

Gewässerökologisches Gutachten

ANHANG 6

Modellierung der maximalen Wassertemperatur der Alz

Methodik der Modellierung der maximalen Wassertemperatur der Alz unter verschiedenen Abflussszenarios

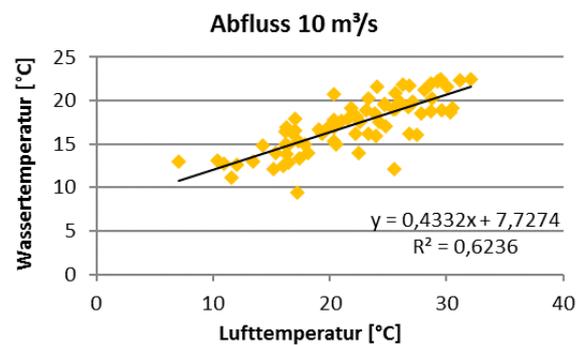
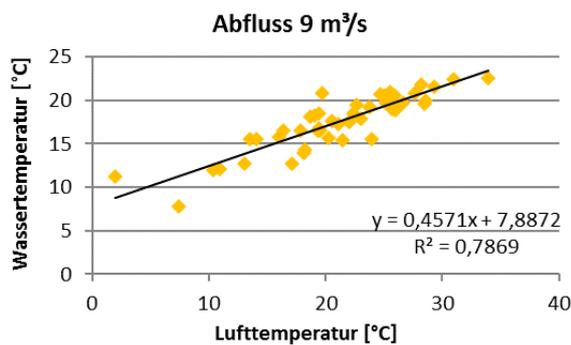
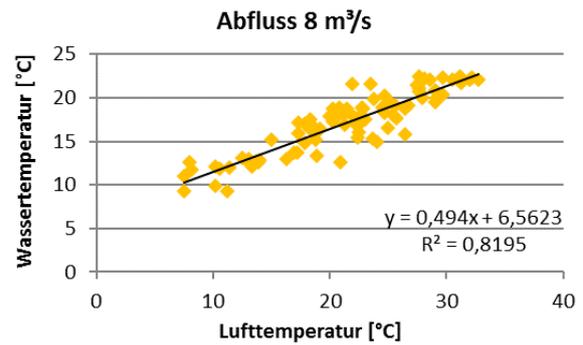
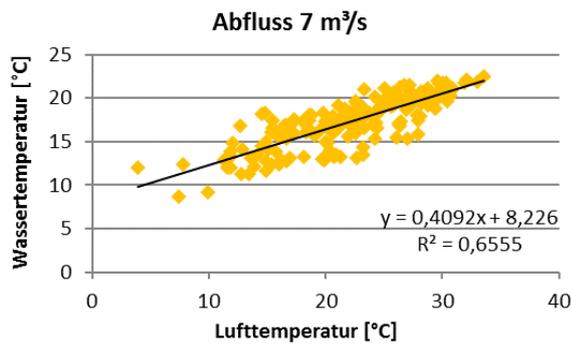
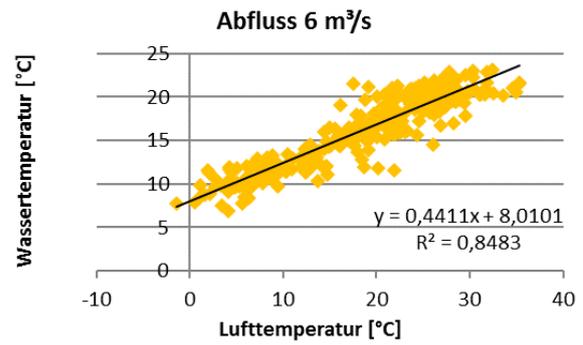
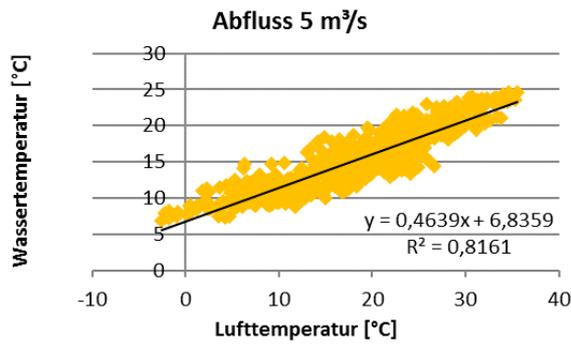
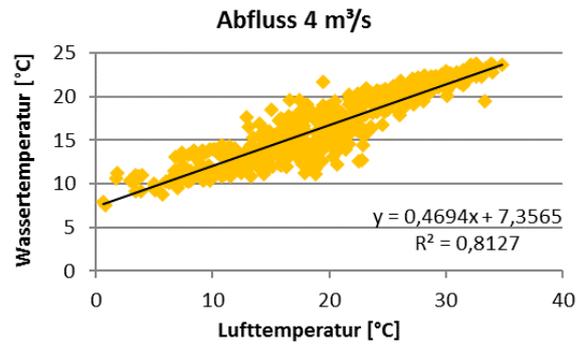
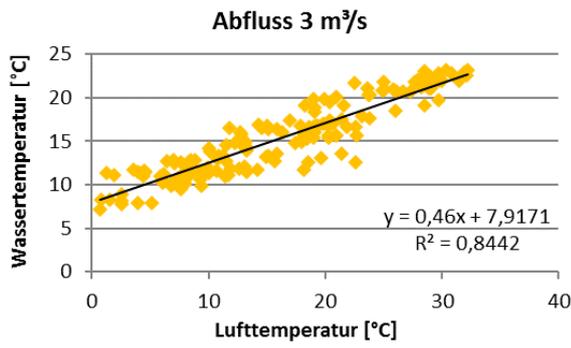
Die Modellierung der Auswirkungen möglicher künftiger Restwassermengen auf die maximale Wassertemperatur der Alz basieren auf Auswertungen des seitens des AG zur Verfügung gestellten Datensatzes und umfasst die Messreihen unter realen Bedingungen zwischen 01.01.2008 und 31.08.2018¹. Als Basis der Analysen diente hierbei die im Entnahmebauwerk des CPG gemessene Vorlaufemperatur der Alz sowie die durch den amtlichen Pegel Burgkirchen gemessenen und seitens des AG qualitätsgesicherten Abflussdaten unmittelbar vor dem Chemiepark Gendorf. In einem ersten Schritt erfolgte die Berechnung des mittleren, täglichen Abflusses (gerundet auf 1 m³/s) sowie die Ermittlung der täglichen, maximalen Vorlaufemperatur der Alz. Da die Temperatur eines Oberflächengewässers, neben anderer Faktoren wie Beschattung, Meereshöhe, Sonneneinstrahlung und Windbeeinflussung, maßgeblich von der Lufttemperatur abhängt (LfULG Sachsen 2011), wurden die täglichen, maximalen Lufttemperatur der nächst gelegenen Wetterstation (Mühdorf) über das Portal www.wetterkontor.de abgerufen und dem Datensatz hinzugefügt. Anschließend erfolgte eine, gemäß OGewV Trennung der Datensätze in Winter- (Dezember bis März) und Sommermonate (April bis November), um die Auswirkungen verschiedener Abflussszenarios auf die maximale Sommer- und Wintertemperatur abschätzen zu können.

Um den Zusammenhang der Luft- und Wassertemperatur in Abhängigkeit des Abflussgeschehens darzustellen, erfolgte eine lineare Regressionsanalyse der maximalen, täglichen Wassertemperatur, in Abhängigkeit der täglichen, maximalen Lufttemperatur je Abflusssituation. Aufgrund der umfangreichen Datengrundlage erfolgte die lineare Regressionsanalyse bei Abflüssen zwischen 3 und 12 m³/s für jede Abflusssituation gesondert. Um bei größeren, gemessenen Abflussmengen eine ausreichende Datengrundlage zu erreichen, erfolgte die Auswertung der Abflusssituation über 12 m³/s in Gruppen von 13-15 m³/s, 16-20 m³/s, 21-30 m³/s und 31-100 m³/s. Die wenigen Hochwasserereignisse mit täglichen, mittleren Abflüssen von mehr als 100 m³/s wurden in der nachfolgenden Modellierung nicht berücksichtigt.

Lineare Regressionsmodelle je Abflusssituation - Sommer

Nachfolgend sind alle für die Modellierung als Datengrundlage berechneten linearen Regressionsmodelle für die Sommermonate nach OGewV (April bis November) aufgeführt (Abb. 1).

¹ Aufgrund der späten Datennachlieferung der Temperatur- und Abflussverhältnisse von September und Dezember 2018 erfolgte die Modellierung der maximalen Wassertemperaturen mit den ursprünglich vom AG zur Verfügung gestellten Daten von 01. Januar 2008 bis 31.08.2018.



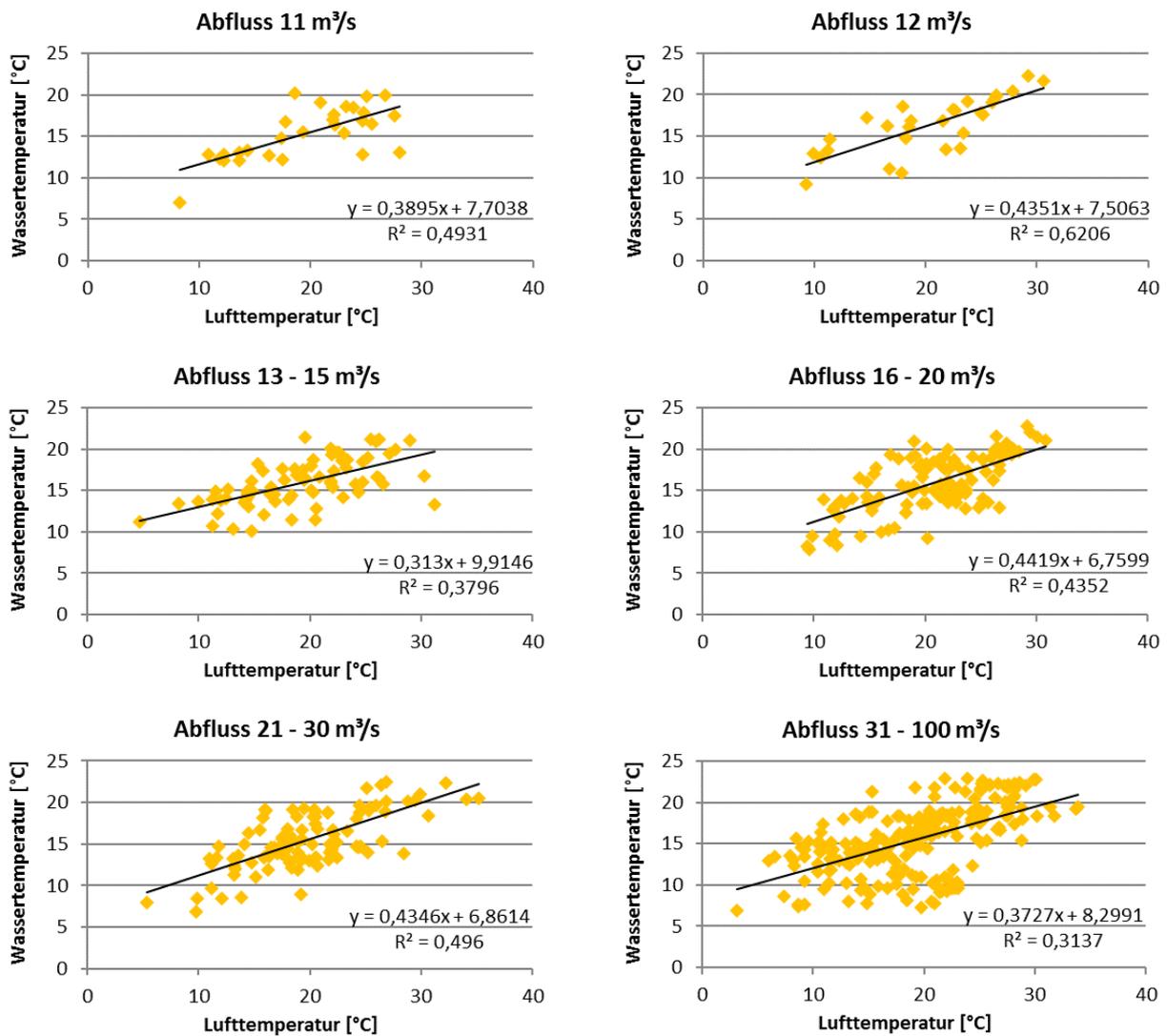
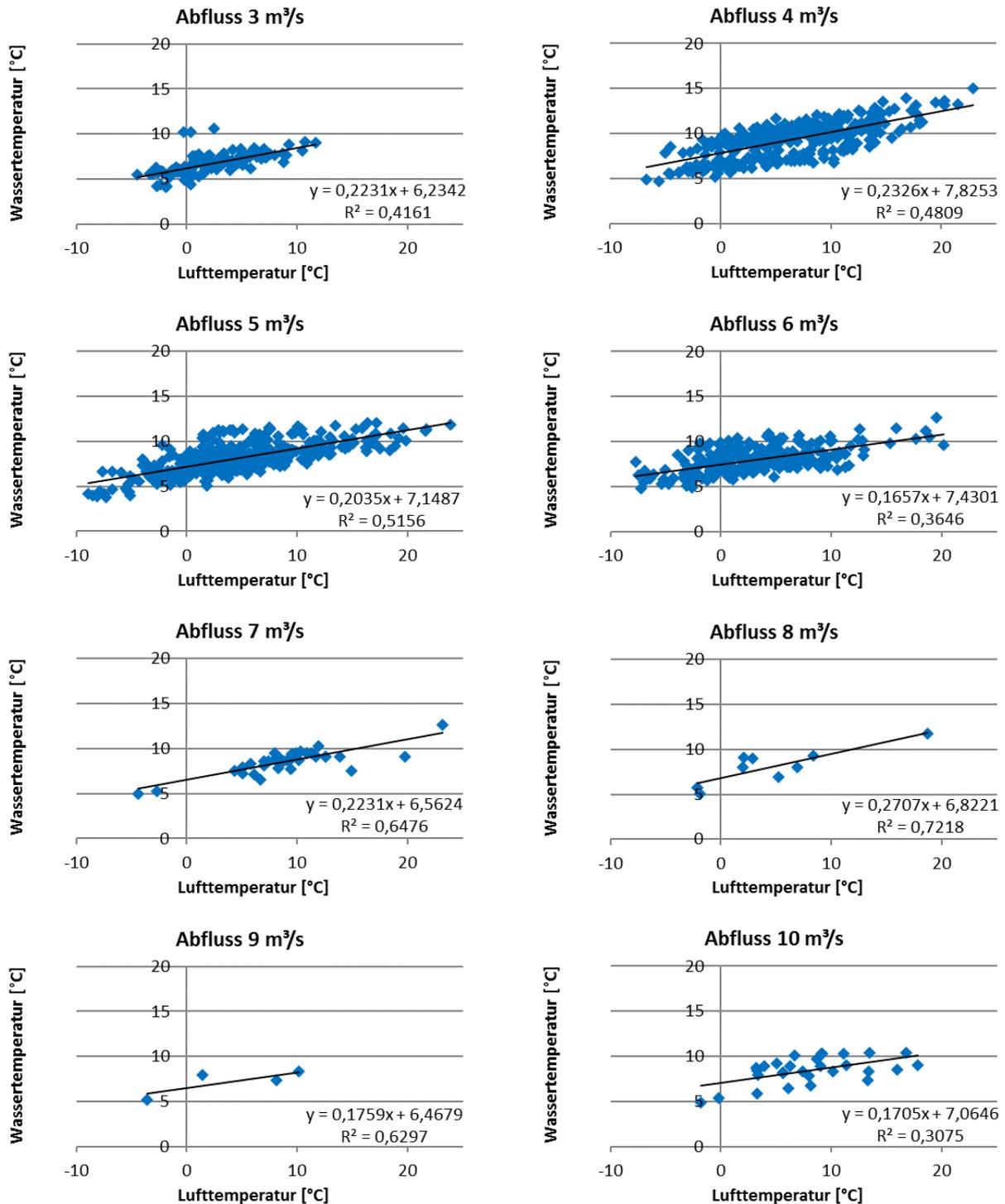


Abb. 1: Lineare Regressionen der täglichen, maximalen Lufttemperatur (x-Achse) und maximalen, täglichen Wassertemperatur (y-Achse) zu unterschiedlichen Abflusssituationen in den Sommermonaten. In den jeweiligen Graphiken ist die Regressionsgerade, sowie das Bestimmtheitsmaß (R^2) angegeben.

Lineare Regressionsmodelle je Abflusssituation - Winter

Nachfolgend sind alle für die Modellierung als Datengrundlage berechneten linearen Regressionsmodelle für die Wintermonate nach OGeWV (Dezember bis März) aufgeführt (Abb. 2).



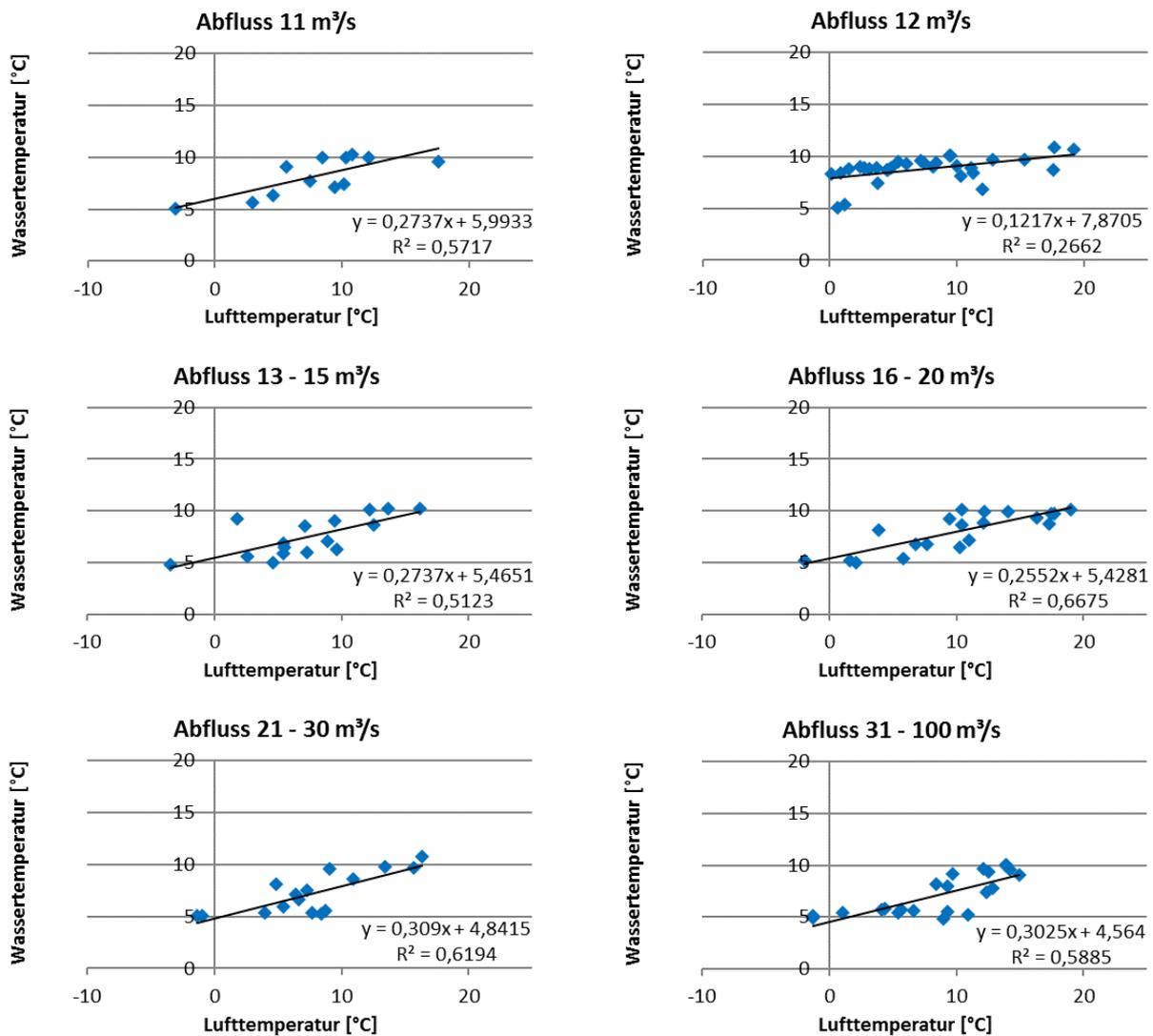


Abb. 2: Lineare Regressionen der täglichen, maximalen Lufttemperatur (x-Achse) und maximalen, täglichen Wassertemperatur (y-Achse) zu unterschiedlichen Abflusssituationen in den Sommermonaten. In den jeweiligen Graphiken ist die Regressionsgerade, sowie das Bestimmtheitsmaß (R^2) angegeben.

Den einzelnen Regressionsanalysen aus Abb. 1 und Abb. 2 kann zunächst der selbe Trend, einer zunehmenden Wassertemperatur, mit zunehmender Lufttemperatur, sowohl im Sommer, als auch im Winter entnommen werden. Wie aus den einzelnen Geradengleichungen der linearen Regressionen ersichtlich, gibt es jedoch Unterschiede in der Geradensteigung. Die Steigung erlaubt eine Abschätzung des Zusammenhanges der beiden einbezogenen Variablen. Für den Abfluss von $3 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Sommermonaten (Abb. 1, linke obere Grafik) hat die Regressionsgerade eine Steigung von 0,46. Das bedeutet, dass bei dieser Abflusssituation die Zunahme der maximalen, täglichen Lufttemperatur um 1 K, eine Zunahme der maximalen Wassertemperatur um 0,46 K bedingt. Um einen Zusammenhang zwischen den einzelnen in Abb. 1 und Abb. 2 dargestellten Abflusssituationen und deren Auswirkungen auf die maximalen Wassertemperatur im Zusammenspiel mit der Lufttemperatur zu erhalten, erfolgt in einem zweiten Analyseschritt die Modellierung der maximalen Wassertemperatur unter Berücksichtigung der verschiedenen Abflussbedingungen.

Als Basis für die Modellierung werden mit Hilfe der in Abb. 1 und Abb. 2 gezeigten Geradengleichung Wassertemperaturen unter Vorgaben bestimmter Lufttemperaturen berechnet. Für die Sommer- und Wintermonate werden hierfür jeweils drei Lufttemperaturszenarien berücksichtigt (Tab. 1).

Tab. 1: Für die Modellierung der maximalen Wassertemperatur herangezogenen Lufttemperaturen der drei Berechnungsszenarios für die Sommer- (S1 bis S3) und Wintermonate (W1 bis W3) sowie die Steigung der linearen Regressionsgerade der Modellierungen der maximalen Wassertemperaturen der Alz

Szenario		Lufttemperatur (°C)	Steigung der linearen Regressionsgeraden
Sommer	S1	25	-0,0243
	S2	30	-0,0307
	S3	35	-0,0372
Winter	W1	-5	-0,0552
	W2	0	-0,0462
	W3	5	-0,0372

Unter Berücksichtigung der drei Lufttemperaturszenarien wurden so für jede Abflusskategorie die hypothetischen täglichen, maximalen Lufttemperatur mittels jeweiliger linearer Geradengleichungen (vgl. Abb. 1, Abb. 2) getrennt für Sommer- und Wintermonate berechnet (Tab. 2).

Tab. 2: Berechnungsszenarios der maximalen Wassertemperatur in den Sommer- und Wintermonaten, basierend auf den Geradengleichungen der in Abb. 1 und Abb. 2 gezeigten linearen Regressionen

Gemessene Abflüsse (m³/s)	Gemittelte Abflüsse für Darstellung (m³/s)	Berechnungsszenarien - Sommer			Berechnungsszenarien - Winter		
		S1 (25 °C)	S2 (30 °C)	S3 (35 °C)	W1 (-5 °C)	W2 (0 °C)	W3 (5 °C)
3	3	19,42	21,72	24,02	5,12	6,23	7,35
4	4	19,09	21,44	23,79	6,66	7,83	8,99
5	5	18,43	20,75	23,07	6,13	7,15	8,17
6	6	19,04	21,24	23,45	6,60	7,43	8,26
7	7	18,46	20,50	22,55	5,45	6,56	7,68
8	8	18,91	21,38	23,85	5,47	6,82	8,18
9	9	19,31	21,60	23,89	5,59	6,47	7,35
10	10	18,56	20,72	22,89	6,21	7,06	7,92
11	11	17,44	19,39	21,34	4,62	5,99	7,36
12	12	18,38	20,56	22,73	7,26	7,87	8,48
13 - 15	14	17,74	19,30	20,87	4,10	5,47	6,83
16 - 20	18	17,81	20,02	22,23	4,15	5,43	6,70
21 - 30	25	17,73	19,90	22,07	3,30	4,84	6,39
31 - 100	65,2	17,62	19,48	21,34	3,05	4,56	6,08

Im nächsten Schritt erfolgten zur Abschätzung des Einflusses des Abflussgeschehens auf den Wirkzusammenhang Luft- und Wassertemperatur weitere lineare Regressionsanalysen, welche die in Tab. 2 gezeigten maximalen Wassertemperaturen der jeweiligen Berechnungsszenarien gegen den gemittelten Abfluss getrennt für Sommer (Abb. 3) und Winter (Abb. 4) auftragen. Die dabei erhaltenen Gleichungen, bzw. Geradensteigungen der linearen Regressionsgeraden erlauben nun

die Abschätzung des Einflusses des Abflusses auf die zu erwartenden, täglichen Wassertemperaturen der Alz (Tab. 1, Abb. 3, Abb. 4).

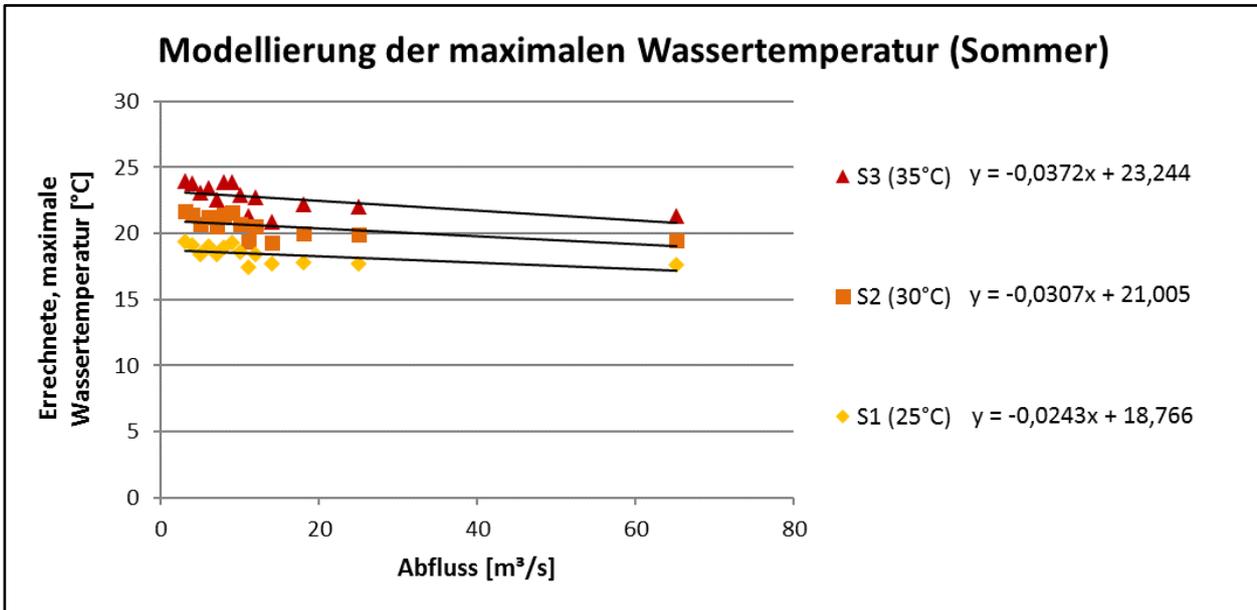


Abb. 3: Modellierung der maximalen Wassertemperaturen der Alz in den Sommermonaten unter Berücksichtigung von drei Lufttemperaturszenarien (S1 bis S3)

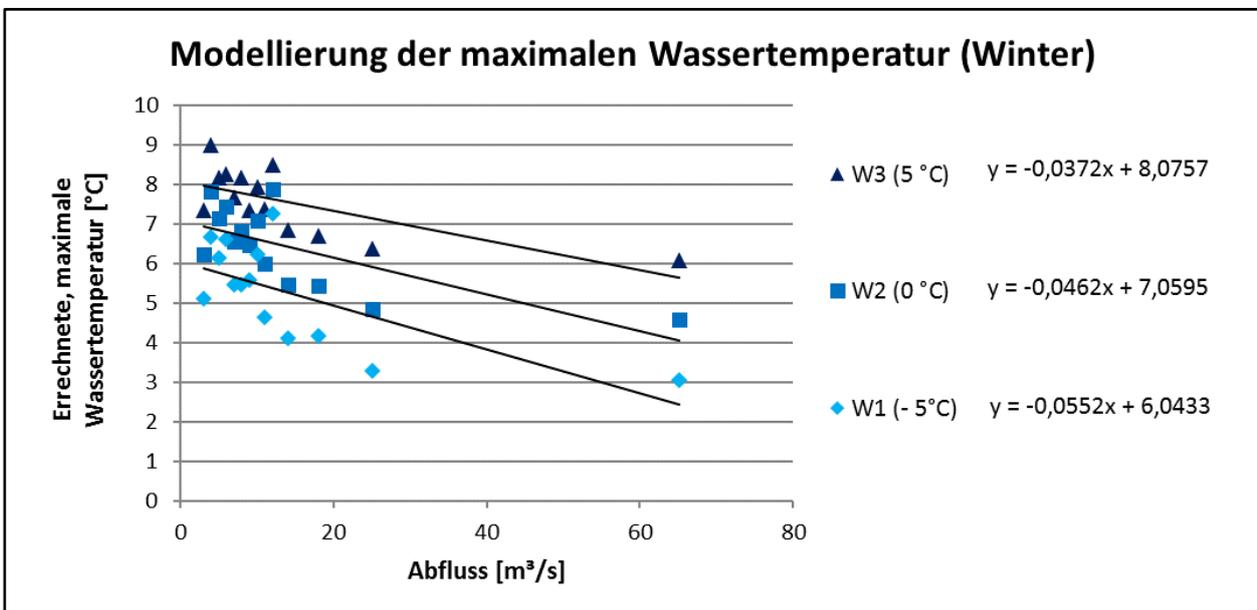


Abb. 4: Modellierung der maximalen Wassertemperaturen der Alz in den Wintermonaten unter Berücksichtigung von drei Lufttemperaturszenarien (W1 bis W3)

Wie aus Tab. 1 ersichtlich, hat die Abflusssituation bei den beiden extremsten Lufttemperaturereignissen S3 (35 °C) im Sommer bzw. W1 (-5 °C) im Winter die höchste Einflussnahme auf die zu erwartende maximale Wassertemperatur der Alz. Unter der Annahme

einer Lufttemperatur von 35 °C im Sommer würde jeder zusätzliche Kubikmeter pro Sekunde Abfluss, im Vergleich zur jetzigen Restwasserregelung, im Alz Mutterbett eine Reduktion der maximalen Wassertemperatur von ca. 0,037 K bedeuten. In den Wintermonaten, bei einer angenommenen Tiefsttemperatur von -5 °C, würde jeder zusätzliche Kubikmeter pro Sekunde Abfluss, im Vergleich zur jetzigen Restwasserregelung, eine Temperaturreduktion von ca. 0,055 K bedeuten. Bei den jeweils beiden anderen Temperaturszenarien (S1, S2 im Sommer und W2, W3 im Winter) kommt es erwartungsgemäß zu einer etwas geringeren Reduktion der zu erwartenden, maximalen Wassertemperatur ausgedrückt durch geringfügig weniger negative Geradensteigungen (vgl. Tab. 1).

Der so ermittelte „Abkühleffekt“ eines jeden zusätzlichen Kubikmeter Abfluss pro Sekunde, im Vergleich zur aktuell gültigen Restwasserregelung, kann nun in einem Prognoseverfahren für die bereits bei der Modellierung der Aufwärmspanne herangezogenen Abflussszenarien von 5 m³/s bis 12 m³/s (QM_{mod5} bis QM_{mod12}, siehe GÖG) berechnet werden. Die dabei ermittelten Werte geben einen Anhaltspunkt über die zu erwartende Abkühlung der Vorlauftemperatur des CPG durch eine mögliche Erhöhung der Restwassermenge am Wehr Hirten nach Ablauf des alten Restwasserbescheids im Jahr 2032. Wie aus Tab. 3 ersichtlich sind die höchsten Temperaturreduktionen bei den höchsten, modellierten Abflüssen zu erwarten. Geht man im Sommer von einer maximalen Lufttemperatur von 35 °C aus, so reduziert sich die maximale Alztemperatur bei einem Abfluss von 12 m³/s um ca. 0,45 K (Tab. 3). Bei Lufttemperaturen von 25 °C ergibt sich immerhin eine Temperaturreduktion um ca. 0,29 K. Bei winterlichen Tiefsttemperaturen von -5 °C und einem Abfluss von 12 m³/s wäre mit einem Temperaturrückgang von ca. 0,66 K zu rechnen. Bei milden 5 °C Lufttemperatur reduziert sich die Maximaltemperatur der Alz bei einem Abfluss von 12 m³/s um ca. 0,45 K (Tab. 3). Selbst bei einem Mindestrestwasser von 8 m³/s reduziert sich die Alztemperatur bei sehr kalten Lufttemperaturen von -5 °C um ca. 0,28 K. Bei Lufttemperaturen von 5 °C wäre mit einer Wassertemperaturreduktion von ca. 0,19 K zu rechnen (Tab. 3).

Tab. 3: Abnahme der maximalen Wassertemperaturen unter den bei der Aufwärmspanne definierten, potentiellen Abflussszenarien (QM_{mod5} bis QM_{mod12}) ausgehend von den in Tab. 1 genannten Geradensteigungen (QM = Mindestwasserabfluss)

Szenario	Lufttemperatur (°C)	Abnahme der maximalen Wassertemperatur [K] bei modellierten Abflussszenarien					
		QM _{mod5}	QM _{mod6}	QM _{mod8}	QM _{mod10}	QM _{mod12}	
Sommer	S1	25	-0,05	-0,07	-0,12	-0,24	-0,29
	S2	30	-0,06	-0,09	-0,15	-0,31	-0,37
	S3	35	-0,07	-0,11	-0,19	-0,37	-0,45
Winter	W1	-5	-0,11	-0,17	-0,28	-0,55	-0,66
	W2	0	-0,09	-0,14	-0,23	-0,46	-0,55
	W3	5	-0,07	-0,11	-0,19	-0,37	-0,45

Literatur

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen (2011): Klimawandel und Wasserwirtschaft – Auswertung und Darstellung der Zusammenhänge zwischen Klima- und Wassertemperaturdaten, Heft 40/2011, 1. Ausgabe