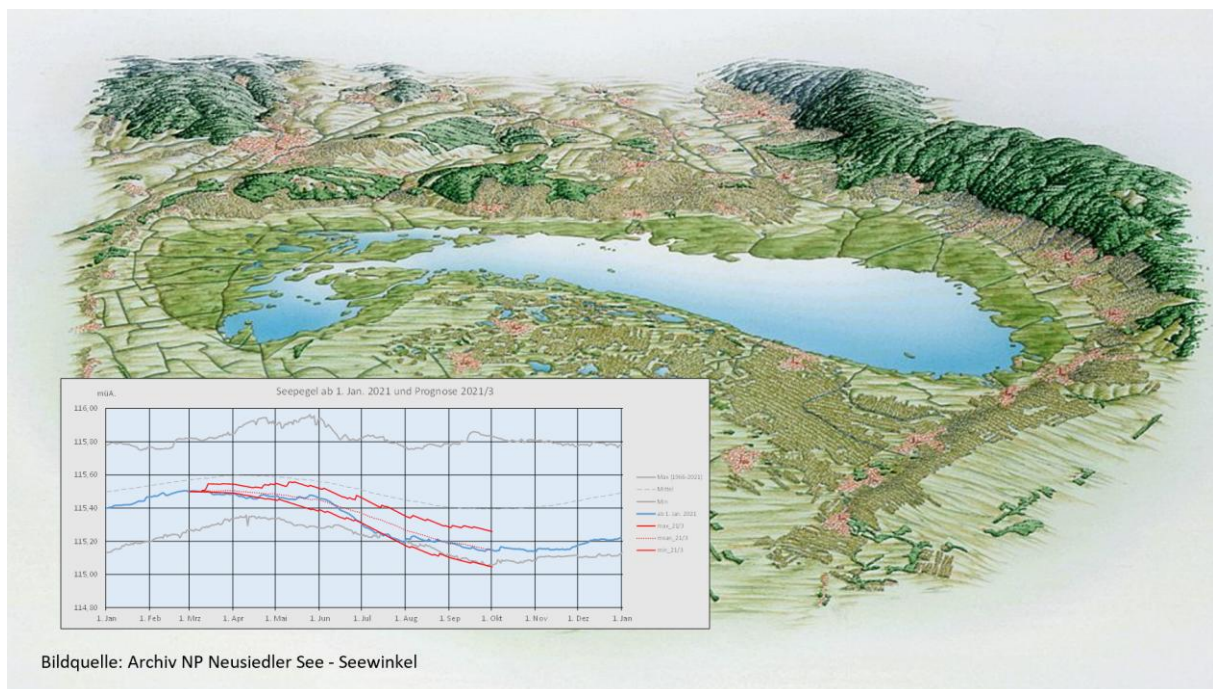


Neusiedler See

Evaluierung der saisonalen Pegelprognosen 2021-2025

BERICHT



Im Auftrag der Burgenländischen Landesregierung
Zahl: 2025-000.763-2/3
OE: PT-HBD

1 Allgemeines

Pegelprognosen für den Neusiedler See auf Basis einer Kombination von saisonalen ECMWF Niederschlagsprognosen mit langjährigen hydrologischen Daten des Sees starteten 2018. Im Jahr 2021 wurde die Berechnung unter Verwendung von anfangs (2018) 16 Niederschlagsensembles auf alle verfügbaren 51 Ensembles erweitert.

Die Evaluierung der saisonalen Pegelprognosen startet mit Jänner 2021 und endet Dezember 2025. Sie umfasst Gegenüberstellungen von prognostizierten mit gemessenen Niederschlägen, prognostizierten und gemessenen Pegelständen und überprüft die hydrologischen Modellannahmen.

2 Methodik der saisonalen Pegelprognosen

Die saisonalen ECMWF Niederschlagsprognosen sind eine wesentliche Grundlage zur Erstellung der saisonalen Pegelprognosen. Sie stehen monatlich zu Verfügung und enthalten 51 Niederschlags Ensembles mit täglichen Niederschlagssummen für einen Zeitraum von 215 Tagen. Damit sind jedenfalls 7 Prognosemonate abgedeckt.

Aus den 51 Ensembles werden die minimalen, mittleren, maximalen sowie 5% und 95% Quantil Werte ermittelt, mit hydrologischen Daten verknüpft und monatlich zu saisonalen Pegelprognosen verarbeitet.

3 Evaluierung der ECMWF Niederschlagsprognosen

Die Güte der Niederschlags Prognosedaten wird anhand eines Vergleichs der Prognosewerte mit gemessenen Niederschlagsdaten evaluiert. Dazu stehen tägliche Niederschlagsdaten aus den jährlichen Neusiedler See Wasserbilanzen 2021 bis 2024 zur Verfügung. Für 1. Jänner bis 31. Dezember 2025 wurden - analog zu den Messtellen der Wasserbilanzen - tägliche INCA-Niederschlagswerte der GeoSphere Austria nach der Thyssen Methode ausgewertet und verwendet. Abbildung 1 zeigt den Vergleich von gemessener zu prognostizierter Niederschlagssumme am Ende des Prognosezeitraums von 215 Tagen.

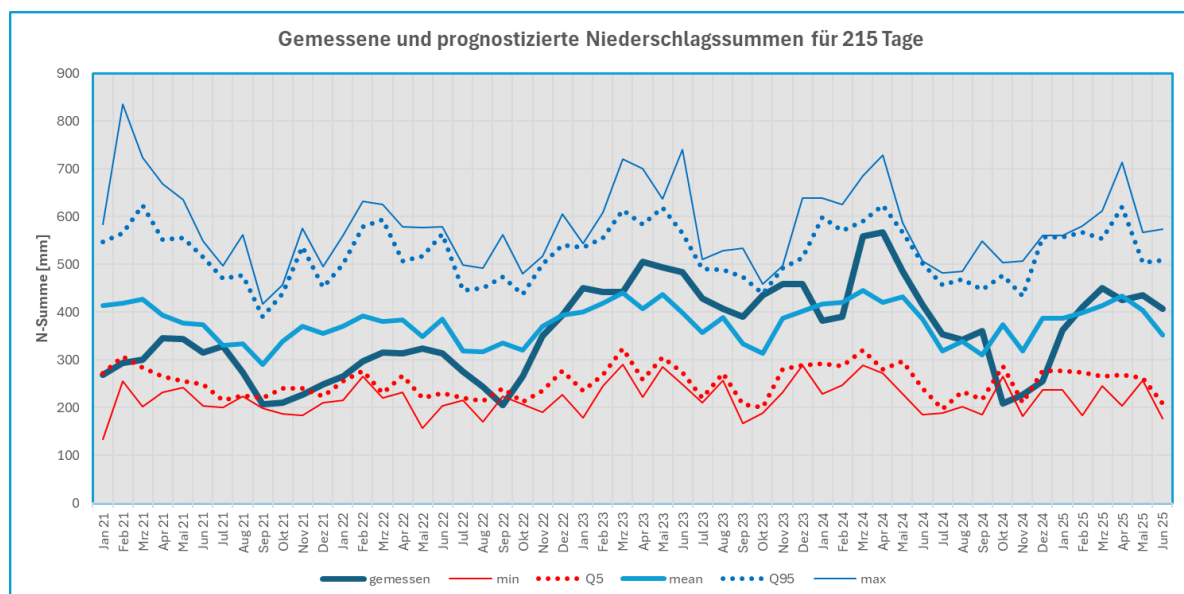


Abbildung 1: Gemessene und prognostizierte Niederschlagssummen zu Prognoseende

Sämtliche Verläufe der gemessenen und prognostizierten Niederschlagssummen sind auf Tagesbasis in Kapitel 7 dargestellt. Beispielhaft werden in der folgenden Abbildung 2 Niederschlagsverläufe von 215 Tagen ab Dezember 2024 und Jänner 2025 gezeigt.

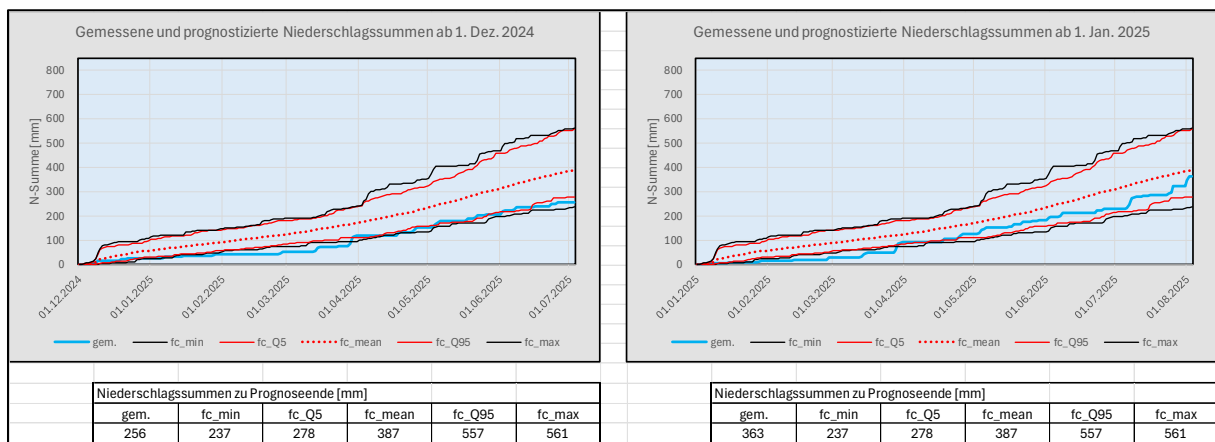


Abbildung 2: Verlauf von prognostizierten und gemessenen Niederschlagssummen

Am Beispiel der Prognose vom 1. Jänner 2025 werden die im obigen rechten Diagramm dargestellten Werte erklärt:

Die Niederschlagssummen ab dem 1. Jänner 2025 bis zum 215. Prognostetag, 3. August 2025, betragen:

Gemessen	„gem“	363 mm			
aus 51 Ensemblewerten:					
Minimum	„fc_min“	237 mm	5 % Quantil	„fc_Q5“	278 mm
Mittelwert	„fc_mean“	387 mm	95 % Quantil	„fc_Q95“	557 mm
Maximum	„fc_max“	561 mm			

Eine Auswertung der Differenzen zwischen gemessenen und prognostizierten mittleren Niederschlagssummen zu Prognoseende zeigt Abbildung 3.

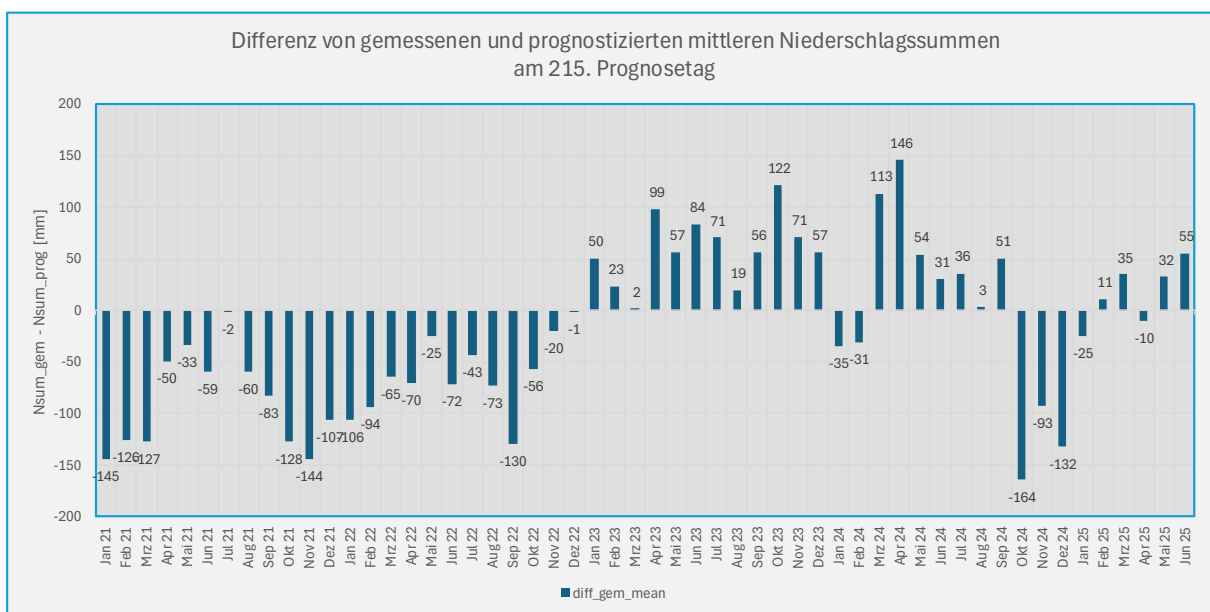


Abbildung 3: Differenz der gemessenen zur mittleren prognostizierten Niederschlagssumme

Abbildung 3 zeigt, dass im Zeitraum Jänner 2021 – November 2022 die mittleren prognostizierten Niederschlagssummen durchwegs um 1-145 mm höher liegen als die gemessenen. Der darauffolgende Zeitraum bis Mai 2025 zeigt ein variables Bild der Differenzen.

Bei der Betrachtung der mittleren Prognosegüte mit Startdatum bestimmter Monate in der Tabelle 1 zeigt sich in den Jahren 2021-2024 die vergleichsweise hohe Übereinstimmung bei den Monaten Mai bis August, die in Tabelle 1 dunkelgrün dargestellt sind. Die mittleren Prognoseabweichungen der Monate Jänner bis Juni 2025 in Folge zeigen schon eine hervorragende Güte mit Werten von 10 - 55 mm.

Tabelle 1: Mittlere Abweichungsbeträge am Ende des Prognosezeitraums

Mittelwert des Differenzbetrags der mittleren Niederschlagssummen am 215. Prognosetag [mm]												
2021 - 2024	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
min	23	2	65	50	25	31	2	3	51	56	20	1
mean	77	63	101	81	49	58	25	48	96	105	78	68
max	145	126	127	146	84	72	43	73	130	164	144	132
JAN-JUN 2025	24	11	35	10	32	55						

Einen Blick auf die Abweichungen von Niederschlagssummen für einen Prognosezeitraum von 30 Tagen gewähren Abbildung 4 und Abbildung 5.

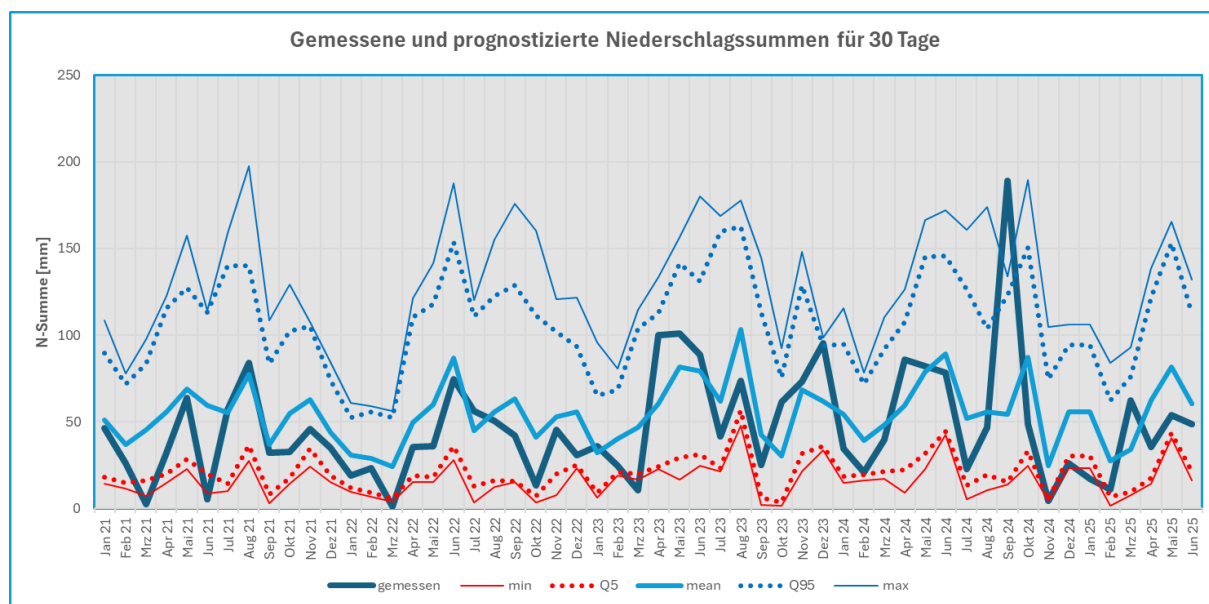


Abbildung 4: Gemessene und prognostizierte Niederschlagssummen am 30. Prognosetag

In den ersten 30 Prognosetagen treten naturgemäß relativ geringe Unterschiede zwischen prognostizierten und gemessenen Niederschlagssummen auf.

Mit Ausnahme der **Prognose vom September 2024**. Diese bildet mit dem Mittelwert der 51 Ensembles mit einer Niederschlagssumme von 54 mm **am 30. Prognosetag** die tatsächliche gemessenen Starkniederschläge von 189 mm nicht ab (gemessen 189 mm – Mittelwert 54 mm = Differenz 135 mm, siehe Abbildung 4). Aber immerhin ist ein Ensemblewert (Maximalwert) mit einer Niederschlagssumme von 134 mm vertreten.

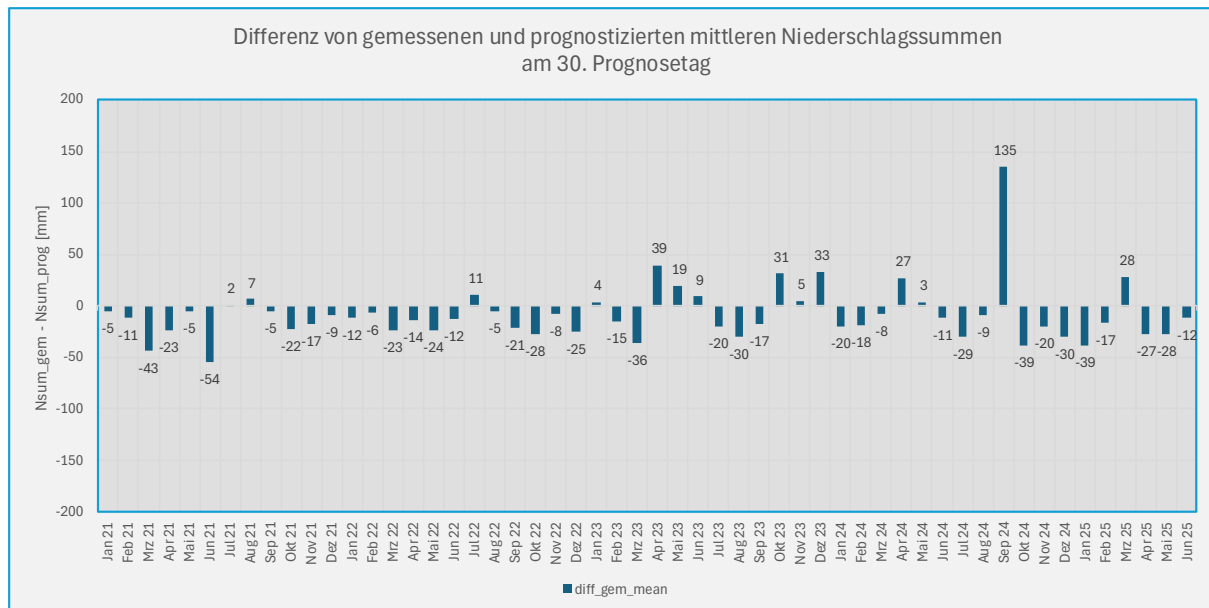


Abbildung 5: Differenz der gemessenen zur mittleren prognostizierten Niederschlagssumme am 30. Prognosetag

Am 215. Prognosetag der Prognose vom September 2024 weicht die mittlere prognostizierte Niederschlagssumme von der gemessenen nur mehr um 51 mm ab, die mittlere Pegelprognose stimmt bei 115,44 m ü. A. mit dem gemessenen Pegel von 115,49 m ü. A. auf 5 cm genau überein.

4 Evaluierung der Pegelprognosen

Die Pegelprognosen basieren auf saisonalen ECMWF Niederschlagsprognosen für den Neusiedler See und langjährigen hydrologische Auswertungen. Ausgehend vom gemessenen Pegelstand zu Monatsbeginn werden Niederschlagsprognosen mit langjährigen Monatsmitteln von Zufluss- und Verdunstungswerten verknüpft und zu saisonalen Pegelprognosen für 215 Tage verarbeitet. Bei hohen Pegelständen wird entsprechend der Wehrbetriebsordnung 2022 eine Ableitung in den Einserkanal berücksichtigt.

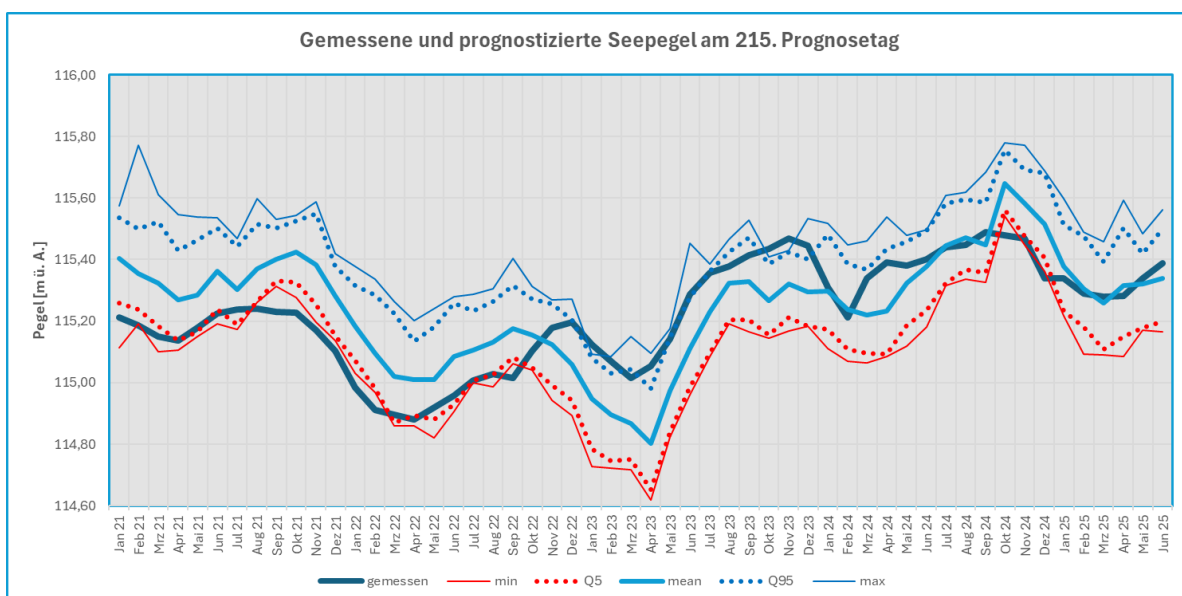


Abbildung 6: Gemessene und prognostizierte Seepegel am letzten, 215. Prognosetag

Abbildung 6 stellt die prognostizierten - minimalen, maximalen, 5% und 95% Quantile, mittleren - und tatsächlich gemessenen Pegelstände am Ende des Prognosezeitraums dar.

Sämtliche Verläufe der gemessenen und prognostizierten Pegelstände sind auf Tagesbasis in Kapitel 8 dargestellt.

Entsprechend der Evaluierung der prognostizierten saisonalen Niederschläge, die im Zeitraum Jänner 2021 – Oktober 2022 weitgehend höher eingeschätzt wurden als die tatsächlichen, zeigt sich hier, dass die tatsächlichen Pegelstände im Bereich der unteren, minimalen Pegelprognosen liegen. Ab November 2022 – Dezember 2023 ist die Situation umgekehrt. Ab Jänner 2024 sind positive wie negative Abweichungen zu erkennen.

In Abbildung 7 werden die Differenzen (gemessene minus mittlere prognostizierte) Pegelstände am Ende des Prognosezeitraums dargestellt.

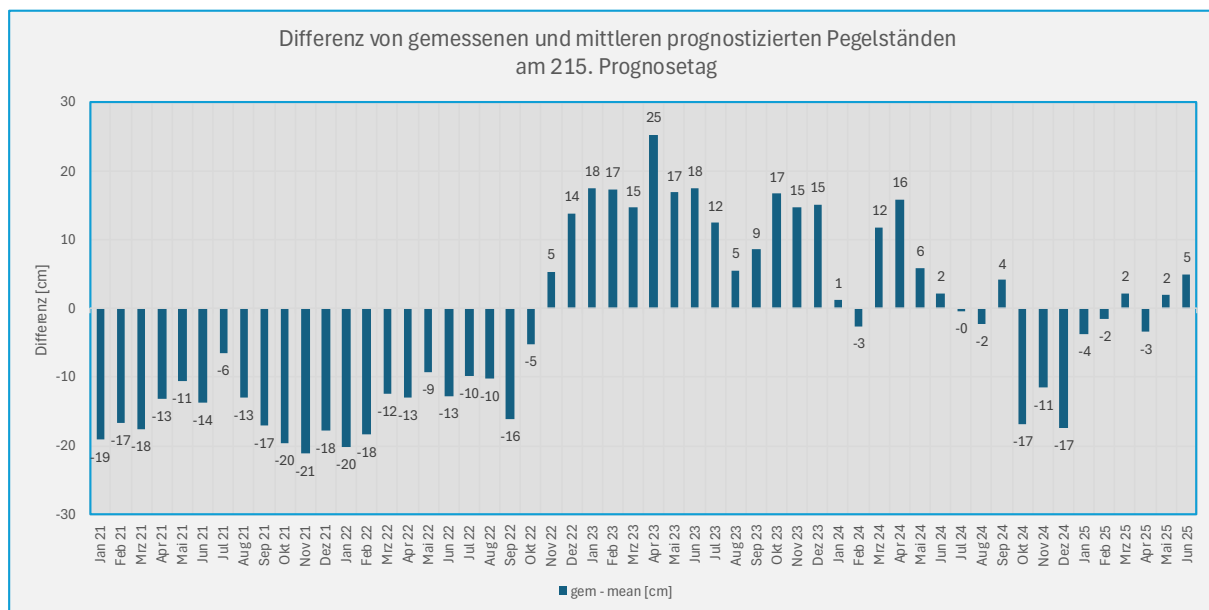


Abbildung 7: Differenz zwischen gemessenen und mittleren prognostizierten Pegelständen am letzten, 215. Prognosetag

Im Zeitraum Jänner 2021 bis Oktober 2022 liegen die am Ende des Prognosezeitraums gemessenen Pegelstände **unter** den mittleren prognostizierten Pegelständen.

minimal 5 cm
im Mittel 14 cm
maximal 21 cm

Im Zeitraum November 2022 bis Jänner 2024 liegen die am Ende des Prognosezeitraums gemessenen Pegelstände **über** den mittleren prognostizierten Pegelständen.

minimal 1 cm
im Mittel 14 cm
maximal 25 cm

Im Zeitraum Februar 2024 bis Juni 2025 liegen die am Ende des Prognosezeitraums gemessenen Pegelstände sowohl **über** als auch **unter** den mittleren prognostizierten Pegelständen mit folgenden Abweichungsbeträgen.

minimal 0 cm
im Mittel 6 cm
maximal 17 cm

5 Evaluierung der hydrologischen Modellannahmen

Langjährige jährliche Wasserbilanzen, die seit 2009 auf Tagesbasis erstellt wurden, sind die Grundlage der hydrologischen Modellannahmen zur Berechnung der saisonalen Pegelprognosen mit Hilfe der saisonalen ECMWF Niederschlagsprognosen für den Neusiedler See.

Das angewendete hydrologische Modell des Neusiedler Sees verwendet die Auswertung der Parameter von monatlichen Verdunstungs- und Zuflusswerten der Jahre 2013 bis 2022, die in durchschnittlichen Millimetern Pegeländerung pro Monat aus den Wasserbilanzen errechnet wurden.

Die monatlichen saisonalen Pegelprognosen für 215 Tage errechnen sich auf Tagesbasis jeweils aus dem gemessenen Seepiegel zu Prognosebeginn (jedem Monatsersten) plus prognostiziertem ECMWF Niederschlag plus dem 2013 bis 2022er Monatsmittel von Zufluss minus Verdunstung. Da die saisonalen ECMWF Niederschlagsprognosen 51 Ensembles mit unterschiedlichen Niederschlagsverläufen enthalten, werden diese auf Tagesbasis mit Maxima, Minima, Mittelwerten sowie 5% und 95% Quantilen berücksichtigt.

Um die hydrologischen Modellannahmen zu evaluieren, wurden zusätzlich zu den Pegelprognosen mit den ECMWF Niederschlägen **Pegelberechnungen mit tatsächlich gemessenen Niederschlägen zusammen mit den hydrologischen Modellannahmen** durchgeführt.

Die Berechnungsergebnisse mit tatsächlich gemessenen Niederschlägen sind in Abbildung 8 mit der Bezeichnung „**fc_gem_N**“ ersichtlich.

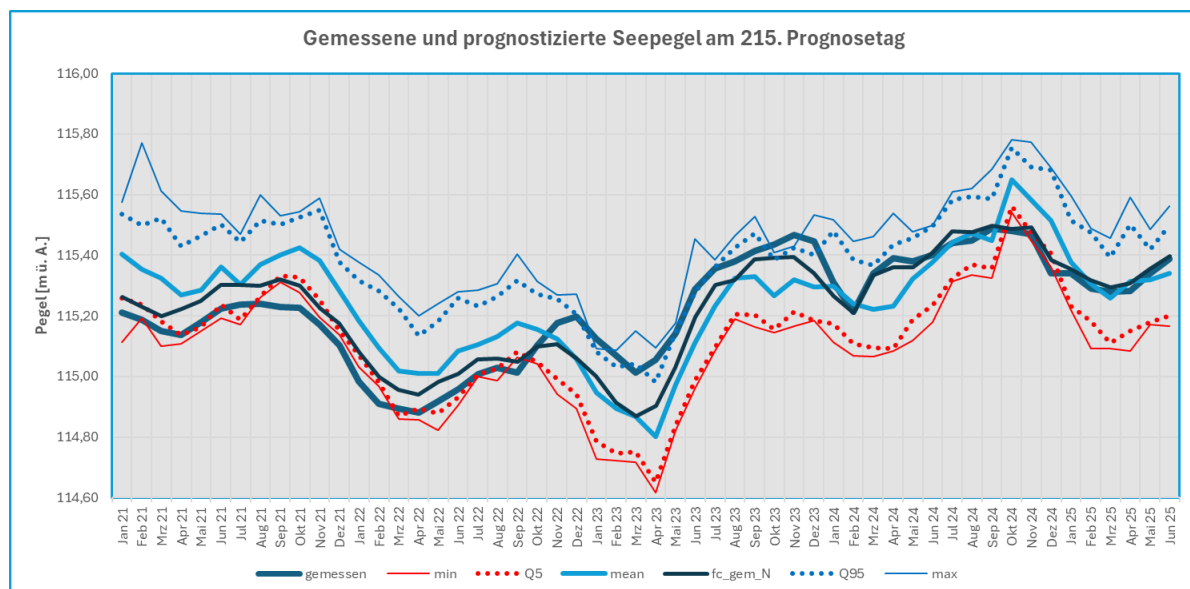


Abbildung 8: Gemessene, ECMWF prognostizierte und mit gemessenen Niederschlägen berechnete Pegelstände am Ende des Prognosezeitraums

Die mit gemessenen Niederschlägen berechneten Pegelprognosen liegen, bei guten hydrologischen Annahmen, naturgemäß nahe bei den gemessenen Pegelständen. Die folgende Abbildung 9 zeigt, dass Berechnungen mit gemessenen Niederschlägen deutlich bessere Prognoseergebnisse liefern.

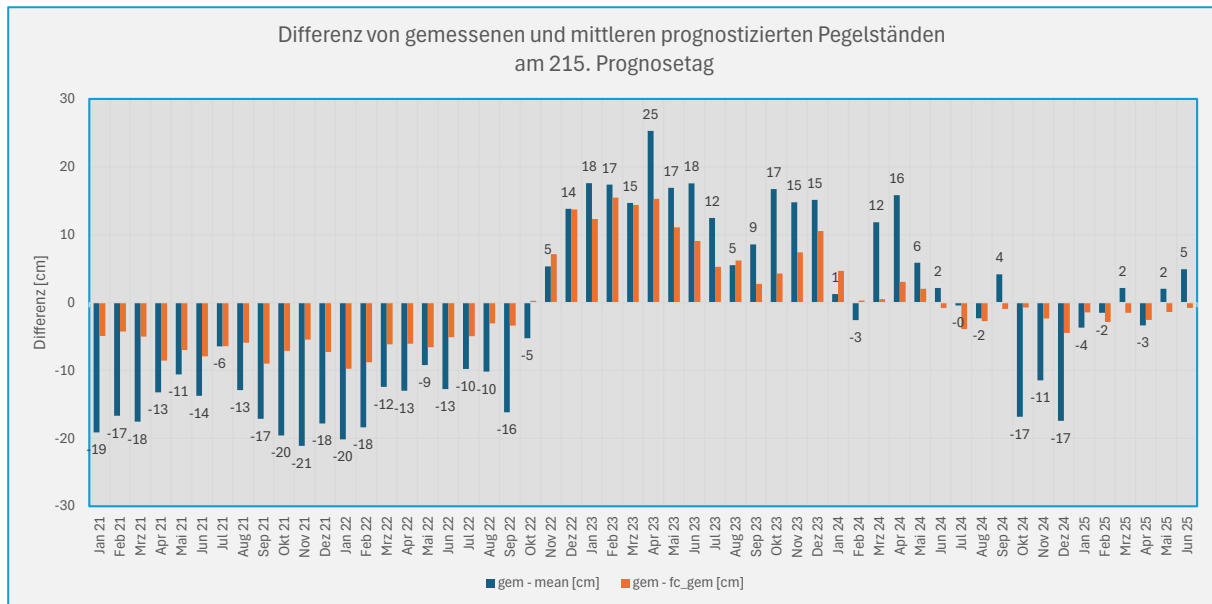


Abbildung 9: Differenzen von sowohl mit mittleren prognostizieren als auch mit tatsächlich gemessenen Niederschlagswerten berechneten Pegelständen von gemessenen Pegelständen

Die statistische Auswertung der in Abbildung 9 dargestellten Differenzen ergibt **Pegelabweichungen zu Prognoseende** von:

Mittlere ECMWF Niederschlagsprognose plus hydrologische Modellannahmen

Minimum **-21 cm** Mittelwert **-2 cm** Maximum **+25 cm**

Prognose mit gemessenem Niederschlag plus hydrologische Modellannahmen

Minimum **-10 cm** Mittelwert **0 cm** Maximum **+15 cm**

Die Modellevaluierung mittels Prognoserechnung mit gemessenen Niederschlägen zeigt, dass die getroffenen hydrologischen Annahmen für den Prognosezeitraum Jänner 2021 bis Juni 2025 mit einer Mittelwertabweichung von 0 cm sehr gut gewählt sind. Eine Bandbreite von -10 cm bis +15 cm für insgesamt 54 Saisonalprognosen kann als solide Basis für saisonale Pegelprognosen für hydrologische Planungsaufgaben angesehen werden.

6 Zusammenfassung

Die Evaluierung der saisonalen Pegelprognosen für den Neusiedler See auf Basis von saisonalen ECMWF Niederschlagsprognosen mit 51 Ensembles in Kombination mit langjährigen hydrologischen Daten erfolgte mittels

der Evaluierung von saisonalen ECMWF Niederschlägen,
der Evaluierung der Pegelprognosen und
einer Evaluierung der hydrologischen Annahmen.

Beginnend mit Jänner 2021 bis Juni 2025 wurden insgesamt 54 komplette Prognosezeiträume untersucht.

Sämtliche Verläufe der gemessenen und prognostizierten Niederschlagssummen finden sich in Kapitel 7, jene der Seepegel in Kapitel 8.

Die Evaluierung der **ECMWF Niederschlagssummen** für einen Prognosezeitraum von 215 Tagen mit 51 Ensembles zeigte, dass tatsächlich gemessene Niederschläge weitgehend im Rahmen der prognostizierten Werte lagen. Die Abweichungen der Niederschlagssummen aus dem Prognosemittelwert und dem gemessenen Wert zu Prognoseende betrug

minimal -164 mm, maximal +146 mm, im Mittel bei -19 mm.

In den ersten **30 Prognosetagen** treten naturgemäß relativ geringe Unterschiede zwischen mittleren prognostizierten und gemessenen Niederschlagssummen auf. Eine Ausnahme bildet die **Prognose vom September 2024**. Der Mittelwert der 51 Ensembles von 54 mm am 30. Prognosetag weicht von den gemessenen Niederschlägen von 189 mm um 135 mm ab, der maximale Ensemblewert beträgt 134 mm. Am **215. Prognosetag** weicht die mittlere prognostizierte Niederschlagssumme von der gemessenen nur mehr um 51 mm ab.

Die Evaluierung der **Pegelprognosen** führte zu guten Ergebnissen. Die Abweichungen der Pegelstände vom mittleren prognostizierten Wert zum gemessenen Pegelstand zu Prognoseende betrug

minimal -21 cm, maximal +25 cm, im Mittel bei -2 cm.

Die Evaluierung der **hydrologischen Annahmen** wurde durch Prognoseberechnung mittels gemessenen Niederschlags und hydrologischen Annahmewerten von Verdunstung und Zufluss ermittelt. Die Pegelabweichungen betrugen zu Prognoseende

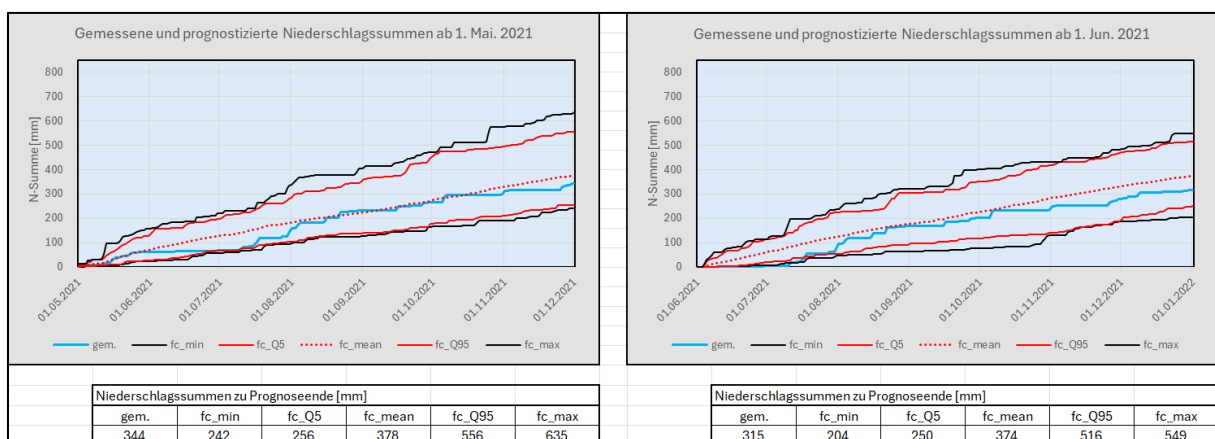
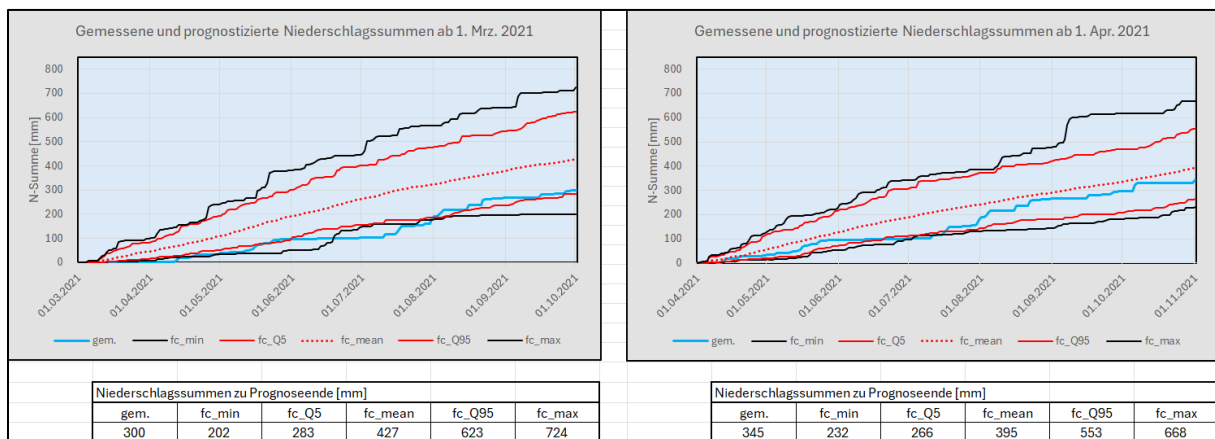
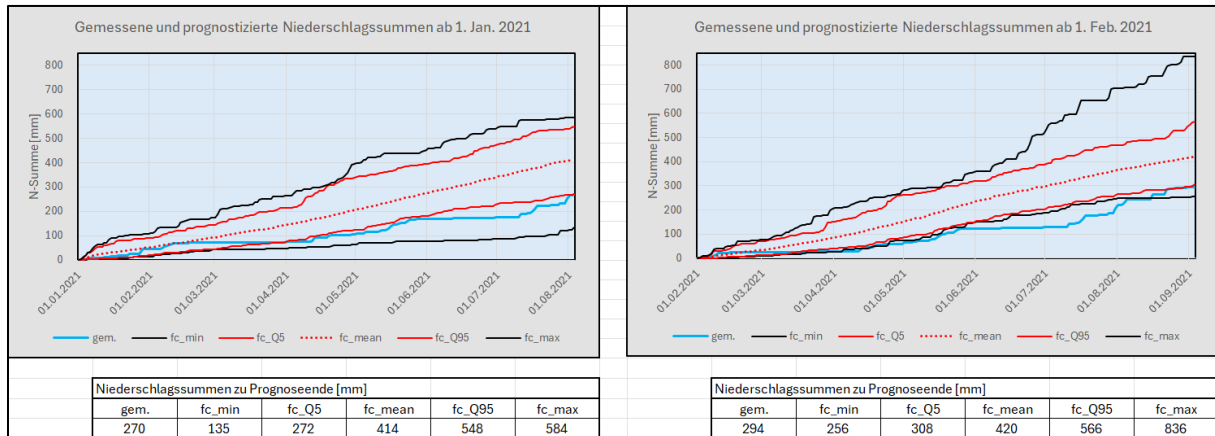
minimal -10 cm, maximal +15 cm, im Mittel bei 0 cm.

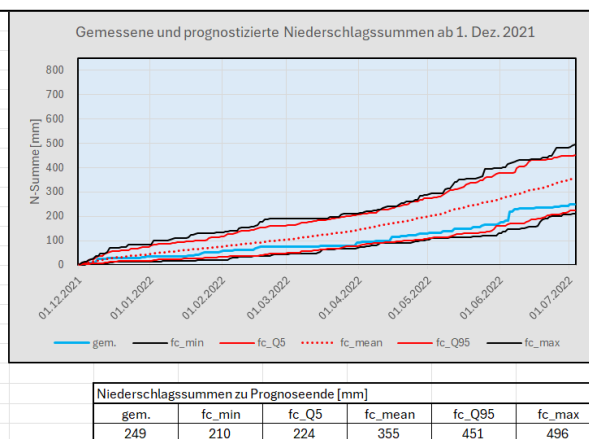
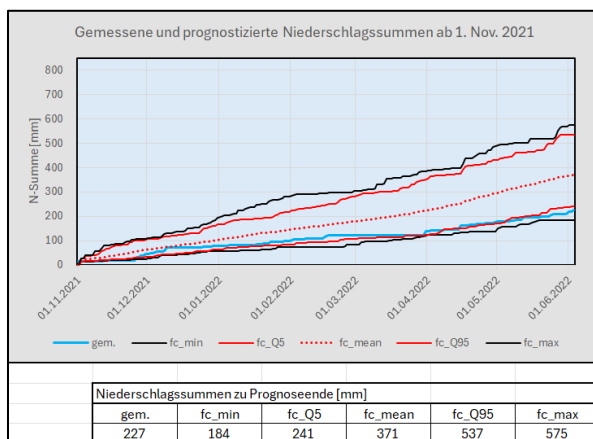
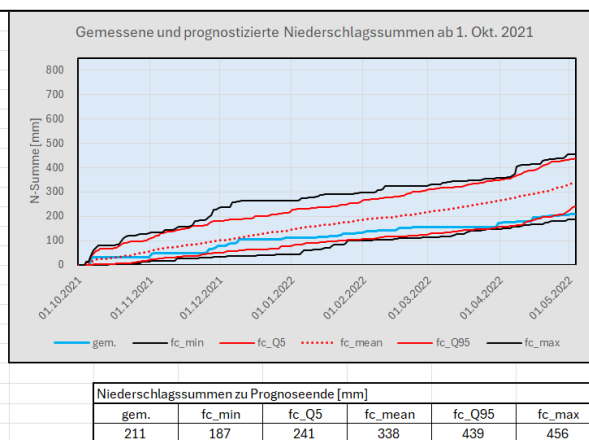
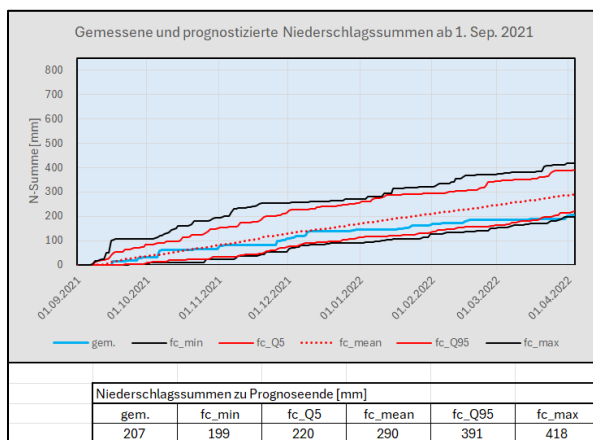
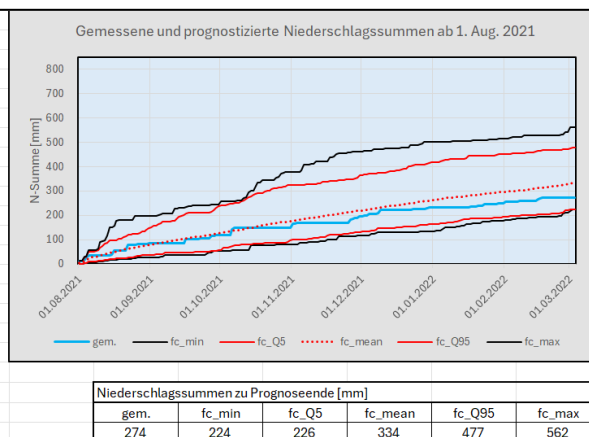
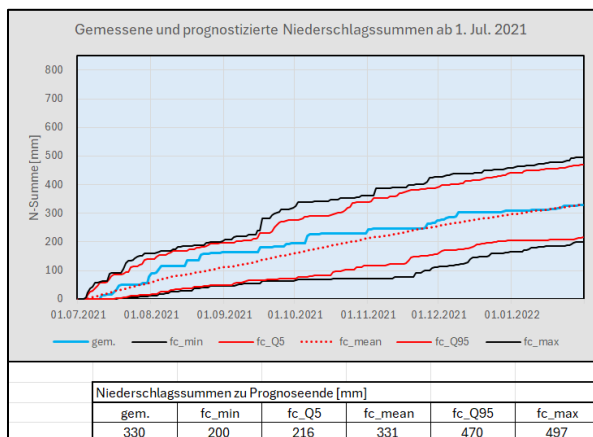
Insgesamt zeigte sich, dass die saisonalen Pegelprognosen innerhalb der 54 untersuchten Prognosezeiträume wertvolle Grundlagen erbrachten mit einem hohen Potential zur Nutzung für wasserwirtschaftliche Planungsaufgaben. Die hydrologischen Modellannahmen bestätigten sich zur Gänze.

Ein letzter Hinweis zu den aktuellen Ergebnissen: die Mittelwerte der letzten 6 Pegelprognosen, Jänner 2025 bis Juni 2025 wiesen zu Prognoseende Abweichungen von maximal 5 cm auf.

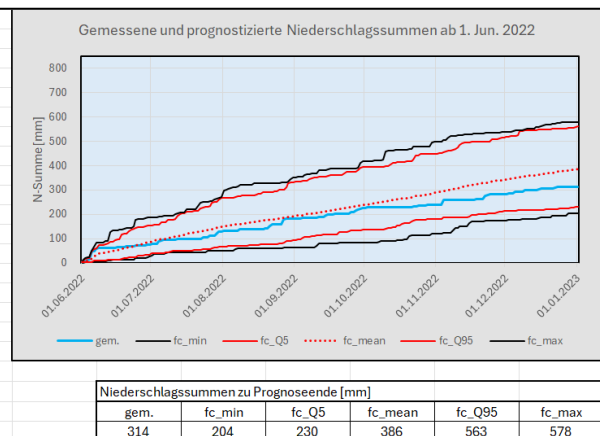
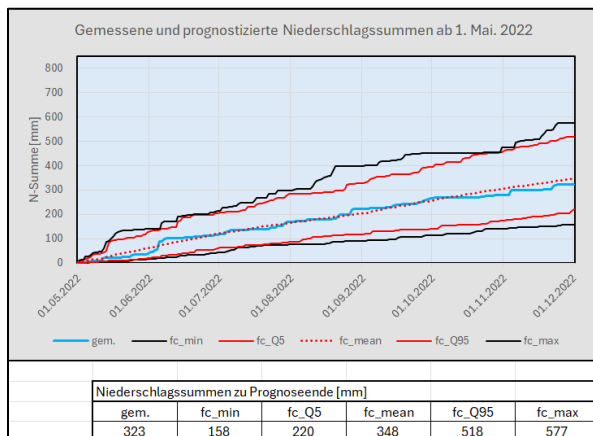
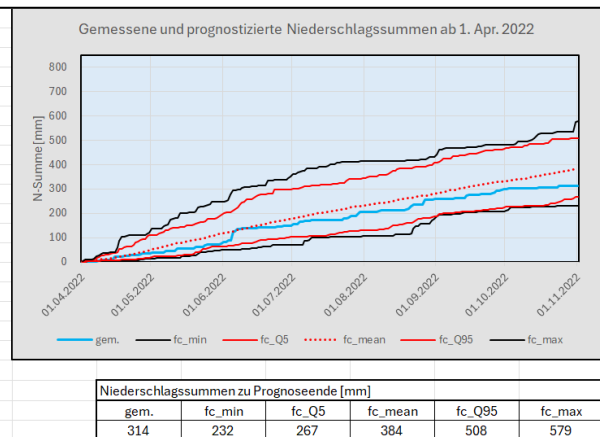
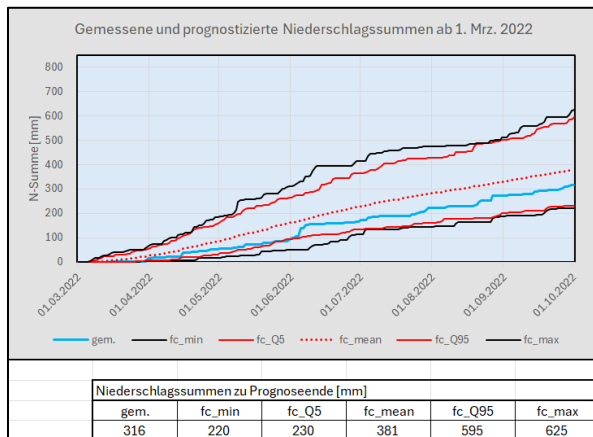
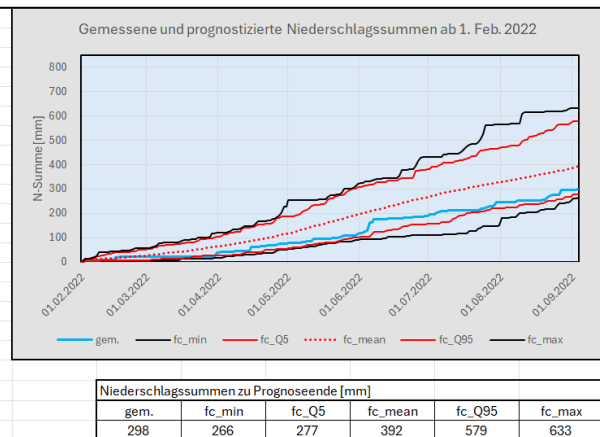
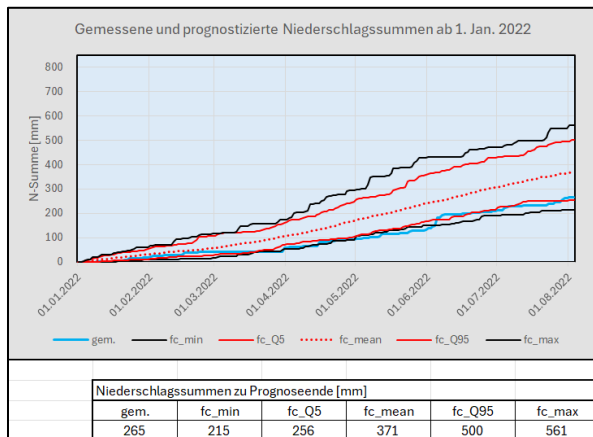
7 Diagramme zum Verlauf der Niederschlagssummen - prognostiziert und gemessen

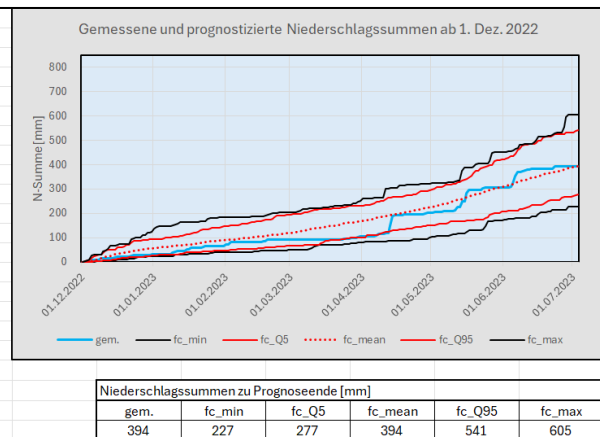
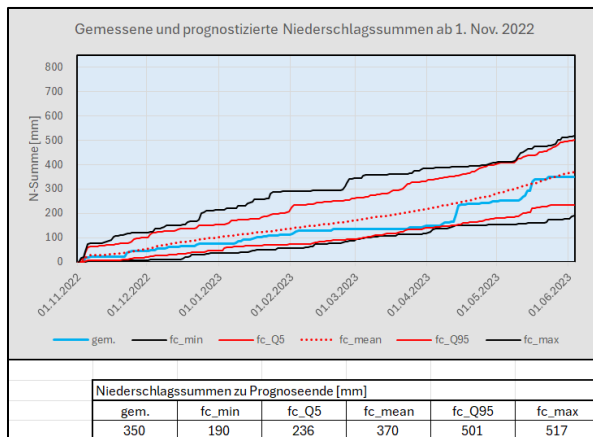
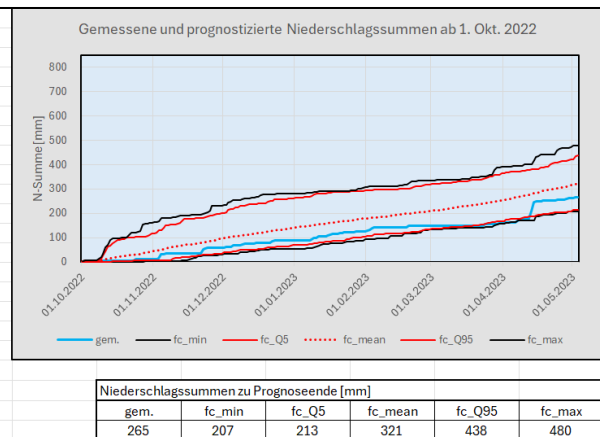
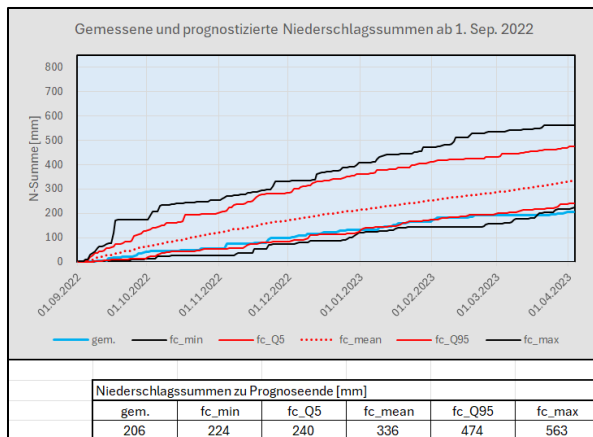
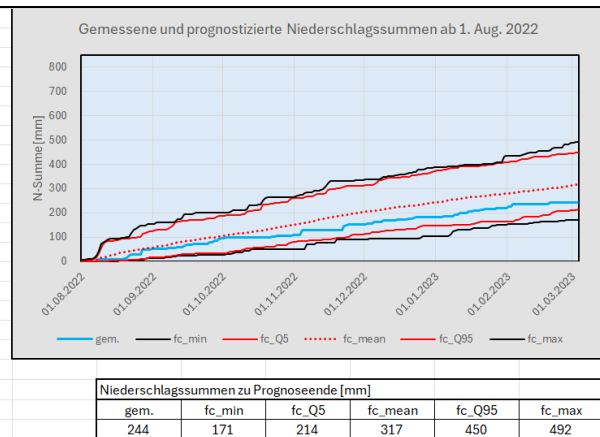
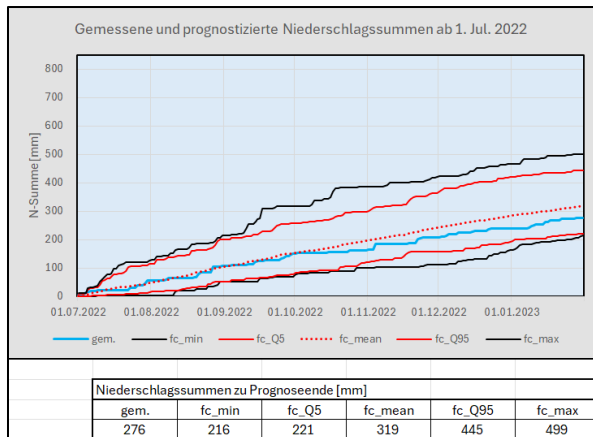
7.1 Jahr 2021



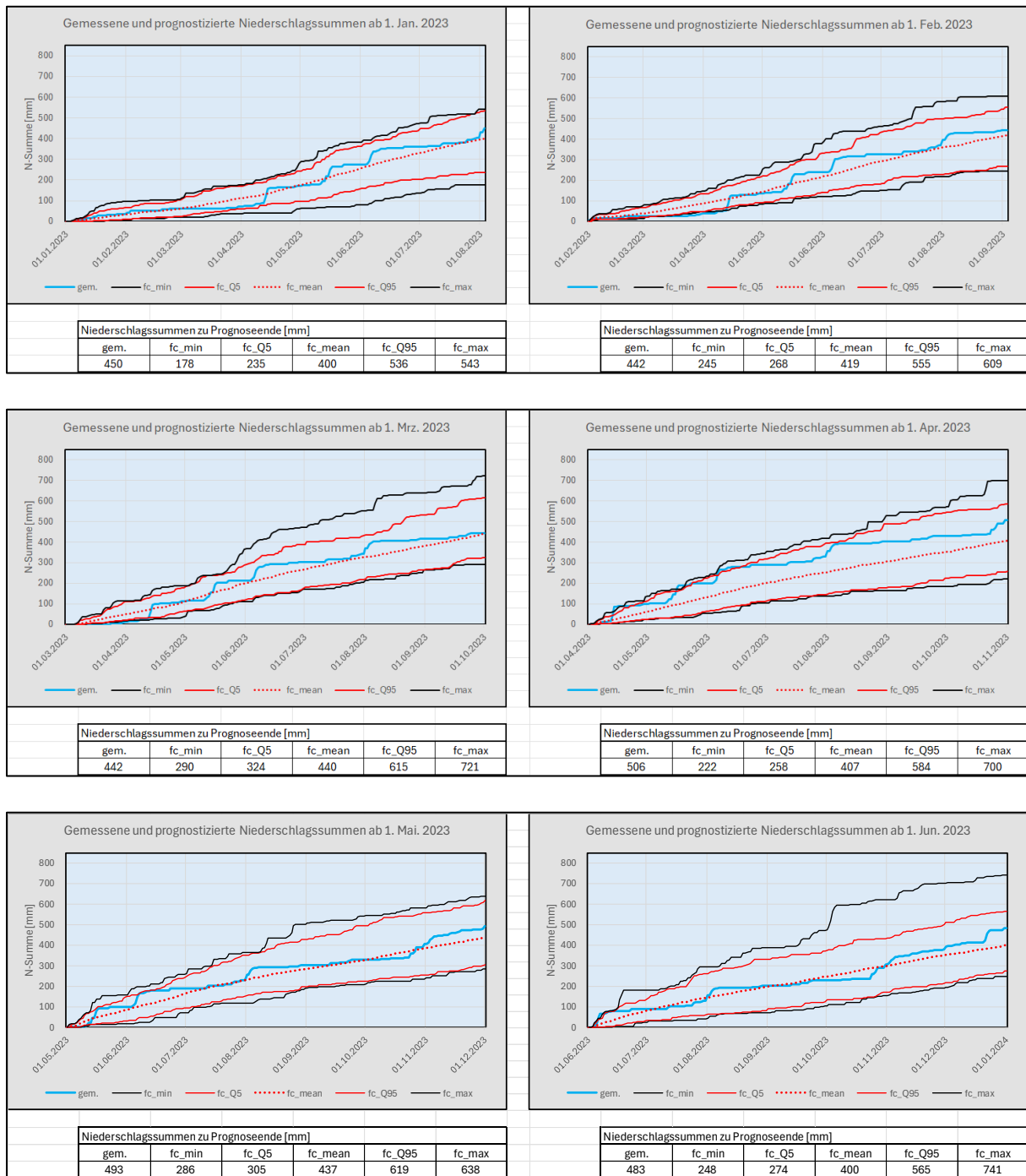


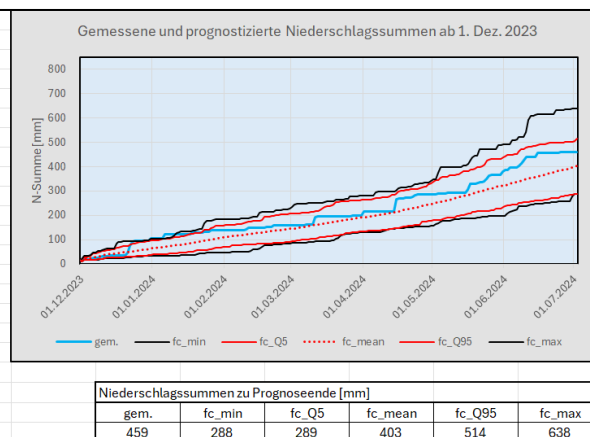
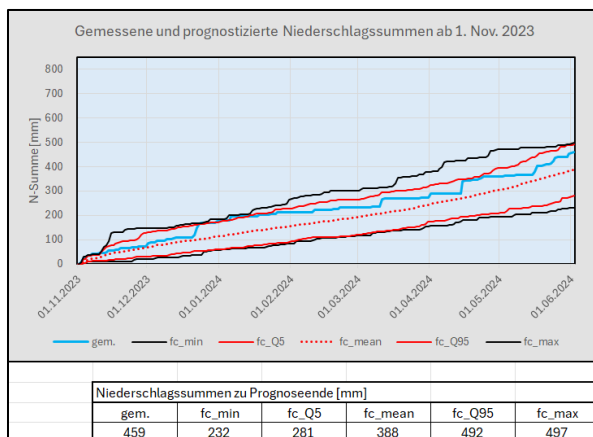
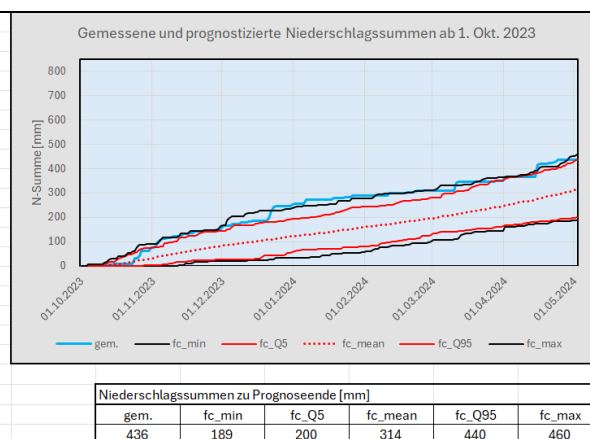
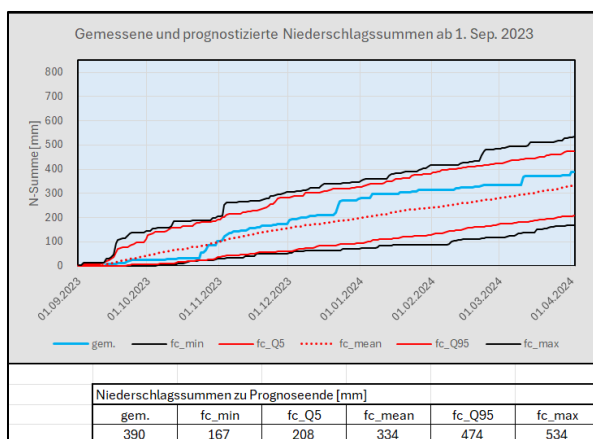
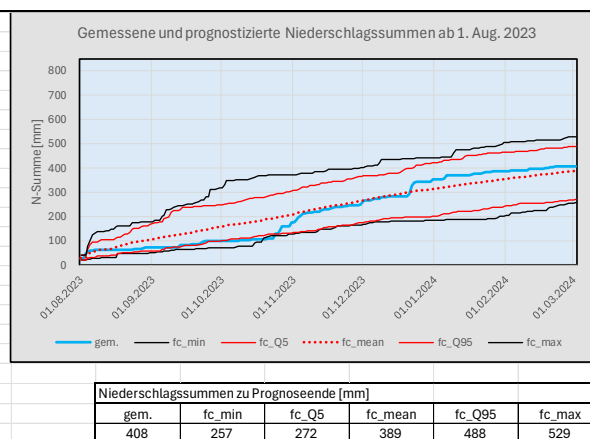
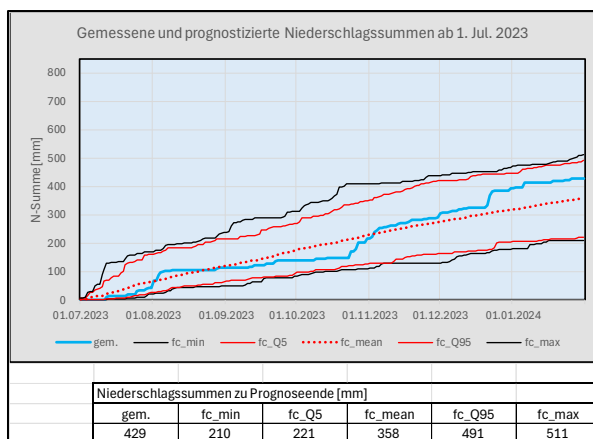
7.2 Jahr 2022



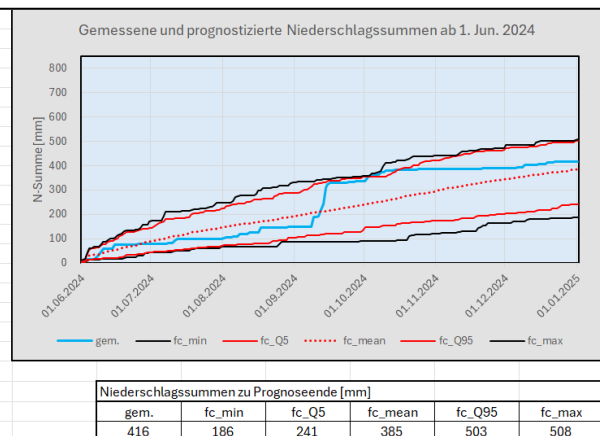
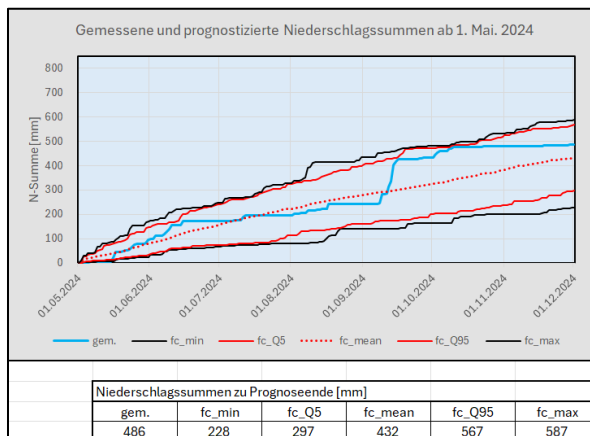
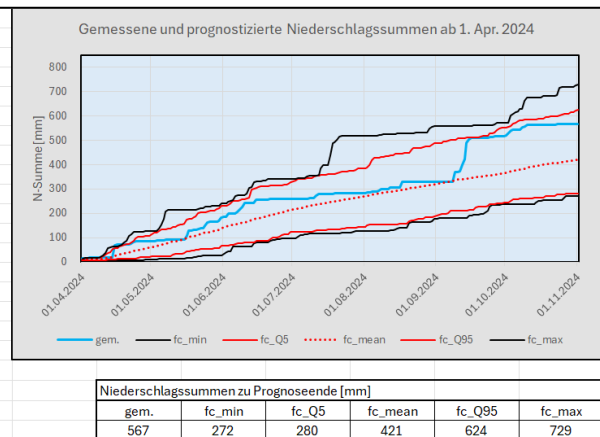
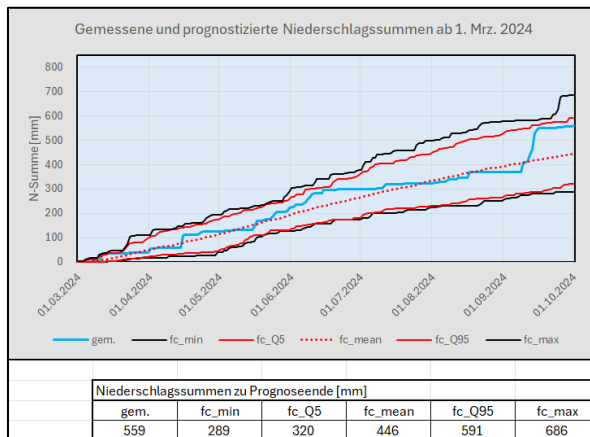
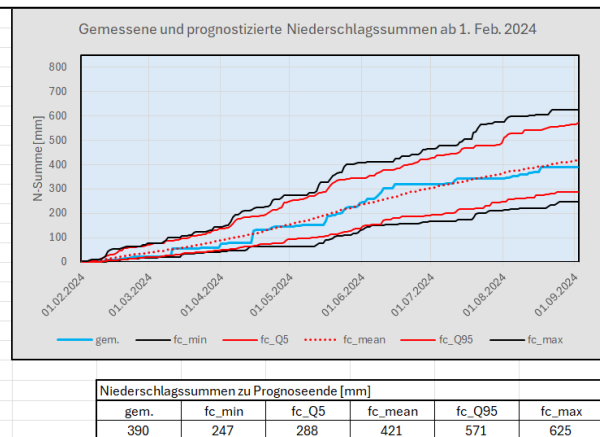
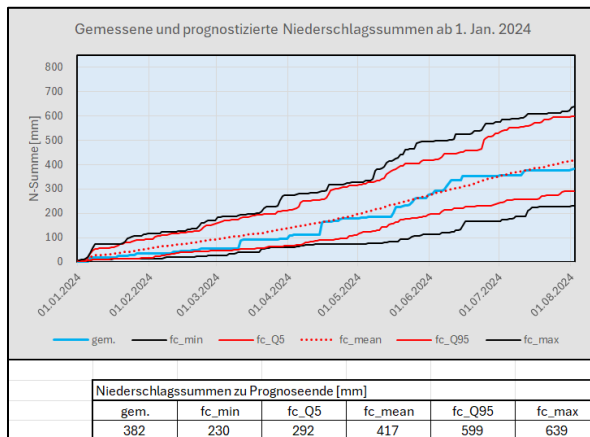


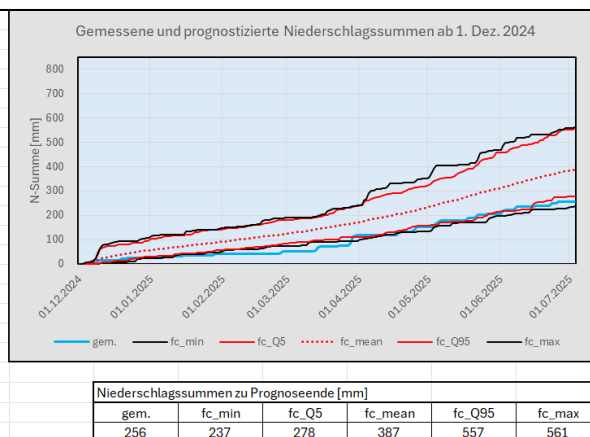
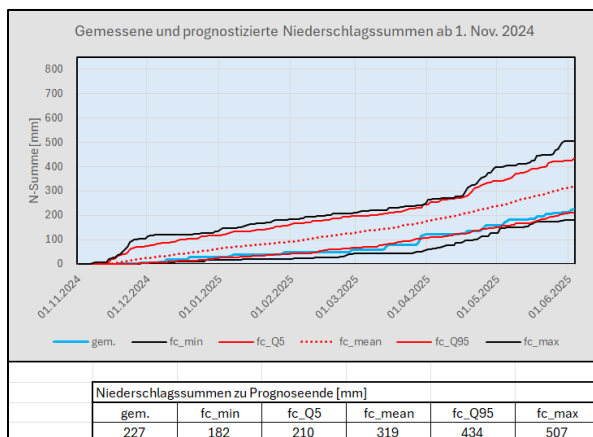
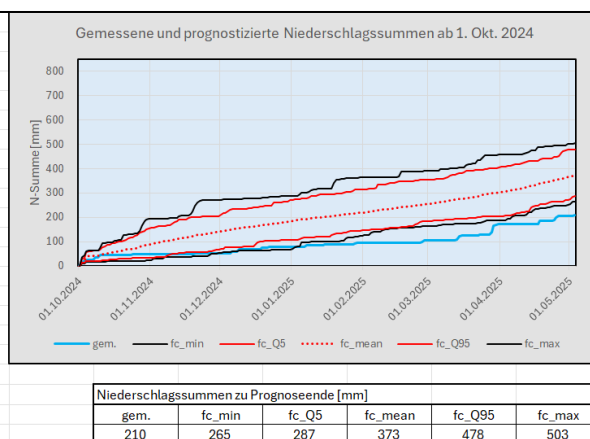
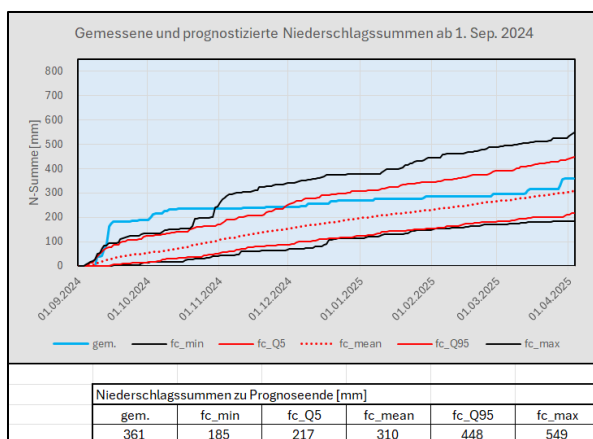
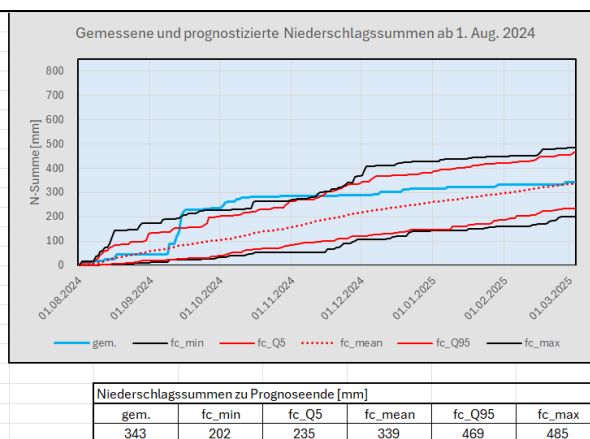
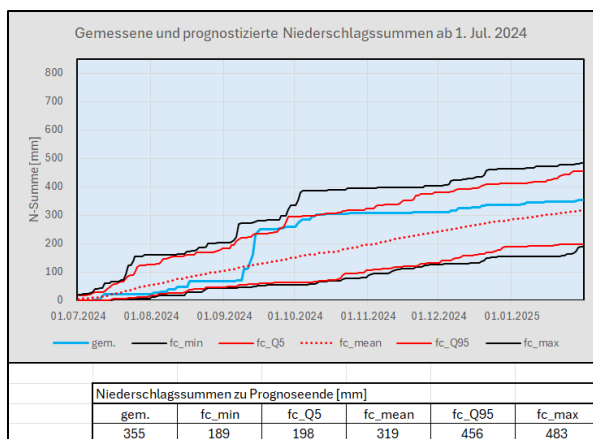
7.3 Jahr 2023



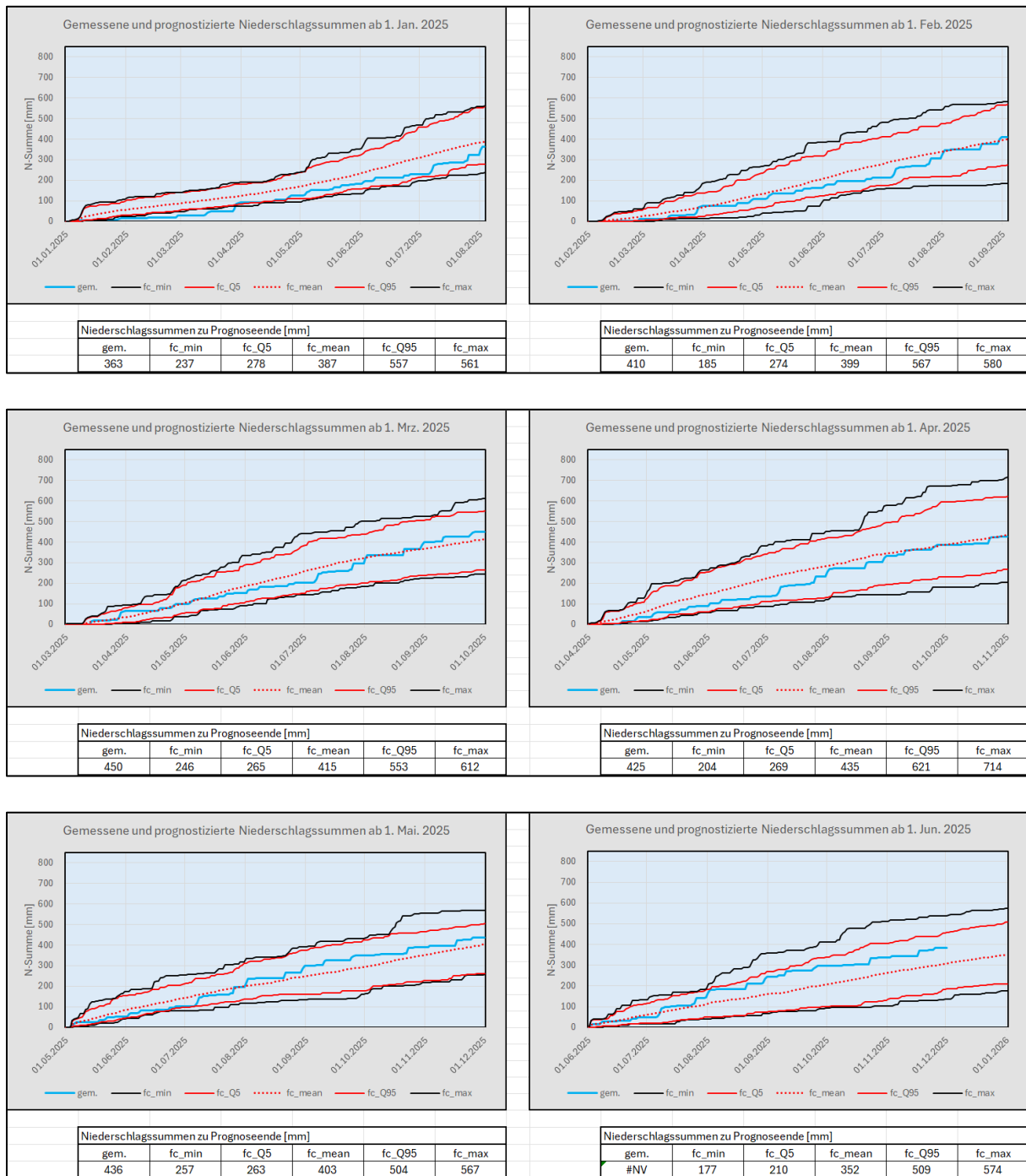


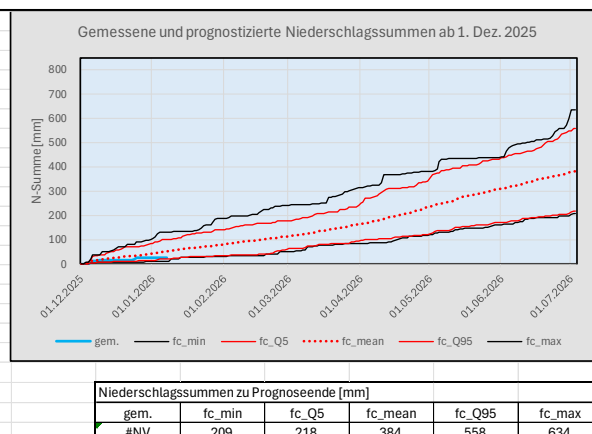
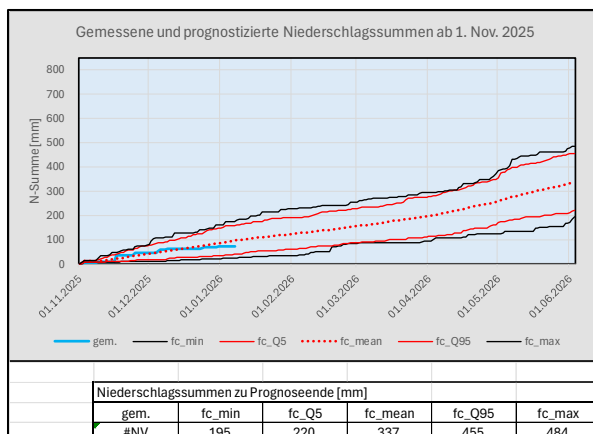
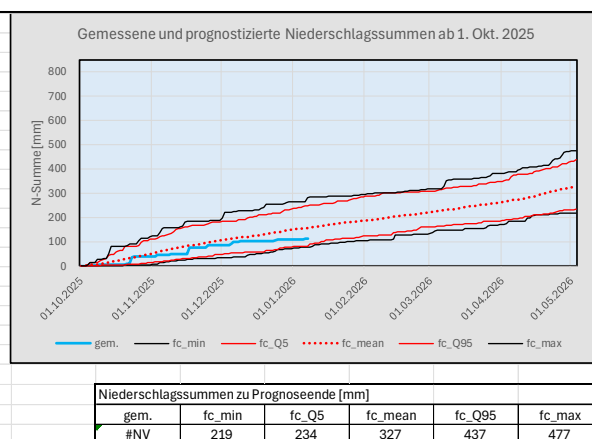
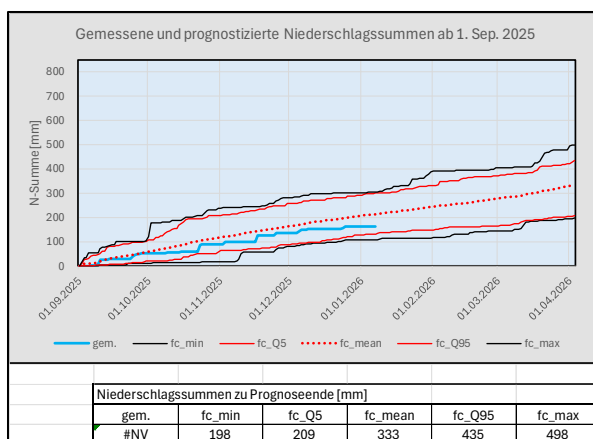
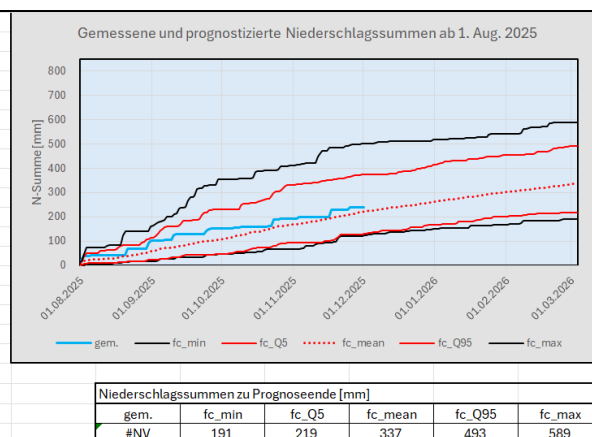
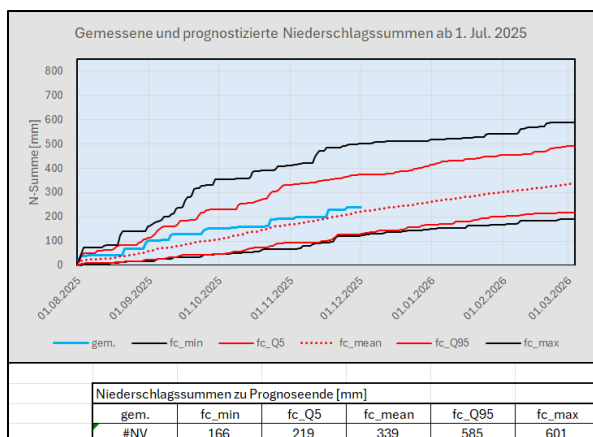
7.4 Jahr 2024





7.5 Jahr 2025

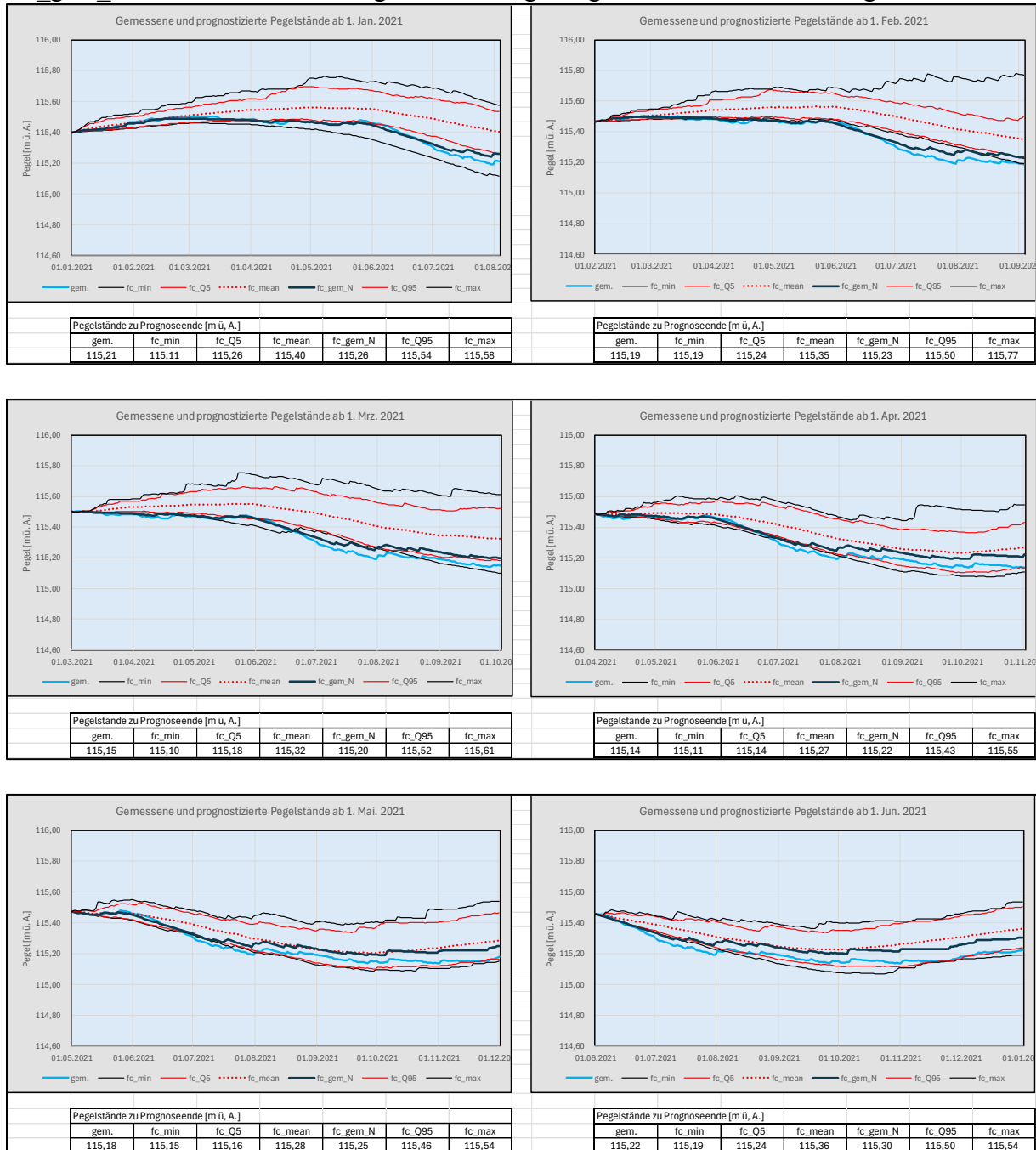


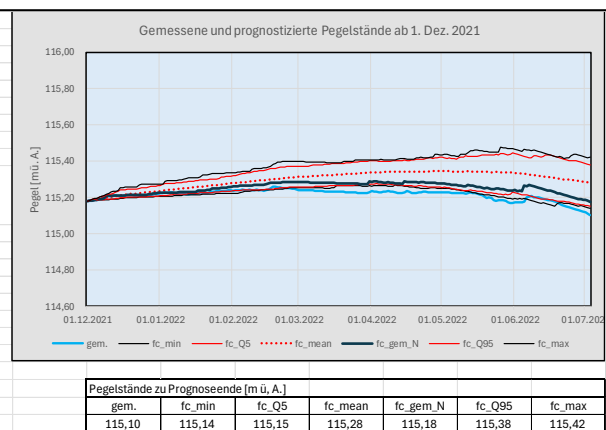
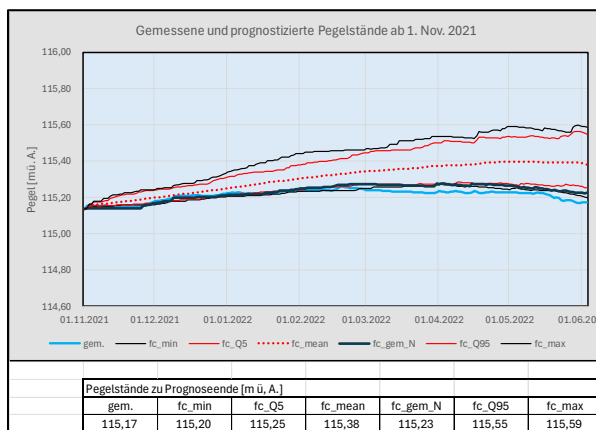
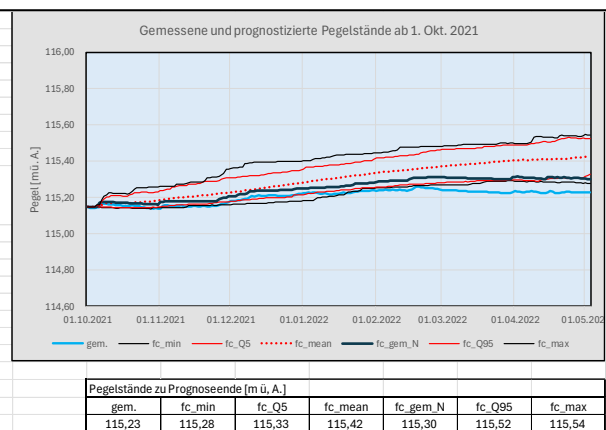
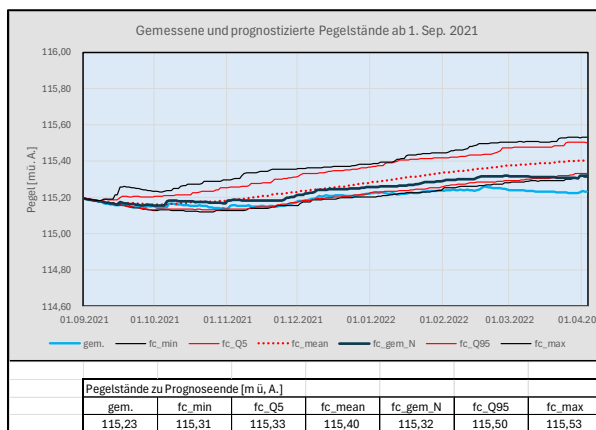
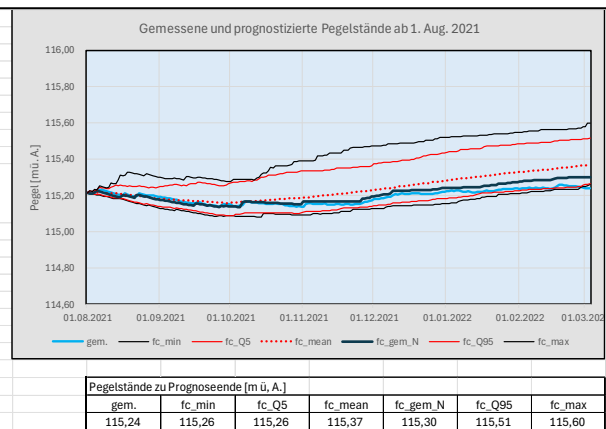
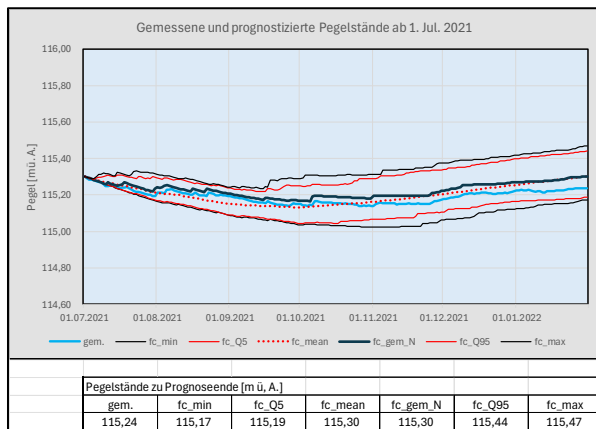


8 Diagramme zum Verlauf der gemessenen und prognostizierten Pegelstände

8.1 Jahr 2021

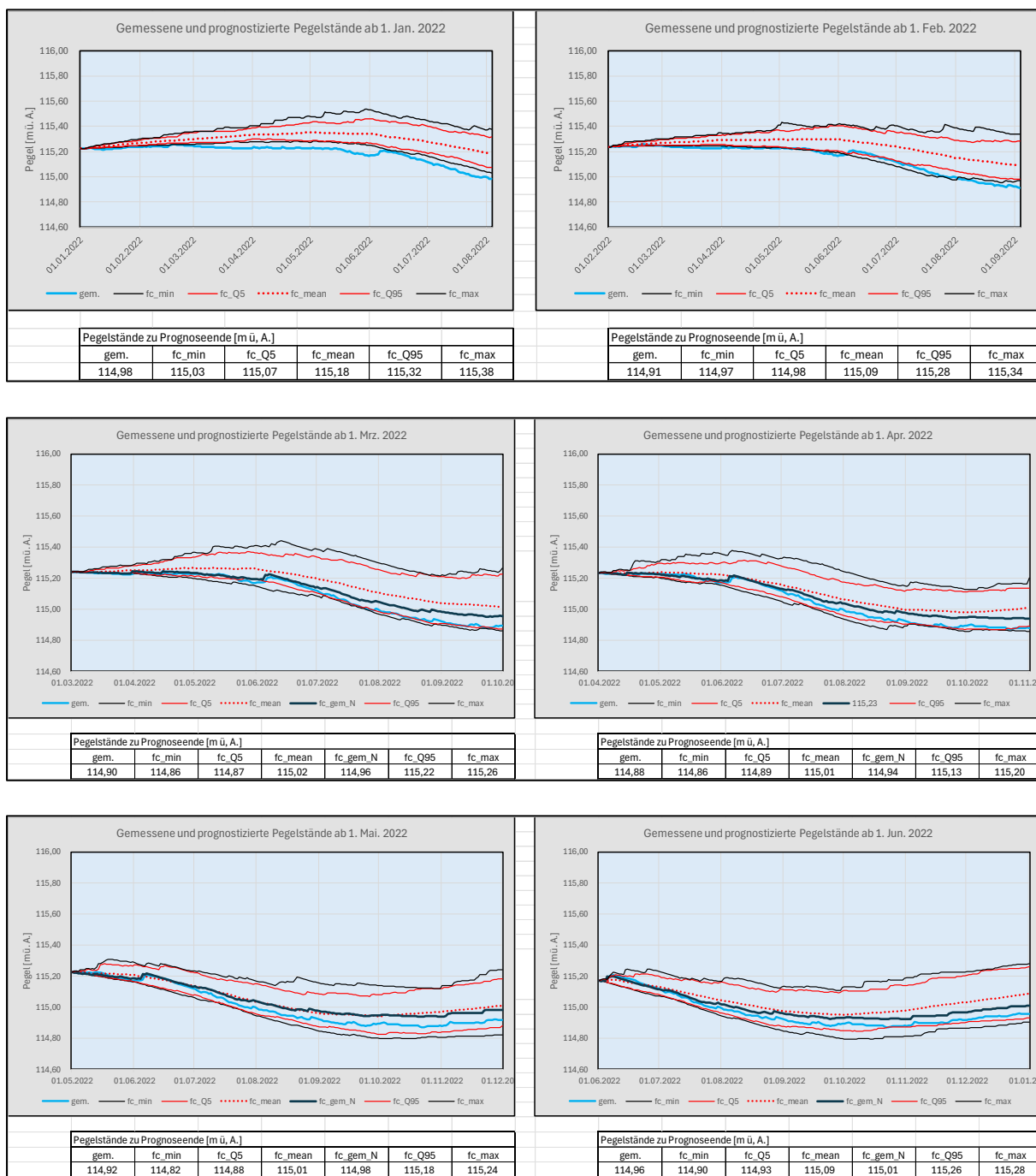
„fc_gem_N“ ist eine Kontroll-Prognoserechnung mit gemessenem Niederschlag!

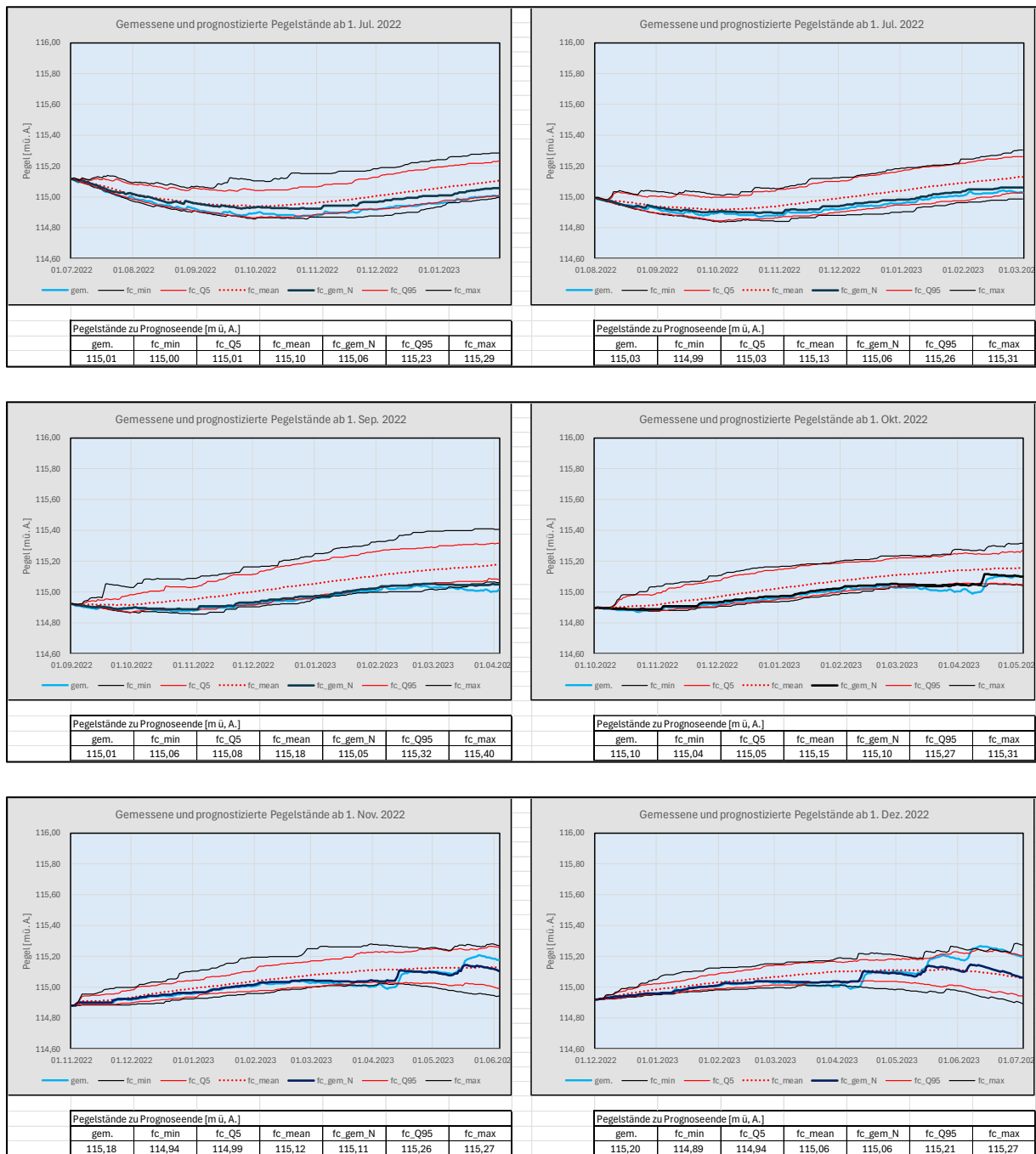




8.2 Jahr 2022

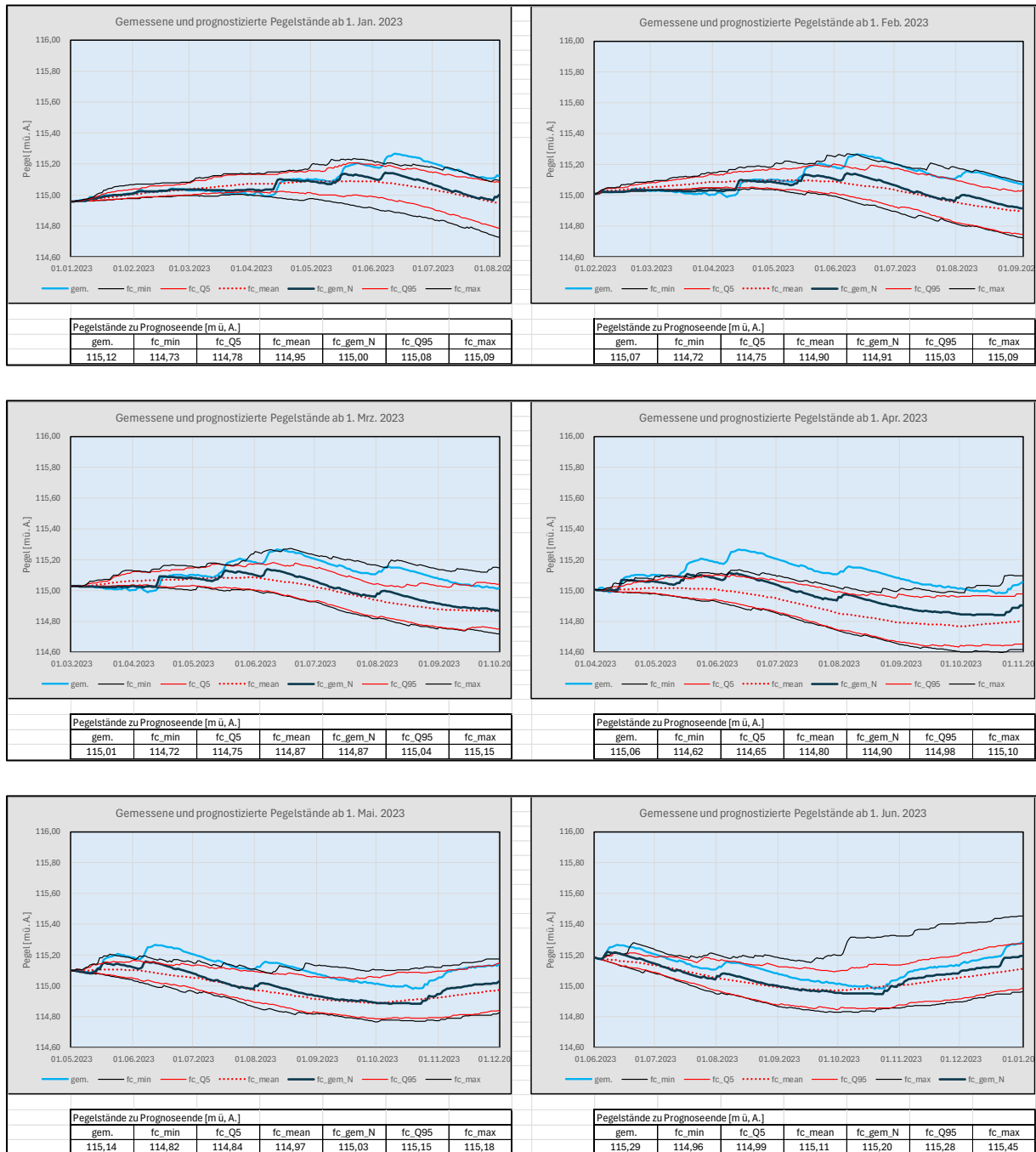
„fc_gem_N“ ist eine Kontroll-Prognoserechnung mit gemessenem Niederschlag!

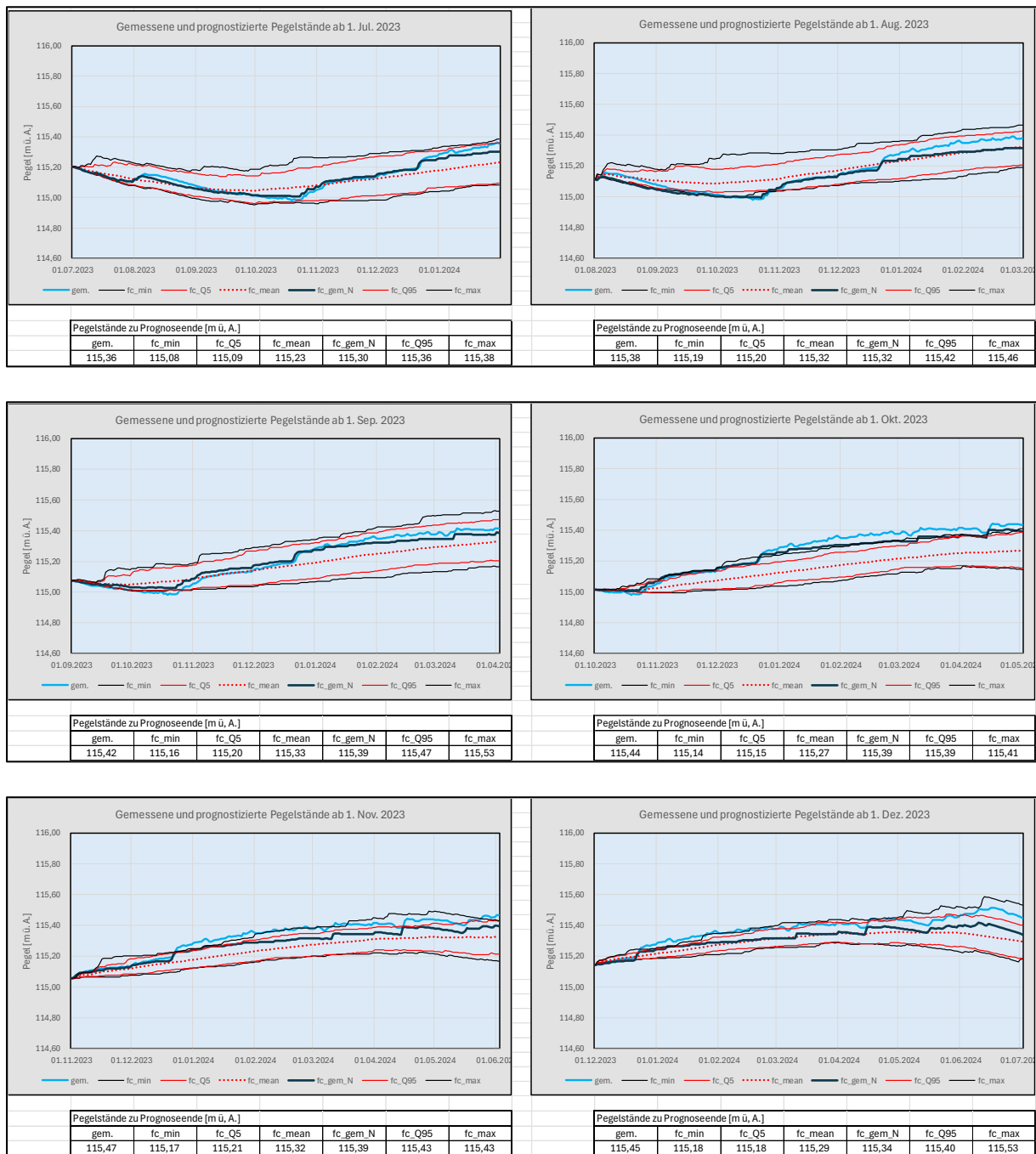




8.3 Jahr 2023

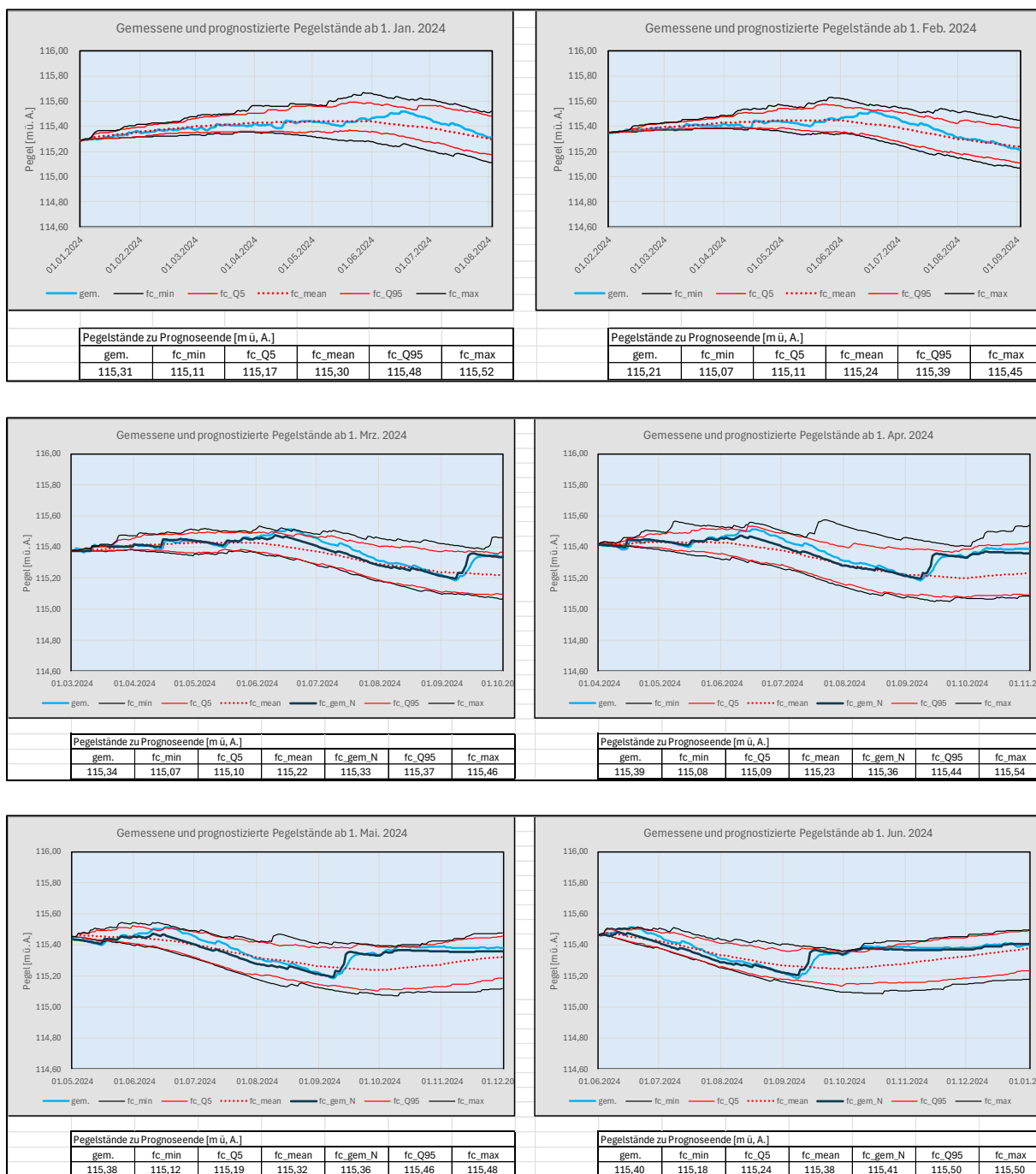
„fc_gem_N“ ist eine Kontroll-Prognoserechnung mit gemessenem Niederschlag!

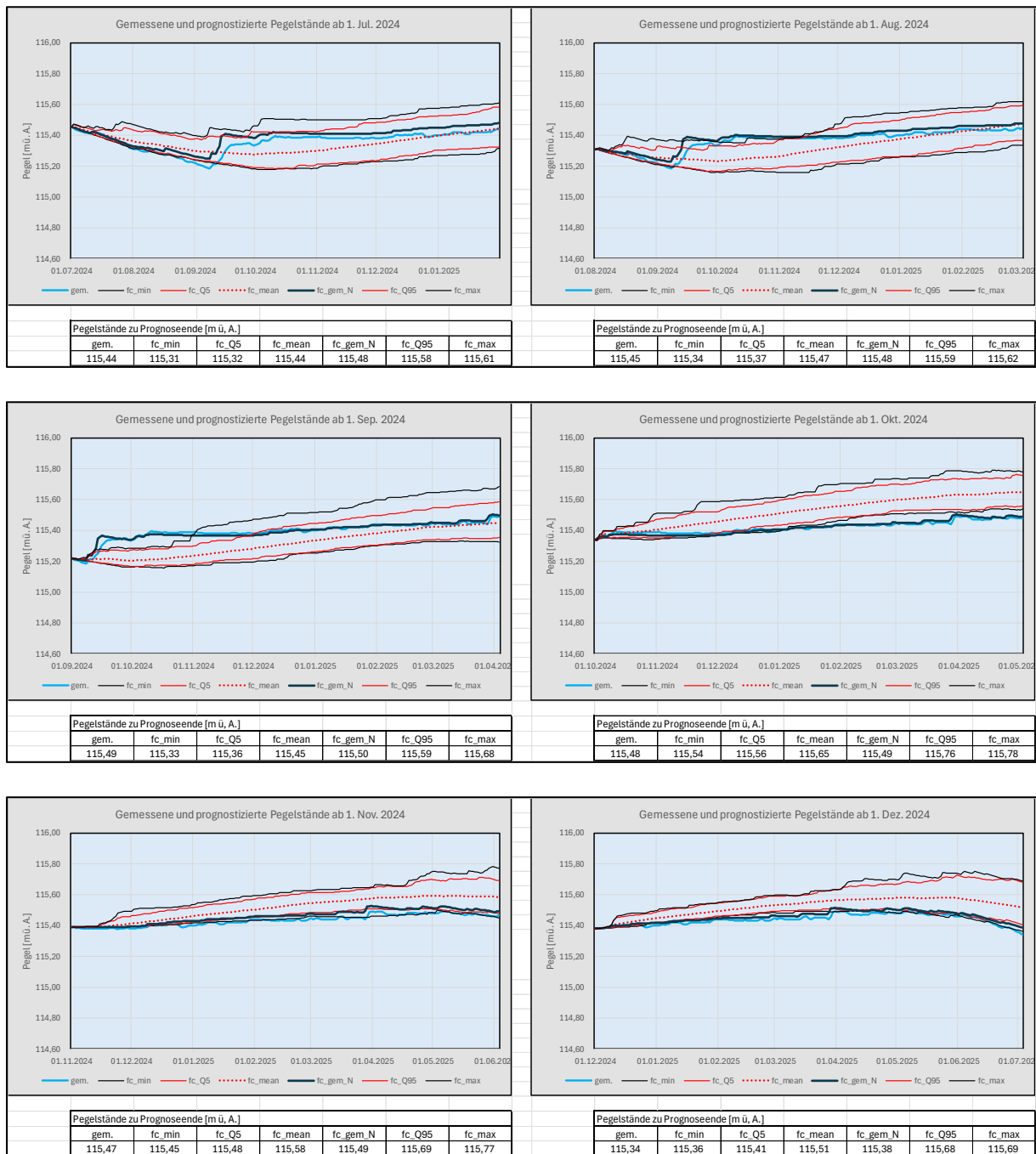




8.4 Jahr 2024

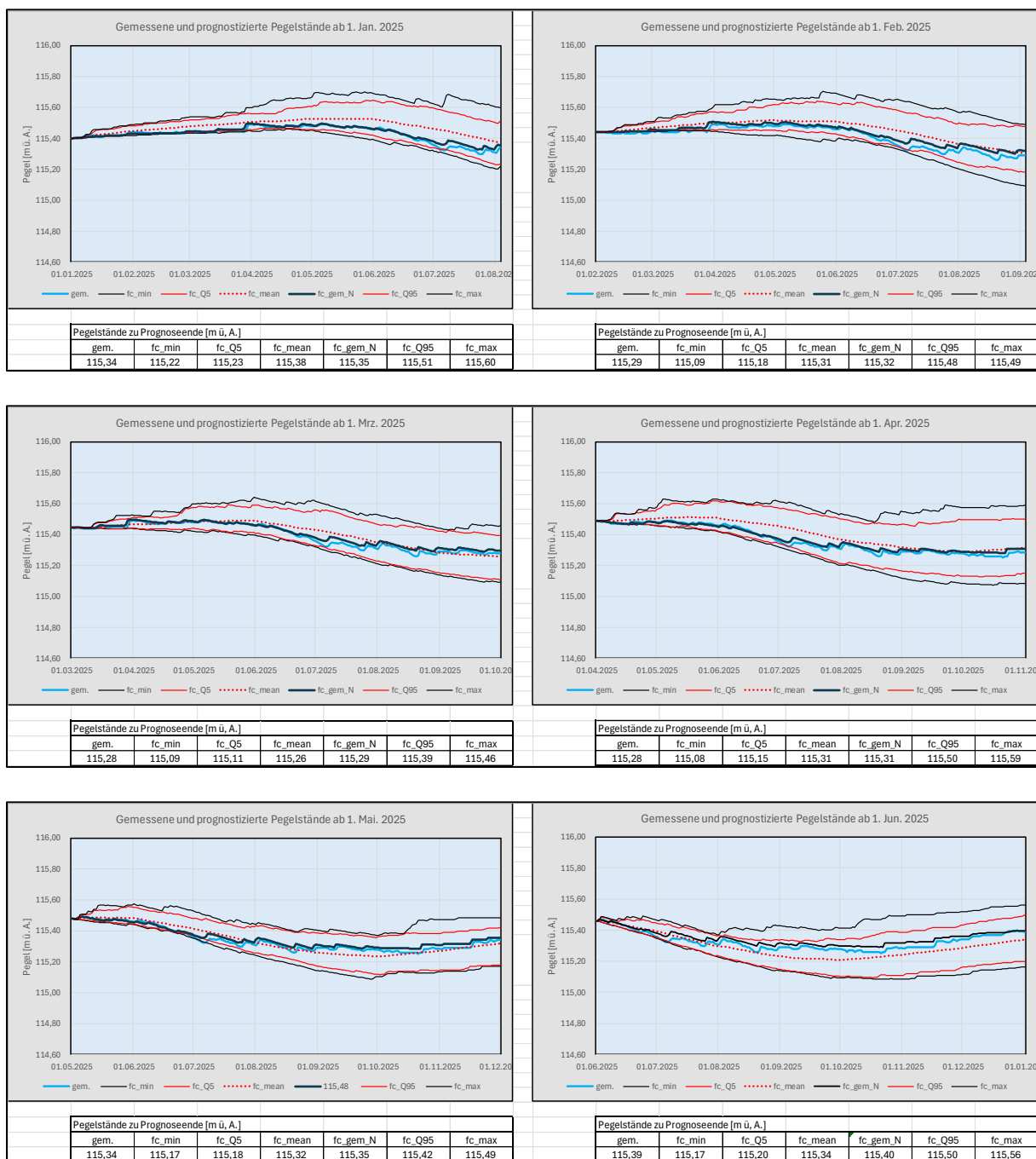
„fc_gem_N“ ist eine Kontroll-Prognoserechnung mit gemessenem Niederschlag!





8.5 Jahr 2025

„fc_gem_N“ ist eine Kontroll-Prognoserechnung mit gemessenem Niederschlag!



In den folgenden Diagrammen ist aufgrund der noch nicht vorhandenen Daten der prognostizierte Pegelverlauf auf Basis gemessenen Niederschlags „fc_gem_N“ nicht dargestellt.

