

Bericht 2023 / 2024

Modifizierte Speicherbewirtschaftung mit begleitendem Monitoring im Rahmen der „Dreiseitigen Vereinbarung“ zur Niedrigwasseraufhöhung der Apfelstädt



Impressum

Thüringer Landesamt für Umwelt,
Bergbau und Naturschutz
Göschwitzer Straße 41 | 07745 Jena
Fax +49 361 57 3943 848

Auflage

1. Auflage

Stand

28.03.2025

© 2025 Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau
und Naturschutz

Inhalt

1 Die Apfelstädt	5
1.1 Das Einzugsgebiet der Apfelstädt.....	5
1.2 Wassernutzung in der Apfelstädt	5
1.3 Modifizierte Speicherbewirtschaftung zur besseren Wasserversorgung der Apfelstädt in Trockenzeiten	5
2 Meteorologie im Berichtsjahr 2023 / 2024	7
2.1 Temperatur	7
2.2 Niederschlag.....	7
2.3 Stationsauswertung	12
2.4 Fazit Meteorologische Situation im Berichtszeitraum.....	17
3 Oberflächenwasser	18
3.1 Fazit Oberflächenfließgewässer	23
4 Talsperreninhalte, Zuläufe und Abgaben.....	23
4.1 Fazit Talsperrenbewirtschaftung:.....	26
5 Hydrogeologische Verhältnisse	27
5.1 Das Untersuchungsgebiet	27
5.2 Geologische – strukturgeologische Verhältnisse	27
5.3 Hydrogeologische Verhältnisse	29
5.4 Auswahl und Lage der Grundwassermessstellen im Sondermessnetz Apfelstädt	30
5.5 Grundwasser-Abfluss-Dynamik	31
5.5.1 Langjähriger Trend der Grundwasser-Abfluss-Dynamik	31
5.5.2 Grundwasser-Abfluss-Dynamik im Zeitraum 2023-2024	35
5.6 Hydrochemie	39
5.6.1 Grundwasserstand vs. elektr. Leitfähigkeitsmessungen im Zeitraum 2023-2024	39
5.6.2 Auswertung Hauptan- und kationen	40
5.6.3 Stabile Isotope	42
5.7 Auswertung der zweimonatigen Aufhöhung durch TFW	43
5.8 Bilanzierung – Unterirdischer Abfluss im Karstaquifer	44
5.8.1 Fazit	47

6	Gewässergüte	47
6.1	Chemische Gewässergüteuntersuchungen	48
6.2	Beurteilung der Fischfauna:	51
6.2.1	Apfelstädt Mündungsbereich: PST 1 unterhalb von Ingersleben (768455)	52
6.2.2	Apelstädt Wechmar: PST 2.1 und 2.2 Wechmar - Wandersleben (768456)/ uh Wechmar (768457).....	54
6.2.3	Apfelstädt PST 3 Schwabhausen (768460)	55
6.2.4	Apfelstädt PST 4 uh Hohenkirchen (700552).....	56
7	Gesamtfazit	57
8	Anhang 1: Sonderbericht zum Ergebnis der erhöhten Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser in die Apfelstädt über einen zweimonatigen Zeitraum im Sommer 2024	59
8.1	Situation bei der Oberflächenwasserführung	59
8.2	Sonderabgabe im Zeitraum August und September 2024	60
8.3	Hydrogeologische Verhältnisse der Versinkungsstrecke der Apfelstädt	63
8.4	Auswertung der zweimonatigen Aufhöhung durch TFW	66
8.5	Fazit.....	66

1 Die Apfelstädt

1.1 Das Einzugsgebiet der Apfelstädt

Die Apfelstädt entspringt im Thüringer Wald südwestlich der Gemeinde Tambach-Dietharz. Von dort fließt sie in nord-östlicher Richtung und mündet nach ca. 35 km bei der Marienthalbrücke in die Gera. Auf ihrem Weg durchfließt die Apfelstädt die Talsperre Tambach-Dietharz. Bedeutende Zuflüsse erhält die Apfelstädt durch das Schmalwasser und die Ohra, die ebenfalls beide Talsperren in ihrem Oberlauf besitzen, sowie durch die Rot im Unterlauf.

In der Gemeinde Georgenthal wird am Teilerwehr Georgenthal ein Teil des Wassers der Apfelstädt in den Flößgraben abgeschlagen, der dann über den Leinakanal nach Gotha geleitet wird.

Auf ihrem weiteren Weg durchfließt die Apfelstädt, kurz nach der Einmündung der Ohra, den Standortübungsplatz Ohrdruf. Dort treten zahlreiche natürlich Flussschwinden auf, da dort der verkarstete Muschelkalk oberflächennah ansteht. In der Vergangenheit wurde hier regelmäßig das komplette, zeitweise Trockenfallen der Apfelstädt und des unteren Abschnitts der Ohra während trockener Sommer beobachtet. Der von der natürlichen Versinkung betroffene Fließabschnitt der Apfelstädt umfasst eine Länge von ca. 3,8 km. Die Versinkungsstrecke befindet zwischen den Ortschaften Hohenkirchen und Schwabhausen und ist an die Verkarstung des Mittleren Muschelkalks und des Trochitenkalks im Oberen Muschelkalk gebunden.

Das Flussgebiet der Apfelstädt unterhalb der Versinkungsstrecke ist zwischen den Gemeinden Wechmar und Wandersleben als Flora-Fauna-Habitat-Gebiet (FFH-Gebiet 55 Apfelstädttaue zwischen Wechmar und Neudietendorf) ausgewiesen.

Kurz vor der Einmündung der Apfelstädt in die Gera liegt der Pegel Ingersleben. Dort beträgt die Gesamteinzugsgebietsfläche 371 km².

1.2 Wassernutzung in der Apfelstädt

Durch die Talsperren (TS) im Oberlauf und den Abschlag in den Flößgraben ist die Wasserführung der Apfelstädt deutlich anthropogen beeinflusst. Die Talsperre Ohra wird aktiv für die Trinkwasserbereitstellung genutzt, die Talsperren Schmalwasser und Tambach-Dietharz aktuell nicht oder nur in geringem Umfang. Sie werden allerdings als Reserven in Bereitschaft gehalten.

Für die Nebennutzung des Wassers der TS Schmalwasser wurde im Jahre 2020 die Westringkaskade in Betrieb genommen, in der Wasser im natürlichen Gefälle bis nach Erfurt geleitet wird, um dort Strom zu erzeugen.

Die Betriebsaufnahme der Westringkaskade fiel in die sehr trockenen Jahre 2018 bis 2020, die in Gesamtthüringen durch sehr geringe Wassermengen in den Fließgewässern gekennzeichnet waren. Auch in der Apfelstädt wurden in dieser Zeit sehr geringe Wassermengen und ein zeitweises Trockenfallen beobachtet.

1.3 Modifizierte Speicherbewirtschaftung zur besseren Wasserversorgung der Apfelstädt in Trockenzeiten

Um derartigen Stresssituationen in Zukunft besser begegnen zu können, wurde eine modifizierte Speicherbewirtschaftung der Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser, mit dem Ziel der Apfelstädt während Niedrigwasserzeiten mehr Wasser zur Verfügung zu stellen, entwickelt. Diese modifizierte Speicherbewirtschaftung wird derzeit in einem fünfjährigen Probezeitraum getestet und entsprechend der gewonnen Erkenntnisse nachjustiert. Für die

1. Die Apfelstädt

Umsetzung und Beobachtung des Probezeitraums wurde eine dreiseitige Vereinbarung zwischen der Thüringer Fernwasserversorgung (TFW), dem Landkreis Gotha sowie dem Freistaat Thüringen, vertreten durch das Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN), geschlossen.

Die Aufgabe des TLUBN in Zusammenarbeit mit dem Landkreis Gotha besteht in der fachlichen Begleitung des Probebetriebs und der Einrichtung eines begleitenden Monitorings zur Beobachtung und Analyse der Auswirkungen auf die Wassermenge, Wassergüte und Gewässerökologie in der Apfelstädt sowie die mengen- und gütemäßige Beschaffenheit des Grundwassers. Die Messeinrichtungen und Daten dieses Monitorings im Berichtsjahr 2023/2024 (von November 2023 bis Oktober 2024, dem zweiten Jahr der modifizierten Bewirtschaftung), werden hier kurz dargestellt und eingeordnet.

Abbildung 1 zeigt die Karte des Einzugsgebiets der Apfelstädt (blaue Umrandung) bis zum Pegel Ingersleben kurz vor der Einmündung der Apfelstädt in die Gera, die der Internetseite des TLUBN für das Sondermessnetz Apfelstädt entnommen wurde. Als farbige Markierungen sind die beiden Talsperren Ohra und Schmalwasser (gelbe Punkte), die bereits bestehenden Pegel Georgenthal 1 und Ingersleben (dunkelblaue Punkte), die Sonderwasserstandsmesspunkte (hellblaue Punkte) für Oberflächengewässer sowie regelmäßig beobachtete Grundwassermessstellen (grüne Punkte) dargestellt.

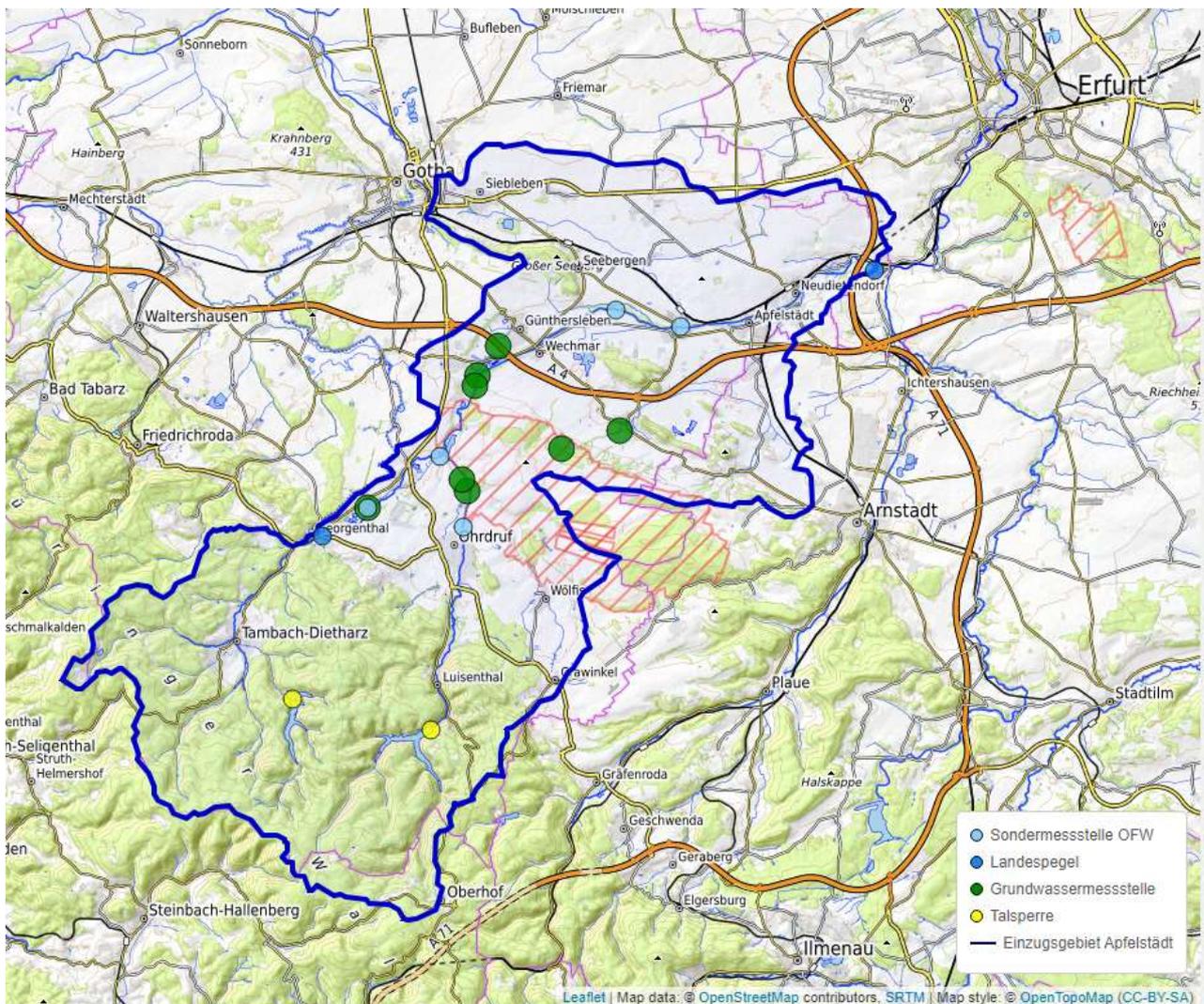


Abbildung 1: Das Einzugsgebiet der Apfelstädt bis zum Pegel Ingersleben und die Lage der Oberflächen- und Grundwassermessstellen

2 Meteorologie im Berichtsjahr 2023 / 2024

2.1 Temperatur

Ein Indiz für den sich auch im Freistaat Thüringen spürbarer vollziehenden Klimawandel ist der Umstand, dass in den letzten sieben Jahren die sechs wärmsten Jahre der bis ins Jahr 1881 zurückreichenden Messreihe gemessen wurden. Dabei war das vergangene Jahr nicht nur global das wärmste Jahr, sondern mit einer Mitteltemperatur von 10,5 Grad Celsius auch in Thüringen das wärmste Jahr der 144-jährigen Messreihe.

Für diesen Bericht wird aber nicht das kalendarische Jahr 2024, sondern das hydrologische Jahr 2024 betrachtet. Dieses beginnt im November 2023 und reicht bis zum Oktober 2024. Dabei teilt es sich in den hydrologischen Winter von November 2023 bis April 2024 und den hydrologischen Sommer von Mai 2024 bis Oktober 2024.

Nicht unerwartet erreichte auch das hydrologische Jahr mit einer Mitteltemperatur von 11,5 Grad Celsius einen neuen Spitzenwert. Damit war es um 3,1 Grad wärmer als der Vergleichswert der international genormten Referenzperiode für langfristigen Klimawandel von 1961–1990 von 8,4 Grad Celsius und um 0,8 Grad wärmer als das bisher wärmste hydrologische Jahr 2019 (10,7 °C). Beginnend mit dem Jahr 1997 waren ausnahmslos alle folgenden 28 hydrologischen Jahre zu warm.

Das hydrologische Winterhalbjahr 2024 erreichte im Flächenmittel für Thüringen eine Mitteltemperatur von 5,4 Grad Celsius und war um 3,5 Grad wärmer als der Referenzwert 1961-1990 (1,9 °C). Damit war es der zweitwärmste hydrologische Winter der Messreihe nach 2007 (5,7 °C).

Das hydrologische Sommerhalbjahr 2024 kam im Flächenmittel für Thüringen auf eine Mitteltemperatur von 15,9 Grad Celsius und war damit um 2,5 Grad wärmer als der Referenzwert 1961-1990 (13,4 °C). Damit war es der viertwärmste hydrologische Sommer der Messreihe nach 2018, 2022 und 2023.

Bei monatlicher Betrachtung ragt vor allem der Februar 2024 mit einer Rekordanomalie von 6,7 Grad gegenüber seinem Referenzwert 1961-1990 heraus. Noch nie war seit Januar 1881 einer der bis dato gemessenen 1.728 Monate um einen solchen Betrag zu warm.

Die Jahresmitteltemperatur (1991–2020) im Einzugsgebiet (EZG) der Apfelstädt reicht von 5,5 Grad Celsius in den Höhenlagen des Thüringer Waldes bis 9,2 Grad Celsius im Mündungsbereich der Apfelstädt in die Gera.

2.2 Niederschlag

Thüringenweit zeigten sich in der aktuellen Klimaperiode sichtbare Verschiebungen des Niederschlagsmusters. Dazu zählen die im Trend immer trockeneren Frühjahre, wobei hier die April-Monate mit einer Niederschlagsabnahme von ca. 30 Prozent herausragen. Der Juni (Niederschlagsabnahme) wurde als niederschlagsreichster Monat der Periode 1961–1990 in der Periode 1991–2020 durch den Juli (Niederschlagszunahme) abgelöst. Generell sind die Jahreszeiten Herbst und Winter niederschlagsreicher geworden. Sie gleichen das Defizit des Frühjahrs aus. Die Niederschlagsmenge im Sommer blieb dagegen annähernd konstant, so dass in der Jahresbilanz gegenüber 1961–1990 eine geringfügige Niederschlagszunahme von drei bis vier Prozent zu verzeichnen ist.

Diese Veränderungen des Niederschlagsmusters sind auch im Einzugsgebiet (EZG) der Apfelstädt erkennbar.

Das folgende Diagramm zeigt für den Berichtszeitraum des hydrologischen Jahres 2024 die Niederschlagsanomalien für das Flächenmittel des EZG der Apfelstädt nach Monaten und hydrologischen Jahreszeiten sowie das hydrologische Jahr gegenüber dem Referenzzeitraum von 1961–1990. Ausgewertet wurden die HYRAS-Datensätze des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die bis in das Jahr 1931 zurückreichen.

2. Meteorologie im Berichtsjahr 2023 / 2024

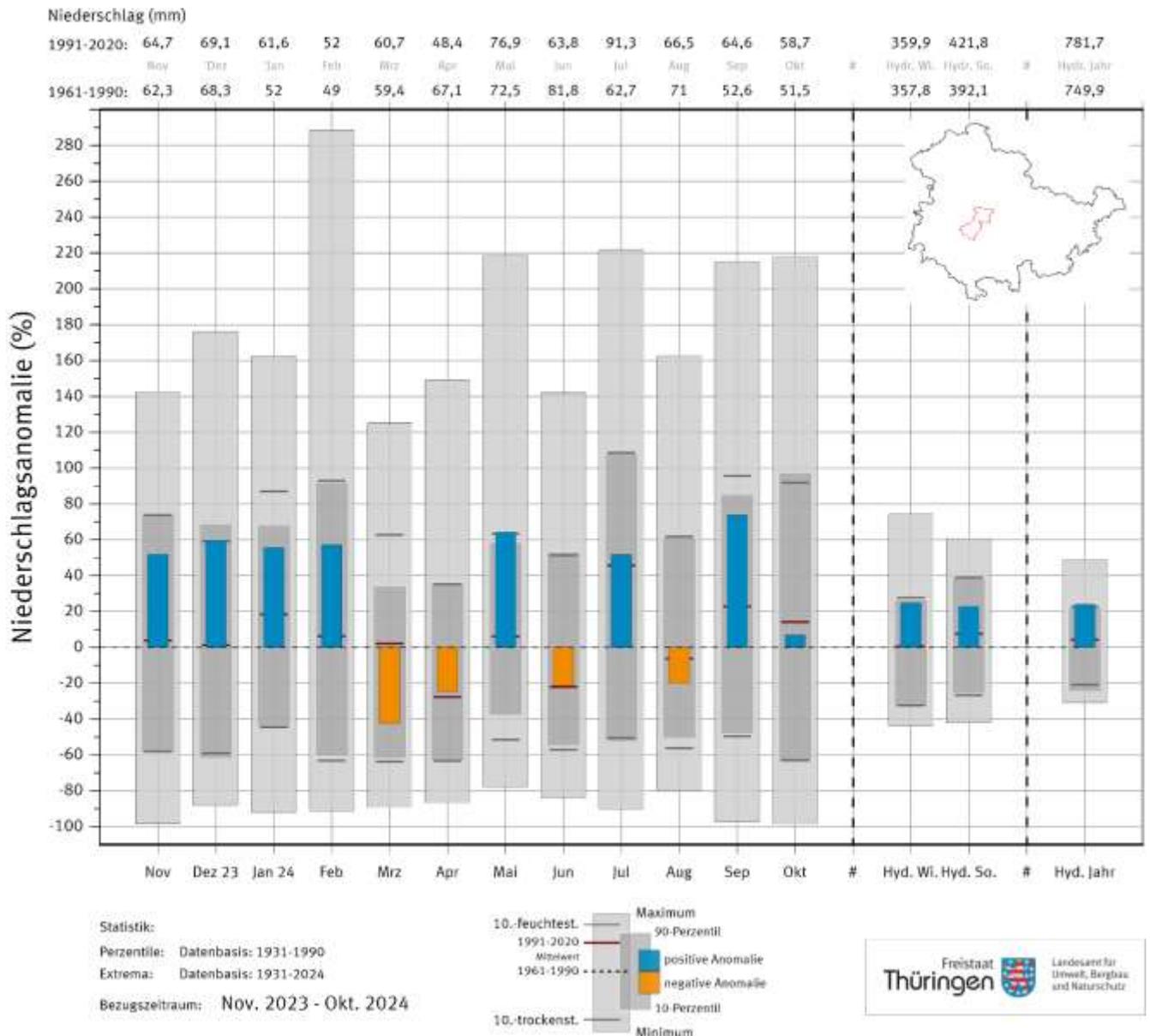


Abbildung 2: Berichtszeitraum: Hydrologisches Jahr von November 2023 bis Oktober 2024

Niederschlagsanomalie, Flächenmittel Einzugsgebiet der Apfelstädt

Monate, Hydrologische Jahreszeiten, hydrologisches Jahr

Referenzzeitraum: 1961–1990 (Vergleichsperiode langfristiger Klimawandel nach WMO)

Datenquelle: HYRAS-Datensatz des DWD; Auswertung und Darstellung: TLUBN

Im **hydrologischen Winterhalbjahr 2024** fielen im Flächenmittel des EZG der Apfelstädt 446 Millimeter Niederschlag. Dabei waren die Monate von November 2023 bis Februar 2024 deutlich zu niederschlagsreich, die beiden folgenden Monate März und April dagegen blieben zu trocken. In der Gesamtbilanz war dieser Zeitraum damit um knapp 25 Prozent zu nass. Das Mittel für den hydrologischen Winter im Referenzzeitraum von 1961–1990 beträgt 358 Millimeter und das der aktuellen Klimaperiode von 1991–2020 360 Millimeter.

Auch im **hydrologischen Sommer 2024** stehen wie im hydrologischen Winter 2024 vier zu nassen Monaten (Mai, Juli, September und Oktober) zwei zu trockene Monate (Juni und August) gegenüber. Insgesamt fielen im Flächenmittel

2. Meteorologie im Berichtsjahr 2023 / 2024

des EZG der Apfelstädt in diesem Zeitraum 481 Millimeter Niederschlag. In der Gesamtbilanz war der hydrologische Sommer damit um knapp 23 Prozent zu nass. Das Mittel für den hydrologischen Sommer im Referenzzeitraum von 1961–1990 beträgt 392 Millimeter und das der aktuellen Klimaperiode von 1991– 2020 422 Millimeter.

Aus beiden zu niederschlagsreichen hydrologischen Jahreszeiten ergibt sich folgerichtig auch eine positive Niederschlagsbilanz für das gesamte **hydrologische Jahr 2024**. In diesem fielen im Flächenmittel für das EZG der Apfelstädt 928 Millimeter Niederschlag. Das sind knapp 24 Prozent mehr als der Referenzwert 1961–1990 von 750 Millimetern. In der aktuellen Klimaperiode von 1991-2020 lag das Flächenmittel bei 782 Millimetern Niederschlag.

Die folgenden Abbildungen 3 bis 8 zeigen zur Illustration die räumliche Verteilung der Niederschläge in Thüringen im hydrologischen Winter- und Sommerhalbjahr sowie dem gesamten hydrologischen Jahr 2024 im Vergleich zur Niederschlagsverteilung der jeweils korrespondierenden Periode im Referenzzeitraum von 1961–1990.



Abbildung 3: Niederschlagsverteilung in Thüringen im hydrologischen Winterhalbjahr 1961–1990

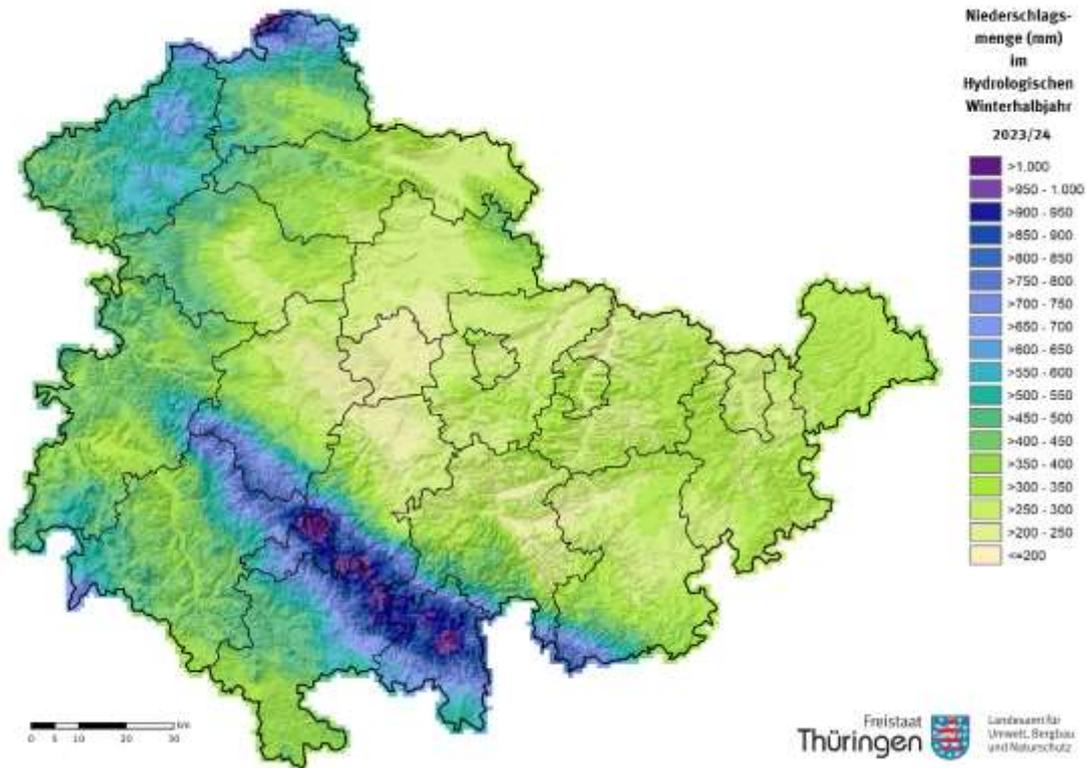


Abbildung 4: Niederschlagsverteilung in Thüringen im hydrologischen Winterhalbjahr 2024

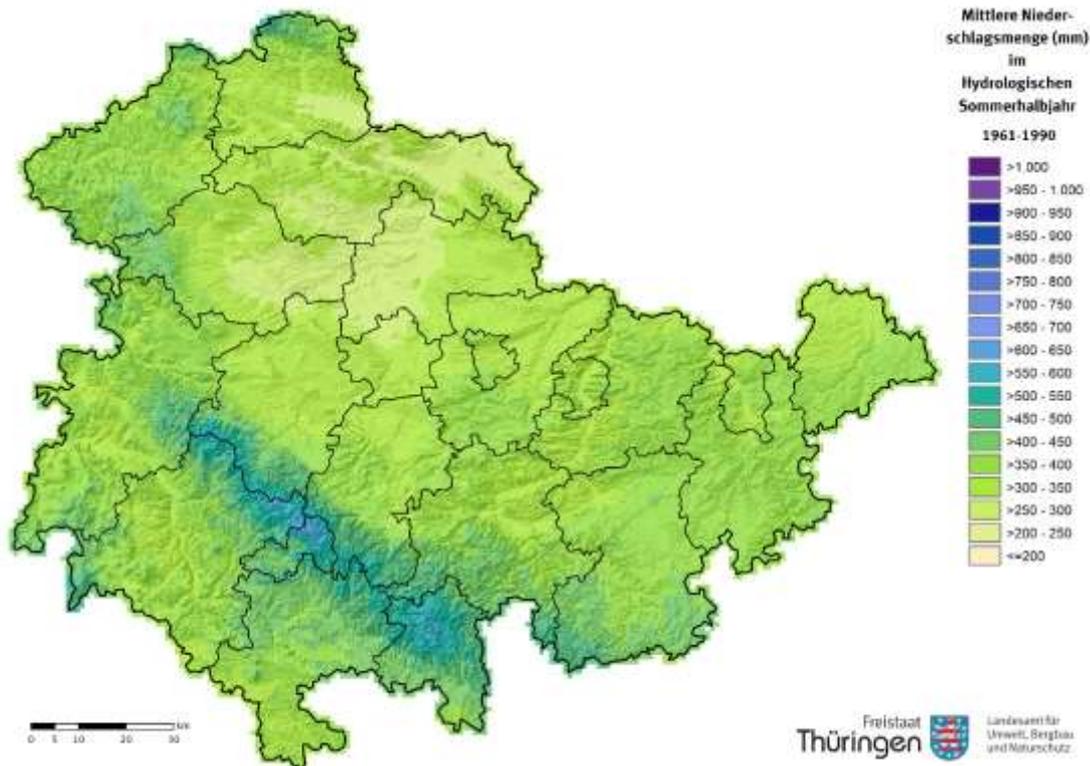


Abbildung 5: Niederschlagsverteilung in Thüringen im hydrologischen Sommerhalbjahr 1961–1990

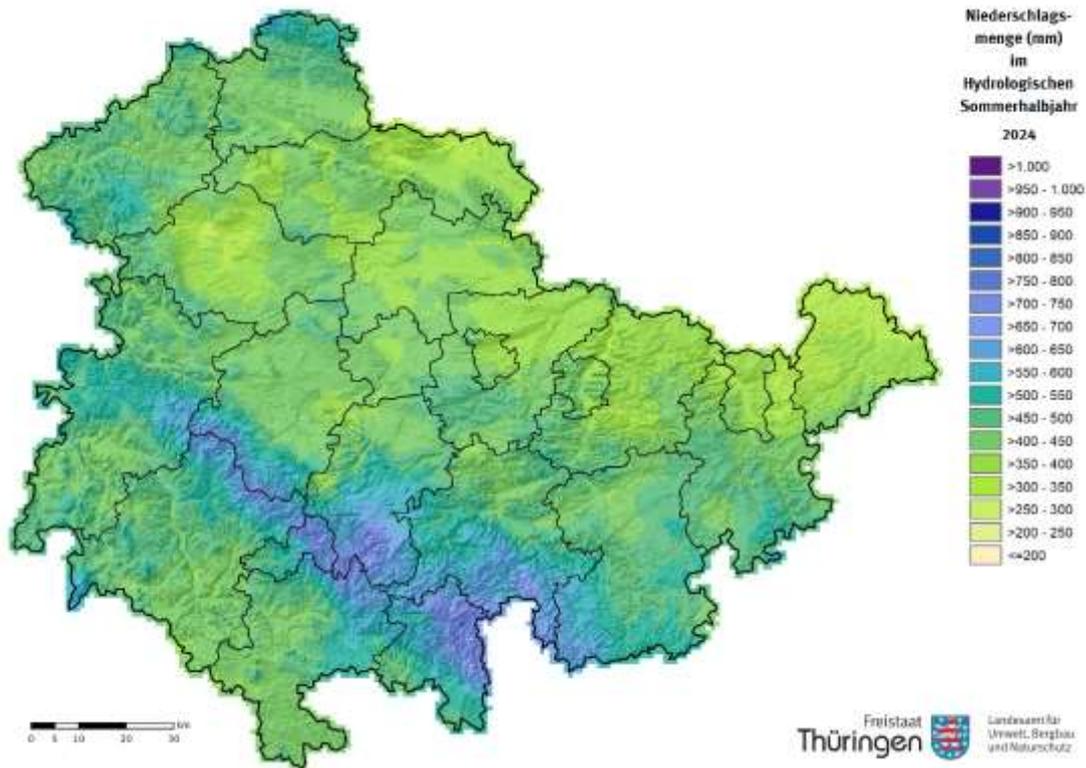


Abbildung 6: Niederschlagsverteilung in Thüringen im hydrologischen Sommerhalbjahr 2024

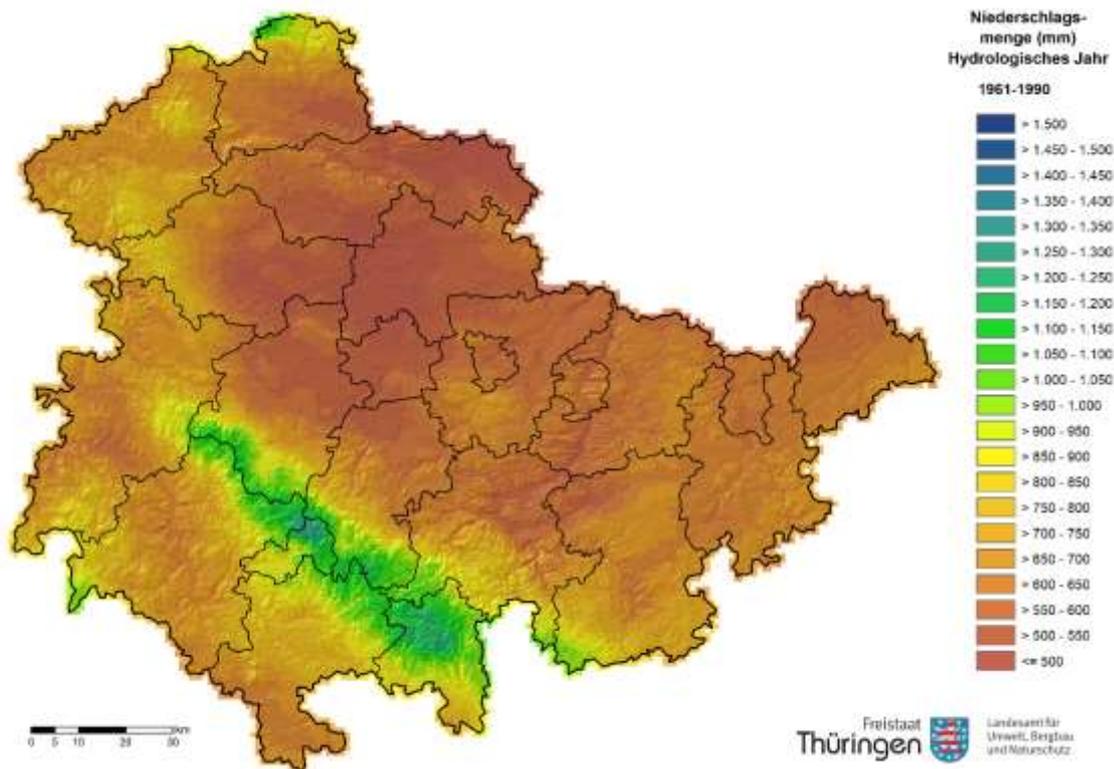


Abbildung 7: Niederschlagsverteilung in Thüringen im hydrologischen Jahr 1961–1990

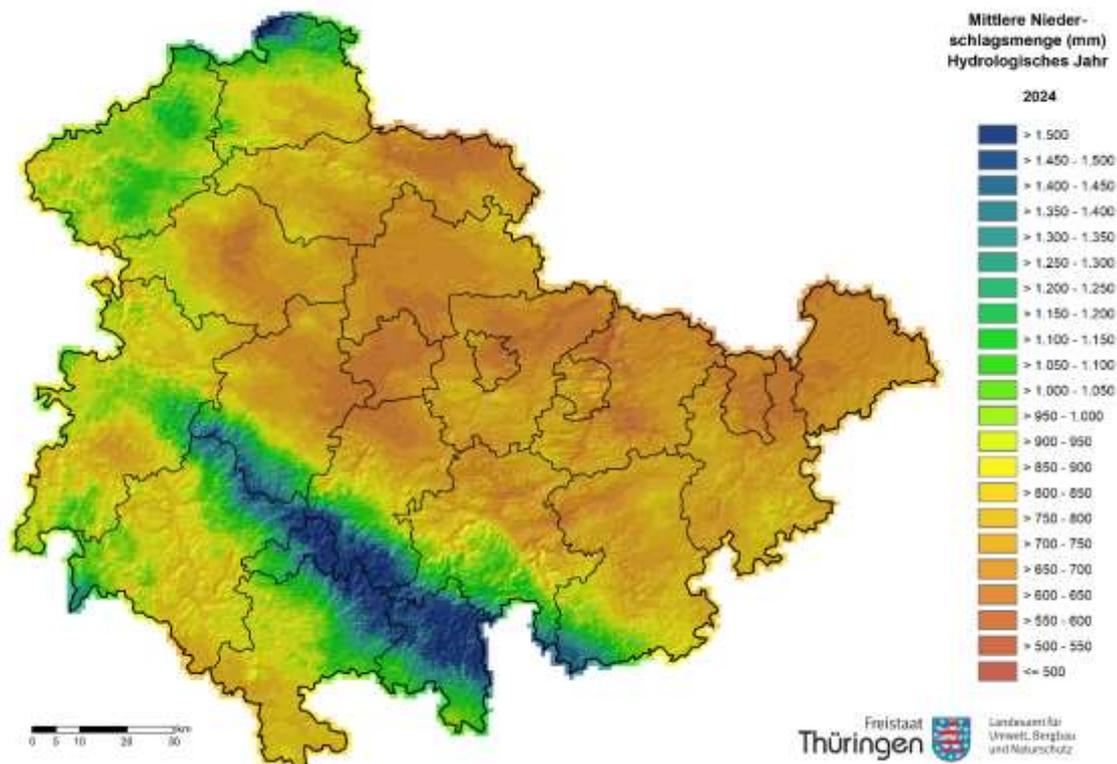


Abbildung 8: Niederschlagsverteilung in Thüringen im hydrologischen Jahr 2024

2.3 Stationsauswertung

Zur Bewertung der Niederschlagssituation im EZG der Apfelstädt im Berichtszeitraum von November 2023 bis Oktober 2024 kann auf die Messdaten ausgewählter Klimastationen des DWD zurückgegriffen werden, die durch ihre Lage im EZG repräsentativ für das Gebiet sind. Die folgenden Diagramme in den Abbildungen 9–14 zeigen die jeweiligen Niederschlagsmengen nach Monaten und hydrologischen Zeiträumen an den DWD-Stationen „Tambach-Dietmarz“ (475 m ü. NN), „Ohrdruf-Crawinkel“ (469 m ü. NN) und „Drei Gleichen-Mühlberg“ (286 m ü. NN) im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990.

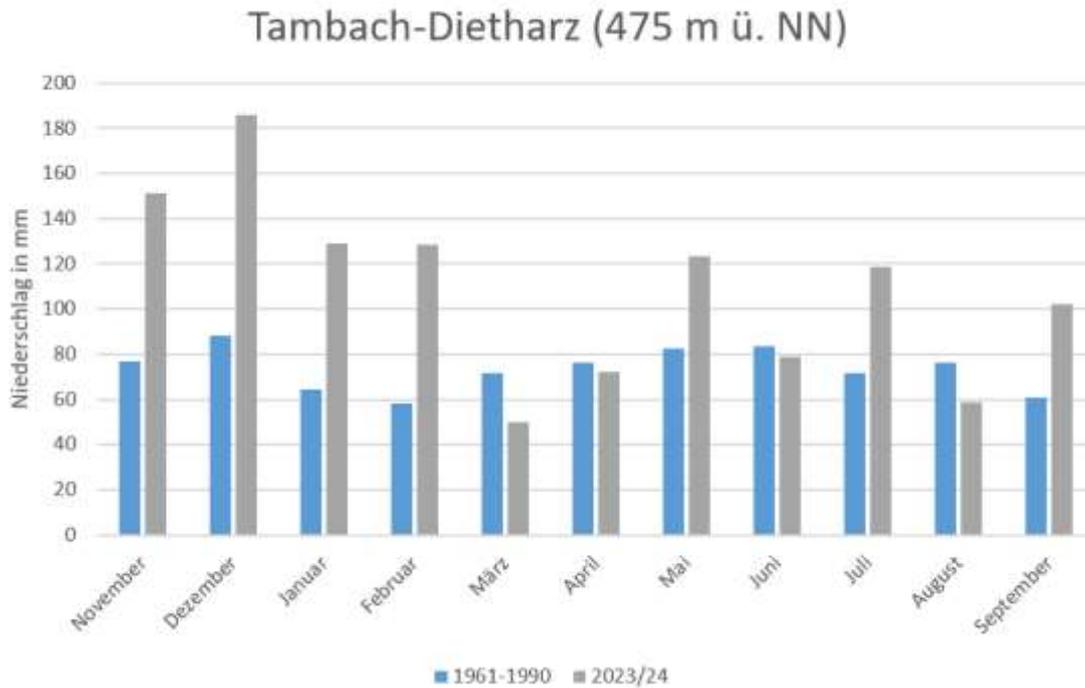


Abbildung 9: Monatliche Niederschlagsmengen an der DWD-Station Tambach-Dietharz von November 2023 bis Oktober 2024 vs. Referenzperiode 1961–1990; Daten: DWD, Verarbeitung: TLUBN

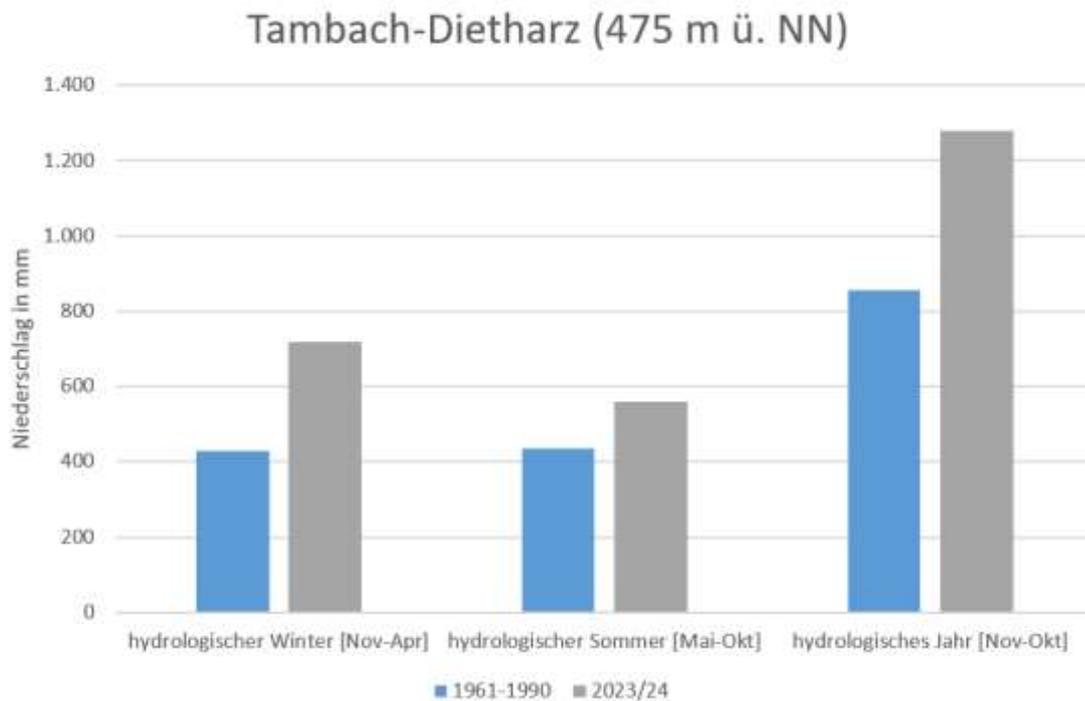


Abbildung 10: Niederschlagsmengen der hydrologischen Jahreszeiten und des hydrologischen Jahres 2024 an der DWD-Station Tambach-Dietharz vs. Referenzperiode 1961–1990; Daten: DWD, Verarbeitung: TLUBN

Tabelle 1: Niederschlag DWD-Station „Tambach-Dietharz“

Zeitraum	Niederschlag (mm) Hydrologischer Winter	Niederschlag (mm) Hydrologischer Sommer	Niederschlag (mm) Hydrologisches Jahr
1961–1990	430	436	856
1991–2020	479	491	970
2024	717	561	1.278

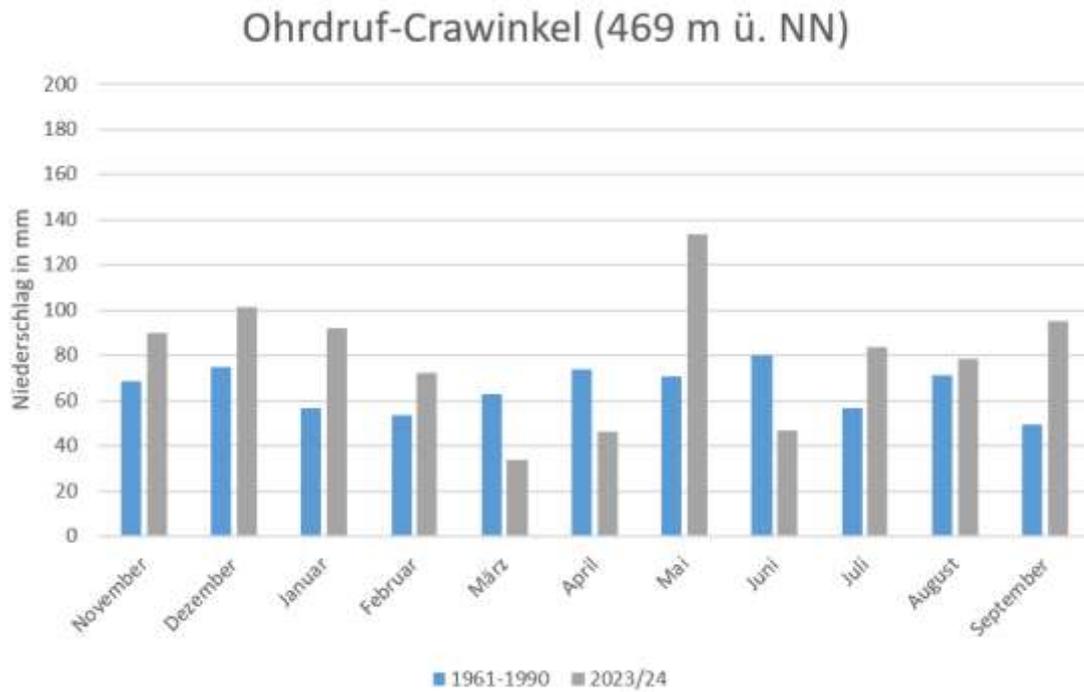


Abbildung 11: Monatliche Niederschlagsmengen an der DWD-Station Ohrdruf-Crawinkel von November 2023 bis Oktober 2024 vs. Referenzperiode 1961–1990; Daten: DWD, Verarbeitung: TLUBN

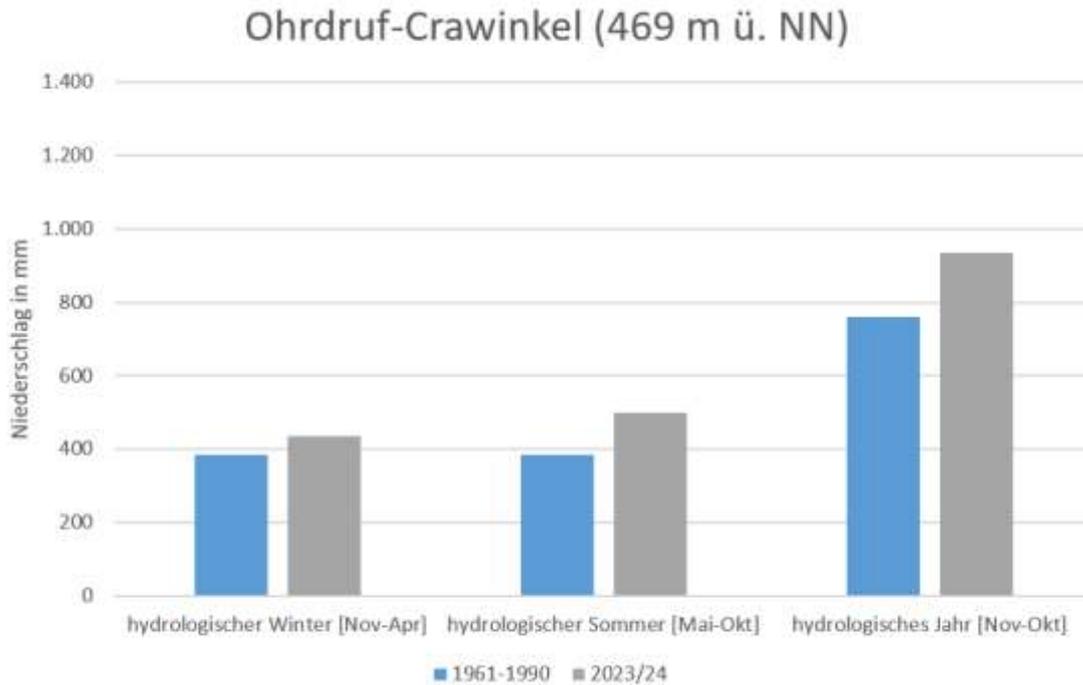


Abbildung 12: Niederschlagsmengen der hydrologischen Jahreszeiten und des hydrologischen Jahres 2024 an der DWD-Station Ohrdruf-Crawinkel vs. Referenzperiode 1961–1990; Daten: DWD, Verarbeitung: TLUBN

Tabelle 2: Niederschlag DWD-Station „Ohrdruf-Crawinkel“

Zeitraum	Niederschlag (mm)		Niederschlag (mm)
	Hydrologischer Winter	Hydrologischer Sommer	Hydrologisches Jahr
1961–1990	384	383	761
1991–2020	392	419	811
2024	436	500	936

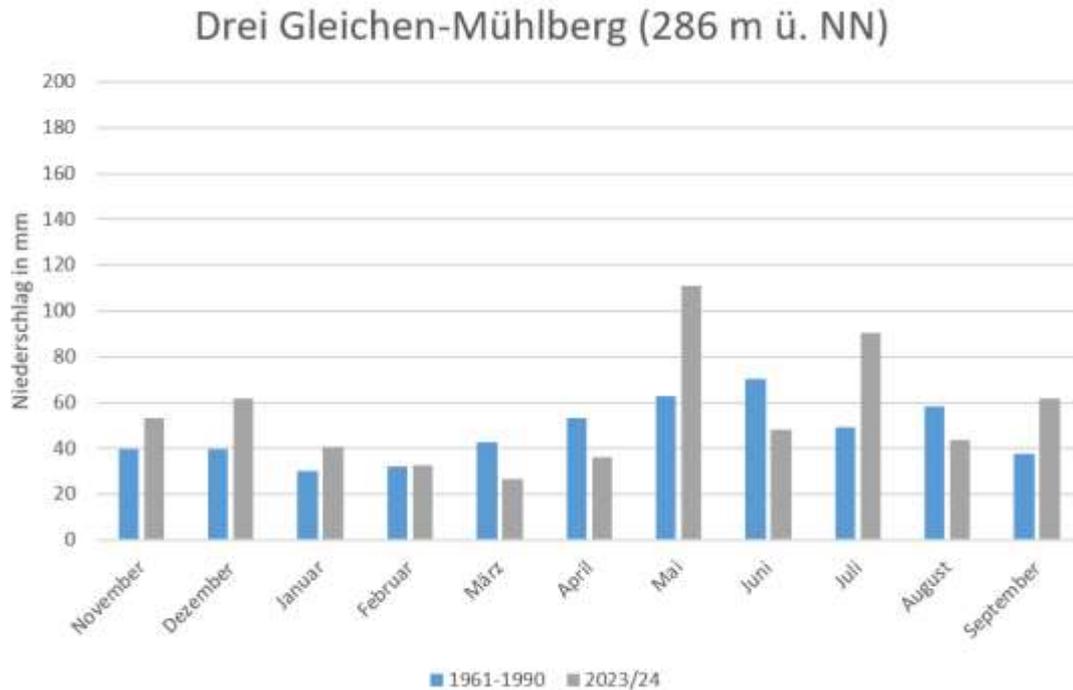


Abbildung 13: Monatliche Niederschlagsmengen an der DWD-Station Drei Gleichen-Mühlberg von November 2023 bis Oktober 2024 vs. Referenzperiode 1961–1990; Daten: DWD, Verarbeitung: TLUBN

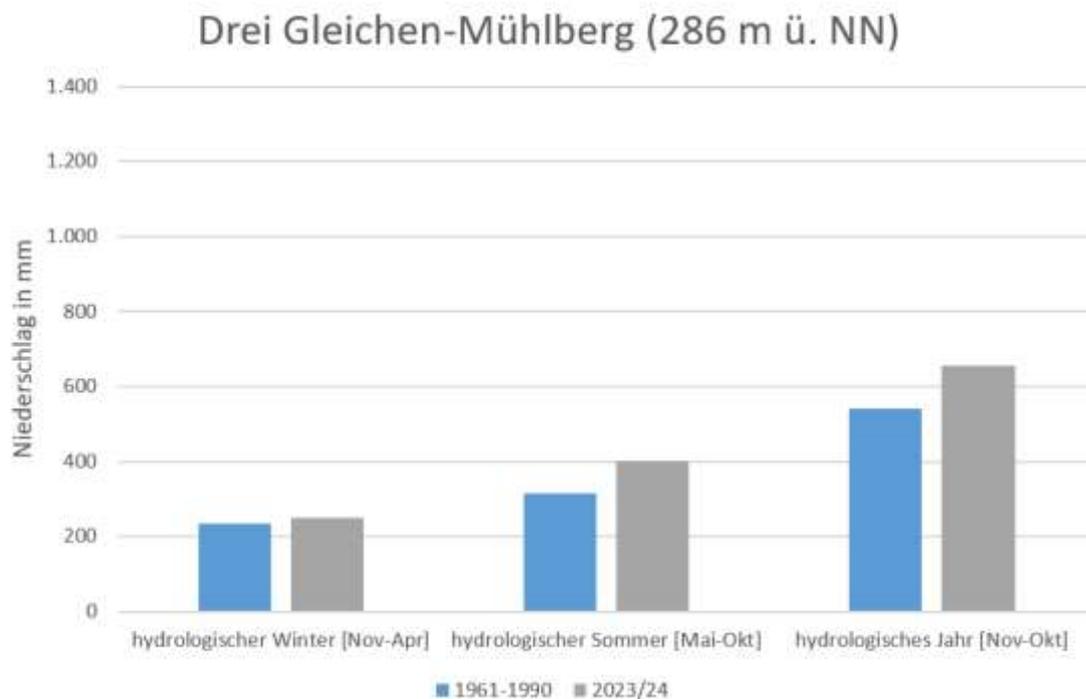


Abbildung 14: Niederschlagsmengen der hydrologischen Jahreszeiten und des hydrologischen Jahres 2024 an der DWD-Station Gleichen-Mühlberg von vs. Referenzperiode 1961–1990; Daten: DWD, Verarbeitung: TLUBN

Tabelle 3: Niederschlag DWD-Station „Drei Gleichen-Mühlberg“

Zeitraum	Niederschlag (mm) Hydrologischer Winter	Niederschlag (mm) Hydrologischer Sommer	Niederschlag (mm) Hydrologisches Jahr
1961–1990	234	314	542
1991–2020	232	348	580
2024	251	404	655

Auch an den Messwerten der drei Stationen zeigt sich bei monatlicher Betrachtung fast das gleiche Bild wie bei der monatlichen Niederschlagsbilanz des gesamten Einzugsgebietes. Einzige Ausnahme ist der Monat August an der Station Ohrdruf-Crawinkel, der hier im Gegensatz zu den beiden anderen Stationen und dem EZG nasser war als der Referenzmonat. Dies ist auf zwei Starkregenereignisse am 2. August (30,8 mm) und 19. August (25,2 mm) zurückzuführen.

Die Niederschlagsbilanzen der Hydrologischen Jahreszeiten 2024 und des gesamten Hydrologischen Jahres 2024 waren – wie auch im gesamten Einzugsgebiet – an den drei Stationen positiv.

2.4 Fazit Meteorologische Situation im Berichtszeitraum

Das hydrologische Jahr 2024, von November 2023 bis Oktober 2024, war mit einer Mitteltemperatur von 11,2 Grad Celsius um 3,1 Grad wärmer als der Vergleichswert der international genormten Referenzperiode für langfristigen Klimawandel von 1961–1990. Damit war es das bisher wärmste hydrologische Jahr seit 1881. Beginnend mit dem Jahr 1997 waren ausnahmslos alle folgenden 28 hydrologischen Jahre zu warm.

Im Berichtszeitraum war durchgängig jeder Monat wärmer als sein jeweiliger Referenzwert der Vergleichsperiode 1961-1990. Vor allem der Februar 2024 ragt mit einer Rekordanomalie von 6,7 Grad gegenüber seinem Referenzwert der Periode 1961-1990 heraus. Noch nie war seit Januar 1881 einer der bis dato gemessenen 1.728 Monate um einen solchen Betrag zu warm. Der meteorologische Winter (D/J/F) 2023/24 war der drittwärmste Winter der Messreihe. Auch der August 2024 kam im Ranking der wärmsten August-Monate seit 1881 auf den dritten Platz.

Von den zwölf Monaten des Berichtszeitraums hatten im Einzugsgebiet der Apfelstädt acht Monate (November bis Februar, Mai, Juli, September, Oktober) eine positive Niederschlagsbilanz, d.h., sie waren niederschlagsreicher als der jeweilige Vergleichsmonat der Referenzperiode. Demgegenüber stehen die vier zu trockenen Monate März, April, Juni und August. In Summe weisen neben dem hydrologischen Jahr 2024 (+24%) auch die beiden hydrologischen Halbjahre, das hydrologische Winterhalbjahr 2024 (+25%) und das hydrologische Sommerhalbjahr 2024 (+23%) positive Niederschlagsbilanzen auf.

3 Oberflächenwasser

Im Einzugsgebiet der Apfelstädt bestehen bereits einige Oberflächenwassermesseinrichtungen, die für das Sondermessnetz noch im Verlauf der Apfelstädt und Ohra ergänzt wurden. Diese sind in Abbildung 1 als dunkelblaue bzw. hellblaue Markierungen eingezeichnet.

Von besonderer Bedeutung ist der Hochwassermeldepegel Georgenthal 1, der die Abgaben aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser sowie die Abflüsse im Zwischengebiet unterhalb der Talsperren bis zum Pegel zusammenfasst. Am Pegel beträgt die Gesamteinzugsgebietsfläche 81 km². Kurz oberhalb des Pegels Georgenthal 1 findet sich das Teilerwehr Georgenthal, über das Wasser aus der Apfelstädt ausgeleitet und in Richtung Gotha aus dem Einzugsgebiet fortgeführt wird. Im weiteren Verlauf der Apfelstädt wurde im September 2022 die Sondermessstelle Herrenhof (Abbildung 15) eingerichtet. Hierbei handelt es sich um einen Radarsensor, mit dem der Wasserstand alle 15 Minuten gemessen und an das TLUBN in Jena übertragen wird. Der Wasserstand in Herrenhof wird deutlich durch den Aufstau an einem Wehr einige 100 m stromab beeinflusst.



Abbildung 15: Die Sondermessstelle Herrenhof (Radarsensor und Pegellatte)

Der nächste Sondermesspunkt, der ebenso ausgestattet ist wie der Messpunkt Herrenhof, befindet sich neben der Kläranlage in Ohrdruf, kurz bevor die Ohra in die Apfelstädt mündet. Hier schließt sich dann stromabwärts die bekannte Versinkungsstrecke an, in deren Verlauf die Apfelstädt besonders während Trockenphasen erhebliche Wassermengen an das Grundwasser verliert.

Der nächste Sondermesspunkt, der ebenso ausgestattet ist wie der Messpunkt Herrenhof, befindet sich neben der Kläranlage in Ohrdruf, kurz bevor die Ohra in die Apfelstädt mündet. Hier schließt sich dann stromabwärts die bekannte Versinkungsstrecke an, in deren Verlauf die Apfelstädt besonders während Trockenphasen erhebliche Wassermengen an das Grundwasser verliert.

Nachdem die Apfelstädt unter der BAB 4 durchgeflossen ist, erreicht sie nach der Gemeinde Wechmar das FFH Gebiet Apfelstädttaue. Auch hier wurde ein Sondermesspunkt eingerichtet, ebenso wie in der Gemeinde Wandersleben weiter stromabwärts.

Im weiteren Verlauf passiert die Apfelstädt die Gemeinden Apfelstädt, Neudietendorf und Ingersleben und mündet dann in die Gera. Kurz vor der Mündung befindet sich der TLUBN-Pegel Ingersleben mit einer Gesamteinzugsgebietsfläche von 371,4 km².

Da an den Sondermesspunkten noch keine belastbaren Wasserstands-Durchfluss-Beziehungen vorliegen, können für diesen Bericht dort keine Durchflüsse aus den Wasserständen abgeleitet werden, wodurch die Sondermesspunkte lediglich Aussagen über die Dynamik und mögliche Beeinflussung (siehe z. B. Herrenhof) zulassen. Aus dem hydraulischen Modell wurden WQ-Beziehungen für die Sondermessstellen bestimmt. Die Pegellatten an den Messstellen müssen aber zunächst noch präzise eingemessen werden, bevor die WQ-Beziehungen angewendet werden können. Für Aussagen zur Wasserbilanz werden daher in diesem Bericht lediglich die vollqualifizierten Pegel Georgenthal 1 und Ingersleben herangezogen. Die Differenz zwischen den beiden Pegeln erlaubt Rückschlüsse auf den Wasserverlust in der Flussversinkung kurz nach der Ohramündung.

Abbildung 16 zeigt den Durchfluss am Pegel Georgenthal 1 von November 2023 bis Oktober 2024 als schwarze Linie. Die Flächen zeigen in hellrot den Bereich unterhalb des langjährigen monatlichen Niedrigwasserabflusses, in hellgrün den Bereich zwischen langjährigem monatlichen Niedrigwasserabfluss und langjährigem monatlichen Mittelwasserabfluss. Das hydrologische Jahr 2024 war durch verhältnismäßig hohe Abflüsse im Winter (Dez. – Feb.) gekennzeichnet. Ab März lagen die Abflüsse mit Ausnahme des Mai 2024 auf sehr niedrigem Niveau. Ab August ist wieder ein leichter Anstieg im Abfluss erkennbar. Durch die Talsperrenabgabe verblieben das gesamte Jahr die Abflüsse oberhalb

3. Oberflächenwasser

der vereinbarten $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (gepunktete Linie). Der mittlere Abfluss im hydrologischen Jahr 2024 lag mit $1,37 \text{ m}^3/\text{s}$ höher (+41%) als im Jahr zuvor, wo er im Jahresmittel $0,97 \text{ m}^3/\text{s}$ betrug. Mit Ausnahme des April lagen die Abflüsse auch ganzjährig oberhalb des mittleren monatlichen Niedrigwasserabflusses (MNQ).

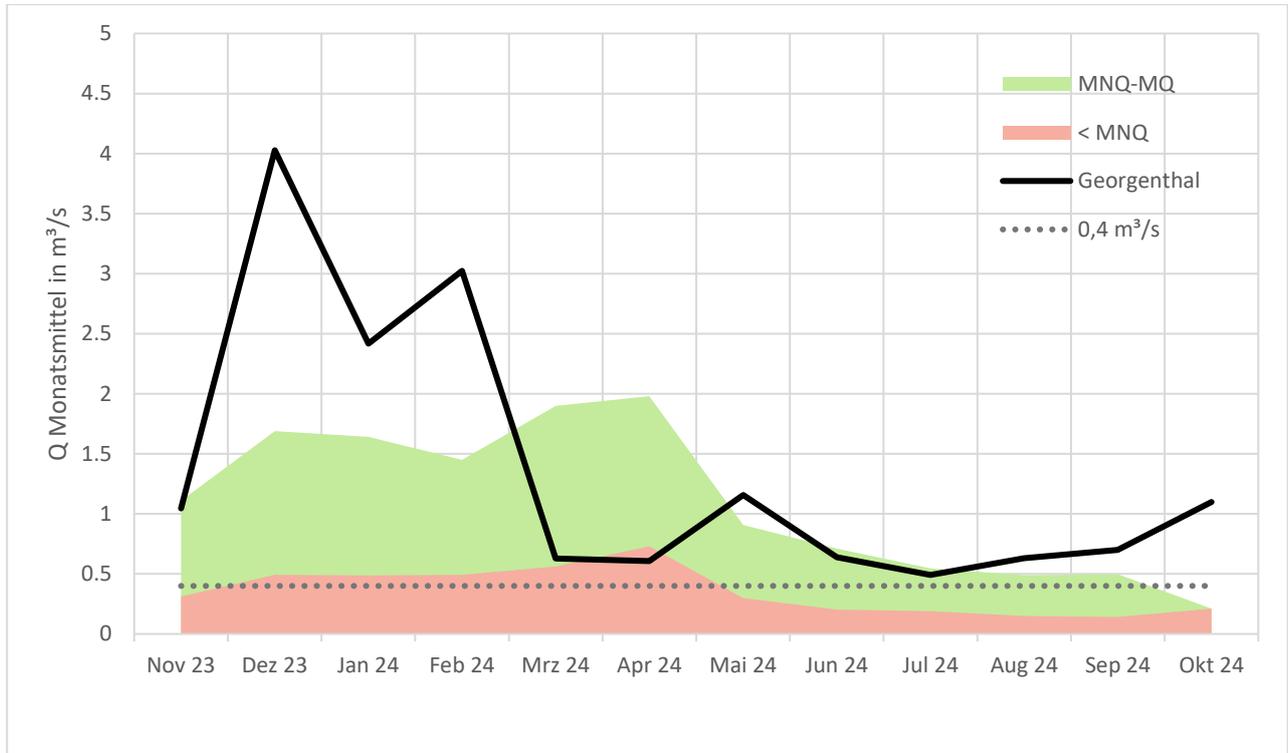


Abbildung 16: Der mittlere monatliche Abfluss am Pegel Georgenthal 1

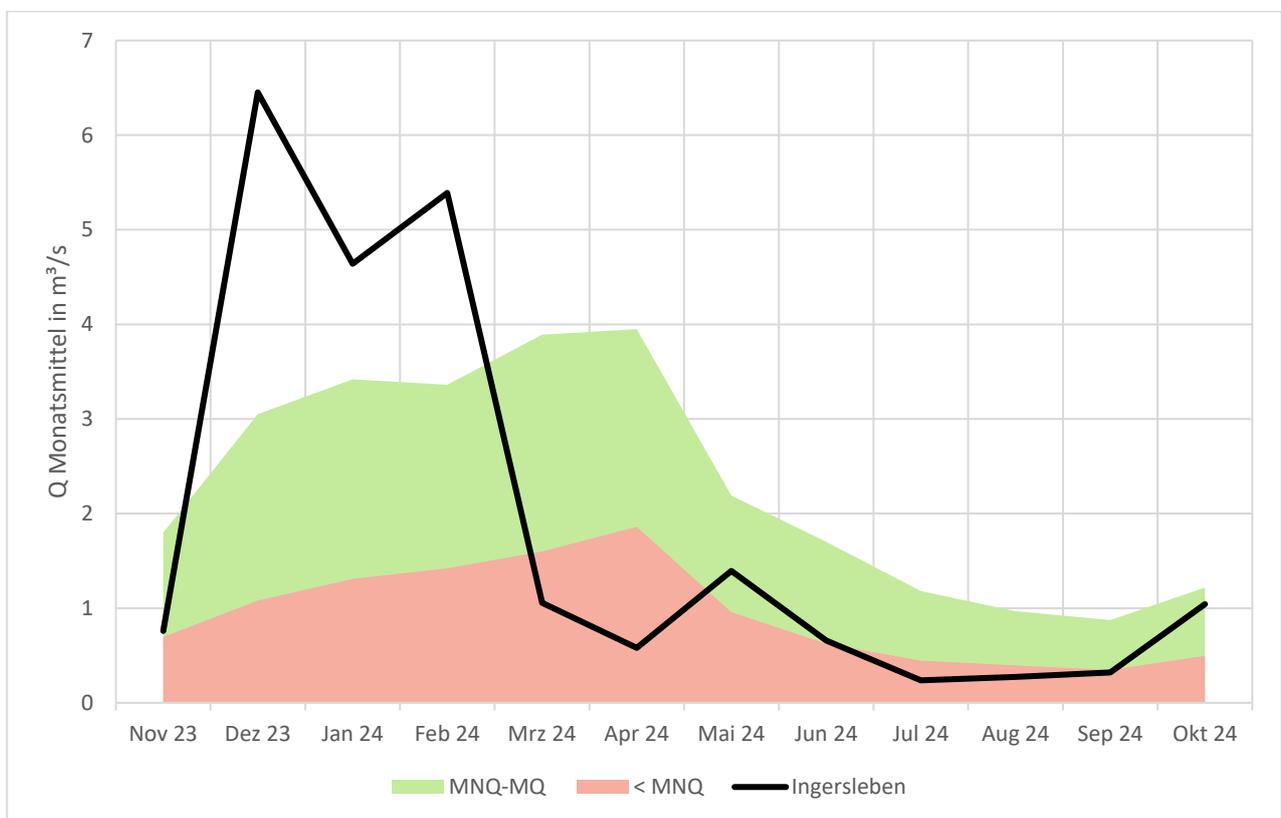


Abbildung 17: Der mittlere monatliche Abfluss am Pegel Ingersleben

3. Oberflächenwasser

Der mittlere monatliche Durchfluss am Pegel Ingersleben zeigt im hydrologischen Jahr 2024 eine ähnliche Dynamik wie der Durchfluss am Pegel Georgenthal 1, allerdings eine insgesamt höhere Schwankungsbreite. Auch in Ingersleben lagen die Abflüsse in den Monaten Dezember bis Februar deutlich über dem langjährigen Mittel und deutlich höher als in Georgenthal. Ab März nahmen die Abflüsse rasch ab und lagen mit Ausnahme des Mai unterhalb des langjährigen monatlichen Niedrigwasserabflusses (MNQ). Erst im Oktober 2024 wurde dieser Wert wieder überschritten. Die erhöhte Abgabe, die im August 2024 zu Testzwecken eingestellt wurde (Details dazu siehe Anhang 1), die am Pegel Georgenthal 1 zu einem Abflussanstieg über das langjährige Monatsmittel (MQ) führte, ist am Pegel Ingersleben nur noch sehr schwach erkennbar.

Der mittlere Abfluss im hydrologischen Jahr 2024 lag mit $1,66 \text{ m}^3/\text{s}$ etwas höher (+22%) als im Jahr zuvor, wo er im Jahresmittel $1,36 \text{ m}^3/\text{s}$ betrug.

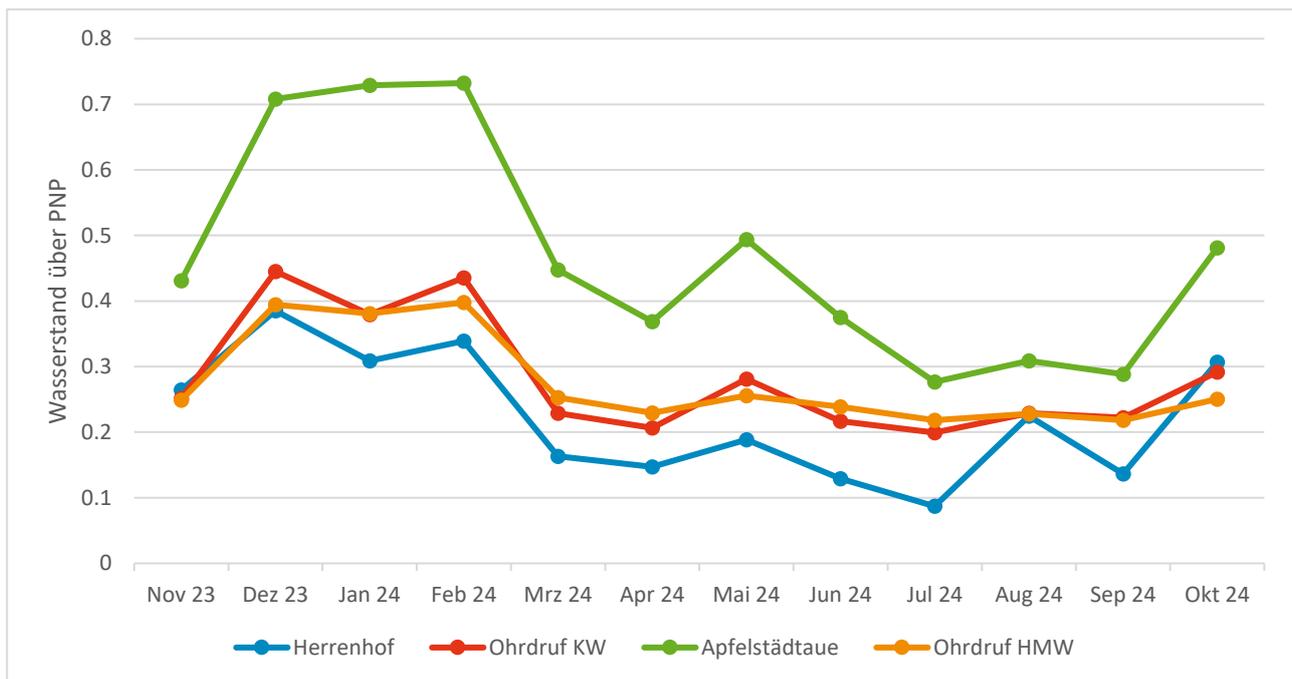


Abbildung 18: Die Wasserstände über Pegelnullpunkt (PNP) an den Sondermessstellen

In Abbildung 18 sind die mittleren monatlichen Wasserstände an den Sondermessstellen für das Berichtsjahr 2023/2024 dargestellt. Da die absolute Höhe der Wasserstände stark vom jeweiligen Querprofil abhängt, hat das zur Folge, dass ähnliche Durchflussänderungen zu sehr unterschiedlichen Änderungen der Wasserstände führen können. Deshalb können die Wasserstände nur zur Bewertung der Abflussdynamik herangezogen werden. Die Abbildung bestätigt die bereits bei den Pegeln Georgenthal 1 und Ingersleben diskutierte Dynamik. Auffällig ist die Sonderaufhöhung im August an der Messstelle Herrenhof zu sehen. An der Messstelle Apfelstädtaue, die dann unterhalb der Flussversinkung folgt, ist der Einfluss der Sonderaufhöhung fast nicht mehr zu erkennen.

Für die Einordnung der Abflüsse im langjährigen Vergleich wurden die hydrologischen Zeitreihen von 2010 bis 2023 jeweils von November bis Oktober gegenübergestellt. Damit reicht z. B. das Vergleichsjahr 2012 von November 2011 bis Oktober 2012.

Im Vergleich zu den Abflüssen zwischen 2010 und 2024 ordnet sich das Berichtsjahr 2023/2024 als etwas feuchter im Vergleich zu der langen Reihe von negativen Bilanzjahren seit 2019 ein. Der Abfluss am Pegel Georgenthal zeigte erstmals seit 2019 wieder eine positive Bilanz, der Pegel Ingersleben lag aber auch in diesem Jahr unterhalb des langjährigen Mittels, allerdings weniger stark als in den Jahren zuvor. Dies ist in Form der relativen prozentualen Abweichungen der Durchflüsse der Einzeljahre von den langjährigen Mittelwerten seit Mitte des letzten Jahrhunderts in Abbildung 19 dargestellt.

3. Oberflächenwasser

In diesem Zeitraum traten am Pegel Georgenthal 1 leicht überdurchschnittliche Abflüsse, mit Ausnahme des Jahres 2012, bis zum Trockenjahr 2018 auf. Deutlich ist das Hochwasserjahr 2013 zu erkennen. In den Trockenjahren 2019 und 2020 lagen die Durchflüsse etwa im Bereich des langjährigen Mittels, in den Jahren 2021 und 2022 deutlich darunter und auch im Jahr 2023 noch leicht unterhalb des langjährigen Mittels. Im Jahr 2024 wurde seit längerem das langjährige Mittel wieder überstiegen.

Am Pegel Ingersleben lagen die Durchflüsse ebenfalls zu Beginn des Vergleichszeitraumes noch leicht oberhalb des langjährigen Mittels, ab 2012, mit Ausnahme des Jahres 2013, aber meist deutlich darunter.

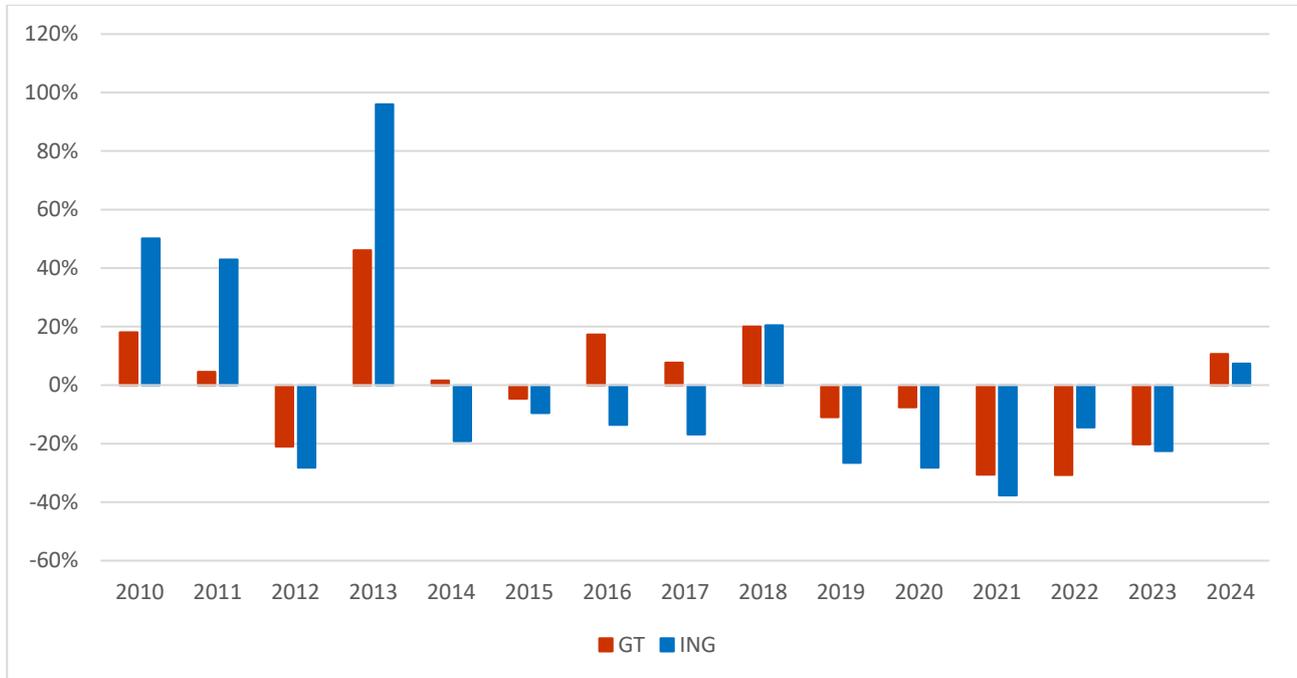


Abbildung 19: Relative prozentuale Abweichung der mittleren Jahresabflüsse vom langjährigen Mittel an den Pegeln Georgenthal 1 und Ingersleben

Um das Abflussverhalten der Apfelstädt mit den Abflüssen eines nicht durch Talsperrenmanagement beeinflussten aber naturräumlich ähnlichen Gebiet zu vergleichen, wurden die beiden Ilm-Pegel Gräfinau-Angstedt und Mellingen herangezogen. Gräfinau-Angstedt ist wie Georgenthal durch einen deutlichen Mittelgebirgsanteil geprägt, aber nicht durch Talsperren im Oberlauf beeinflusst. Stromab liegt der Pegel Mellingen, wobei auch die Ilm auf ihrem Weg im Bereich von Kranichfeld teilweise, in ausgeprägten Trockenjahren, auch vollkommen versinkt und trockenfällt. Damit ist der Pegel Mellingen dem Pegel Ingersleben vergleichbar.

Die relativen Abweichungen der Jahresabflüsse der vier Pegel von 2010 bis 2024 (jeweils von November bis Oktober) sind in Abbildung 20 dargestellt. Hier fällt auf, dass die beiden Ilmpiegel Gräfinau-Angstedt und Mellingen ein sehr ähnliches Muster wie der Pegel Ingersleben aufweisen. Die deutlich positiven Anomalien des Pegels Georgenthal 1 in den Jahren 2014 bis 2018 sind bei den Ilmpiegeln nicht zu sehen, die eher eine deutlich unterdurchschnittliche Abflussmenge zeigen. Bis in das Jahr 2020 lagen die Anomalien bei den Pegeln Mellingen und Ingersleben auf ähnlichem Niveau. In den Jahren 2021 bis 2023 wurden an der Ilm am Pegel Mellingen aber deutlich kleinere Anomalien beobachtet als am Pegel Ingersleben. Im hydrologischen Jahr 2024 überstieg der Abflusswert bei den Ilmpiegeln deutlich das langjährige Mittel. Der Abfluss am Pegel Georgenthal lag leicht über dem langjährigen Mittel, am Pegel Ingersleben aber erneut darunter.

3. Oberflächenwasser

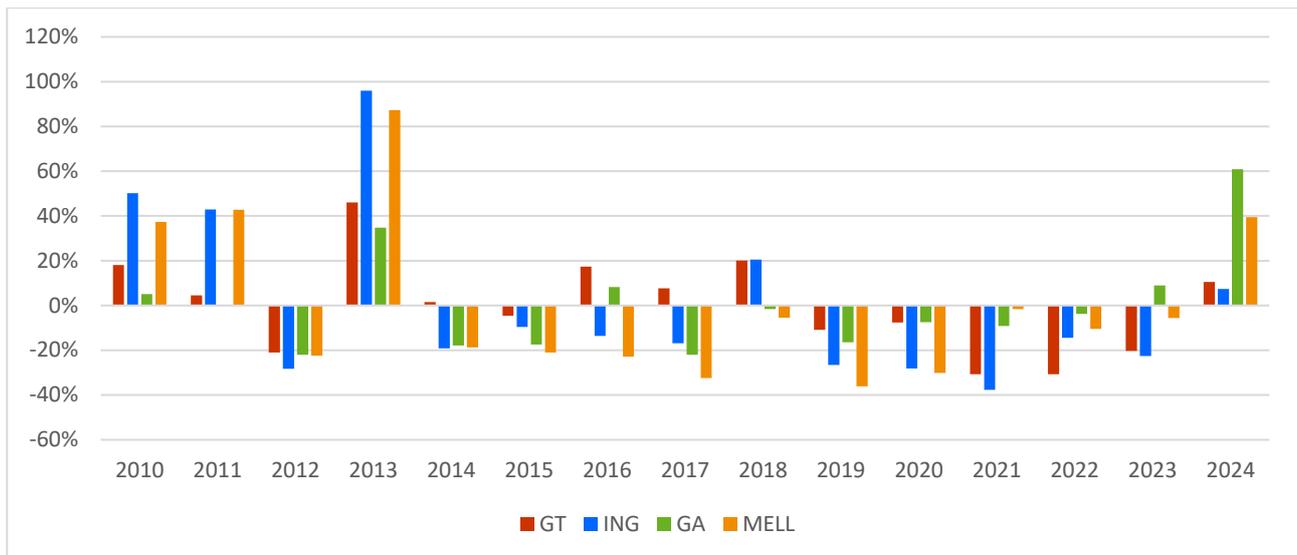


Abbildung 20: Relative Abweichung der mittleren Jahresdurchflüsse an Messstellen im Einzugsgebiet der Apfelstädt und der Ilm

Werden nicht die mittleren Jahresabflüsse, sondern die mittleren Abflüsse in den kritischen Sommermonaten Juni, Juli und August (JJA) betrachtet, zeigt sich ein etwas differenziertes Bild. Auch bei Betrachtung der Sommermonate sticht das Hochwasserjahr 2013 mit seinen deutlich positiven Abweichungen vom langjährigen Mittel deutlich hervor. Auch in den Sommern 2015 bis 2017 fällt der Pegel Georgenthal 1 durch positive Anomalien auf, die sich im Sommer 2017 auch in Ingersleben zeigen. In den sehr trockenen Jahren 2018, 2019 und 2020 weisen sowohl die Pegel an der Ilm wie auch der Pegel Ingersleben negative Abweichungen in ähnlicher Größenordnung auf, die beim Pegel Georgenthal 1 weniger stark ausgeprägt sind. Im hydrologischen Jahr 2023 zeigt sich, dass der Pegel Georgenthal 1 bedingt durch die erhöhte Talsperrenabgabe mit einer Wasserführung von mindestens $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ leicht überdurchschnittliche Abflüsse in den Sommermonaten aufwies. Dieser positive Effekt konnte sich jedoch nicht auf den weiteren Verlauf der Apfelstädt durchpausen. Am Pegel Ingersleben zeigten sich dann wieder negative Abweichungen, die in der Größenordnung aber ähnlich denen des weniger anthropogen beeinflussten Einzugsgebietes der Ilm waren. Im Berichtsjahr 2023/2024 lagen die Sommerabflüsse am Pegel Georgenthal trotz der Talsperrenstützung und der zusätzlich erhöhten Abgabe im August leicht unterhalb des langjährigen Sommermittels. Der Abfluss in Ingersleben wies ebenfalls eine deutlich negative Bilanz im Sommer 2024 auf.

4. Talsperreninhalte, Zuläufe und Abgaben

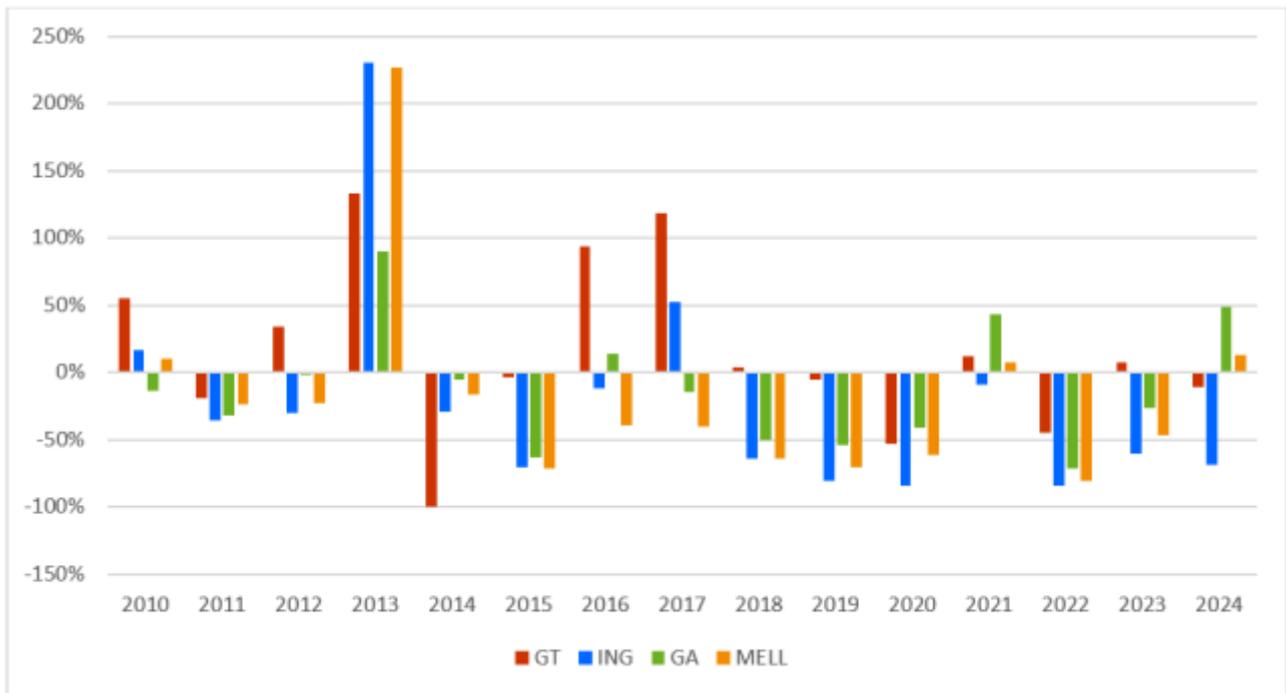


Abbildung 21: Relative Abweichungen der Sommerabflüsse vom langjährigen Mittel

3.1 Fazit Oberflächenfließgewässer

Das zweite Berichtsjahr der angepassten Abflusssteuerung, die das Ziel verfolgt, der Apfelstädt während der Sommermonate mehr Wasser zur Verfügung zu stellen als in den Trockenjahren zuvor, hinterlässt ein ähnliches Bild wie das Jahr zuvor. Das Berichtsjahr 2024 war beim Wasserdargebot etwas günstiger als das Jahr zuvor, was aber insbesondere auf die hohen Abflüsse von Dezember 2023 bis Februar 2024 zurückzuführen ist. Das Berichtsjahr zeigte einen sehr feuchten Winter, ein relativ trockenes Frühjahr mit höheren Abflüssen im Mai und einem wieder sehr trockenen Sommer. Die künstliche Aufhöhung der Abflüsse der Apfelstädt, die sich am Pegel Georgenthal 1 durch positive Anomalien im Jahresmittel äußerten, konnten sich wieder nicht bis zum Pegel Ingersleben fortsetzen. Der Vergleich der Abflüsse der Apfelstädt mit denen der naturräumlich ähnlich ausgestatteten Ilm, die aber nicht durch Talsperrenbewirtschaftung beeinflusst ist, zeigte ein ähnliches Verhalten und ähnliche Abweichungen in beiden Einzugsgebieten. Bei der jährlichen Betrachtung fiel der Pegel Ingersleben durch deutlich größere Abweichungen vom langjährigen Mittel auf. Beim Vergleich der sommerlichen Abflüsse zeigen sich aber sehr ähnliche Muster wie im Vergleichsgebiet Ilm. Im Einzugsgebiet wurden aber im hydrologischen Jahr 2024 überdurchschnittliche Abflüsse beobachtet, in der Apfelstädt blieben sie aber auch in 2024 unterdurchschnittlich.

4 Talsperreninhalte, Zuläufe und Abgaben

Im Quelleinzugsgebiet der Apfelstädt befinden sich die beiden Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser sowie die Talsperre Ohra. Diese werden aus ihren Quelleinzugsgebieten gespeist. Zusätzlich erhält die Talsperre Schmalwasser über den Haselbachstollen Wasser aus dem südlich gelegenen Haseinzugsgebiet. Über den Mittelwasserstollen wird von der TS Schmalwasser Wasser in die TS Tambach-Dietharz übergeleitet. Von dort wiederum wird Wasser in die Westringkaskade abgegeben. Über den Schmalwasserstollen kann Wasser aus dem Einzugsgebiet der TS Schmalwasser zur TS Ohra übergeleitet werden. Zuflüsse zur TS Ohra erfolgen außerdem über den Gerastollen aus dem Einzugsgebiet der Gera. Das komplexe Talsperrensystem ist in Abbildung 22 schematisch dargestellt.

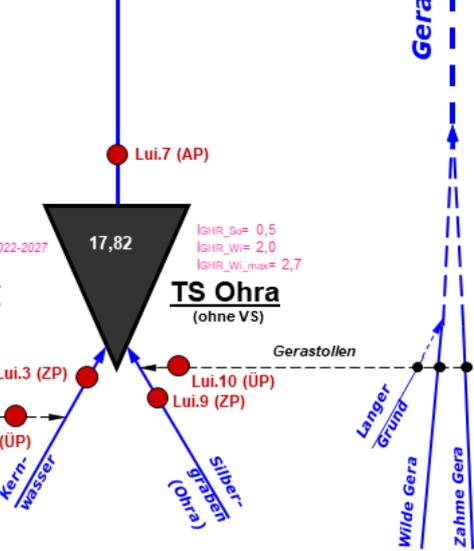
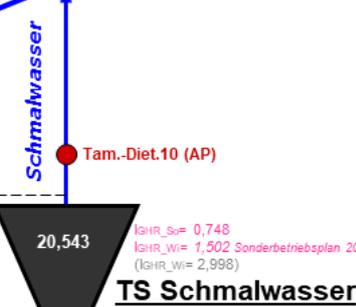
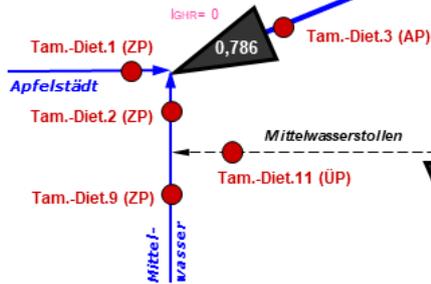
4. Talsperreninhalte, Zuläufe und Abgaben

Talsperrensystem

Ohra/ Schmalwasser/ Tambach-Dietharz

- Pegel (HWMP)
- Stauanlage mit Angabe von
 - Vollstauinhalt $I_{t...GHR}$ in [Mio.m³]
 - HW-Rückhalteraum IGHR in [Mio.m³]

TS Tambach-Dietharz



Stand: 01.03.2023

Abbildung 22: Schematische Darstellung der Lage, Zu- und Abflüsse sowie Überleitungen der Talsperren Tambach-Dietharz, Schmalwasser und Ohra

TS Schmalwasser: Zufluss, Inhalt und Abgabe der TS Schmalwasser im Berichtsjahr in Form von Monatsmittelwerten ist in Abbildung 23 dargestellt. Der Gesamtzufluss ergibt sich nach der Beziehung $Q_{ges} = 2 \cdot TD8 + TD7 - LUI 8$ also aus der Summe des doppelt gewichteten Abflusses am Pegel Tam.-Diet. 8 zuzüglich des Abflusses am Pegel Tam.-Diet. 7, abzüglich der Ableitung durch den Schmalwasserstollen (Lui. 8), der im Berichtsjahr ca. 8% des Gesamtzuflusses an die TS Ohra überführte. Die Zulaufganglinie zeigt eine ähnliche Dynamik wie die Abflussverhältnisse in der Apfelstädt unterhalb. Auf einen trockenen Herbst 2023 folgte ein sehr feuchter Winter und ein trockenes Frühjahr und Sommer. Erst im Oktober kam es wieder zu einem Ansteigen der Zuläufe. Die Abgabe aus der Talsperre wurde so geregelt, dass sie eine ausgleichende Wirkung ausübte. Während der Niedrigwasserphasen von März 24 bis September 24 wurden größere Wassermengen über den Mittelwasserstollen in die TS Tambach-Dietharz überführt, wo sie dann in Teilen zur Aufhöhung der Apfelstädt verwendet wurden. Die höheren Zuflüsse im Winter wurden zum Einstau der Talsperre verwendet, wodurch der maximale Füllstand des Jahres bereits im Februar 24 erreicht wurde.

4. Talsperreninhalte, Zuläufe und Abgaben

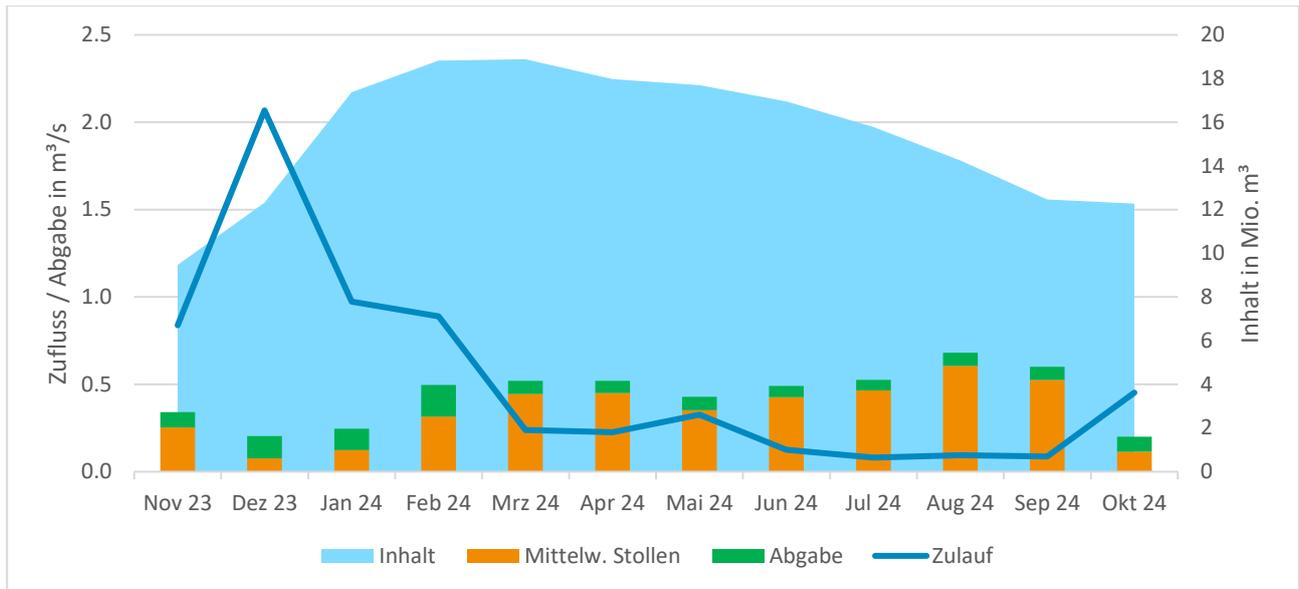


Abbildung 23: Zufluss, Abgabe und Inhalt der TS Schmalwasser (TD10 (AP) – Abgabepiegel Tambach-Dietharz, TD11(ÜP): Überleitungspegel von TS Schmalwasser nach TS Tambach-Dietharz)

TS Tambach-Dietharz: Die Talsperre Tambach-Dietharz zeigt bei ihrem Zulauf ein etwas gedämpfteres Bild als die TS Schmalwasser, was auf die Wasserüberleitung über den Mittelwasserstollen zurückzuführen ist. Generell zeigen sich aber wieder niedrige Zuflüsse zu Beginn und im Herbst sowie hohe Zuflüsse im Winter und ab dem Frühjahr verhältnismäßig konstante Zuflüsse auf niedrigem Niveau. Zufluss, Inhalt und Abgaben der TS Tambach-Dietharz im Berichtsjahr in Form von Monatsmittelwerten sind in Abbildung 24 dargestellt. Die Abgaben aus der Talsperre, die sich aus der Wildbettabgabe sowie der Abgabe in die Westringkaskade (WRK) zusammensetzen, lagen in jedem Monat des Berichtszeitraumes auf ähnlichem Niveau wie die Zuflüsse, die sich als Summe der Abflüsse der Pegel Tam.-Diet. 1 und Tam.-Diet. 2 ergeben. Im Juli und August konnte die Talsperre leicht eingestaut werden.

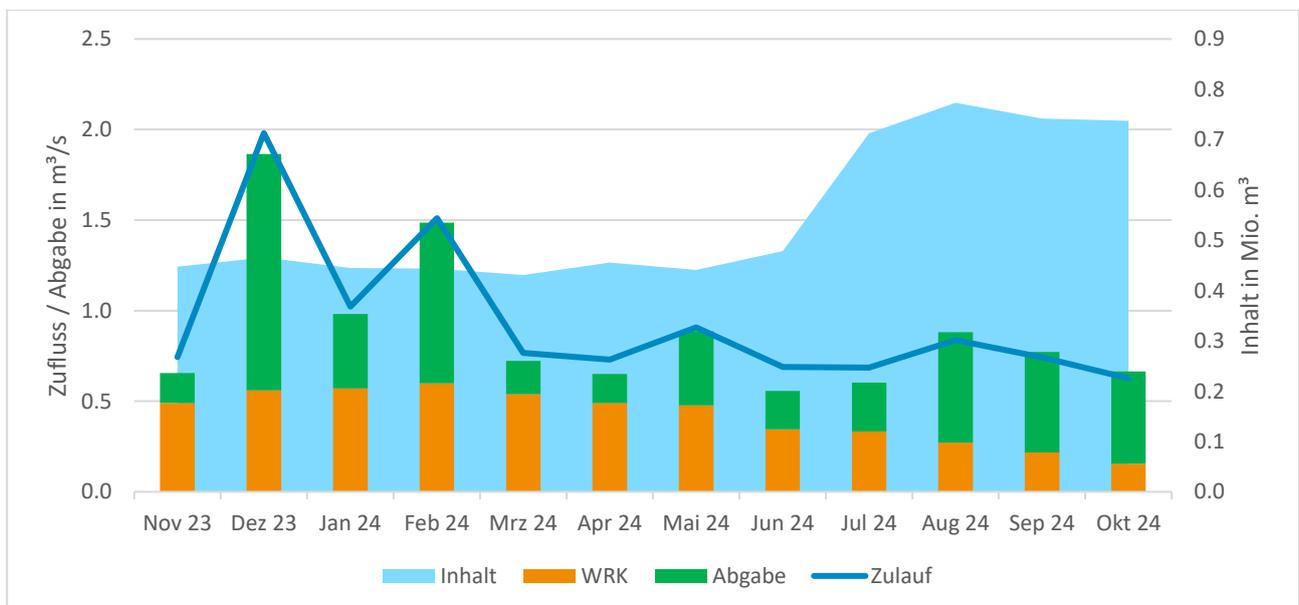


Abbildung 24: Zufluss, Abgabe und Inhalt der TS Tambach-Dietharz

TS Ohra: Zufluss, Abgabe und Inhalt im Berichtsjahr 2023/2024 der Talsperre Ohra sind in Abbildung 25 dargestellt. Der Zufluss zur TS Ohra ergibt sich aus den natürlichen Zuläufen (Lui. 3 und Lui. 9) sowie geringen Überleitungen über

4. Talsperreninhalte, Zuläufe und Abgaben

den Schmalwasserstollen (Lui. 8) und den Gerastollen (Lui. 10). Die Berechnung erfolgt nach $Q_{ges} = (Lui. 3 + Lui. 9 - Lui. 8) * 1,35 + Lui. 8 + Lui. 10$. Der Gesamtzufluss zeigt wie bei den anderen Sperren einen feuchten Winter und ein rasches Abfallen der Zuflüsse ab März 2024.

Bei der Inhaltsentwicklung wurde zu Beginn des Berichtszeitraums ein Inhalt von ca. 12 Mio. m³ beobachtet, der im Januar 2024 auf ein Niveau von ca. 16 Mio. m³ anstieg, die bis Mai gehalten werden konnten. Ab Mai trat dann wieder eine Inhaltsreduktion auf knapp unter 11 Mio. m³ im Oktober 2024 auf. Die Abgabe der TS Ohra teilt sich in die Wildbettaabgabe in die Ohra unterhalb (Lui. 7) sowie die relativ konstante Rohwasserentnahme für die Trinkwasseraufbereitung auf. Auffällig sind die hohen Wildbettaabgaben von Dezember 2023 bis Februar 2024, die auf Entlastungen zur Erhaltung der Hochwasserschutzfunktion zurückzuführen sind.

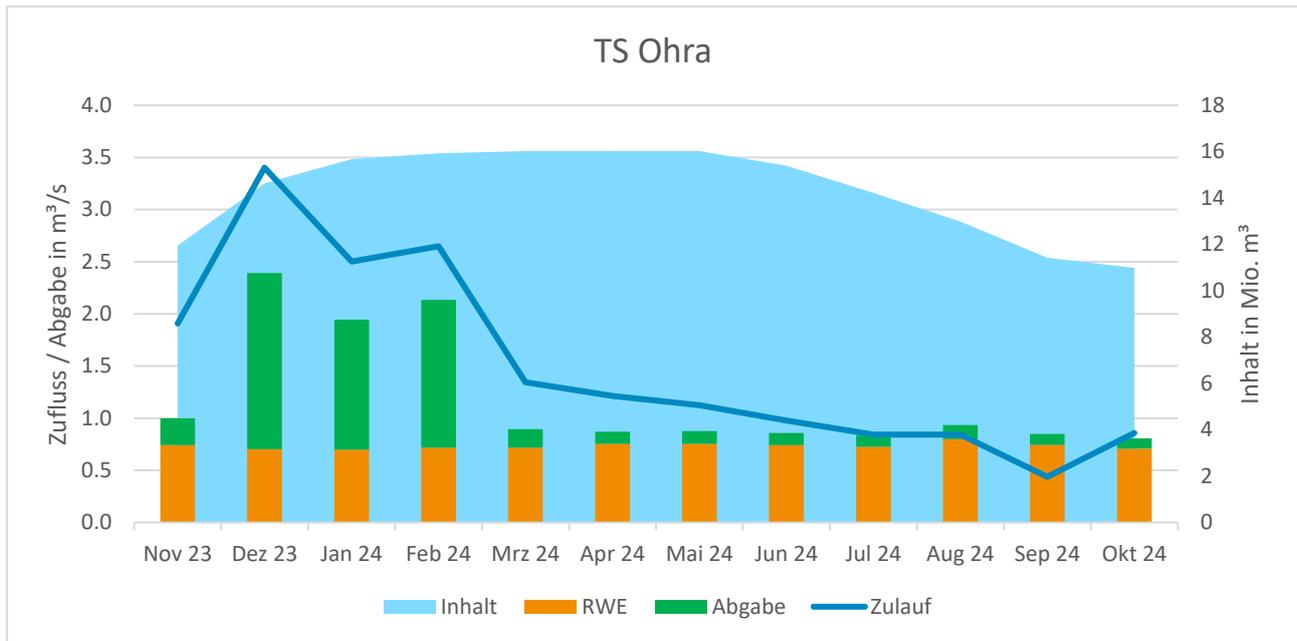


Abbildung 25: Zufluss, Abgabe und Inhalt der TS Ohra

4.1 Fazit Talsperrenbewirtschaftung:

Die Talsperrenbewirtschaftung im Berichtsjahr 2023 / 2024 profitierte deutlich vom sehr feuchten und regenreichen Winter 2023 / 2024, wie aus Abbildung 26 abschätzbar ist. In diesem Zeitraum konnten die Talsperren im Einzugsgebiet eingestaut werden, wodurch dann Wasser für die Abflussstützung im Sommer zur Verfügung stand. Ab März wurde am Pegel Georgenthal ein Abflusswert von 0,5 m³/s nicht unterschritten, im Mai kam es dank starker Niederschläge zu etwas höheren Abflüssen. Die Zuflüsse zu den Talsperren lagen ganzjährig leicht unterhalb des Abflusses in Georgenthal.

Entsprechend der Aufforderung durch den Thüringer Landtag wurde im Zeitraum von August bis September 2024 die Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser so erhöht, dass der Abfluss am Pegel Georgenthal anstelle der 0,4 m³/s, die in der dreiseitigen Vereinbarung festgehalten sind, einen Abfluss von mindestens 0,6 m³/s aufweist. Ziel der Sonderabgabe war es zu prüfen, ob eine Erhöhung der Talsperrenabgabe während der sommerlichen Niedrigwasserperiode zu einer Erhöhung der Abflüsse auf der Fließstrecke zwischen Georgenthal und Ingersleben führt. Details hierzu finden sich im Anhang 1 des Berichtes.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

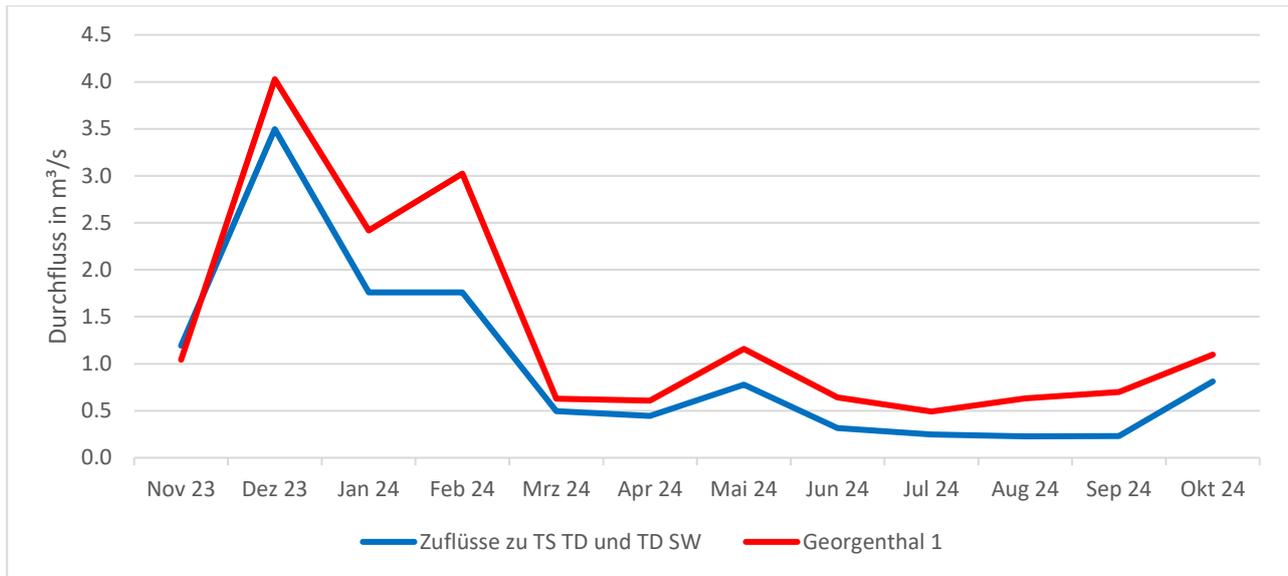


Abbildung 26: Summe der Zuflüsse zu den Talsperren Tambach-Dietharz (TS TD) und Schmalwasser (TS SW) sowie Abfluss der Apfelstädt am Pegel Georgenthal 1

5 Hydrogeologische Verhältnisse

5.1 Das Untersuchungsgebiet

Das Flusseinzugsgebiet der Apfelstädt erstreckt sich zwischen dem Rennsteig im Thüringer Wald bis zur Mündung der Apfelstädt in den Vorfluter der Gera nahe der Landeshauptstadt Erfurt. Die Ohra stellt den wichtigsten Zufluss der Apfelstädt dar, welcher nördlich der Ortschaft Ohrdruf in die Apfelstädt mündet. Das Flusseinzugsgebiet der Apfelstädt-Ohra ist von natürlichen Versinkungen betroffen, die an die Verkarstung / Auslaugung der oberen Schichten des Mittleren Muschelkalks gebunden sind (Abb. 1). Die Hauptversinkungsstrecken liegen zwischen den Ortschaften Hohenkirchen und Schwabhausen im Bereich der Apfelstädt (ca. 318 m NN GOK) sowie nördlich der Ortschaft Ohrdruf im Bereich der Ohra (ca. 336 m NN GOK).

5.2 Geologische – strukturelle Verhältnisse

Das Einzugsgebiet wird durch die paläozoischen Gesteine des Thüringer Waldes und den triassischen Gesteinen (Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper) des südwestlichen Randbereichs des Thüringer Beckens geprägt.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

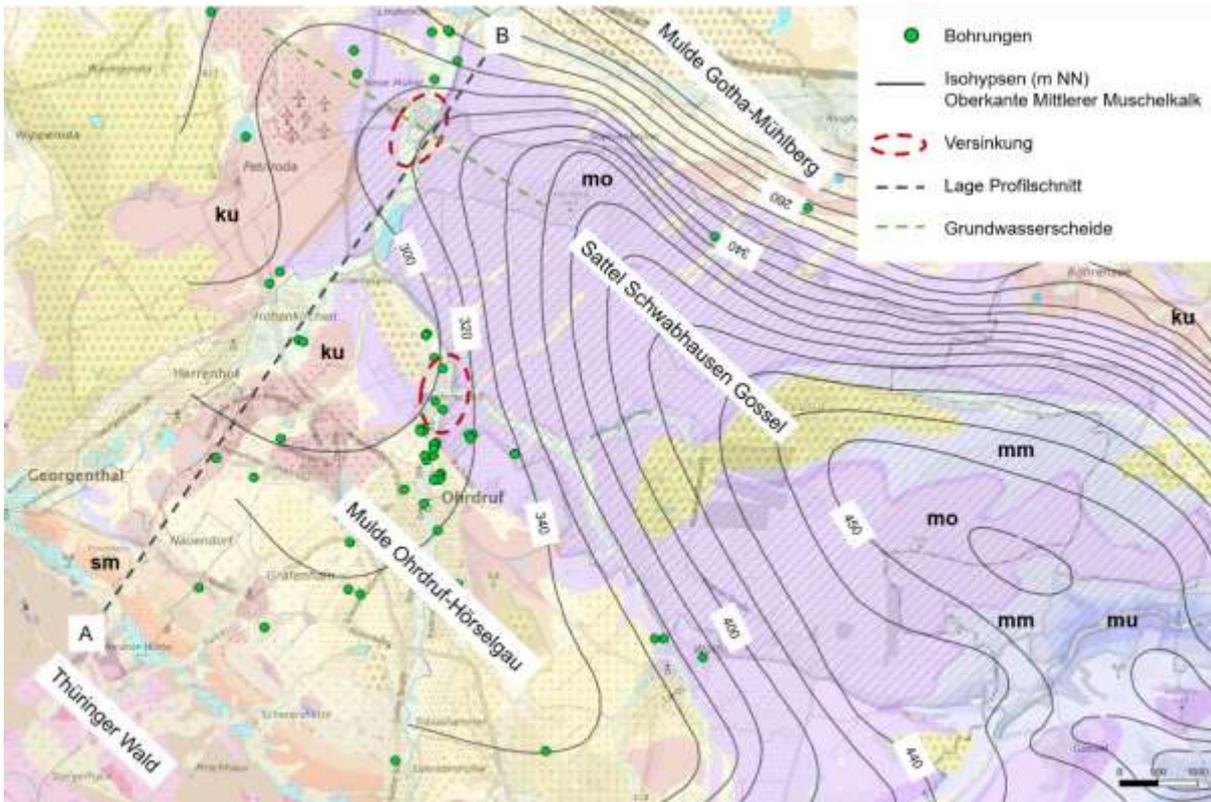


Abbildung 27: Isohypsenplan [m NN] Oberkante-Mittlerer Muschelkalk (Datenquelle: Ergebnisbericht über die erdölgeologischen Erkundungsarbeiten an der Struktur Ohrdruf (Merz 1966) - verändert)

Strukturgeologisch wird das Einzugsgebiet durch die NW - SE streichende überregionalen Störungszonen der Kreuzburger-Ilmenauer Störungszone (Thüringer Wald Nordrandstörung), der Eichenberg-Gotha-Saalfelder-Störungszone und der Erfurter Störungszone sowie durch Mulden- bzw. Sattel-Flanken unterteilt. Zu letzteren sind die Mulde von Ohrdruf-Hörselgau, der Sattel von Schwabhausen-Gossel, die Mulde von Gotha-Mühlberg u.a. zu nennen, die das Untersuchungsgebiet des Sondermessnetzes Apfelstädt formen. Die herzynisch streichenden Sattel- und Muldenachsen zeigen ein generelles Einfallen nach NW und heben sich kontinuierlich nach SE heraus (Abbildung 27). Durch die Kombination des strukturgeologischen Baus des Sattels Schwabhausen-Gossel und den morphologischen Taleinschnitten der Apfelstädt, Ohra und deren Nebenflüsse streicht der Mittlere Muschelkalk punktuell an der Geländeoberkante aus und bildet in diesen Bereichen Versenkungsstellen. Das geologische Profil in Abbildung 28 gibt die beschriebenen geologischen und strukturgeologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet des Sondermessnetzes der Apfelstädt wieder.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

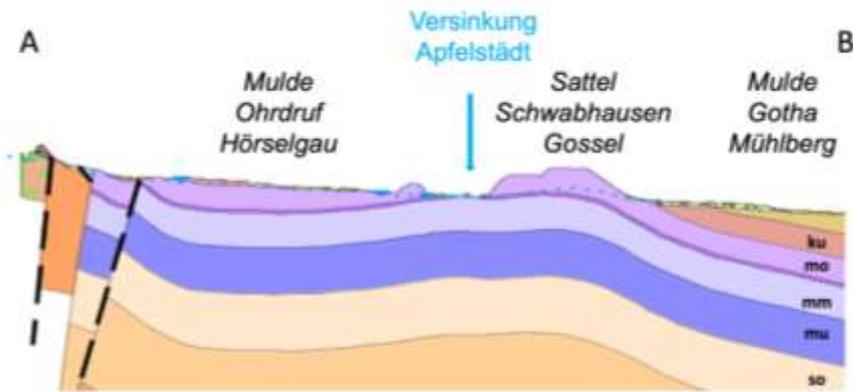


Abbildung 28: Geologischer SSW-NNO-Profilsschnitt (10-Fach überhöht, Position Schnitt siehe Abbildung 27)

5.3 Hydrogeologische Verhältnisse

Die lokale Grundwasserfließrichtung im Bereich des Untersuchungsgebietes wird durch die o.g. struktureologischen Elemente beeinflusst. Der Oberflächenabfluss der Niederschläge folgt weitestgehend der Morphologie, im Gegensatz dazu wird der Grundwasserabfluss durch die Tektonik und das Schichteneinfallen kontrolliert. Das Grundwasser im Bereich der Nordostflanke des Sattels Schwabhausen Gossel entwässert in nordöstliche Richtung in die Mulde Gotha-Mühlberg. Im Gegensatz dazu strömt das Grundwasser im Bereich der Südwestflanke in die Mulde Ohrdruf Hörselgau nach Südwesten ab. Bedingt durch die einfallende Sattelachse des Sattels Schwabhausen Gossel kommt es im Bereich der Versinkungsstelle der Apfelstätt zur Ausbildung einer unterirdischen Grundwasserscheide. Nördlich der Grundwasserscheide erfolgt der Grundwasserabstrom nach NE und südlich der Grundwasserscheide nach SW. Die Teilung des Grundwasserabstroms wird durch Auswertungen von vorhandenen Brunneninformation und durch die Grundwasserstandsmessungen des Sondermessnetzes Apfelstätt bestätigt.

Die verfügbaren Bohrinformationen im Untersuchungsgebiet zeigen einen intensiven Grundwassersstockwerksbau innerhalb der triassischen Schichten. Als Grundwasserleiter gelten der Mittlere Buntsandstein, die Abfolgen des Muschelkalks und einzelne Schichten im Unteren Keuper. Lokal tritt eine intensive Verkarstung in den oberen Schichten des Mittleren Muschelkalks bis in den Trochitenkalk des Oberen Muschelkalks auf, so dass sich hier ein zusammenhängender Karstgrundwasserleiter ausbilden kann. Nördlich der Versinkung kommt es zur Überlagerung des Oberen Muschelkalks durch die Ablagerungen des Keupers und des Quartärs. Grundwasserstandsmessungen in diesem Bereich zeigen, dass eine Trennung der hydraulischen Systeme Oberer Muschelkalk vs. Keuper / Quartär stattfindet.

Der Karstgrundwasserleiter (Hauptgrundwasserleiter) des Mittleren Muschelkalks (mmDO) und Trochitenkalks (moT) zeigt das Verhalten eines typischen Karstsystems, das durch die Besonderheiten der Wasserführung in der vadosen und phreatischen Zone (Grundwasserbasisabfluss) gekennzeichnet ist. Die vadosen Zone beschreibt dabei Wasserwegsamkeiten, in denen das Wasser vorübergehend geführt wird, bevor es in die tiefere, vollständig wassergefüllte phreatische (gesättigte) Zone (Grundwasserbasisabfluss) eindringt. Entlang der Versinkungsstrecken sind stark variierende Grundwasserschwankungen von bis zu mehreren Metern pro Tag im Karstgrundwasserleiter zu beobachten. Die intensive Klüftung und Verkarstung im Bereich des anstehenden Mittleren Muschelkalks und Trochitenkalks begünstigt ein größeres Infiltrationspotential, was bei starker Trockenheit (Niedrigwasser) zu einer deutlichen Reduzierung des Oberflächenwasserabflusses führt und zum Trockenfallen des sichtbaren Flussbettes führen kann.

Die Grundwasserstände im Karstgrundwasserleiter liegen im Bereich des Sattels Schwabhausen Gossel auf ca. 320 m NN und sinken in Richtung der Mulden Gotha-Mühlberg (GWM Hy Mühlberg 1977 bzw. 1978 (< 300 m NN)) bzw. Ohrdruf

5. Hydrogeologische Verhältnisse

Hörselgau (GWM Hy OH 1/1992 (< 305 m NN); Hy OH 3/1992 (< 310 m NN) oder Hy OH 1/2004) auf unter 300 m NN ab. Ein eventueller Grundwasserabstrom in nordwestliche Richtung aus der Mulde Ohrdruf Hörselgau kann momentan auf Grund fehlender Aufschlüsse (Errichtung einer weiteren GWM ist vom TLUBN im Jahr 2025 beauftragt) nicht beobachtet werden. Im Bereich der Versinkungsstellen, an denen der Mittlere Muschelkalk oberflächlich ausstreicht und somit eine Infiltration von Oberflächenwasser zum Grundwasser ermöglicht, kann die Geländeoberkante als maximaler Grundwasserstand angenommen werden. Dies entspricht im Bereich der Versinkungsstrecke der Apfelstädt einer angenommenen Höhenlage von ca. < 318 m NN und im Bereich der Ohra einer angenommenen Höhenlage von ca. < 336 m NN.

5.4 Auswahl und Lage der Grundwassermessstellen im Sondermessnetz Apfelstädt

Zur Beschreibung der hydrodynamischen Verhältnisse im Bereich der Versinkungszone wurden Grundwassermessstellen ausgewählt, die die hydraulischen Systeme Mittlerer Muschelkalk / Oberer Muschelkalk (Trochitenkalk) oder Keuper / Quartär einzeln erschließen. Die Messstellenstandorte repräsentieren die Grundwasserdynamik im Vorfeld, im direkten Umfeld und im Abstrom der Versinkungszone. Auf Grund der beschränkten Anzahl an verfügbaren Messstellen wurden 6 Grundwassermessstellen mit Messtechnik ausgerüstet, die den Grundwasserstand, die Grundwassertemperatur und z.T. die elektrische Leitfähigkeit im 2 h Intervall aufzeichnen.

Die Messstelle **Hy Herrenhof GWM (Kies) (Hy He Kies)** befindet sich im Ortsteil Herrenhof. Im Bereich der Messstelle quert der Fluss Apfelstädt erstmalig die Schichten des Oberen Muschelkalks (moC) auf seinem Fließweg vom Thüringer Wald kommend in Richtung Norden. Die Messstelle ist im Bereich der Ablagerungen der quartären Niederterrasse (qwN) verfiltert, welche direkt auf den Ceratitenschichten (moC) des Oberen Muschelkalks auflagern und dadurch miteinander im hydraulischen Kontakt stehen. Mit den kontinuierlichen Messungen im Bereich der Messstelle **Hy He Kies** soll die GW-Dynamik im Oberen Muschelkalk erfasst werden, welche die GW-Verhältnisse im ferneren Anstrom der Versinkungsstelle widerspiegeln sollen.

Die Messstellen **Hy Ohrdruf 1/1992 (Hy OH 1/1992)** und **Hy Ohrdruf 3/1992 (Hy OH 3/1992)** befinden sich nordwestlich der Ortschaft Ohrdruf im Seitental der Ohra, unmittelbar vor der Mündung der Ohra in die Apfelstädt. Auf Grund der Aufwölbung des Sattels von Schwabhausen-Gossel queren hier die Flüsse Ohra und Apfelstädt erneut die Schichten des Mittleren (mm) und Oberen Muschelkalks (mo) auf ihren Fließweg. Innerhalb des Untersuchungsraums erschließen beide Messstellen in ca. 40 m Bohrtiefe erstmalig die Ablagerungen des Oberen Dolomits (mmDO) im Mittleren Muschelkalk sowie des Trochitenkalks (moT) im Oberen Muschelkalk und sind auch in diesen Bereichen verfiltert. Mit den kontinuierlichen Messungen der beiden Messstellen kann erstmalig die GW-Dynamik im Bereich mmDO / moT im direkten Anstrom der Versinkungsstelle erfasst werden.

Die Landesmessstelle **Hy Schwabhausen 1/2000 (Hy Swah 1/2000)** befindet sich direkt am Fluss der Apfelstädt südöstlich der Ortschaft Schwabhausen. Der Standort liegt im Bereich des nördlichen Endes der Versinkungszone. Im direkten Umfeld der Messstellen streichen die Schichten des Trochitenkalks (moT) im Flussbett der Apfelstädt aus, welche ebenfalls mit der Messstelle erschlossen werden. Auf Grund der räumlichen Nähe zur Apfelstädt können die kontinuierlichen Messungen zur direkten Korrelation von GW-Dynamik im Bereich mmDO / moT und dem Abfluss der Apfelstädt verwendet werden.

Auf Grund fehlender Aufschlüsse, die den GW-Zustrom aus östlicher und westlicher Richtung zur Versinkungszone abdecken, können hier die GW-Verhältnisse nur vermutet werden. Hierzu wird die Messstelle **Hy Ohrdruf 5/1992 (Truppenübungsplatz) (Hy OH 5/1992)** genutzt, um die wenig bis z.T. unbekanntes GW-Verhältnisse im Bereich des Schwabhausen-Gossel-Sattels zu erkunden. Die Messstelle befindet sich südwestlich der Ortschaft Mühlberg auf der Nordflanke des Schwabhausen-Gossel-Sattels im Bereich des Truppenübungsplatzes. Die Messstelle erschließt in ca.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

85 m Bohrtiefe die Schichten des Oberen Dolomits (mmDO) und des Trochitenkalks (moT) und ist auch in diesem Bereich verfiltert.

Auf Grund fehlender Messstellen im Bereich des Oberen Muschelkalks im Abstrom der Versinkungszone kann hier der Grundwasserabfluss nur vermutet werden. Im Bereich der Nordostflanke des Schwabhausen-Gossel-Sattels ist zu vermuten, dass es auf Grund der Verteilung des nordöstlichen Schichteinfallens und mit beginnender Überdeckung durch die Grundwasserstockwerke Oberer Muschelkalk-Keuper zu gespannten Grundwasserverhältnissen im Grundwasserleiter Mittlerer Muschelkalk / Trochitenkalk kommt. Dies deuten die Messstellen und die **Quelle Mühlberger Spring** im Bereich der Ortschaft Mühlberg an. In der Umgebung des Quellaustritts der Mühlberger Spring streichen die Schichten des Unteren und Mittleren Keupers aus. Der Quellaustritt ist an eine geologische Störung gebunden, welches dazu führt, dass calciumsulfathaltiges Quellwasser austritt, welches in seiner Zusammensetzung dem Grundwasser des Mittleren Muschelkalks ähnelt. Auf Basis der kontinuierlichen Messungen am Mühlberger Spring wird versucht, einen Zusammenhang mit der GW-Dynamik im Abstrom der Versinkungszone zu belegen bzw. zu widerlegen.

Die flachen Messstellen (4- 6 m Bohrtiefe) **Hy Schwabhausen GWM 3 (Hy Swah GWM 3)** und **Hy Schwabhausen GWM 4 (Hy Swah GWM 4)** befinden sich östlich bzw. nordöstlich der Ortschaft Schwabhausen. Hier kommt es zur Überlagerung des Oberen Muschelkalks durch die Ablagerungen des Keupers und des Quartärs. Die Messstelle Hy Swah GWM 3 erschließt im direkten Anschluss an die Versinkungszone den Unteren Keuper (ku). Die Messstelle Hy Swah GWM 4 ist in der quartären Niederterrasse, die den Schichten des Unteren Keupers aufliegt, ausgebaut. Auf Basis der kontinuierlichen Messungen sollen die GW-Verhältnisse im hydraulischen System Keuper / Quartär erfasst werden.

5.5 Grundwasser-Abfluss-Dynamik

5.5.1 Langjähriger Trend der Grundwasser-Abfluss-Dynamik

Die in Abbildung 29 dargestellte langjährige Grundwasserganglinie der Messstelle Hy Swah 1/2000 zeigt typische Merkmale der Grundwasserdynamik im Endokarst, insbesondere den raschen Anstieg des Grundwasserspiegels, sobald Wasser in das System eintritt, und den raschen Abfluss, wenn der Zufluss endet. Im Gegensatz zu Grundwasserleitern in porösem oder klüftigem Gestein (wie Sandstein oder Basalt) hat der Endokarst nur eine sehr begrenzte Speicherkapazität. In den oft großen, aber eng zusammenhängenden Hohlräumen kann das Wasser nur für kurze Zeit gehalten werden. Aufgrund der offenen und durchlässigen Struktur des Karsts fließt das Wasser in der Regel schnell weiter, entweder gravitativ in die gesättigte Zone (phreatische Zone) oder über Karstquellen ab. Das begrenzte Volumen und der schnelle Abfluss des Wassers verhindern eine langfristige Speicherung. Die räumliche Nähe zur unterirdischen Grundwasserscheide im Bereich der Versinkungsstelle der Apfelstädt intensiviert die Grundwasserschwankungen im Bereich der Messstelle Hy Swah 1/2000.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

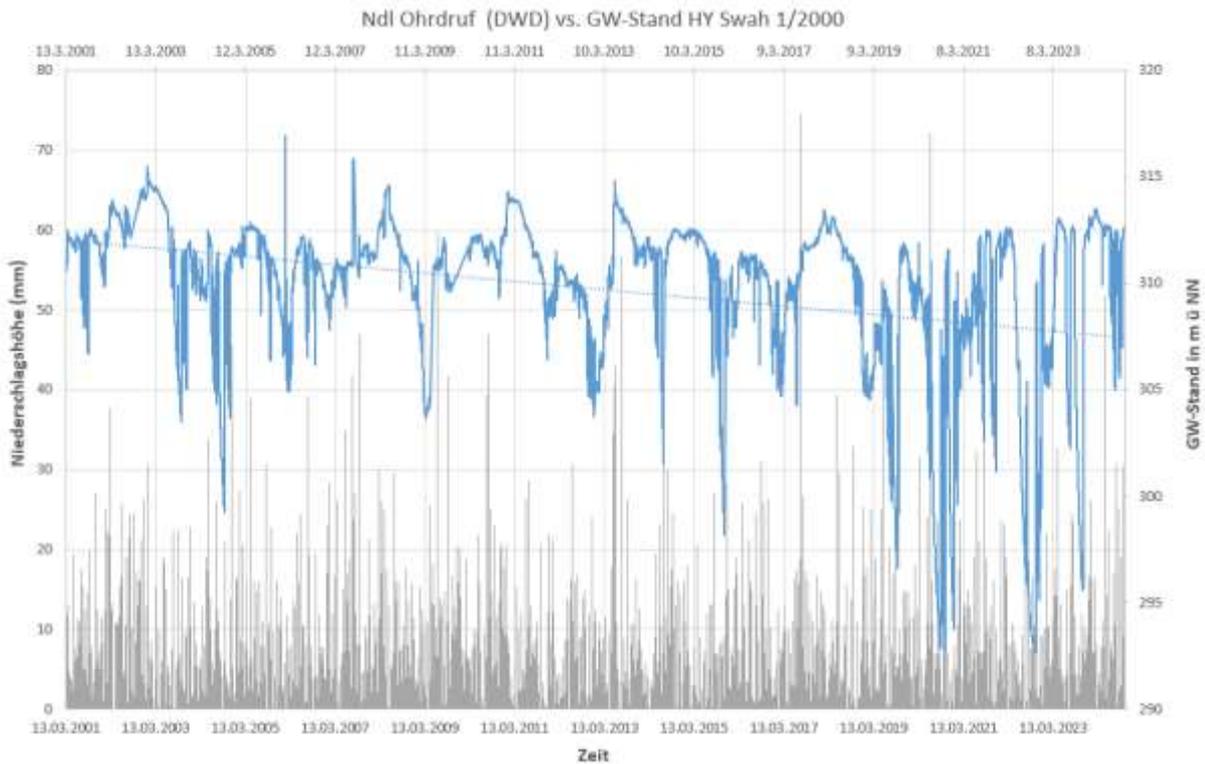


Abbildung 29: Vergleich Grundwasserspiegel Hy Swah 1/2000 (inkl. linearer Trend) vs. Niederschlagsstation Ohrdruf (DWD)

Abbildung 29 zeigt ein deutliches Absinken des Grundwasserspiegels um mehrere Meter in den letzten 20 Jahren. Dieser Rückgang ist auf den Rückgang des Grundwasserbasisabflusses zurückzuführen, der innerhalb des Karstsystems eine konstante Grundwasserströmung aufweist. Anhand der Verläufe der minimalen Grundwasserstände ist zu erkennen, dass bereits im Zeitraum von 2001 bis 2005 ein stärkeres Absinken des Grundwasserspiegels einsetzte. Der Zeitraum von 2005 bis 2018 ist durch eine leichte Erholungsphase und ein nur geringes Absinken der Grundwasserstände gekennzeichnet. Ab 2019 begann der Grundwasserstand weiter zu sinken. Dadurch vergrößerte sich die Fläche der temporären Wasserführung im Endokarst, was zu größeren und häufigeren Schwankungen des Grundwasserspiegels führte und in der Folge die Apfelstädte häufig austrocknete.

Der Rückgang des Grundwasserbasisabflusses kann durch verschiedene Faktoren verursacht sein, wie etwa klimatische Veränderungen (Abnahme an Niederschlag) oder anthropogene Einflüsse wie eine intensive Wasserentnahme oder Abflussregulierung der Vorfluter.

Abbildung 30 vergleicht den Grundwasserstand Hy Swah 1/2000 mit den gemessenen Sommer- (orange) und Winterniederschlägen (grün) der DWD-Niederschlagsstation in Ohrdruf. Demnach reagiert das Karstsystem empfindlich und sehr schnell auf Niederschläge. Die Verteilung der Niederschläge zeigt, dass sowohl Sommer- als auch Winterniederschläge benötigt werden, um das empfindliche Karstsystem wieder aufzufüllen. Abbildung 30 zeigt, dass die Winterniederschläge eine größere Auffüllungswirkung haben. Auswertungen der Jahresniederschläge und der saisonalen Niederschläge im Zeitraum von 1989 bis 2024 für die DWD-Stationen Ohrdruf und Tambach-Dientharz zeigen für diesen Zeitraum einen generellen Niederschlagsrückgang, wobei die Winterniederschläge stärker zurückgehen.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

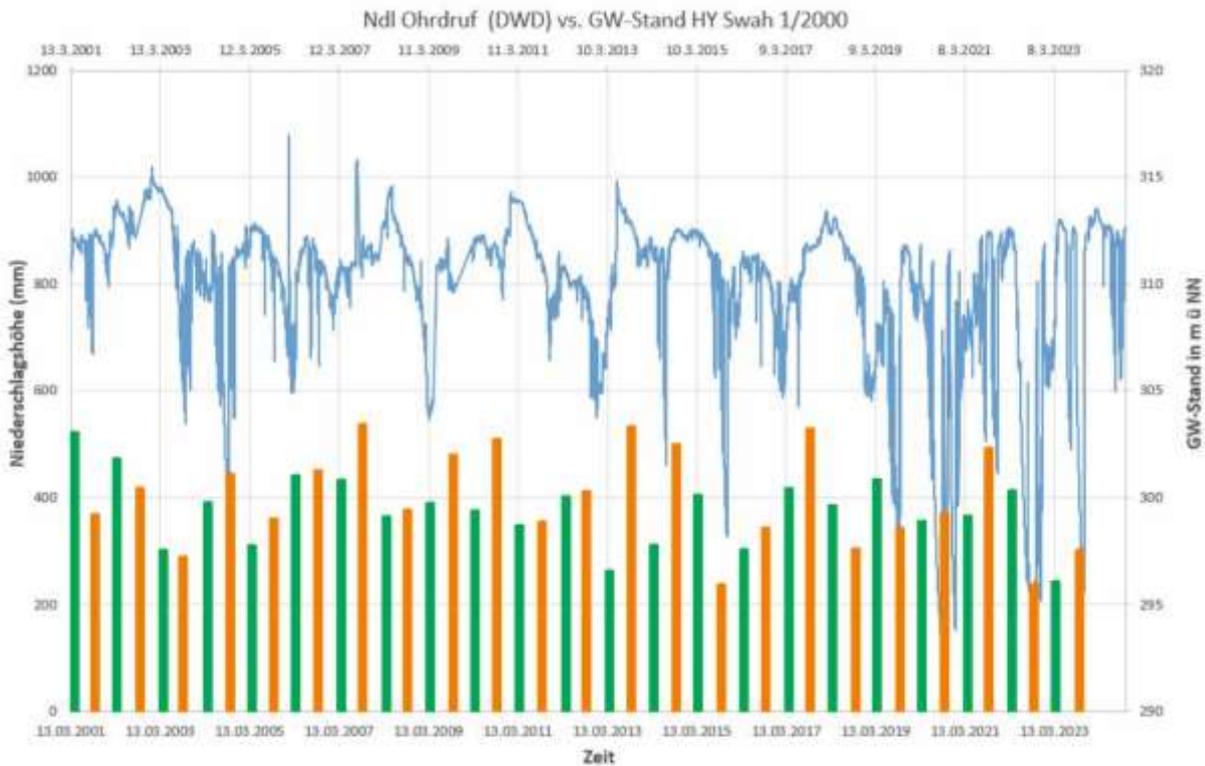


Abbildung 30: Vergleich Grundwasserspiegel Hy Swah 1/2000 vs. Sommer- (orange) und Winterniederschlägen (grün) der Niederschlagsstation Ohrdruf (DWD)

Im Zeitraum von 2001 bis 2005 begann der Grundwasserspiegel erst dann stärker zu sinken, als die Winterniederschläge 2002 / 03 deutlich zurückgingen ($< 310 \text{ l/m}^2$). Die anschließenden, ebenfalls reduzierten Sommerniederschläge führten nicht zu einer Stabilisierung des Grundwassersystems, so dass die Grundwasserstände weiter absanken. Die Winterniederschläge 2003 / 04 führen zwar zu einer Anreicherung des Grundwassersystems, erreichen jedoch die Grundwasserstände von 2001 nicht wieder.

Der Grundwasserspiegel im Zeitraum von 2006 bis 2018 zeigt bis 2014 eine leichte Erholungsphase, bei leichten abnehmenden Grundwasserspiegeltrend. Der intensive und schnelle Anstieg und Fall des Grundwasserspiegels wird reduziert. Die leichte Erholungsphase ist auf die höheren Sommerniederschläge in diesem Zeitraum zurückzuführen. Ab Ende 2014 beginnt eine Periode bis 2018, die durch einen deutlichen Rückgang der Winterniederschläge gekennzeichnet ist. Durch den zusätzlichen Mangel an Sommerniederschlägen in den Jahren 2016 und 2017 kann sich das Karstsystem in den Sommermonaten nicht mehr selbst puffern. Als Reaktion darauf setzte das intensive und schnelle Ansteigen und Abfallen des Grundwasserspiegels im Grundwasserleiter wieder ein.

Der Zeitraum von 2018 bis 2023 ist durch geringe Winter- und Sommerniederschläge gekennzeichnet, wodurch sich das Karstsystem nicht regenerieren kann, was mit einer Zunahme des Anstiegs und des Falls des Grundwasserspiegels einhergeht.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

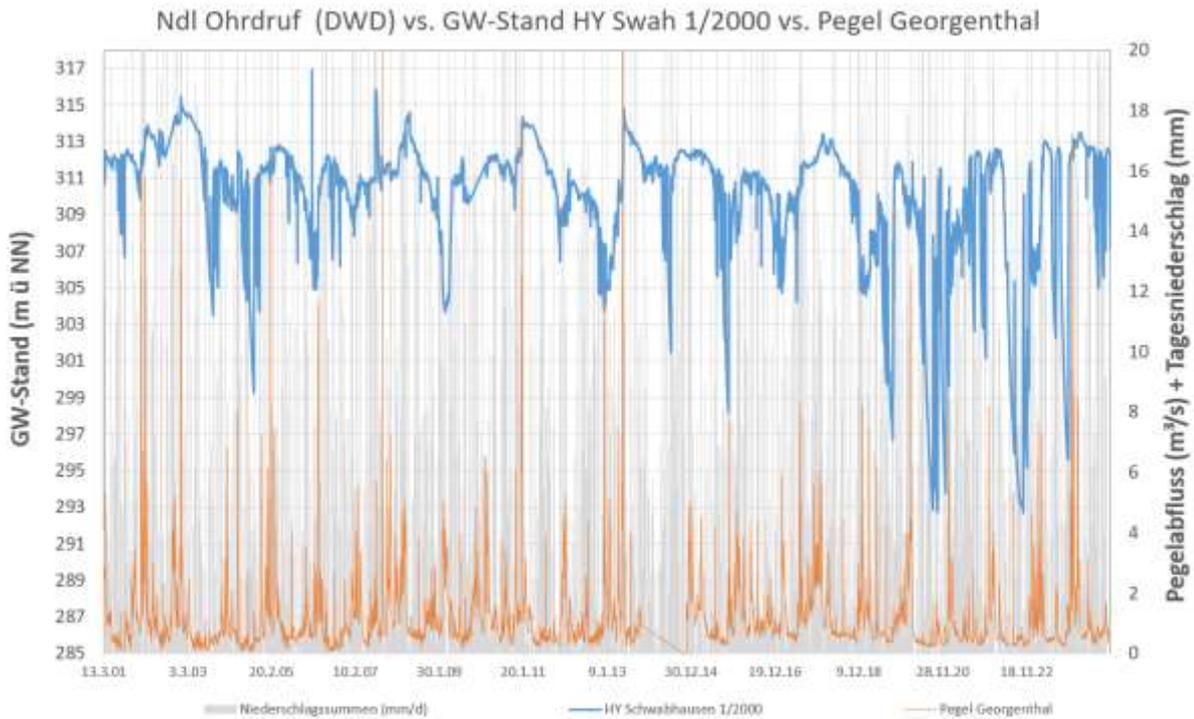


Abbildung 31: Grundwasserstand Hy Swah 1/2000 vs. Pegel Georgenthal (Apfelstädt) vs. Niederschlag DWD-Station Ohrdruf

Für den Zeitraum 2001 bis 2024 wurde der Abfluss der Apfelstädt (Pegel Georgenthal) sowie der Ohra (Pegel Luisenthal) dem Grundwasserspiegel der Messstelle Hy Swah 1/2000 in Abbildung 31 und Abbildung 32 gegenübergestellt. Beide Abbildungen zeigen, dass der Grundwasserspiegel zeitnah auf Regenereignisse und auf das Abflussverhalten der Flüsse reagiert. Aus Abbildung 31 ist zu entnehmen, dass der Abfluss der Apfelstädt bis Ende 2017 ein nahezu konstantes saisonales Abflussverhalten zeigt, welches auf anfallende Niederschläge reagiert. So z.B. führen im Zeitraum 2002 / 03 die reduzierten Winterniederschläge 2002 / 03 und Sommerniederschläge 2023 ebenfalls zu einer Abnahme des Abflusses. Ab dem Jahr 2018 erfolgte eine künstliche Reduzierung des Abflusses der Apfelstädt in Abhängigkeit der Inbetriebnahme der Westringkaskade, was nachfolgend zu geringeren Frühjahrs- und Sommerabflüssen führte. Es ist anzunehmen, dass die Überlagerung der künstlichen Abflussreduzierung und der geringen Winter- und Sommerniederschläge 2018 bis 2023 die starken Schwankungen des gemessenen Grundwasserspiegels in Hy Swah 1/2000 hervorrufen.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

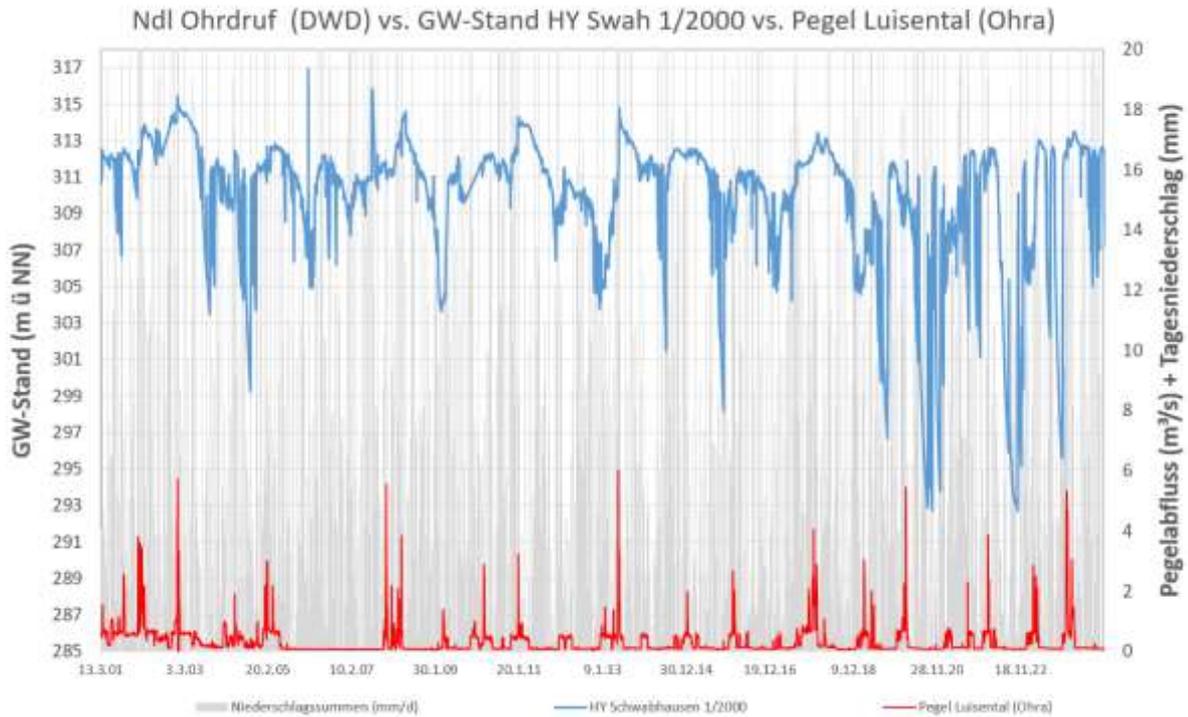


Abbildung 32: Grundwasserstand Hy Swah 1/2000 vs. Pegel Luisental (Ohra) vs. Niederschlag DWD-Station Ohrdruf

Abbildung 32 zeigt, dass der Abfluss der Ohra bereits 2005 reduziert wurde. Auswertungen von Luftbildern im Zeitraum 1997 bis 2022 zeigen, dass die Ohra im Versinkungsbereich zu verschiedenen Zeitpunkten (2011; 10/2013; 2014; 07-10/2015; 07-10/2018; 08/2022) trockengefallen ist. Hierdurch ist anzunehmen, dass eine geringere Speisung des Karstgrundwasserleiters über die Versinkungsstrecke erfolgte und dadurch bereits ein Absinken des Grundwasserspiegels einsetzte. Es ist anzunehmen, dass die höheren Sommerniederschläge im Zeitraum 2007 bis 2017, die Auswirkungen der Abflussreduzierung im Karstgrundwasserleiter überdeckten.

Durch den Rückgang der Zuflüsse in Form von Niederschlag und Oberflächenwasser sank folglich der Grundwasserbasisabfluss im Karstsystem und das rasche Ansteigen und Absinken des Grundwasserspiegels verstärkte sich deutlich dadurch.

5.5.2 Grundwasser-Abfluss-Dynamik im Zeitraum 2023-2024

Generell zeigen die Grundwassermessungen im Zeitraum 2023-2024, dass gedämpfte Reaktionen auf Niederschlagsereignisse typisch sind für Gebiete mit größeren Flurabständen, wohingegen in Gebieten mit geringem Flurabstand oder in Fließgewässernähe die Grundwasserstände schneller und deutlicher reagieren.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

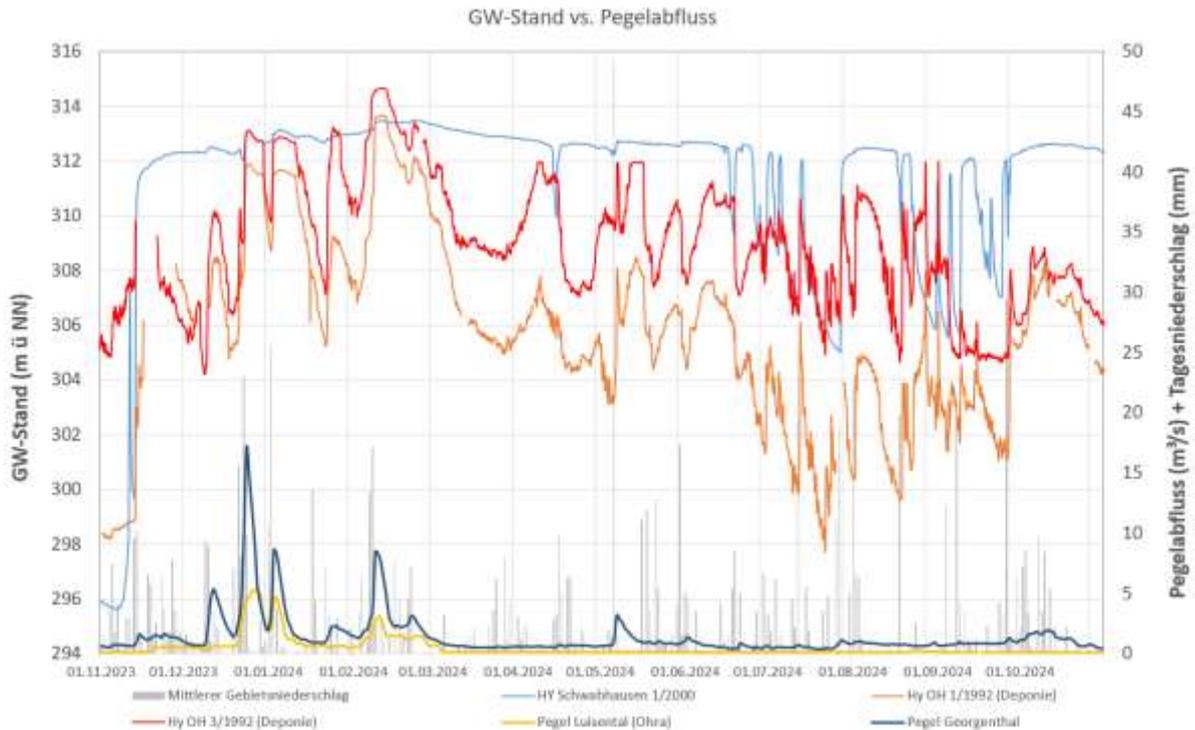


Abbildung 33: Grundwasserstand Hy Swah 1/2000; Hy OH 1/1992 und Hy OH 3/1992 vs. Pegel Apfelstätt vs. Niederschlag DWD-Station Ohrdruf

Die Messstellen Hy Swah 1/2000, Hy OH 1/1992 und Hy OH 3/1992 innerhalb des Karstgrundwasserleiter zeigen untereinander vergleichbare saisonale Grundwasserspiegelschwankungen (Abbildung 33). Die Grundwasserstände reagieren schnell und deutlich auf Neubildungsereignisse. Reaktionen auf das Abflussverhalten der Apfelstätt und Ohra finden sich minimal zeitversetzt (< Tagen) in den GW-Ganglinien wieder. Zwischen den Grundwasserhochständen und dem Abflussverhalten der Apfelstätt und Ohra zeigen sich direkte Zusammenhänge, die Grundwasserhochstände korrelieren mit den Zeiträumen der höheren Abflüsse. In den Zeiten des minimalen Abflusses der Apfelstätt und Ohra wird sichtbar, dass erst eine Anhäufung von aufeinanderfolgenden Niederschlagsereignissen (April; Mai; Juni; Juli etc.) zu einer Anhebung des Grundwasserstandes mit einer zeitlichen Verzögerung von ca. < 20 Tagen führt. Die drei Messstellen zeigen einen raschen Anstieg des Grundwasserspiegels, sobald Wasser in das System eintritt, und den raschen Abfluss, wenn der Zufluss endet, welches typische Merkmale der Grundwasserdynamik im Endokarst sind. Die Grundwasserhöchststände wurden im Zeitraum Januar bis März 2024 erreicht und im Juli-August 2024 wurden die niedrigsten Grundwasserstände gemessen. Nach Rückgang der höheren Abflusswerte lässt sich ein verzögertes Auslaufen im Karstaquifer in den Frühjahrsmonaten erkennen. Dies könnte auf die Speisung von Sickerwasser hindeuten, welches über die ungesättigte Zone dem Karstaquifer Zutritt. Mit Abnahme dieser Pufferwirkung, setzt ein rapides Abfallen des Grundwasserstandes ab Juli 2024 ein, was folglich zu großen deutlichen Schwankungen im Karstaquifer führt. Die GW-Messstelle Hy Swah 1/2000 zeigt ein gedämpftes Dynamikverhalten im Bereich der maximalen Grundwasserstände, was an der unmittelbaren Nähe zum Vorfluter liegen könnte.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

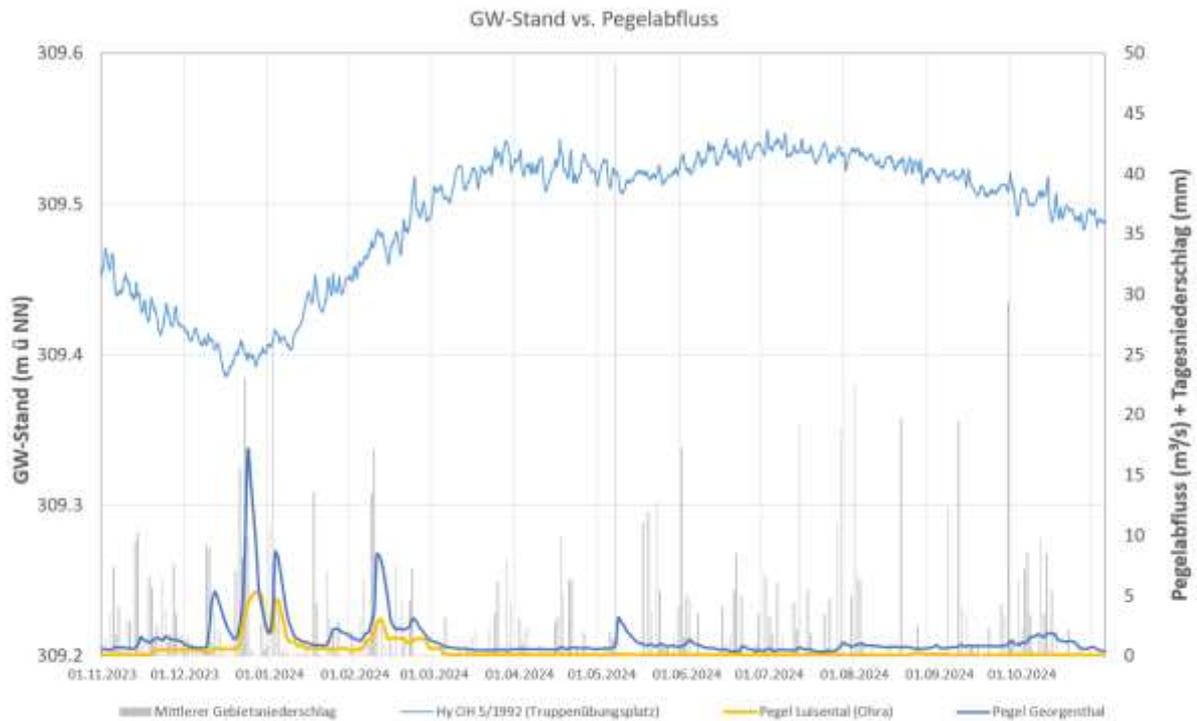


Abbildung 34: Grundwasserstand Hy OH 5/1992 vs. Pegel Apfelstädt vs. Niederschlag DWD-Station Ohrdruf

In Abbildung 34 ist die Grundwasserspiegelmessung der Messstelle Hy OH 5/1992 dargestellt. Diese Messstelle weist einen großen Flurabstand (> 80 m) auf und erschließt den tief liegenden Karstgrundwasserleiter im Bereich der Nordostflanke des Sattels Schwabhausen Gossel. Es ist ein gedämpfter saisonaler Verlauf der Grundwasserstände zu erkennen, die verzögert mit einem zeitlichen Versatz von ca. 4-5 Monaten auf Niederschlags- bzw. Neubildungsereignisse reagieren. Es werden maximale Grundwasserstände in den Frühjahr- bis Sommermonaten erreicht. In den Wintermonaten liegen die niedrigsten Grundwasserstände vor.

In Abbildung 35 ist der Grundwasserstand der Messstelle Hy Herrenhof (Kies) über den Abflüssen der Apfelstädt und Ohra abgebildet. Es ist ein direkter Zusammenhang zwischen dem Abfluss der Apfelstädt und den Grundwasserspiegelschwankungen erkennbar, was auf eine direkte hydraulische Anbindung zwischen der quartären Niederterrasse und der Apfelstädt hindeutet. Die Grundwasserstände reagieren mit < 1 Tag Verzögerung auf lokale Niederschlagsereignisse.

In Gegensatz zum Karstaquifer zeigen die Ganglinien im Bereich der Quartär/Keuper-GWM deutlich gedämpfte Reaktionen (Abbildung 36). Sie zeigen ebenfalls einen jahreszeitlichen Verlauf. Abhängigkeiten zwischen Grundwasserstand und dem Abflussverhalten der Apfelstädt sind nicht direkt zu erkennen. Der ähnliche Verlauf zwischen der GWM Hy Swah 1/2000 und den beiden Keuper- / Quartärmessstellen deutet darauf hin, dass stellenweise ein Grundwasseraustausch zwischen dem Oberen Muschelkalk und dem Keuper / Quartär im Nahbereich der Mulde Gotha Mühlberg stattfindet.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

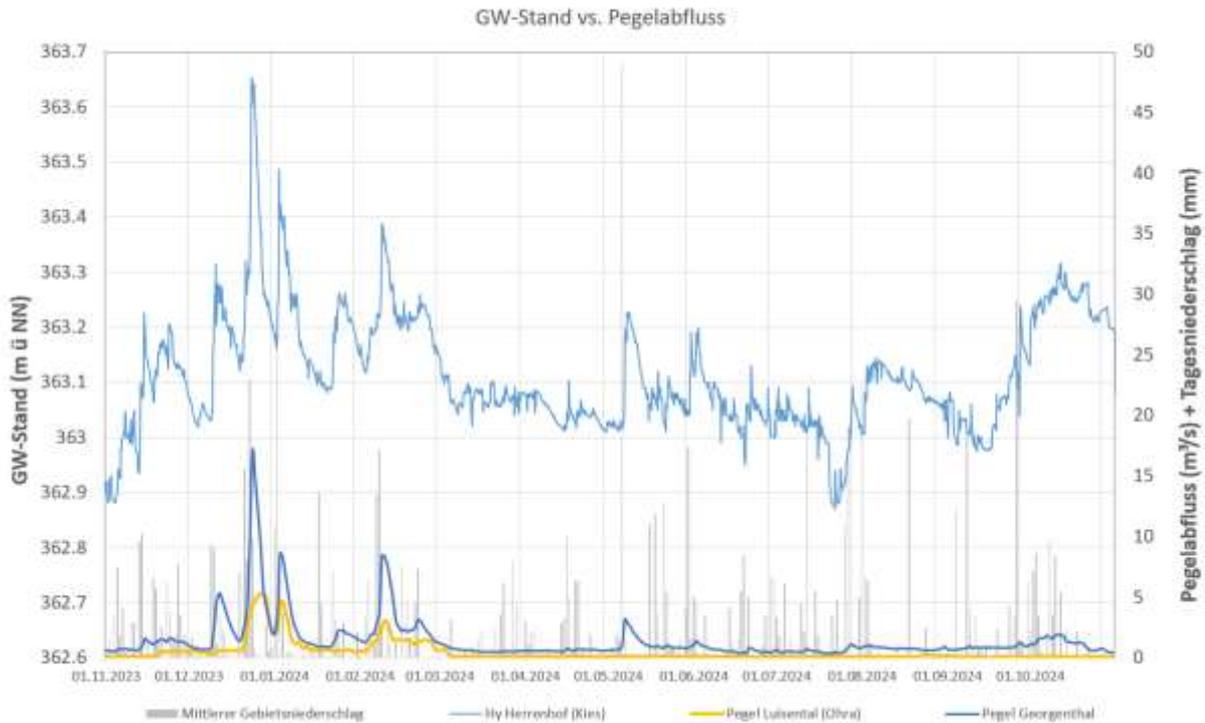


Abbildung 35: Grundwasserstand Hy He Kies vs. Pegel Apfelstädt vs. Niederschlag Ohrdruf

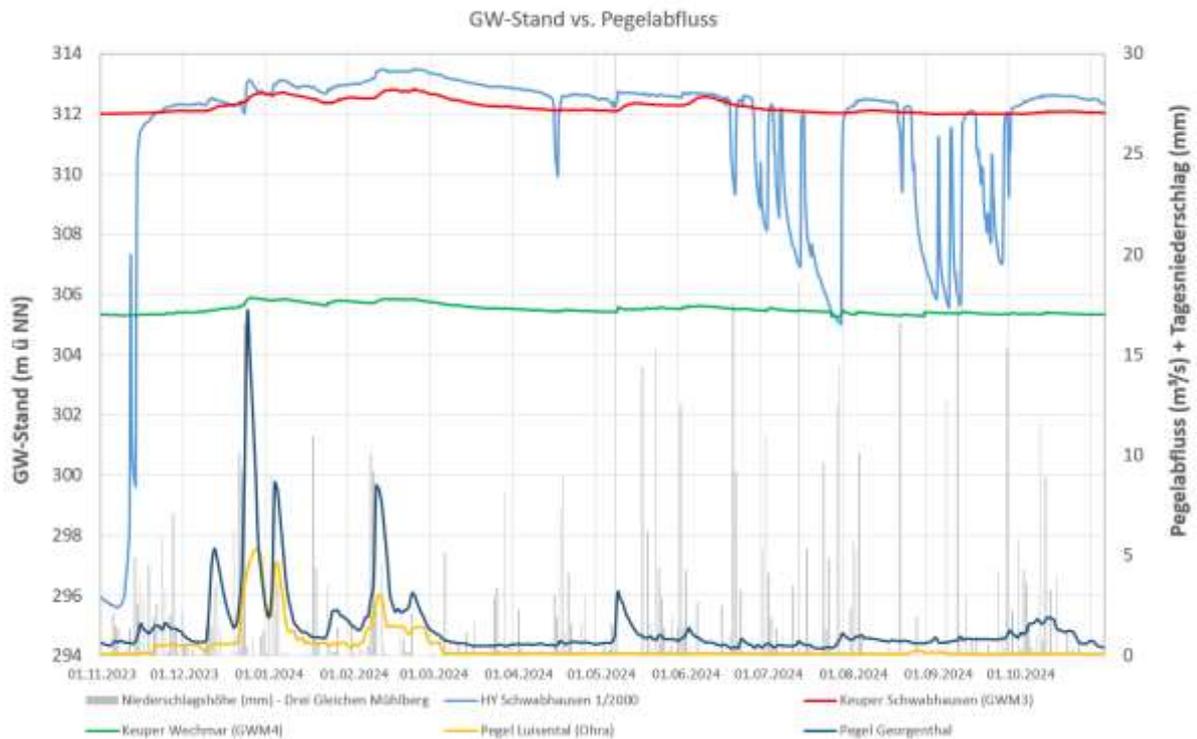


Abbildung 36: Grundwasser-Abfluss-Dynamik im hydraulischen System Keuper / Quartär

Die gemessenen Grundwasserstände spiegeln die lokale Grundwasserwasserfließrichtung im Bereich des Untersuchungsgebietes wider. Es ist zu erkennen, dass die gemessenen mittleren Grundwasserhöhen den struktureologischen Gegebenheiten folgen. Die GWM Hy Swah 1/2000 weist mittlere Grundwasserstände von ca. 310 m NN auf und liegt nordöstlich der unterirdischen Grundwasserscheide (Versinkungsstelle Apfelstädt ca. < 318 m NN). Südlich der

5. Hydrogeologische Verhältnisse

Grundwasserscheide strömt das Grundwasser zur Mulde Ohrdruf Hørselgau ab und erreicht im Bereich der GWM Hy OH 1/1992 mittlere Grundwasserstände von ca. 305 m NN. Anhand der mittleren Grundwasserstände der GWM Hy OH 1/1992, Hy OH 3/1992 (ca. 310 m NN) und der morphologischen Höhe der Ohra Versinkungsstelle mit ca. 336 m NN lässt sich im Bereich der Mulde Ohrdruf Hørselgau ein nordwestlich gerichteter Grundwasserabstrom, der geologischen Struktur der Mulde folgend, reproduzieren. Es ist beabsichtigt, über die geplante GWM weitere Informationen über den Grundwasserabstrom im Bereich der Mulde Ohrdruf Hørselgau zu erhalten.

Beginnend bei der GWM Hy Swah 1/2000 ist ebenfalls der Grundwasserabstrom in die nordöstliche Richtung hin zur Mulde Gotha Mühlberg erkennbar, hier deutet sich zusätzlich ein Grundwasseraustausch zwischen dem Oberen Muschelkalk und dem Keuper / Quartär im Nahbereich der Mulde Gotha Mühlberg an.

5.6 Hydrochemie

5.6.1 Grundwasserstand vs. elektr. Leitfähigkeitsmessungen im Zeitraum 2023-2024

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Maß für die Gesamtheit der im Wasser gelösten Ionen und ein Indiz für den Mineralisationsgrad des Wassers. Zu diesem Zweck wurde z.T. neben den Wasserständen auch die Leitfähigkeit in bestimmten Grundwassermessstellen zeitlich kontinuierlich gemessen. In Abbildung 37 sind beispielhaft die Leitfähigkeit und der Grundwasserstand der Messstelle Hy OH 3/1992 über den Abfluss und die Niederschläge dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die gemessene Leitfähigkeit im Zeitraum 2023 – 2024 zwischen < 200 und $> 350 \mu\text{S}/\text{cm}$ stark schwanken. Geringen Leitfähigkeiten von $< 250 \mu\text{S}/\text{cm}$ wurden zu Zeiten von höheren Abfluss- und Niederschlagsereignissen gemessen. Auffällig ist die direkte Korrelation zwischen den niedrigen Leitfähigkeitswerten und den gemessenen höheren Abflüssen. Dies deutet auf den Zutritt von Oberflächenwasser zum Aquifer hin, wodurch eine Verdünnung der Mineralisation im Aquifer einsetzt. Zu Zeiten eines geringen Oberflächenabflusses steigen die Leitfähigkeiten auf $> 250 \mu\text{S}/\text{cm}$ an und entsprechen dann den Grundwasserverhältnissen im Aquifer. Die Messstelle Hy OH 1/1992 zeigt ein ähnliches Verhalten bei den Leitfähigkeitsmessungen. Im Bereich der Messstelle Hy OH 5/1992 liegen die Leitfähigkeiten nahezu konstant bei ca. $2750 \mu\text{S}/\text{cm}$, was auf einen direkten Kontakt mit den Evaporiten des Mittleren Muschelkalks hindeutet. Zu Zeiten des Grundwasserhochstandes sinken die Leitfähigkeiten minimal ab, was auf die Infiltration von Niederschlag (Verdünnung) zurückzuführen ist.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

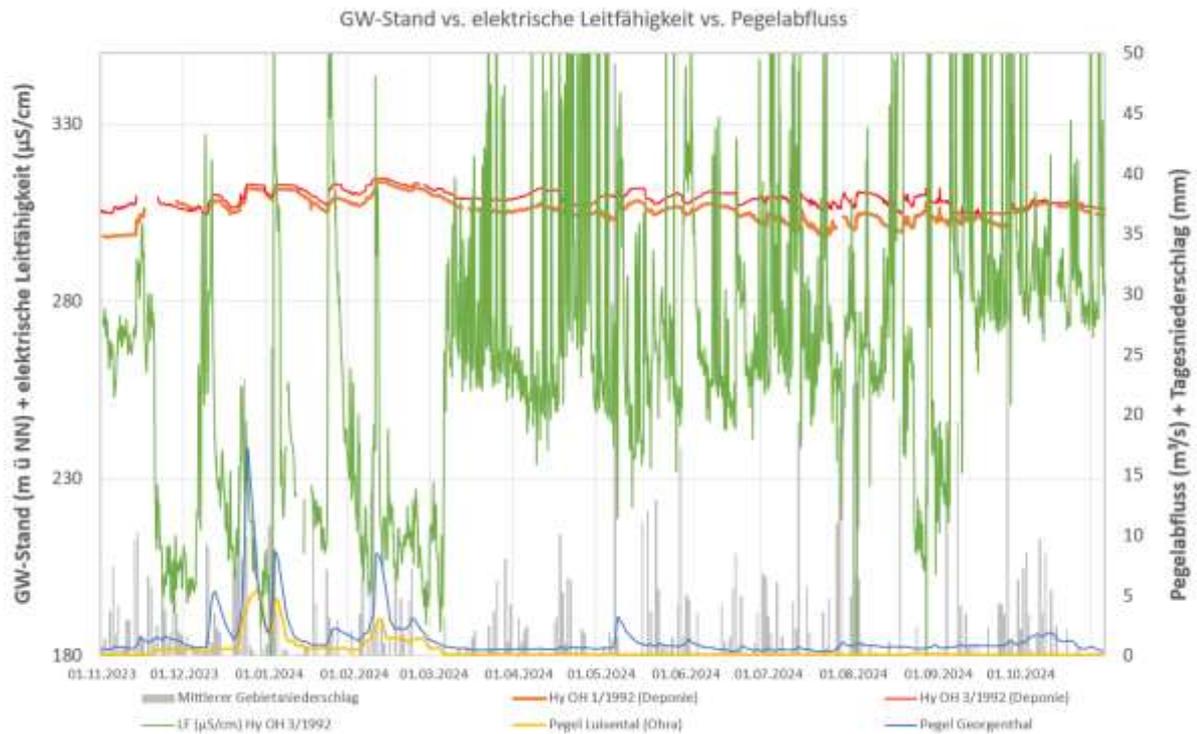


Abbildung 37: Leitfähigkeit vs. Grundwasserstand Hy OH 3/1992 vs. Pegel Georgenthal vs. Niederschlag DWD-Station Ohrdruf

5.6.2 Auswertung Hauptan- und kationen

Durch eine einheitliche hydrochemische Probenahme im November 2023 sind erstmals vergleichende Analysen möglich. Zusätzlich wurden im August und November 2024 stabile Isotope an ausgewählten Messstellen beprobt (Tabelle 4).

Tabelle 4: Überblick über die Zeiträume der hydrochemischen Beprobung

Messstelle	Probedatum	Grundwassertyp	Probenahmespektrum
Hy OH 1/1992	06.11.2023 08/24 + 11/24	Ca - SO ₄	Hauptelemente Stabile Isotope
Hy Swah 1/2000	06.11.2023 08/24 + 11/24	Ca - HCO ₃ - SO ₄	Hauptelemente Stabile Isotope
Hy He Kies	06.11.2023 08/24 + 11/24	Ca - HCO ₃	Hauptelemente Stabile Isotope
Hy Swah GWM 4	06.11.2023 08/24 + 11/24	Ca - Mg - HCO ₃	Hauptelemente Stabile Isotope
Mühlberger Spring	06.11.2023 08/24 + 11/24	Ca - SO ₄	Hauptelemente Stabile Isotope

5. Hydrogeologische Verhältnisse

In Tabelle 4 sind die Typen der verschiedenen Grundwässer im Untersuchungsgebiet aufgelistet. Hiernach lassen sich vier verschiedene Typen (a) Ca - SO₄, b) Ca - HCO₃ - SO₄, c) Ca - HCO₃ und d) Ca - Mg - HCO₃ unterscheiden. Der Typ a lässt sich dem Karstaquifer (mmDO + moT), der Typ b und d dem Oberen Muschelkalk / Keuper-System und der Typ c dem Mischsystem Niederterrasse / Oberer Muschelkalk zuordnen.

Die Wassertypen lassen sich auch im SCHOELLER-Diagramm (Abbildung 38) unterscheiden. Das SCHOELLER-Diagramm ermöglicht auf Grund der semilogarithmischen Darstellung der Konzentrationen (meq/l) der aufgeführten Ionen die Untersuchung der „Verwandtschaft“ der Grundwässer. Parallele Verläufe deuten auf gleiche Ionen-Verhältnisse (Genese der Grundwässer) bei verschiedener Konzentration hin. Innerhalb des SCHOELLER-Diagramms (Abbildung 38) wurden zusätzlich hydrochemische Analysen von in der Nähe liegenden Grundwassermessstellen aufgeführt, die mittels eines ähnlichen Ausbaus die gleichen Grundwasserleiter erschließen. Im Diagramm sind gleiche Ionen-Verhältnisse zwischen den Ionen Ca, Mg+Ca, Na+K und HCO₃ erkennbar, was auf ein karbonatischen Aquifer (Muschelkalk) zurückzuführen ist. Die Proben unterscheiden sich in den Mg, Cl und SO₄- Ionen-Verhältnis, was auf den verschiedenen Kontakt mit Evaporiten innerhalb des Mittleren Muschelkalks oder Keupers bzw. Zumischungen von Oberflächenwasser hindeutet. Die Proben lassen sich hauptsächlich anhand des SO₄- Ionen-Verhältnisses den verschiedenen Aquifern im Untersuchungsgebiet zuordnen:

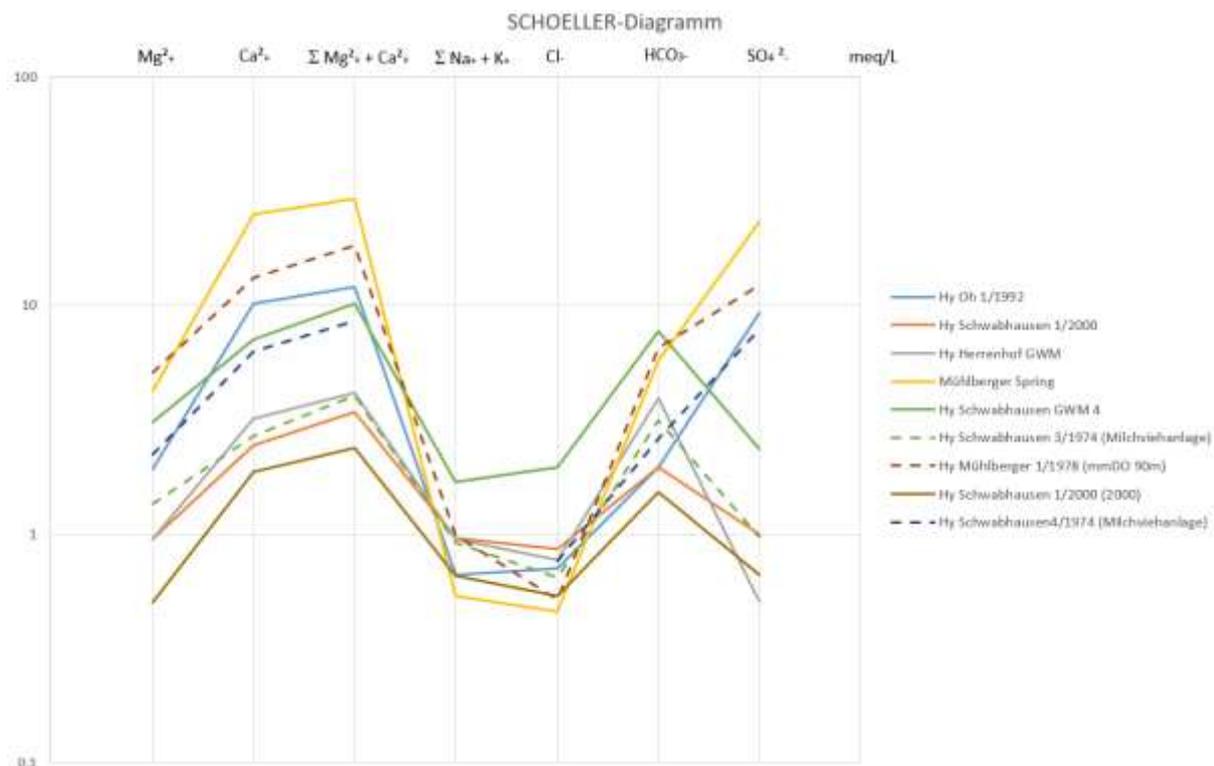


Abbildung 38: Schoeller-Diagramm der untersuchten Grundwässer im Untersuchungsgebiet

Typ a) GW Mühlberger Spring, Hy OH 1/1992; Hy Schwabhausen 4/1974 (chemische Analysen aus dem Fachinformationssystem (FIS) der TLUBN entnommen) zeigen ein deutlich angereichertes SO₄- Ionen-Verhältnis, was auf den Kontakt mit Sulfaten im Karstaquifer hindeutet. Die variierenden Mg-Ionen Verhältnisse lassen sich aus Zumischungen von Oberflächenwässern aus der Apfelstädt bzw. Ohra zum Karstaquifer erklären.

Typ b) Hy Schwabhausen GWM 4 (Keuper), Hy Schwabhausen 1/2000; Hy Schwabhausen 3/1974 (chemische Analysen aus FIS - TLUBN) zeigen ein deutlich geringeres SO₄- Ionen-Verhältnis, die Grundwässer stehen nicht im direkten Kontakt mit Sulfaten aus dem Karstaquifer und können dem Oberen Muschelkalk und Keuper-System im Untersuchungsgebiet zugeordnet werden,

5. Hydrogeologische Verhältnisse

Typ c) Hy Herrenhof GWM (Kies) zeigt eine stärkere Abreicherung an Mg und SO₄, was auf eine Zumischung von Oberflächenwasser (abgereichert an Mg) zu Oberen Muschelkalkwasser hindeutet.

5.6.3 Stabile Isotope

Die stabilen Isotope Deuterium (2H) und Sauerstoff-18 (18O) erlauben, durch die unterschiedliche Isotopensignatur des Niederschlags einzelne Wasserkomponenten im Grundwasser (Flusswasser- bzw. Niederschlagsinfiltrat) zu unterscheiden. In Abbildung 39 sind die stabilen Isotope Deuterium (2H) und Sauerstoff-18 (18O) der analysierten Grundwässer im Zusammenhang mit der lokalen meteorischen Wasserlinie dargestellt. Die zwei lokalen meteorischen Wasserlinien für Artern und Leipzig wurde aus den jeweiligen vorhandenen IAEA-Netzwerkstationen abgeleitet. Es ist ersichtlich, dass die vorhandenen Grundwässer im Untersuchungsgebiet sich alle aus meteorischen Wässern, die aus Niederschlägen stammen, erklären lassen.

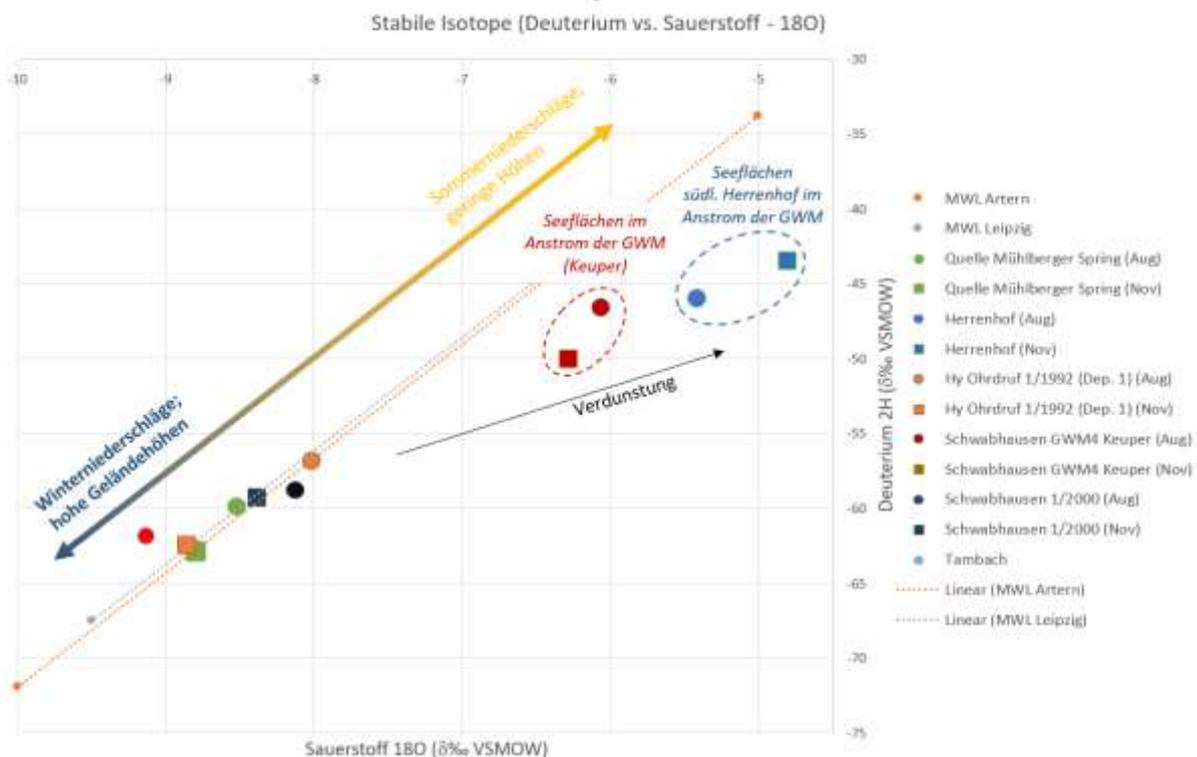


Abbildung 39: Verteilung der stabilen Isotope in den untersuchten Grundwässern im Untersuchungsgebiet.

Durch die Zeiträume der Probenahme August (Kreis-Symbol) und November (Quadrat-Symbol) sind typische Fraktionierungsprozesse in den Grundwässern erkennbar. Durch Verdunstungsvorgänge zeigen die Sommerproben eine Anreicherung von schweren Isotopen, was die Verschiebung entlang der lokalen meteorischen Wasserlinie erklärt. In Abbildung 39 zeigen die Proben der Hy Schwabhausen GWM 4 (Keuper) und Hy Herrenhof GWM (Kies) eine deutliche Abweichung von der lokalen meteorischen Wasserlinie in Abhängigkeit des Verdunstungseffektes. Im Umfeld beider Messstellen liegen Seen, deren Wasser gegenüber dem Grundwasser deutlich angereichert ist an schweren Isotopen. Hieraus lässt sich eine Mischung / Beeinflussung Seewasser und Grundwasser ableiten.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

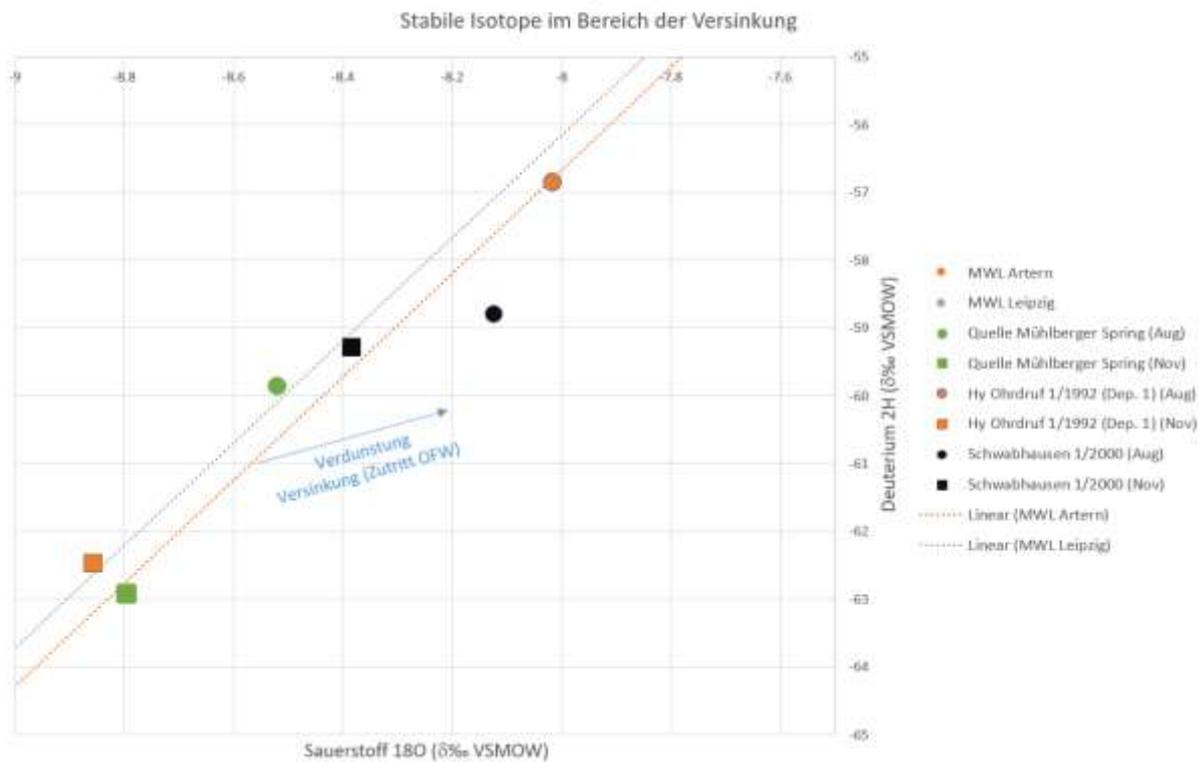


Abbildung 40: Detailausschnitt der stabilen Isotope im Bereich der Versinkungen

In Abbildung 40 sind die Grundwässer dargestellt, die keine Beeinflussung durch Zumischung von Seewasser aufweisen. Für die Proben Hy OH 1/1992 und Hy Schwabhausen 1/2000 fällt auf, dass die Grundwässer neben der typischen Verschiebung der Winter- und Sommerproben entlang der lokalen meteorischen Wasserlinie auch eine zusätzliche leichte Verschiebung der Sommerproben hin zu schweren Isotopen (Verdunstungseffekt) aufweisen. Diese zusätzliche Drift lässt sich durch eine zusätzliche Zumischung von Flusswasser über die Versinkungsflächen erklären. Auf Grund der Verdunstung reichern sich im Flusswasser die schweren Isotope mit zunehmender Fließstrecke an. Im Bereich der Versinkungsflächen kann Oberflächenwasser in Abhängigkeit des Grundwasserstandes besser infiltrieren. Zu Zeiten von niedrigen Grundwasserständen in den Sommermonaten kommt es zu einer verstärkten Infiltration von Oberflächenwasser im Bereich der Versinkungsstelle, welches an schweren Isotopen angereichert ist. Dies führt dazu, dass die Sommerproben der Grundwässer im Bereich der Versinkungsstelle den leichten Versatz hin zu schweren Isotopen aufweisen.

5.7 Auswertung der zweimonatigen Aufhöhung durch TFW

Im Zeitraum vom 26.07.2024 bis zum 26.09.2024 wurde die Gesamtwilddbettabgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser auf im Mittel 0,6 bis 0,7 m³/s erhöht. Abbildung 41 zeigt den Zeitraum einen Monat vor der zweimonatigen zusätzlichen Aufhöhung durch die TFW bis zur Beendigung der Aufhöhung. Die Aufhöhung begann Ende Juli 2024 und endete Ende September 2024. Der Zeitraum vor dem zweimonatigen Anstieg zeigt, dass die Niederschläge zu einem kurzfristigen und raschen Anstieg der Grundwasserstände führen, die Grundwasserstände dann aber ohne Verzögerung direkt abfließen (sinken), was eine langfristige Grundwasserspeicherung oder einen Anstieg der Grundwasserstände verhindert. Ein ähnliches Verhalten zwischen den Niederschlagsereignissen und dem Grundwasserspiegel ist während der Aufhöhungsperiode zu beobachten. Im Gegensatz zum Vormonat gibt es jedoch

5. Hydrogeologische Verhältnisse

Anzeichen für eine Erholung (Anstieg) des Grundwasserbasisabflusses während der Aufhöhungsperiode. Die fallenden Grundwasserstände (z.B. Hy Swah 1/2000 und Hy Oh 1/1992) erreichen trotz der fehlenden Niederschläge nicht mehr die niedrigen Grundwasserstände von Anfang bis Mitte Juli 2024.

Es gibt Hinweise darauf, dass die Aufhöhung eine Speisung des Grundwassers ermöglicht, so dass im Untersuchungsgebiet Ende August ein längerer Zeitraum der Grundwasserhaltung zu beobachten ist. Für verlässlichere Aussagen ist der Zeitraum der Anreicherung zu kurz.

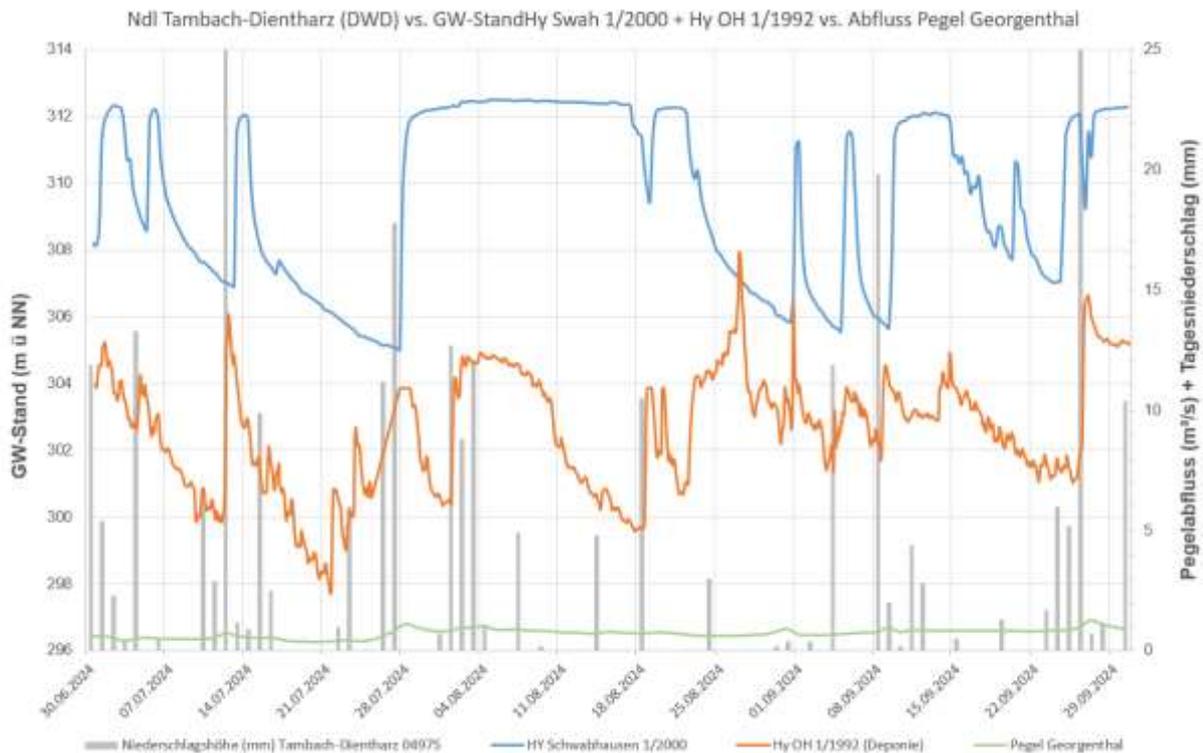


Abbildung 41: Vergleich der Reaktion der Grundwasserspiegel Hy Swah 1/2000 und Hy Oh 1/1992 auf Niederschlagsereignisse der Niederschlagsstation Tambach-Dietharz (DWD) auf die Sonderabgabe am Pegel Georgenthal

5.8 Bilanzierung – Unterirdischer Abfluss im Karstaquifer

Die vorhandenen Grundwasserstandsmessungen zeigen, dass vor allem in den Sommermonaten ein Grundwasserdefizit im Karstaquifer entsteht. Durch dieses Defizit kann sich kein höherer Grundwasserspiegel im Bereich der Versinkung ausbilden, der aber für eine konstante Wasserführung im Flussgerinne der Apfelstädt nötig wäre. Auswertungen der Grundwasser-Abfluss-Dynamik zeigen, dass der Karstaquifer Merkmale eines Leerlaufens (Volumen pro Zeit) aufweist. Anhand der Information zu den strukturgeologischen Verhältnissen und den bestehenden Messungen zur Grundwasser-Abfluss-Dynamik wird versucht, das Grundwasserdefizit, welches mit dem Leerlaufen des Karstaquifers in Volumen pro Zeit gleichgesetzt wird, zu quantifizieren.

Die Volumenänderungen ΔV_K im Karstaquifer werden auf Basis der Definition des Speicherkoeffizienten S (Gleichung 1) auf Basis der ansetzbaren Aquiferfläche A und der Änderung der Grundwasserspiegelhöhe Δh berechnet.

$$\Delta V_K = A * S * \Delta h \quad \text{Gleichung 1}$$

Aus den mittleren Grundwasserständen und den strukturgeologischen Verhältnissen lässt sich eine Aquiferfläche zwischen 22 und 30 km² ableiten, in der ein zusammenhängender Wasserspiegel existieren sollte (Abbildung 42).

5. Hydrogeologische Verhältnisse

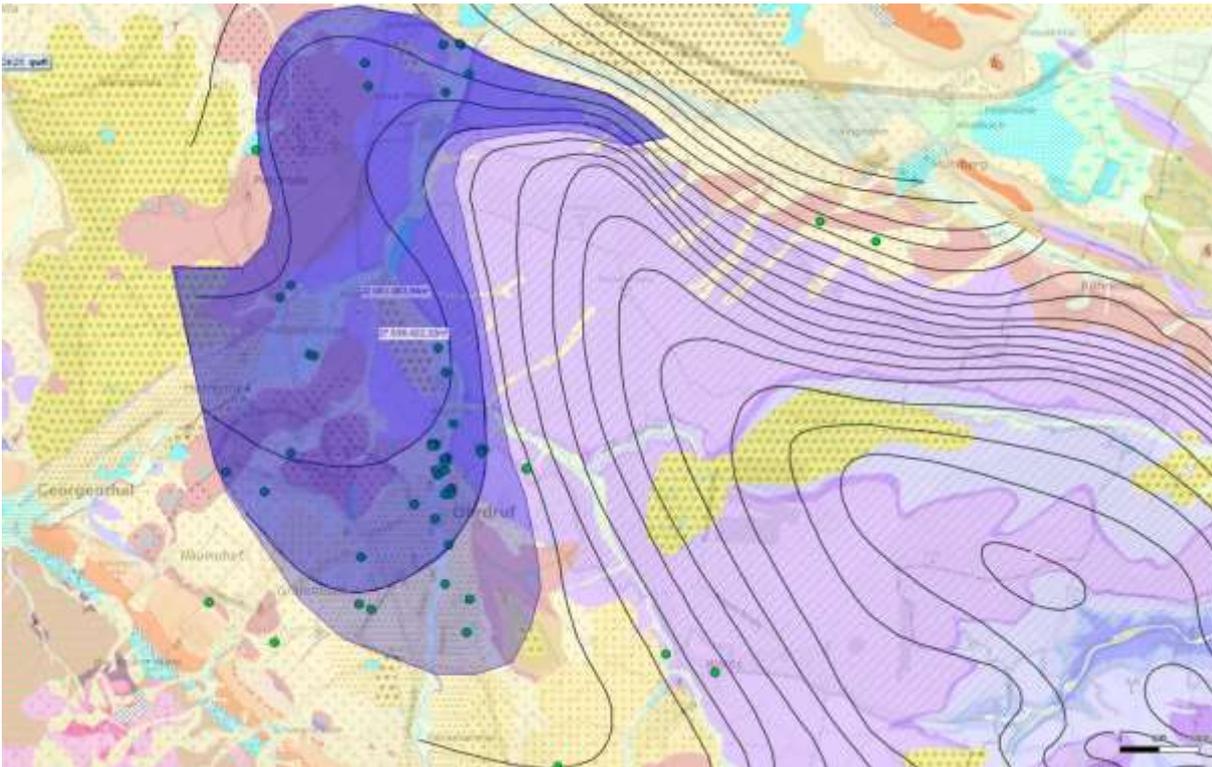


Abbildung 42: Räumliche Ableitung einer Aquiferfläche, die von den Grundwasserstandsänderungen betroffen sein kann

Nach Hölting (1992) kann für ein Karst-Kluftgrundwasserleiter ein Speicherkoeffizient zwischen 1 – 1,5 % angenommen werden. Speicherkoeffizienten über 2 % sind in Karst-Kluftgrundwasserleiter nur in tektonisch gestörten Bereichen vorhanden.

Die Änderungen der Grundwasserspiegelhöhe Δh wurden auf Basis der aufgeführten Ereignisse in Tabelle 5 berechnet. Es wurden keine kurzfristigen ereignisbezogenen Grundwasserstandsänderungen berücksichtigt, sondern nur langfristige Trends, da ansonsten eine deutliche Überschätzung des Auslaufens im Aquifer erfolgen würde.

Tabelle 5: Zeitliche Ereignisse zur Ableitung der Grundwasserspiegelhöhe Δh

Datum Start Ende	GW-Stand (m NN) Hy Swah 1/2000	Datum	GW-Stand (m NN) Hy OH 3/1992
12.05.2008	314,46	11.03.2024	306,38
18.12.2008	309,28	27.03.2024	304,96
12.01.2009	310,80	18.04.2024	304,69
17.03.2009	303,79	23.04.2024	304,34
17.09.2011	311,37	01.06.2024	307,47
30.11.2011	306,61	21.07.2024	305,06
07.01.2003	315,08	08.09.2024	305,51
17.06.2003	313,13	24.09.2024	304,10

5. Hydrogeologische Verhältnisse

17.06.2003	313,13	20.10.2024	307,85
04.10.2003	303,73	31.10.2024	306,60
25.07.2004	310,73		
19.09.2004	299,38		
23.05.2014	311,24		
08.07.2014	301,59		
21.10.2018	310,00		
10.01.2019	304,94		
20.06.2020	310,72		
13.10.2020	292,88		
23.03.2022	312,33		
03.08.2022	296,04		
06.08.2022	305,39		
15.10.2022	292,86		
16.06.2023	312,23		
25.07.2023	302,43		
09.08.2023	313,00		
04.11.2023	295,72		

Tabelle 6 gibt die verschiedenen Größenordnungen für das Volumen bezogene Auslaufen des Karstaquifers in Abhängigkeiten der Eingangsvariablen Fläche A und Speicherkoeffizient an.

Tabelle 6: Ermittelte Größenordnung für das Leerlaufen (Volumen / Zeit) des Karstaquifers

Wasserspiegeländerungen aus Messstelle	Fläche A (km²)	Speicherkoeffizient (%)	Auslaufkoeffizient Kar- staquifer (L/s)
Hy Swah 1/2000	22	1.5	573,1
Hy Swah 1/2000	22	2	742,5
Hy Swah 1/2000	30	1.5	781,5
Hy Swah 1/2000	30	2	1012,6
Hy Swah 1/2000	Mittel		777,4
Hy OH 3/1992	22	1.5	308,3
Hy OH 3/1992	22	2	411,1
Hy OH 3/1992	30	1.5	420,5
Hy OH 3/1992	30	2	560,6
Hy OH 3/1992	Mittel		425,1
Gemittelt Karstgebiet			601,26

6. Gewässergüte

Das durchschnittlich ermittelte Leerlaufen des Karstaquifers beträgt ca. 600 l/s und liegt danach in der Größenordnung der Gewässerabgabe, die von der TFW für die 2-monatige Aufhöhung verwendet wurde. Dies könnte erklären, warum zu Zeiten der Aufhöhung eine Entspannung und leichte Erhöhung des Grundwasserspiegels beobachtet wurde.

5.8.1 Fazit

Das zweite Jahr des Monitorings im Rahmen der „Dreiseitigen Vereinbarung“ zur Niedrigwasseraufhöhung der Apfelstädt hinterlässt ein ähnliches Bild wie das Jahr zuvor.

Die hydraulischen Systeme Keuper / Quartär und Mittlerer Muschelkalk / Trochitenkalk (Oberer Muschelkalk) zeigen vergleichbare saisonale Grundwasserspiegelschwankungen. Die Grundwasserstände reagieren schnell und deutlich auf Neubildungsereignisse. Reaktionen auf das Abflussverhalten der Apfelstädt und Ohra finden sich minimal zeitversetzt (< Tagen) in den GW-Ganglinien wieder. Das deutliche Absinken des Grundwasserspiegels um mehrere Meter in den letzten 20 Jahren ist auf den Rückgang des Grundwasserbasisabflusses zurückzuführen, der innerhalb des Karstsystems eine konstante Grundwasserführung aufweist. Die Auswertungen zeigen, dass die Grundwasserspiegelschwankungen mit Ausbleiben der Winterniederschläge deutlich zunehmen. Das Leerlaufens des Karstaquifers wurde auf ca. 600 l/s abgeschätzt

Im Zeitraum der zweimonatigen Aufhöhung führen die Niederschlagsereignisse zu den typischen kurzfristigen und raschen Anstiegseffekten der Grundwasserstände. Danach setzt direkt ohne Verzögerung ein Absinken des Grundwasserspiegels ein. Es zeigt sich, dass die zweimonatige Aufhöhung zu keiner intensiven Erhöhung des Grundwasserspiegels geführt hat. Trotzdem ist im Zeitraum der Aufhöhung eine leichte Erholungsphase des Grundwasserspiegels zu erkennen, die niedrigen Grundwasserstände von Anfang bis Mitte Juli 2024 werden nicht mehr erreicht, wobei nicht klar zwischen dem Einfluss der Niederschläge und dem versinkenden Oberflächenwasser unterschieden werden kann. Es bleibt festzuhalten, dass der Untersuchungszeitraum zu kurz war, um verlässliche Aussagen über langfristige Effekte auf den Grundwasserhaushalt zu treffen. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um die Nachhaltigkeit der Maßnahme zu bewerten. Auf Basis der Abschätzungen des Leerlaufens des Karstaquifers sollten in der Monitoringphase eine zeitlich konstante minimale Abflussabgabe der Apfelstädt in Höhe von > 600 l/s angesetzt werden.

Hydrochemisch lassen sich die hydraulischen Systeme Keuper / Quartär und Mittlerer Muschelkalk / Trochitenkalk an Hand der Hauptkat- und -anionen deutlich voneinander unterscheiden. Auf Grund der Fraktionierung der stabilen Isotope auf Basis der Verdunstungseffekte, zeigen sich vor allem in den Sommermonaten eine zusätzliche Zumschung von Flusswasser über die Versinkungsflächen im Bereich der flussnahen Grundwassermessstellen.

6 Gewässergüte

Aufbauend auf dem Messkonzept aus dem Herbst 2022 wurden in 2024 die chemischen und biologischen Güteuntersuchungen der Apfelstädt und Nebengewässer turnusmäßig monatlich fortgesetzt.

Monatliche Messungen zur chemischen Wasserqualität erfolgen an den Messstellen:

- Unterhalb Tambach-Dietharz
- Oberhalb Georgenthal
- Unterhalb Wechmar
- Unterhalb Wandersleben
- Mündung

6. Gewässergüte

- sowie an den Nebengewässern Ohra (Luisenthal und Ohrdruf), Roth und Weidbach sowie Schmallgraben

Zusätzlich wurden an den Pegeln Georgenthal und Ingersleben (Mündung) Messgeräte in Betrieb genommen, um kontinuierlich die elektrische Leitfähigkeit und damit den Salzgehalt zu erfassen.

6.1 Chemische Gewässergüteuntersuchungen

Anhand der Analyseergebnisse nehmen in Wechmar und Wandersleben die Ammoniumkonzentrationen tendenziell weiter ab. Auch die Phosphorbelastung in der Apfelstädt ab Wandersleben fällt günstiger aus als in den vorangegangenen Messjahren, ein Trend der auch an der Messstelle vor der Mündung zu erkennen ist. Die Messstellen im Oberlauf der Apfelstädt haben unverändert einen natürlichen, geringen Nährstoffgehalt.

Ähnlich wie in den vorangegangenen Untersuchungsjahren steigen in den Sommermonaten die Werte der Härtebildner, also Calcium, Sulfat, Chlorid oder Magnesium an den Messstellen im mittleren und unteren Abschnitt der Apfelstädt. Dieses ist wahrscheinlich auf zuströmendes Grundwassers zurückzuführen.

Der Abwasser-Parameter Ammonium ist an allen Messstellen inzwischen sehr gering und erfüllt damit die Voraussetzungen für ein gutes ökologisches Bild.

Wie in den vorangegangenen Jahren waren an allen Messstellen im mittleren und unteren Apfelstädtabschnitt auch Spitzenwerte von bis zu 0,3 mg/l Ammonium-Stickstoff festzustellen, die auf gelegentliche Abwassereinleitungen (z.B. nach Starkniederschlägen) zurückgeführt werden können.

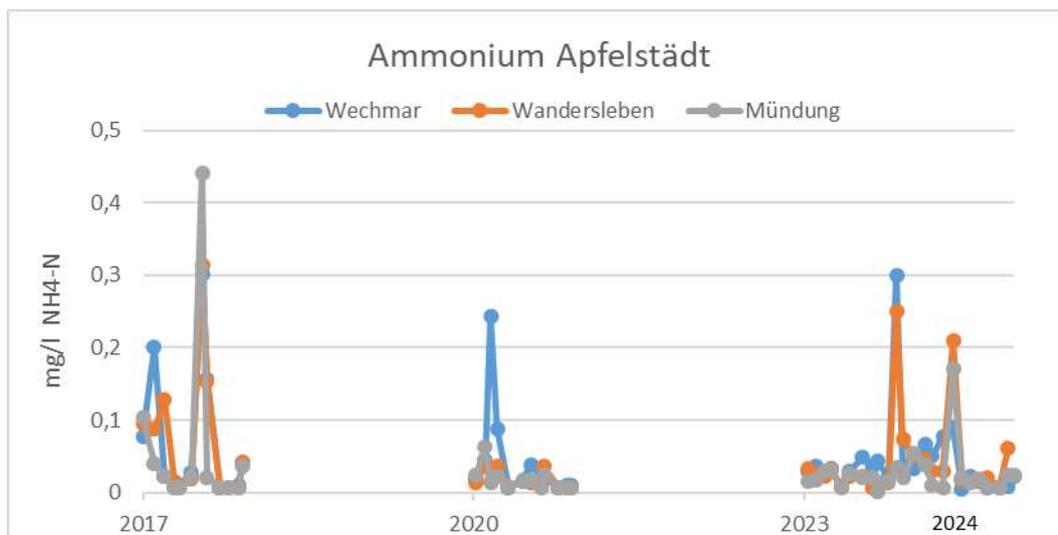


Abbildung 43: Messwerte für Ammonium-Stickstoff in der Apfelstädt

Konstant niedrig bleibt der geringe Nährstoffgehalt im Oberlauf der Apfelstädt bzw. der Ohra.

Die Phosphorwerte 2024 gleichen denen im Jahr 2023. Deutlich erkennbar das Ansteigen der Konzentration in den Sommermonaten, wenn die Wasserführung zurückgeht.

6. Gewässergüte

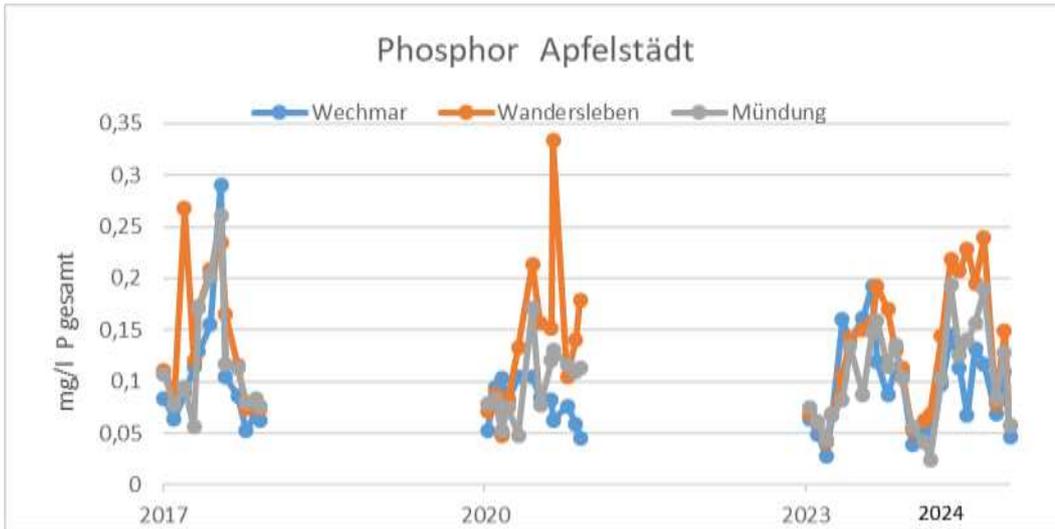


Abbildung 44: Messwerte des Gesamt-Phosphor-Gehalts in der Apfelstätt

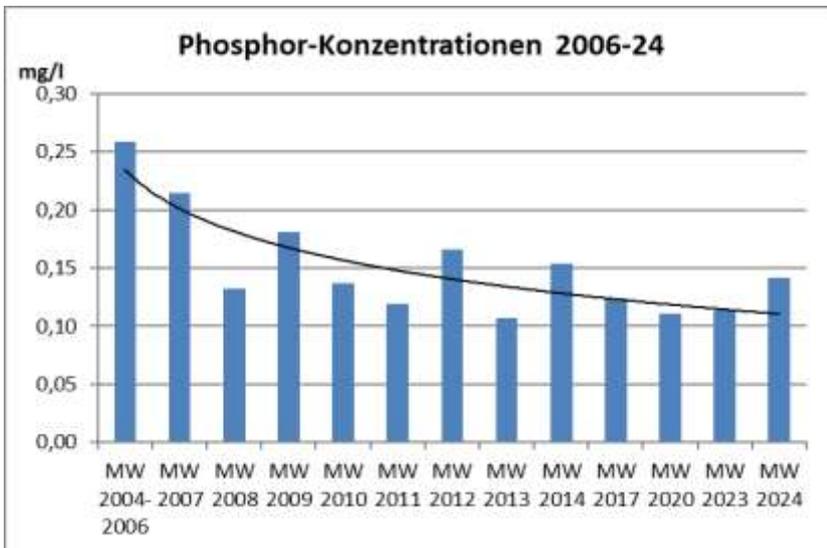


Abbildung 45: Übersicht zu den Jahresmittelwerten für Gesamt-Phosphor in der Apfelstätt

Betrachtet man die Jahresmittelwerte über einen längeren Zeitraum wird deutlich, dass in den letzten zwei Jahrzehnten die Phosphorbelastung deutlich abgenommen hat und aktuell sich dem Wert von 0,1 mg/l nähert. Ebenso ist die Phosphorfracht, also die gesamte Menge im Jahresverlauf, in den letzte 2 Jahrzehnten deutlich zurückgegangen, wenngleich die Höhe der Fracht vorrangig durch das Abflussgeschehen, also der Wasserführung, bestimmt wird.

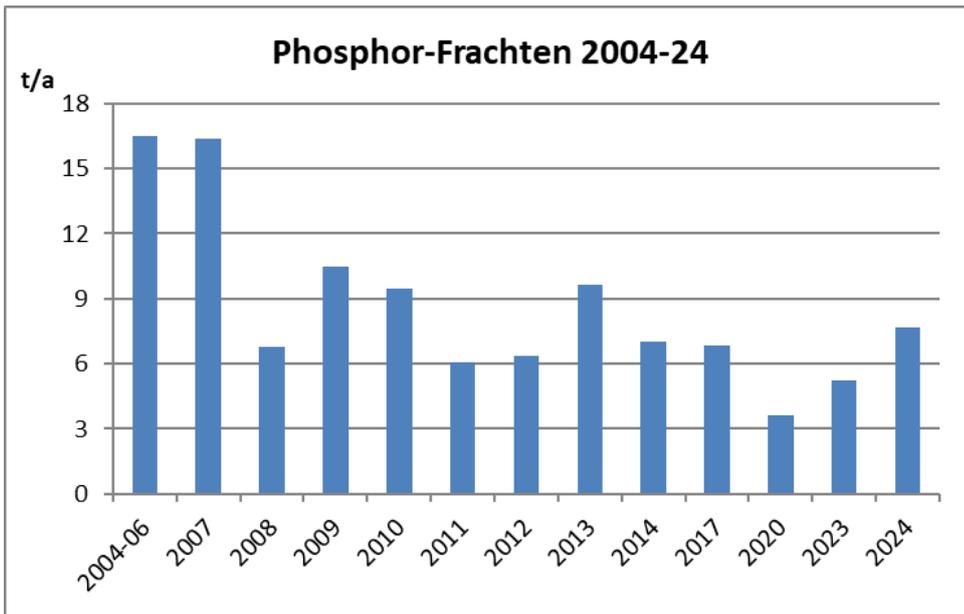


Abbildung 46: Übersicht der Jahresfrachten für Gesamt-Phosphor in der Apfelstädt

Ähnlich wie im vorangegangenen Untersuchungs Jahren 2020 und 2023 stiegen auch in 2024 für den mittleren und unteren Apfelstädtabschnitt in den Sommermonaten die Werte für die sogenannten Härtebildner, also Salze wie Calcium, Sulfat, Chlorid oder Magnesium. Deutlich wird dieses anhand der größeren elektrischen Leitfähigkeit des Wassers (Abbildung 47).



Abbildung 47: Vergleich der Messwerte für die elektrische Leitfähigkeit des Wassers in der oberen und mittleren Apfelstädt

Der Anstieg der Salzgehalte lässt sich mit dem Zustrom von Grundwasser erklären (siehe hierzu Absatz 5.6.1). Auch das zwischen den Messstellen *Wechmar* und *Wandersleben* u.h. einmündende Nebengewässer *Roth* trägt zu diesem Effekt bei. Die Leitfähigkeitswerte der *Roth* können bis über 2000 µS/cm erreichen und liegen damit deutlich über den in 2023 und 2024 gemessenen Verhältnissen in der Apfelstädt.

Die erhöhte Leitfähigkeit wird hauptsächlich durch den Sulfatgehalt geprägt.

6. Gewässergüte

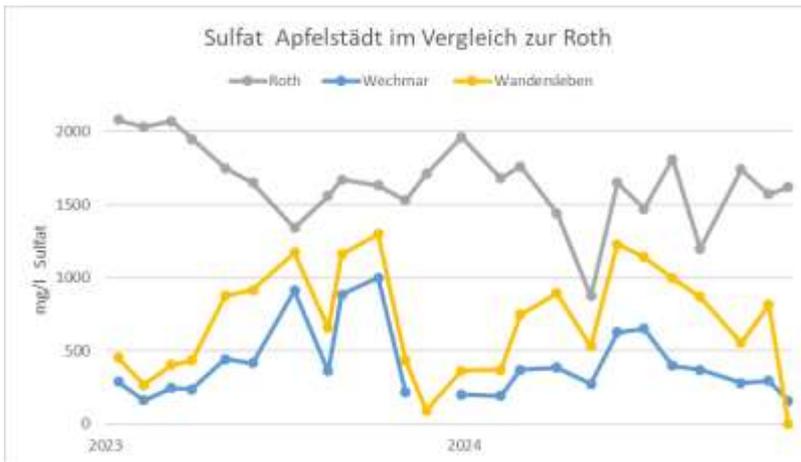


Abbildung 48: Vergleich der Sulfatmesswerte in der Apfelstädt sowie der Vergleich zur einmündenden Roth in den Jahren 2023 und 2024

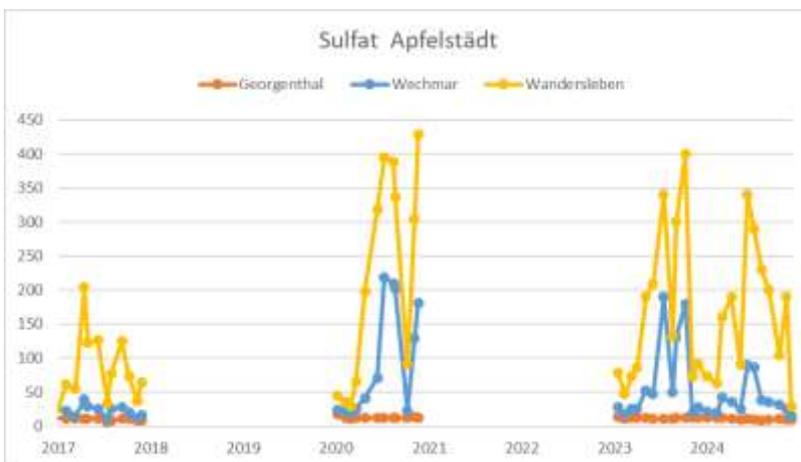


Abbildung 49: Sulfatmesswerte in der Apfelstädt in den Jahren 2017 bis 2024

Die vom 26.07.2024 bis zum 26.09.2024 erhöhte Abgabe von Wasser aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser spiegelt sich nicht eindeutig in den chemischen Verhältnissen des Flusswassers wieder. So hat sich zwar die Leitfähigkeit gegenüber den Vormonaten Juni und Juli 2024 verringert, jedoch gab es den gleichen Effekt auch in der Roth, die aber von der erhöhten Talsperrenabgabe unabhängig ist.

Die biologischen Untersuchungen zum Makrozoobenthos und zu den Wasserpflanzen (einschließlich Algen) hat das TLUBN an Dritte vergeben. Probenahme für das Makrozoobenthos war am 14. Juni 2023, die Probenahme für die Wasserpflanzen erfolgte im Zeitraum vom 03. September bis 11. Oktober 2023. Die Auswertungen liegen bislang noch nicht vor.

6.2 Beurteilung der Fischfauna:

In den Jahren 2022 und 2024 wurde die 5 unten genannten Probestellen (Abbildung 50) jeweils einmal pro Jahr Ende August befischt.

Die Probestellen Ingersleben, Wechmar und Schwabhausen gehören zur Äschenregion und haben somit eine andere fischfaunistische Referenz (als Bewertungsgrundlage) als die Probestelle uh Hohenkirchen, die zur unteren Forellenregion gehört. Gleichzeitig liegt die Messstelle Hohenkirchen oberhalb der Versinkungsstrecken und dient zumindest für die in beiden Fischregionen erwünschten Leitarten Groppe und Bachforelle als Referenz.

6. Gewässergüte

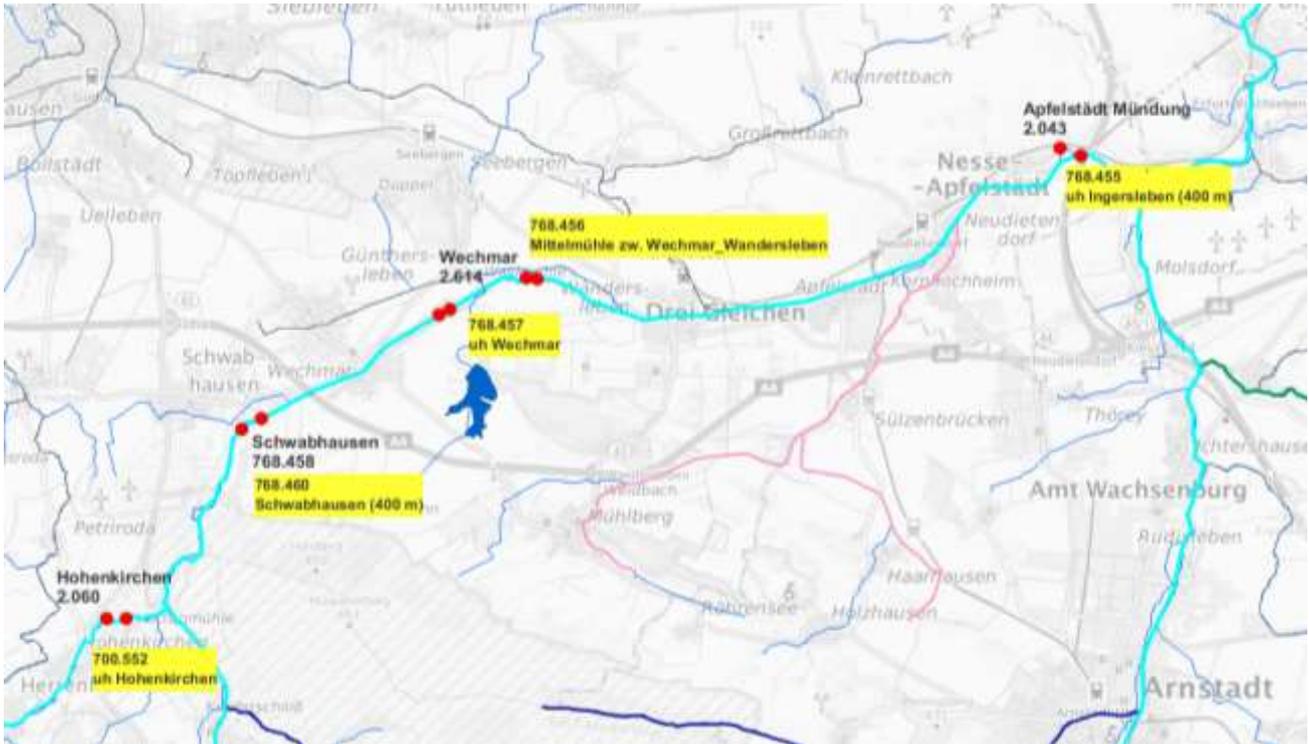


Abbildung 50: Lage der Probestellen zur Beurteilung der Fischfauna

Die Fischfauna wird mit dem bundesweit vorgegebenen Bewertungsverfahren FiBS bewertet (www.gewaesser-bewertung.de). Dieses ist ein multimetrisches Verfahren, welches die vorhandenen Fischarten inklusiver ihrer Altersstruktur mit dem Referenzzustand, der je nach Fischregion und Gewässertyp unterschiedlich ist, vergleicht. Das Ergebnis ist ein Indexwert, der eine Klasseneinteilung von „sehr gut“ bis „schlecht“ ermöglicht:

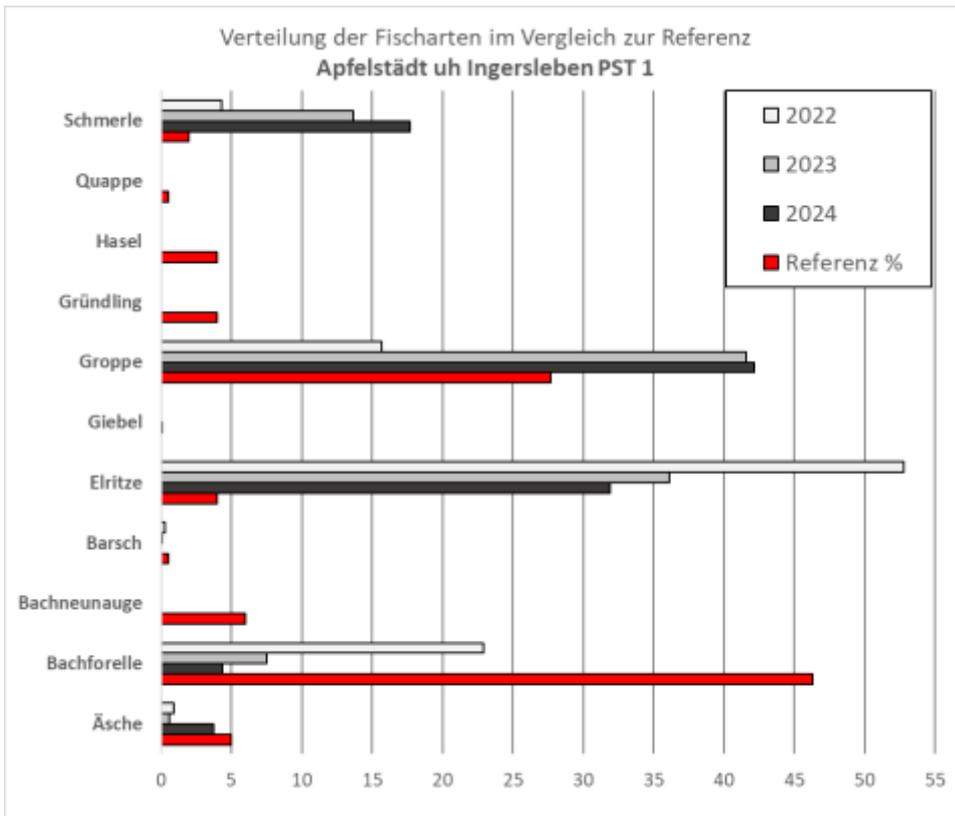
Zustandsklasse	Indexwerte	Beschreibung des Zustandes der Fischfauna
Sehr gut	> 3,75	ohne störende Einflüsse
Gut	> 2,5 – 3,75	geringe Abweichungen vom Referenzzustand
Mäßig	> 2,0 – 2,5	mäßige Abweichungen vom Referenzzustand
Unbefriedigend	> 1,5 - 2,0	stärkere Veränderungen , mit deutlichen Abweichungen vom Referenzzustand
Schlecht	≤ 1,5	erhebliche Veränderungen , große Teile der natürlicherweise auftretenden Biozönosen fehlen

6.2.1 Apfelstädt Mündungsbereich: PST 1 unterhalb von Ingersleben (768455)

Die Probestelle wurde überwiegend von Fischarten besiedelt, die der fischfaunistischen Referenz der Äschenregion entsprechen. Als Leitart fehlt das Bachneunauge, wobei für dieses in der gesamten Apfelstädt bisher Nachweise fehlen. Dominiert wird die Zönose von den kleinwüchsigen Fischarten Elritze und Groppe. Die Groppe hatte 2024 an der Mündungsmessstelle der Apfelstädt die höchsten Individuenzahlen.

Die FiBS-Bewertungen fallen für die Jahre 2022, 2023, 2024 mit „gut“ bzw. „mäßig“ aus.

6. Gewässergüte



Fischbewertung

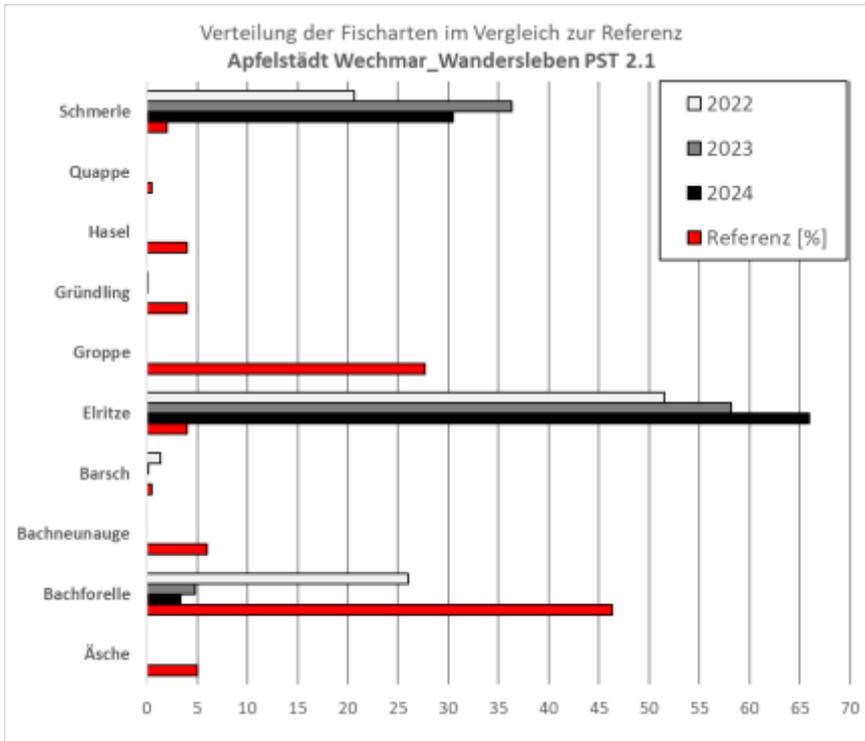
2022	2,87
2023	2,47
2024	2,50

6. Gewässergüte

6.2.2 Apfelstädt Wechmar: PST 2.1 und 2.2 Wechmar - Wandersleben (768456)/ uh Wechmar (768457)

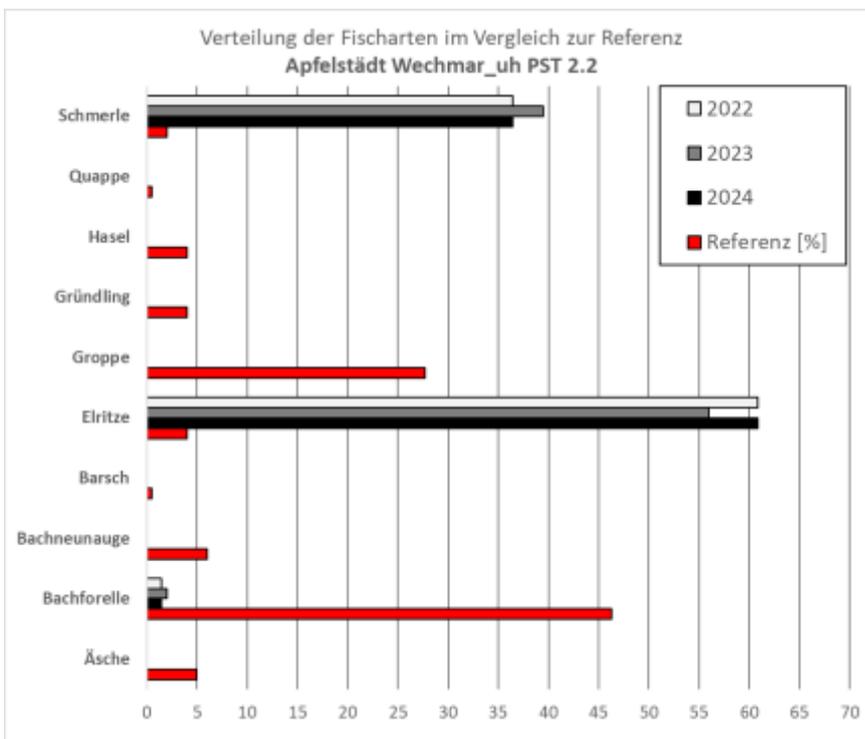
An beiden PST dominieren Elritze und Schmerle. Ebenso ist die Bachforelle mit unterschiedlichen oft sehr geringen Häufigkeiten nachzuweisen. Die in der PST uh Ingersleben nachgewiesenen Groppe und Äschen sind nicht nachweisbar.

Die FIBS – Bewertungen für beide Probestellen fallen für die Jahre 2022, 2023, 2024 unbefriedigend aus.



Fischbewertung

2022	1,94
2023	1,82
2024	1,54



Fischbewertung

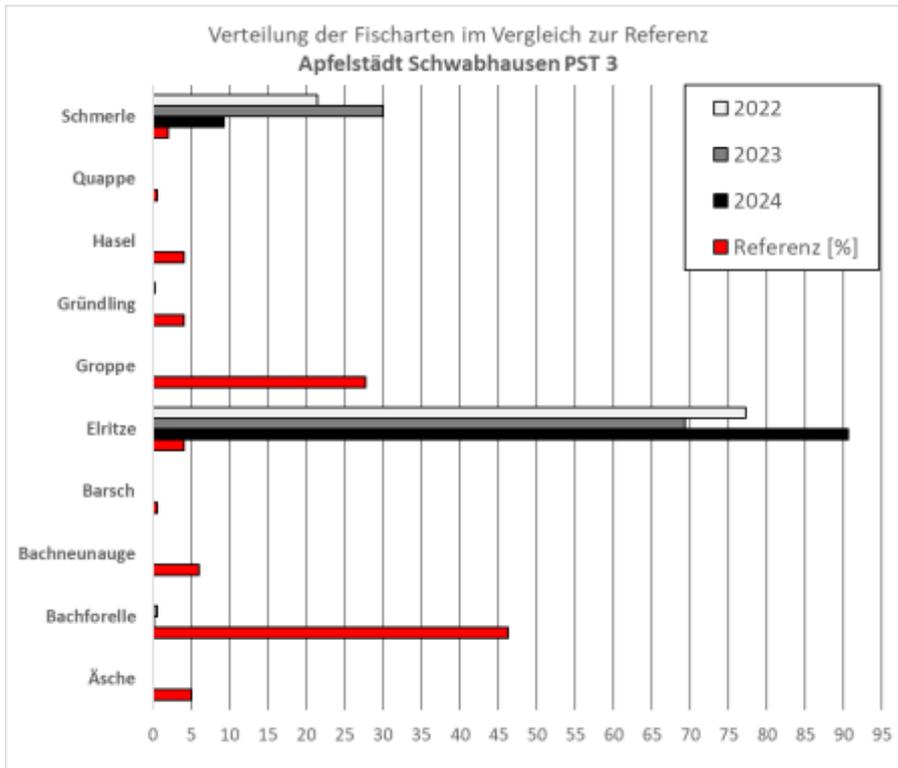
2022	1,55
2023	1,60
2024	1,77

6. Gewässergüte

6.2.3 Apfelstätt PST 3 Schwabhausen (768460)

Die PST 3 wird durch das Fehlen vieler Arten in beiden Jahren schlecht bewertet. Die Befischungsstrecke war im Befischungszeitraum 2022 und 2024 bis auf wenige Restwasserpools trockengefallen, 2023 war die Wasserführung zum Befischungszeitraum durchgehend.

Es dominieren Elritzen und Schmerlen, bei den wenigen Bachforellen handelt es sich um Einzelfunde, die vermutlich bei höherer Wasserführung eingewandert sind.



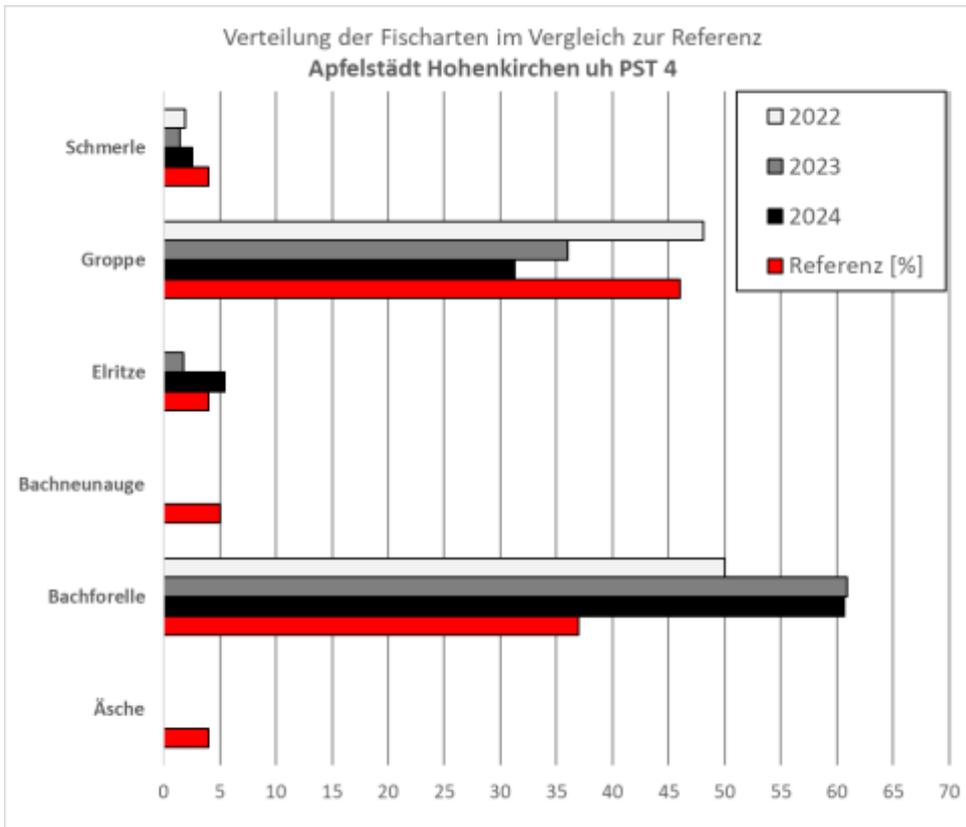
Fischbewertung

2022	1,47
2023	1,43
2024	1,42

6. Gewässergüte

6.2.4 Apfelstätt PST 4 uh Hohenkirchen (700552)

Die Messstelle gehört fischfaunistisch zur oberen Forellenregion. An der Befischungsstrecke 4 war eine durchgängige Wasserführung an alle Befischungsterminen gegeben. Der Nachweis der beiden Leitarten Groppe und Bachforelle führt zu einer guten Bewertung.



Fischbewertung

2022	2,62
2023	2,69
2024	2,98

Tabelle 7: Fischbewertungen Übersicht

Probestelle	Fischregion	FIBS Bewertung				
		2017	2020	2022	2023	2024
1 Ingersleben	Äschenregion	2,29 mäßig	1,86 unbefriedigend	2,87 gut	2,47 mäßig	2,5 mäßig
2.1. Wechmar- Wandersleben		2,1 mäßig	1,63 unbefriedigend	1,94 unbefriedigend	1,82 unbefriedigend	1,54 unbefriedigend
2.2 Wechmar uh.				1,55 unbefriedigend	1,72 unbefriedigend	1,77 unbefriedigend
3 Schwabhausen				1,47 schlecht	1,43 schlecht	1,42 schlecht
4 Hohenkirchen uh.	Obere Forellenregion	2,3 mäßig	2,89 gut	2,62 gut	2,69 gut	2,98 gut

In Tabelle 7 sind die Fischbewertungen seit 2017 aufgelistet. Es ist darauf hinzuweisen, dass ab 2020 „mildere“ fischfaunistische Referenzen gelten, sowohl für die Stellen Ingersleben, Wechmar und Schwabhausen (Äschenregion), als auch für die Messstelle Hohenkirchen (obere Forellenregion), die oberhalb der Versinkungsstrecke liegt. Diese Anpassung berücksichtigt stärker den kalten Temperaturcharakter einiger Thüringer Flüsse, darunter auch der Apfelstädt. 2020 war ein Jahr mit sehr trockenem Sommer, dies führte im OWK untere Apfelstädt an den Probestellen Ingersleben und Wechmar-Wanderleben (Mittelmühle) auf Grund der Habitatverluste zu den schlechtesten jemals ermittelten Bewertungen.

Auch mit der angepassten Bewertungsgrundlage verschlechterte sich der ökologische Zustand in den Strecken mit Versinkungseffekt von „mäßig“ auf „unbefriedigend“. Die am stärksten betroffenen Befischungsstrecke Schwabhausen wurden von 2022 bis 2024 untersucht und in allen Jahren aufgrund des Trockenfallens mit „schlecht“ bewertet. Von dieser gibt es keine Altdaten zum Vergleich.

Die Probestelle Hohenkirchen liegt oberhalb der Versinkungsstrecken; diese wird mit der neuen „kalten“ fischfaunistischen Referenz der Oberen Forellenregion mit „gut“ um eine Klasse besser bewertet als in den Jahren zuvor.

7 Gesamtfazit

Das Berichtsjahr von November 2023 bis Oktober 2024 war um 3,1 Grad wärmer als der Mittelwert der Referenzperiode 1961-1990. In acht der zwölf Monate wurden überdurchschnittliche Niederschläge gemessen. Die verbleibenden vier Monate waren dagegen deutlich trockener als der Durchschnitt.

Das Wasserdargebot war im aktuellen Berichtsjahr etwas günstiger als im Jahr zuvor, was insbesondere auf die hohen Abflüsse im Dezember 2023 und Februar 2024 zurückzuführen ist. Das Frühjahr und der Sommer 2024 waren wieder durch sehr niedrige Abflüsse gekennzeichnet. Die künstliche Aufhöhung der Abflüsse der Apfelstädt, die sich am Pegel Georgenthal 1 durch positive Anomalien im Jahresmittel äußerten, konnten sich wieder nicht bis zum Pegel Ingersleben fortsetzen. Auch die Sonderaufhöhung auf durchschnittlich 0,6 m³/s im August und September 2024 zeigte, dass auch höhere Talsperrenabgaben zu keiner deutlichen Abflusserhöhung in der unteren Apfelstädt unterhalb der Flussversinkung führen.

7. Gesamtfazit

Die Beobachtung des Grundwassersystems zeigte, dass die Grundwasserstände häufig schnell und deutlich auf Neubildungsereignisse reagieren. Die längerfristige Betrachtung zeigt aber das deutliche Absinken des Grundwasserspiegels um mehrere Meter in den letzten 20 Jahren. Die Auswertungen zeigen, dass die Grundwasserspiegelschwankungen mit Ausbleiben der Winterniederschläge deutlich zunehmen. Das Leerlaufens des Karstaquifers wurde auf ca. 600 l/s abgeschätzt. Es zeigt sich, dass die zweimonatige stärkere Aufhöhung im August und September zu keiner intensiven Erhöhung des Grundwasserspiegels geführt hat. Trotzdem ist im Zeitraum der Aufhöhung eine leichte Erholungsphase des Grundwasserspiegels zu erkennen, die niedrigen Grundwasserstände von Anfang bis Mitte Juli 2024 werden nicht mehr erreicht, wobei nicht klar zwischen dem Einfluss der Niederschläge und dem versinkenden Oberflächenwasser unterschieden werden kann. Auf Grund der Fraktionierung der stabilen Isotope auf Basis der Verdunstungseffekte, zeigen sich vor allem in den Sommermonaten eine zusätzliche Zumischung von Flusswasser über die Versinkungsflächen im Bereich der flussnahen Grundwassermessstellen.

8 Anhang 1: Sonderbericht zum Ergebnis der erhöhten Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser in die Apfelstädt über einen zweimonatigen Zeitraum im Sommer 2024

8.1 Situation bei der Oberflächenwasserführung

Das hydrologische Jahr 2024, das am 1. November 2023 beginnt und bis Ende Oktober 2024 andauert, war durch einen sehr niederschlagsreichen Winter gekennzeichnet. Im Dezember 2023 führte Dauerregen zu einer Hochwassersituation um die Weihnachtszeit in Thüringen, die auch in der Wasserführung der Apfelstädt deutlich sichtbar wird. Auch der Januar und Februar 2024 waren sehr feucht. Ab März 2024 nahm die Wasserführung dann wieder deutlich ab, mit einer kurzen Unterbrechung im Mai 2024. Abbildung 51 zeigt die Abflüsse der Kalenderjahre 2023 und 2024 an den Pegeln Georgenthal und Ingersleben. Im Jahr 2023 zeigte sich ein ähnliches Muster, allerdings waren damals die Abflüsse im Winter weniger stark ausgeprägt als im Jahr 2024. Während der sommerlichen Niedrigwasserperioden zeigte sich in beiden Jahren ein ähnliches Bild. Im Jahr 2024 ist im Sommer ein etwas unruhigerer Verlauf aufgrund von einzelnen Niederschlagsereignissen erkennbar.

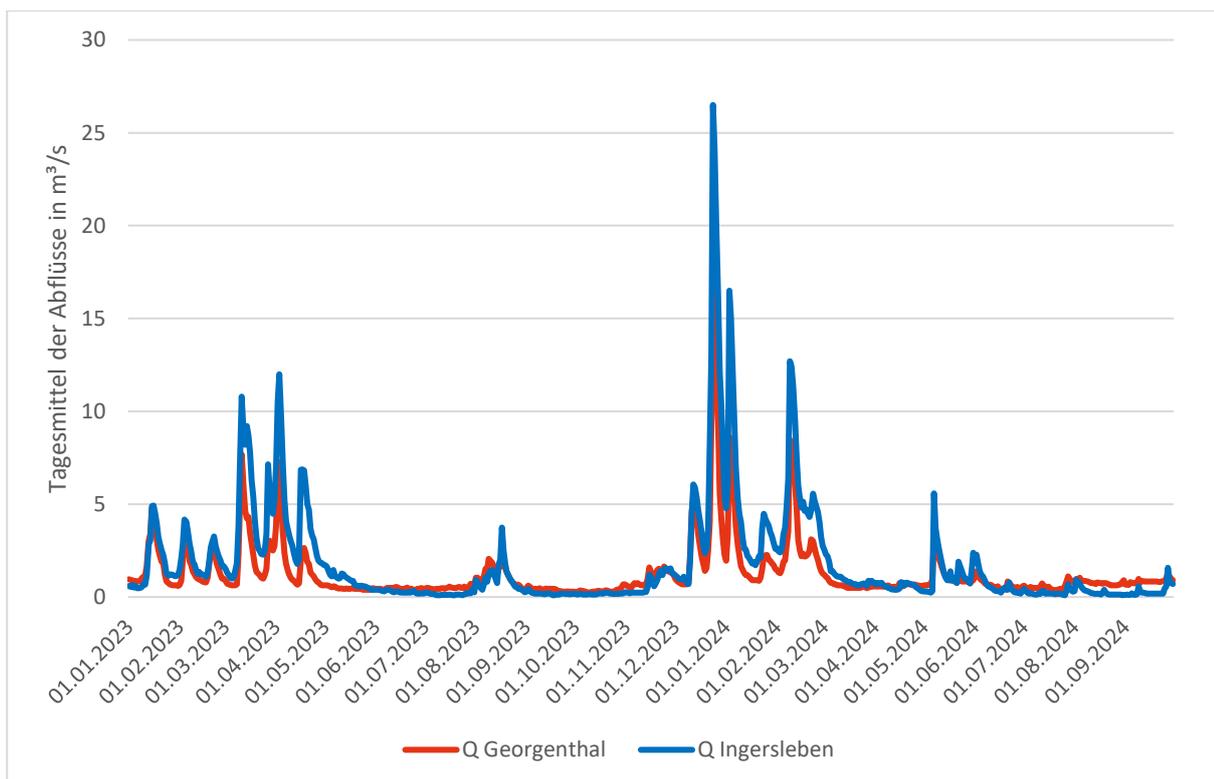


Abbildung 51: Tagesmittel der Abflüsse an den Apfelstädtpegeln Georgenthal (orange) und Ingersleben (blau) im Zeitraum vom Januar 2023 bis Oktober 2024

Der Vergleich der beiden Jahre 2023 und 2024 zeigt in beiden Jahren die ausgeprägte Saisonalität der Abflüsse an beiden Pegeln. Die Saisonalität äußert sich durch höhere Abflüsse im Winter und Frühjahr und durch sehr niedrige Abflüsse im Sommer und Herbst, die vereinzelt von kurzzeitigen Ereignissen unterbrochen werden. Deutlich wird auch, dass der Abfluss am Pegel Ingersleben in Phasen höherer Abflüsse deutlich über der Wasserführung am Pegel

8. Anhang 1: Sonderbericht zum Ergebnis der erhöhten Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser in die Apfelstädt über einen zweimonatigen Zeitraum im Sommer 2024

Georgenthal 1 liegt. In Niedrigwasserphasen liegt er dagegen deutlich darunter. Am Ende des Betrachtungszeitraumes in Abbildung 51, im August und September 2024, zeigt sich deutlich der Einfluss der Sonderabgabe anhand der höheren Abflüsse am Pegel Georgenthal.

8.2 Sonderabgabe im Zeitraum August und September 2024

Entsprechend der Aufforderung durch den Thüringer Landtag wurde im Zeitraum von August bis September 2024 die Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser so erhöht, dass der Abfluss am Pegel Georgenthal anstelle der $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$, die in der dreiseitigen Vereinbarung festgehalten sind, einen Abfluss von mindestens $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ aufweist. Ziel der Sonderabgabe war es zu prüfen, ob eine Erhöhung der Talsperrenabgabe während der sommerlichen Niedrigwasserperiode zu einer Erhöhung der Abflüsse auf der Fließstrecke zwischen Georgenthal und Ingersleben führt.

Hierzu wurde durch die TFW im Zeitraum vom 26.07.2024 bis zum 26.09.2024 die Gesamtwildbettabgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser auf im Mittel $0,6$ bis $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ eingestellt. Der Zulauf zu den Talsperren lag im gleichen Zeitraum im Mittel unter $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ und damit deutlich niedriger als die Abgabe. Vor und nach diesem zweimonatigen Sonderbetrieb wurde die Wildbettabgabe so eingestellt, dass am Pegel Georgenthal der Abfluss von $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ nicht unterschritten wurde.

Während des Sonderabgabezeitraums traten im Einzugsgebiet der Apfelstädt immer wieder erhebliche Niederschläge auf, die insbesondere in der ersten Hälfte des Monats August fielen. Im September nahmen die Niederschläge deutlich ab. Abbildung 52 zeigt die Tagesniederschläge an den DWD Stationen Ohrdruf und Drei Gleichen-Mühlberg als Balken sowie die aufsummierten Niederschläge an den beiden Stationen während des Sonderabgabezeitraums als Linienzüge. Insgesamt wurden während des Sonderabgabezeitraums erhebliche Niederschlagsmengen von ca. $215 \text{ l}/\text{m}^2$ an der Station Ohrdruf und ca. $200 \text{ l}/\text{m}^2$ an der Station Drei Gleichen-Mühlberg durch den DWD gemessen.

Im Verlauf des Septembers fielen weitere Niederschläge von insgesamt etwa $20 \text{ l}/\text{m}^2$ an der Station Drei Gleichen-Mühlberg und etwa $10 \text{ l}/\text{m}^2$ an der Station Ohrdruf. Die Niederschlagsereignisse traten meist als gewittrige Konvektiv ereignisse mit hoher Intensität und kurzer Dauer auf.

8. Anhang 1: Sonderbericht zum Ergebnis der erhöhten Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser in die Apfelstäd über einen zweimonatigen Zeitraum im Sommer 2024

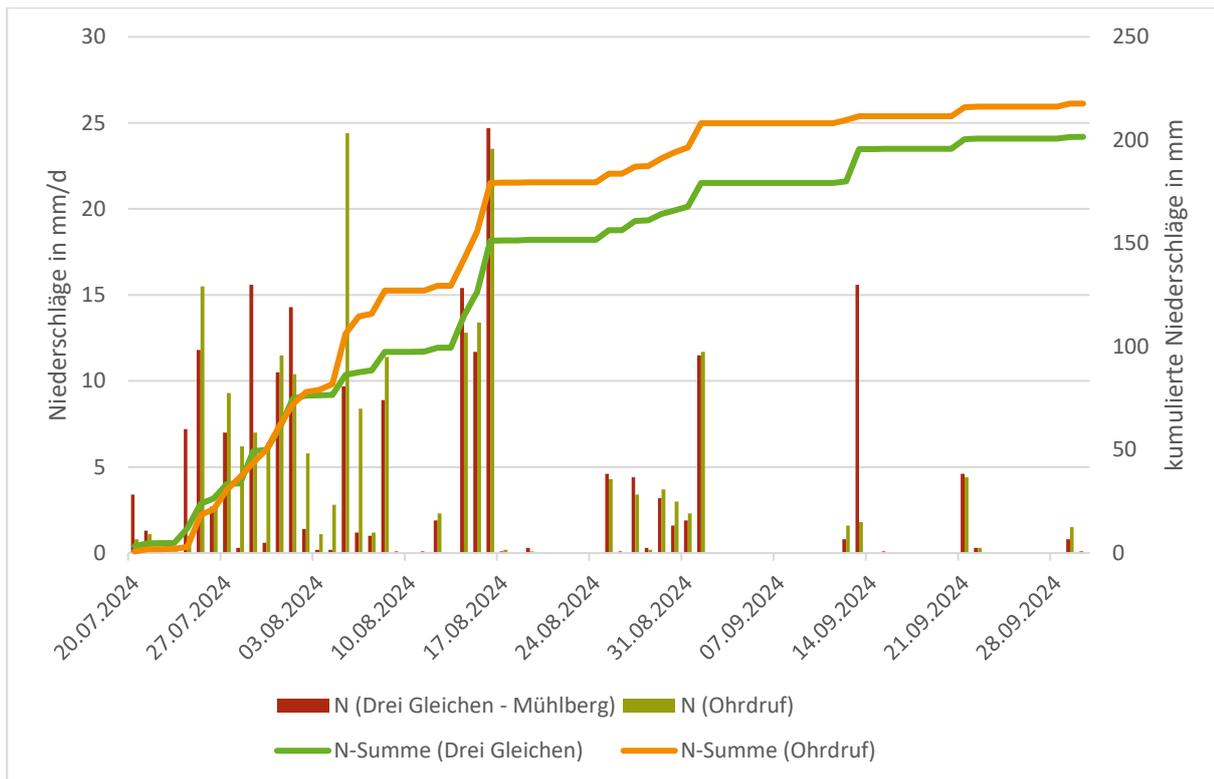


Abbildung 52: Niederschläge im Einzugsgebiet des Pegels Georgenthal während des Sonderabgabzeitraums. Die senkrechten Balken zeigen die Tagessummen, die durchgängigen Linien die Niederschlagssumme

Die erhöhte Wildbettabgabe aus den Talsperren gemeinsam mit den teilweise ergiebigen Niederschlägen führte zu einer deutlichen Erhöhung der Abflussmenge am Pegel Georgenthal. Abbildung 53 zeigt den Verlauf der Talsperren-Abgabe als grüne Flächen (hellgrün Anteil aus Tambach-Dietharz, dunkelgrün Anteil aus Schmalwasser) sowie des Abflusses am Pegel Georgenthal (blaue Linie) als Tagesmittelwerte. Durch die Niederschläge lag der Abfluss in Georgenthal meist deutlich über der Wildwasserabgabe aus den Talsperren. Lediglich um den 24. August herum ist der Abfluss in Georgenthal etwas niedriger, was aber durch die Umrechnung von Wasserstand in Durchfluss zu erklären ist. Am 31. August ist eine deutliche Erhöhung des Wildwasserabgabeanteils aus der TS Schmalwasser zu erkennen. Ursache dafür war eine Holzverklausung bei der Überleitung in die TS Tambach-Dietharz, so dass mehr Wasser in das Schmalwasser unterhalb abgegeben werden musste. Diese Abgabeerhöhung ist auch sehr deutlich in der Abflussganglinie des Pegels Georgenthal zu erkennen.

8. Anhang 1: Sonderbericht zum Ergebnis der erhöhten Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser in die Apfelstädt über einen zweimonatigen Zeitraum im Sommer 2024

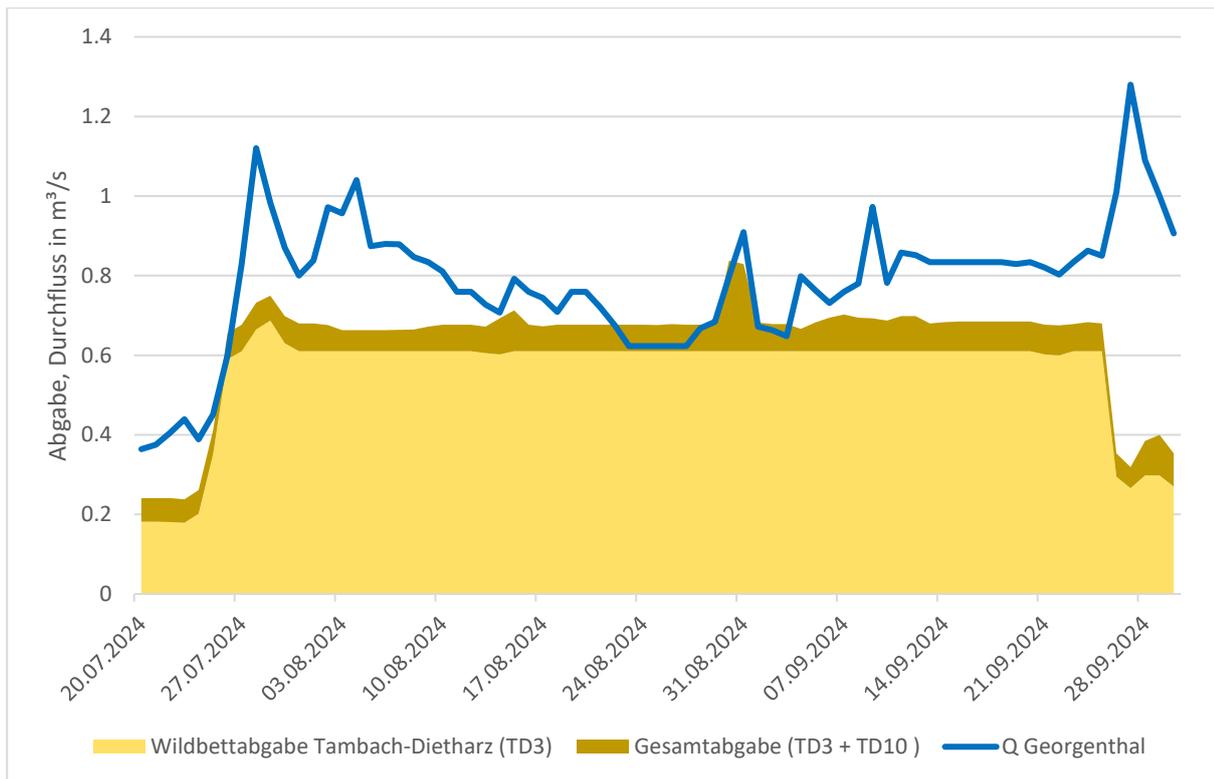


Abbildung 53: Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser sowie Abfluss am Pegel Georgenthal während des Sonderabgabezeitraums

In Abbildung 54 ist zusammenfassend die Wildwasserabgabe aus den Talsperren Schmalwasser und Tambach-Dietharz, die Abflüsse an den Pegeln Georgenthal und Ingersleben sowie die Niederschläge, die an den Stationen Ohrdruf und Drei-Gleichen aufgezeichnet wurden, dargestellt. Der Einfluss der Niederschläge wird an den Abflussreihen der Pegel Georgenthal und Ingersleben deutlich, die gleich zu Beginn deutlich ansteigen und dann mit Unterbrechungen bis etwa dem 20. August wieder abfallen. Die Rezession beim Pegel Georgenthal verläuft etwas langsamer, da hier die Stützung durch die erhöhte Talsperrenabgabe wirksam ist. Der Abfluss am Pegel Ingersleben reagiert insgesamt dynamischer.

Über den gesamten Zeitraum während der Sonderaufhöhung lag der Abfluss am Pegel Ingersleben ständig deutlich niedriger als der Abfluss am oberliegenden Pegel Georgenthal. Der Vergleich der Abflussganglinien an den beiden Pegeln deutet darauf hin, dass die Auswirkung des Wasserverlustes durch die Flussversinkung durch eine Abgabehöpfung, wie sie während des Sonderabgabezeitraums durchgeführt wurde, nicht deutlich positiv beeinflusst werden kann. Vielmehr zeigt sich, dass ein ganz erheblicher Anteil des zusätzlich zugeführten Wassers im Oberlauf, den Unterlauf nach dem Passieren der Versinkungsstrecke nicht erreicht, sondern in den Untergrund verloren geht. Weiter zeigte sich, dass der Einfluss von einzelnen Niederschlagsereignissen, bzw. deren Ausbleiben einen deutlich größeren Einfluss auf die Wasserführung der unteren Apfelstädt besitzt, als die Talsperrenabgabe. Dies wird beispielsweise bei der bereits oben erwähnten erhöhten Wildwasserabgabe am 31. August deutlich. Diese ist in der Abflussganglinie des Pegels Georgenthal deutlich sichtbar, aber in der Ganglinie des Pegels Ingersleben ist sie nicht mehr erkennbar. Das deutet darauf hin, dass in der Flussversinkung ganz erhebliche Anteile des Abflusses verloren gehen und das Schluckvermögen größer ist als die Wassermenge die als Sonderabgabe zugeführt wurde.

8. Anhang 1: Sonderbericht zum Ergebnis der erhöhten Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser in die Apfelstädt über einen zweimonatigen Zeitraum im Sommer 2024

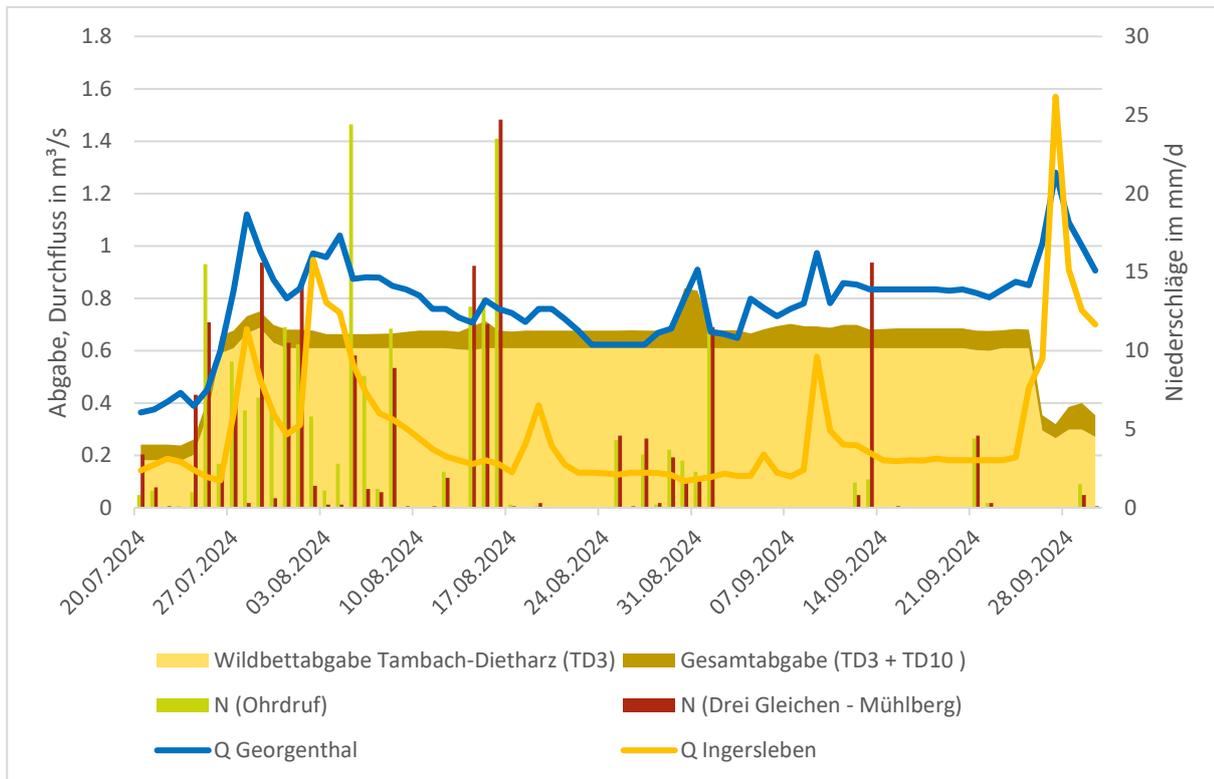


Abbildung 54: Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser sowie Abflüsse an den Pegeln Georgenthal und Ingersleben und Niederschläge an den DWD Stationen Ohrdruf und Drei Gleichen - Mühlberg während des Sonderabgabezeitraums

8.3 Hydrogeologische Verhältnisse der Versinkungsstrecke der Apfelstädt

Die natürliche Versinkungsstrecke der Apfelstädt zwischen den Ortschaften Hohenkirchen und Schwabhausen ist mit der Verkarstung / Auslaugung der oberen Schichten des Mittleren Muschelkalks verbunden. Der Bereich der Versinkungsstelle zeigt das Verhalten eines typischen Karstsystems, das durch die Besonderheiten der Wasserführung in der vadosen (Endokarst) und phreatischen Zone (Grundwasserbasisabfluss) gekennzeichnet ist. Der Endokarst in der vadosen Zone beschreibt dabei Wasserwegsamkeiten, in denen das Wasser vorübergehend geführt wird, bevor es in die tiefere, vollständig wassergefüllte phreatische (gesättigte) Zone (Grundwasserbasisabfluss) eindringt.

Die in Abbildung 55 dargestellte Grundwasserganglinie der Messstelle Hy Swah 1/2000 zeigt typische Merkmale der Grundwasserdynamik im Endokarst, insbesondere den raschen Anstieg des Grundwasserspiegels, sobald Wasser in das System eintritt, und den raschen Abfluss, wenn der Zufluss endet. Im Gegensatz zu Grundwasserleitern in porösem oder klüftigem Gestein (wie Sandstein oder Basalt) hat der Endokarst nur eine sehr begrenzte Speicherkapazität. In den oft großen, aber eng zusammenhängenden Hohlräumen kann das Wasser nur für kurze Zeit gehalten werden. Aufgrund der offenen und durchlässigen Struktur des Karsts fließt das Wasser in der Regel schnell weiter, entweder gravitativ in die gesättigte Zone (phreatische Zone) oder aus dem System heraus. Das begrenzte Volumen und der schnelle Abfluss des Wassers verhindern eine langfristige Speicherung.

8. Anhang 1: Sonderbericht zum Ergebnis der erhöhten Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser in die Apfelstädt über einen zweimonatigen Zeitraum im Sommer 2024

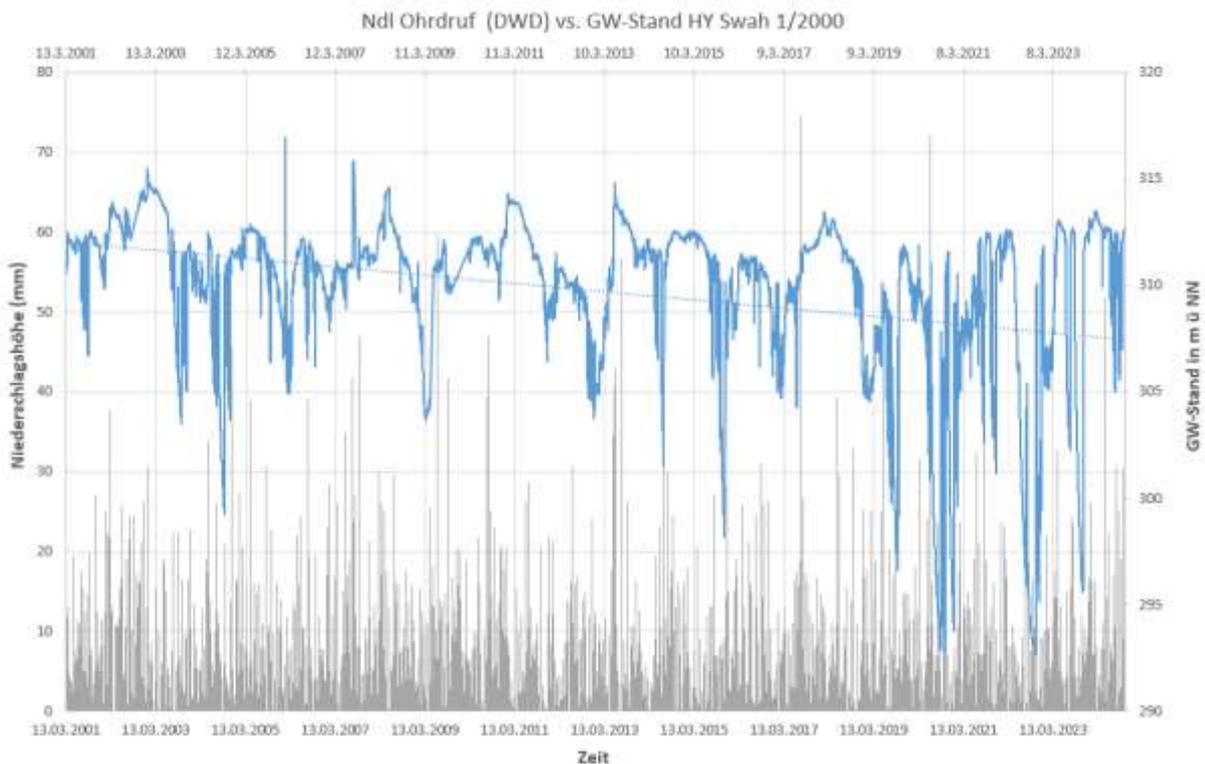


Abbildung 55: Vergleich Grundwasserspiegel Hy Swah 1/2000 vs. Niederschlagsstation Ohrdruf (DWD)

Abbildung 55 zeigt ein deutliches Absinken des Grundwasserspiegels um mehrere Meter in den letzten 20 Jahren. Dieser Rückgang ist auf den Rückgang des Grundwasserbasisabflusses zurückzuführen, der innerhalb des Karstsystems eine konstante Grundwasserströmung aufweist. Anhand der Verläufe der minimalen Grundwasserstände ist zu erkennen, dass bereits im Zeitraum von 2001 bis 2005 ein stärkeres Absinken des Grundwasserspiegels einsetzte. Der Zeitraum von 2005 bis 2018 ist durch eine leichte Erholungsphase und ein nur geringes Absinken der Grundwasserstände gekennzeichnet. Ab 2019 begann der Grundwasserstand weiter zu sinken. Dadurch vergrößerte sich die Fläche der temporären Wasserführung im Endokarst, was zu größeren und häufigeren Schwankungen des Grundwasserspiegels führte und in der Folge die Apfelstädt häufig austrocknete.

Der Rückgang des Grundwasserbasisabflusses kann durch verschiedene Faktoren verursacht sein, wie etwa klimatische Veränderungen, die zu weniger Niederschlag führen, oder anthropogene Einflüsse wie eine intensive Wasserentnahme.

Abbildung 56 vergleicht den Grundwasserstand Hy Swah 1/2000 mit den gemessenen Sommer- (orange) und Winter- (grün) niederschlägen (grün) der DWD-Niederschlagsstation in Ohrdruf. Demnach reagiert das Karstsystem empfindlich und sehr schnell auf Niederschläge. Die Verteilung der Niederschläge zeigt, dass sowohl Sommer- als auch Winter- niederschläge benötigt werden, um das empfindliche Karstsystem wieder aufzufüllen. Abbildung 56 zeigt, dass die Winter- niederschläge eine größere Auffüllungswirkung haben. Auswertungen der Jahresniederschläge und der saisonalen Niederschläge im Zeitraum von 1989 bis 2024 für die DWD-Stationen Ohrdruf und Tambach-Dietharz zeigen für diesen Zeitraum einen generellen Niederschlagsrückgang, wobei die Winter- niederschläge stärker zurückgehen.

8. Anhang 1: Sonderbericht zum Ergebnis der erhöhten Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser in die Apfelstädt über einen zweimonatigen Zeitraum im Sommer 2024

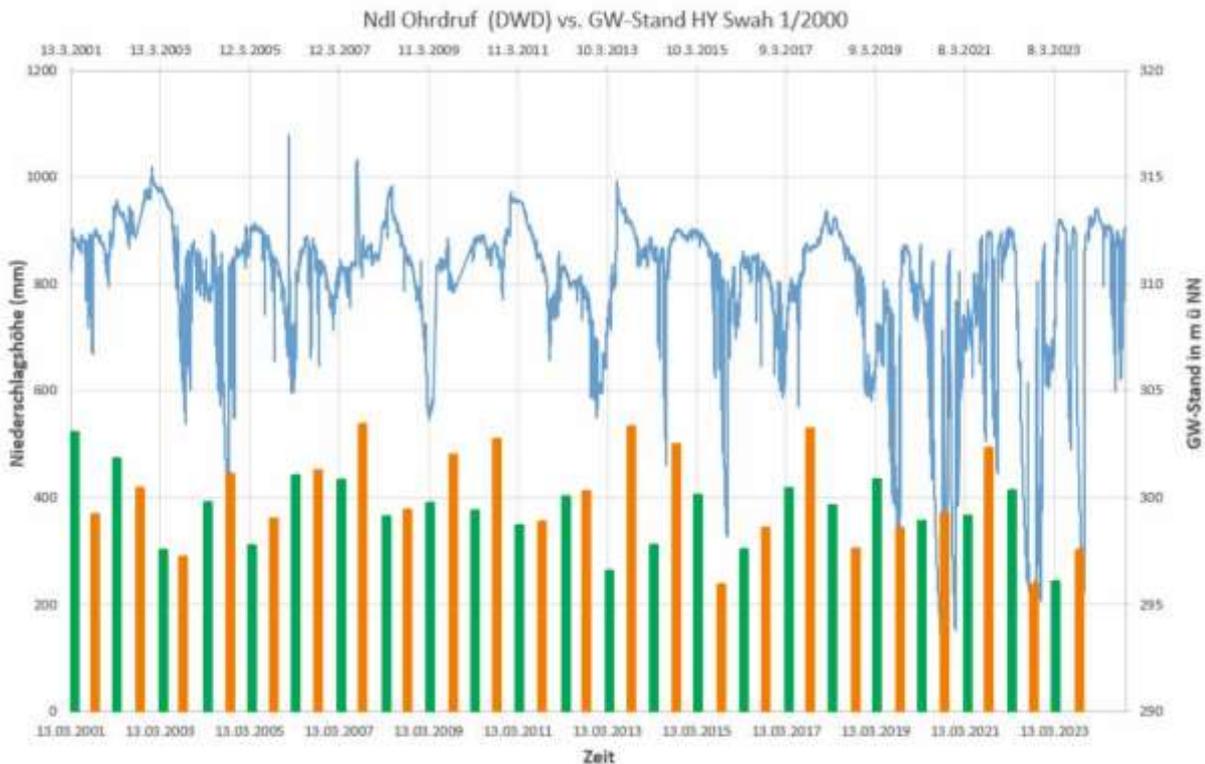


Abbildung 56: Vergleich Grundwasserspiegel Hy Swah 1/2000 vs. Sommer- (orange) und Winterniederschlägen (grün) der Niederschlagsstation Ohrdruf (DWD)

Im Zeitraum von 2001 bis 2005 begann der Grundwasserspiegel erst dann stärker zu sinken, als die Winterniederschläge 2002 /03 deutlich zurückgingen ($< 310 \text{ l/m}^2$). Die anschließenden, ebenfalls reduzierten Sommerniederschläge führten nicht zu einer Stabilisierung des Grundwassersystems, so dass die Grundwasserstände weiter absanken. Die Winterniederschläge 2003/04 führten zu einer Anreicherung des Grundwassersystems, wobei die Grundwasserstände von 2001 nicht wieder erreicht werden. Nach Angaben der TFW wurde in den Jahren 2001 bis 2005 Trinkwasser aus den Talsperren unter Einhaltung der Mindestabgabe an den Unterlauf gefördert.

Der Grundwasserspiegel im Zeitraum von 2006 bis 2018 zeigt bis 2014 eine leichte Erholungsphase. Der intensive und schnelle Anstieg und Fall des Grundwasserspiegels wird reduziert. Ab Ende 2014 beginnt eine Periode bis 2018, die durch einen deutlichen Rückgang der Winterniederschläge gekennzeichnet ist. Durch den zusätzlichen Mangel an Sommerniederschlägen in den Jahren 2016 und 2017 kann sich das Karstsystem in den Sommermonaten nicht mehr selbst puffern. Als Reaktion darauf setzte das intensive und schnelle Ansteigen und Abfallen des Grundwasserspiegels im Grundwasserleiter wieder ein. Nach Angaben des TFW wurden die Ausläufe der Talsperren Schmalwasser und Tambach-Dietharz zwischen 2006 und 2018 nicht zu Versorgungszwecken, sondern zur Energieerzeugung genutzt, mit entsprechend deutlich höheren Abflüssen in den Unterlauf als der Mindestabfluss zur optimalen Ausnutzung der Leistungsfähigkeit der Wasserkraftwerke.

Der Zeitraum von 2018 bis 2023 ist durch geringe Winter- und Sommerniederschläge gekennzeichnet, wodurch sich das Karstsystem nicht regenerieren kann, was mit einer Zunahme des Anstiegs und des Falls des Grundwasserspiegels einhergeht. Laut TFW lag der Fokus ab 2019 auf der Energierückgewinnung in Form der Westringkaskade (WRK), allerdings unter Einhaltung der Mindestabflüsse am Unterlauf. „Die Inbetriebnahme der WRK erfolgte im Juni 2020. In 2019 wurde in Vorbereitung der Inbetriebnahme der WRK der Einstau der TS Schmalwasser optimiert und die Talsperrenabgaben an den Unterlauf auf die Mindestabgabe reduziert.“ Durch den Rückgang der Zuflüsse in das Karstsystem in Form von Niederschlag und Oberflächenwasser sank der Grundwasserbasisabfluss weiter und das rasche Ansteigen und Absinken des Grundwasserspiegels verstärkte sich deutlich.

8. Anhang 1: Sonderbericht zum Ergebnis der erhöhten Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser in die Apfelstädt über einen zweimonatigen Zeitraum im Sommer 2024

8.4 Auswertung der zweimonatigen Aufhöhung durch TFW

Abbildung 57 zeigt den Zeitraum einen Monat vor der zweimonatigen zusätzlichen Aufhöhung durch die TFW bis zur Beendigung der Aufhöhung. Die Aufhöhung begann Ende Juli 2024 und endete Ende September 2024. Der Zeitraum vor dem zweimonatigen Anstieg zeigt, dass die Niederschläge zu einem kurzfristigen und raschen Anstieg der Grundwasserstände führen, die Grundwasserstände dann aber ohne Verzögerung direkt abfließen (sinken), was eine langfristige Grundwasserspeicherung oder einen Anstieg der Grundwasserstände verhindert. Ein ähnliches Verhalten zwischen den Niederschlagsereignissen und dem Grundwasserspiegel ist während der Aufhöhungsperiode zu beobachten. Im Gegensatz zum Vormonat gibt es jedoch Anzeichen für eine Erholung (Anstieg) des Grundwasserbasisabflusses während der Aufhöhungsperiode. Die fallenden Grundwasserstände (z.B. Hy Swah 1/2000 und Hy Oh 1/1992) erreichen trotz der fehlenden Niederschläge nicht mehr die niedrigen Grundwasserstände von Anfang bis Mitte Juli 2024.

Es gibt Hinweise darauf, dass die Aufhöhung eine Speisung des Grundwassers ermöglicht, so dass im Untersuchungsgebiet Ende August ein längerer Zeitraum der Grundwasserhaltung zu beobachten ist. Für verlässlichere Aussagen ist der Zeitraum der Anreicherung zu kurz.

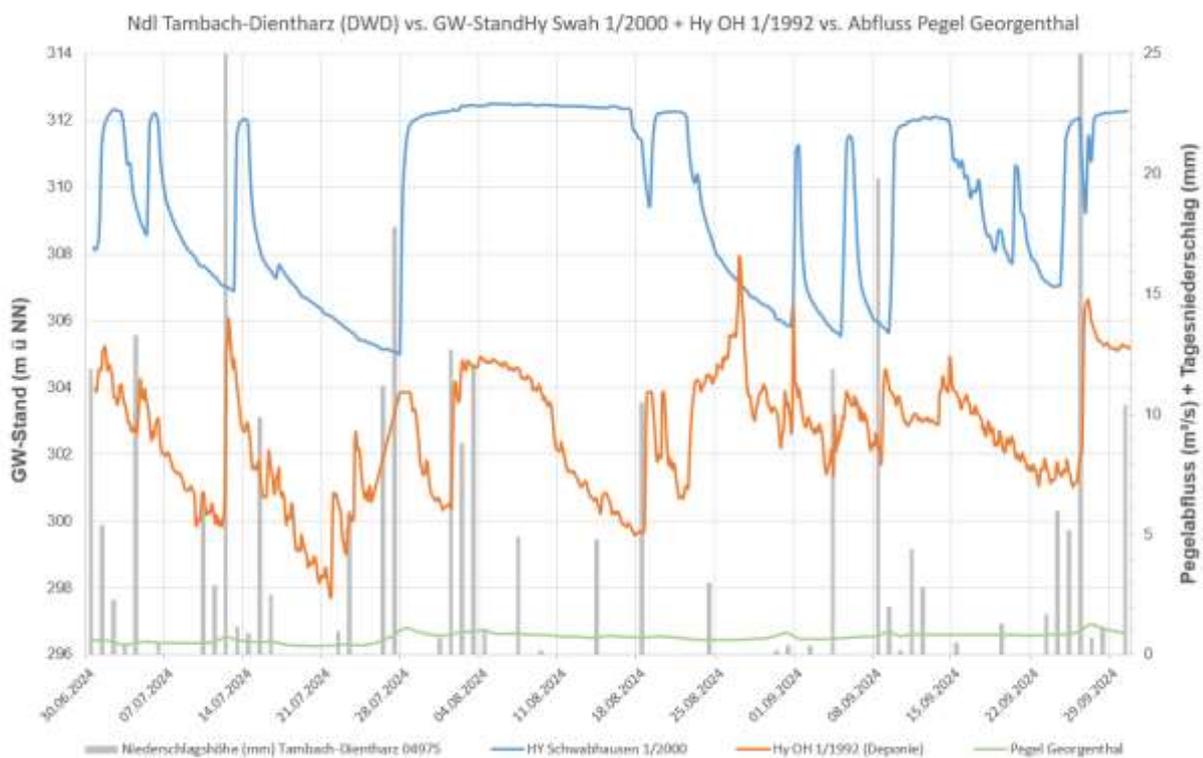


Abbildung 57: Vergleich der Reaktion der Grundwasserspiegel Hy Swah 1/2000 und Hy Oh 1/1992 auf Niederschlagsereignisse der Niederschlagsstation Tambach-Dietharz (DWD) auf die Sonderabgabe am Pegel Georgenthal

8.5 Fazit

Die über zwei Monate anhaltende Erhöhung der Talsperrenabgabe von ca. 0,4 auf 0,6 bis 0,7 m³/s konnte am Pegel Georgenthal deutlich in der Abflussganglinie nachvollzogen werden. Im weiteren Verlauf der Apfelstädt ist dieser Einfluss allerdings nicht mehr zu erkennen. Dies deutet darauf hin, dass ein Großteil des Abflusses in den Untergrund versickert und daher im Unterlauf der Apfelstädt nicht abflusswirksam wurde.

8. Anhang 1: Sonderbericht zum Ergebnis der erhöhten Abgabe aus den Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser in die Apfelstädt über einen zweimonatigen Zeitraum im Sommer 2024

Die vorliegende Grundwasserdynamik zeigt ein Verhalten eines typischen Karstsystems, mit raschem Anstieg und Abfall des Grundwasserspiegels sowie eines geringen Retentionsvermögens im Bereich des Endokarst. Sowohl Sommer- als auch Winterniederschläge werden benötigt, um das empfindliche Karstsystem wieder aufzufüllen. Das deutliche Absinken des Grundwasserspiegels um mehrere Meter in den letzten 20 Jahren ist auf den Rückgang des Grundwasserbasisabflusses zurückzuführen, der innerhalb des Karstsystems eine konstante Grundwasserführung aufweist. Die Auswertungen zeigen, dass die Grundwasserspiegelschwankungen mit Ausbleiben der Winterniederschläge deutlich zunehmen.

Im Zeitraum der zweimonatigen Aufhöhung führen die Niederschlagsereignisse zu den typischen kurzfristigen und raschen Anstiegseffekten der Grundwasserstände. Danach setzt direkt ohne Verzögerung ein Absinken des Grundwasserspiegels ein. Es zeigt sich, dass die zweimonatige Aufhöhung zu keiner intensiven Erhöhung des Grundwasserspiegels geführt hat. Trotzdem ist im Zeitraum der Aufhöhung eine leichte Erholungsphase des Grundwasserspiegels zu erkennen, die niedrigen Grundwasserstände von Anfang bis Mitte Juli 2024 werden nicht mehr erreicht, wobei nicht klar zwischen dem Einfluss der Niederschläge und dem versinkenden Oberflächenwasser unterschieden werden kann.

Der Einfluss von einzelnen Niederschlagsereignissen wird in den Messwerten sehr viel deutlicher sichtbar als der Einfluss der Aufhöhung.

Herausgeber:

Thüringer Landesamt für Umwelt,
Bergbau und Naturschutz
Göschwitzer Straße 41
07745 Jena

presse@tlubn.thueringen.de
www.tlubn.thueringen.de

Impressum:

Redaktion: Abteilung 4, 7 und 8
Redaktionsschluss: 28.03.2025