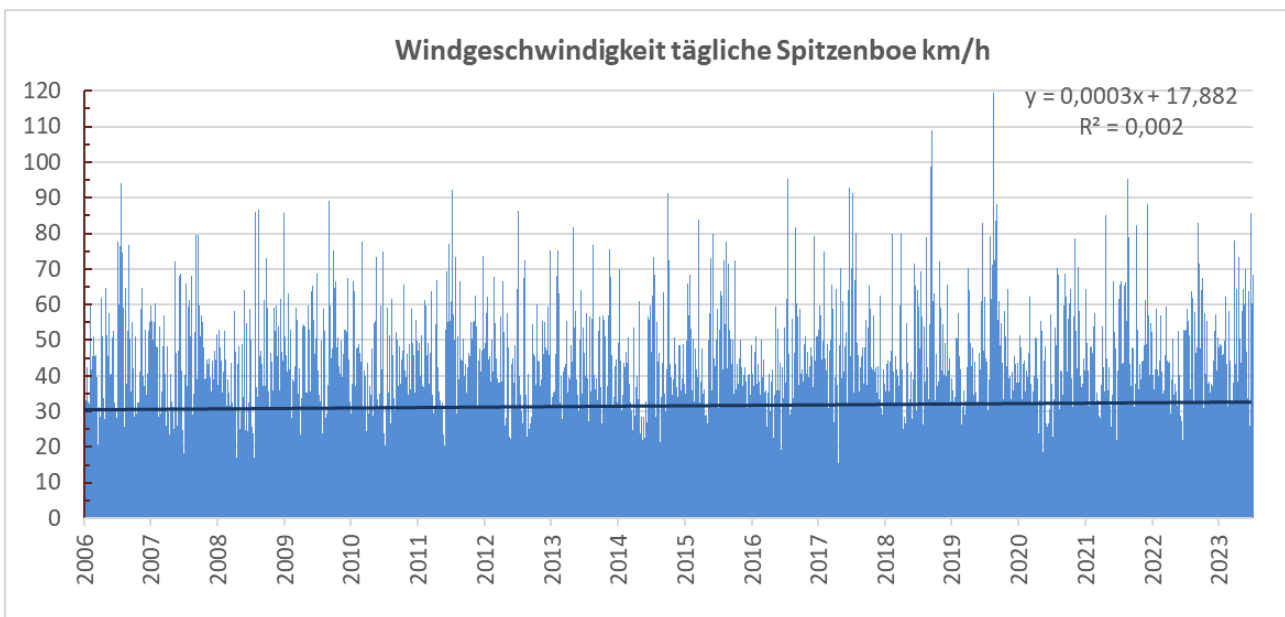


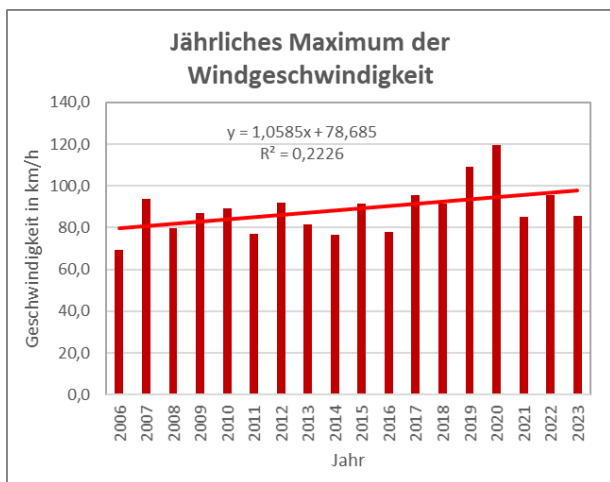
Abb. 9: Tägliche maximale Windgeschwindigkeit an der Messstelle in Mühlacker-Lienzingen



Etwas anders sieht es aus, wenn man statt des Tagesmittelwerts das **Tagesmaximum** der Windspitze (Spitzenböe) aufträgt (Abb. 9), hier zeigt sich über den 17jährigen Zeitraum ein Anstieg um 2,0 km/h bei einem Mittelwert von 32 km/h und einem Maximalwert von 120 km/h.

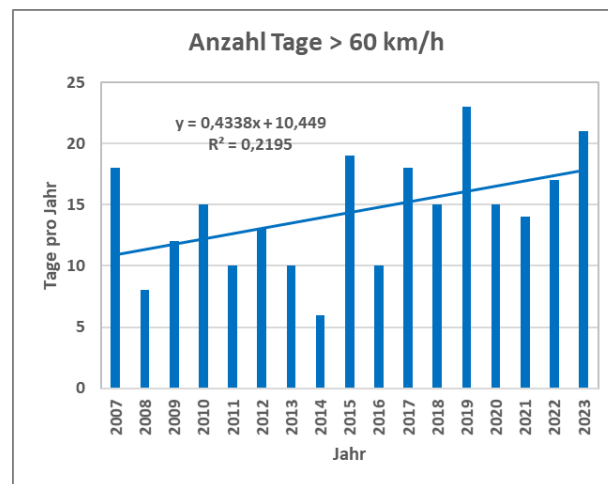
Deutlicher wird der Trend noch, wenn man das jährliche Maximum der Windgeschwindigkeit gegen die Zeit betrachtet; hier nimmt die maximale Windgeschwindigkeit im Untersuchungszeitraum durchschnittlich um 18 km/h zu (Abb. 10).

Abb. 10: Jährliches Maximum der Windgeschwindigkeit an der Messstelle Mühlacker



Zählt man die Tage im Jahr, an denen die Maximalgeschwindigkeit 60 km/h überschritten hatte, fällt der Anstieg noch deutlicher aus. Hier nahm die Zahl solcher Sturmstage im Schnitt um fast ein Drittel zu (Abb. 11).

Abb. 11: Jährliche Anzahl von Sturmtagen mit Windgeschwindigkeiten über 60 km/h



Insgesamt kann daraus geschlossen werden, dass sich im Untersuchungszeitraum von 17 Jahren die durchschnittliche Windgeschwindigkeit zwar nicht wesentlich änderte, dass aber zunehmend höher Spitzenwerte der Windgeschwindigkeit auftraten. Besonders betroffen war die Vaihinger Umgebung von einem heftigen Gewittersturm am 24. August 2023 (siehe Abb. 12).

Abb. 12: Sturmschäden in Vaihingen vom 24. August 2023 (Foto: Bernhard Link)

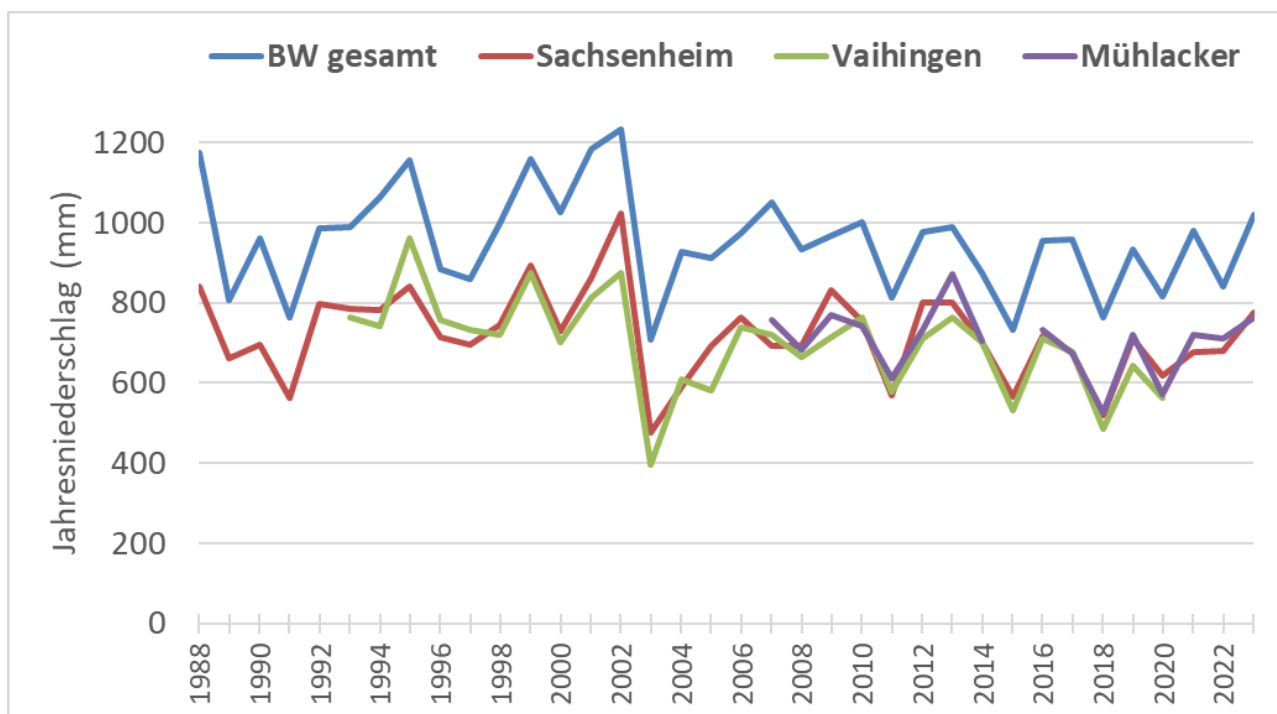


6. Niederschläge im Raum Vaihingen zwischen 1988 und 2023

Für die Jahresniederschläge standen ab 1988 Daten der Wetterstation Sachsenheim, ab 1993 von der Wetterstation Vaihingen und ab 2007 auch von der Wetterstation Mühlacker zur Verfügung; die Werte sind Abb. 13 gemeinsam mit den **Jahresmittelwerten** von Baden-Württemberg insgesamt aufgetragen. An allen drei Messstationen zeigten sich ähnliche

Jahresverläufe wie im gesamten Ländle; die Niederschläge in Vaihingen betragen ca. 72 %, in Sachsenheim und Mühlacker ca. 75 % der Niederschläge im Vergleich zum Landesdurchschnitt. Für die weiteren Auswertungen wurden nur die Daten aus Sachsenheim herangezogen, da sie täglich ab November 1987 ohne zusätzliche Kosten verfügbar waren.

Abb. 13: Vergleich der Jahresniederschläge für Baden-Württemberg insgesamt und an den Stationen Sachsenheim, Vaihingen und Mühlacker



In Abb. 14 sind die Niederschläge in Sachsenheim, getrennt nach **Sommerhalbjahr** (Mai bis Oktober, rote Linie) und dem **Winterhalbjahr** (November bis April, blaue Linie) aufgeführt. Die Niederschläge für das Gesamtjahr setzen sich hier im Unterschied zu Abb. 13 aus den Monaten November und Dezember des Vorjahres und den Monaten Januar bis Oktober des Folgejahres (hydrologisches Jahr) zusammen.

Insgesamt zeigen die Jahresniederschläge an der Station Sachsenheim im Messzeitraum

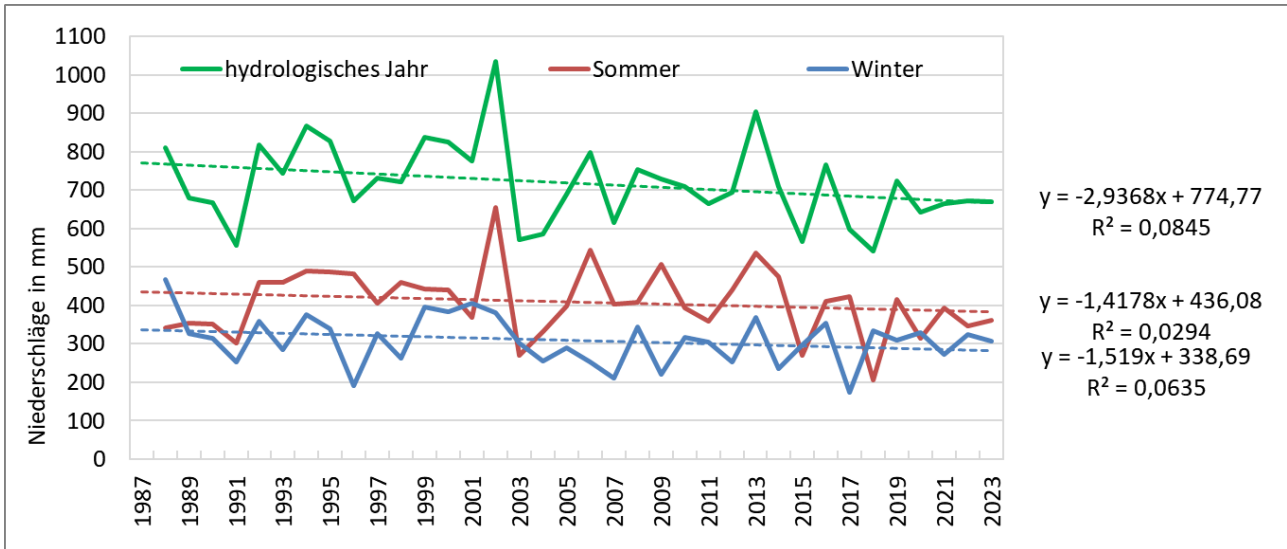
sehr starke Schwankungen zwischen 540 mm (2018) und 1035 mm (2002). Dabei ergibt sich über den Zeitraum von 36 Jahren ein Trend zu geringeren Niederschlägen von durchschnittlich 770 mm auf 660 mm. Im Vergleich zwischen Sommer- und Winterhalbjahr waren die Niederschläge im Sommer im Schnitt um rund 100 mm höher als im Winter. Der Rückgang der Jahresniederschläge war dabei im Winter etwas stärker als in den Sommermonaten.

Dies steht im Widerspruch zu den Klimamodellen für Baden-Württemberg, die generell

eine Abnahme der Regenmenge vor allem in den Sommermonaten und eine Zunahme der Regenmenge im Winter vorhersagen. Betrachtet man allerdings die letzten zehn Jahre der

Niederschlagsentwicklung, so deutet sich hier möglicherweise bereits eine Entwicklung in die von den Klimamodellen prognostizierte Richtung zu regenärmeren Sommern an.

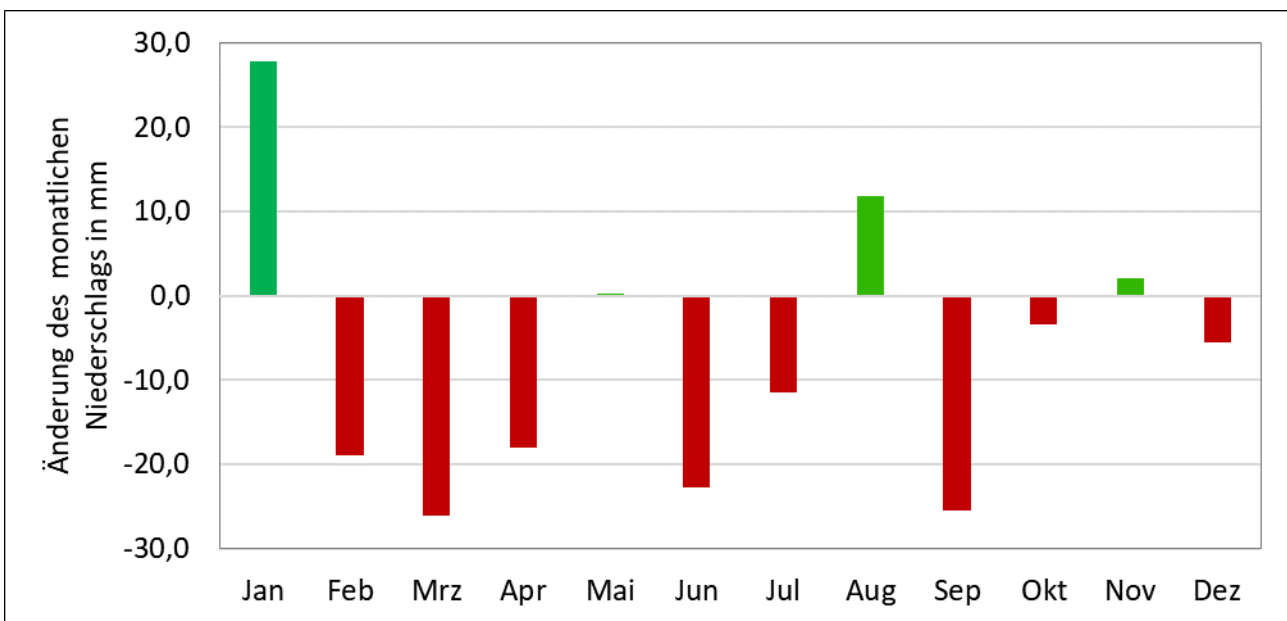
Abb. 14: Niederschläge an der Wetterstation Sachsenheim



Vergleicht man die Niederschlagsentwicklung an den einzelnen **Monaten** über den gesamten Untersuchungszeitraum, dann zeigt sich ein differenzierteres Bild (Abb. 15). Eine deutliche Zunahme der Niederschläge gab es im Januar und in geringerem Maße im August.

Dagegen nahmen die Niederschläge vor allem in den Monaten März, Juni und September ab und etwas weniger stark im Februar, April und Juli, in den anderen Monaten waren die Änderungen der Niederschläge vergleichsweise gering ausgeprägt.

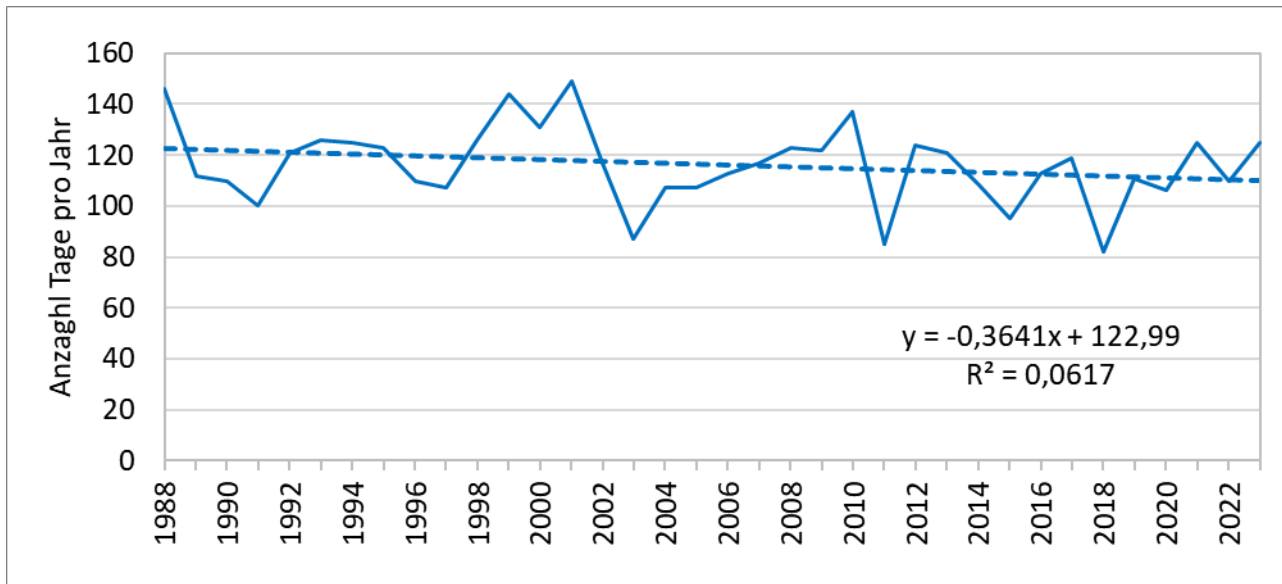
Abb. 15: Durchschnittliche Änderung der monatlichen Niederschläge zwischen 1988 und 2023



Zählt man die Tage im Jahr, an denen die Niederschläge 1 mm überstiegen, zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Jahresniederschlägen. Über den gesamten Zeitraum von 36

Jahren ergab sich dabei ein durchschnittlicher Rückgang solcher Regentage um 13 Tage (Abb. 16).

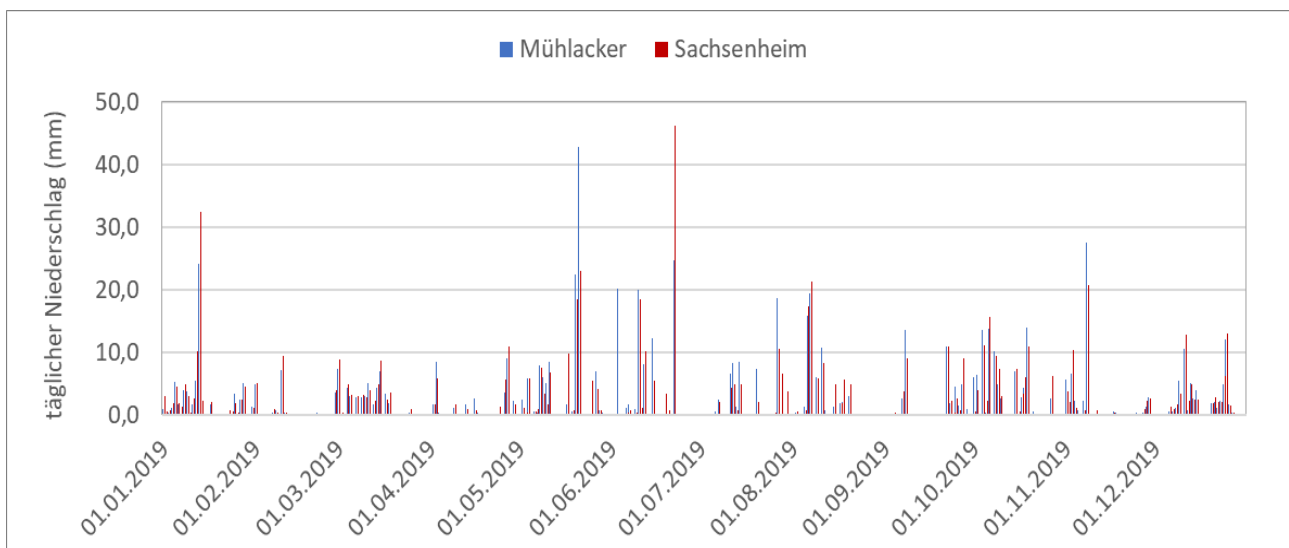
Abb. 16: Anzahl der Tage im Jahr mit Niederschlagshöhen über 1 mm



Betrachtet man die Niederschlagsmengen an den einzelnen Tagen, dann schwankten sie zwischen 0 und 71,5 mm (03.06.1992). Starkregenereignisse sind allerdings sehr lokale Ereignisse und können nicht ohne weiteres von einer Messstation auf deren nähere Umgebung übertragen werden. Dies zeigt Abb. 17, bei der die täglichen Niederschlagsmengen der Station Mühlacker und der Station Sachsenheim im Jahr 2019 aufgetragen sind.

Obwohl beide Messstationen in der Luftlinie nur etwa 14 km voneinander entfernt sind, traten Starkregenereignisse nicht immer synchron an den gleichen Tagen und nicht in ähnlicher Höhe auf. Die Starkregenereignisse in Sachsenheim können daher nicht auf Vaihingen übertragen werden; selbst zwischen den verschiedenen Ortsteilen von Vaihingen können starke Unterschiede auftreten.

Abb. 17: Tägliche Niederschläge in Sachsenheim und Mühlacker im Jahr 2019



Der Rückgang der Niederschlagsmenge hat in den letzten Jahren auch in der Region um Vaihingen zu Problemen in der Land- und Forstwirtschaft geführt. Dies ist insbesondere auch in den Wäldern um Vaihingen zu erkennen, wo es in starkem Maße Trockenschäden bei verschiedenen Baumarten, insbesondere bei den Buchen, gab (siehe Abbildung auf der Titelseite). Die geringer werdenden Niederschläge

im Winter können hier dazu führen, dass über die vegetationsarme Jahreszeit kein ausreichender Wassereintrag mehr in den Boden erfolgt, um die sommerlichen Verluste der Bodenfeuchtigkeit durch die verstärkte Verdunstung von Wasser über die Pflanzen wieder auszugleichen. Davon ist auch die Grundwasserneubildung betroffen (siehe nächster Kapitel).

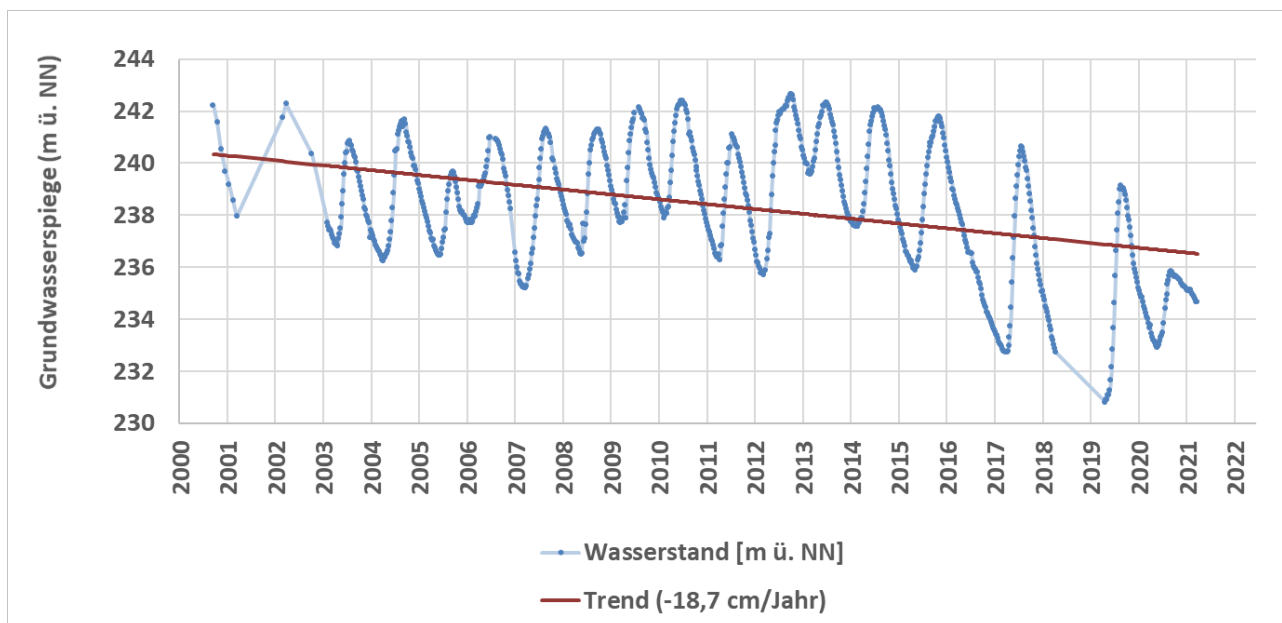
7. Grundwasser und Grundwasserneubildung im Raum Vaihingen

Nur ein Teil des Niederschlagswassers gelangt in das Grundwasser. Zum Teil verdunstet das Wasser direkt auf dem Boden, ein größerer Teil wird von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen und über die Blätter wieder in die Luft abgegeben. Diese beiden Prozesse sind stark von der Temperatur abhängig und daher im Sommer wesentlich stärker ausgeprägt als im Winter. Ein Teil des Niederschlags fließt außerdem direkt an der Oberfläche oder über Quellen in oberirdische Gewässer ab.

Von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg wird zu den Grundwasservorräten ein Bewertungsmessnetz betrieben, zu dem

in der Umgebung von Vaihingen eine Messstelle in Ötisheim auf 251 m über NN im Bereich des Oberen Muschelkalks gehört. Die Ganglinie des dortigen Grundwasserstandes ist ab dem Jahr 2001 in Abb. 18 dargestellt. Hier zeigt sich ein starker Trend für den Rückgang des Grundwasserstandes von nahezu 20 cm pro Jahr. Dabei ist der Rückgang vor allem in den letzten vier Jahren besonders stark ausgeprägt. Die winterlichen Niederschläge können die Verluste der Grundwasserstände im Sommer dabei nicht mehr ausgleichen.

Abb. 18: Ganglinie der Grundwassermessstelle Ötisheim der Stadtwerke Mühlacker

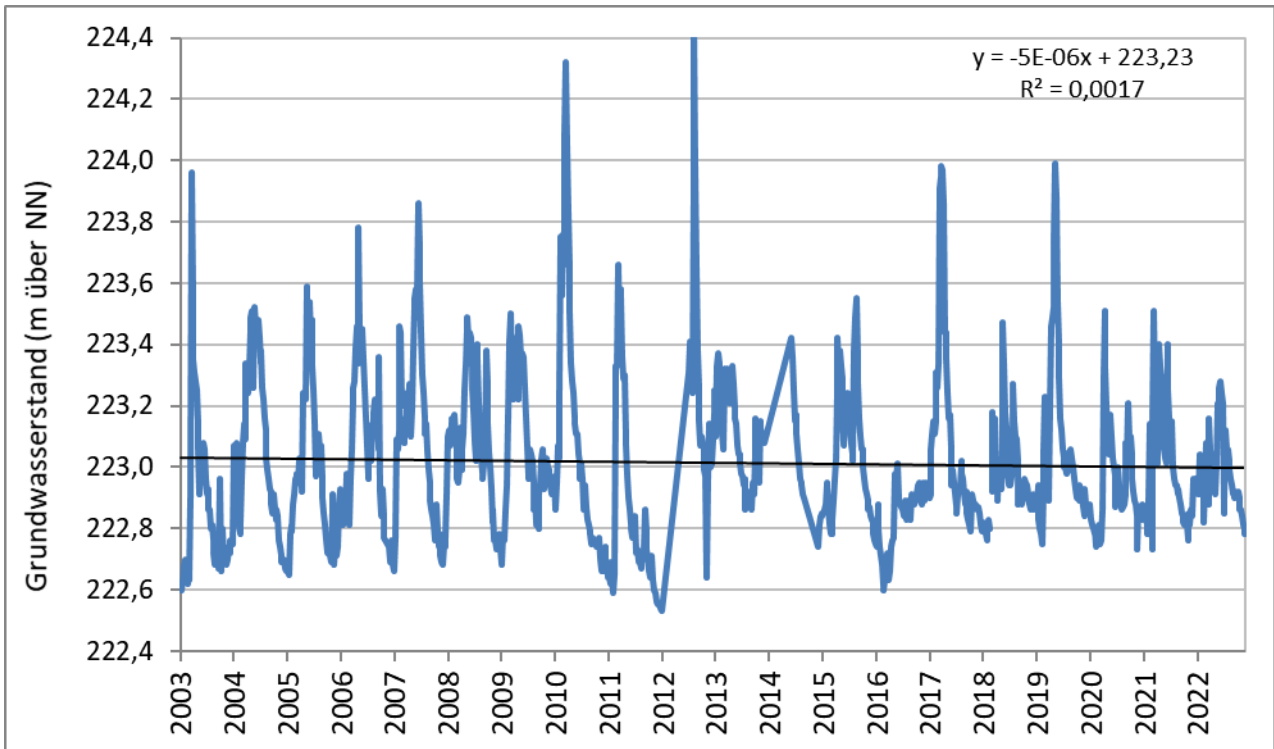


Quelle: <https://jdkgw.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/200/>

Sehr geringfügige Änderungen sind dagegen an der in der Enzaue gelegenen Messstelle bei Enzberg aufgetreten (siehe Abb. 19). Bei einem Mittelwert von ca. 223 m sank hier der Grundwasserspiegel über 20 Jahre durchschnittlich um ca. 4 cm ab. Möglicherweise ist

dies auf die Stauhaltung der Enz oberhalb von Mühlacker und die Beeinflussung durch exfiltrierendes Enzwasser in den Grundwasserleiter zurückzuführen

Abb. 19: Grundwasserstand der Messstelle Mühlacker/Enzberg von 2003 bis 2023

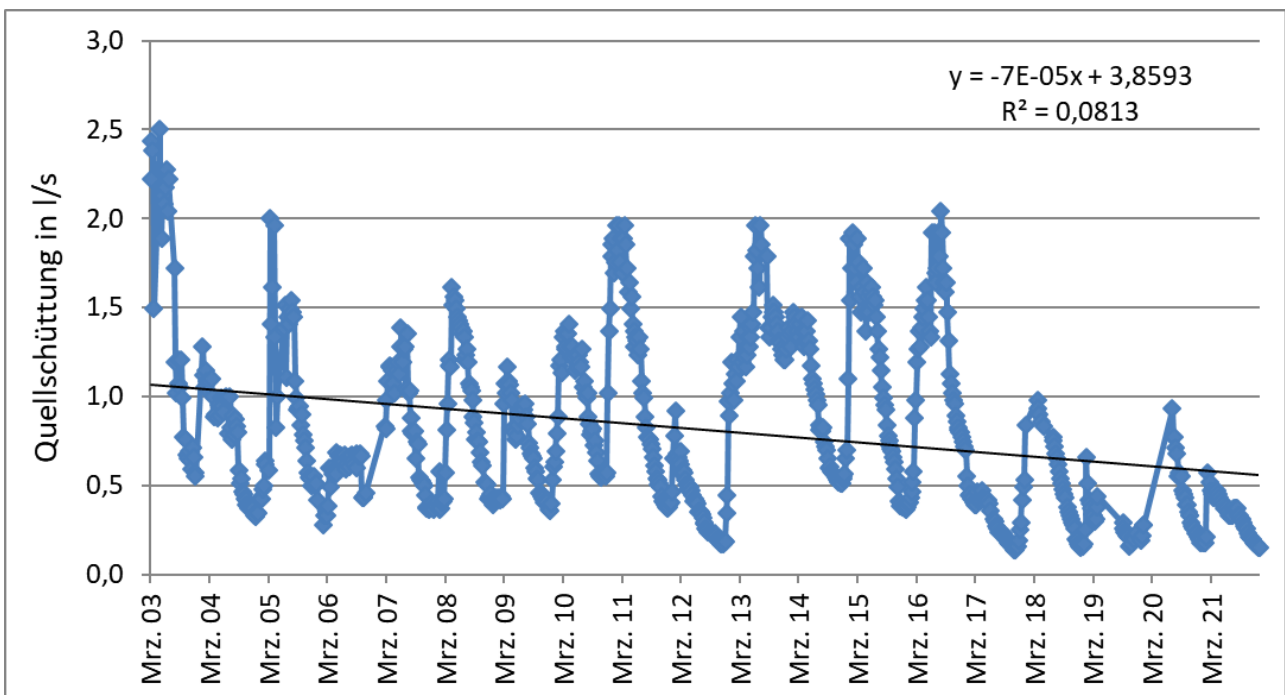


Quelle: <https://jdkgw.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/200/>

Nicht nur das Grundwasser, sondern auch die Schüttung von Quellen geht in unserer Region zurück. Dies zeigt sich z. B. an der Quellsfassung der Römersteigquelle in Gündelbach, deren Schüttung in Abb. 20 aufgetragen ist.

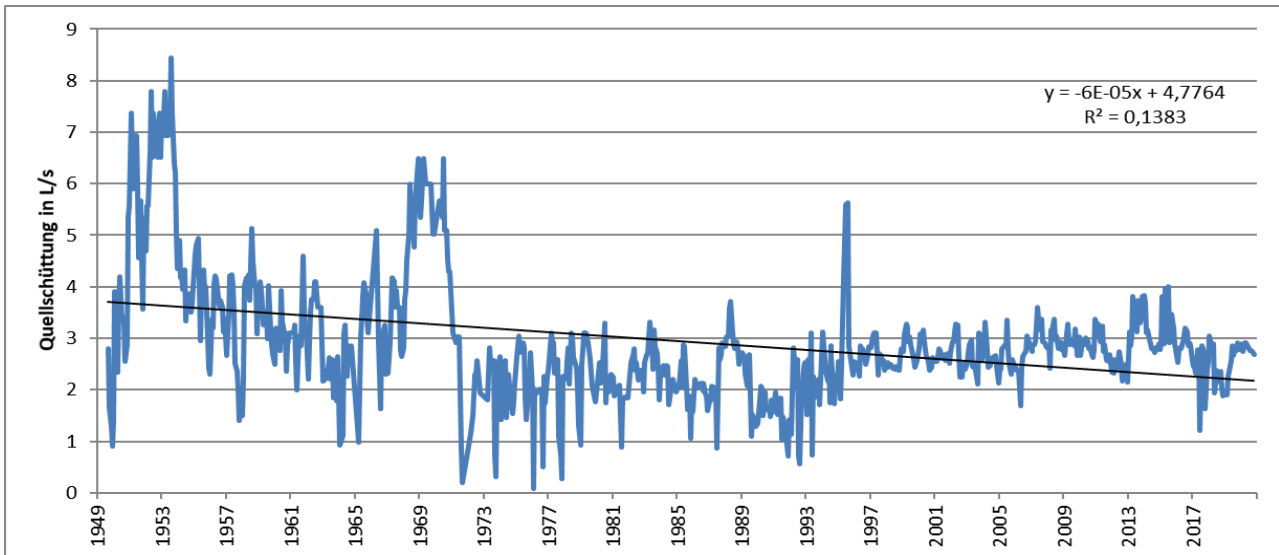
Innerhalb der letzten 20 Jahre ist hier die Quellschüttung um ca. die Hälfte zurückgegangen; auch hier ist der Rückgang in den letzten vier Jahren besonders dramatisch.

Abb. 20: Schüttung der Römersteigquelle in Vaihingen-Gündelbach



Quelle: <http://jdkgw.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/200/>

Abb. 21: Quellschüttung am Löbertsbrunnen seit 1949



An der Quelfassung am Löbertsbrunnen wird die Schüttung seit 1949 registriert; die Messungen sind in **Abb. 21** aufgetragen. Über den gesamten Messzeitraum ist die Quellschüttung um durchschnittlich 1,5 l/s zurückgegangen; in den letzten 25 Jahren war die Schüttung allerdings relativ konstant.

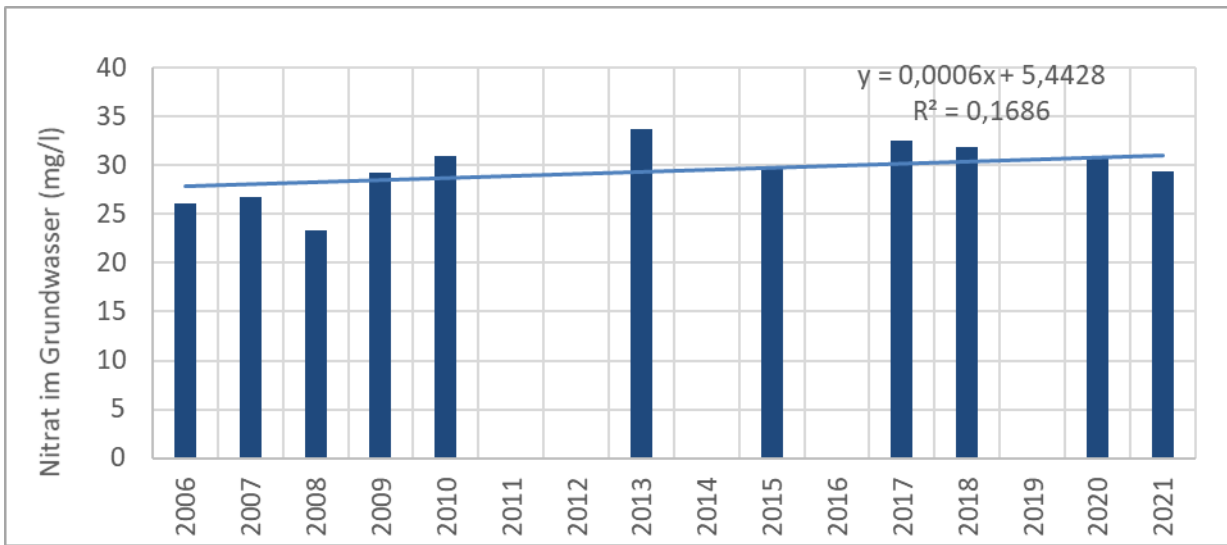
Als Folge der verminderten Grundwasserneubildung kann sich die Konzentration von Schadstoffen im Grundwasser möglicherweise erhöhen. Nitrat wird sowohl als Folge von Düngemaßnahmen in der Landwirtschaft als auch durch die Belastung der Luft mit Stickoxiden in die Böden und damit ins Grundwasser eingetragen. Hohe Niederschläge können dazu führen, dass die Nitratkonzentration im Grundwasser verdünnt wird, umgekehrt können geringe Niederschläge eine entsprechende Aufkonzentration dieser Stoffe bewirken. Wieweit im Einzelfall erhöhte Nitratreinträge oder verminderte Niederschläge zu einer Erhöhung der Nitratkonzentration führen, lässt sich nicht ohne weiteres klären; beide Prozesse können dafür verantwortlich sein.

In **Abb. 22** ist die Nitratkonzentration im Grundwasser des Grundwasserbrunnens „Köpfwiesen“ in Vaihingen in den letzten 15 Jahren aufgetragen. Hier zeigt sich bis zum Jahr 2013 eine deutliche Zunahme. Seither

scheint der Eintrag von Nitrat leicht zurückzugehen, so dass eine Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes von 50 mg Nitrat pro Liter an dieser Grundwasserquelle aktuell wohl nicht zu befürchten ist.

Die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) hat in mehreren KLIWA-Projekten umfangreiche statistische Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Grundwasserständen und Quellschüttungen durchgeführt und dabei ein Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW eingesetzt. Beim GWN-BW handelt es sich um ein deterministisches, flächendifferenziertes Modell zur Berechnung der aktuellen Evapotranspiration (Gesamtverdunstung), zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes sowie zur Bestimmung der unterhalb der durchwurzelten Bodenzone gebildeten Sickerwassermenge. Im KLIWA-Heft 21 sind die Ergebnisse von Simulationen des Bodenwasserhaushalts und der daraus resultierenden Grundwasserneubildung für die Vergangenheit (1951-2015) auf der Basis von Messdaten dargestellt. Es wurde aufgezeigt, ob und inwieweit Veränderungen von Komponenten des Bodenwasserhaushalts und insbesondere der Grundwasserneubildung bereits in den vergangenen 65 Jahren (1951-2015) stattgefunden haben.

Abb. 22: Nitrat im Grundwasser am Brunnen „Köpfwiesen“ in Vaihingen



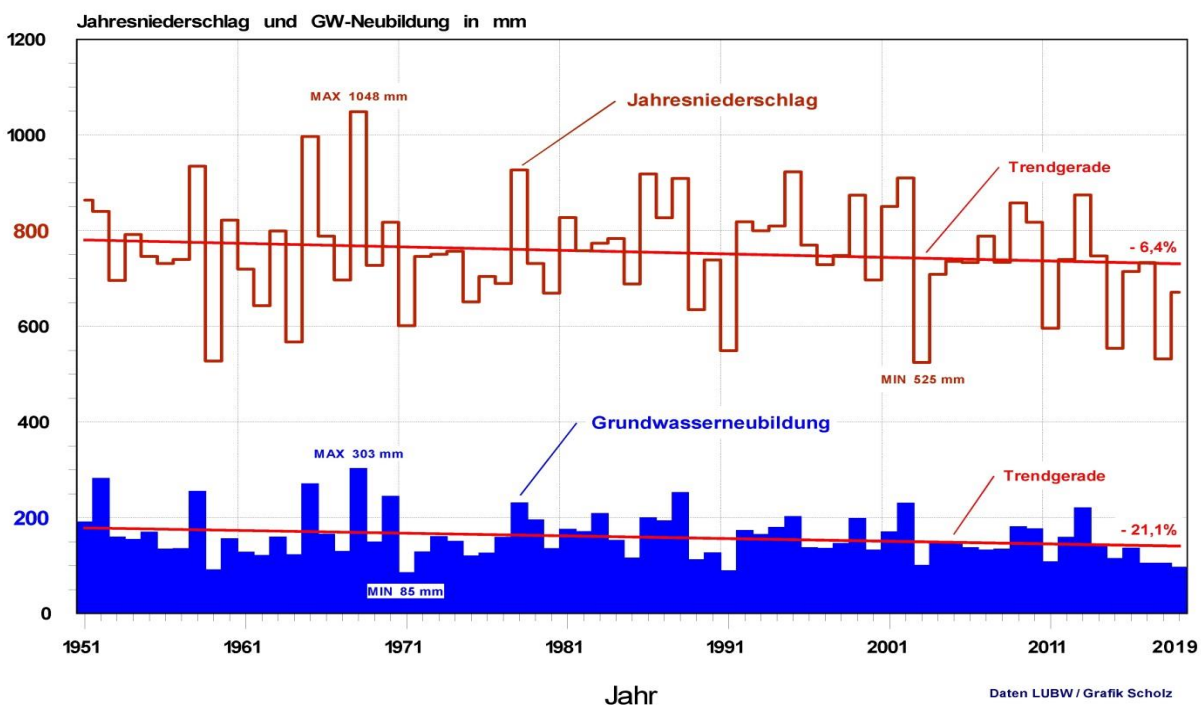
Quelle: <http://jdkgw.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/200/>

Die LUBW hat die Berechnungen mit aktuellen Daten bis zum Jahr 2019 ergänzt. Für unsere Raumschaft, die im Schwäbisches Keuper-Lias-Land liegt und sich über weite Teile von BW erstreckt, wird eine Reduktion der Grundwasserneubildung für die Zukunft von -15% bis -25% vorhergesagt.

Die Monatswerte der Jahresniederschläge und die Grundwasserneubildung sind in Abb. 23 für das Wasserschutzgebiet Strudelbach mit einem Einzugsgebiet von 51 km² aufgetragen. Während der Jahresniederschlag von 1951 bis 2019 um 6,4 % zurückging, reduzierte sich die Grundwasserneubildung im gleichen Zeitraum um 21,1 %.

Abb. 23: Jahresniederschlag und Grundwasserneubildung im Wasserschutzgebiet Strudelbach

Vergleich Jahresniederschlag und Grundwasserneubildung im WSG Strudelbach (51 km²)



8. Badewasserqualität im Oberen und Unteren Seewaldsee

Öffentliche Badeseen werden in Baden-Württemberg – wie überall in der Europäischen Union – nach der Richtlinie 2006/7/EG (Bade-gewässerrichtlinie) durch die Gesundheitsämter überwacht. Dazu gehört die regelmäßige Messung der Konzentration von Escherichia coli und Intestinalen Enterokokken als Indikatoren einer fäkalen Verschmutzung und die Erfassung der Temperatur der Badegewässer während der Badesaison. Auf der Gemarkung von Vaihingen gehören der Obere und Untere Seewaldsee bei Horrheim zu den überwachten Badegewässern. Die Untersuchungsergebnisse wurden vom Landesgesundheitsamt, das die Wasserproben mikrobiologisch auswertet, und vom Gesundheitsamt des Landratsamtes Ludwigsburg zur Verfügung gestellt. Dabei wird

die Bakterienkonzentration in Koloniebildenden Einheiten (KBE) pro 100 ml angegeben.

Temperaturdaten sind ab Sommer 2003 verfügbar, fehlen aber für die Jahre 2008 und 2009. Für die Darstellung in Abb. 24 und Abb. 25 wurden die zwischen Mai und September in jedem Jahr erhobenen Daten gemittelt. In beiden Seen zeigte sich dabei im Lauf der Jahre eine Zunahme der Wassertemperatur; sie beträgt im Oberen Seewaldsee im Mittel etwa 1,5°C, im Unteren Seewaldsee etwa 0,6°C über den gesamten Zeitraum von 21 Jahren. Dabei ist die Trendgerade stark vom heißen Sommer 2013 geprägt. Lässt man dieses Jahr in der Auswertung weg, beträgt die Temperaturzunahme im Oberen Seewaldsee 2,0°C, im Unteren Seewaldsee ca. 1,5°C.

Abb. 24: Wassertemperatur im Oberen Seewaldsee

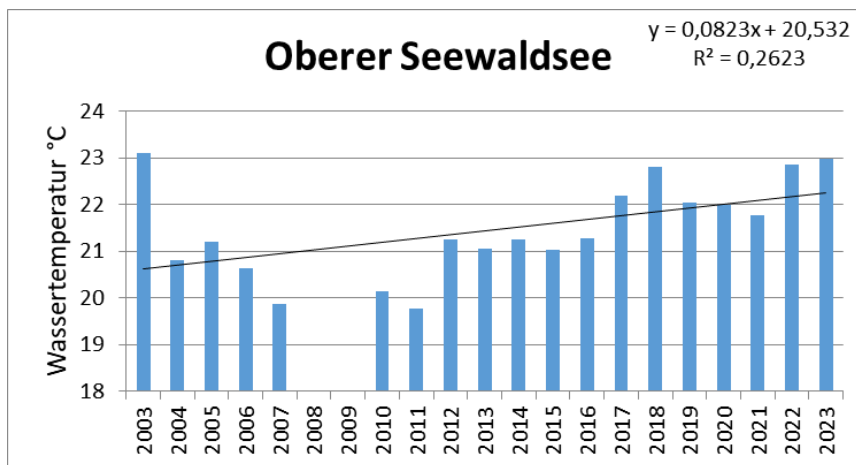
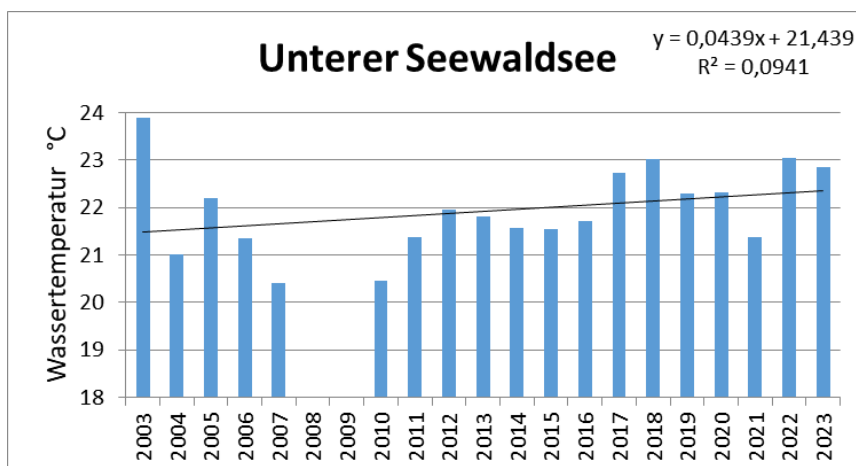


Abb. 25: Wassertemperatur im Unteren Seewaldsee



Die mikrobiologischen Parameter sind in Abb. 26 und Abb. 27 aufgetragen. Der gelb unterlegte Teil der Graphiken zeigt dabei den Bereich an, in dem nach der Badewasserverordnung 95 % aller Messwerte liegen müssen, damit die Badewasserqualität als „ausgezeichnet“ gelten kann. Die Bakterienkonzentration hängt nicht direkt von der Wassertemperatur ab, sondern vor allem von Einträgen aus der Landwirtschaft (tierische Exkrememente und mineralischer Dünger). In allen Untersuchungsjahren lag das 95. Perzentil der Messungen von E. Coli unter 500 KBE/100 ml und von Enterokokken unter 200 KBE/100 ml; damit wurde die Badewasserqualität der Seewaldseen nach der EU-Richtlinie jeweils als „ausgezeichnet“ eingestuft.

Im Unteren Seewaldsee zeigt sich eine deutlich höhere Bakterien-Konzentration als im Oberen Seewaldsee. Ein zeitlicher Trend ist wegen der sehr starken Schwankungen von Messung zu Messung nicht sinnvoll anzugeben; allerdings zeigt sich eine Häufung höherer Konzentrationen in der zweiten gegenüber der ersten Hälfte des Untersuchungszeitraums. Bisher ist eine Massenvermehrung von Cyanobakterien oder Makroalgen an den Seen nicht aufgetreten. Durch einen Anstieg der Wassertemperatur nimmt jedoch die Sauerstoffsättigung im Wasser ab und damit die Gefahr zu, dass im Zusammenhang einer stärkeren Eutrophierung (Eintrag von Sauerstoff-zehrenden Nährstoffen) die Seen „umkippen“, wobei der Untere Seewaldsee hier gefährdeter erscheint.

Abb. 26: Konzentration Escherichia Coli in den Horrheimer Seewaldseen

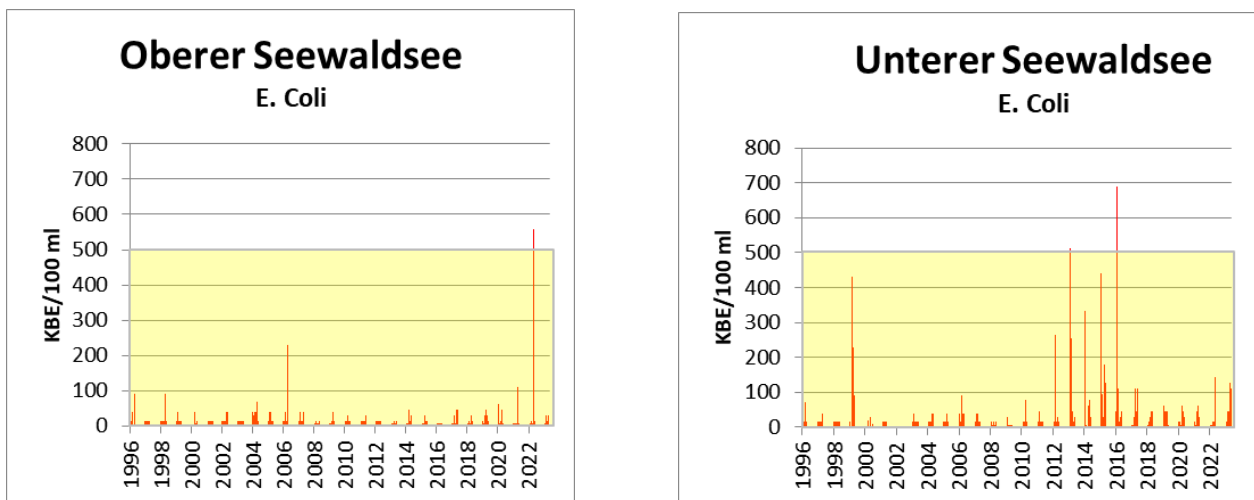
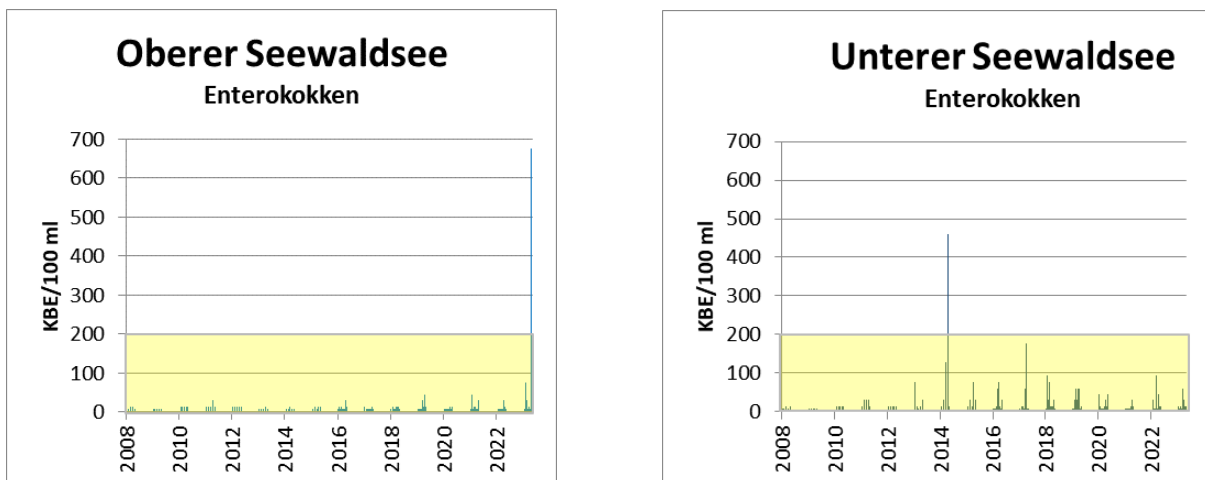


Abb. 27: Konzentration von Enterokokken in den Horrheimer Seewaldseen



9. Wasserabfluss am Pegel Vaihingen zwischen 1995 und 2023

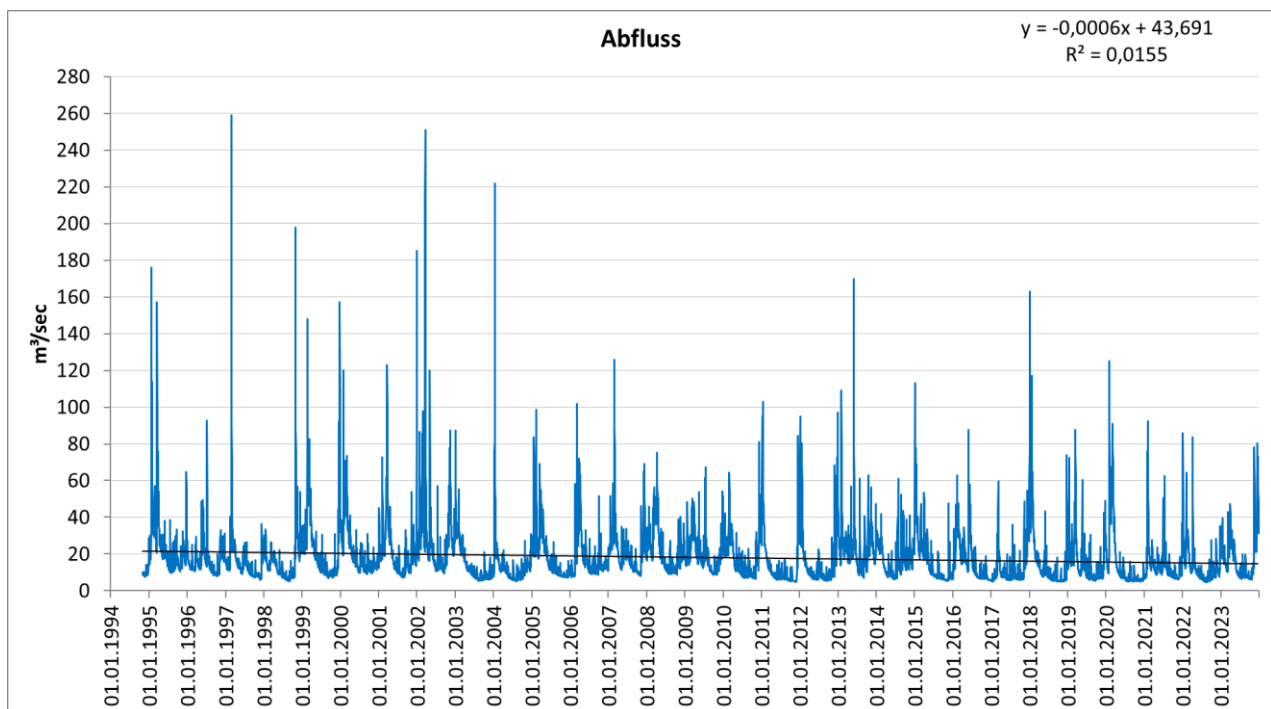
Daten zur Wasserführung (Abfluss) der Enz am Pegel Vaihingen liegen seit November 1994 vor. Der Pegel liegt 77 km unterhalb des Enzursprungs und 27,7 km oberhalb der Mündung in den Neckar. Das Wassereinzugsgebiet beträgt am Pegel in Vaihingen 1.662 km². Der Hauptzufluss erfolgt über die Nagold, weshalb man hydrographisch vom Enz-Nagold-System spricht. Im gesamten Wassereinzugsgebiet der Enz (2.228 km²) leben 939.000 Einwohner, die ihre Abwässer über Kläranlagen in die Enz einleiten. Das entspricht bei einem angenommenen täglichen Wasserverbrauch von 150 l pro Person einer Menge von ca. 1,6 m³/sec Abwasser bei der Mündung in den Neckar.

Die Pegelstände an der Enz werden kontinuierlich aufgezeichnet und daraus dann die Abflüsse ermittelt. Angegeben werden in den Jahrbüchern des Regierungspräsidiums Stuttgart beim Abfluss die mittleren Tageswerte, die Monatsmittelwerte, die Halbjahresmittel-

werte für Winter (November bis April) und Sommer (Mai bis Oktober) und die Jahresmittelwerte, wobei als „Abflussjahr“ nicht das Kalenderjahr, sondern der Zeitraum vom November des Vorjahres bis zum Oktober des Folgejahres (hydrologisches Jahr) gilt. Außer diesen Mittelwerten werden die monatlichen, halbjährlichen und jährlichen maximalen und minimalen Abflusswerte angegeben. Der zeitliche Verlauf der Abflüsse seit 1995 ist in Abb. 28 wiedergegeben. Am 26. Februar 1997 erreichte der tägliche Abfluss mit 259 m³ pro Sekunde seinen Höchstwert; der niedrigste Abfluss wurde mit 4,68 m³ am 14. August 2022 registriert.

Berechnet man aus den **Tageswerten** eine Trendlinie (lineare Regression) über den Gesamtzeitraum, so ging der mittlere tägliche Abfluss in 29 Jahren von 21,6 m³/sec auf 14,9 m³/sec um knapp 7 m³/sec zurück.

Abb. 28: Zeitlicher Verlauf (Tagesmittelwerte) der Abflüsse an der Pegelstation Vaihingen



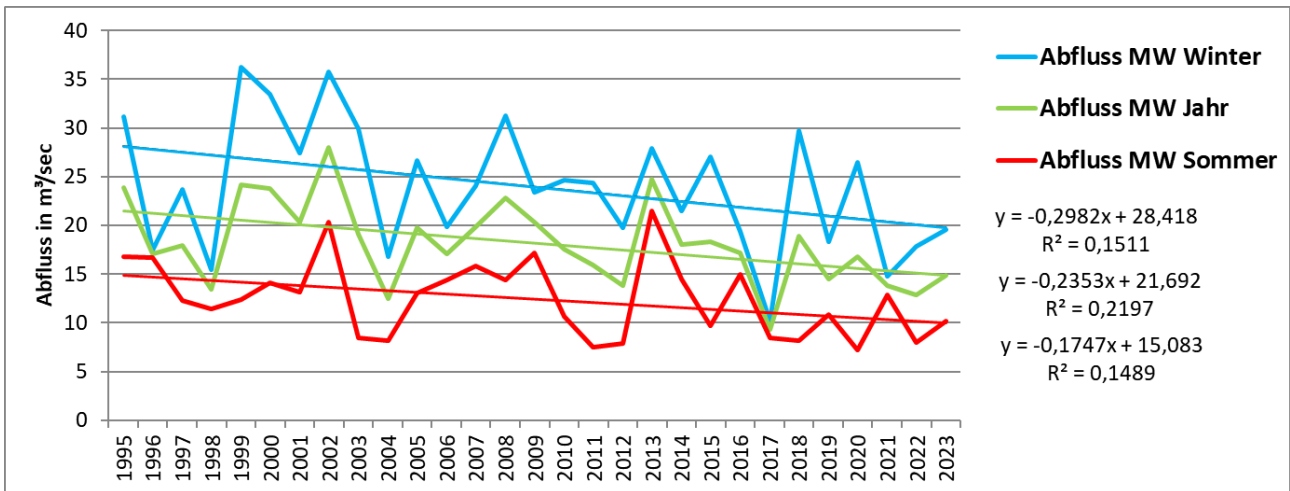
In Abb. 29 sind die **jährlichen Mittelwerte** für die Abflüsse aufgetragen (grüne Linie). Sie lagen von 1995 bis 2023 zwischen 28,0 m³/s

(2002) und 9,34 m³/s (2017); gemittelt über die gesamten 29 Jahre betrug der durchschnittliche Abfluss 18,2 m³/s. Analog zu den

Tagesmittelwerten ist auch bei den Jahresmittelwerten der Rückgang des Abflusses zwischen 1995 und 2023 um den gleichen Wert von etwa 7 m³/s festzustellen. Im Sommer (Mai bis Oktober, rote Linie) waren die

Abflüsse im Schnitt um 6 m³/s niedriger (Mittelwert: 12,5 m³/s), im Winter (November bis April, blaue Linie) um 6 m³/s höher (Mittelwert 23,9 m³/s) als im Jahresmittel (siehe Abb. 29).

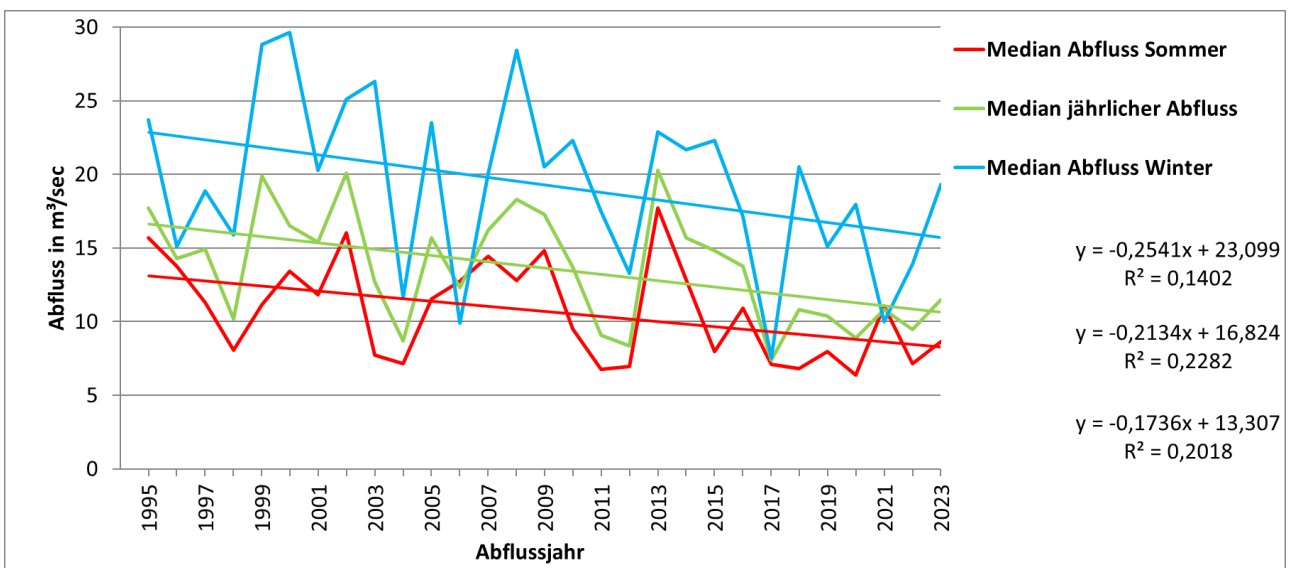
Abb. 29: Jahresmittelwerte der täglichen Abflüsse der Enz an der Pegelstation Vaihingen



Da der arithmetische Mittelwert sehr stark von Hochwasserereignissen beeinflusst wird, erscheint als zentrales Maß für die mittleren Abflüsse der **Medianwert** geeigneter. Der Median bezeichnet dabei den Messwert, der innerhalb eines bestimmten Zeitraumes gleich häufig unter- wie überschritten wird. Während der Mittelwert der Abflüsse seit 1995 18,2 m³/s beträgt, liegt der Median im selben Zeitraum bei

13,6 m³. In Abb. 30 sind die Medianwerte aus den täglich gemessenen Abflüssen für das jeweilige Jahr bzw. die jeweiligen Sommer- und Winterhalbjahre aufgetragen. Im Vergleich zu den Mittelwerten sind die Mediane deutlich kleiner; beim jährlichen Abfluss und beim Abfluss im Sommer beträgt der Unterschied ca. 5 m³/sec, beim Abfluss im Winter ca. 2 m³/sec.

Abb. 30: Mediane der jährlichen Abflüsse der Enz an der Pegelstation Vaihingen



Die durchschnittliche Abnahme der Mediane beträgt ähnlich wie beim Mittelwert pro Jahr ca. 0,21 m³/sec, d.h. innerhalb des Messzeitraums von 29 Jahren ist der Median für den Abfluss durchschnittlich um 6 m³/sec von ca. 17 m³/sec auf ca. 11 m³/sec gefallen.

Die Abflüsse zeigen insgesamt ein anderes Muster als die lokalen Niederschläge in der Umgebung von Vaihingen, die im Sommer im Mittel höher als im Winter ausfielen (siehe Kapitel 5). Die Wasserführung der Enz in Vaihingen hängt demnach nicht so sehr vom lokalen Niederschlagsgeschehen ab, sondern wird in

stärkerem Maße durch die Niederschläge im Nordschwarzwald beeinflusst, die im Winterhalbjahr im Allgemeinen höher sind als im Sommerhalbjahr.

Dies wird auch aus dem Vergleich der Niederschläge an verschiedenen Messstationen im Einzugsgebiet der Enz deutlich (Tab. 2). Je höher gelegen und damit je weiter die Messstationen im Nordschwarzwald liegen, umso stärker verschieben sich die Niederschläge in die Wintermonate und umso höher werden die Niederschläge insgesamt.

Tab. 2: Mittlere Jahresniederschläge im Einzugsgebiet der Enz zwischen 1981 und 2020

Name der Station	Höhe ü. NN	Jahres- nieder- schlag	Nieder- schlag Sommer	Nieder- schlag Winter
Seewald-Besenfeld	804 m	1607 mm	722 mm	885 mm
Freudenstadt (Kurgarten) *)	736 m	1575 mm	694 mm	881 mm
Bad-Wildbad, Calmbach	383 m	1092 mm	538 mm	554 mm
Nagold	380 m	840 mm	448 mm	392 mm
Mühlacker	243 m	784 mm	429 mm	355 mm
Sachsenheim	248 m	715 mm	413 mm	302 mm
Vaihingen an der Enz	200 m	704 mm	403 mm	301 mm

Quelle: Deutscher Wetterdienst https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/nieder_8110_fest_html.html?view=naPublication&nn=16102

*) Freudenstadt liegt knapp außerhalb des Einzugsbereichs des Enz-Nagold-Systems

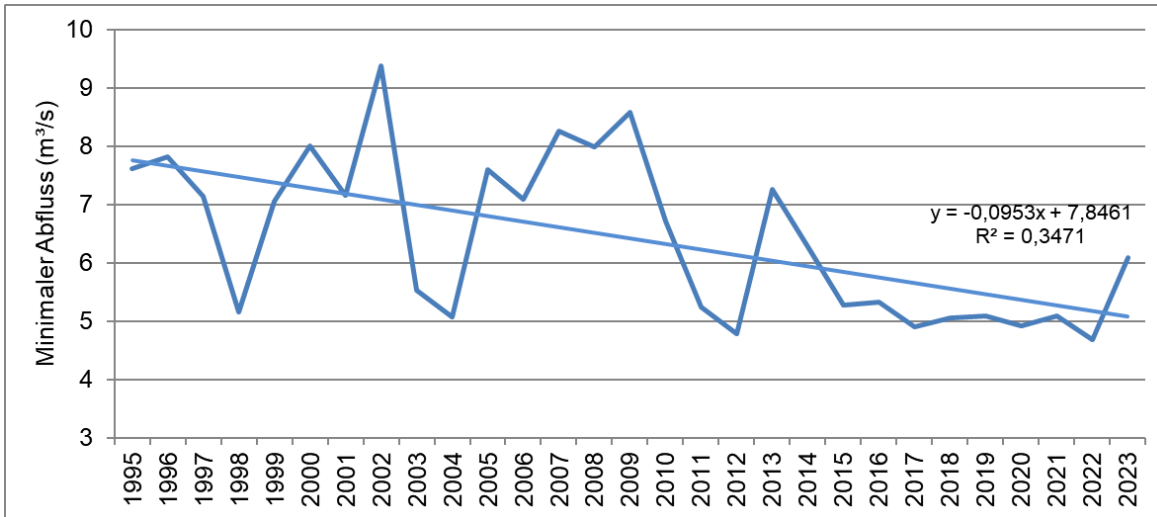
Wesentlich im Vergleich der Niederschläge und der Abflüsse der Oberflächengewässer ist allerdings, dass gerade im Sommer nur ein Teil des Niederschlagswassers in die Flüsse

gelangt. Ein beträchtlicher Teil der Niederschläge wird von den Pflanzen aufgenommen und in Abhängigkeit von der Lufttemperatur wieder verdunstet.

Die **minimalen Abflüsse** in den verschiedenen Jahren sind in Abb. 31 dargestellt. Sie lagen zwischen 9,4 m³/s (2002) und 4,7 m³/s (2022); auch hier ist im Lauf der Jahre ein Rückgang zu erkennen (ca. 2,8 m³/s in 29 Jahren). Die

Minima wurden überwiegend im Sommer erreicht, aber an neun Jahren lagen die Minima im Winter knapp unter den entsprechenden Sommerwerten.

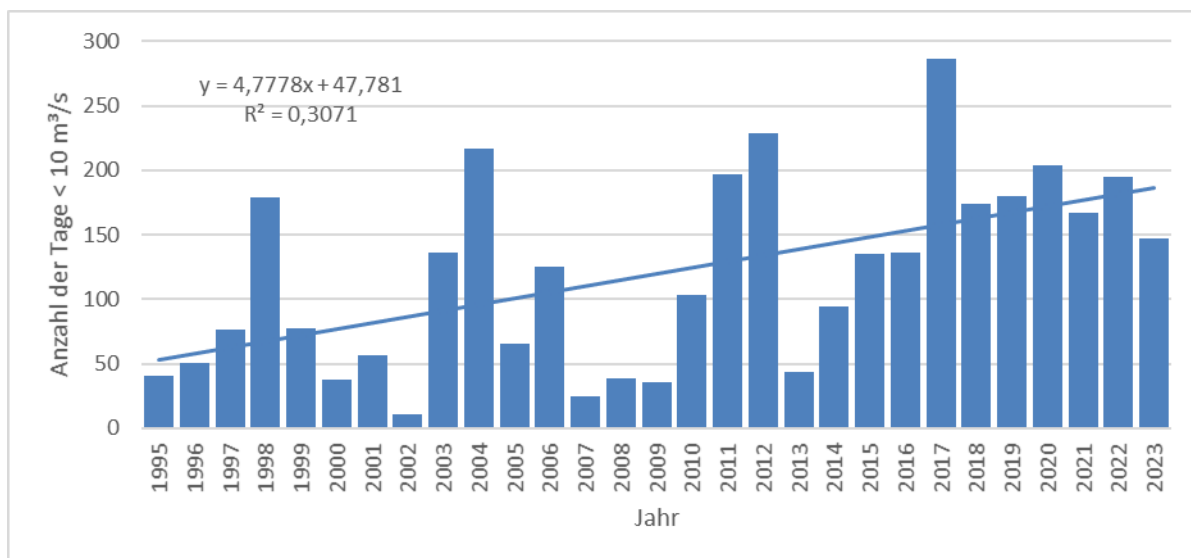
Abb. 31: Minima der jährlichen Abflüsse am Pegel Vaihingen



Trägt man die Anzahl Tage pro Jahr auf, an denen der Abfluss in Vaihingen unter 10 m³/s blieb, erhält man die in Abb. 32 gezeigte Graphik. Hier ist eine deutliche Zunahme zu verzeichnen. Während Mitte der 90er Jahre jährlich durchschnittlich nur an etwa 50 Tagen der

Abfluss weniger als 10 m³/s betrug, stieg dieser Anteil in den letzten Jahren um mehr als das Dreifache an. Inzwischen ist knapp an der Hälfte aller Tage der Abfluss von 10 m³/s unterschritten, im Jahr 2017 war das sogar an 286 Tagen der Fall.

Abb. 32: Anzahl der Tage im Jahr mit einem Abfluss unter 10 m³/s



Die **Maximalwerte** für die Abflüsse waren von Jahr zu Jahr sehr starken Schwankungen unterworfen. Sie erreichten 1997 einen Wert von 328 m³/s, im Jahr 2023 dagegen nur 52 m³/s. Auch hier ergibt sich ein abnehmender Trend über den gesamten Untersuchungszeit-

raum (Abb. 33). Allerdings sollte daraus nicht der Schluss gezogen werden, dass Starkregenereignisse und Überschwemmungen in Zukunft in geringerem Maße zu erwarten sind. Sie sind Einzelereignisse, die zeitlich und örtlich isoliert auftreten können.

Abb. 33: Maxima der jährlichen Abflüsse am Pegel Vaihingen

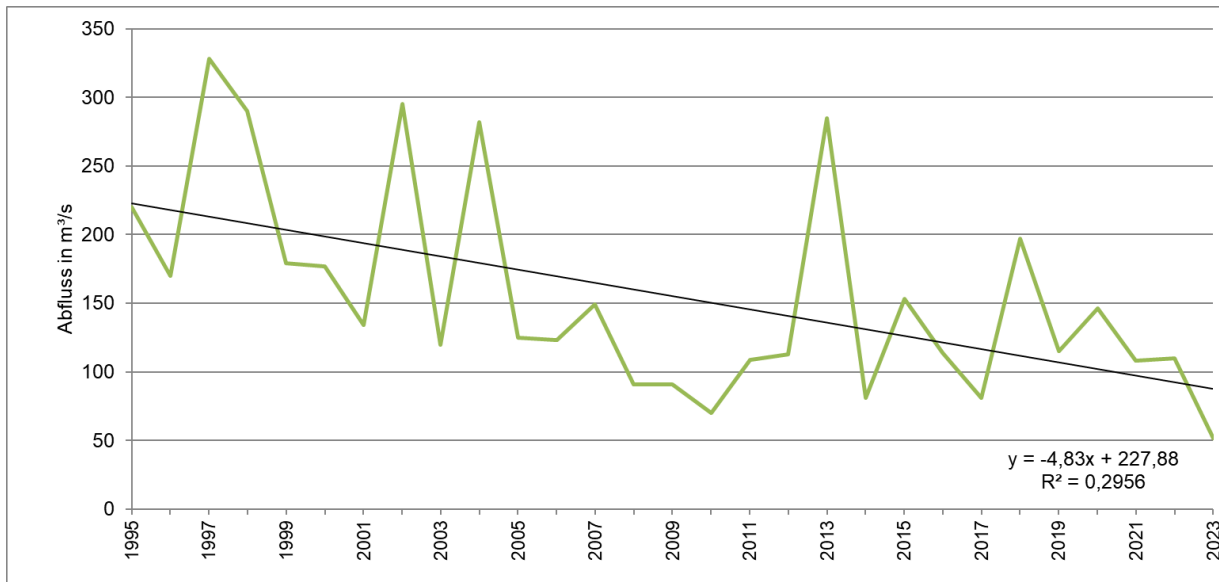


Abb. 34: Historische Hochwassermarken an der ehemaligen Zehntscheuer in der Auricher Straße 10 in Vaihingen (Foto: Bernhard Link)

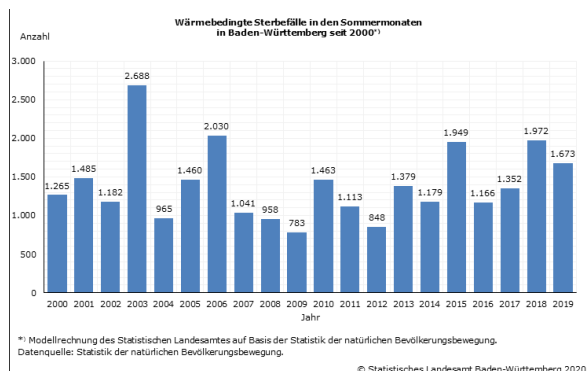


10. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Daten zeigen, dass in Vaihingen und Umgebung der Klimawandel bereits in vollem Gange ist. Die durchschnittlichen Tagestemperaturen sind seit 1988 bereits um 1,2°C gestiegen, die jährlichen Maximaltemperaturen sogar um 2,4°C. Die Anzahl der Hitzetage (Höchsttemperatur über 30°) hat sich in den vergangenen 36 Jahren mehr als verdoppelt, und auch die Länge von Hitzewellen hat deutlich zugenommen. Während Tropennächte (Minimaltemperatur in der Nacht nicht unter 20°C) vor der Jahrhundertwende nur vereinzelt auftraten, ist dies immer häufiger und oft mehrmals pro Jahr der Fall. Gerade in der letzten der drei Dekaden nach 1988 ist ein starker Temperaturanstieg zu verzeichnen.

Dieser Temperaturanstieg, der vor allem in den Sommermonaten auftritt, führt insbesondere bei älteren Personen und bei Personen mit Vorerkrankungen zu einer zusätzlichen Belastung des Herz-Kreislauf-Systems mit der Folge eines erhöhten Sterberisikos bei dieser Personengruppe. Das Statistische Landesamt Baden-Württemberg schätzt, dass in den Jahren 2000 bis 2019 in unserem Bundesland jährlich zwischen 800 und 2700 wärmebedingte Todesfälle („Hitzetote“) auftraten (siehe Abb. 35).

Abb. 35: Hitzebedingte Sterbefälle in den Sommermonaten in Baden-Württemberg

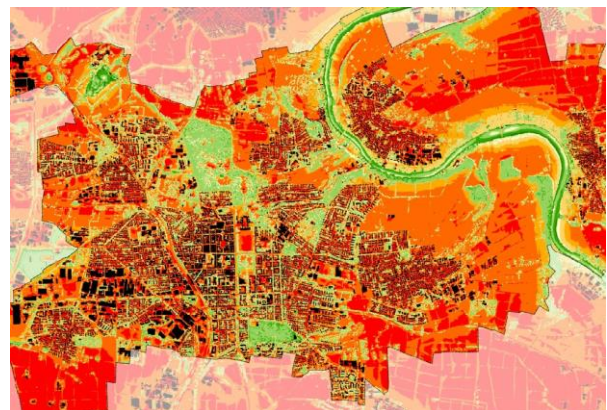


Quelle: <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2020171>

Dabei sind vor allem Menschen in den Stadtzentrum betroffen, die durch die dichte Bebauung und die wenigen Grünflächen noch zusätzlich aufgeheizt werden. Die im Stadtzentrum wohnenden Personen stammen im Vergleich zu den Bewohnern am Stadtrand eher aus sozial benachteiligten Bevölkerungsgruppen und haben meist finanziell geringere Mittel zur Verfügung, um in ihren Wohnungen Möglichkeiten zur Senkung der Lufttemperatur durchzuführen (z. B. durch Klimaanlage oder stärkere Wärmedämmung der Wohnungen).

Daher müssen aus Gründen des Gesundheitsschutzes und der sozialen Gerechtigkeit gerade im Stadtzentrum Maßnahmen getroffen werden, um dort dem Temperaturanstieg entgegenzuwirken. Grundlage für entsprechende Maßnahmen sollte eine Hitzeanalysekarte sein, wie sie z. B. auch für die Stadt Ludwigsburg erstellt worden ist, auf der die besonders hitzebelasteten Stadtregionen zu erkennen sind (siehe Abb. 36).

Abb. 36: Klimaanalysekarte Ludwigsburg



Quelle: https://logis2.ludwigsburg.de/tbview2/index.php?workspace=klima_energie

Von besonderer Bedeutung für die Temperatur der Innenstädte sind die Kaltluftströme, die die Stadt in der Nacht mit kühlerer Luft versorgen. Daher muss ganz besonders dafür gesorgt werden, dass diese nicht durch Baumaßnahmen abgeschnitten oder behindert werden. Für

Vaihingen werden diese in der klimaökologischen Analyse beschrieben, die 1994 vom Büro Dr. Seitz erstellt wurde (siehe Abb. 37).

Abb. 37: Frischluftschneisen in Vaihingen nach Angaben der Klimaökologischen Analyse vom Büro Dr. Seitz (1994)



Seit Erstellung dieses Gutachtens wurden die Frischluftschneisen leider durch zahlreiche Baumaßnahmen beeinträchtigt, z. B. durch die Bebauung im Gewerbegebiet Flosch mit zum Teil vierstöckigen Gebäuden, die die Kaltluftströme vom Kornberg in Richtung der Wohngebiete im Wolfsberg beeinträchtigt, die Bebauung in der Hans-Krieg-Straße (ehemaliges BayWa-Gelände) und in der Leimengrube, mit denen Kaltluftströme vom Weinfeld beschnitten werden, und die vorgesehene Bebauung im Gewerbegebiet Wolfsberg IV, bei der Kaltluftströme im Enztal tangiert werden. All diese Baumaßnahmen bewegten sich in der Einzelbetrachtung hinsichtlich der Auswirkungen auf die Kaltluftströme unterhalb der Bagatellgrenzen, in ihrer Gesamtheit sind die Veränderungen bei der Frischluftzufuhr für die Stadt aber nicht mehr vernachlässigbar.

Weiterhin müssen in der Innenstadt verstärkt Begrünungs- und Beschattungsmaßnahmen durchgeführt werden. Auch eine verstärkte

Nutzung von Wasser („blaue“ Stadtplanung), wie die Einrichtung von Wasserspielen und „Bächle“ ähnlich wie in Freiburg (siehe Abb. 38) kann ebenfalls zu einem besseren Stadtklima führen. In diesem Zusammenhang bietet es sich insbesondere an, die geplante Gartenschau in Vaihingen im Jahr 2029 dazu zu nutzen, auch für den Bereich der Innenstadt Elemente der „grünen“ und „blauen“ Stadtplanung umzusetzen.

Abb. 38: Freiburger Bächle als Element blau-grüner Infrastruktur



Quelle_ Wikipedia

Bei Neubauten und Wohnungsrenovierungen kann u. a. durch eine gute Wärmedämmung, durch Dachbegrünungen und durch klimaaktive Bauelemente dafür gesorgt werden, dass sich Innenräume nicht zusätzlich aufheizen und dass keine Klimaanlage notwendig werden, die die Luft außerhalb der Gebäude zusätzlich aufheizen.

Ferner muss dafür gesorgt werden, dass sozial benachteiligte Personen, insbesondere ältere alleinstehende Personen, in Hitzeperioden ausreichend betreut werden und Angebote für einen Aufenthalt in kühlen öffentlichen Gebäuden erhalten. Der Landkreis Ludwigsburg erarbeitet derzeit einen Hitzeaktionsplan, der noch vor dem Sommer 2024 veröffentlicht werden soll. Die darin empfohlenen Maßnahmen sollten auch in Vaihingen umgesetzt werden.

Einen positiven Effekt im Hinblick auf den Energiebedarf beim Heizen und auf die damit

verbundenen Emissionen hat der Temperaturanstieg beim Rückgang der Heiztage. Die dadurch ermöglichten finanziellen Einsparungen beim Energiebedarf könnten daher für andere Maßnahmen zur Einsparung von Kohlendioxid (z. B. Fotovoltaikanlagen) genutzt werden.

Die Klimaerwärmung hat zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode geführt und hat unter diesem Aspekt eine positive Wirkung für die Landwirtschaft. Allerdings kommt es durch den immer früher einsetzenden Vegetationsbeginn und die gleichzeitig immer später auftretenden Nachtfröste zu einem erhöhten Risiko von Frostschäden im Obst- und Weinbau, denen ggf. durch Maßnahmen wie Beregnung in Frostnächten begegnet werden könnte.

Allergiker sind durch den Klimawandel schon früher im Jahr den Pollen von Hasel und Birke ausgesetzt, und durch die Einwanderung wärmeliebender Pflanzen wie des Beifußblättrigen Traubenkrauts (*Ambrosia artemisiifolia*) verlängert sich die Pollensaison bis in den Spätherbst. Auch durch das Einwandern von wärmeliebenden Insekten wie der Asiatischen Tigermücke kann eine gesundheitliche Bedrohung ausgehen.

Probleme in der Land- und Forstwirtschaft werden aber auch durch den Rückgang der Niederschläge verursacht, der sich in den vergangenen 36 Jahren vollzogen hat. Insgesamt gingen die Niederschläge in dieser Zeit um knapp 15 % zurück, wobei dies insbesondere durch geringere Niederschläge in den Monaten von Februar bis Juni verursacht war. Bisher sind die lokalen Niederschläge im Sommer in der Regel noch deutlich höher als im Winter, in den letzten Jahren ist hier der Unterschied aber geringer ausgefallen. Ob dieser Trend weiter anhält, gilt es abzuwarten. Erhöhte Trockenperioden in den Sommermonaten Juli und August, wie es die Klimamodelle für unsere Region vorhersagen, waren bisher nur für den

Juli zu erkennen. Durch den Rückgang der Niederschläge im Winter können aber sommerliche Trockenperioden immer weniger ausgeglichen werden. Ein Problem bei Trockenperioden ist in der Landwirtschaft auch die Zunahme von Schadinsekten bei geschwächten Pflanzen. Um diesem Druck zu begegnen, ist eine weitere Diversifizierung bei den angebauten Pflanzenarten sinnvoll.

Durch Klimamodelle wird eine Zunahme von Starkregenereignissen vorhergesagt. Dies lässt sich aus den bisherigen Daten an den Wetterstationen in Sachsenheim oder in Mühlacker so nicht ableiten; allerdings sind Starkregenereignisse meist lokal stark begrenzte Vorkommnisse, für deren Häufigkeit und Ausmaß die Daten einzelner Wetterstationen nicht verallgemeinert werden können. Vorkehrungen gegen Schäden durch Starkregenereignisse sind daher auch in unserer Region nicht verzichtbar.

Deutliche Trockenschäden haben sich bereits jetzt in den Wäldern um Vaihingen gezeigt. Dazu kommen Schäden, die durch die Zunahme von Stürmen (siehe Kapitel 5) verursacht wurden. Damit kann der Wald seine vielfältigen Funktionen, z. B. als Wasserspeicher, Feinstaubfilter, Frischluftlieferant, Erholungsraum und Holzlieferant, nicht mehr wie bisher erfüllen. Hier muss ein Umbau der Wälder auf trockenresistentere Holzarten erfolgen, der aber wegen des langsamen Wachstums der Bäume nur verzögert einsetzen kann. Zusätzlich steigt die Waldbrandgefahr in unserer Region.

Neben der Land- und Forstwirtschaft ist auch die lokale Trinkwassergewinnung von einem Rückgang der jährlichen Regenmengen beeinflusst. Dies betrifft sowohl die oberflächennahen Quelfassungen als auch die Grundwasserbrunnen. Auch wenn ein völliges Versiegen der Trinkwasserquellen nicht zu erwarten ist, könnten sich die Entnahmemengen weiter

verringern und die Trinkwasserqualität durch Schadstoffe aus der Landwirtschaft oder der Umwelt verschlechtern. Maßnahmen gegen die Versiegelung der Böden und der Schutz von Gebieten der Trinkwassergewinnung gegen einen Eintrag von Schadstoffen müssen daher stärker in das Blickfeld gerückt werden.

Die Stadt Vaihingen versorgt ihre Bevölkerung jährlich mit ca. 2 Millionen m³ Trinkwasser. Dabei stammen 60 % des Trinkwassers aus der Bodenseewasserversorgung, 40 % aus eigenen Brunnen und Quellen. Da eine Steigerung des Bezugs von Bodenseewasser wohl nicht möglich ist, müssten bei einem Wachstum der Bevölkerung zusätzliche Quellen erschlossen werden, was längerfristig immer schwieriger werden dürfte. Möglicherweise müssen in Zukunft in den Sommermonaten bei Wassermangel auch Maßnahmen zur Beschränkung der Nutzung von Trinkwasser ausgesprochen werden (Rasenbewässerung, Befüllung von Pools etc.).

Die beiden Badeseen auf Vaihinger Gemarkung, der Obere und Untere Seewaldsee bei Horrheim, sind in der letzten Dekade im Sommer deutlich wärmer geworden. Bisher ist davon die Badewasserqualität nicht signifikant beeinflusst. Eine stärkere Erwärmung vermindert jedoch die Sauerstofflöslichkeit des Wassers und könnte im Zusammenhang einer Eutrophierung der Gewässer zu einer Destabilisierung der Sauerstoffversorgung bis zum Absterben der Wasserlebewesen führen. Hier ist daher besonders darauf zu achten, dass Einträge von Düngemitteln aus der Landwirtschaft und dem Weinbau unterbleiben.

Der Rückgang der Niederschläge hat in den vergangenen Jahrzehnten auch zu einer deutlich geringeren Wasserführung der Enz geführt; der Median des Abflusses ging seit Beginn der Messungen am Pegel in Vaihingen vor 29 Jahren von ca. 17 m³/s auf jetzt etwa 11 m³/s zurück. Dabei sind weniger die

Niederschläge im lokalen Umfeld von Vaihingen verantwortlich, sondern primär das Niederschlagsgeschehen im Nordschwarzwald im Einzugsgebiet von Enz und Nagold. Neben den Niederschlägen spielt auch die Verdunstung des Wassers eine Rolle, die im Sommer deutlich höher als im Winter ist. Die Abflüsse sind aus diesem Grund im Sommer deutlich geringer als im Winter. Auch die jährlichen Minima der Abflüsse zeigen eine deutlich fallende Tendenz. Mittlerweile liegt bereits an etwa der Hälfte der Tage im Jahr der Abfluss unter 10 m³/s.

Die geringe Wasserführung gerade im Sommer hat eine stärkere Erwärmung des Wassers und damit einen geringeren Sauerstoffgehalt zur Folge. Verstärkt wird dies zum Teil noch durch den Rückgang ufernaher Bäume wie z. B. der Eschen, die dem Eschentriebsterben, einer Pilzerkrankung, zum Opfer fallen. Dadurch ergibt sich eine stärkere Gefährdung der Wasserlebewesen. Freizeitaktivitäten an der Enz wie Kanufahrten müssen im Sommer immer mehr eingeschränkt werden. Aber auch die Entnahme von Flusswasser zur Bewässerung von Pflanzen in der Landwirtschaft (Wiesenwässerung) oder im Weinbau ist bei Niedrigwasser zum Schutz der Gewässerlebewesen immer weniger möglich. Außerdem ist der Beitrag der Wasserkraft an der regenerativen Energieerzeugung durch die abnehmenden Abflüsse der Enz deutlich rückläufig. Um einem weiteren Rückgang der Enzwasserführung entgegenzuwirken, müssen alternative Bewässerungskonzepte bzw. der Anbau von trockenresistenteren Sorten für die Weinberge und Sonderkulturen entwickelt werden.

Generell ergibt sich aus den bisherigen Klimadaten, dass neben den Maßnahmen zur Reduktion der Kohlendioxidemissionen mit dem Ziel der Klimaneutralität inzwischen auch auf Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel nicht verzichtet werden kann. Maßnahmen zur Klimaanpassung sind kein Ersatz für

Maßnahmen zum Klimaschutz, das gleiche gilt auch umgekehrt; beides muss gleichermaßen und in enger Verzahnung miteinander betrieben werden. Aus Gründen des Gesundheitsschutzes und der Daseinsvorsorge können Maßnahmen zur Klimaanpassung auch nicht auf später verschoben werden. Je früher die Planung und Umsetzung entsprechender Maßnahmen erfolgt, umso effektiver und damit auch umso kostengünstiger sind sie. Hier steht die Stadt Vaihingen in der Verantwortung;

auch hier müssen auf kommunaler Ebene entsprechende Maßnahme-Kataloge entwickelt und umgesetzt werden. In Zusammenhang mit der Planung der Gartenschau und der Entwicklung neuer Baugebiete könnten sich dabei auch deutliche Synergie-Effekte ergeben. Hier gilt es, die entsprechenden Fördertöpfe auszu-schöpfen. So können Anpassungsmaßnahmen der Kommunen zum Beispiel durch das Projekt „KLIMOPASS“ der Landesregierung gefördert werden.

11. Danksagung

Für die Übermittlung von Daten, für Anregungen, Ergänzungen und Korrekturen möchte ich mich bei folgenden Personen bedanken:

Norbert Braun, Landratsamt Ludwigsburg, Fachbereich Gesundheitsschutz; Dr. Jens Fleischer, Landesgesundheitsamt Baden-

Württemberg, Labor- u. Sachgebietsleiter Wasserhygiene; Ingo Korn, Regierungspräsidium Stuttgart, Außenstelle Heilbronn, Referat 53.2; Markus Mönnig, Stadtverwaltung Vaihingen an der Enz; Carsten Scholz, Landratsamt Ludwigsburg, Fachbereichsleiter Umwelt..

12. Weiterführende Literatur (Auswahl)

[Handreichung zur Anpassung an den Klimawandel](#) in den Städten erstellt vom Deutschen Städtetag

[Strategisches Fachkonzept KLIMAANPASSUNG \(KliK\)](#) der Stadt Ludwigsburg

[Klimalotse 3.0](#): Online-Leitfaden des Umweltbundesamtes zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels für Kommunen

[Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg – Fortschreibung](#). Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg;

ergänzend dazu auch: [Kompaktinformation für Kommunen](#)