

ZWISCHENBERICHT

Titel: **Anpassung der Oststrecke
des Nord-Ostsee-Kanals**

Grundwassermonitoring

Ergebnisse der Vorlaufphase

Datum: 20.05.2010
Auftraggeber: WSV
Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
Auftrag vom: 05.12.2008
Ansprechpartner: Herr Dipl.-Ing. Böge

Auftragnehmer: BWS GmbH

Aktenzeichen: NOK/08.P.72
Projektleitung: Herr Dipl.-Geol. M. Keller
Ausfertigung Nr.:

INHALT

Text

1	Aufgabenstellung und Messstellenauswahl	2
2	Untersuchungsumfang	3
3	Ergebnisse der Vorlaufphase	5

Anlagen

Anl. 1	Messstellenlageplan	
Anl. 2	Schematische Darstellung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen auf die Grundwassersituation	
Anl. 2.1	Reduktion der Ergiebigkeit von Grundwasserleitern, quantitative Beeinträchtigung von Brunnen	
Anl. 2.2	Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt und auf Gewässer	
Anl. 2.3	Bodensetzungen, Beeinträchtigung von Bauwerken	
Anl. 2.4	Versalzung von Grundwasserleitern, qualitative Beeinträchtigung von Brunnen	
Anl. 3	Entwicklung des Stau-/Grundwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit	
Anl. 3.1 - 3.78: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in den Messstellen des Monitorings		

Tabellen

Tab. 1:	Erebnisse der Vorlaufphase des Grundwassermonitorings	6
Tab. 2:	Empfehlungen zum Messstellenneubau	15

1 Aufgabenstellung und Messstellenauswahl

Aufgrund des stetig steigenden Schiffverkehrs sowie der zunehmenden Größe der Schiffe ist eine Anpassung der Oststrecke des Nord-Ostsee-Kanals erforderlich. Zur Anpassung der Leistungsfähigkeit dieses Abschnittes an die des Westteils, ist zwischen den Kanalkilometern 80,0 und 94,0 eine Vergrößerung der Kurvenradien und eine Sohlverbreiterung der Schifffahrtsstraße geplant.

Die durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung vorgesehenen Baumaßnahmen sind infolge der erforderlichen Rückverlegung der Böschungskanten mit einem erheblichen Bodenabtrag verbunden. Durch den Bodenabtrag sind Auswirkungen auf die Grund- und Stauwasserhältnisse im Umfeld der Maßnahmen möglich. Als direkte und mittelbare Auswirkungen kommen in diesem Zusammenhang

- eine Reduktion der Ergiebigkeit von Grundwasserleitern,
- Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt und auf Gewässer,
- Bodensetzungen und
- Versalzung von Grundwasserleitern

in Betracht. Daraus leitet sich die Notwendigkeit eines Grundwassermonitorings als Grundlage für die Beurteilung des Schutzgutes (Grund)-Wasser im Rahmen der UVU/UVP sowie als Bestandteil und Grundlage für eine vorsorgliche und baubegleitende Beweissicherung ab. Die Aufgabenstellung des Grundwassermonitorings ist es, mögliche vorhabensbezogene Auswirkungen auf die Stau- und Grundwasserverhältnisse im Umfeld der Maßnahme zu erkennen und zu beschreiben bzw. ihr Ausbleiben zu dokumentieren.

In den Anlagen 2.1 bis 2.4 sind die möglichen vorhabensbezogenen Auswirkungen auf die Stau- und Grundwassersituation sowie mögliche, daraus resultierende Beeinträchtigungen schematisch dargestellt.

Im ersten Abschnitt des Grundwassermonitorings (Vorlaufphase) erfolgt die Aufstellung einer Datengrundlage durch Wasserstands- und Beschaffenheitsmessungen sowie Pumptests an einer Auswahl der vorhandenen Stau- und Grundwassermessstellen. Die Vorlaufphase des Grundwassermonitorings begann im Mai 2009. Die Auswertung der bis zum Oktober 2009 erfassten Messwerte ermöglichte eine optimierte Planung des Grundwassermonitorings für die nachfolgenden Phasen (Planung, Bau, Nachsorge). Die vorliegende Zusammenstellung berücksichtigt die bis Mitte Januar 2010 erfassten Messwerte zum Grund- und Stauwasserstand sowie zur elektrischen Leitfähigkeit. Die Vorlaufphase wird voraussichtlich Mitte 2010 mit der Umsetzung der optimierten Monitoringplanung beendet.

Die Messstellen GWM_05, GWM_39 und GWM_40 wurden im Rahmen von Voruntersuchungen aus dem in der Vorlaufphase zu berücksichtigenden Messstellenbestand herausgenommen. Vor dem Hintergrund der jeweils erbohrten Schichtenfolgen sowie der dokumentierten Verfilterungen sind an diesen Messstellen keine Aussage durch Messungen möglich.

Für den übrigen Messstellenbestand erfolgte messstellenspezifisch eine hydraulische Zuordnung der Filterstellung (Grundwasser, Stauwasser, Geringleiter). Bei der Zuordnung wurden über die Bohrprofile und Ausbausketzen der Messstellen hinaus die vorhandenen Ergebnisse von Erkundungsbohrungen und Spitzensondierungen verwendet.

In die Vorlaufphase des Grundwassermonitorings wurden 50 Grundwassermessstellen, 16 Stauwassermessstellen und 12 in Geringleitern verfilterte Messstellen übernommen. Insgesamt umfasst die Vorlaufphase somit 78 Messstellen. Die Lage der Messstellen ist in der Anl. 1 dargestellt.

Fünf Messstellen (GWM_Br. 2, GWM_Br. 3a, GWM_Br. 4, GWM_Br. 5, GWM_Br. 6) der Vorlaufphase dienen nicht der Erfassung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen im Umfeld der Kanaltrasse. Diese Messstellen sind zur Erfassung der hydrogeologischen Situation im Bereich des Spülfelds Flemhuder See in das Monitoring einbezogen worden.

2 Untersuchungsumfang

Durch den geplanten Bodenabtrag bei Umsetzung der Maßnahme sind direkte Auswirkungen auf die Grund- und Stauwasserstände im Umfeld möglich. Durch die begleitende Erfassung vorhabensbezogener Änderungen des Grund- bzw. Stauwasserstands kann während und nach der Umsetzung der geplanten Maßnahmen eine Beurteilung möglicher mittelbarer Auswirkungen erfolgen. Dazu zählen Reduzierungen der Ergiebigkeit von Grundwasserleitern, Veränderungen des Bodenwasserhaushalts und Bodensetzungen.

Die Erfassung aussagefähiger Messreihen zur Entwicklung des Stau- bzw. Grundwasserstands in den ausgewählten Messstellen ist daher der Kern des Monitorings. Die Messung des Wasserstands erfolgte in der Vorlaufphase automatisiert durch Datenlogger oder durch Handmessungen im 14-tägigen Rhythmus.

Durch die Entfernung von geringleitenden Schichten im Rahmen des geplanten Bodenabtrags und/oder die vorhabensbezogene Änderung des Grundwasserstands ist das Einsickern von Kanalwasser in den Grundwasserleiter möglich. Dadurch kann es zu einer Versalzung des Grundwasserleiters und einer Beeinträchtigung von Grundwasserentnahmen (Brunnen) kommen. Zur Erfassung der im Istzustand gegebenen Salzgehalte im Grundwasser sowie der Schwankungsbreite der Konzentration wird an einem Teil der Grundwassermessstellen über den Grundwasserstand hinaus die elektrische Leitfähigkeit gemessen.

Liegt der Grundwasserstand in einer Messstelle dauerhaft über dem Kanalwasserstand, ist an deren Standort eine Versalzung durch den Zutritt von Kanalwasser nur sehr eingeschränkt durch dichteindizierte Strömungen möglich. Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit ist zur Erfassung des Istzustands jedoch sinnvoll. Darüber hinaus ist im näheren Umfeld der geplanten Maßnahmen vorhabensbezogen eine Reduzierung des Grundwasserstands möglich, so dass sich bei Umsetzung der geplanten Maßnahmen eine Veränderung der Strömungssituation ergeben kann.

Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit erfordert eine begleitende Messung der Wassertemperatur. Die Messreihen zur Wassertemperatur wurden ergänzend in die Auswertungen zur Hydraulik einbezogen.

An den ausgewählten Messstellen erfolgten in der Vorlaufphase Pumptests. Die Pumptests ermöglichten über die jeweils festgestellte Ergiebigkeit der Messstelle Aussagen zum hydraulischen Anschluss an den Grund- bzw. Stauwasserleiter. Einige Messstellen wurden in den Voruntersuchungen Geringleitern zugeordnet. Durch die Pumptests konnte ermittelt werden, ob sich die betreffenden Messstellen durch erfasste und nicht dokumentierte wasserführende Horizonte zur Einbindung in das Monitoring eignen.

Der Untersuchungsumfang an den ausgewählten Messstellen der Vorlaufphase des Grundwassermonitorings ist in der Anl. 1 dargestellt.

Für die Auswertung der erfassten Messdaten wurden ergänzend die Daten zur Entwicklung des Wasserstands im Nordostsee-Kanal (Pegel Königsförde) vom WSA übernommen.

3 Ergebnisse der Vorlaufphase

Die Stau- und Geringleitermessstellen, bei denen im Rahmen der Pumpstests extrem niedrige Ergiebigkeiten bzw. ein sehr langsamer und unvollständiger Wiederanstieg festgestellt wurden, werden nur bis zum Ende der Vorlaufphase des Monitorings im Messprogramm belassen. Es handelt sich dabei um die folgenden Messstellen.

GWM_06/2	GWM_12/2	GWM_20	GWM_22	GWM_33	GWM_59/1
GWM_07	GWM_13	GWM_19	GWM_23	GWM_34	GWM_60/1
GWM_08	GWM_14/2	GWM_20	GWM_24	GWM_35	GWM_63/2
GWM_11	GWM_16/2	GWM_21	GWM_25	GWM_36/2	

Es ist davon auszugehen, dass die in diesen Messstellen ggf. erfassten grund- bzw. stauwasserführenden Schichten nur eine sehr geringe horizontale Ausdehnung besitzen (Sandlinsen) und hydraulisch weitestgehend isoliert sind. Aufgrund der geringen Mächtigkeit und Ausdehnung dieser Sandlinsen ist selbst im Falle einer möglicher maßnahmenbezogenen Beeinflussung ihrer Wasserführung nicht mit nachteiligen Auswirkungen zu rechnen.

Die an den Messstellen der Vorlaufphase des Monitorings bis Mitte Januar 2010 erfassten Messreihen zum Grund- bzw. Stauwasserstand sowie zur elektrischen Leitfähigkeit sind in den Anlagen 3.1 bis 3.78 dargestellt. An drei Messstellen (GWM_Am_Fährberg_33, GWM_Köhlerberg und GWM_Schule) sind keine Grundwasserstandsmessungen möglich. Für diese Messstellen ist neben der Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit die der Wassertemperatur dargestellt.

Die in den Voruntersuchungen erfolgte hydraulische Zuordnung der Messstellen wurde durch die erfassten Wasserstandsentwicklungen sowie durch die Pumpstest im Wesentlichen bestätigt. Das Auswertungsergebnis geht aus der Spalte „hydraulische Zuordnung“ der Tab. 1 hervor. Eine direkte hydraulische Wechselwirkung zwischen dem Grundwasserstand in der Messstelle und dem Kanalwasserstand ist ggf. in der Spalte „mittlerer Wasserstand“ vermerkt.

Die vorliegenden und in den Untersuchungen verwendeten Angaben zu den Messpunkthöhen der Messstellen besitzen eine Genauigkeit von 0,1 Metern. In einigen Grundwasser-messstellen wurde ein im Vergleich zum Kanalwasserstand nur geringfügig höheres Potenzial gemessen. Zur sicheren Interpretation der Strömungsrichtung des Grundwassers ist für diese Messstellen eine genaue Einmessung der Messpunkthöhen erforderlich. Eine Einmessung wird für die folgenden Messstellen empfohlen, die eine Potenzialdifferenz von 0,5 m oder weniger zum Kanalwasserstand aufweisen:

GWM_01	GWM_10	GWM_43/1	GWM_47/2
GWM_04	GWM_15	GWM_45/2	GWM_48
GWM_06/1	GWM_42/1	GWM_47/1	GWM_51

Messstelle	hydraulische Zuordnung	hydrogeol. Situation, Anmerkungen	mittlerer Wasserstand (S) = starke Schwankungen (NOK) = Einfluss durch Wasserstand NOK	mittlere elektr. Leitfähigkeit (S) = starke Schwankungen	Eignung der Messstelle für das Monitoring				
					A	B	C	D	E
GWM_01	Grundwasser	GWL reicht vermutlich nicht unter Sohle des NOK, Einmessung erforderlich	0,3 m NN (NOK)	725 µS/cm	ja	ja	nein	ja	1, 7
GWM_02	Stauwasser	Stauwasserleiter oberhalb Wasserstand NOK	5,5 m NN (S)	800 µS/cm	ja	nein	ja	nein	
GWM_03/1	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK	2,3 m NN	810 µS/cm	ja	ja	nein	ja	1, 7
GWM_03/2	Stauwasser	Stauwasserleiter oberhalb Wasserstand NOK, nahegelegene Bebauung	8,3 m NN (S)	800 µS/cm	ja	nein	ja	nein	
GWM_04	Grundwasser	Einmessung erforderlich	0,3 m NN (NOK)	950 µS/cm	ja	ja	nein	ja	8
GWM_06/1	Grundwasser	GWL reicht vermutlich nicht unter Sohle des NOK, im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK, Einmessung erforderlich	0,5 m NN	750 µS/cm	ja	ja	nein	ja	9
GWM_06/2	Stauwasser	Filterstellung in Sandlinse, keine hydraulische Anbindung an den GWL, elektr. Leitfähigkeit bei ca. 750 µS/cm, großer Abstand zwischen Potenzial und GOK, bindige Schichten oberhalb Sandlinse	7,4 m NN (S)	780 µS/cm	nein				
GWM_07	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	2,5 m NN (S)	900 µS/cm (S)	nein				
GWM_08	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	4,2 m NN (S)	1.350 µS/cm	nein				
GWM_09	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK, vorhabensbezogen Anschluss an GWL möglich (somit ggf. relevant für alten Eiderkanal-Abschnitt/ Brunnen), Einmessung erforderlich	1,4 m NN	1.250 µS/cm (S)	ja	ja	nein	ja	10, 11, 12
GWM_10	Grundwasser	Einmessung erforderlich	0,1 m NN (NOK)	1.030 µS/cm	ja	ja	nein	ja	10, 11, 12

Tab.1: Ergebnisse der Vorlaufphase des Grundwassermonitorings

Messstelle	hydraulische Zuordnung	hydrogeol. Situation, Anmerkungen	mittlerer Wasserstand (S) = starke Schwankungen (NOK) = Einfluss durch Wasserstand NOK	mittlere elektr. Leitfähigkeit (S) = starke Schwankungen	Eignung der Messstelle für das Monitoring				
					A	B	C	D	E
GWM_11	Stauwasser	Stauwasserleiter oberhalb Wasserstand NOK, bindige Schichten oberhalb Stauwasserleiter	3,4 m NN	8.40 µS/cm	nein				
GWM_12/1	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK, Messwerte zur Leitfähigkeit z.T. unplausibel	1,6 m NN (NOK)	1.250 µS/cm	ja	ja	nein	ja	13, 14, 15, 75, 76
GWM_12/2	Grundwasser	Die hydraulische Situation ist vergleichbar mit der der Messstelle GWM 12/1	1,1 m NN	1.300 µS/cm	nein				
GWM_13	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	5,5 m NN (S)	950 µS/cm (S)	nein				
GWM_14/1	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK	1,0 m NN	1.100 µS/cm (S)	ja	ja	nein	ja	13, 14, 15, 75, 76
GWM_14/2	Grundwasser	sehr geringmächtige (0,2 m) wasserführende Schicht im Filterbereich, hydraulische Zuordnung nicht sicher möglich	1,5 m NN (S)	350 µS/cm (S)	nein				
GWM_15	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK, sehr geringmächtige (0,3 m) wasserführende Schicht im Filterbereich	0,5 m NN (NOK)	800 µS/cm (S)	ja	ja	nein	ja	
GWM_16/1	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK, 2 Einzelmessungen T über 14°C vermutlich Messfehler	1,4 m NN	850 µS/cm (S)	ja	ja	nein	ja	
GWM_16/2	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	1, 0 m NN (S)	1.200 µS/cm (S)	nein				

Tab.1: Ergebnisse der Vorlaufphase des Grundwassermonitorings

Messstelle	hydraulische Zuordnung	hydrogeol. Situation, Anmerkungen	mittlerer Wasserstand (S) = starke Schwankungen (NOK) = Einfluss durch Wasserstand NOK	mittlere elektr. Leitfähigkeit (S) = starke Schwankungen	Eignung der Messstelle für das Monitoring				
					A	B	C	D	E
GWM_17	Grundwasser	elektr. Leitfähigkeit sehr konstant, Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	2,2 m NN (NOK)	750 µS/cm	ja	ja	nein	ja	16, 17, 18
GWM_19	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	5,7 m NN	4.500 µS/cm	nein				
GWM_20	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	6,7 m NN (S)	3.000 µS/cm	nein				
GWM_21	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	5,0 m NN (S)	1.100 µS/cm (S)	nein				
GWM_22	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	5,5 m nn (S)	760 µS/cm	nein				
GWM_23	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	6,2 m NN (S)	1.160 µS/cm (S)	nein				
GWM_24	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	5,0 m NN (S)	1.040 µS/cm	nein				
GWM_25	Grundwasser	geringmächtige (1m) wasserführende Schicht im Filterbereich, Schicht hält nach Bohrungen nicht bis zum NOK aus	6,5 m NN	660 µS/cm	nein				
GWM_27	Grundwasser	starke Wasserstandsschwankung, Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	6,0 m NN (S)	690 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_28	Grundwasser	Anschnitt des GWL durch Maßnahme möglich,	6,8 m NN	810 µS/cm	ja	ja	nein	nein	

Tab.1: Ergebnisse der Vorlaufphase des Grundwassermonitorings

Messstelle	hydraulische Zuordnung	hydrogeol. Situation, Anmerkungen	mittlerer Wasserstand (S) = starke Schwankungen (NOK) = Einfluss durch Wasserstand NOK	mittlere elektr. Leitfähigkeit (S) = starke Schwankungen	Eignung der Messstelle für das Monitoring				
					A	B	C	D	E
GWM_31	Stauwasser	Stauwasserleiter oberhalb Wasserstand NOK	9,5 m NN (S)	760 µS/cm	ja	nein	ja	nein	
GWM_32	Stauwasser	Stauwasserleiter oberhalb Wasserstand NOK, elektr. Leitfähigkeit bei ca. 820 µS/cm	10,2 m NN (S)	820 µS/cm	ja	nein	ja	nein	
GWM_33	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	5,0 m NN (S)	1.600 µS/cm (S)	nein				
GWM_34	Geringleiter	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	6,4 m NN (S)	1.600 µS/cm (S)	nein				
GWM_35	Stauwasser	keine wasserführende Schichten im Filterbereich, keine hydraulische Anbindung an den GWL	7, 0 m NN (S)	1.120 µS/cm	nein				
GWM_36/1	Grundwasser	im Istzustand stark eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK	2,2 m NN (S)	1.350 µS/cm	ja	ja	nein	nein	
GWM_36/2	Stauwasser	Filterstellung in Auffüllungsmaterial, Zuordnung nicht eindeutig möglich	6,4 m NN	1.350 µS/cm (S)	nein				
GWM_37	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK, Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	2,5 m NN	1.010 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_38	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK	3,6 m NN	1.360 µS/cm	ja	ja	nein	nein	
GWM_41/1	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK, Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	2,2 m NN	1.580 µS/cm	ja	ja	nein	ja	

Tab.1: Ergebnisse der Vorlaufphase des Grundwassermonitorings

Messstelle	hydraulische Zuordnung	hydrogeol. Situation, Anmerkungen	mittlerer Wasserstand (S) = starke Schwankungen (NOK) = Einfluss durch Wasserstand NOK	mittlere elektr. Leitfähigkeit (S) = starke Schwankungen	Eignung der Messstelle für das Monitoring				
					A	B	C	D	E
GWM_41/2	Stauwasser	Hydraulik: SW Beschaffenheit: hohe Lf Konsequenzen: bleibt	4,8 m NN	1.360 µS/cm	ja	nein	ja	nein	
GWM_42/1	Grundwasser	Einmessung erforderlich	0,3 m NN (NOK)	1.010 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_42/2	Stauwasser	trotz geringmächtiger Trennschicht hydraulisch von 42_1 und möglicher Verbindung über den NOK weitgehend unabhängig	1,9 m NN	1.280 µS/cm	ja	nein	ja	nein	
GWM_43/1	Grundwasser	Einmessung erforderlich, geringe elektr. Leitfähigkeit, Einmessung erforderlich	0,3 m NN (NOK)	540 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_43/2	Grundwasser	vermutlich nur lokal Trennschicht zwischen 43/1 und 43/2	0,9 m NN	950 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_45/1	Grundwasser	45/1 und 45/2 vermutlich über NOK eingeschränkt hydraulisch verbunden	1,3 m NN	860 µS/cm (S)	ja	ja	nein	ja	
GWM_45/2	Grundwasser	45/1 und 45/2 vermutlich über NOK eingeschränkt hydraulisch verbunden, Einmessung erforderlich	0,5 m NN (NOK)	750 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_46	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK, Wasserstandsschwankung auffällig gering	1,4 m NN	1.000 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_47/1	Grundwasser	Einmessung erforderlich	0,2 m NN (NOK)	930 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_47/2	Grundwasser	Einmessung erforderlich	0,5 m NN (NOK)	950 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_48	Grundwasser	Einmessung erforderlich	0,2 m NN (NOK)	990 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_49	Grundwasser	eher geringe Anbindung an den NOK (Basis GWL bei ca. 0,1 m NN)	1,5 m NN	1.370 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_50	Stauwasser	Stauwasserhorizont auch in Bohrung B45 nachgewiesen	14,5 m NN	880 µS/cm	ja	nein	ja	nein	
GWM_51	Grundwasser	Einmessung erforderlich	0,3 m NN (NOK)	970 µS/cm	ja	ja	nein	ja	10, 11, 12

Tab.1: Ergebnisse der Vorlaufphase des Grundwassermonitorings

Messstelle	hydraulische Zuordnung	hydrogeol. Situation, Anmerkungen	mittlerer Wasserstand (S) = starke Schwankungen (NOK) = Einfluss durch Wasserstand NOK	mittlere elektr. Leitfähigkeit (S) = starke Schwankungen	Eignung der Messstelle für das Monitoring				
					A	B	C	D	E
GWM_52	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK, Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	5,6 m NN	1.000 µS/cm	ja	ja	nein	ja	28
GWM_53	Grundwasser	die Messergebnisse zu W und Lf deuten auf eine Potenzialumkehr und eine Versalzung des GWL hin, Einmessung erforderlich	0,3 m NN (NOK)	1.000 µS/cm (S)	ja	ja	nein	ja	
GWM_54	Grundwasser		0,7 m NN	1.500 µS/cm (S)	ja	ja	nein	ja	
GWM_55	Grundwasser		0,4 m NN	1.250 µS/cm (S)	ja	ja	nein	ja	
GWM_56	Stauwasser	Stauwasserleiter oberhalb Wasserstand NOK, nahegelegene Bebauung	4,8 m NN	830 µS/cm	ja	nein	ja	nein	
GWM_58/1	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK, Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	3,8 m NN	960 µS/cm	ja	ja	nein	ja	10, 11, 12
GWM_58/2	Stauwasser	Stauwasserleiter oberhalb Wasserstand NOK, nahegelegene Bebauung, ggf. relevant für alten Eiderkanal-Abschnitt	4,8 m NN	1.100 µS/cm	ja	nein	ja	nein	
GWM_59/1	Stauwasser	sehr begrenzter Stauwasserleiter, keine Aussagekraft	15,2 m NN	1.300 µS/cm	nein				
GWM_59/2	Grundwasser	Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	5,5 m NN	1.350 µS/cm	ja	ja	nein	ja	28
GWM_60/1	Stauwasser	sehr begrenzter Stauwasserleiter, keine Aussagekraft	13,2 m NN	1.600 µS/cm (S)	nein				

Tab.1: Ergebnisse der Vorlaufphase des Grundwassermonitorings

Messstelle	hydraulische Zuordnung	hydrogeol. Situation, Anmerkungen	mittlerer Wasserstand (S) = starke Schwankungen (NOK) = Einfluss durch Wasserstand NOK	mittlere elektr. Leitfähigkeit (S) = starke Schwankungen	Eignung der Messstelle für das Monitoring				
					A	B	C	D	E
GWM_60/2	Grundwasser	Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	5,6 m NN	1.300 µS/cm	ja	ja	nein	ja	28
GWM_61	Grundwasser	Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	5,8 m NN	1.000 µS/cm	ja	ja	nein	ja	28
GWM_62	Grundwasser	im Istzustand eingeschränkte hydraulische Anbindung an den NOK, Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	2,5 m NN	680 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_63/1	Grundwasser	Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	11,8 m NN	720 µS/cm	ja	ja	nein	ja	33, 34, 35
GWM_63/2	Stauwasser	sehr begrenzter Stauwasserleiter, große Entfernung zur Maßnahme, keine Aussagekraft	18,5 m NN (S)	1.060 µS/cm (S)	nein				
GWM_64	Grundwasser	Potenzial im Istzustand deutlich über Wasserstand NOK (vorhabensbezogene Absenkung möglich)	7,8 m NN	1.090 µS/cm	ja	ja	nein	ja	33, 34, 35
GWM_Am_Fährberg_33	Grundwasser	entspricht Br. 17, nur Messung der elektr. Leitfähigkeit möglich	keine Messung	740 µS/cm	ja	nein	nein	ja	16-25, 71, 73, 80
GWM_Br.2	Grundwasser	allgemeine Überwachung der Grundwassersituation im Spülfeldbereich (Handmessungen)	8,6 m NN	740 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_Br.3a	Grundwasser	allgemeine Überwachung der Grundwassersituation im Spülfeldbereich (Handmessungen), sehr hohe elektr. Leitfähigkeit	2,6 m NN	4.200 µS/cm (S)	ja	ja	nein	ja	

Tab.1: Ergebnisse der Vorlaufphase des Grundwassermonitorings

Messstelle	hydraulische Zuordnung	hydrogeol. Situation, Anmerkungen	mittlerer Wasserstand (S) = starke Schwankungen (NOK) = Einfluss durch Wasserstand NOK	mittlere elektr. Leitfähigkeit (S) = starke Schwankungen	Eignung der Messstelle für das Monitoring				
					A - grundsätzlich geeignet/erforderlich B - Überwachung Grundwasserstand C - Überwachung Stauwasserstand D - Überwachung Salzkonzentration Grundwasser E - Brunnen mit möglichem Bezug				
					A	B	C	D	E
GWM_Br.4	Grundwasser	allgemeine Überwachung der Grundwassersituation im Spülfeldbereich (Handmessungen), sehr hohe elektr. Leitfähigkeit	1,6 m NN	3.300 µS/cm (S)	ja	ja	nein	ja	
GWM_Br.5	Grundwasser	allgemeine Überwachung der Grundwassersituation im Spülfeldbereich (Handmessungen), sehr hohe elektr. Leitfähigkeit	4,8 m NN	4.000 µS/cm (S)	ja	ja	nein	ja	
GWM_Br.6	Grundwasser	allgemeine Überwachung der Grundwassersituation im Spülfeldbereich (Handmessungen), sehr hohe elektr. Leitfähigkeit	3,8 m NN	1.950 µS/cm	ja	ja	nein	ja	
GWM_Köhlerberg	Grundwasser	nur Messung der elektr. Leitfähigkeit möglich	keine Messung	690 µS/cm	ja	nein	nein	ja	19-26, 80
GWM_Schule	Grundwasser	entspricht Br. 20, nur Messung der elektr. Leitfähigkeit möglich	keine Messung	650 µS/cm	ja	nein	nein	ja	20, 21-26

Sofern sich witterungsbedingt oder vorhabensbezogen während des Grundwassermonitorings an weiteren Messstellen ein Grundwasserstand nahe dem Kanalwasserstand einstellt, ist ggf. auch an diesen Messstellen eine Einmessung durchzuführen.

Eine direkte Wechselwirkung zwischen Grund- und Kanalwasserstand durch eine gute hydraulische Anbindung ist beispielsweise in der Gangliniendarstellung zur Messstelle GWM_10 (Anl. 3.11) zu erkennen.

Eine dauerhafte Überwachung des Salzgehalts im Stauwasser ist im Monitoring nicht erforderlich. Die Stauwasserhorizonte liegen meist deutlich über dem Wasserstand des NOK und sind hydraulisch weitgehend isoliert, so dass ein Zustrom von Kanalwasser nicht möglich ist.

In den Grundwassermessstellen liegt die mittlere elektrische Leitfähigkeit etwa zwischen 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 1.580 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Im Bereich des Spülfelds Flemhuder Sand wurden z. T. sehr hohe elektrische Leitfähigkeiten (bis über 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ermittelt (Anl. 3.72 bis 3.76).

Die in der Grundwassermessstelle GWM_53 erfasste Entwicklung des Wasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit könnte eine Umkehrung des Potenzialgefälles und eine damit einhergehende Versalzung des Grundwasserleiters dokumentieren (Anl. 3.56). Bis zum August 2009 strömt das Grundwasser auf den Nord-Ostsee-Kanal zu. Im Zeitraum von September bis zum November 2009 fällt der gemessene Grundwasserstand zeitweise unter das Niveau des Kanalwasserstands, so dass Kanalwasser in den Grundwasserleiter einsickert. Mit dieser Entwicklung geht eine Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit im Grundwasser einher, die durch den Zutritt von Brackwasser aus dem Kanal verursacht sein kann. Zur genaueren Bewertung der Situation in diesem Bereich ist eine exakte Einmessung der Messstelle sowie ein erhöhter Messtakt (Datenlogger) im weiteren Monitoring erforderlich.

Aus den Voruntersuchungen und den Ergebnissen der Vorlaufphase ergibt sich ein Bedarf zusätzlicher Messstellen für die folgenden Phasen des Grundwassermonitorings. So eignet sich beispielsweise nach Auswertung der Bohrprofile und der erfassten Messreihen keine der vorhandenen Messstellen zur Beurteilung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen auf den Wasserstand im alten Eiderkanal. In der Tab. 2 sind die empfohlenen zusätzlichen Messstellen aufgelistet.

Messstelle / Lage	Überwachung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen auf das Grund-, Stau- und Oberflächenwasser
OWM_ Eider-Kanal, Eider-Kanal südlich Rosenkranz	Wasserstand im alten Eider-Kanal und angrenzenden Feuchtbiotopen
GWM_Landwehr_Süd/1, südlicher Fähranleger Landwehr	Grund- und Stauwassersituation im Bereich Landwehr
GWM_Landwehr_Süd/2, südlicher Fähranleger Landwehr	
GWM_Holm	Grundwassersituation im Bereich Holm
GWM_Rajensdorf_Nord, Böschungskante nördlich Rajensdorf	Grundwassersituation im Bereich Rajensdorf
GWM_Ehlers-Berg_West/1, Böschungskante südwestlich Ehlersberg	Grund- und Stauwassersituation im Bereich Ehlersberg (erweiterter Planungsraum)
GWM_Ehlers-Berg_West/2	
GWM_Ehlers-Berg_Mitte/1, Böschungskante südlich Ehlersberg	
GWM_Ehlers-Berg_Mitte/2	
GWM_Ehlers-Berg_Ost/1, Böschungskante südöstlich Ehlersberg	
GWM_Ehlers-Berg_Ost/2	

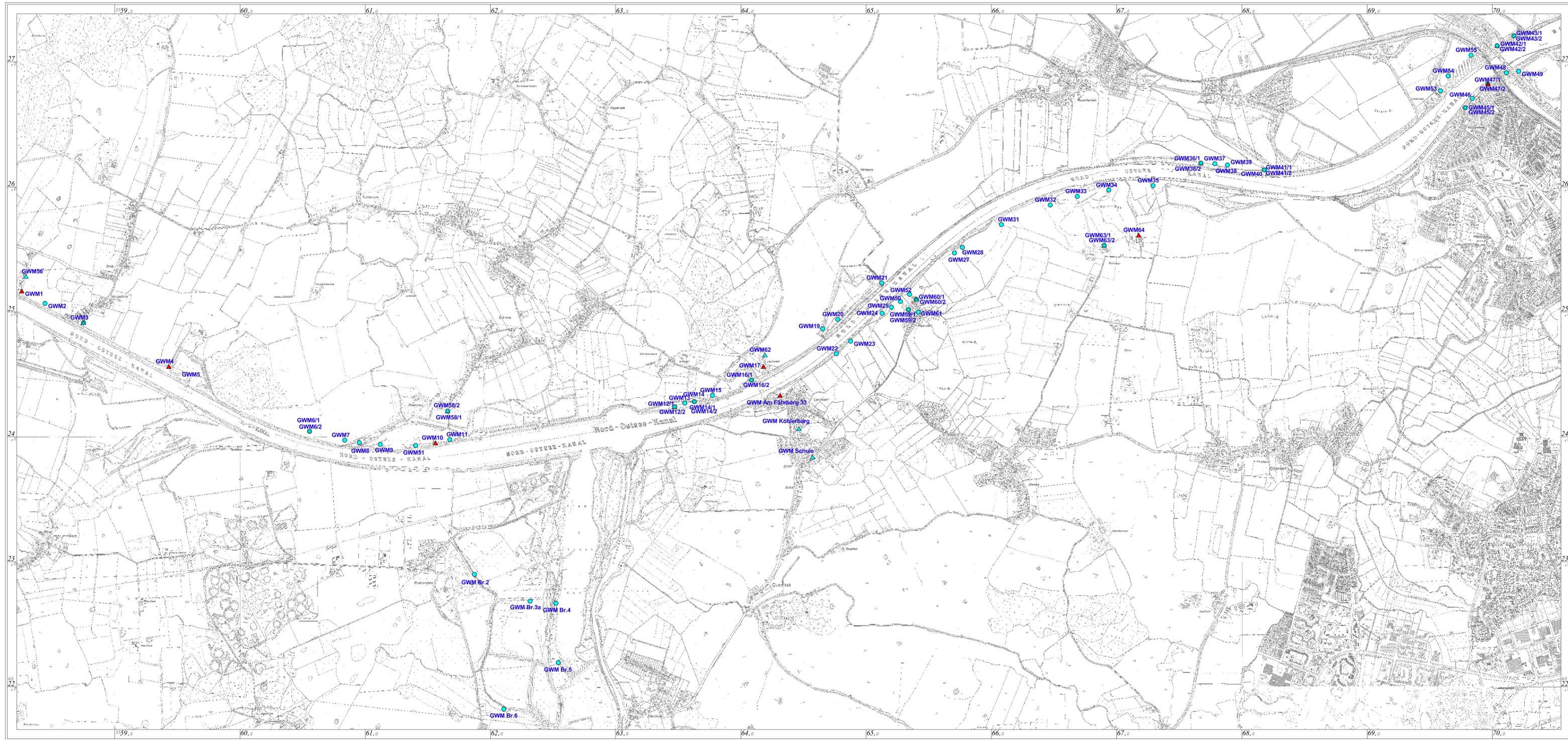
Tab. 2: Empfehlungen zum Messstellenneubau

Die erfassten Wassertemperaturen schwanken im Grundwasser nur sehr wenig und liegen zwischen 9 °C und 11 °C. In der Messstelle GWM_10 wird beispielsweise eine nahezu konstante Wassertemperatur von 9,9 °C gemessen (Anl. 3.11a).

Im Stauwasser sind die gemessenen Temperaturschwankungen durch den geringeren Flurabstand und die schnellere Zusickerung von Niederschlagswasser höher. Die Messwerte liegen im Stauwasser zwischen 4 °C und 15 °C. Die Entwicklung der Wassertemperatur in der Stauwassermessstelle GWM_16/2 (Anl. 3.20a) zeigt beispielhaft einen deutlichen jahreszeitlichen Einfluss auf die Stauwassertemperatur.

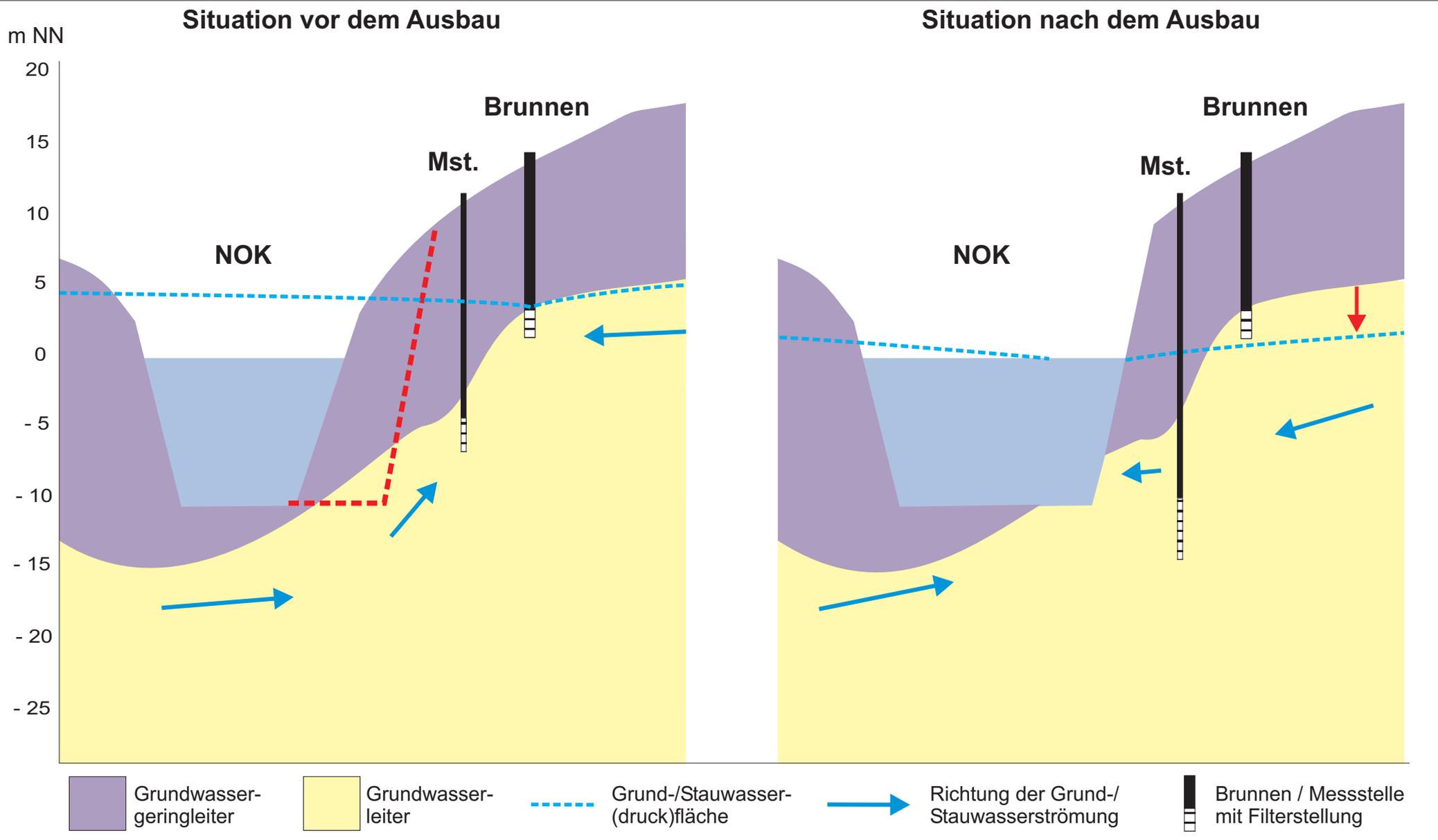
Hamburg, den 20.05.2010

M. Keller
(Projektleiter)

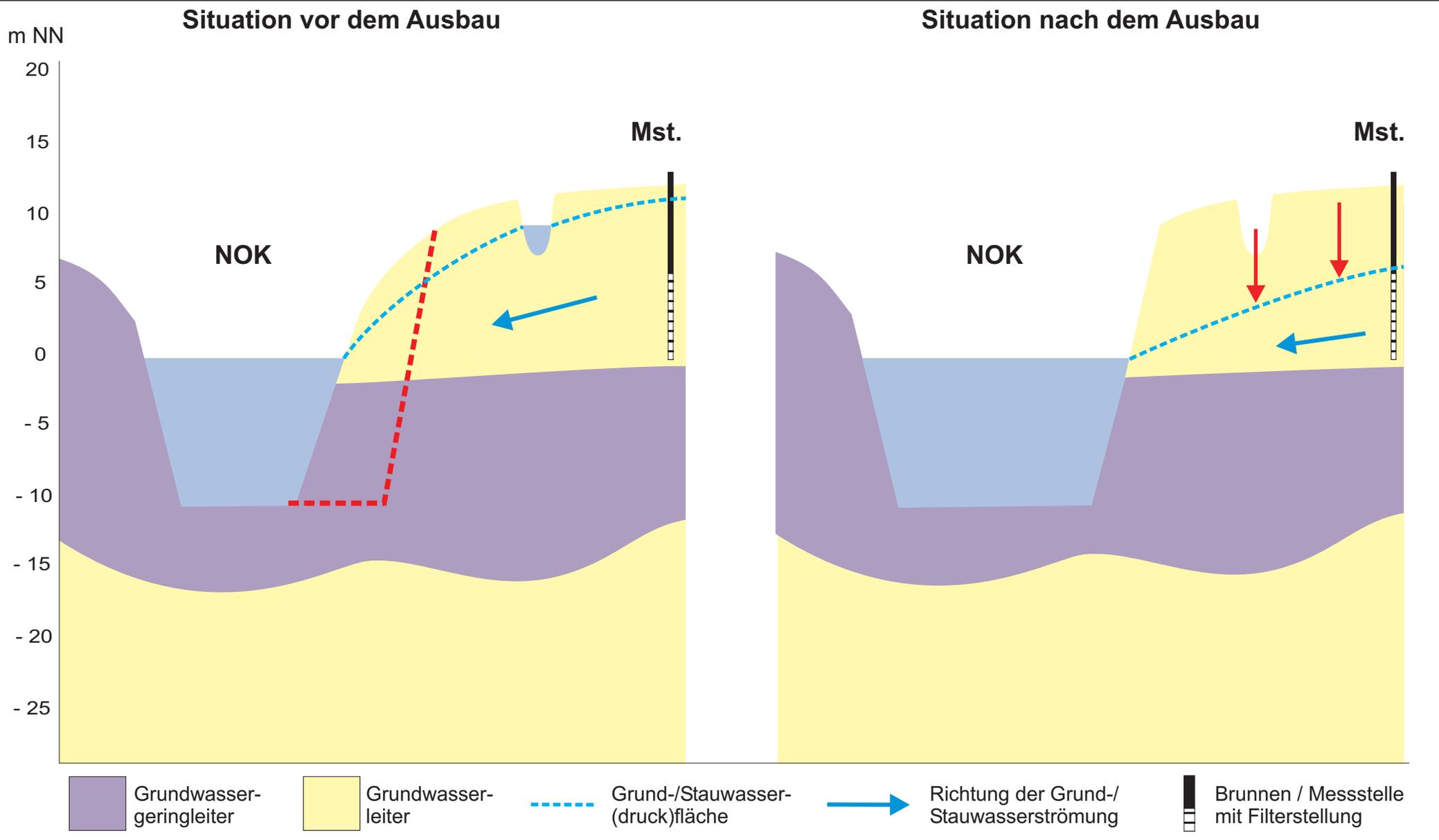


- Zeichenerklärung**
- Messstellen der Vorlaufphase des Grundwassermonitorings
- ▲ 2 x Pumpprobe (Vor-Ort-Parameter und Laboranalytik) und Dauermessung mit Datenlogger (Wasserstand/Leitfähigkeit/Temperatur)
 - ▲ 1 x Pumpprobe (Vor-Ort-Parameter) und Dauermessung mit Datenlogger (Wasserstand/Leitfähigkeit/Temperatur)
 - 1 x Pumpprobe (Vor-Ort-Parameter) und 14-tägig Handmessung (Wasserstand/Leitfähigkeit/Temperatur)

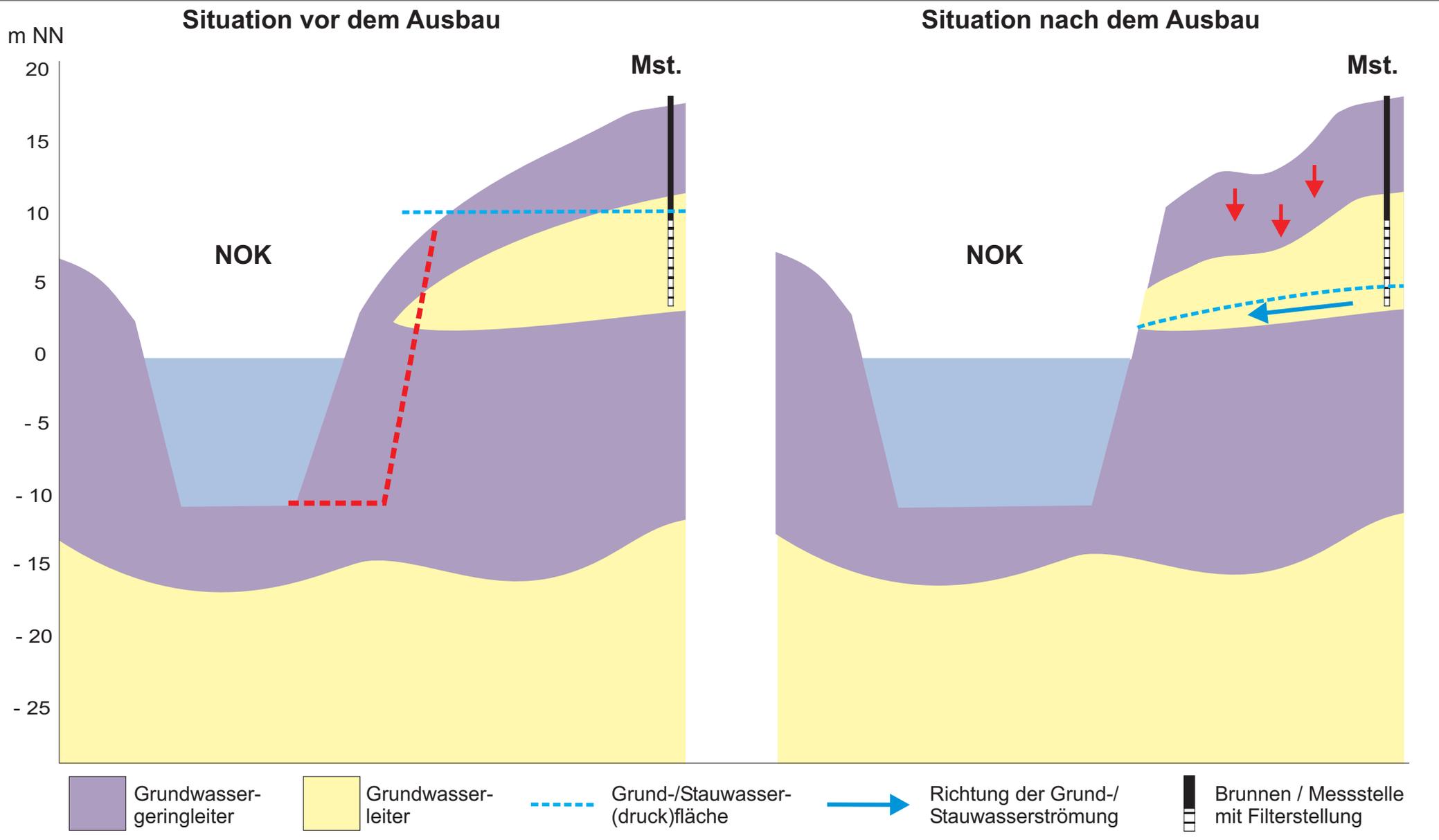
<p>Auftraggeber</p>  <p>Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes Planungsgruppe für den Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals Schleuseninsel 2 24159 Kiel</p>			
<p>Projekt</p> <p>Anpassung der Oststrecke des NOK (231.AbO/9210)</p> <p>Grundwassermonitoring - Ergebnisse der Vorlaufphase</p> <p>Planinhalt</p> <p>Anlage 1: Messstellenlageplan</p>			
Zeichnungsnummer	Maßstab	Blattgröße [cm]	Registrier-Nr.
	1 : 15.000	42,0 x 107,0	



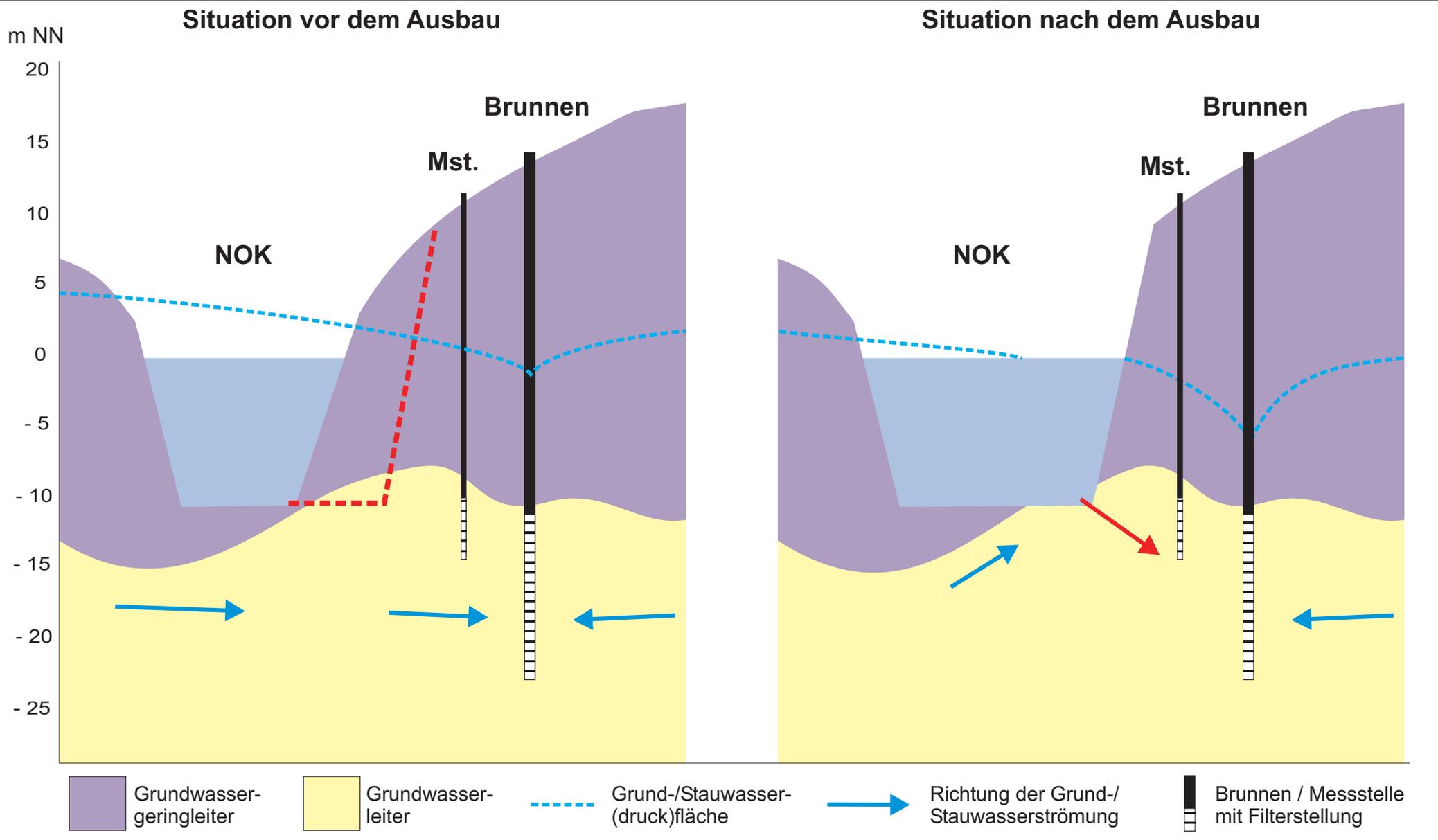
Anl. 2.1: Schematische Darstellung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen auf die Grundwassersituation (Reduktion der Ergiebigkeit von Grundwasserleitern, quantitative Beeinträchtigung von Brunnen)



Anl. 2.2: Schematische Darstellung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen auf die Grundwassersituation (Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt und auf Gewässer)



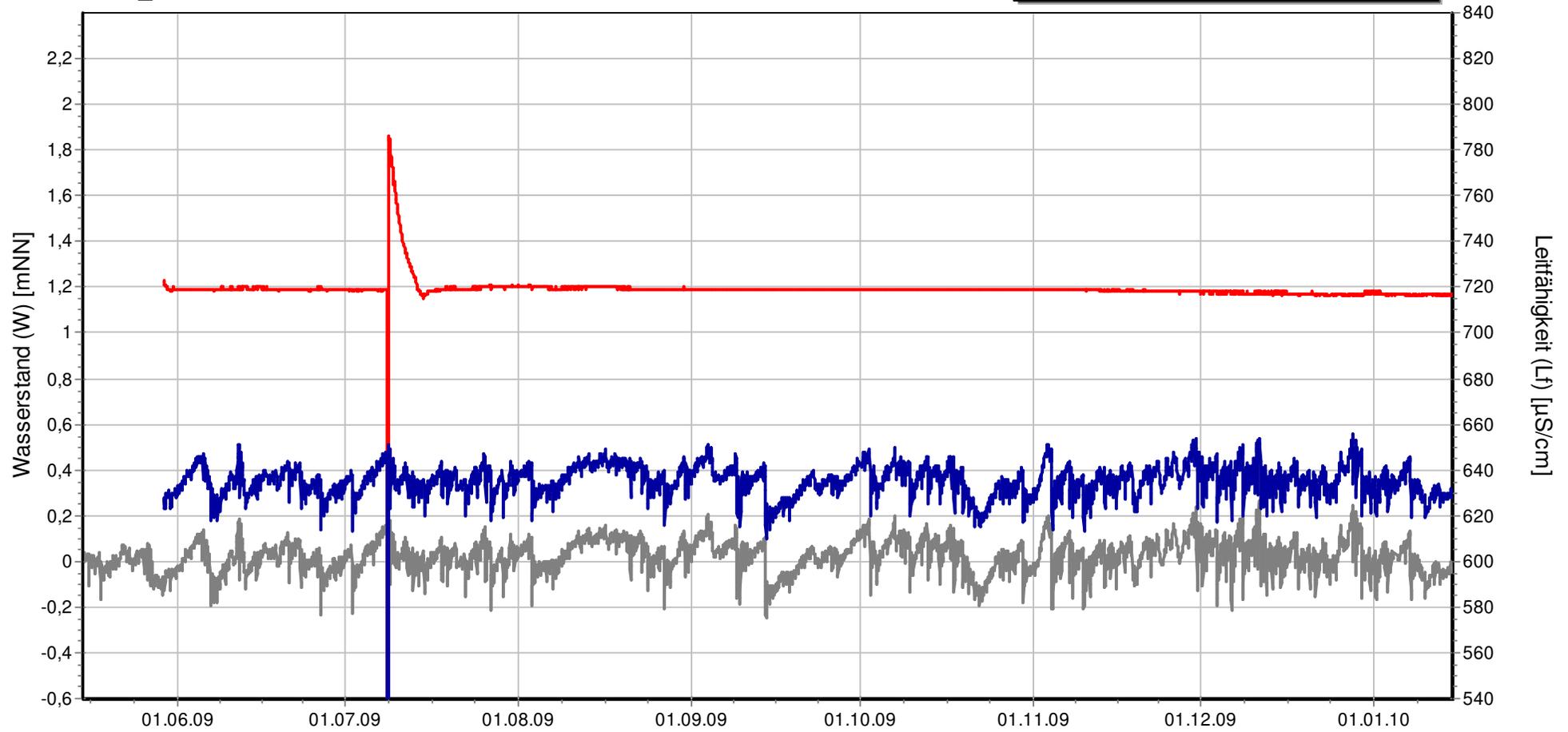
Anl. 2.3: Schematische Darstellung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen auf die Grundwassersituation (Bodensetzungen, Beeinträchtigung von Bauwerken)



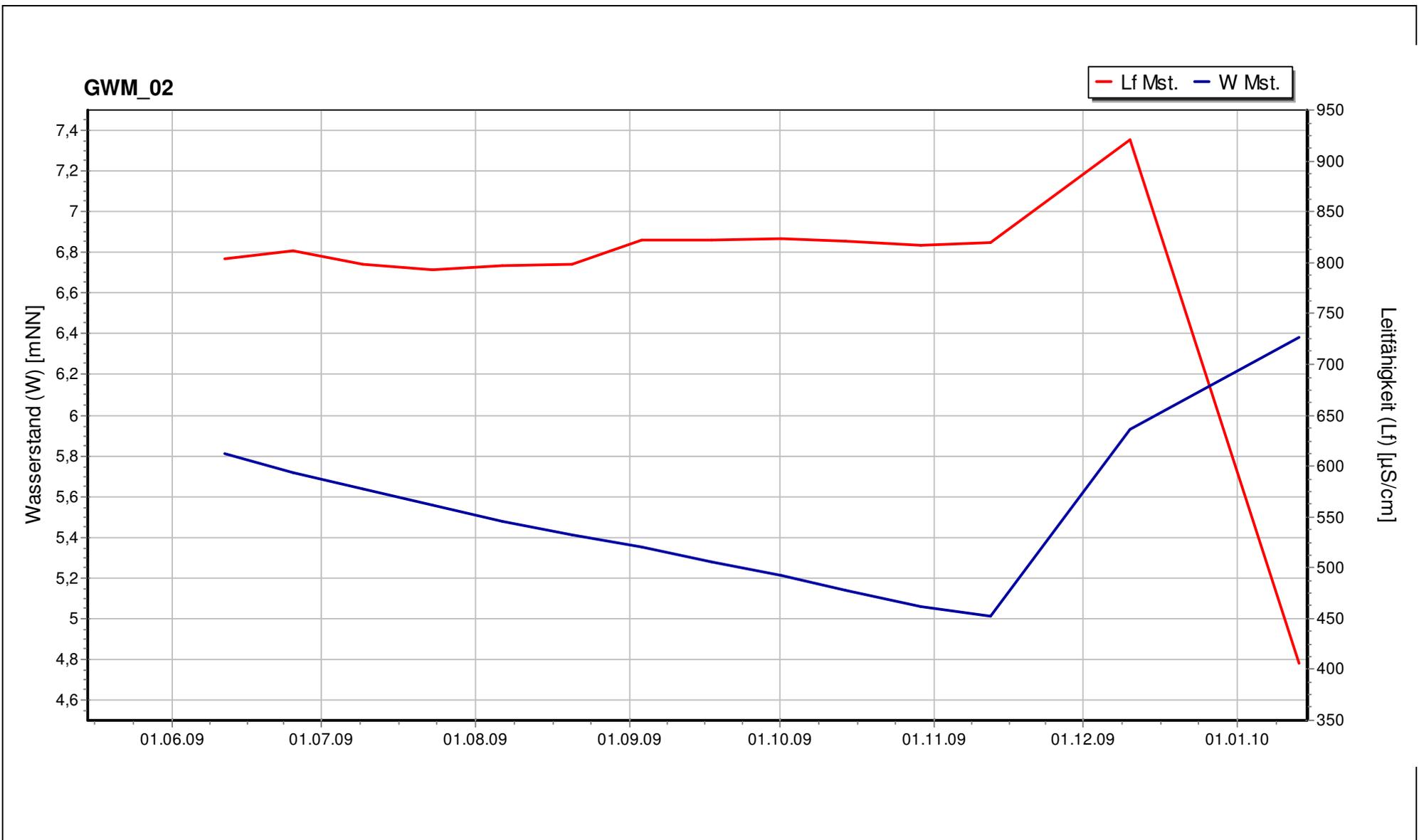
Anl. 2.4: Schematische Darstellung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen auf die Grundwassersituation (Versalzung von Grundwasserleitern, qualitative Beeinträchtigung von Brunnen)

GWM_01

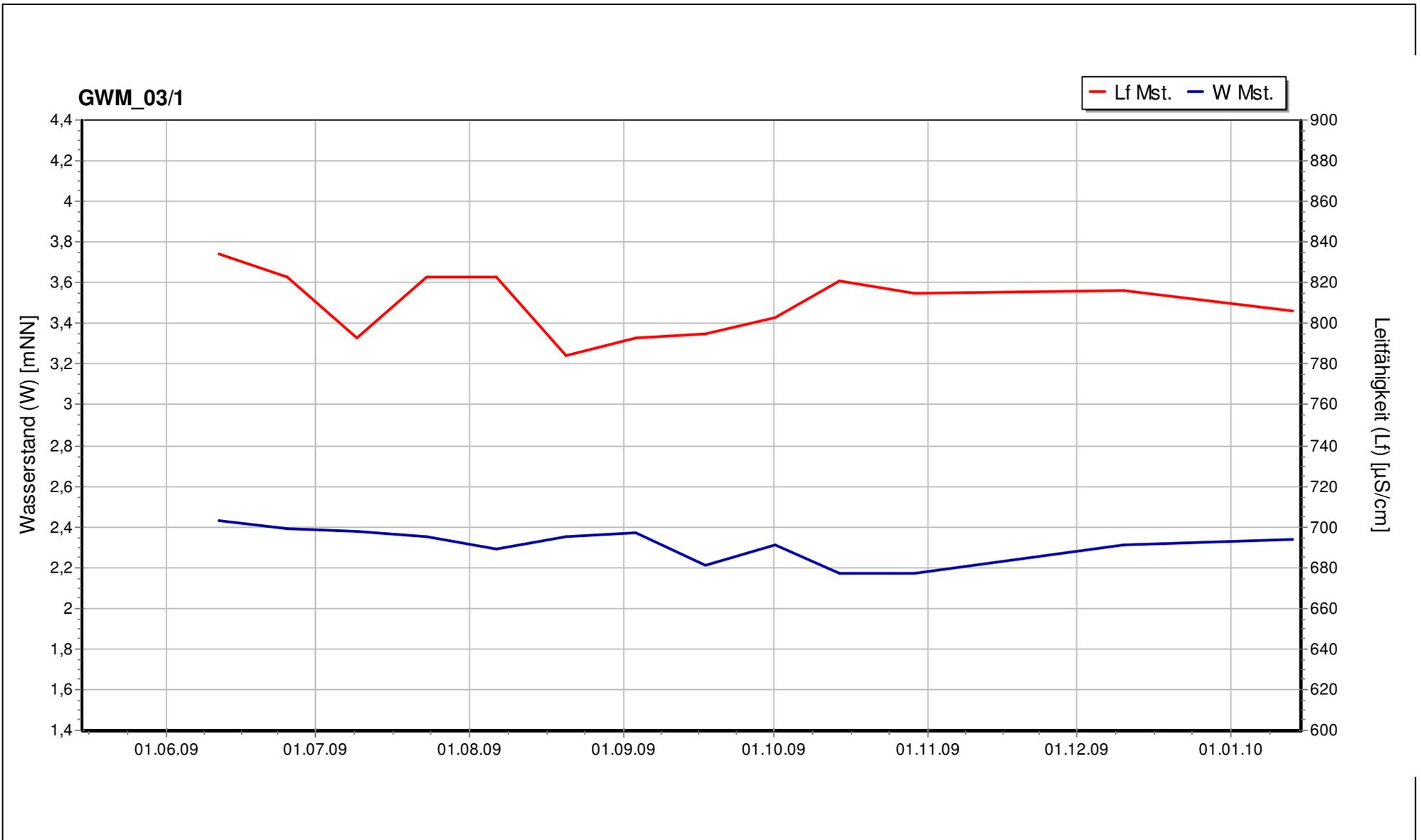
— Lf Mst. — W NOK — W Mst.



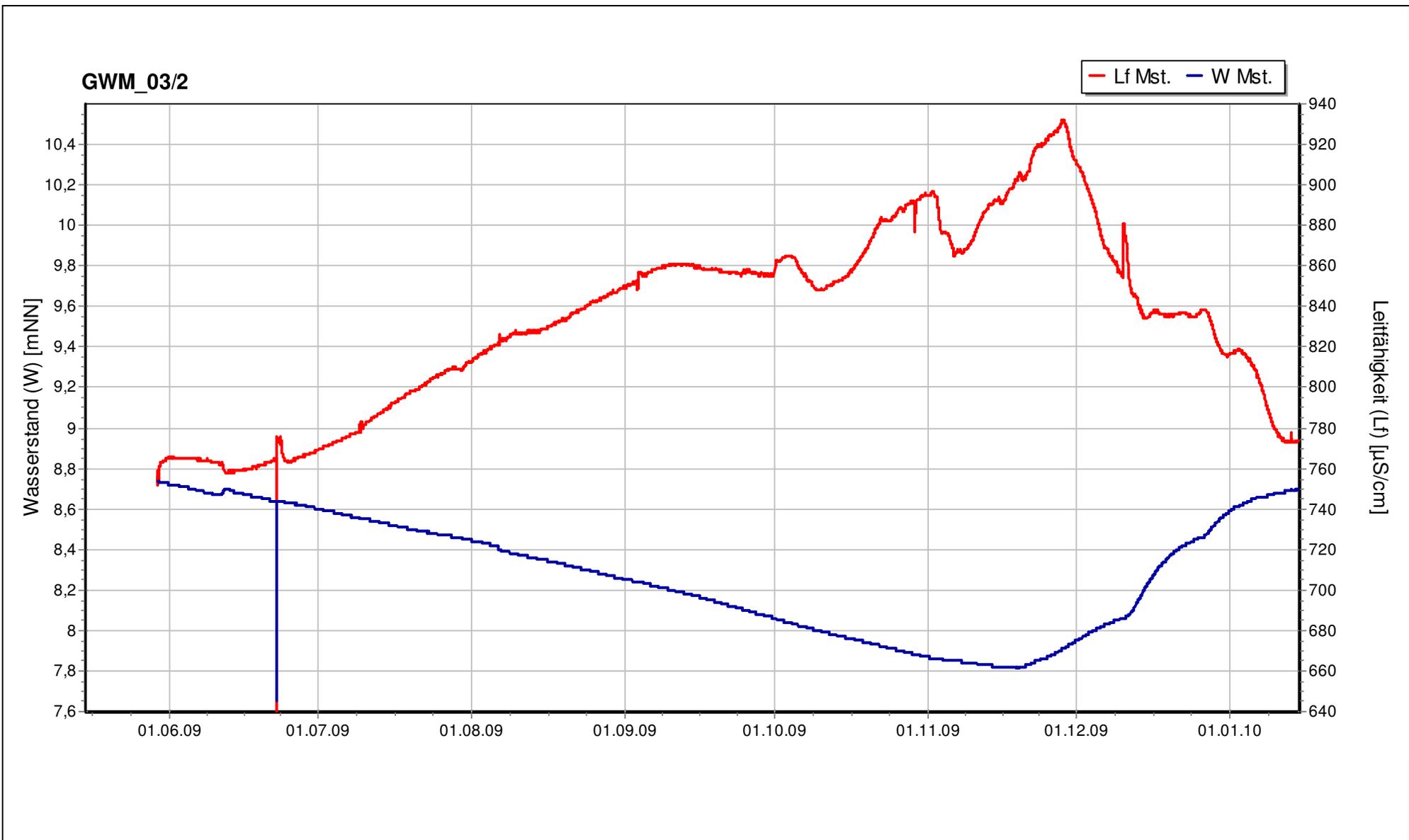
Anl. 3.1: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_1



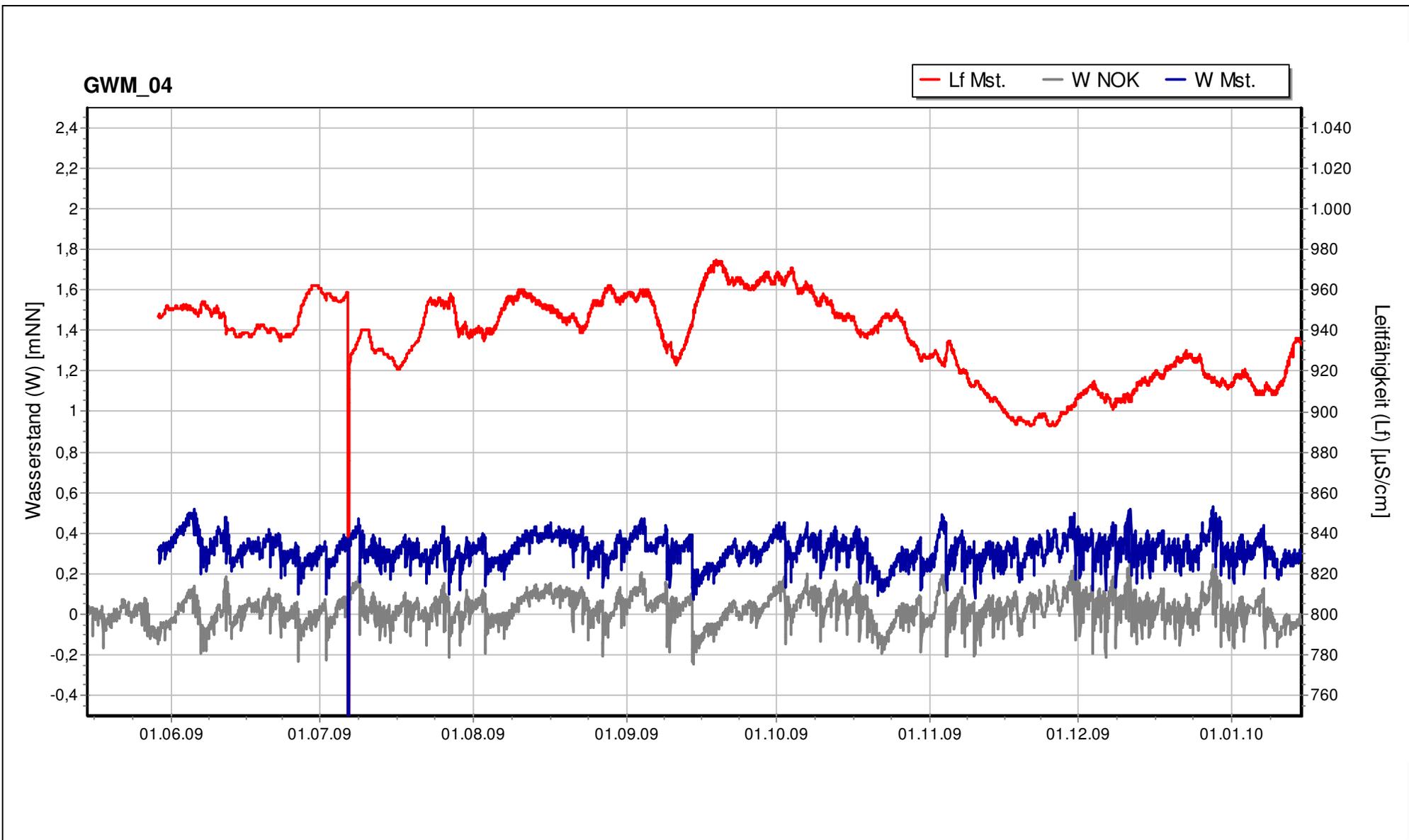
Anl. 3.2: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_2



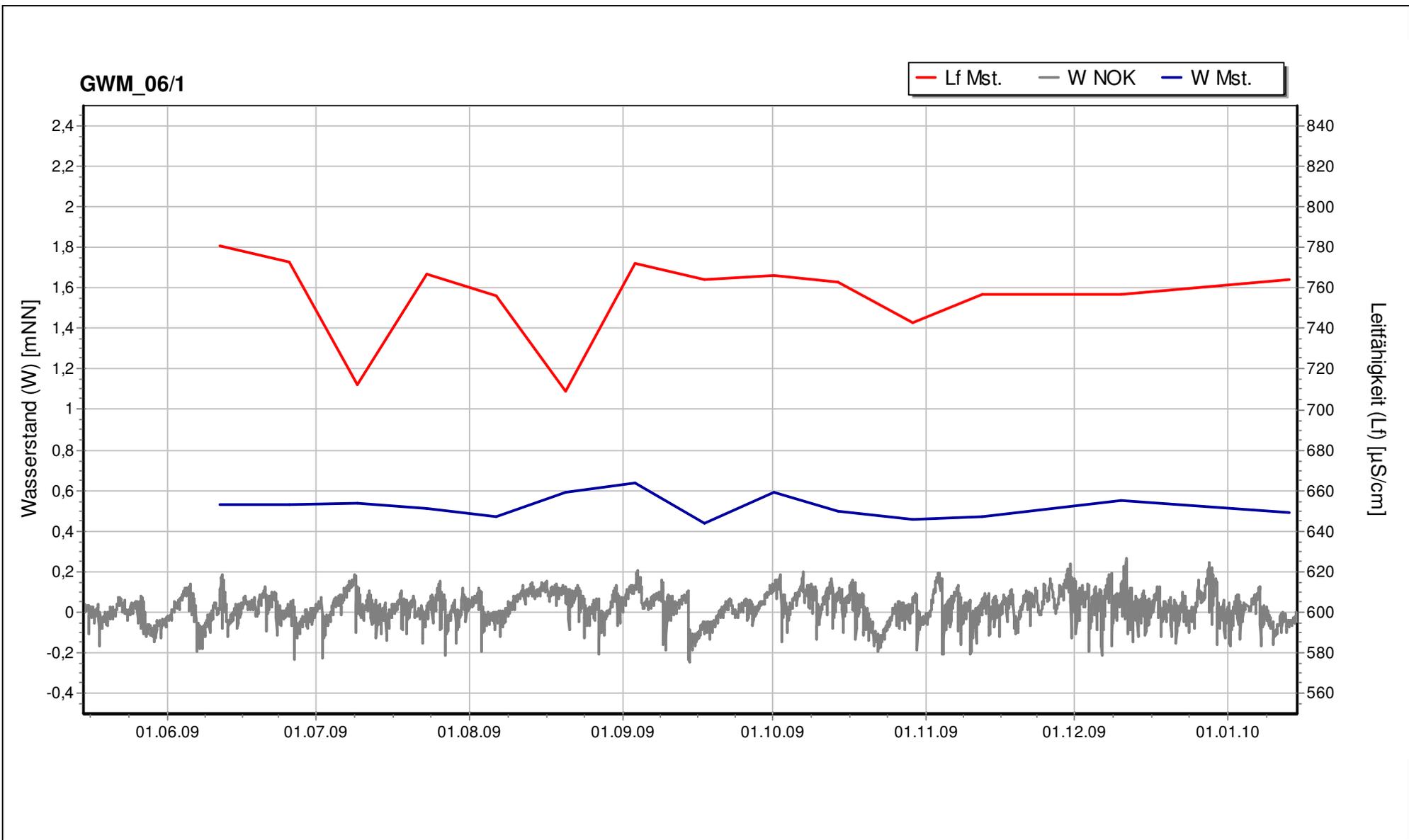
Anl. 3.3: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_3/1



Anl. 3.4: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_3/2



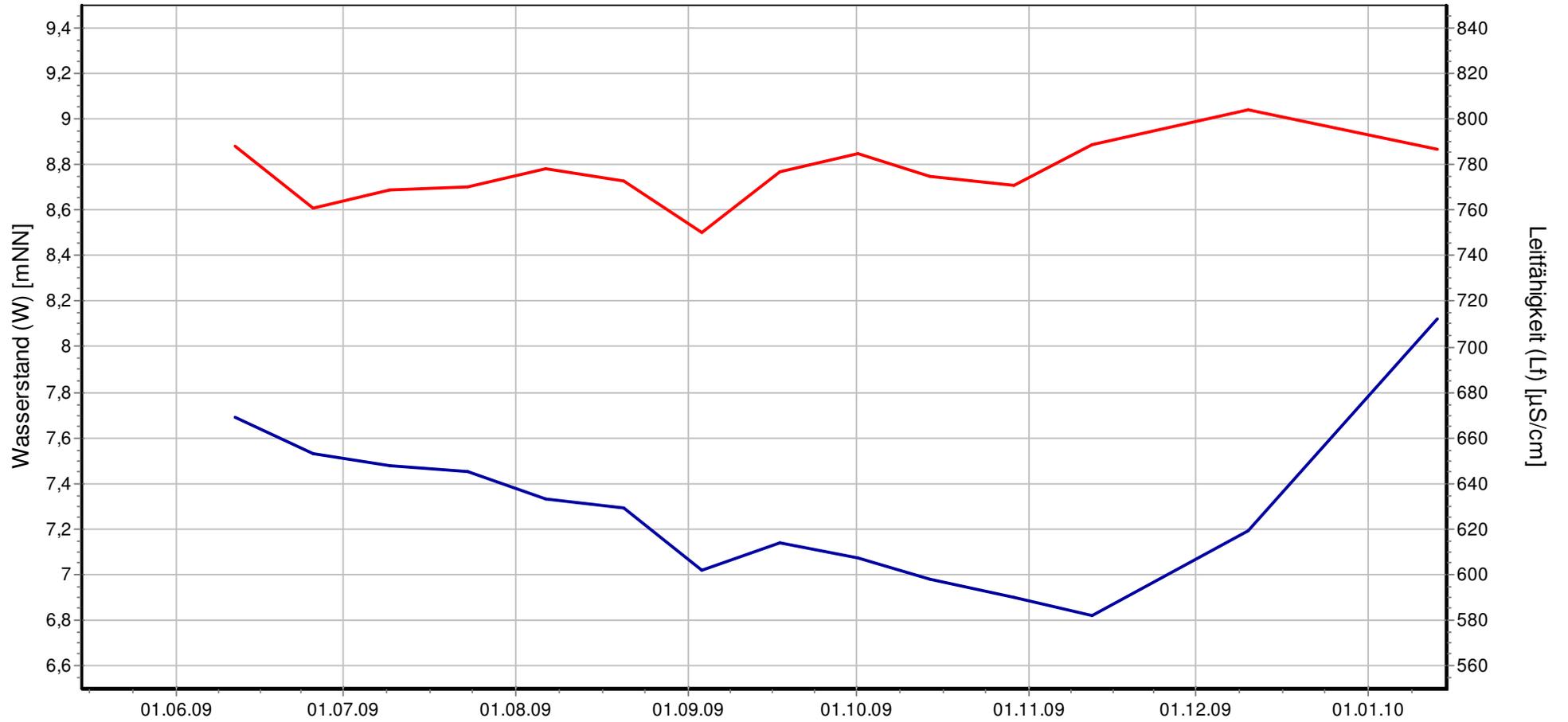
Anl. 3.5: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_4



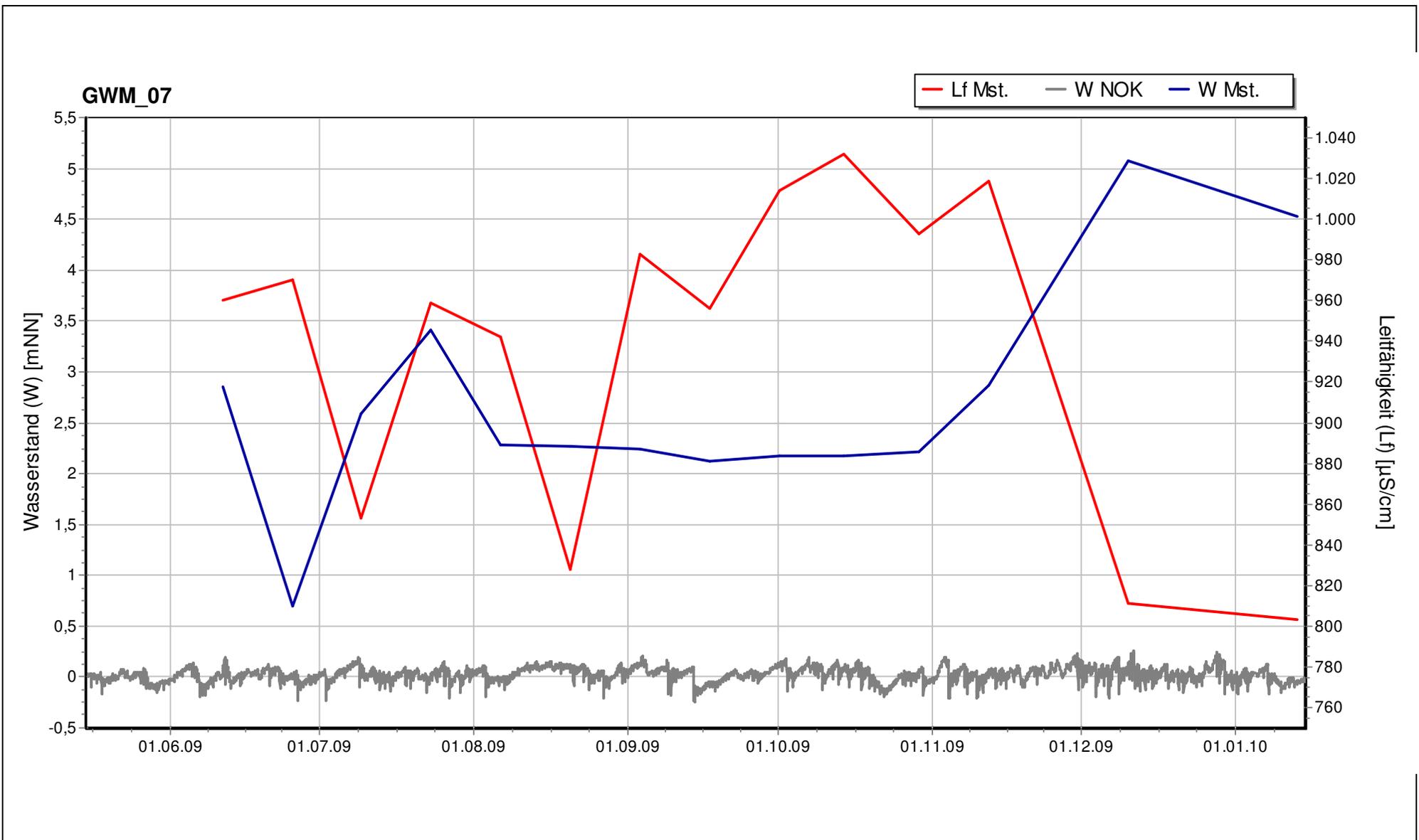
Anl. 3.6: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_6/1

GWM_06/2

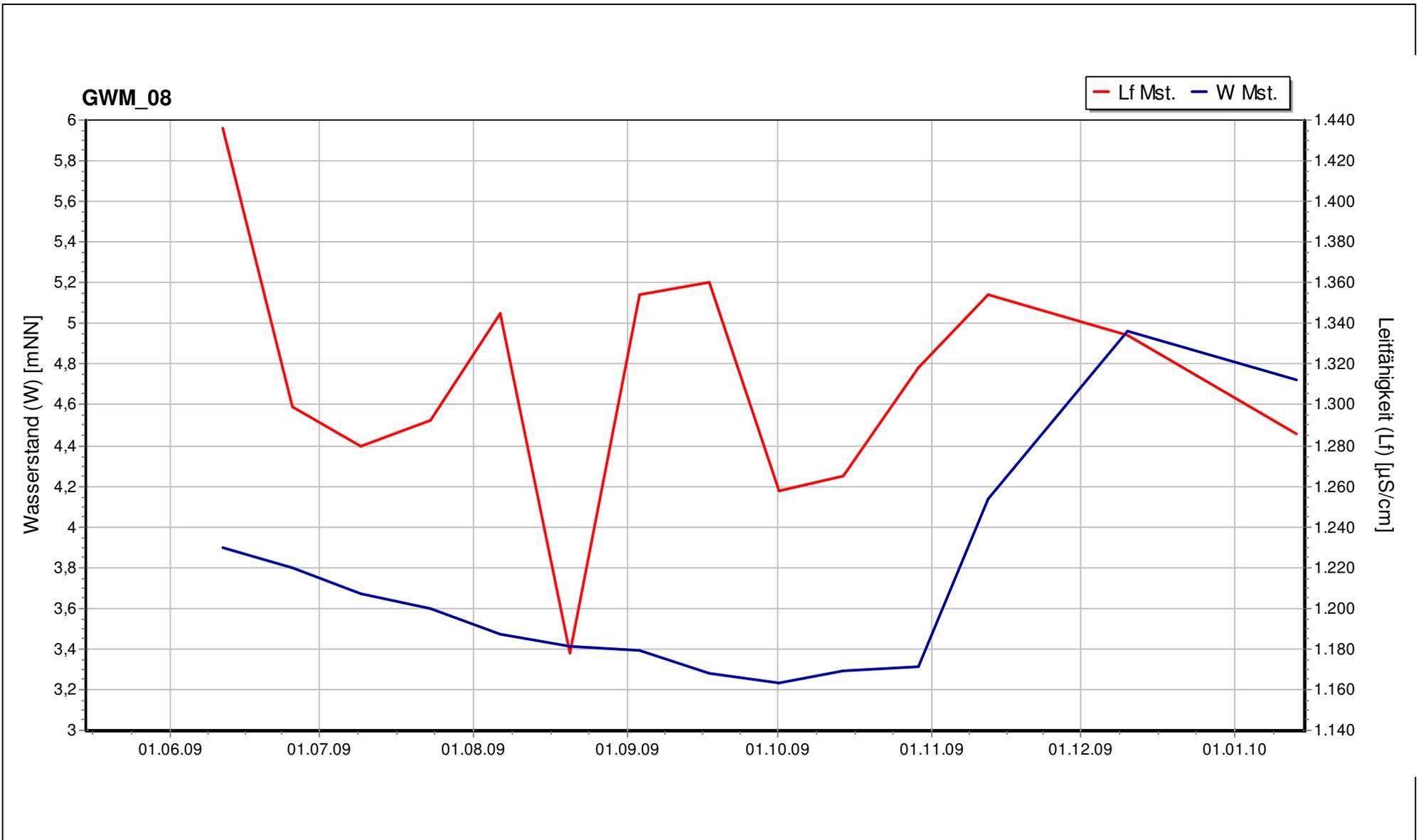
— Lf Mst. — W Mst.



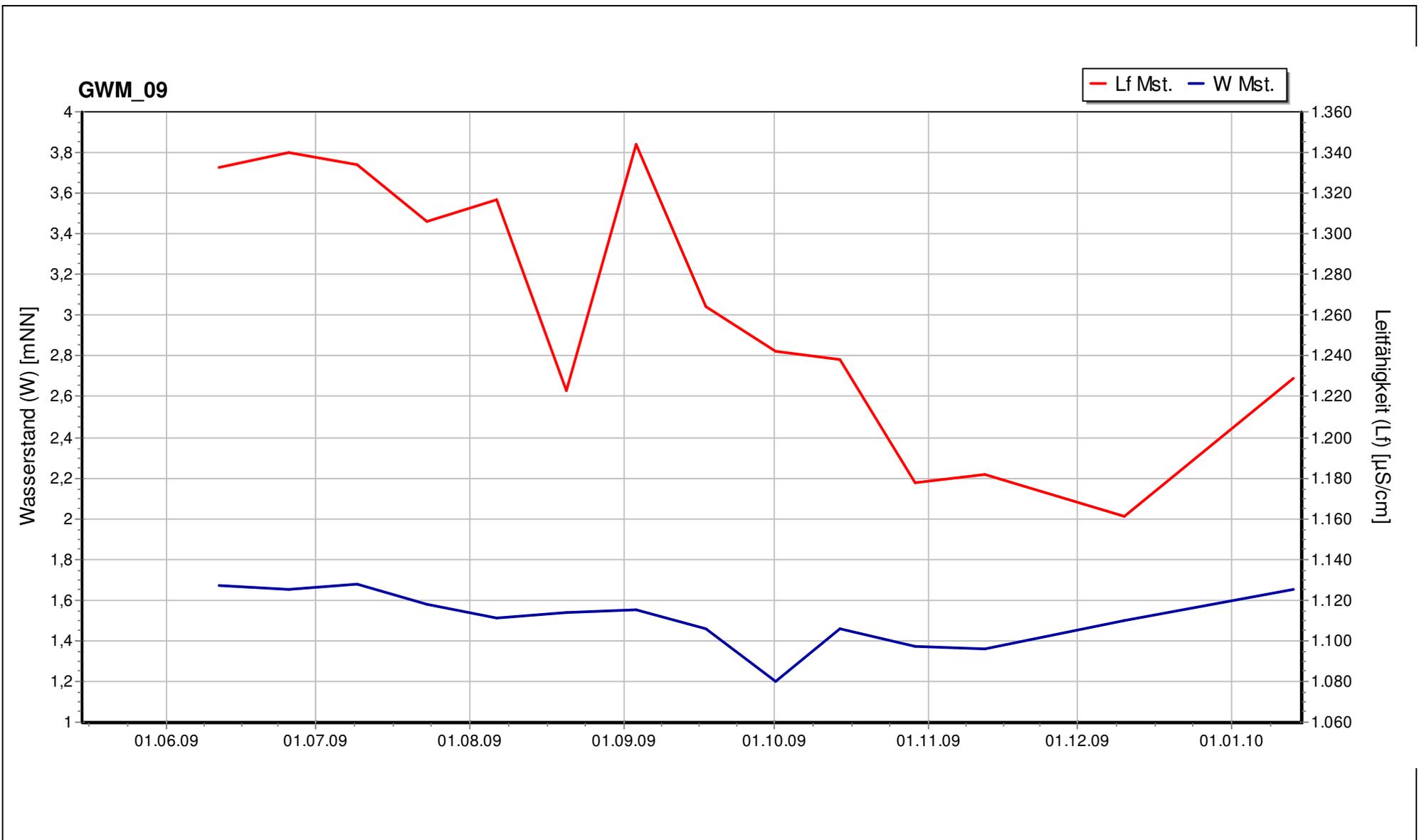
Anl. 3.7: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_6/2



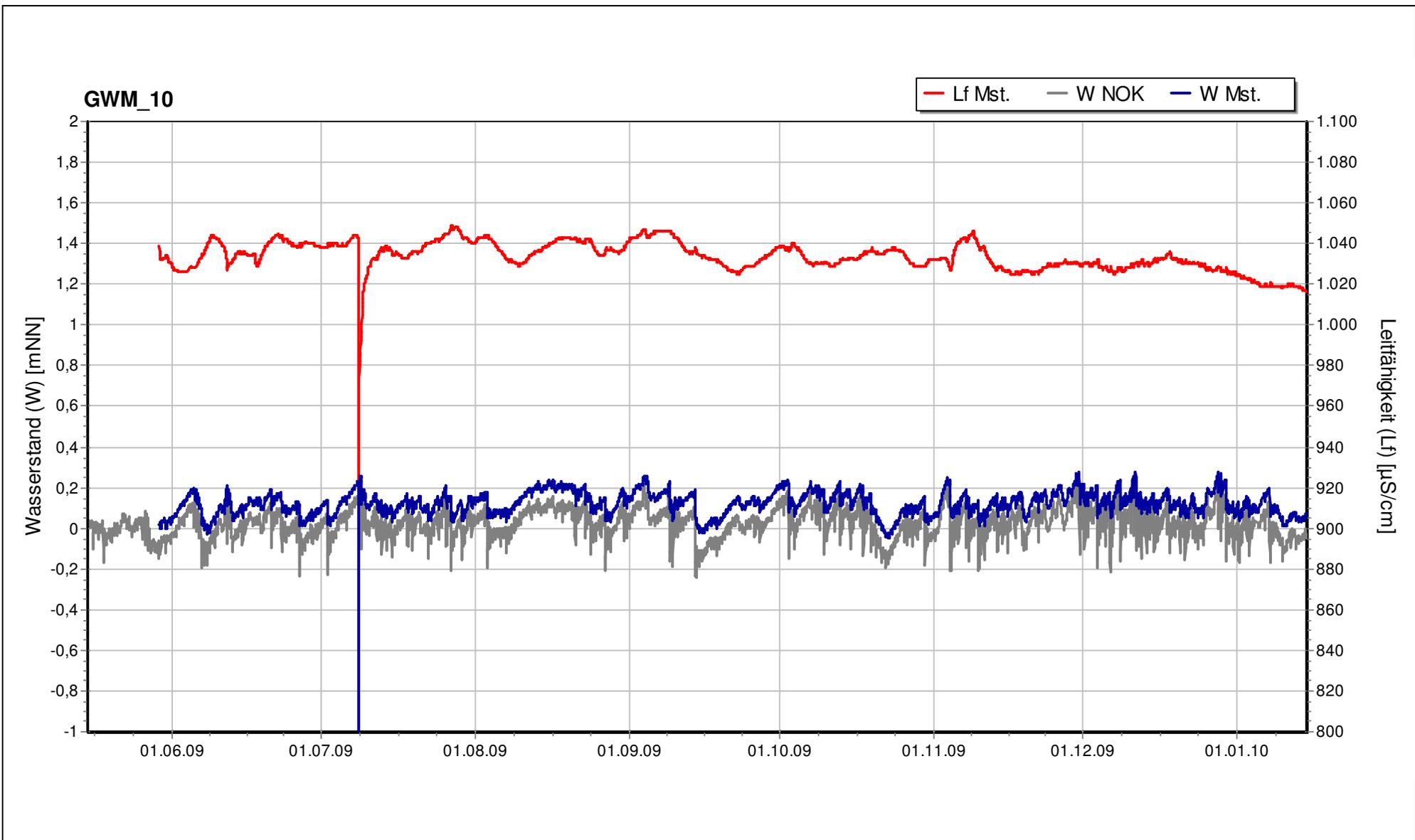
Anl. 3.8: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_7



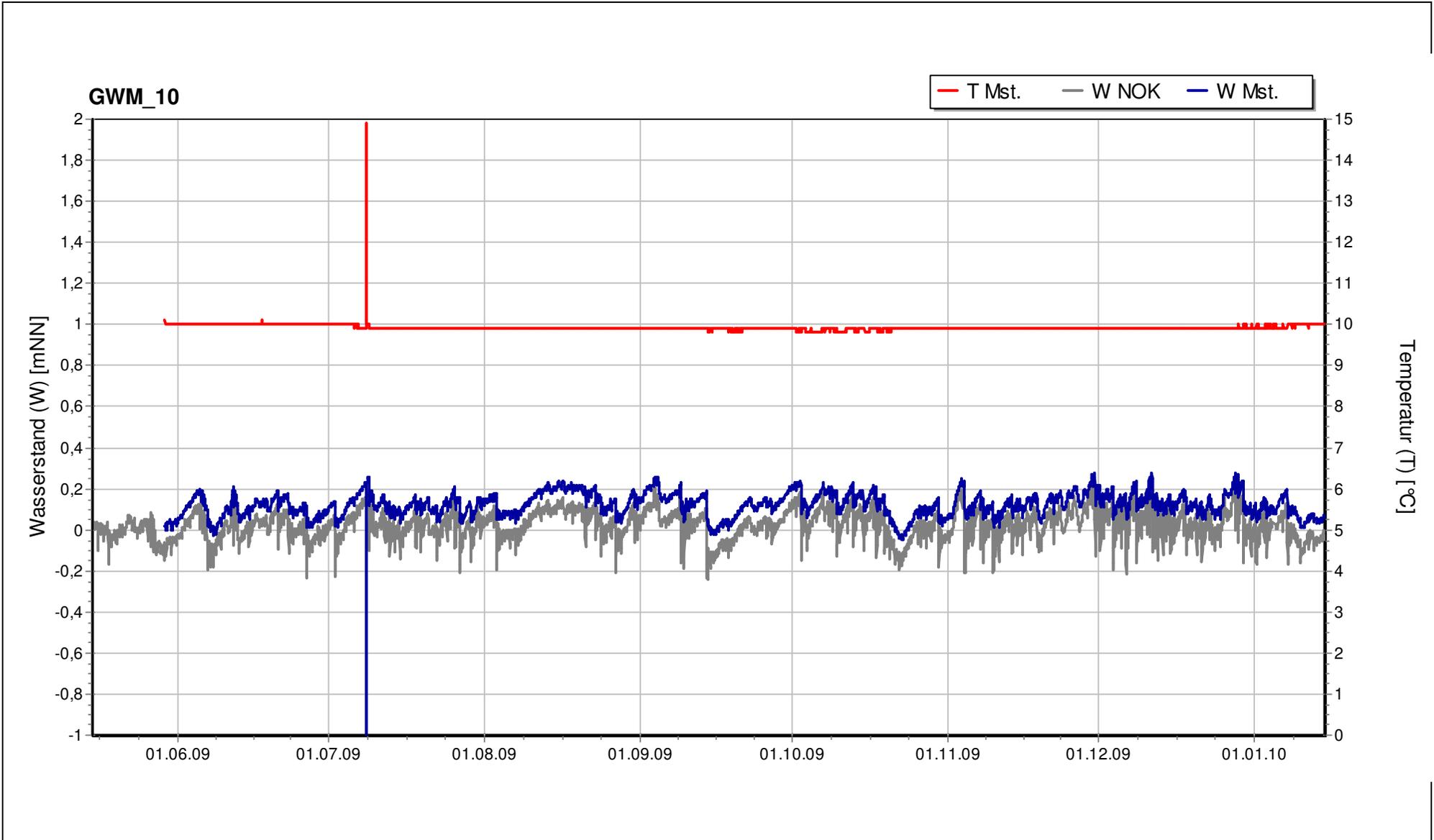
Anl. 3.9: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_8



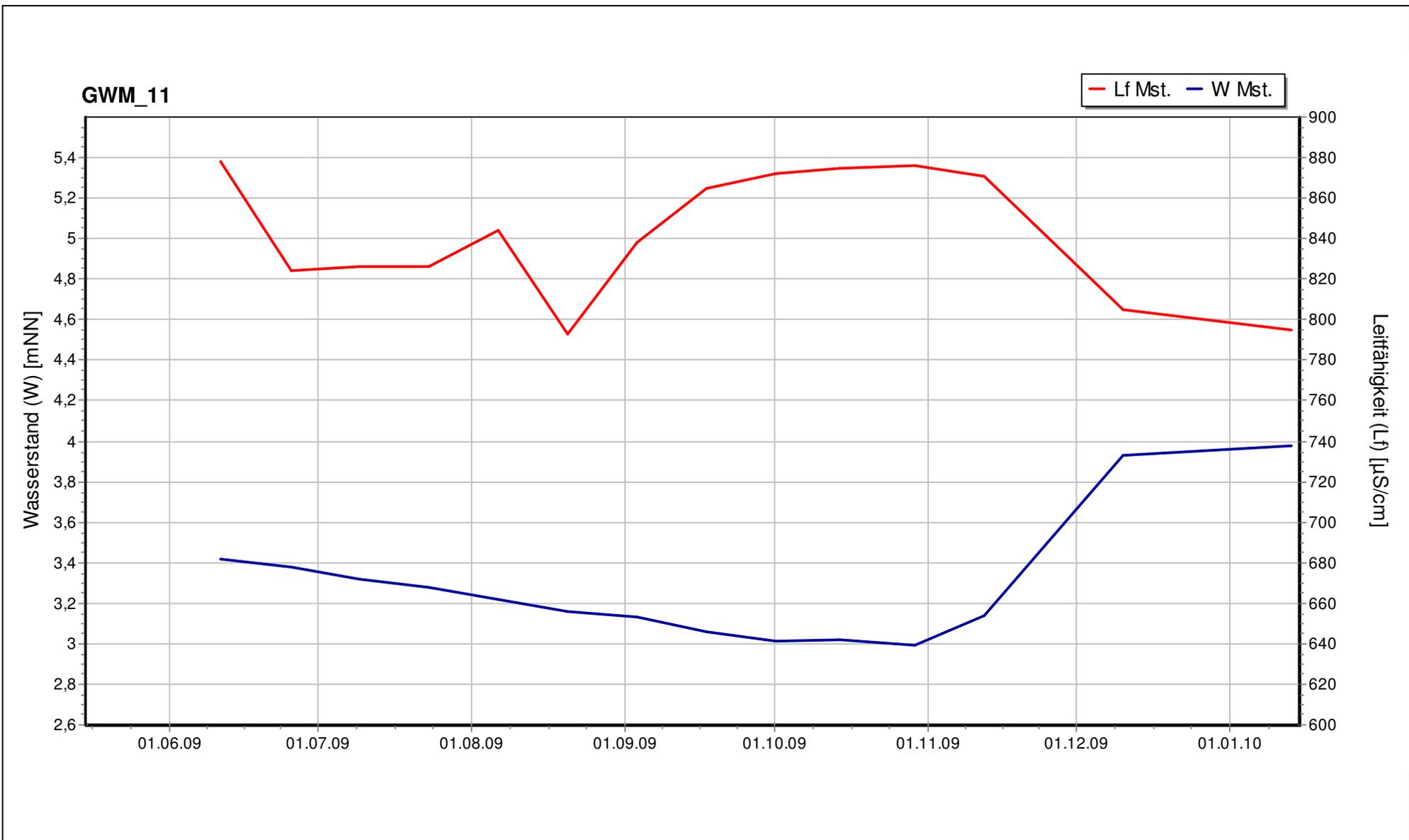
Anl. 3.10: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_9



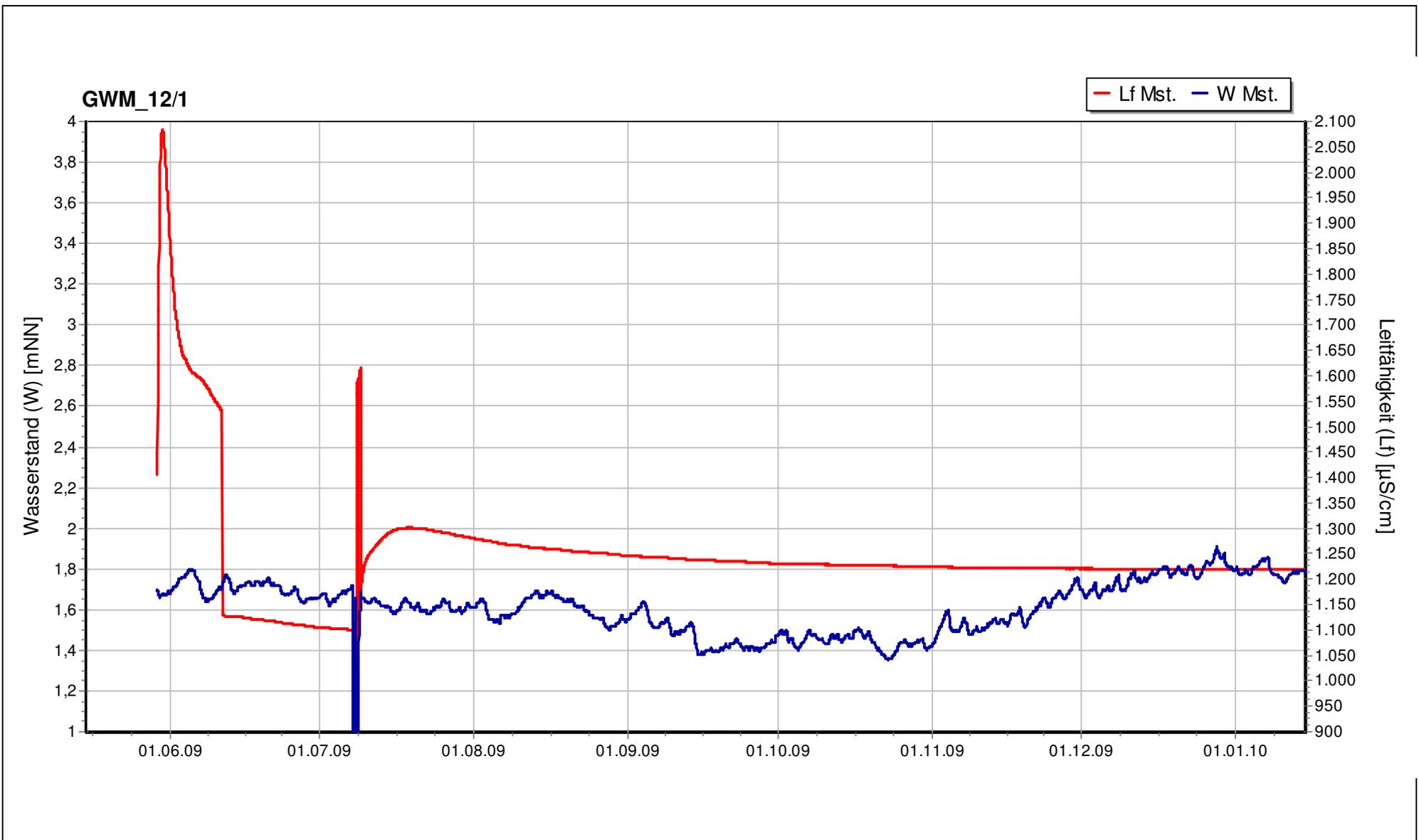
Anl. 3.11: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_10



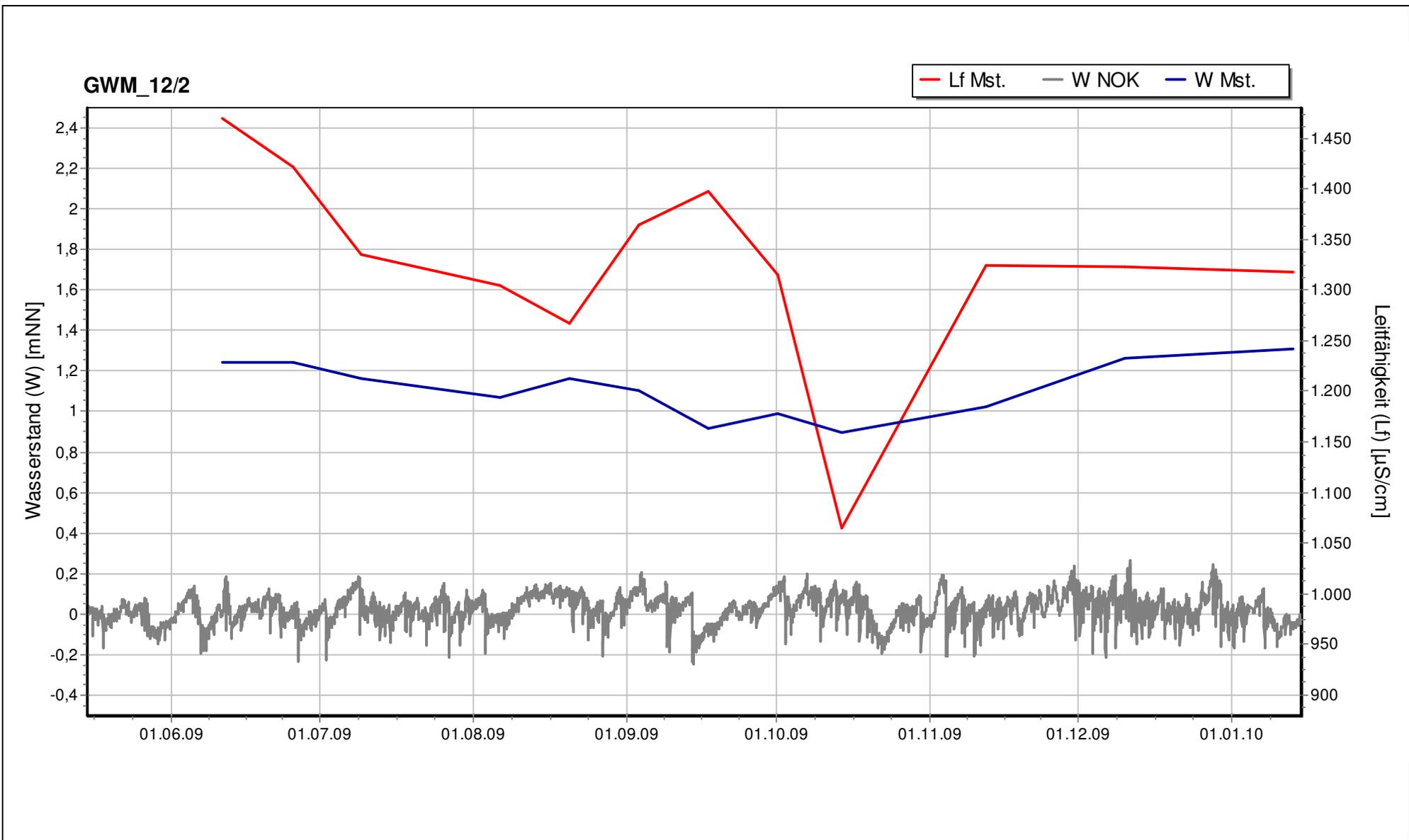
Anl. 3.11a: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der Wassertemperatur in der Messstelle GWM_10



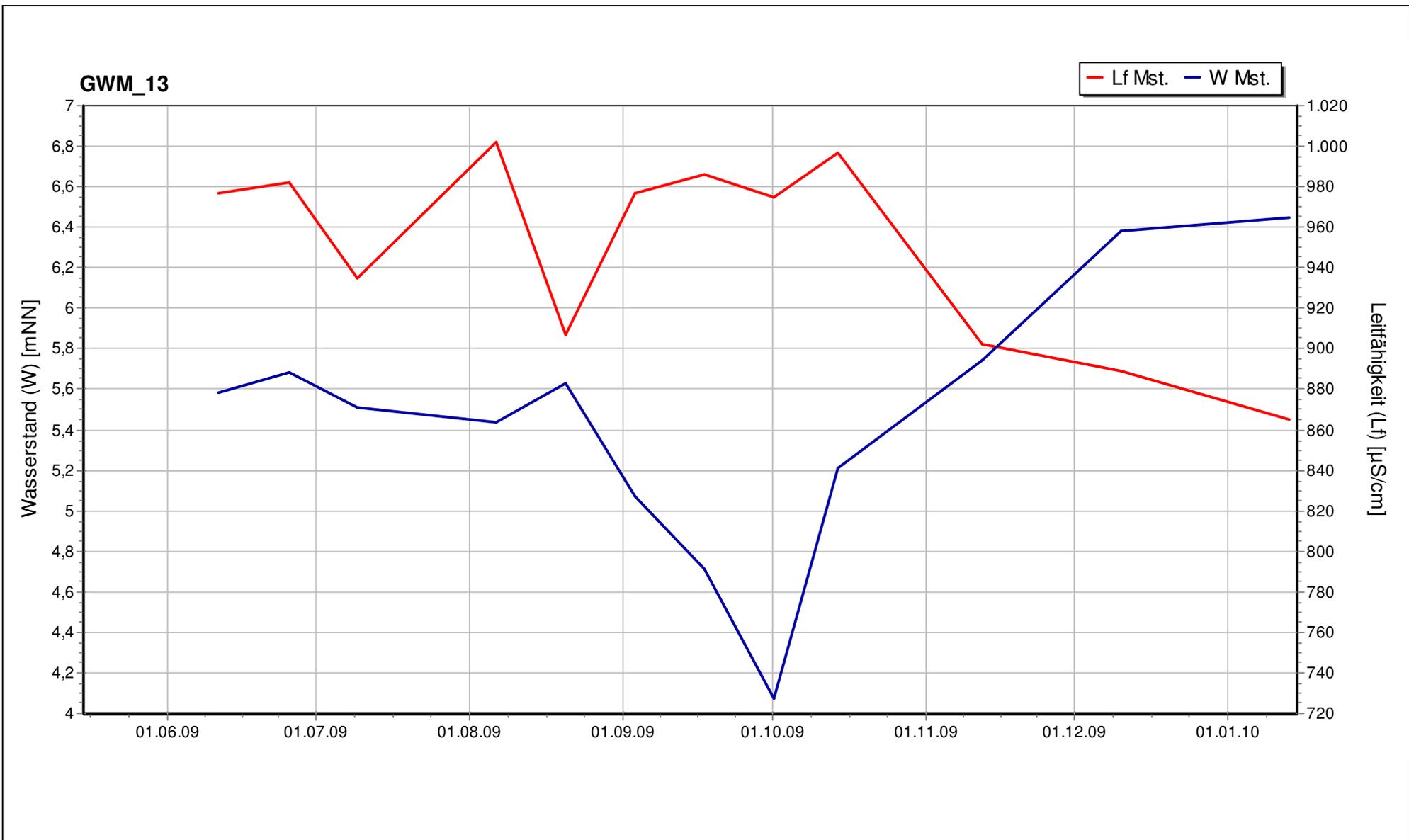
Anl. 3.12: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_11



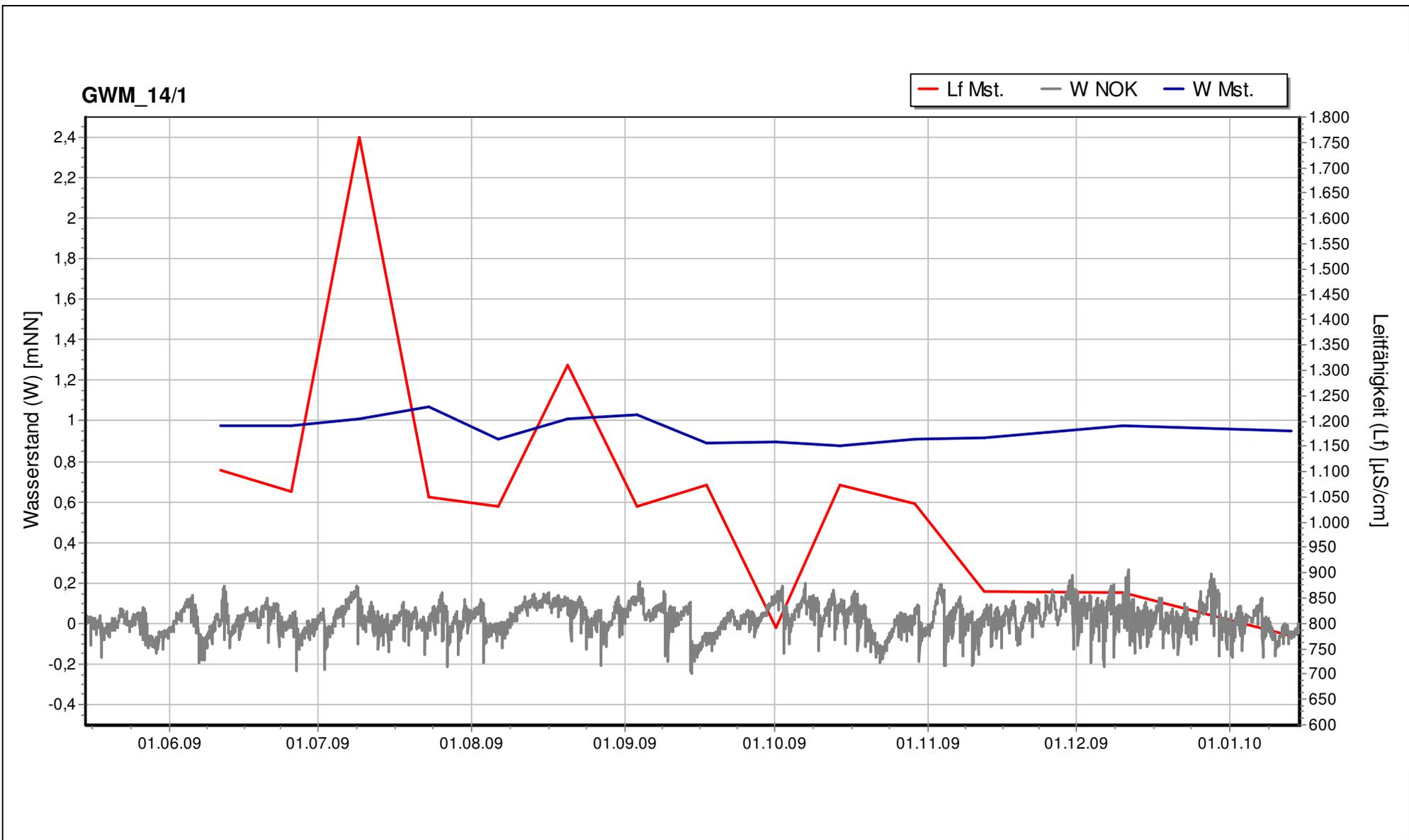
Anl. 3.13: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_12/1



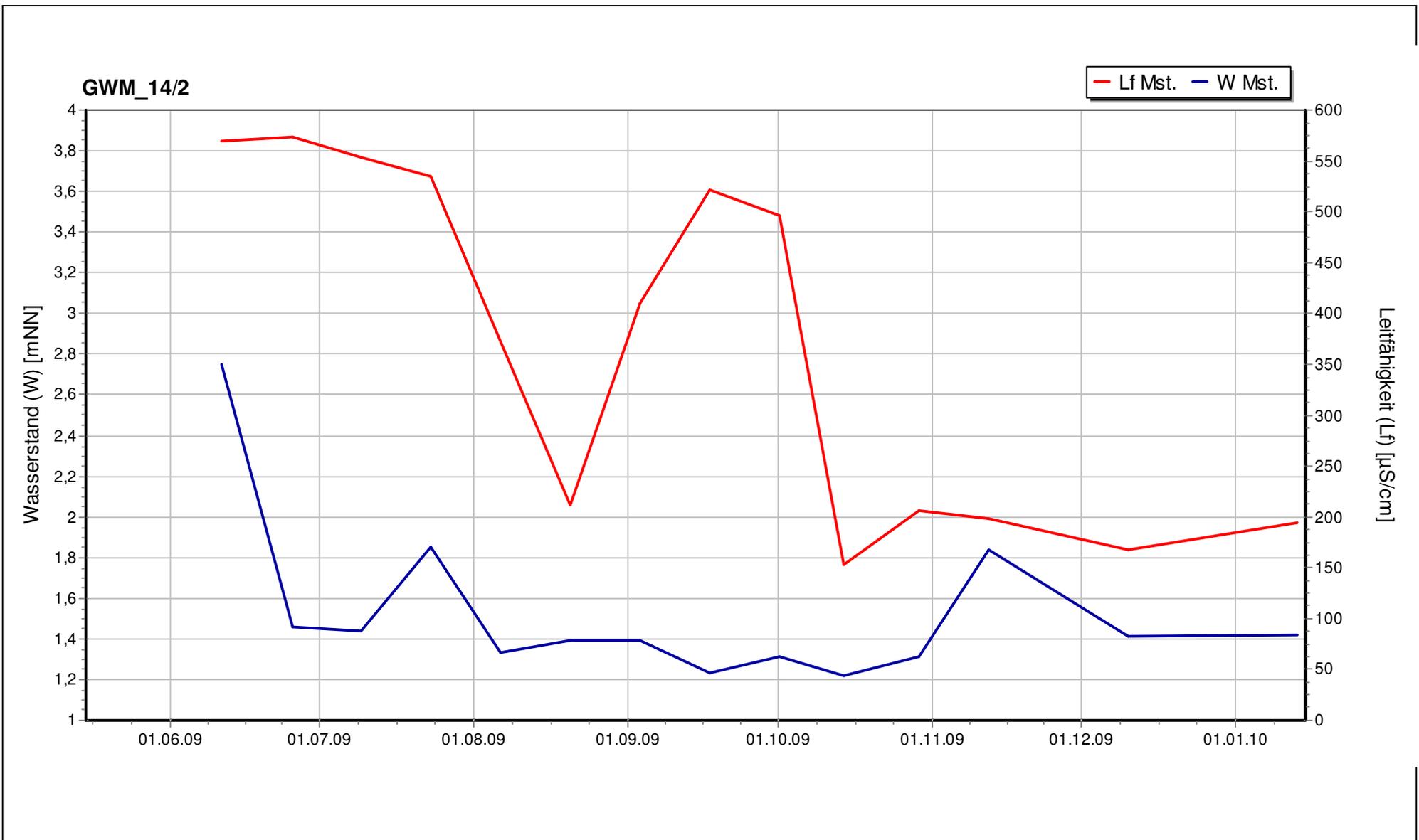
Anl. 3.14: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_12/2



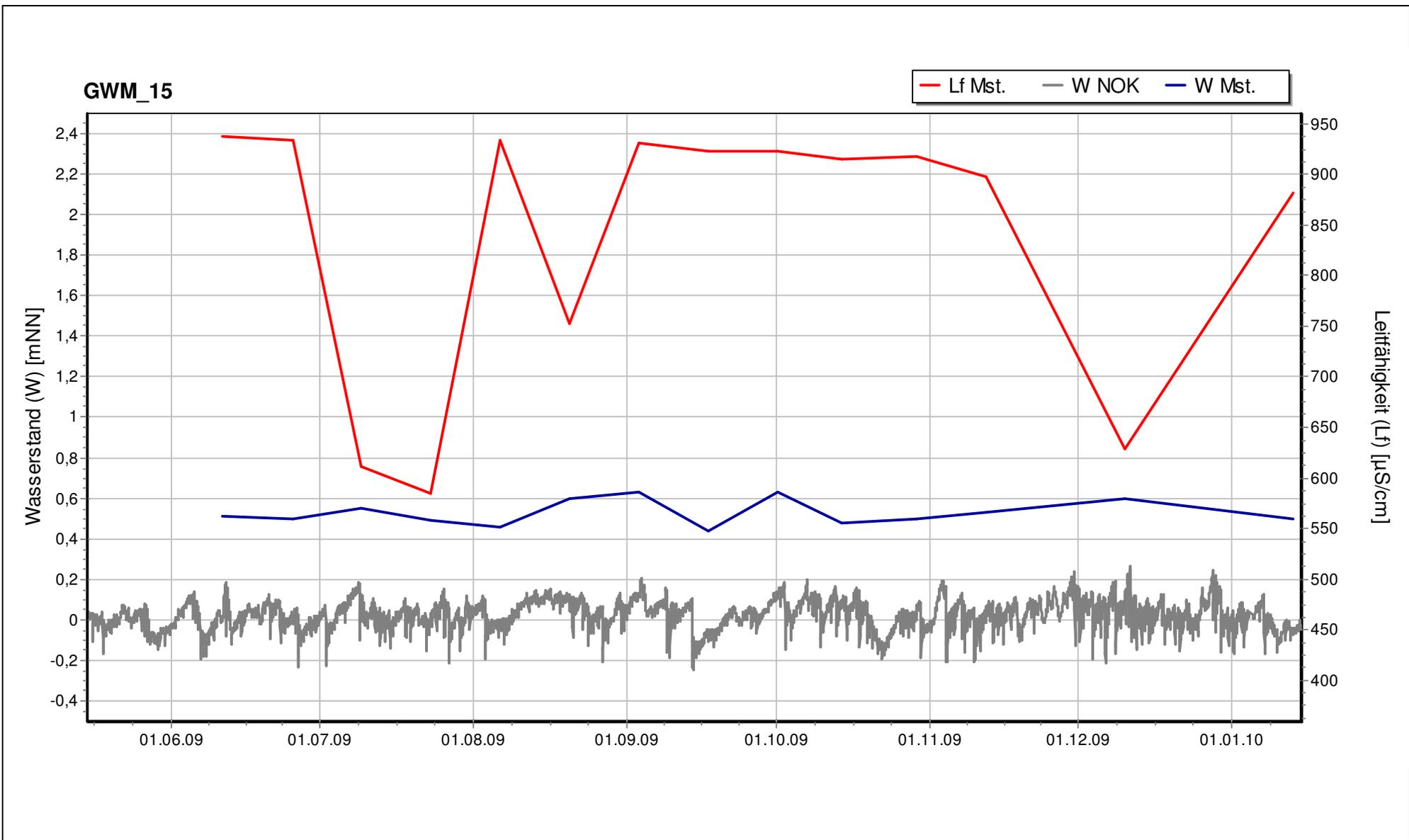
Anl. 3.15: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_13



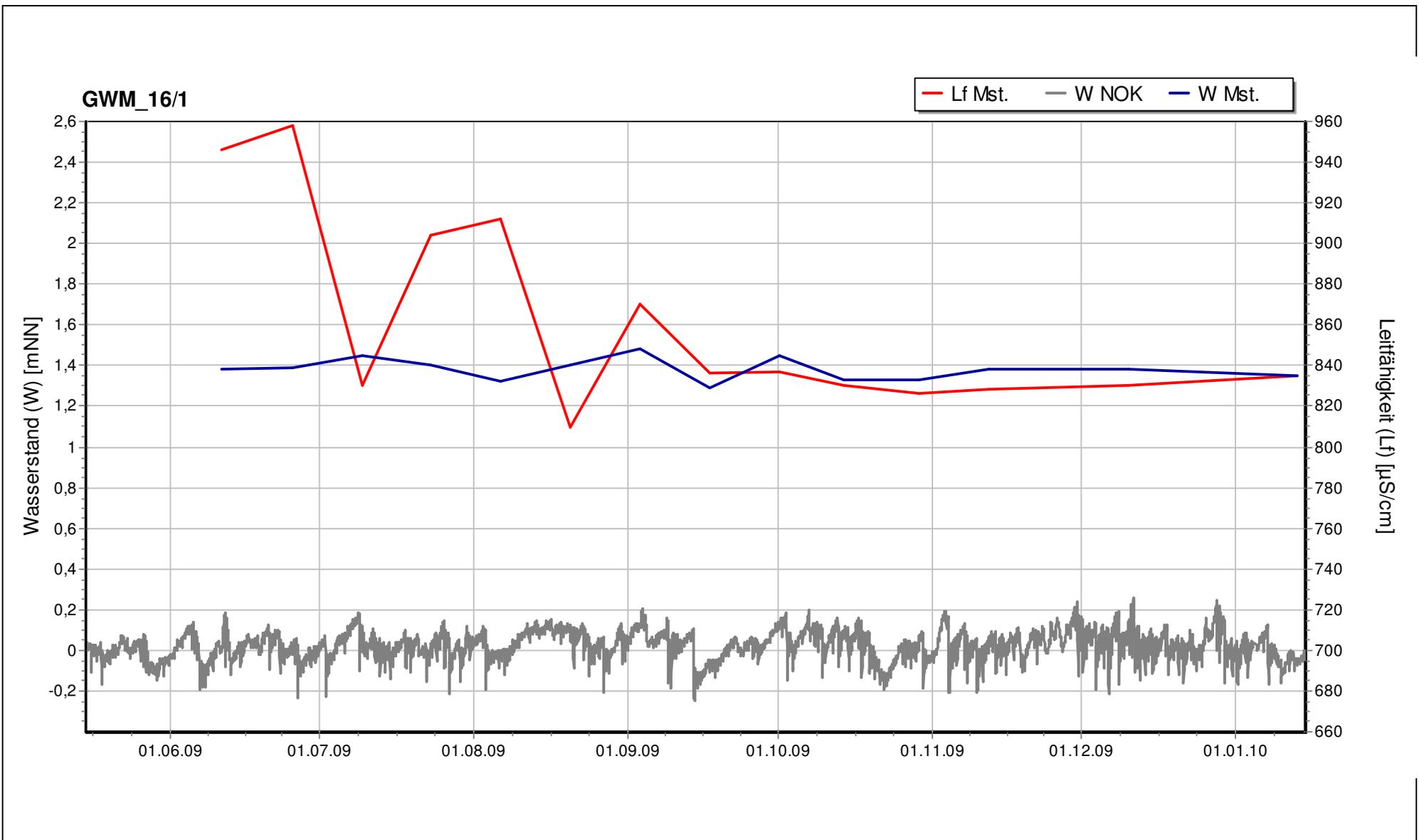
Anl. 3.16: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_14/1



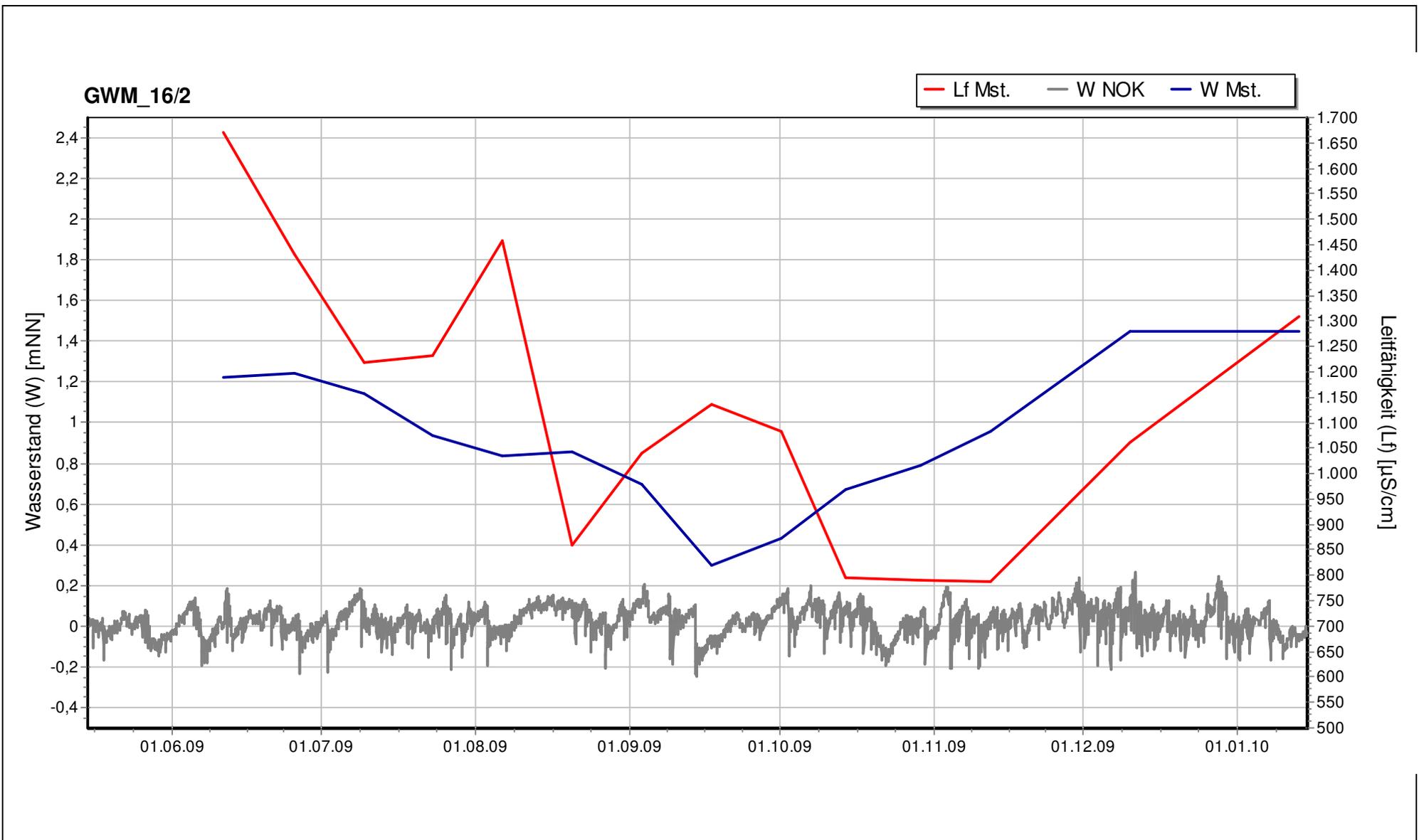
Anl. 3.17: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_14/2



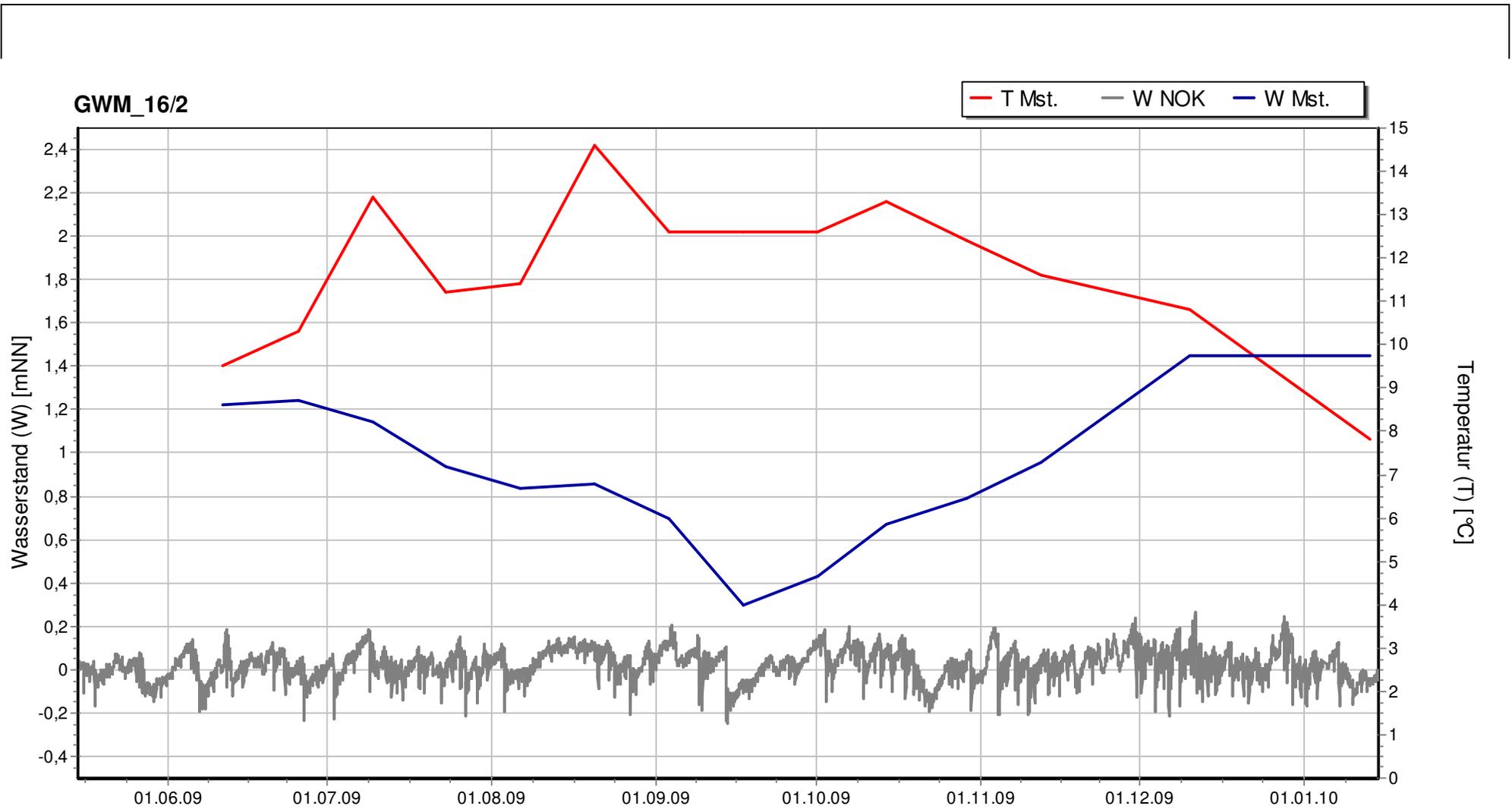
Anl. 3.18: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_15



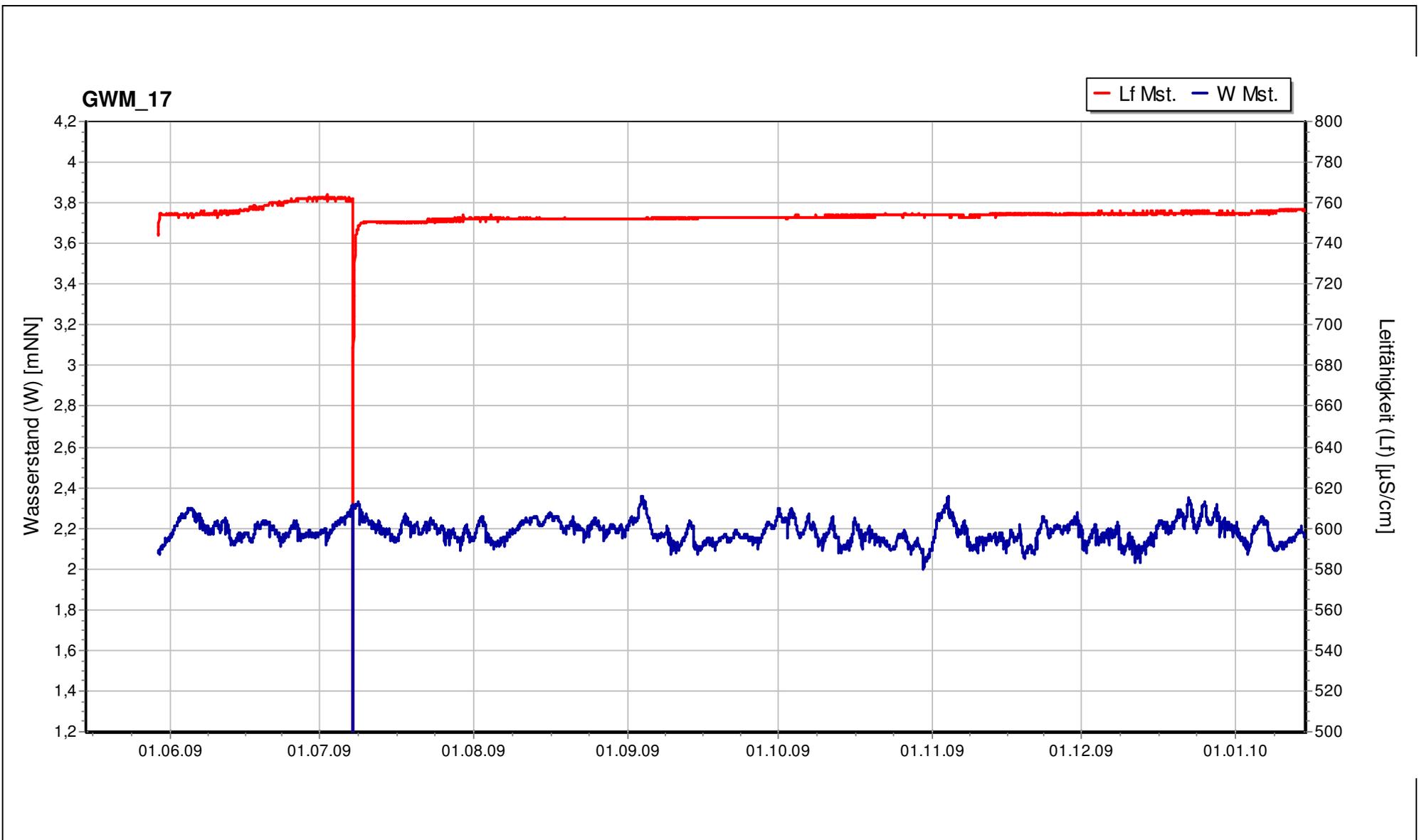
Anl. 3.19: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_16/1



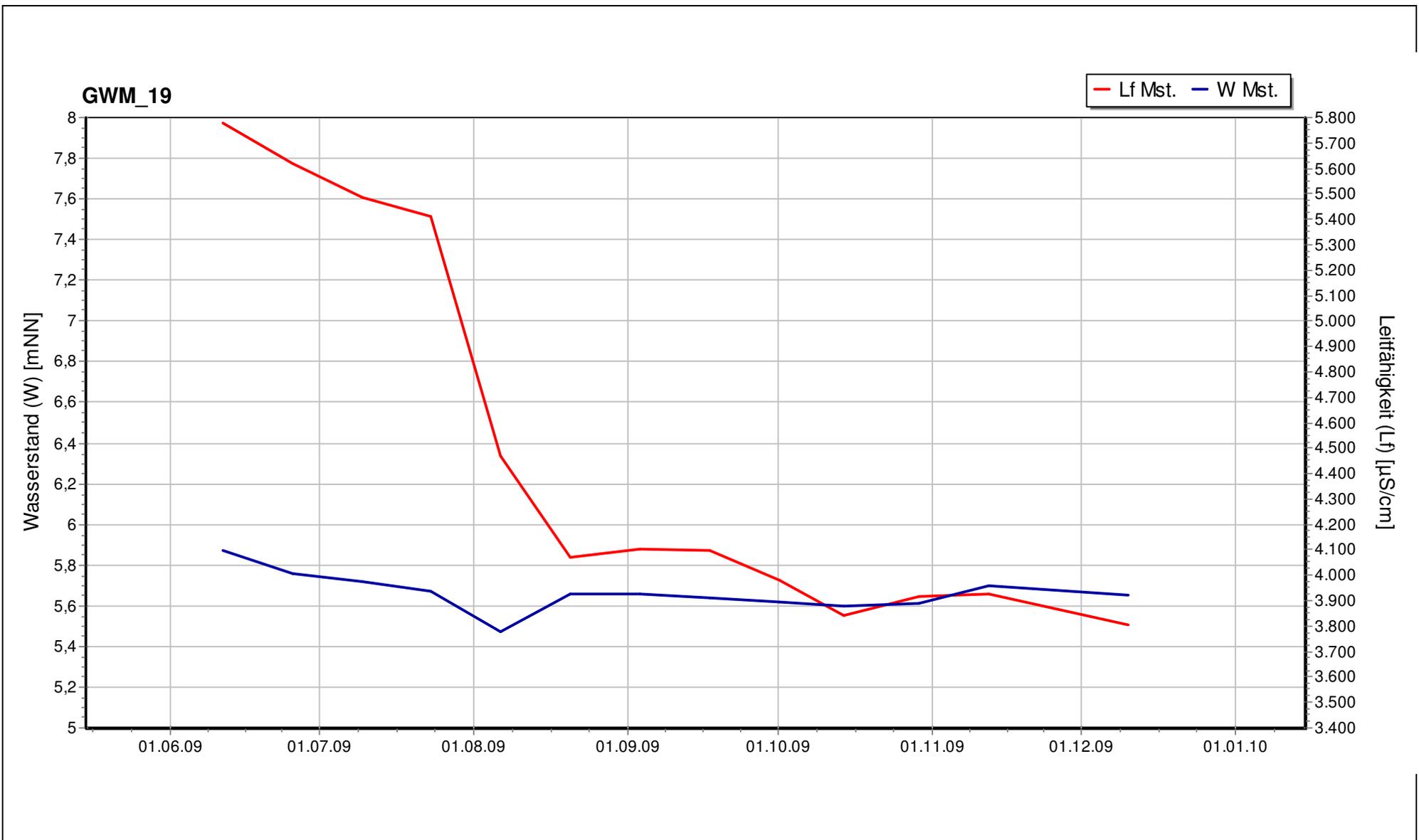
Anl. 3.20: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_16/2



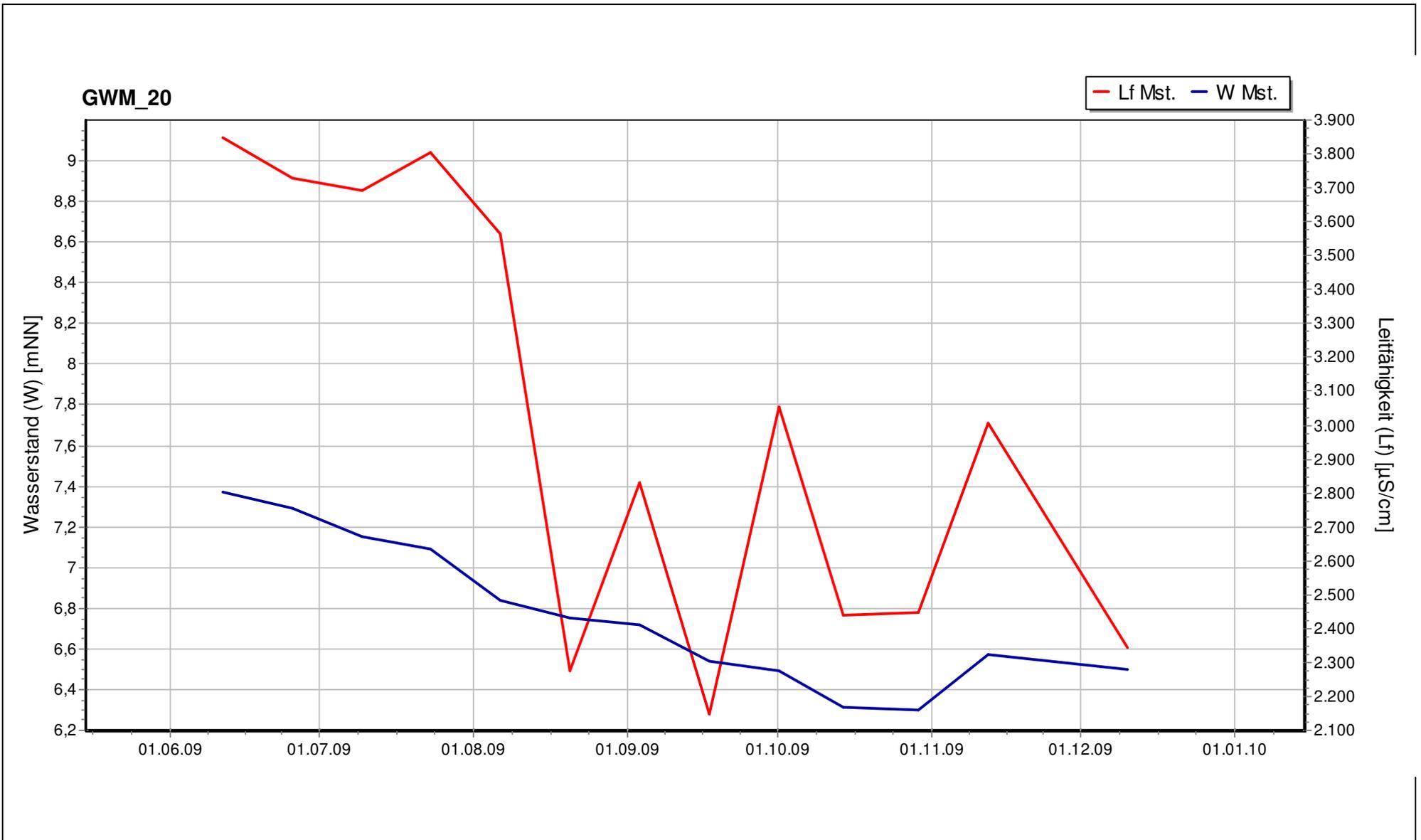
Anl. 3.20a: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der Wassertemperatur in der Messstelle GWM_16/2



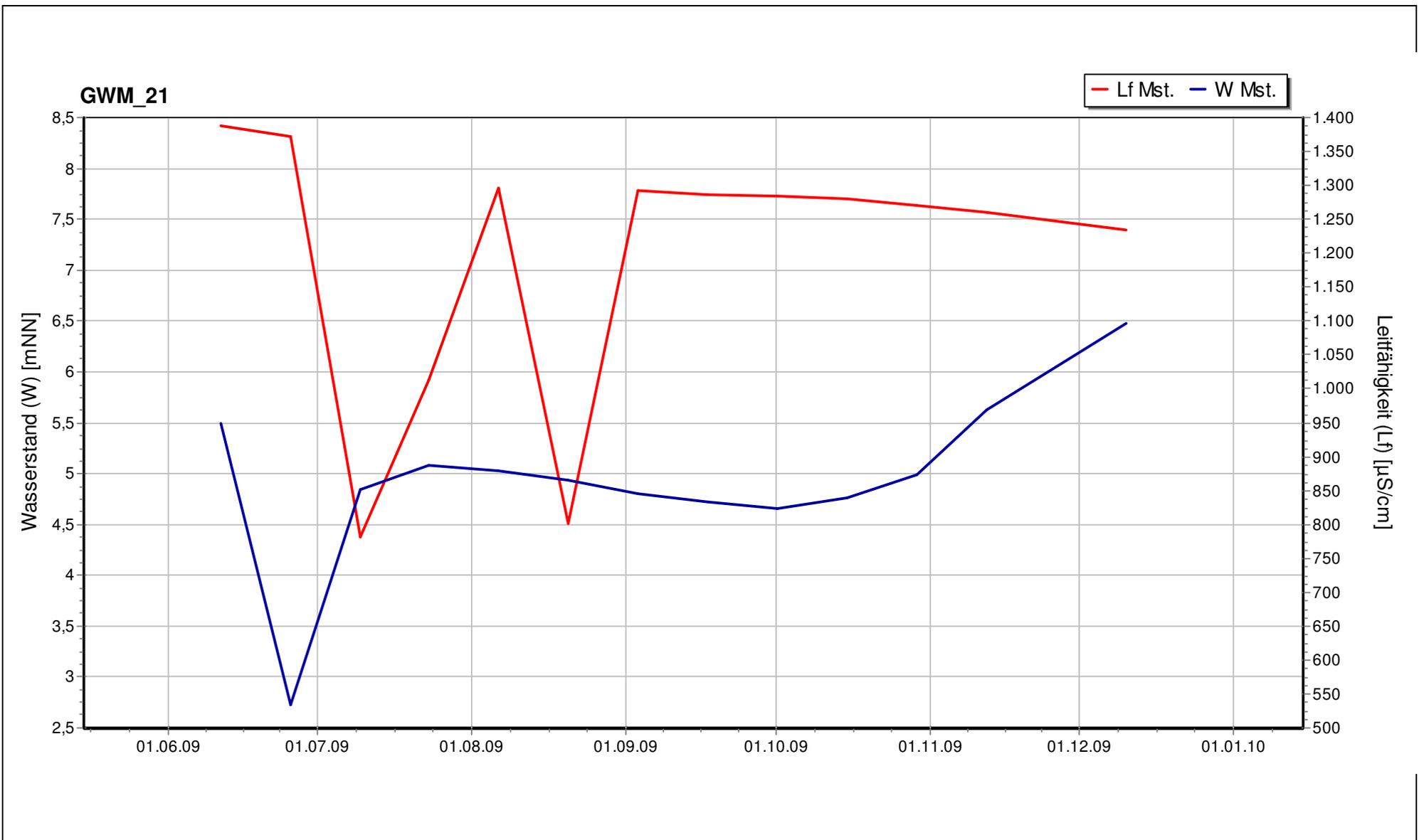
Anl. 3.21: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_17



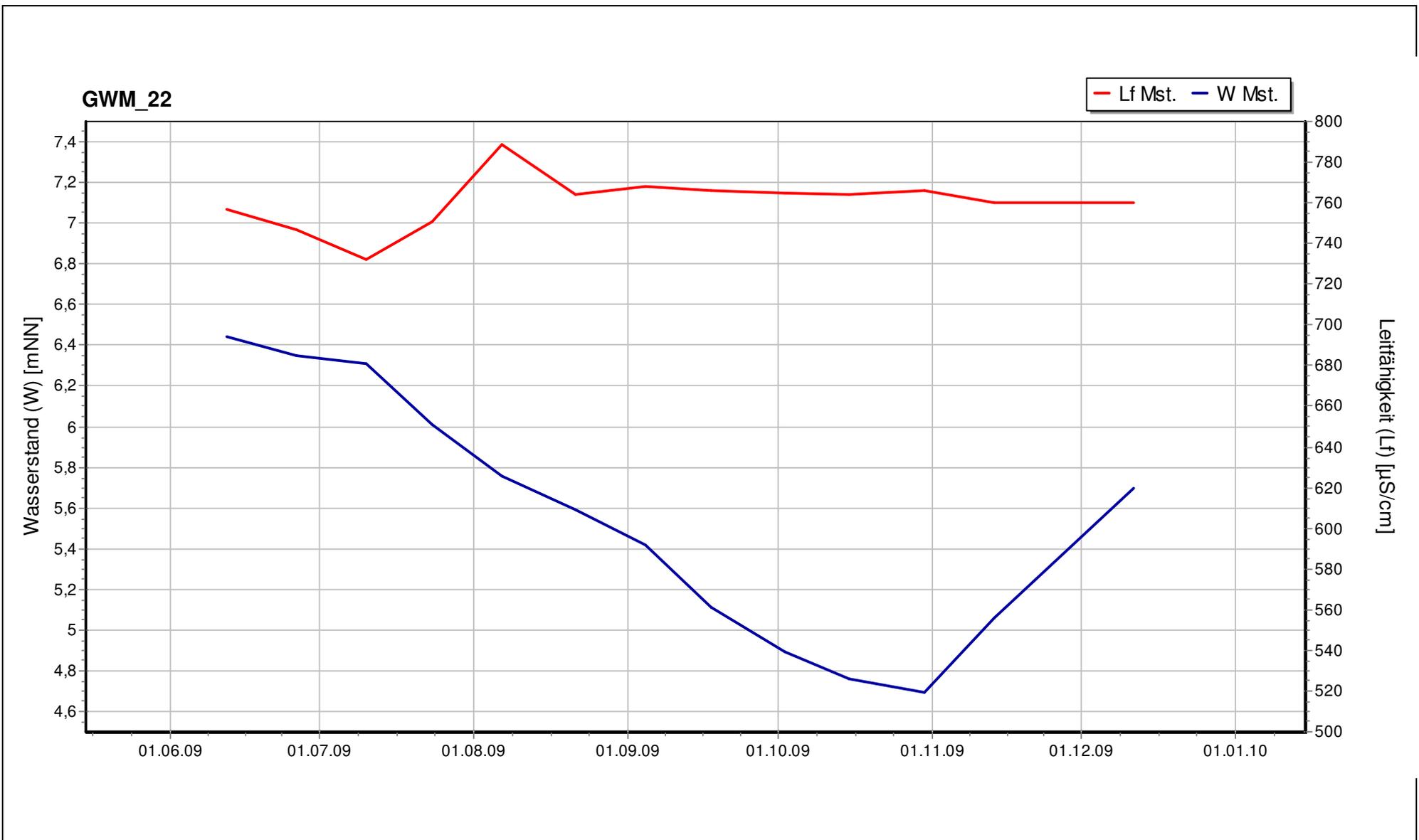
Anl. 3.22: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_19



Anl. 3.23: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_20

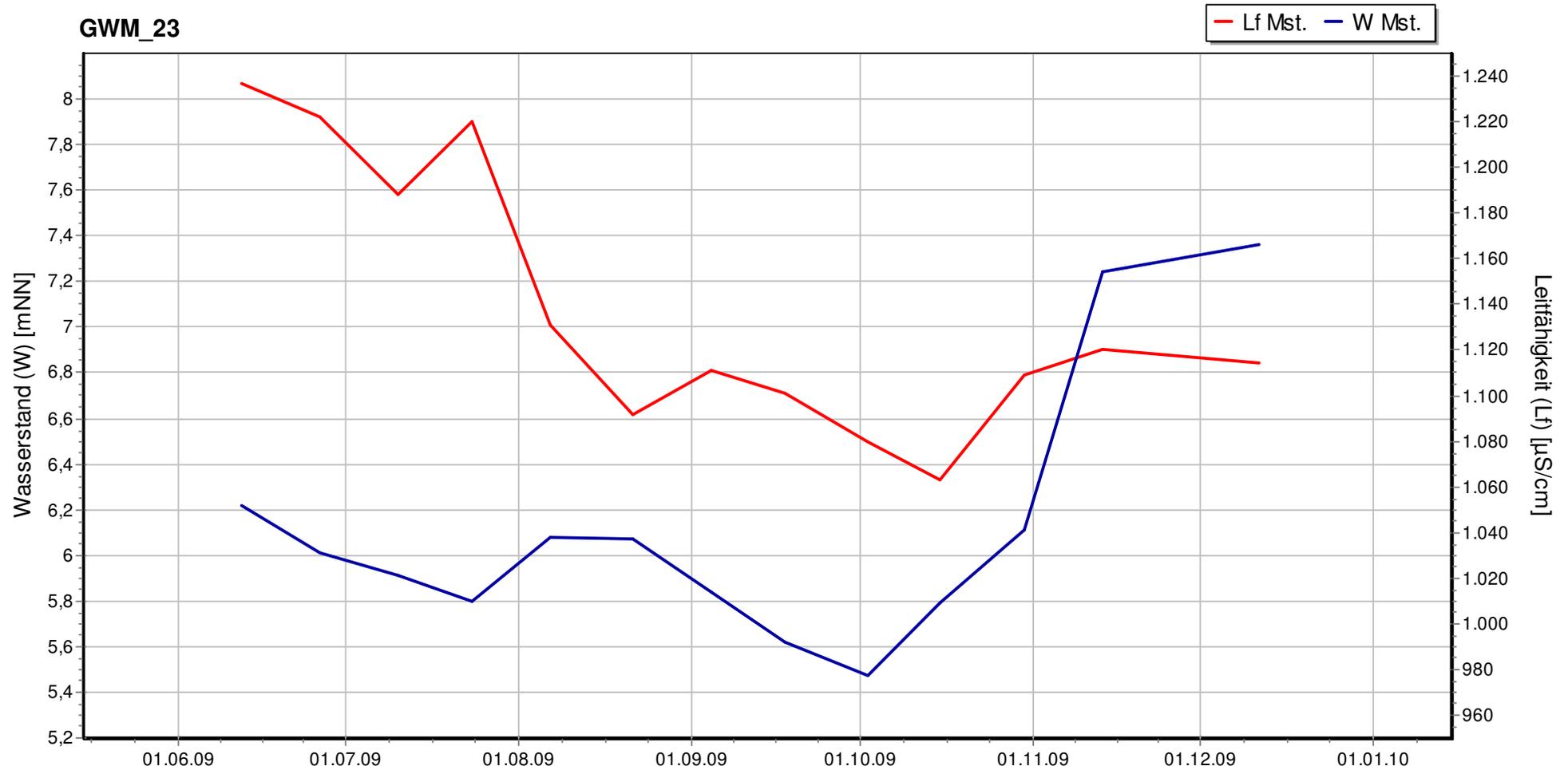


Anl. 3.24: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_21

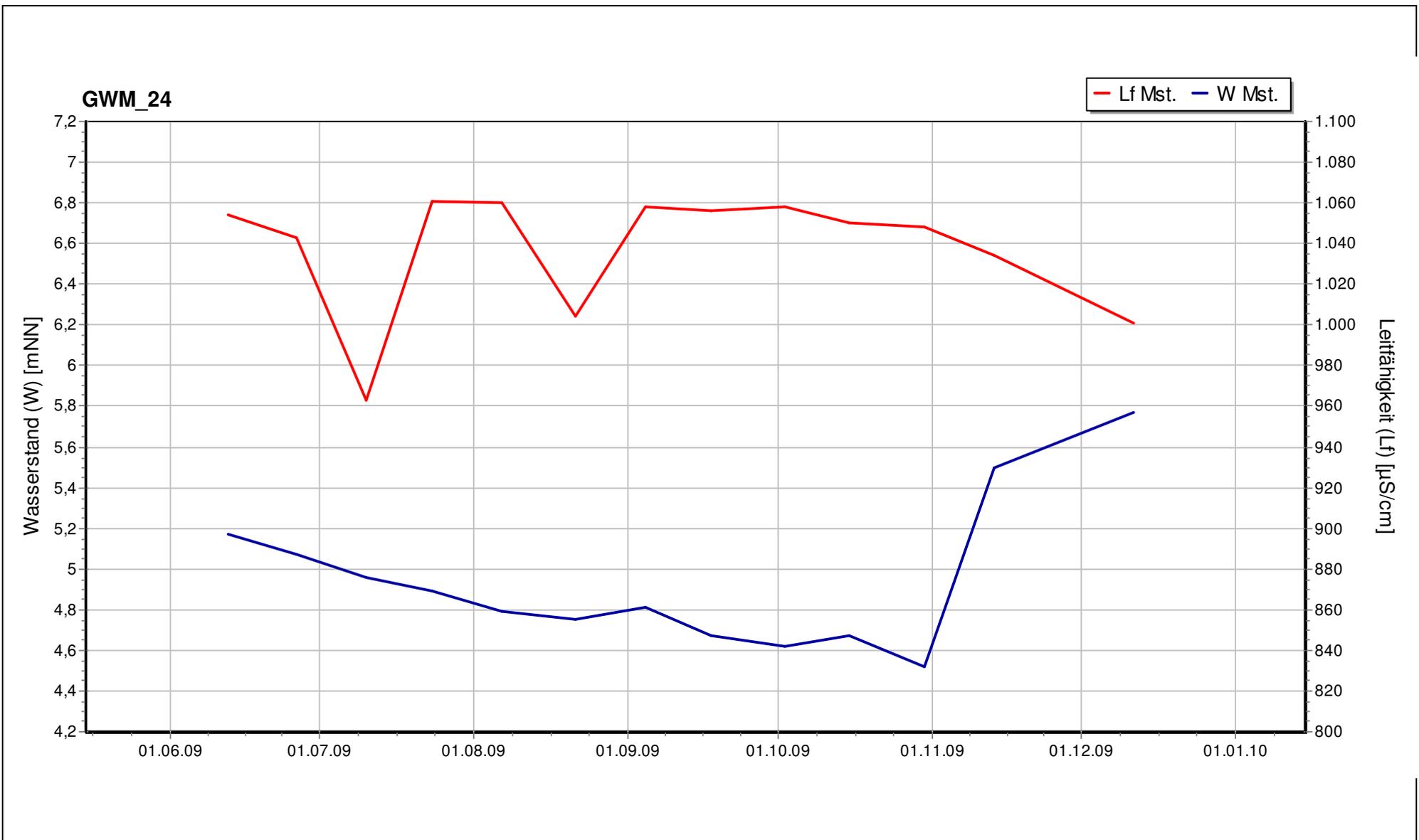


Anl. 3.25: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_22

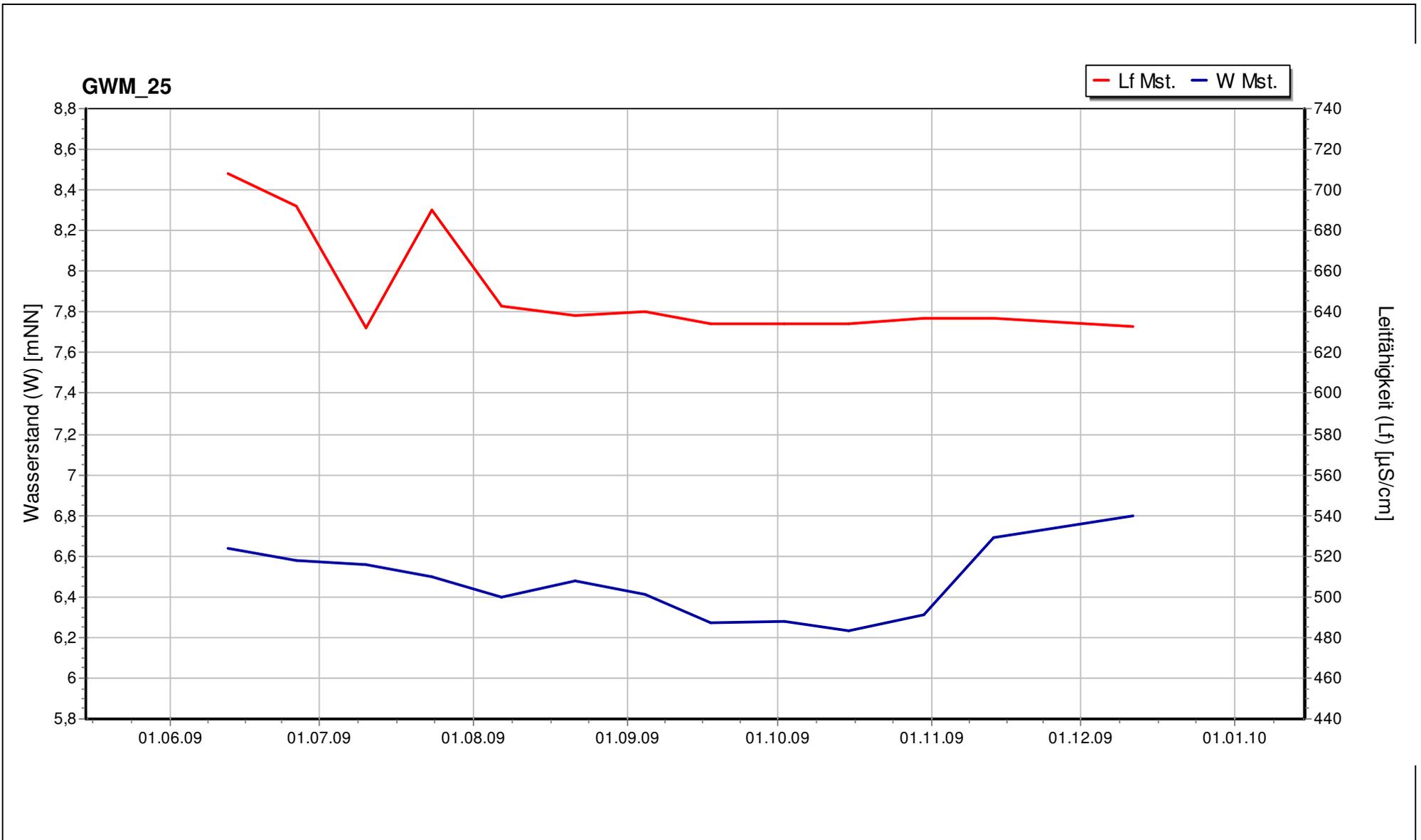
GWM_23



Anl. 3.26: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_23

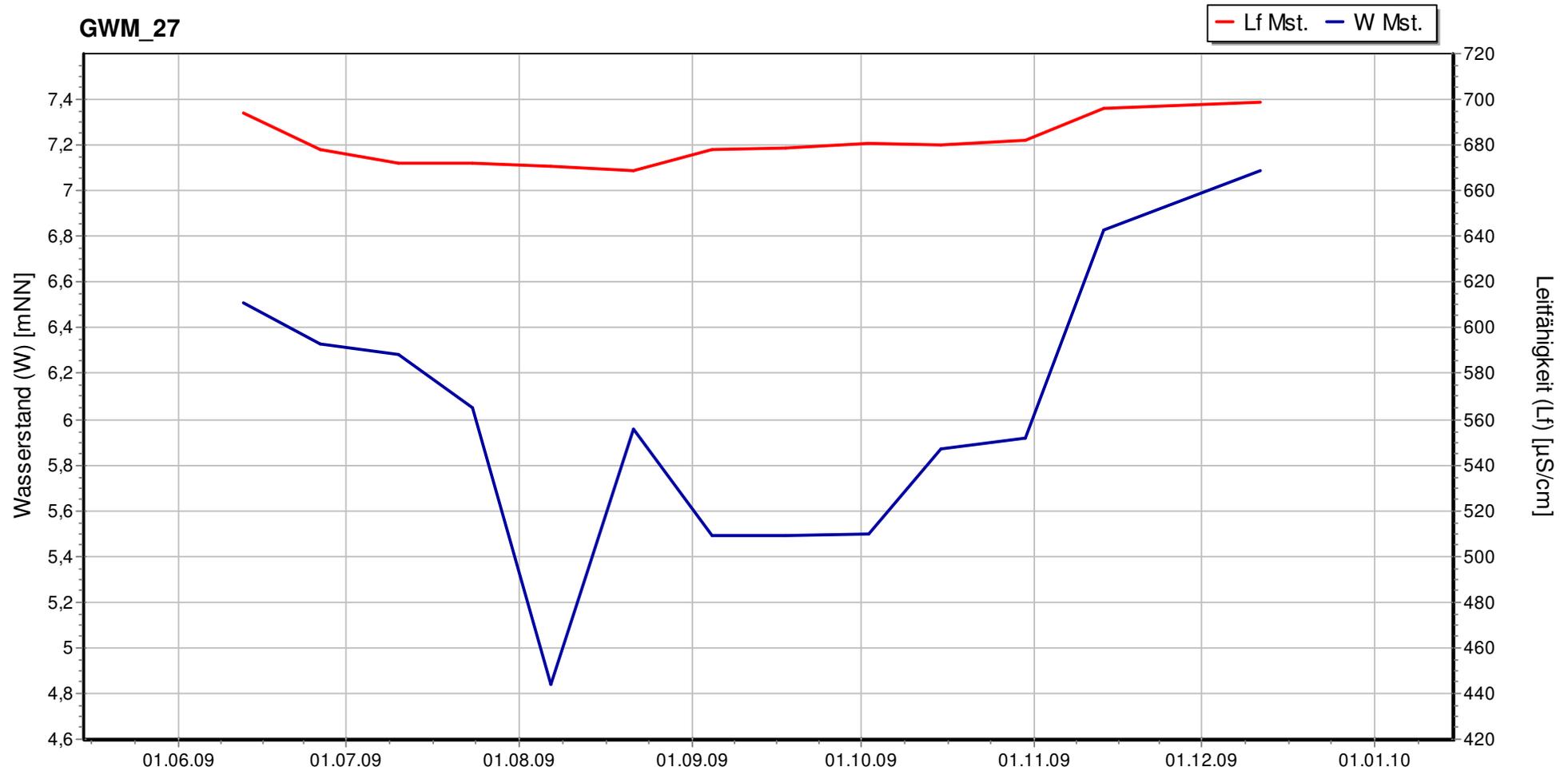


Anl. 3.27: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_24

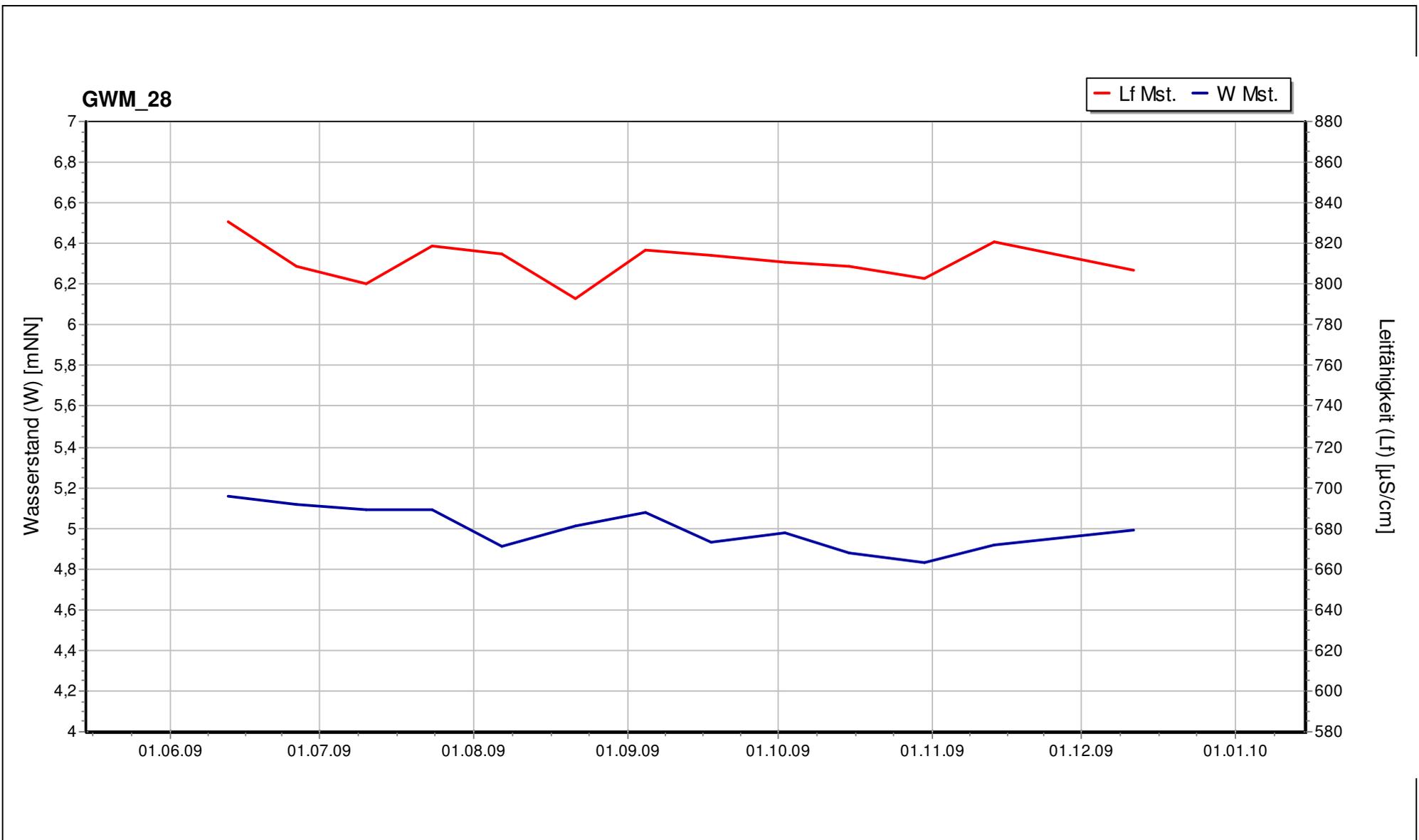


Anl. 3.28: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_25

GWM_27

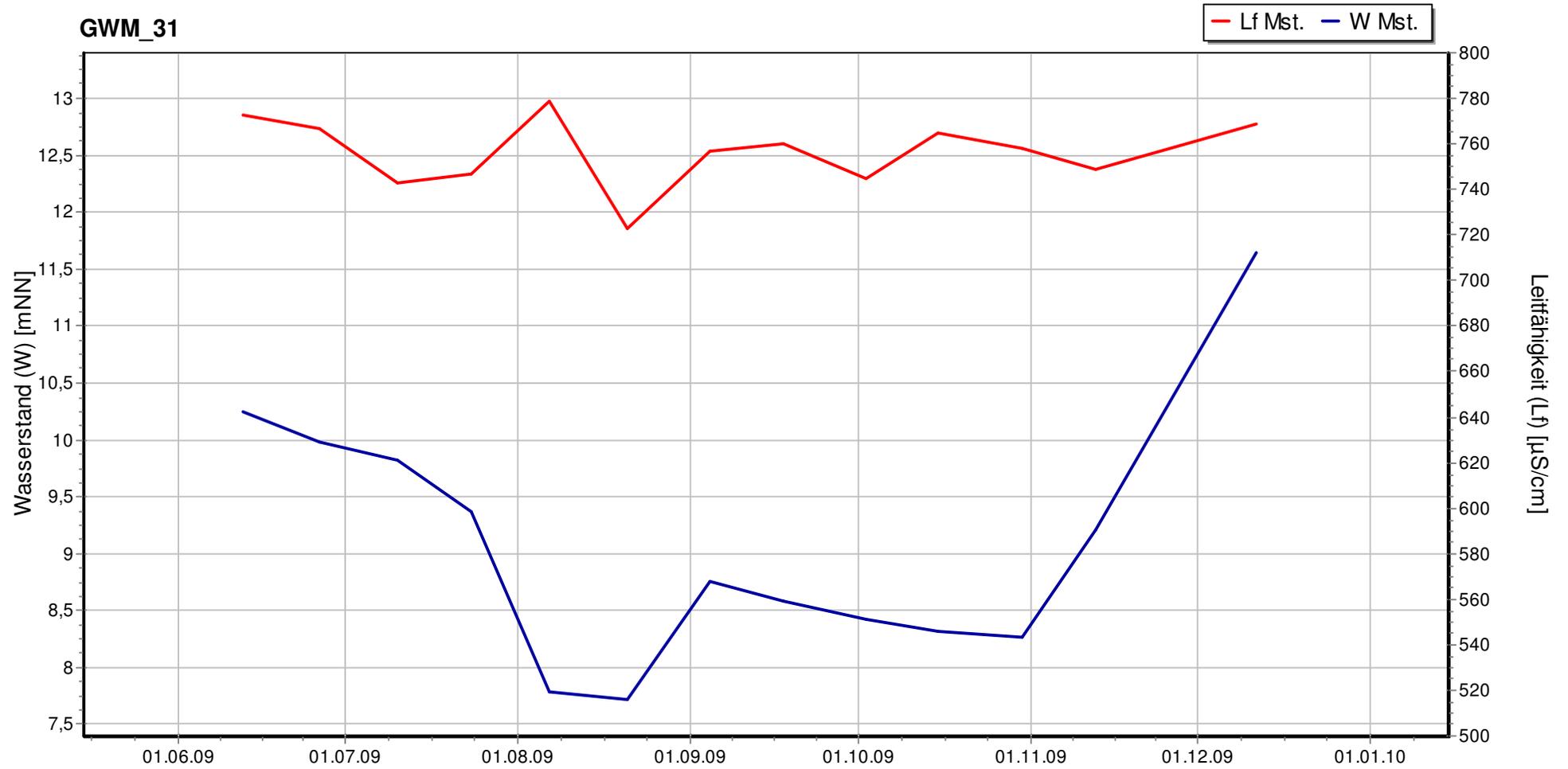


Anl. 3.29: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_27

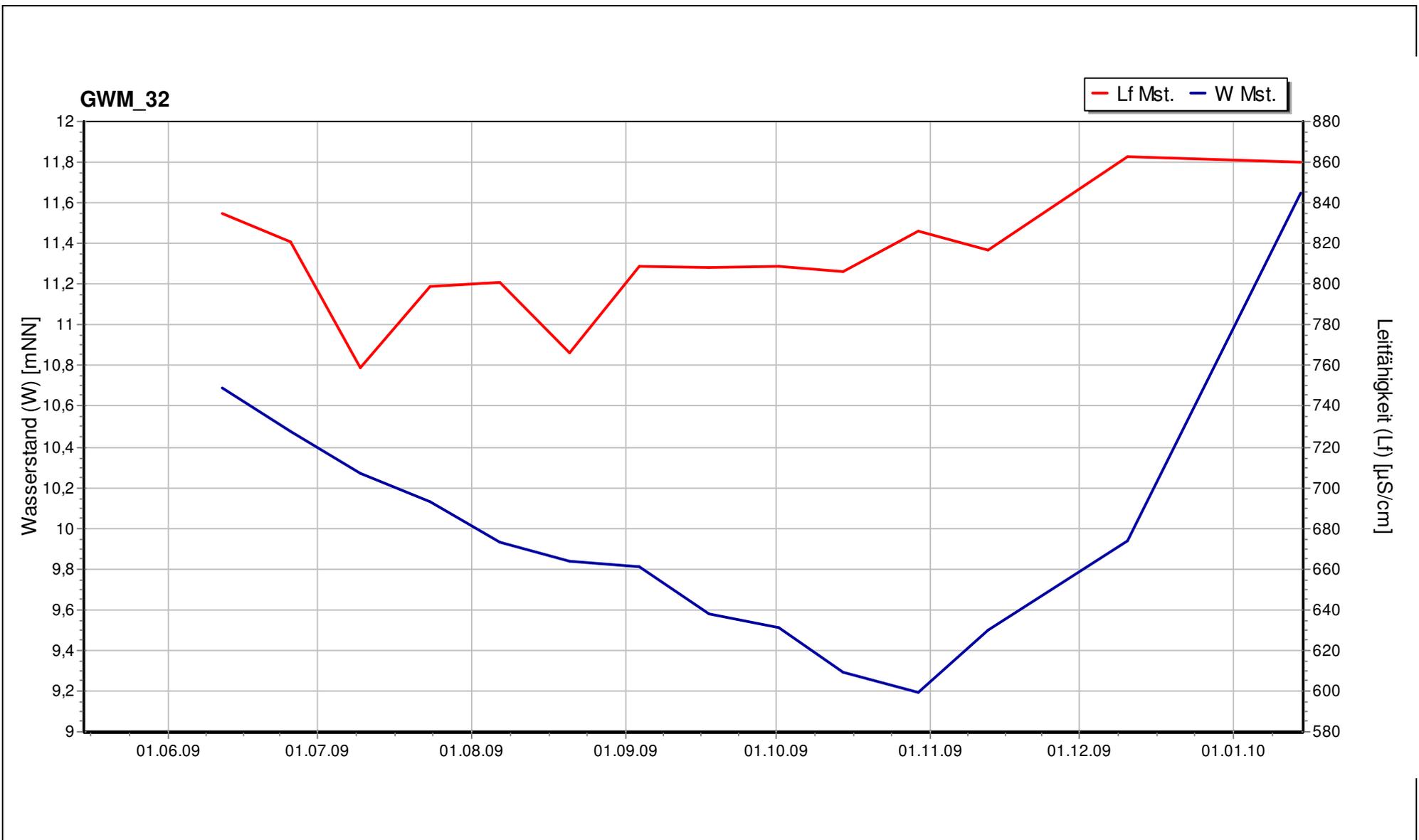


Anl. 3.30: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_28

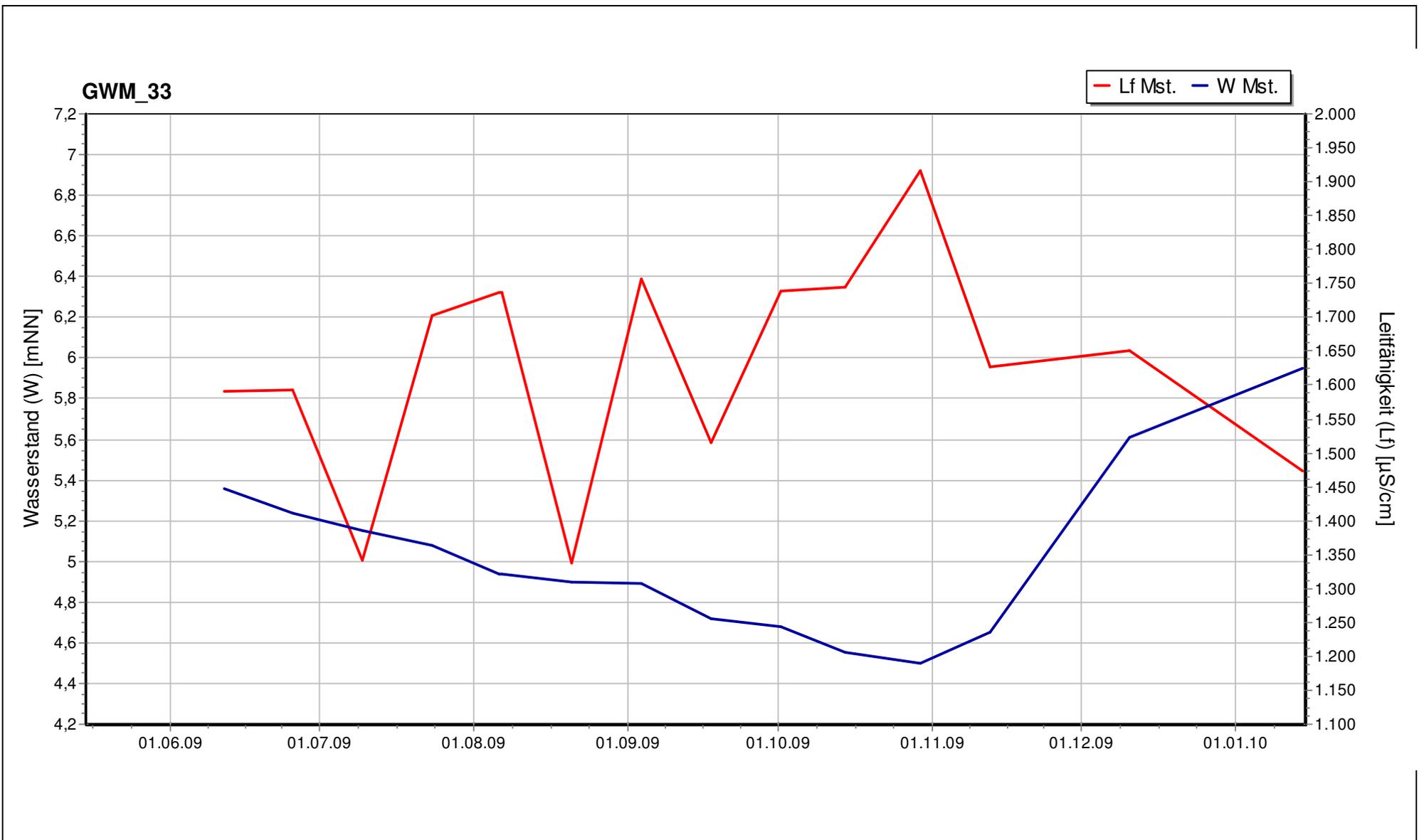
GWM_31



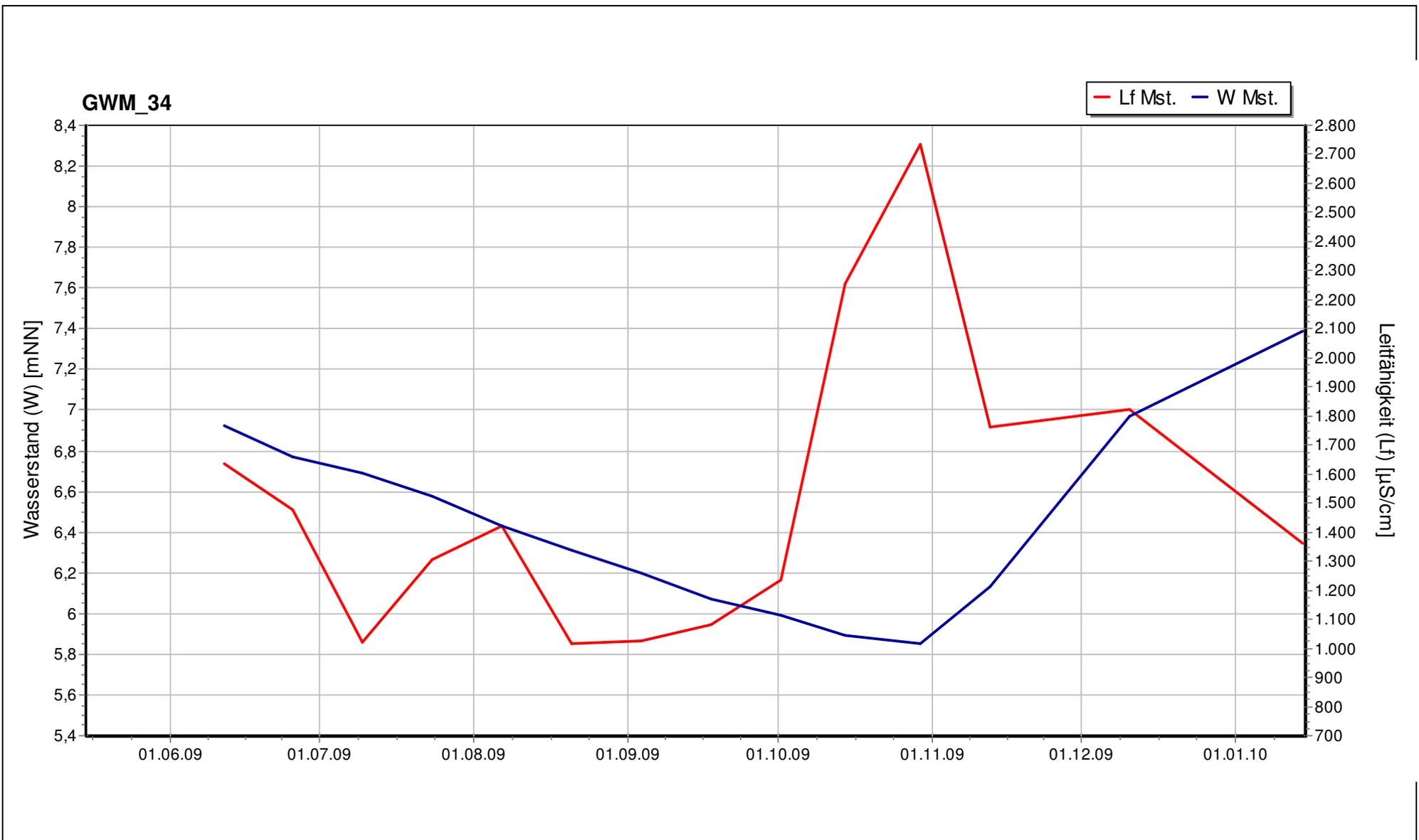
Anl. 3.31: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_31



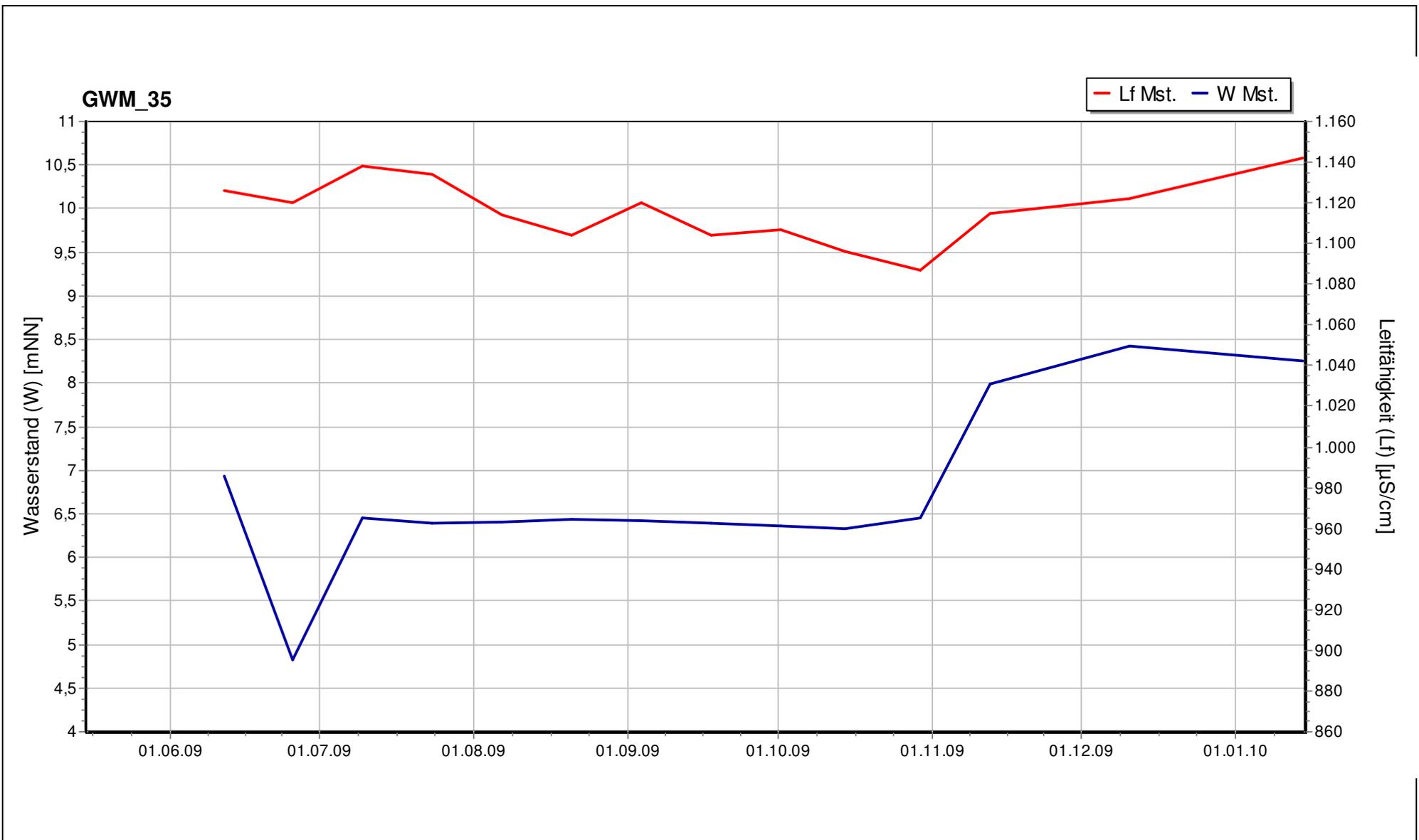
Anl. 3.32: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_32



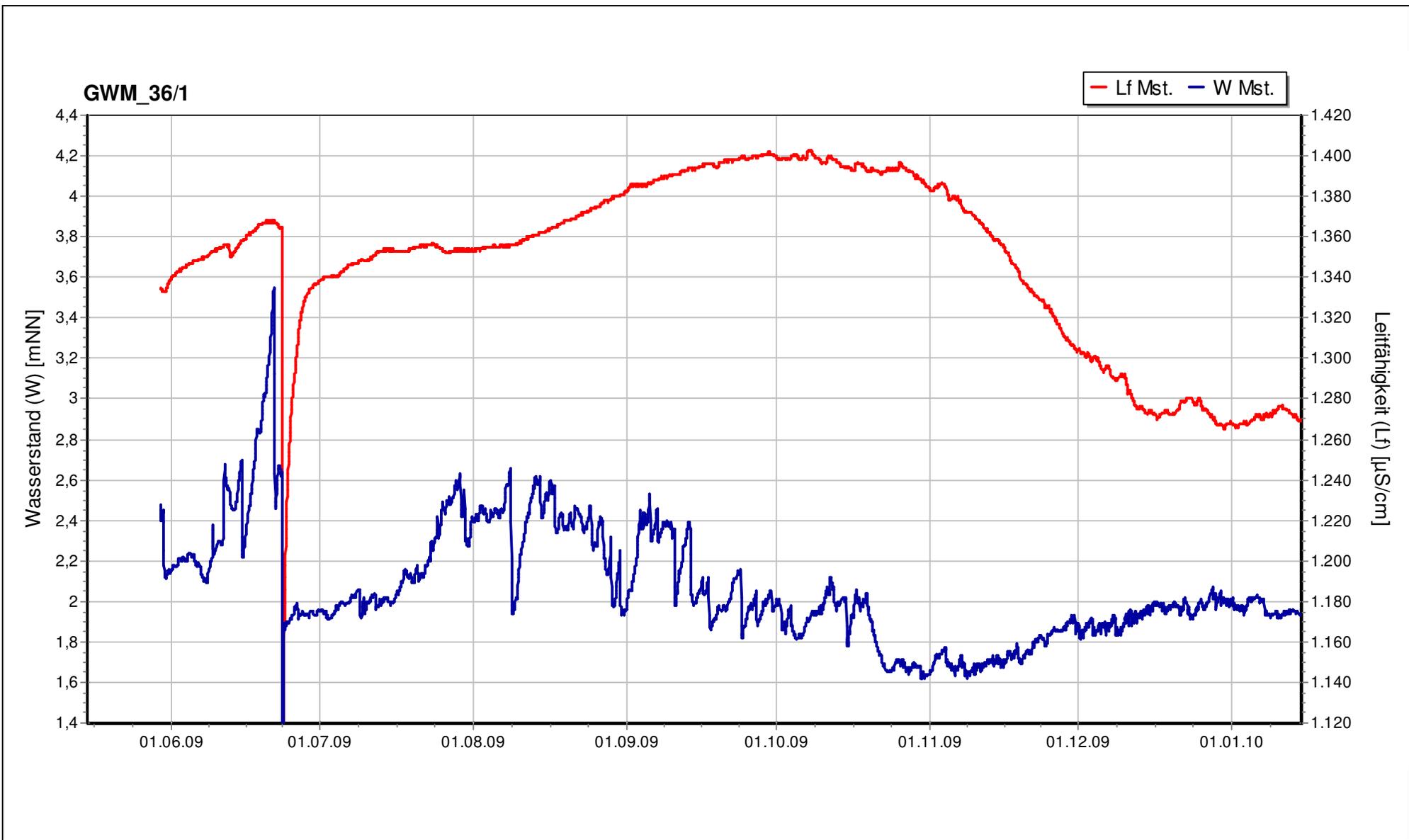
Anl. 3.33: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_33



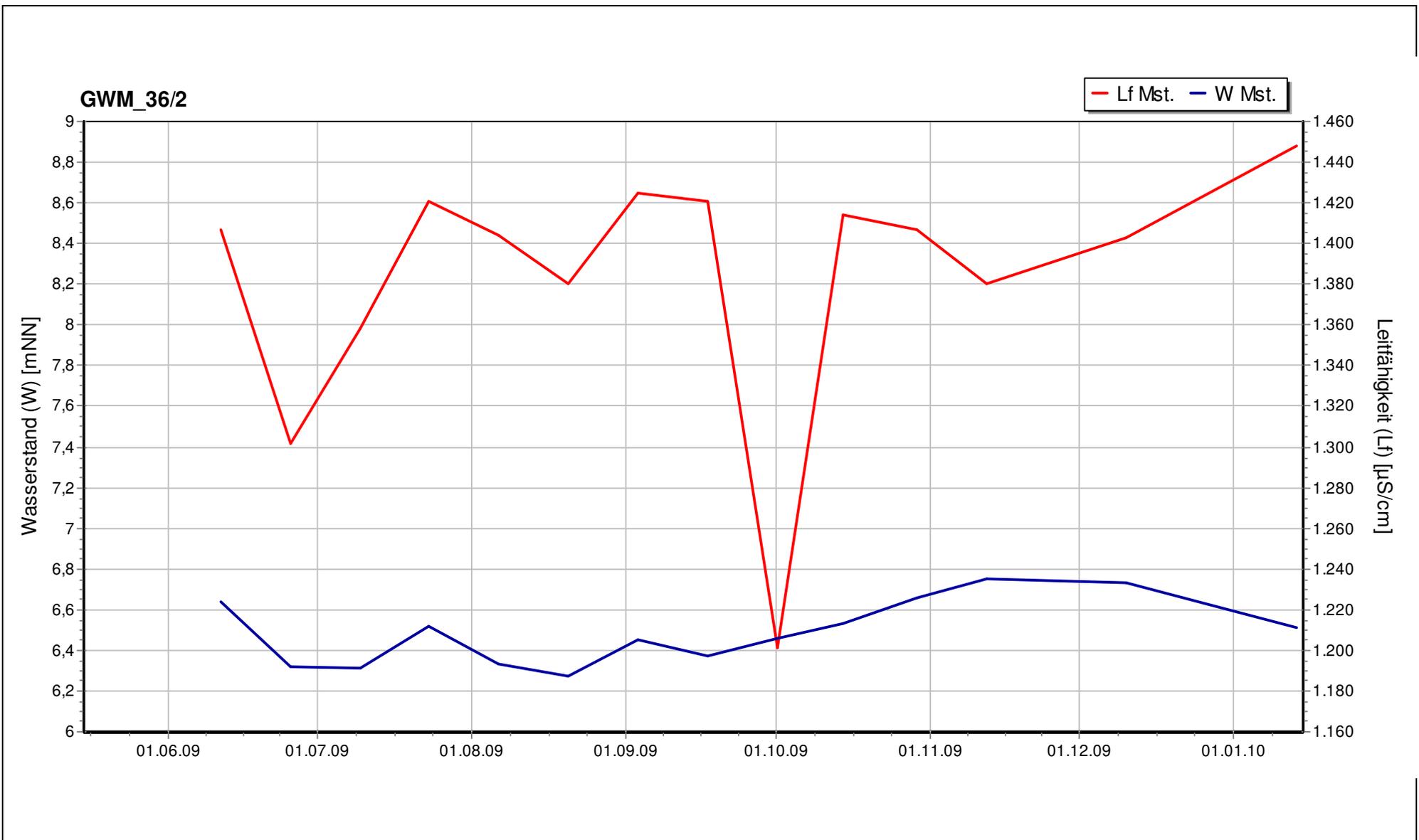
Anl. 3.34: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_34



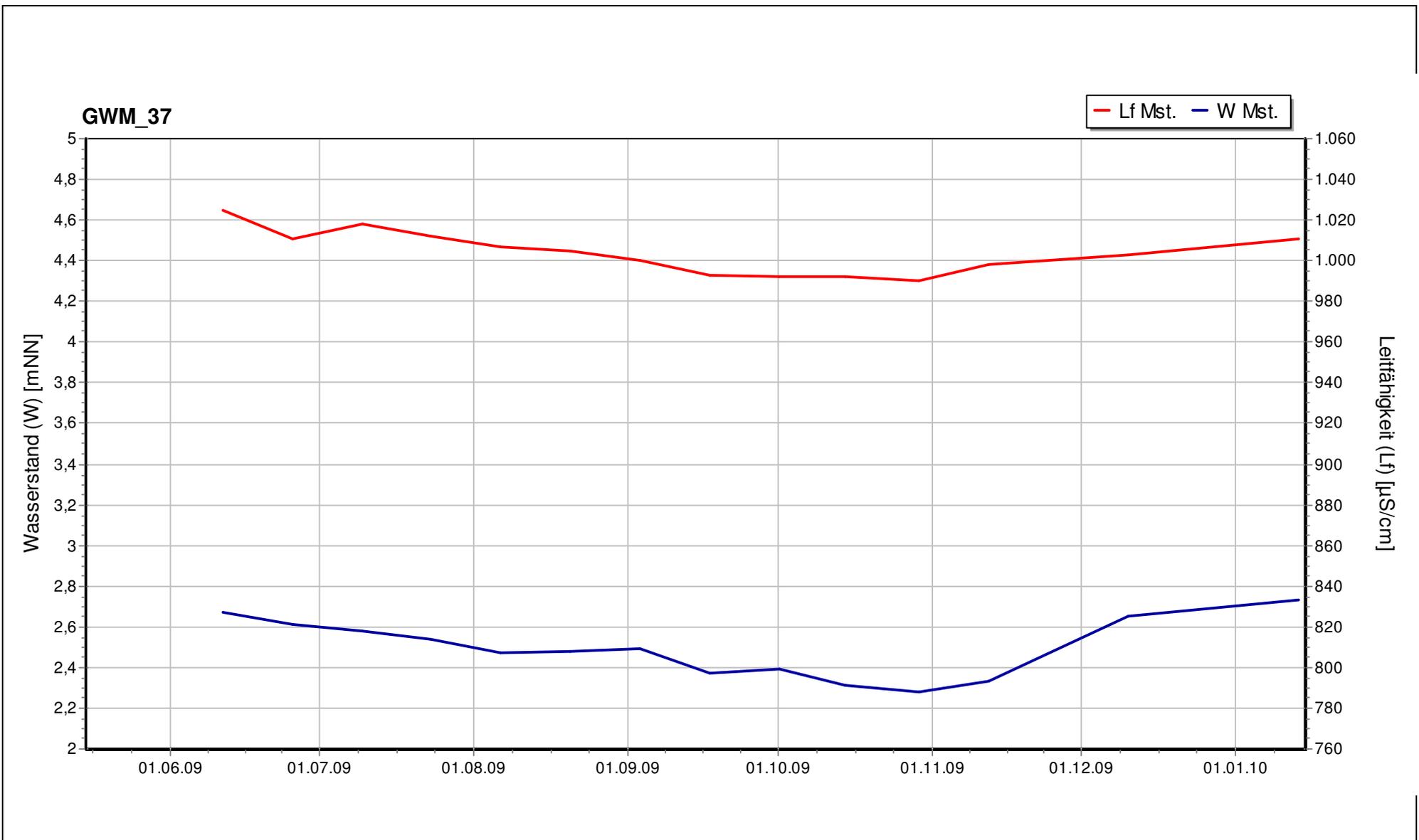
Anl. 3.35: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_35



Anl. 3.36: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_36/1

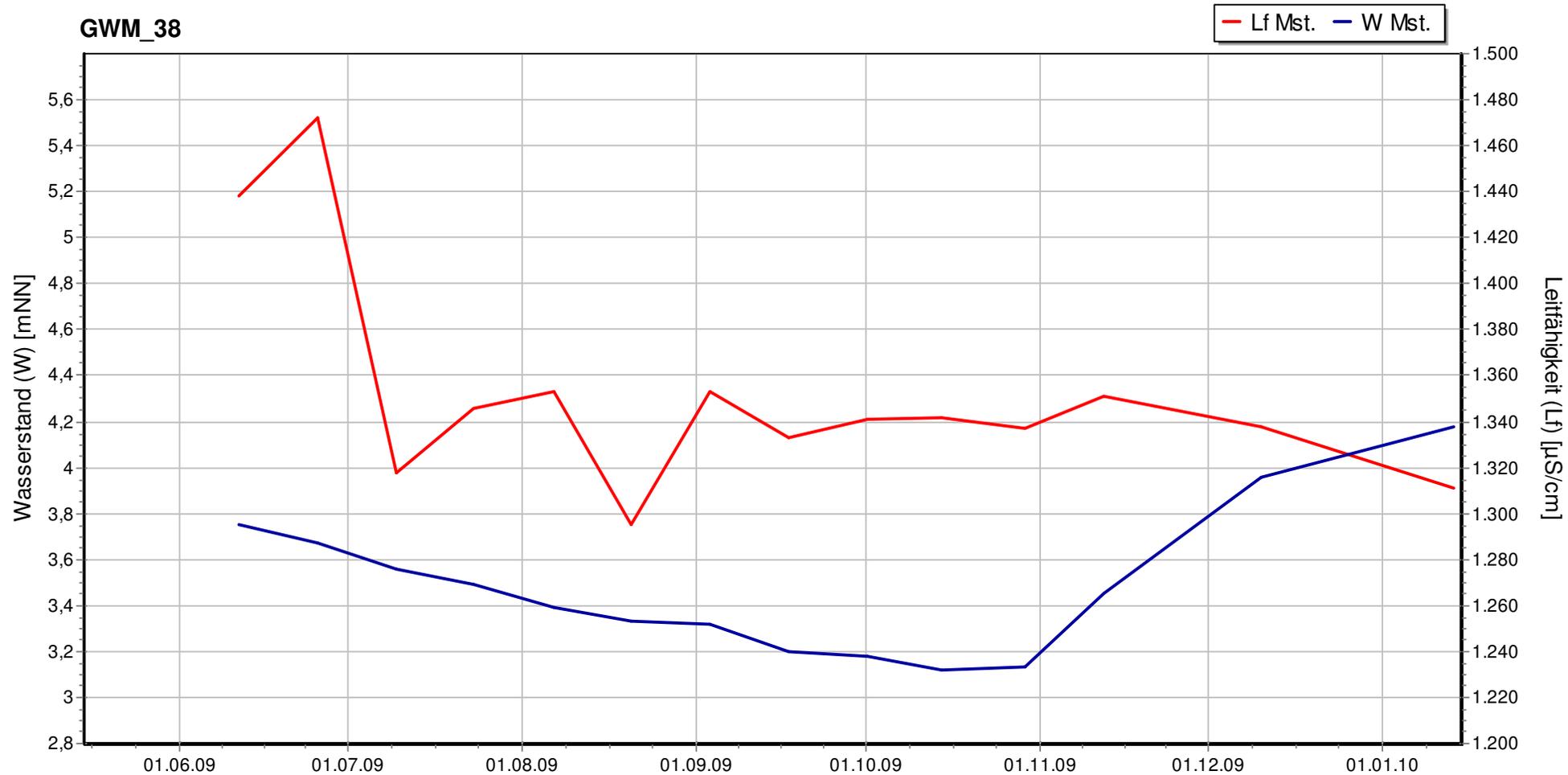


Anl. 3.37: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_36/2

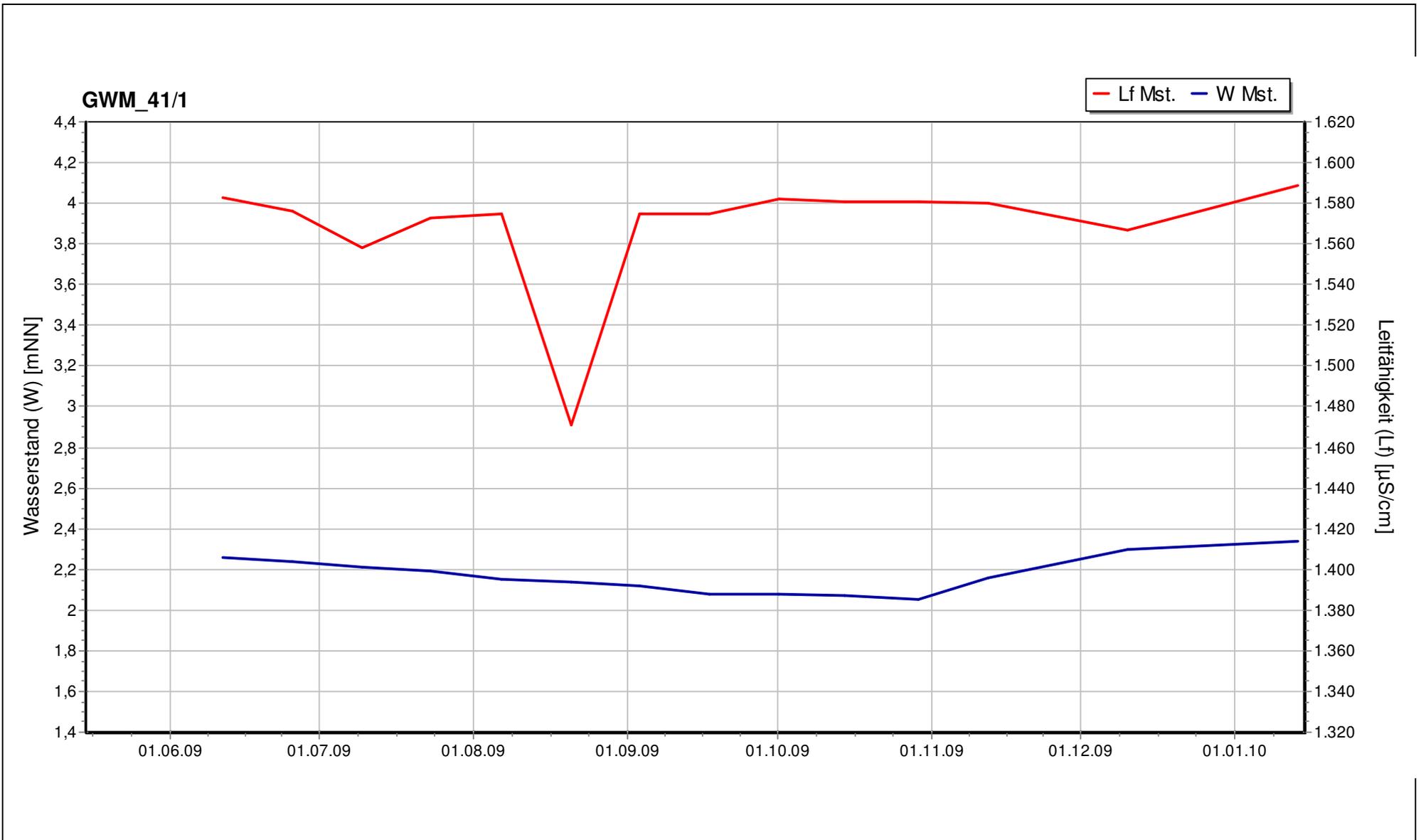


Anl. 3.38: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_37

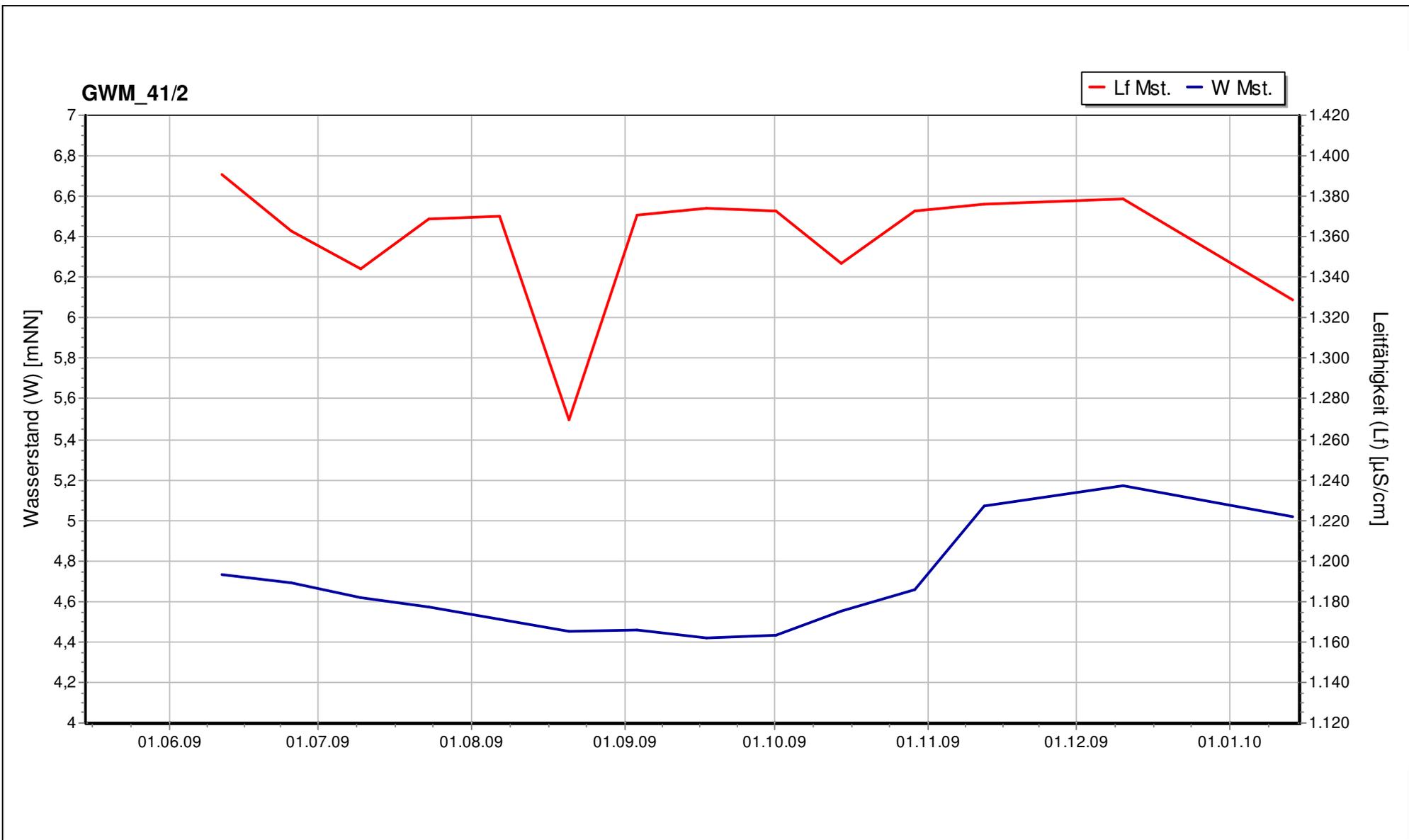
GWM_38



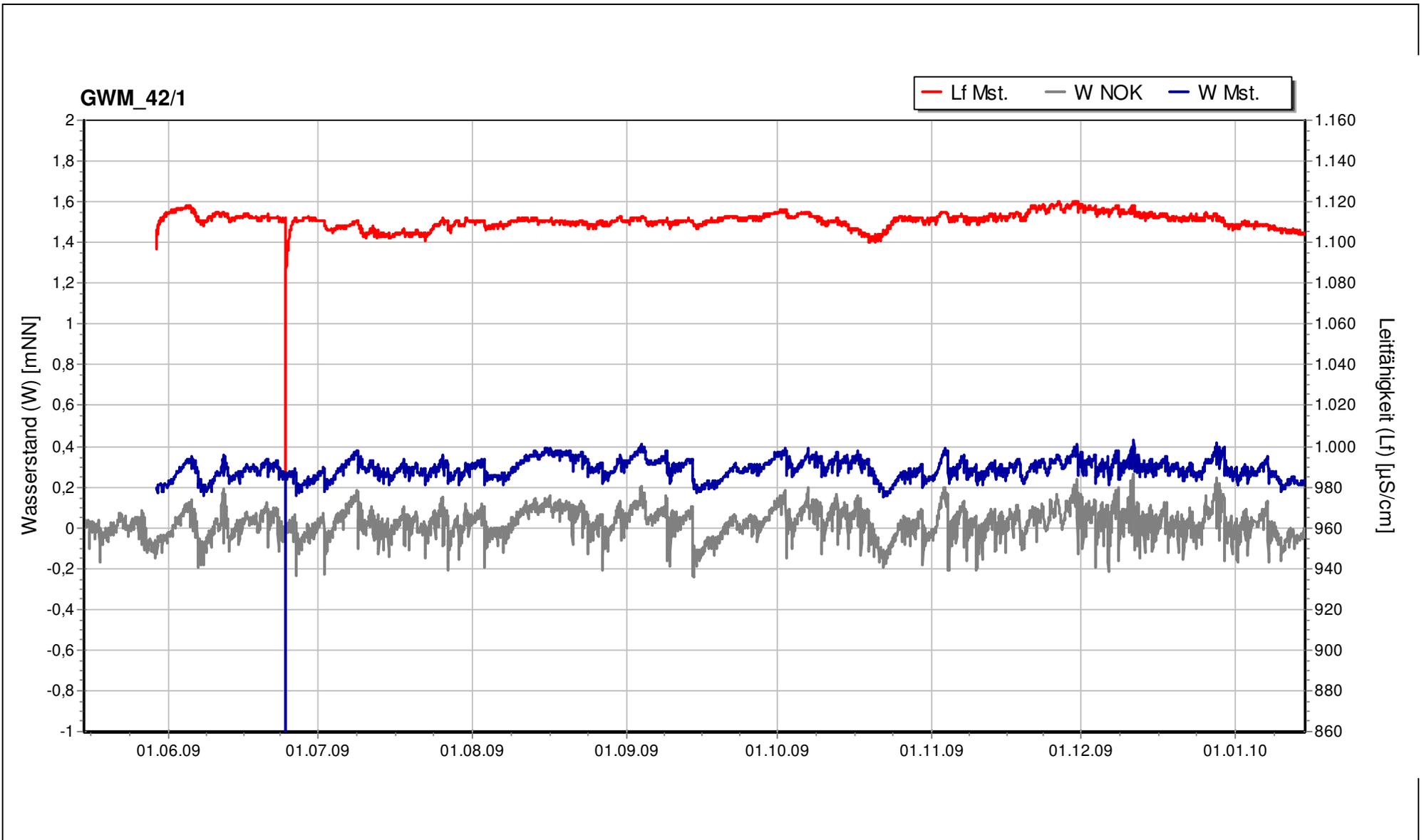
Anl. 3.39: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_38



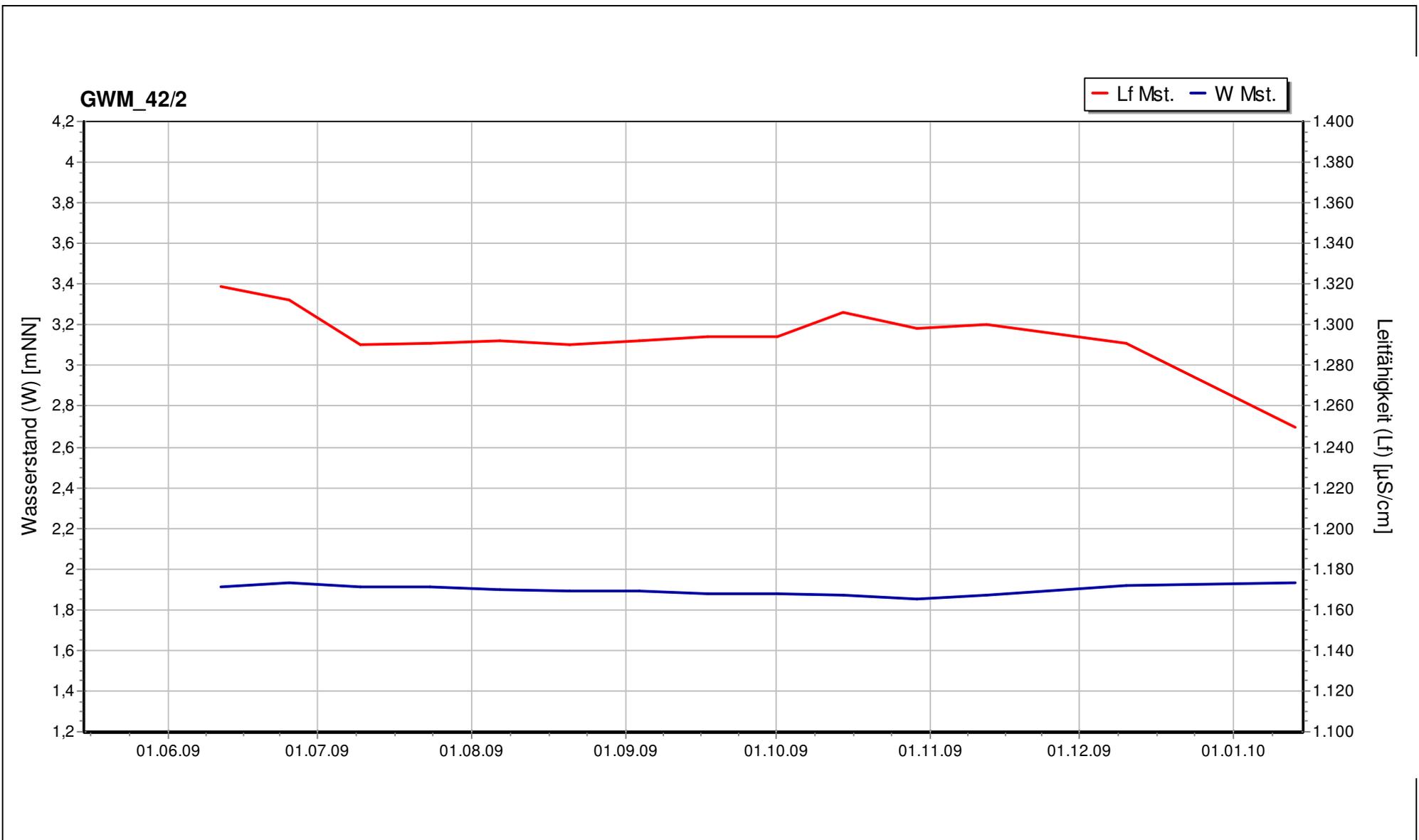
Anl. 3.40: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_41/1



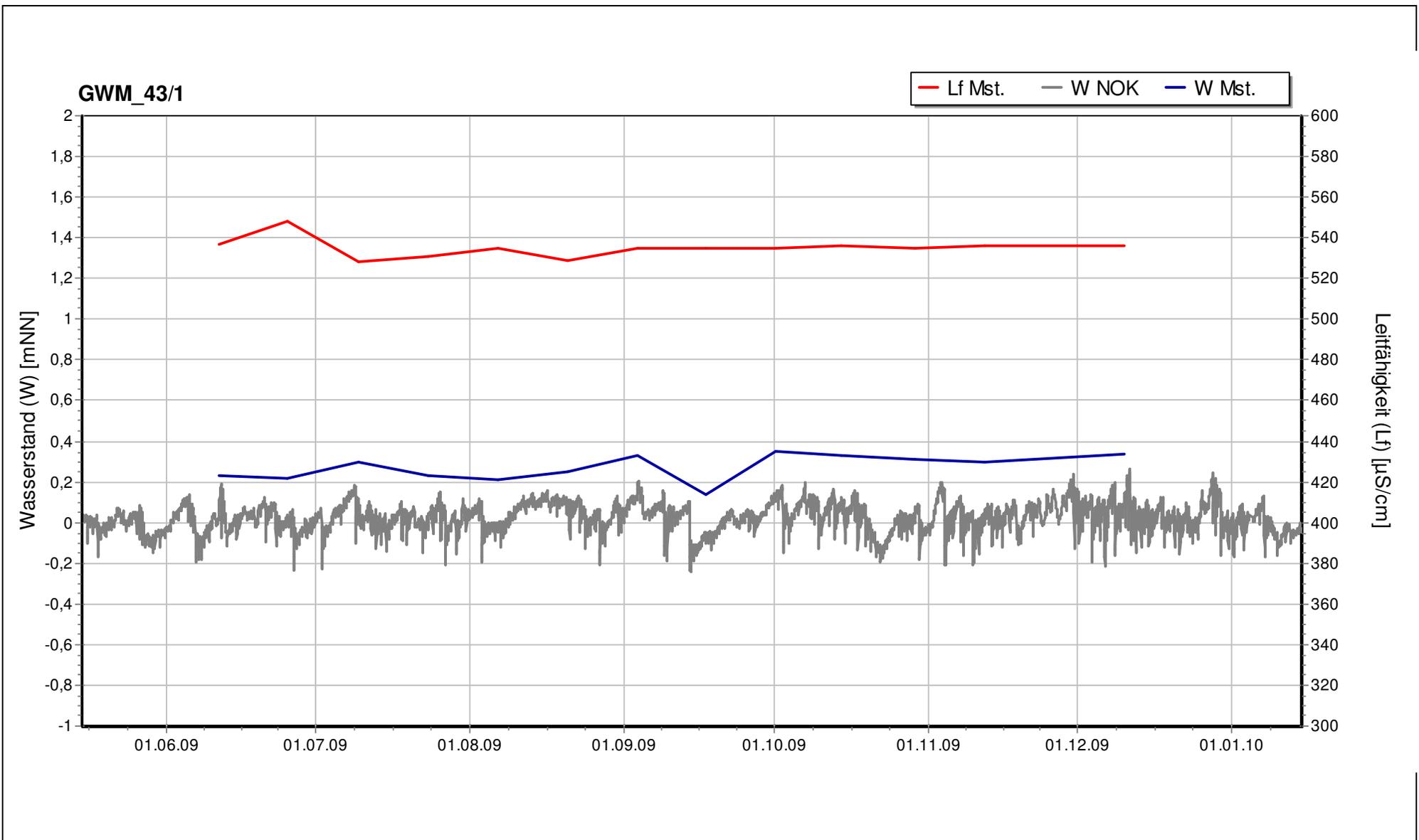
Anl. 3.41: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_41/2



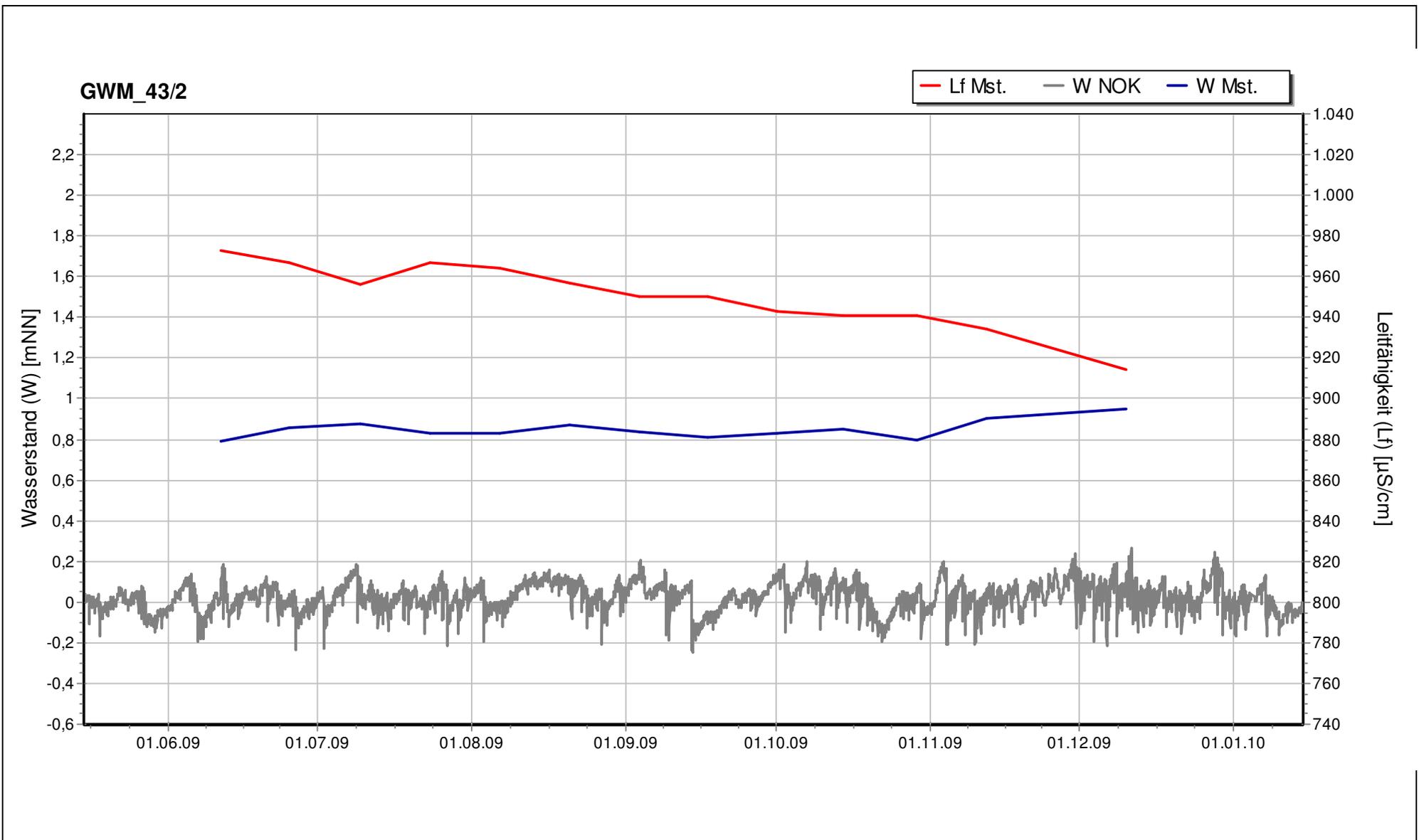
Anl. 3.42: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_42/1



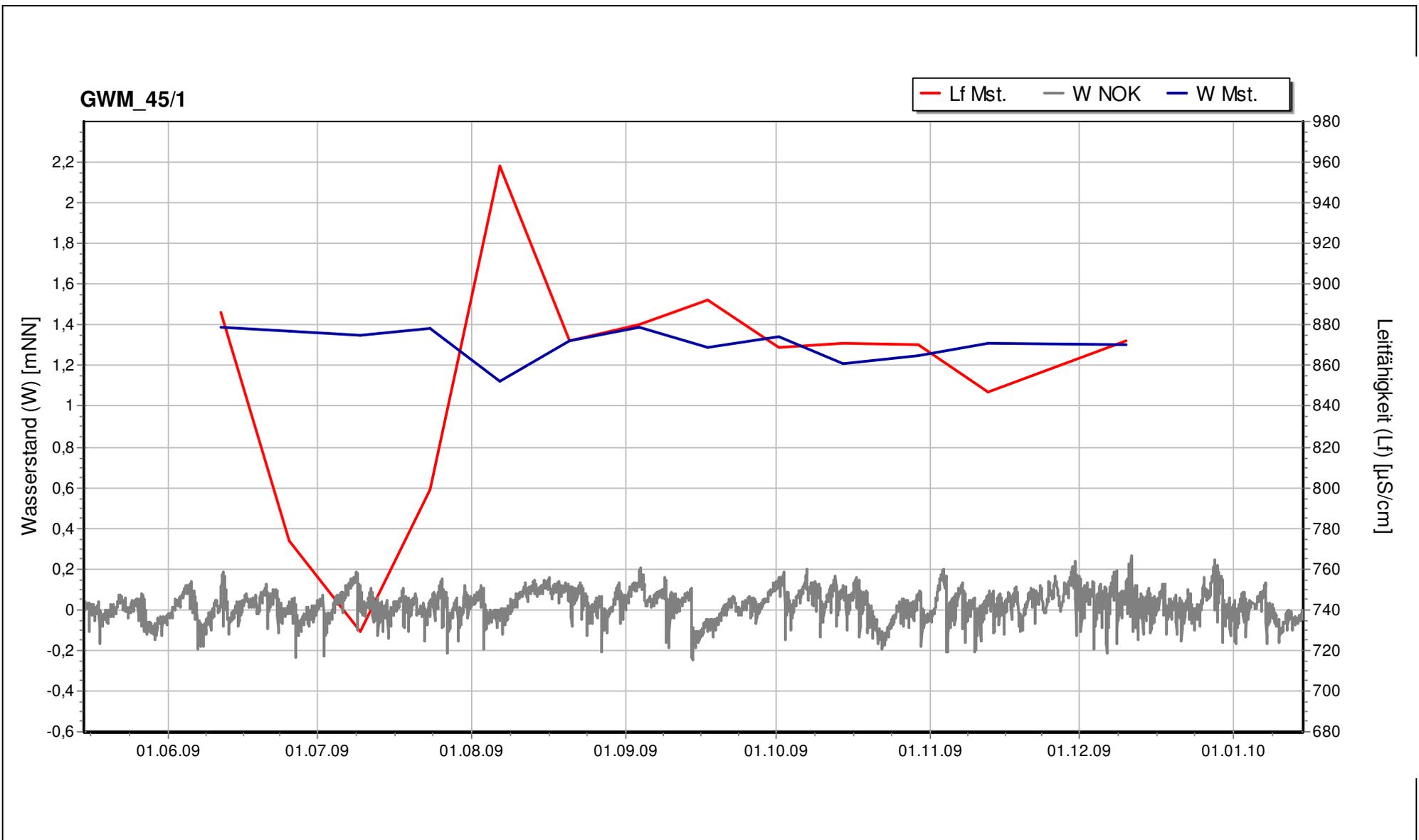
Anl. 3.43: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_42/2



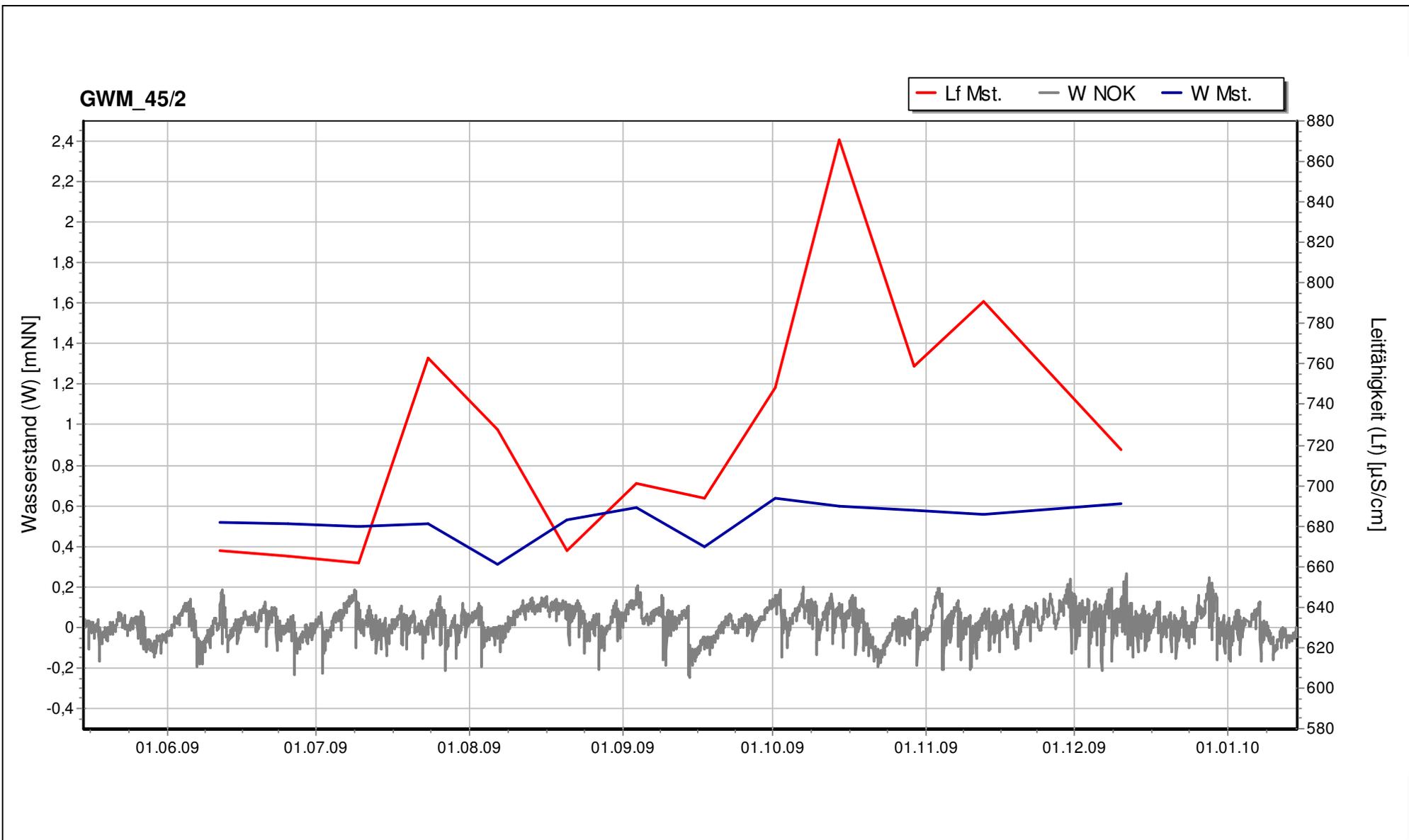
Anl. 3.44: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_43/1



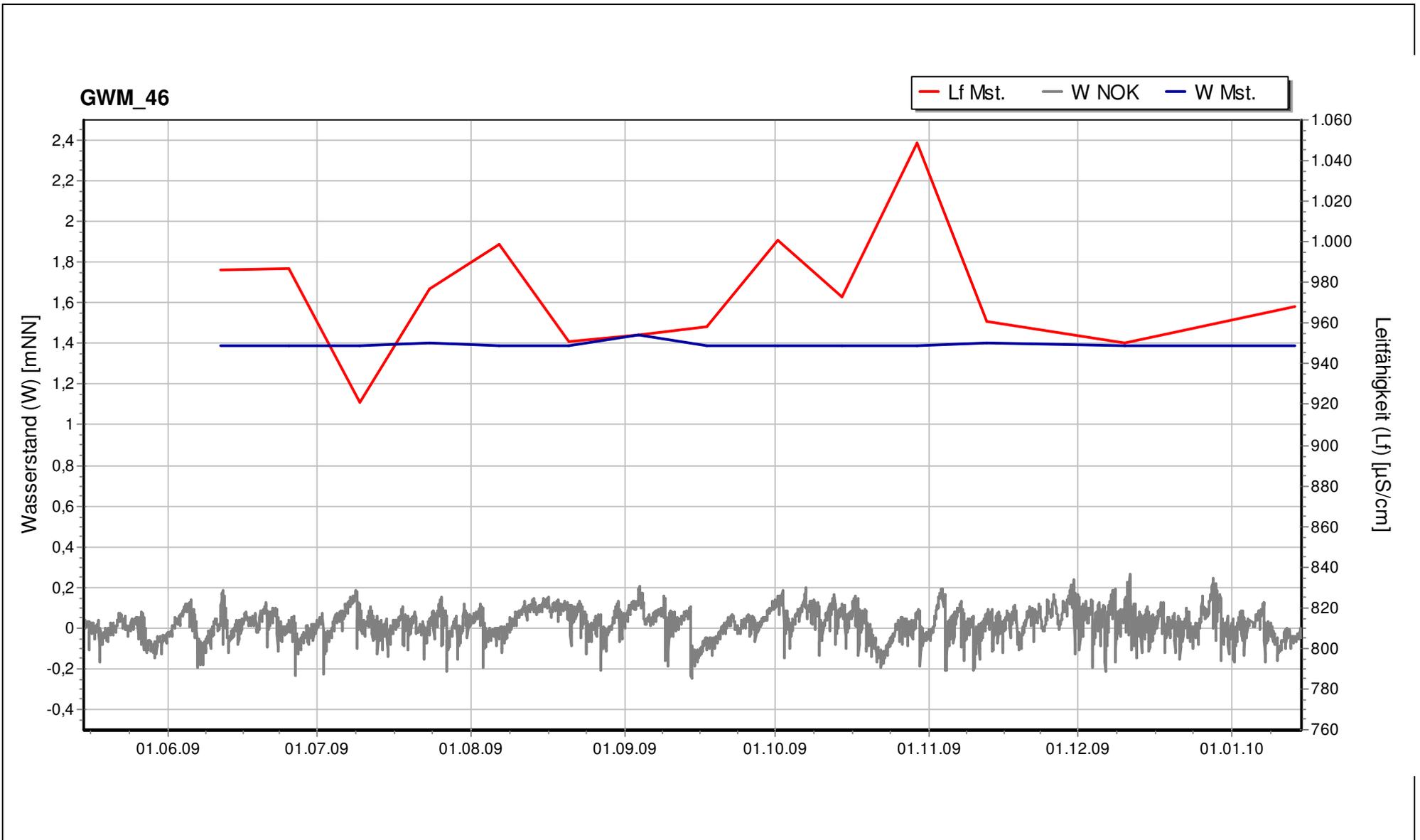
Anl. 3.45: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_43/2



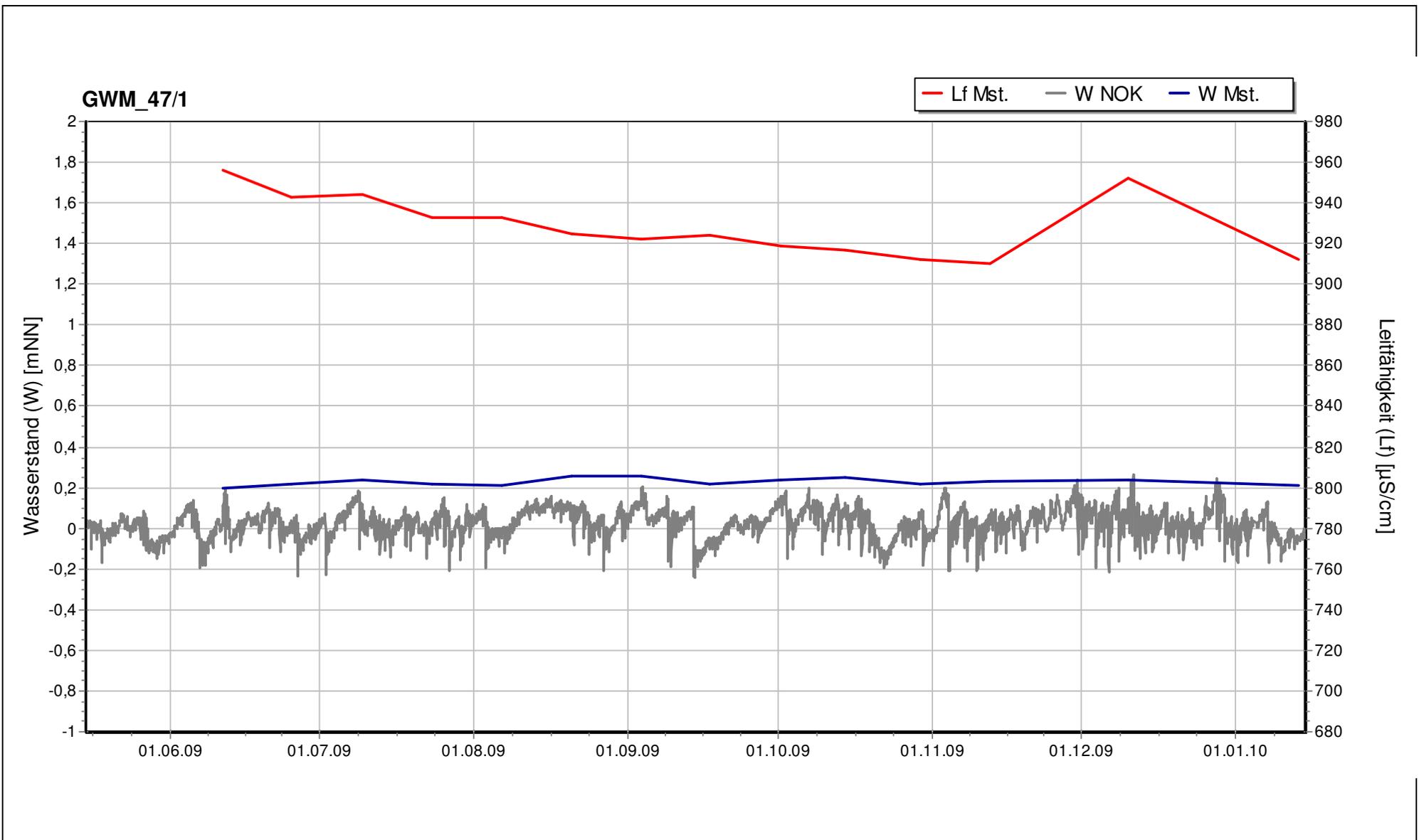
Anl. 3.46: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_45/1



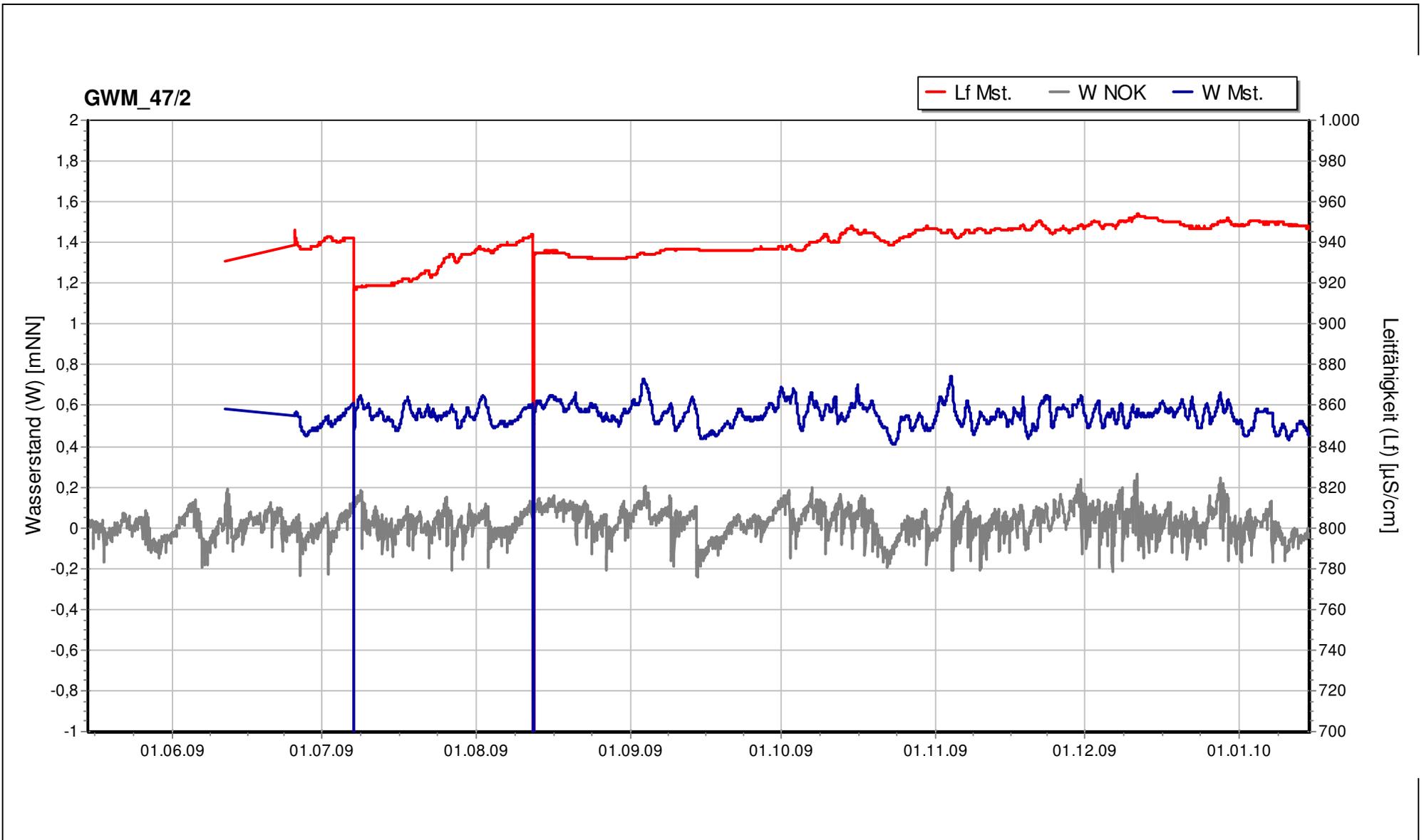
Anl. 3.47: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_45/2



Anl. 3.48: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_46



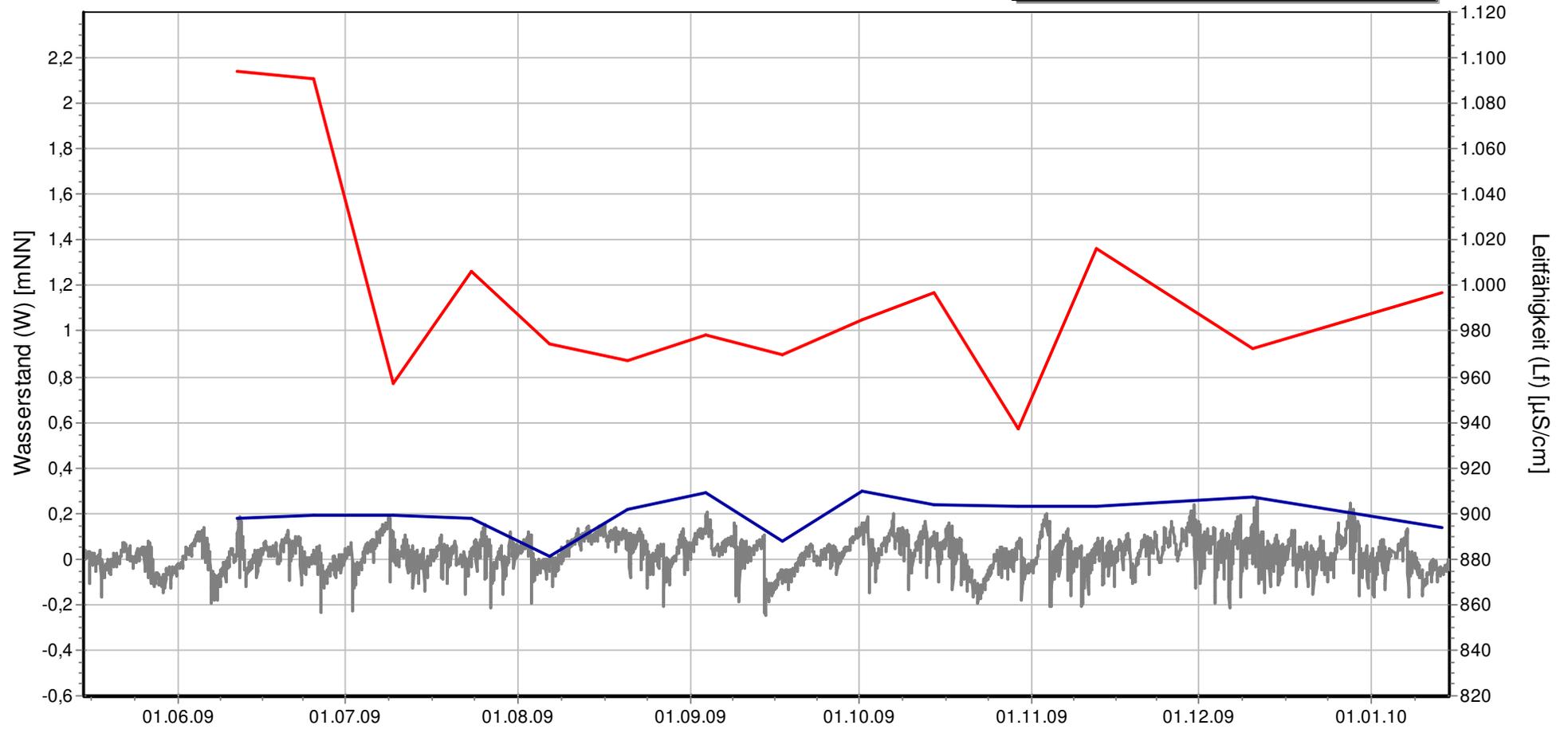
Anl. 3.49: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_47/1



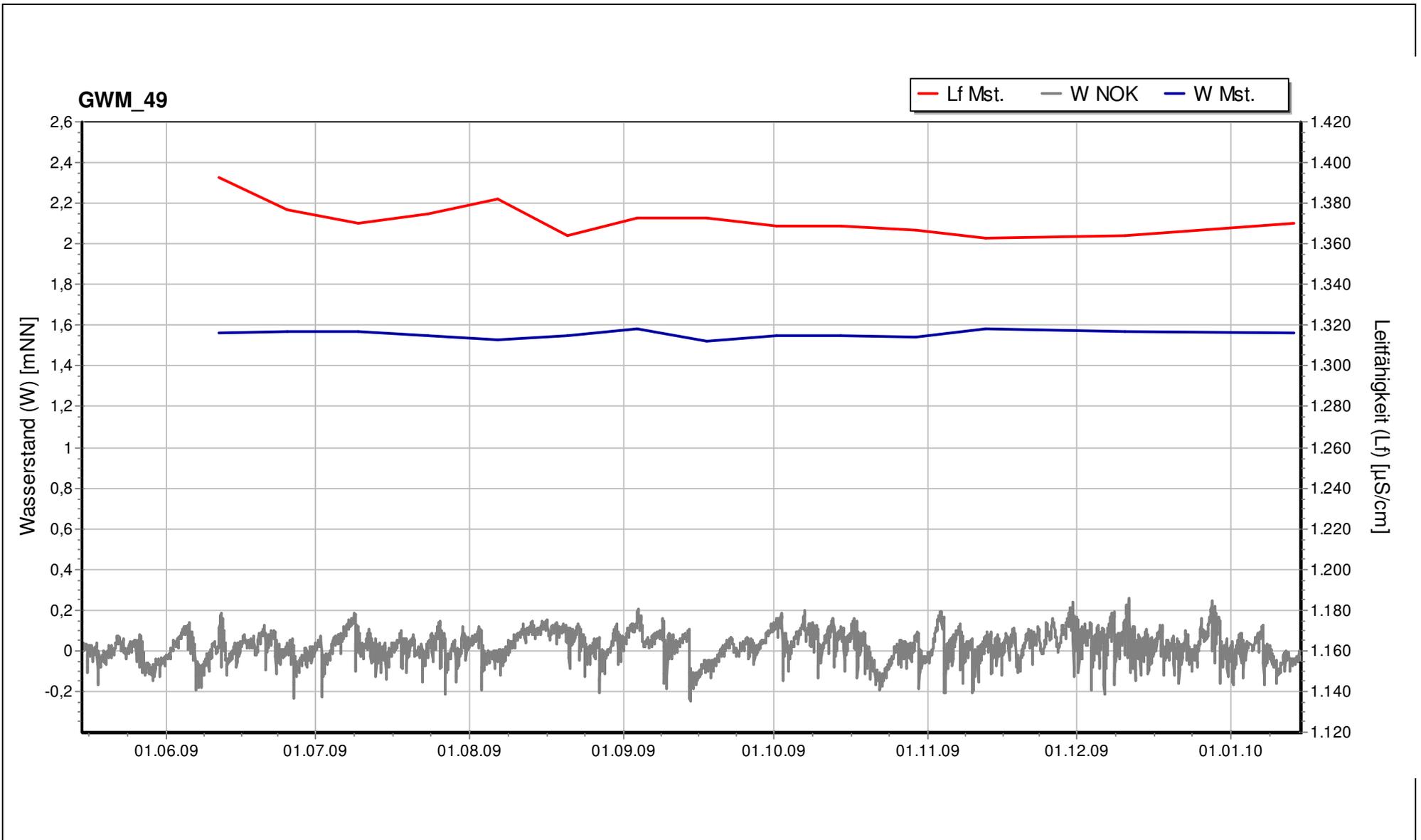
Anl. 3.50: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_47/2

GWM_48

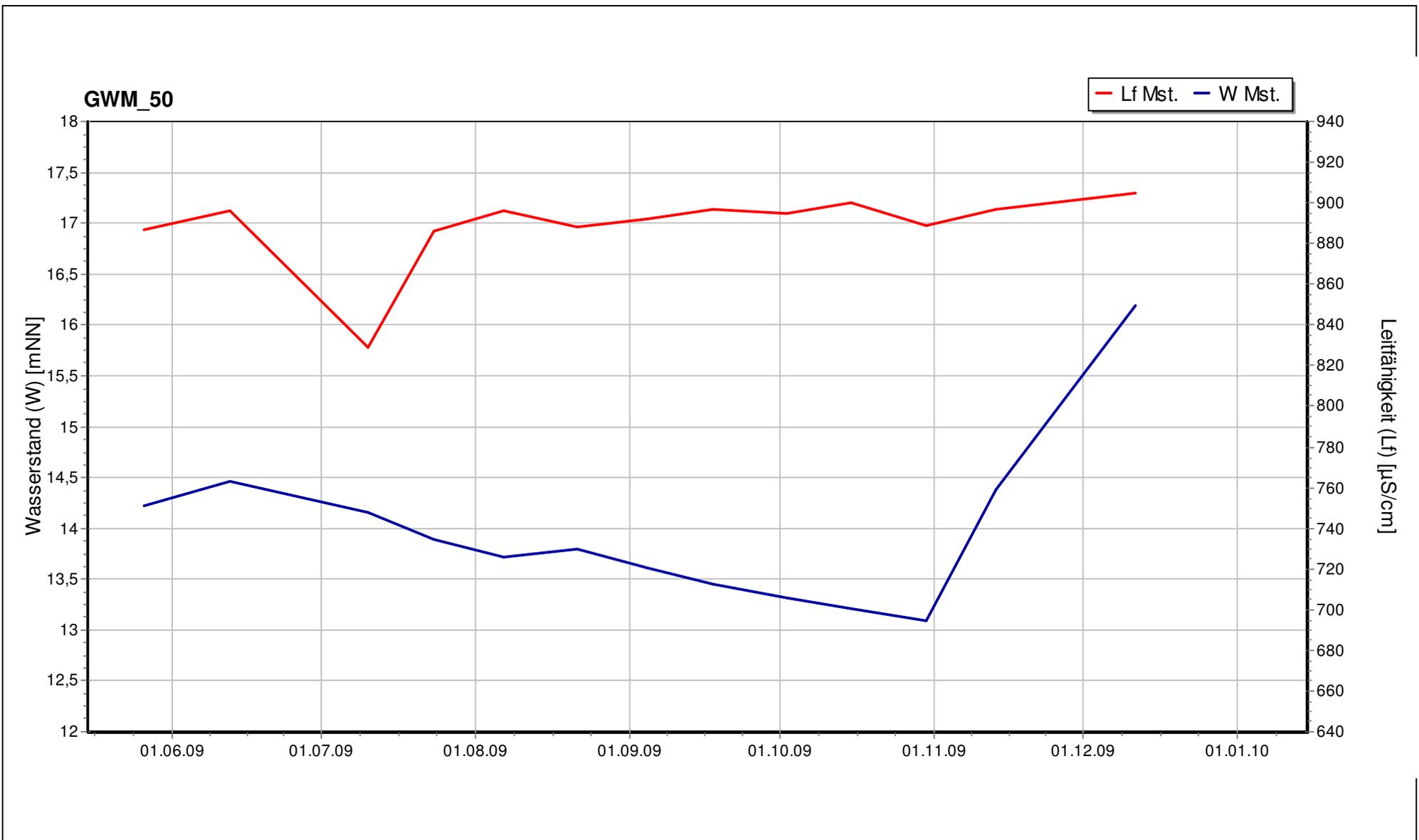
— Lf Mst. — W NOK — W Mst.



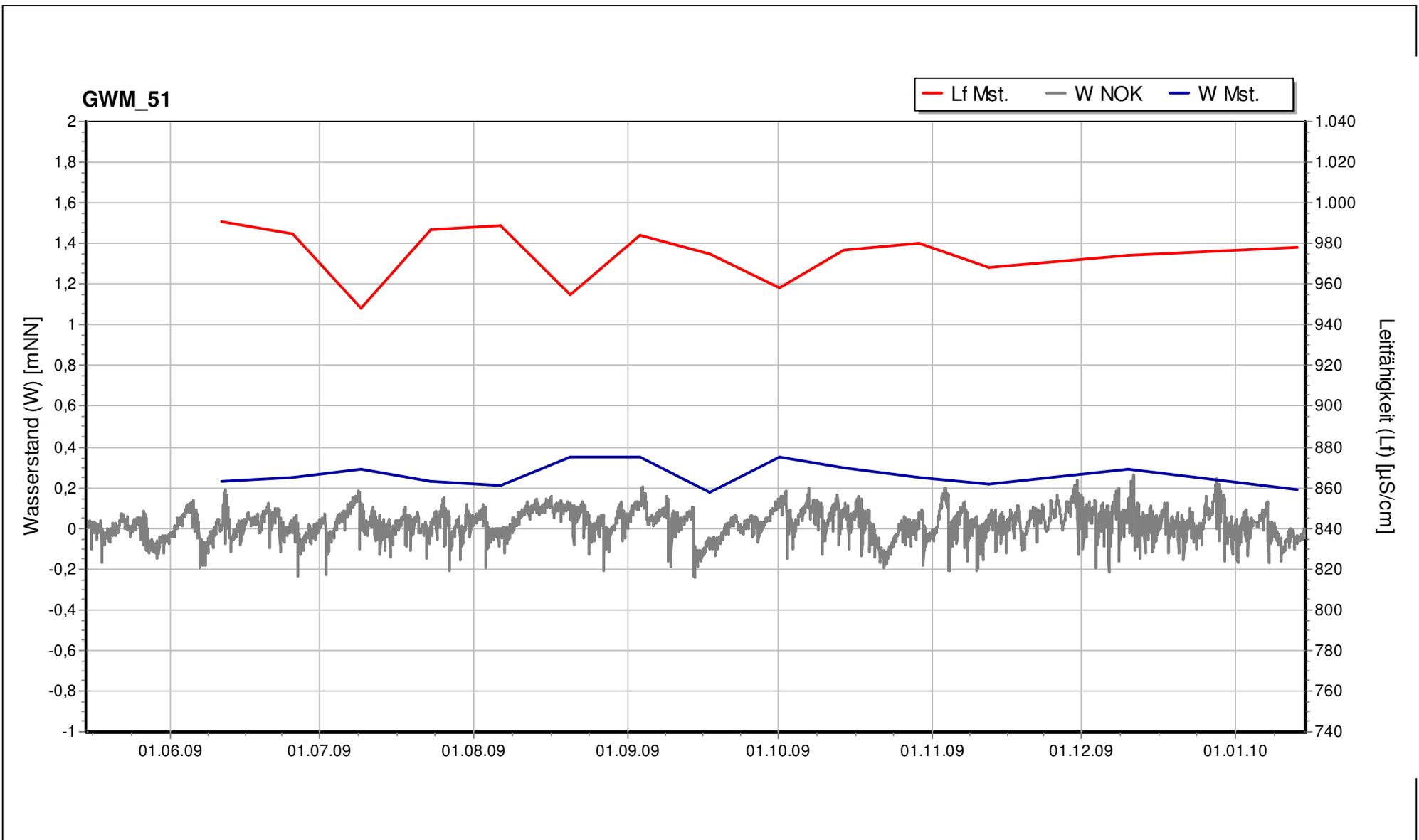
Anl. 3.51: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_48



Anl. 3.52: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_49

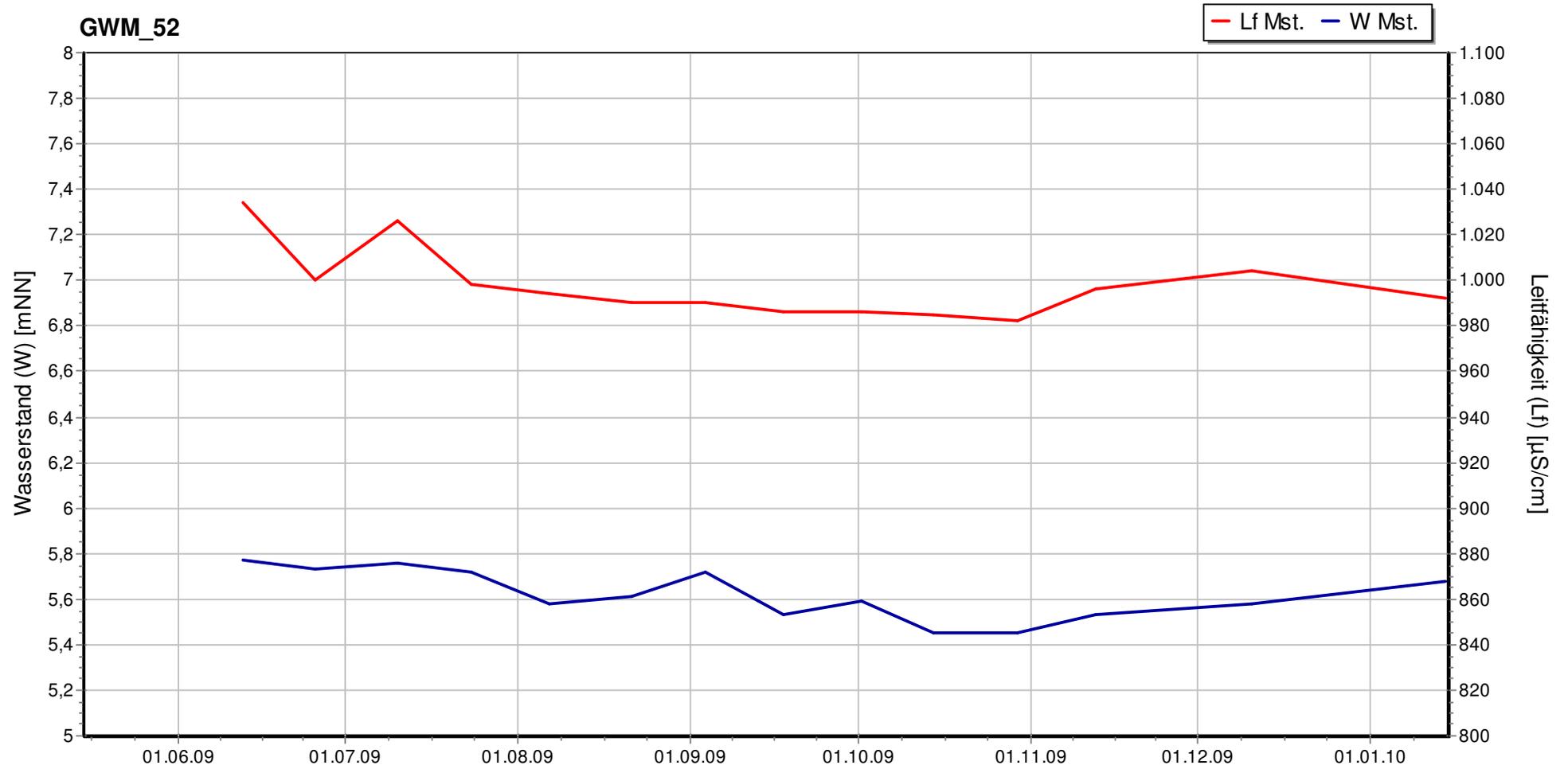


Anl. 3.53: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_50

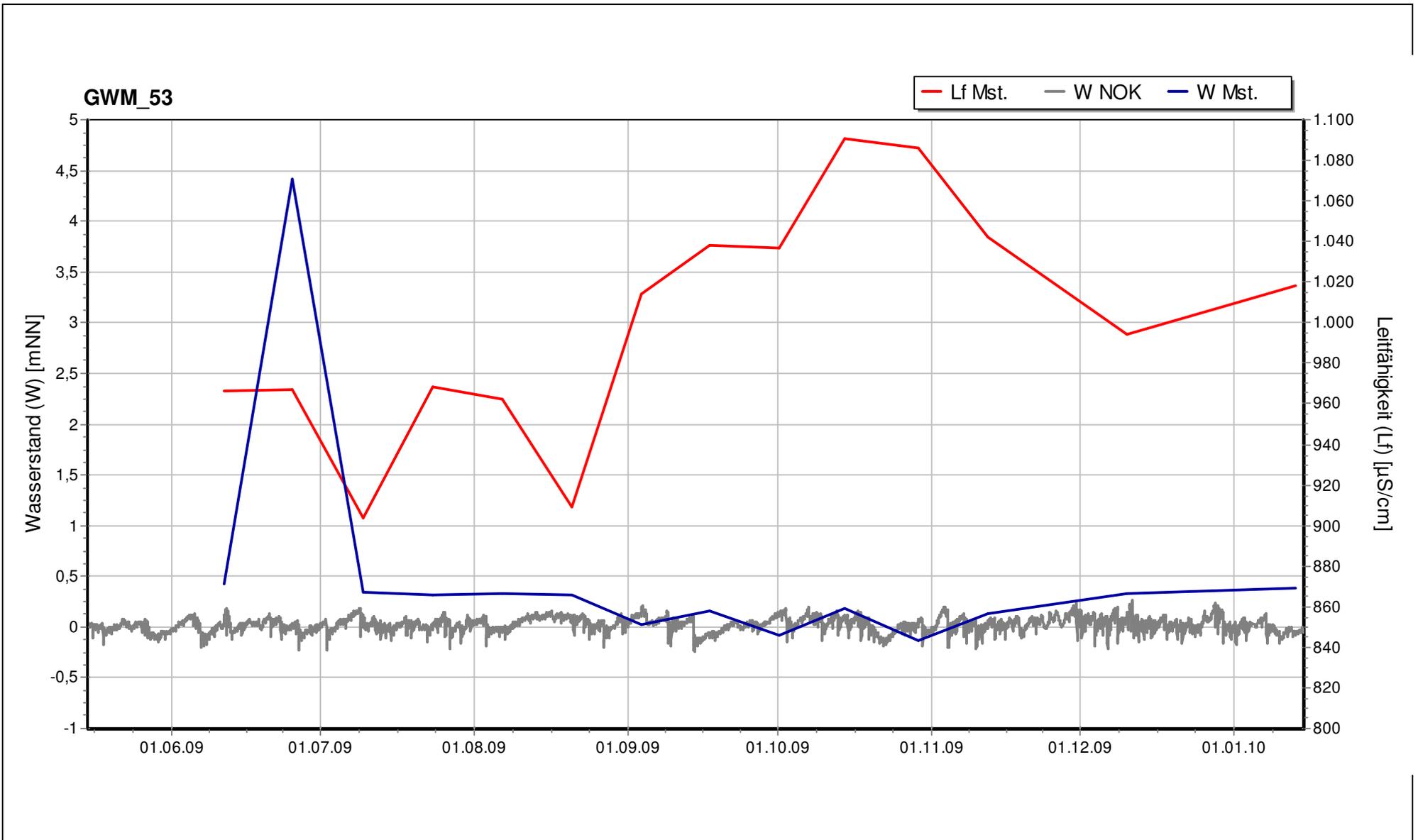


Anl. 3.54: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_51

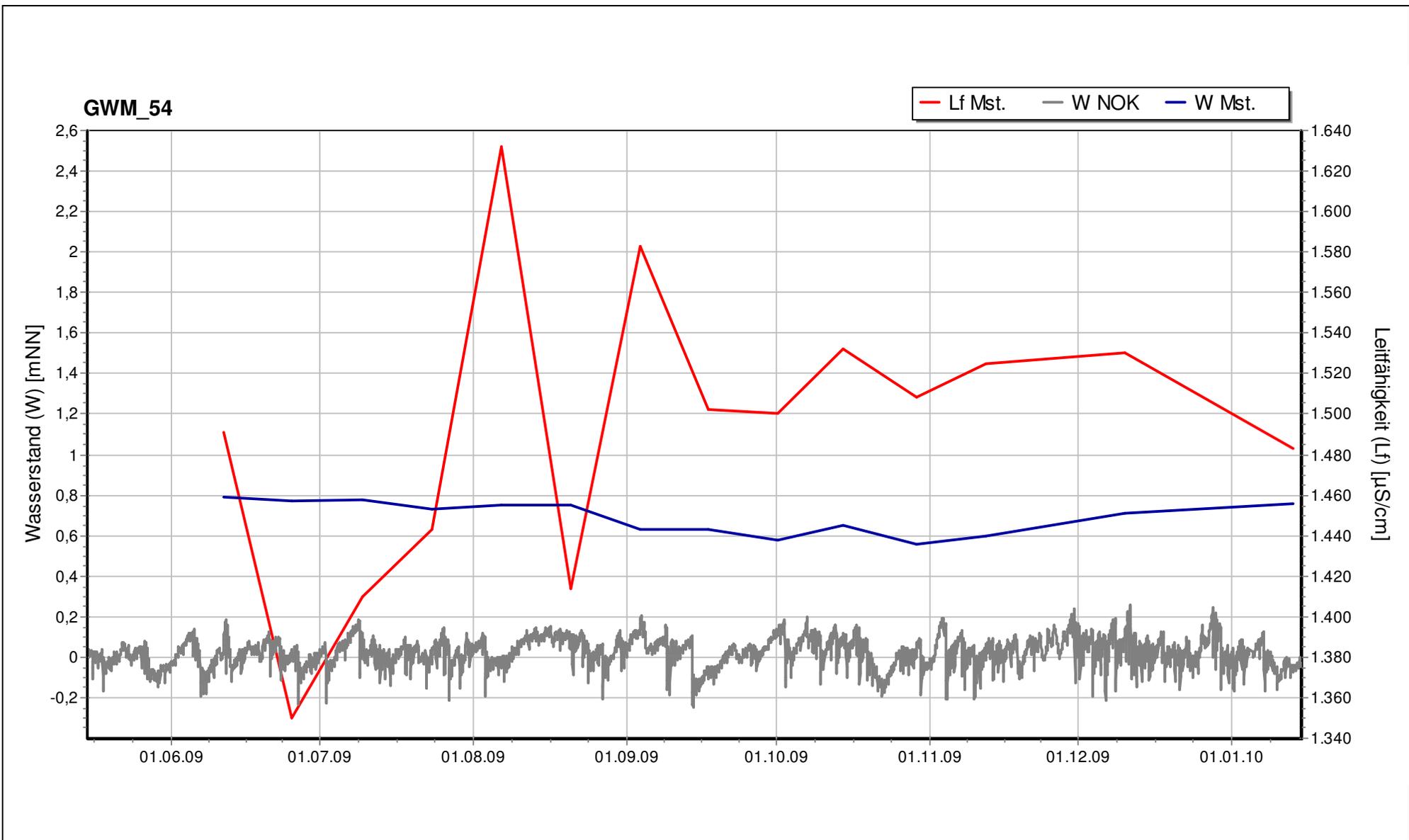
GWM_52



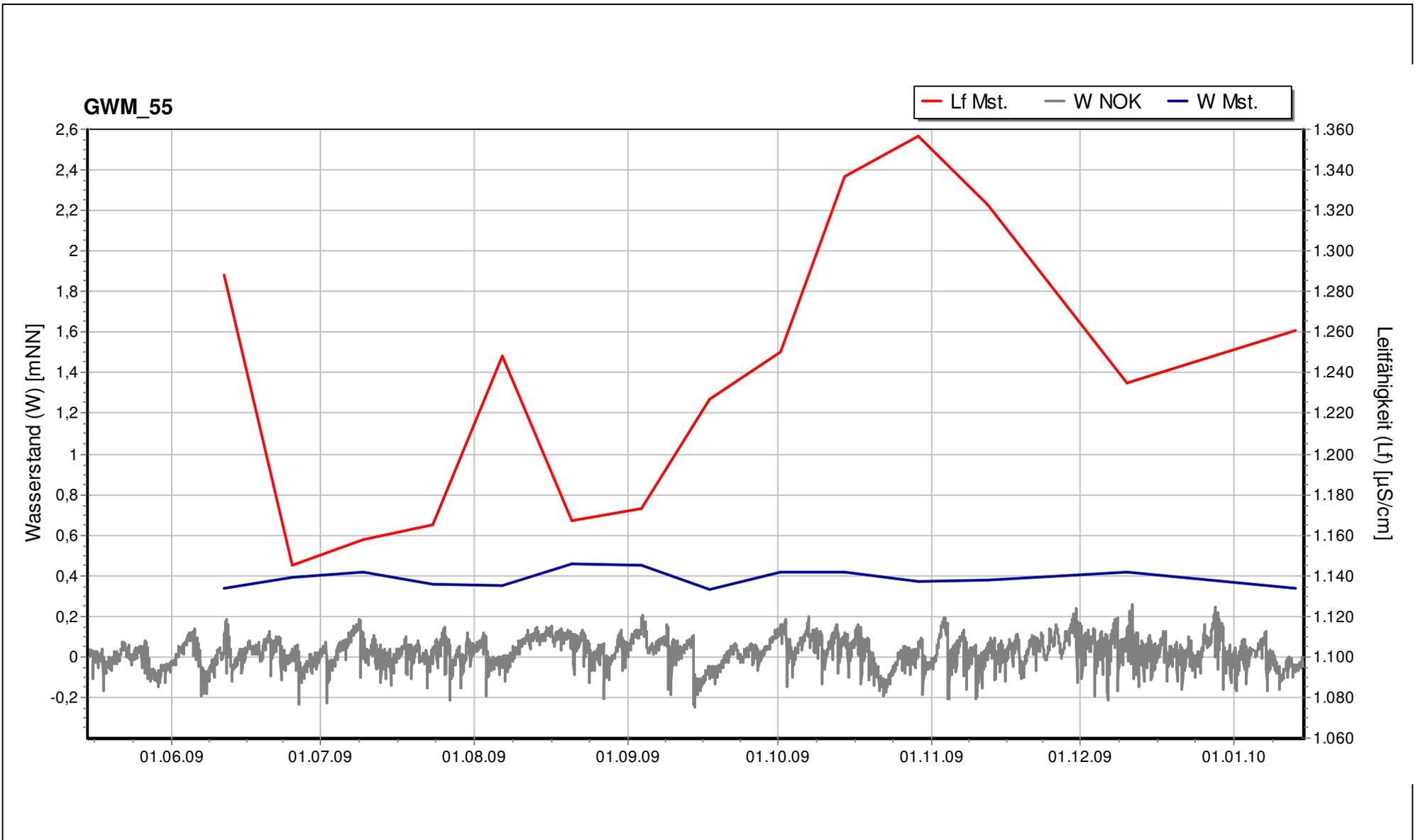
Anl. 3.55: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_52



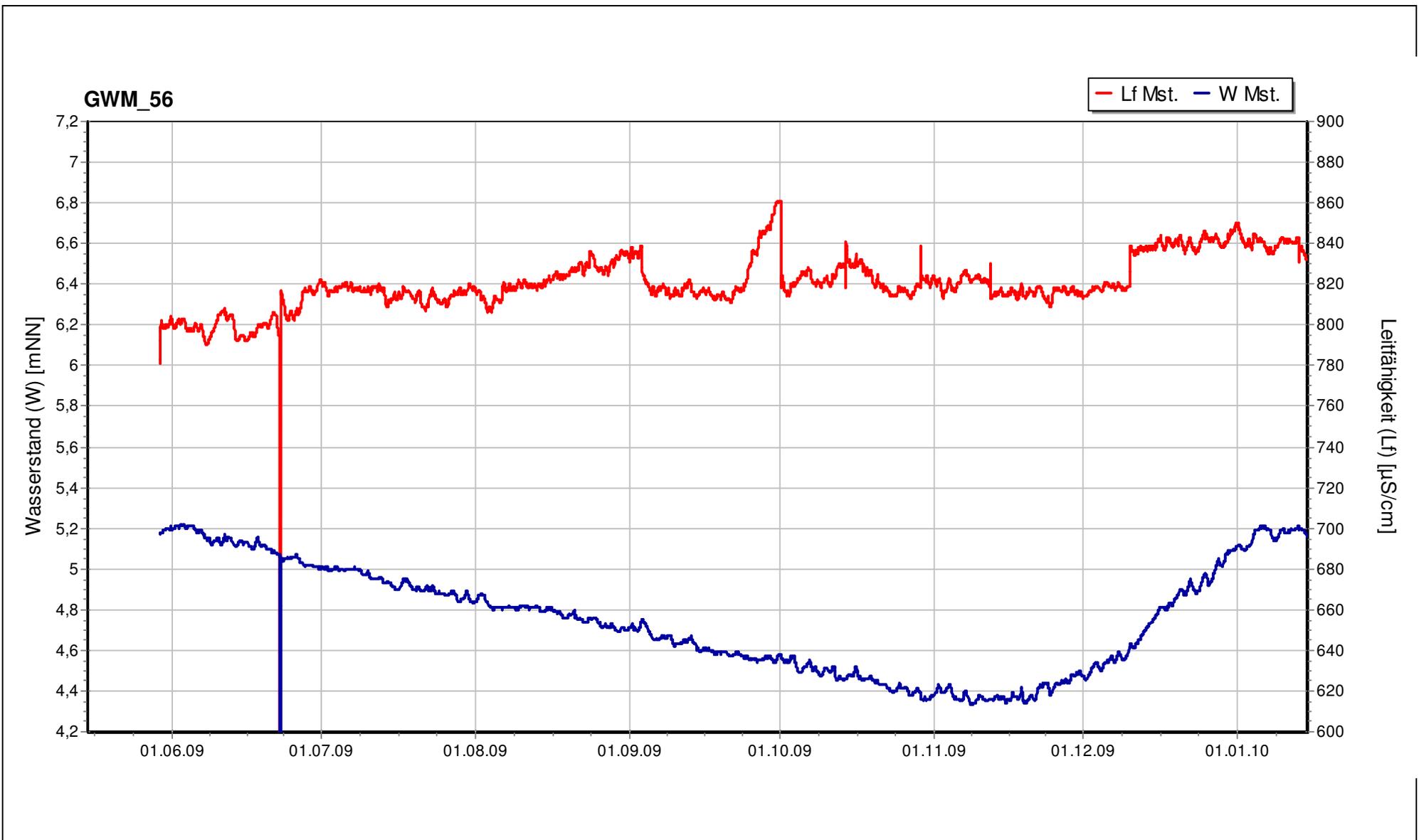
Anl. 3.56: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_53



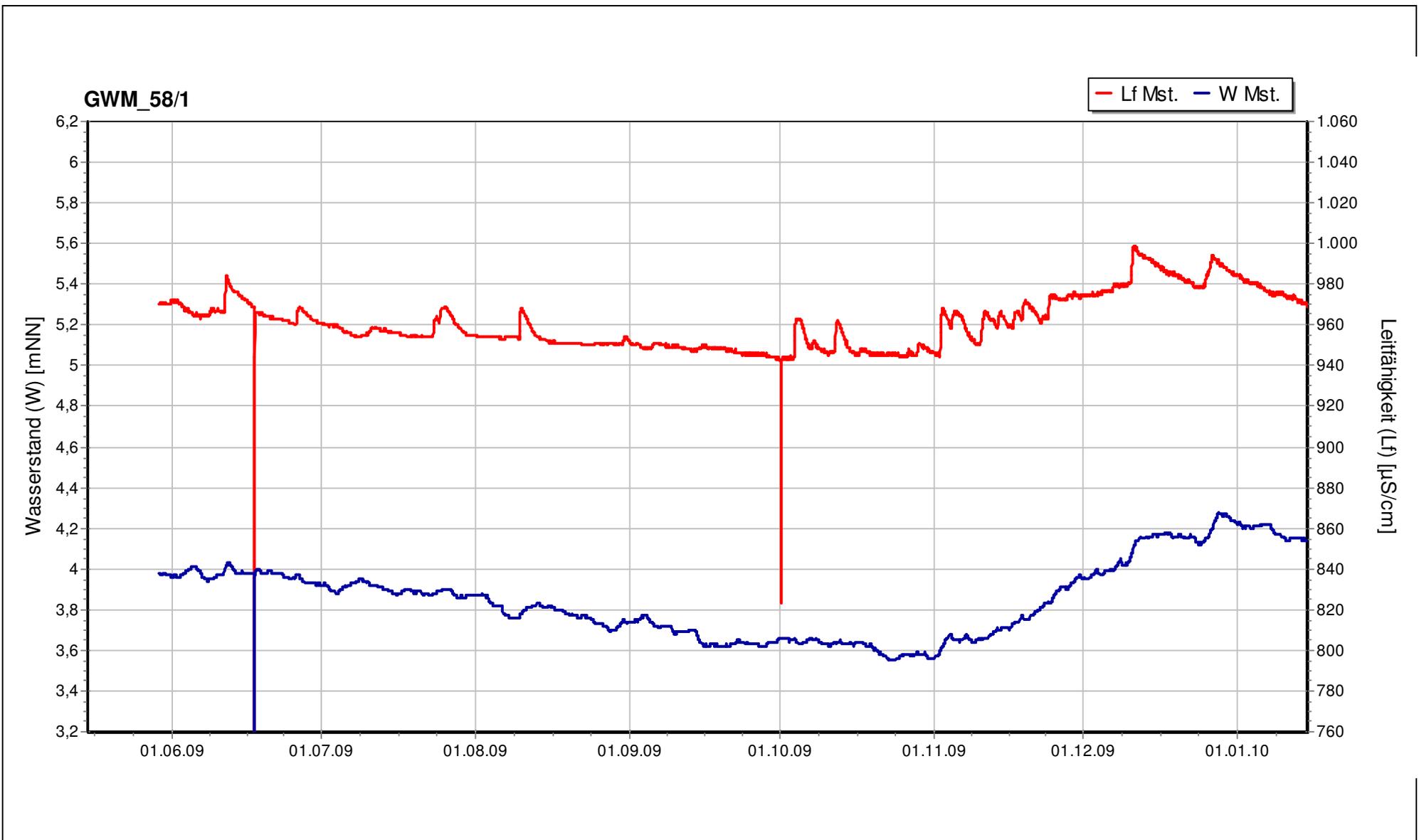
Anl. 3.57: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_54



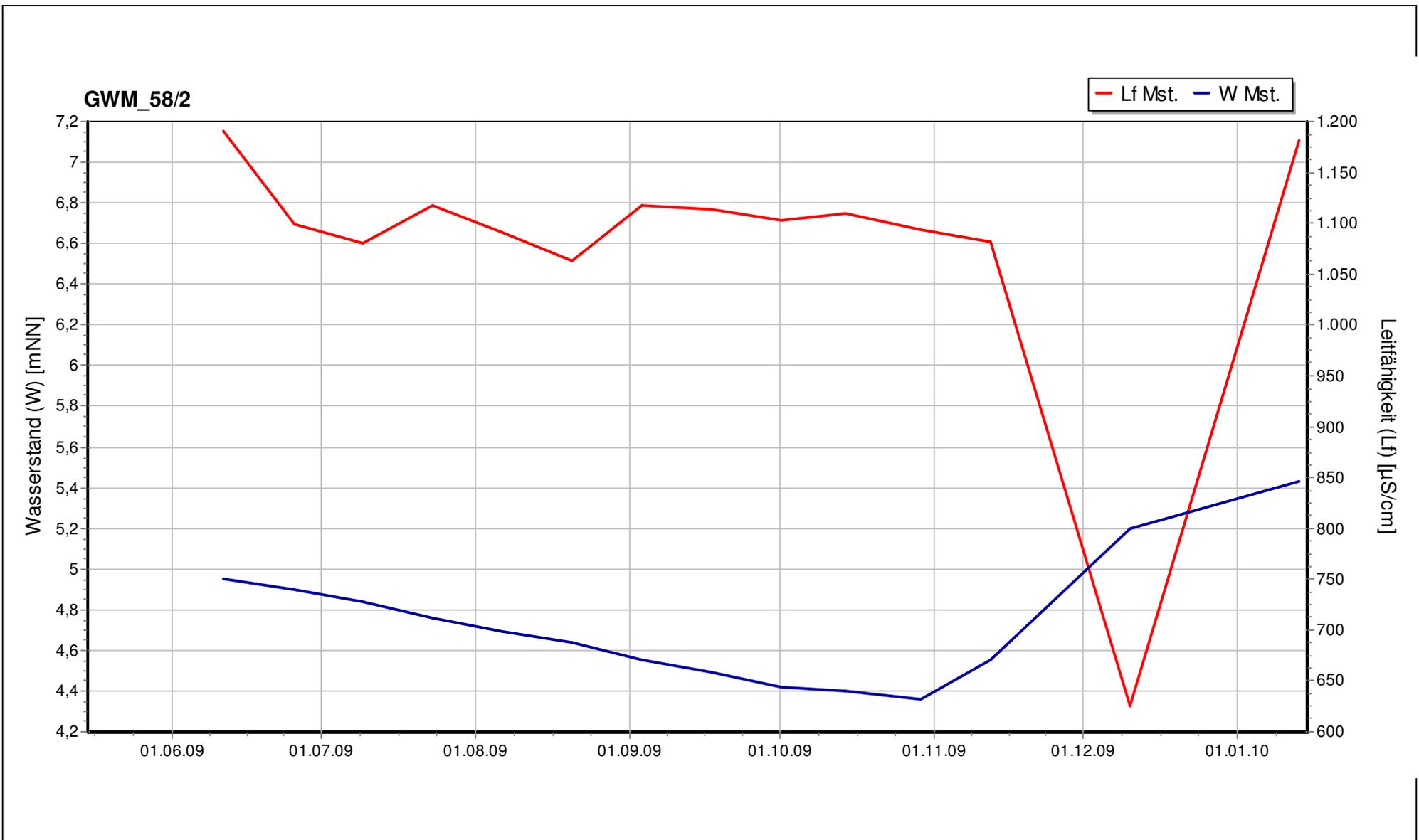
Anl. 3.58: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_55



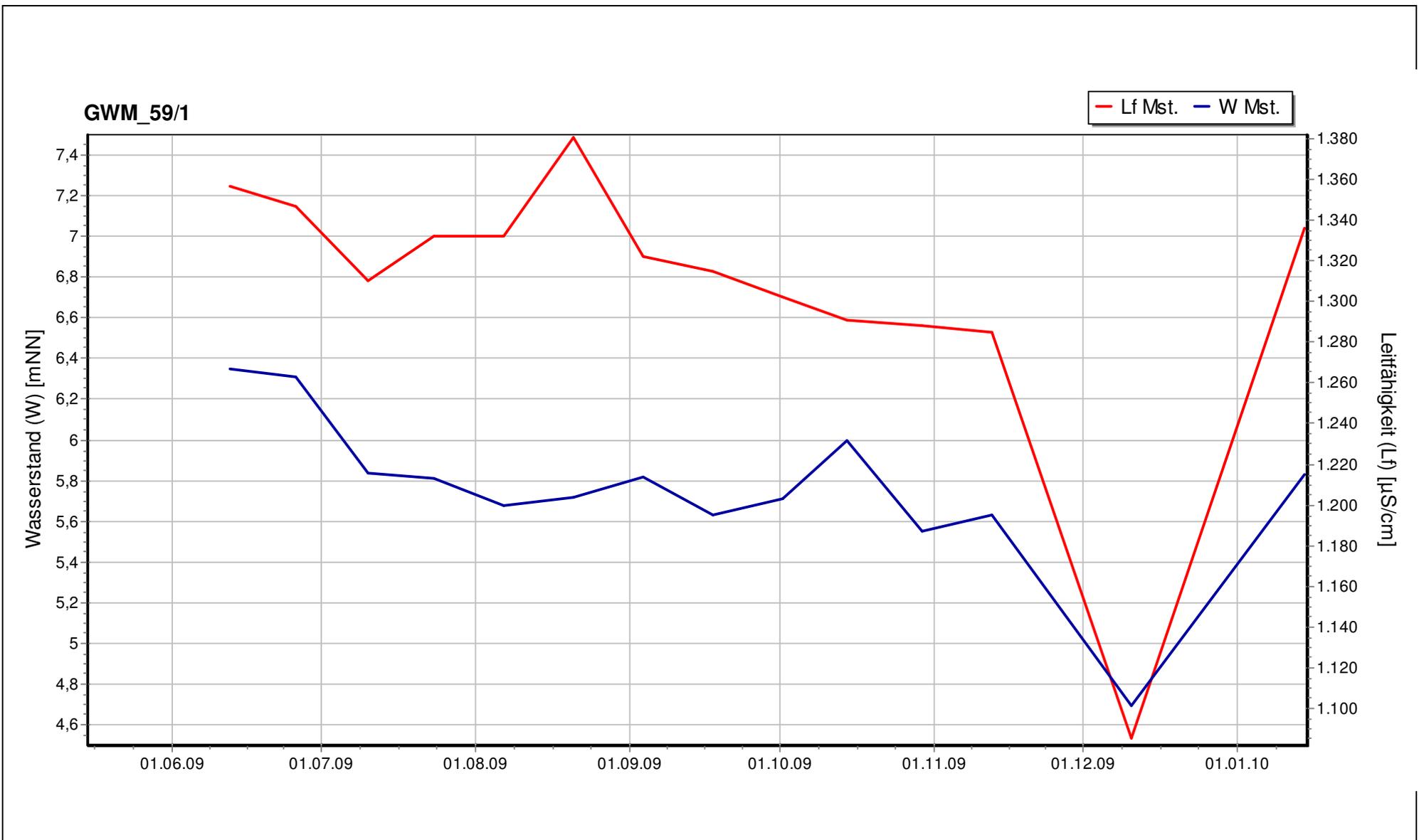
Anl. 3.59: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_56



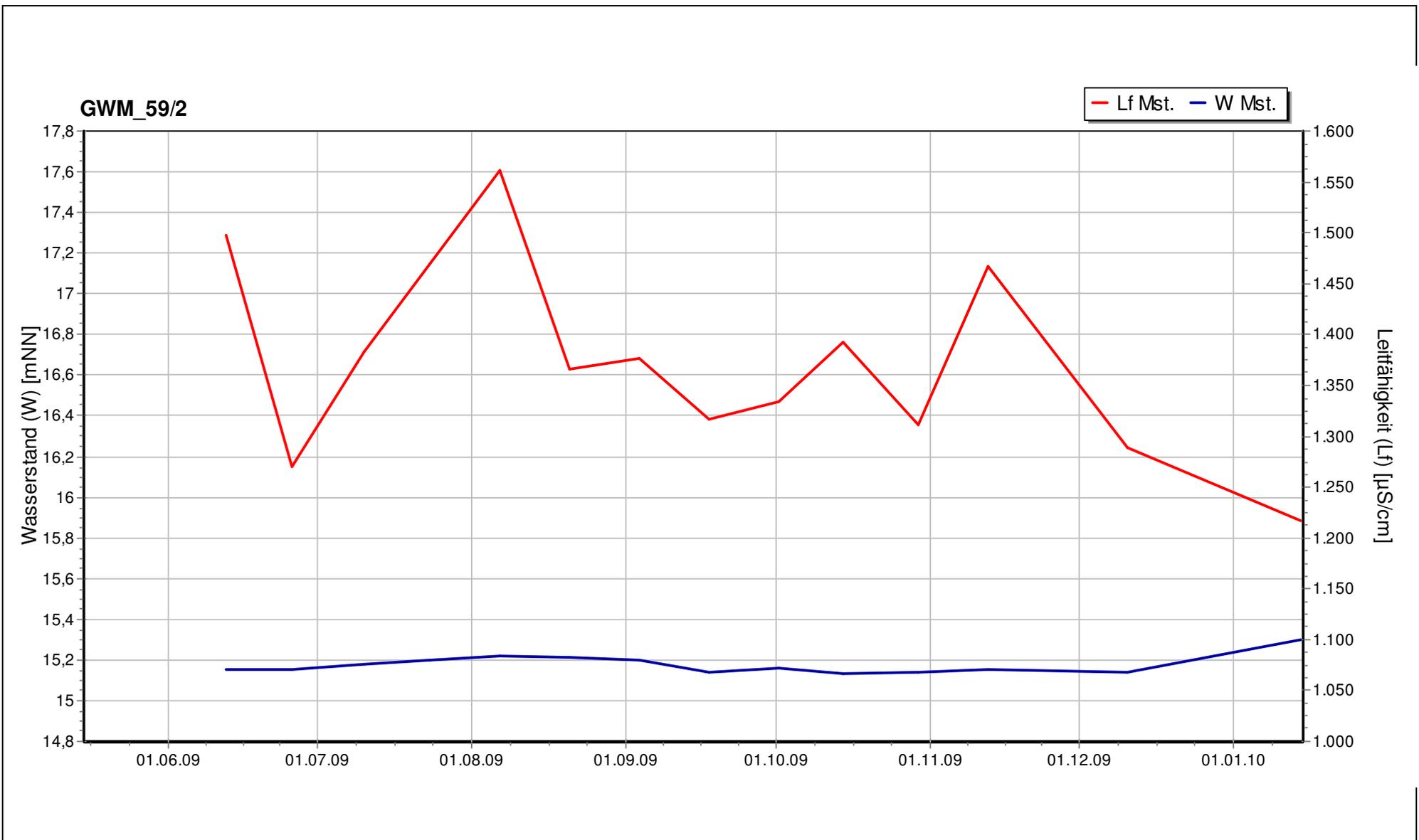
Anl. 3.60: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_58/1



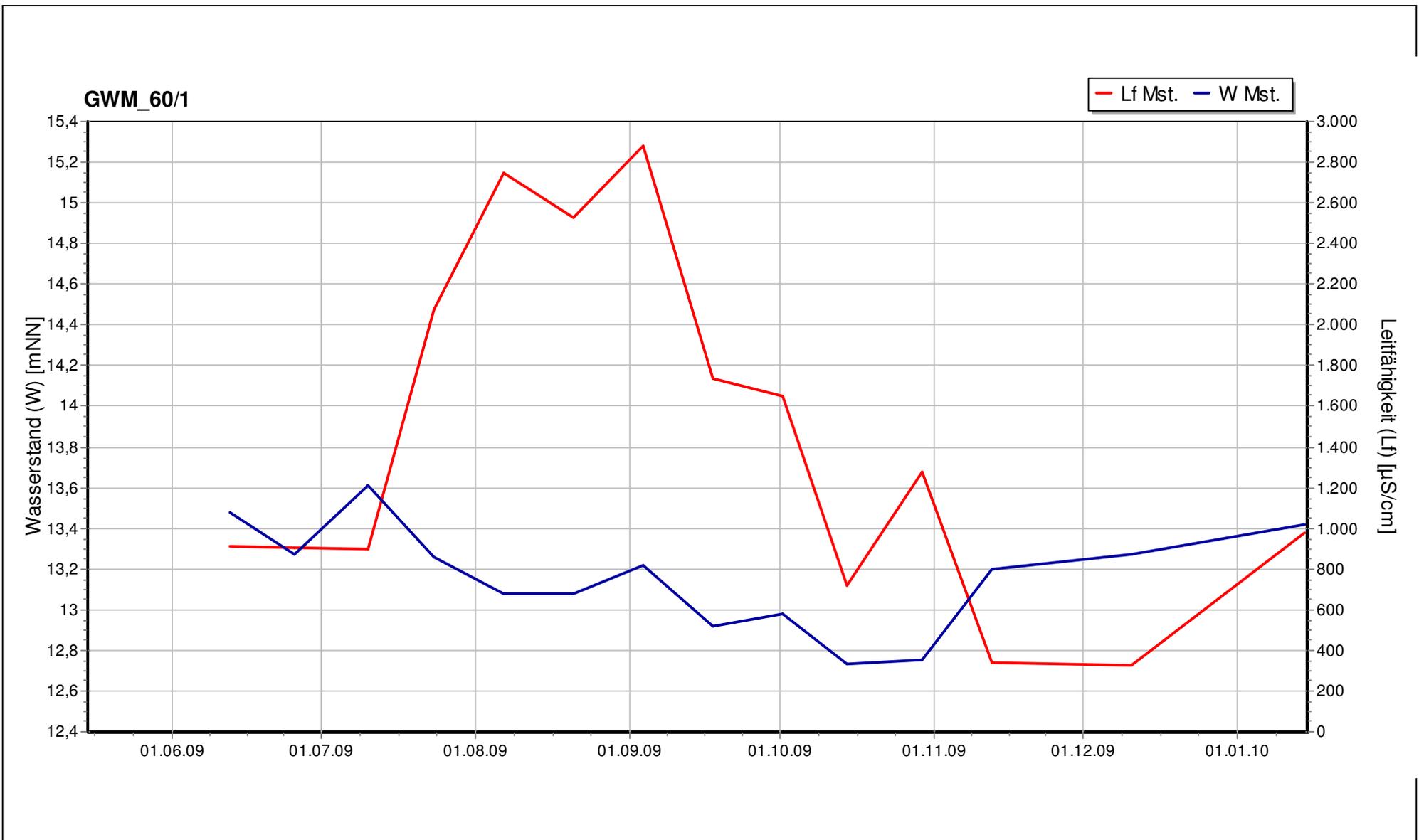
Anl. 3.61: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_58/2



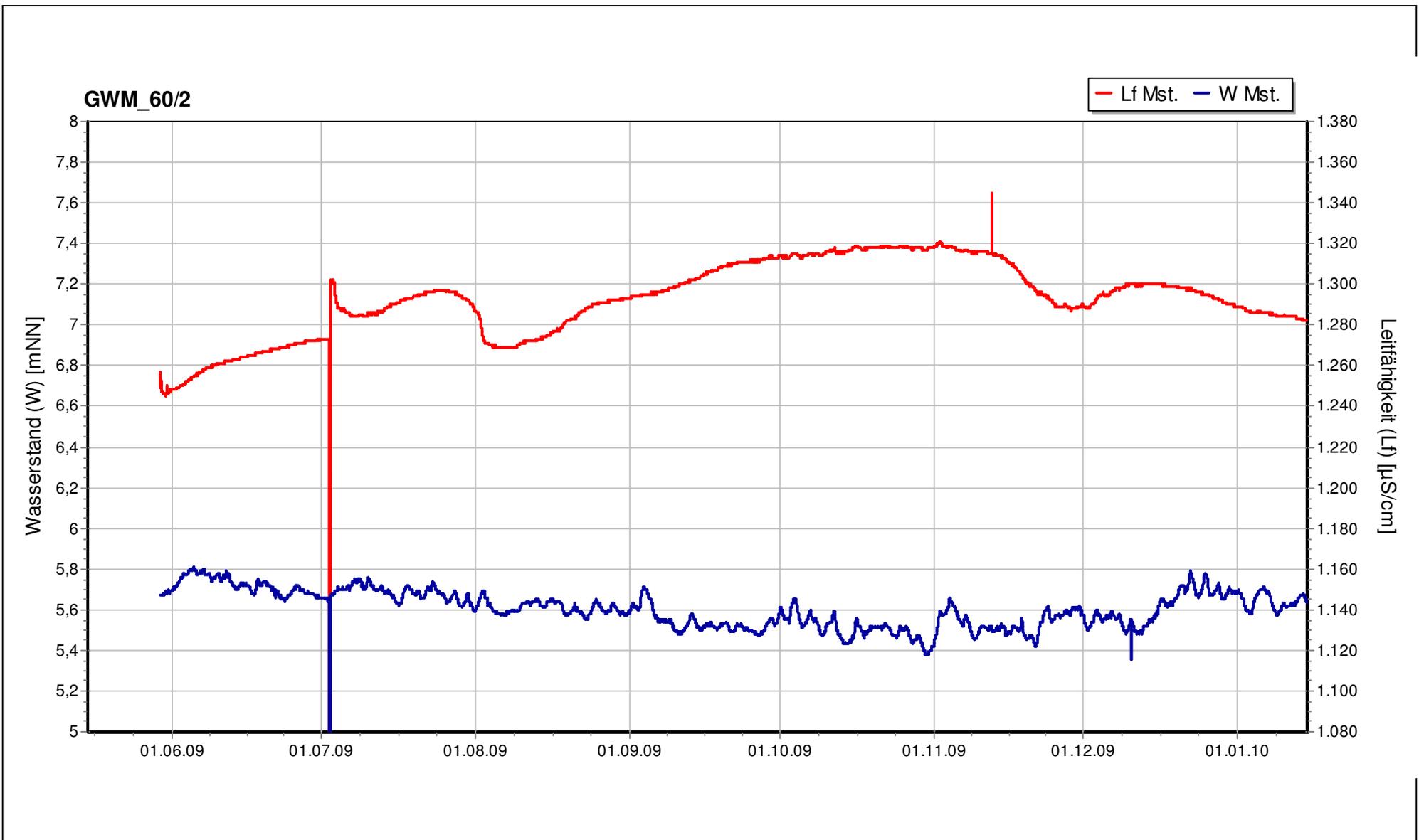
Anl. 3.62: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_59/1



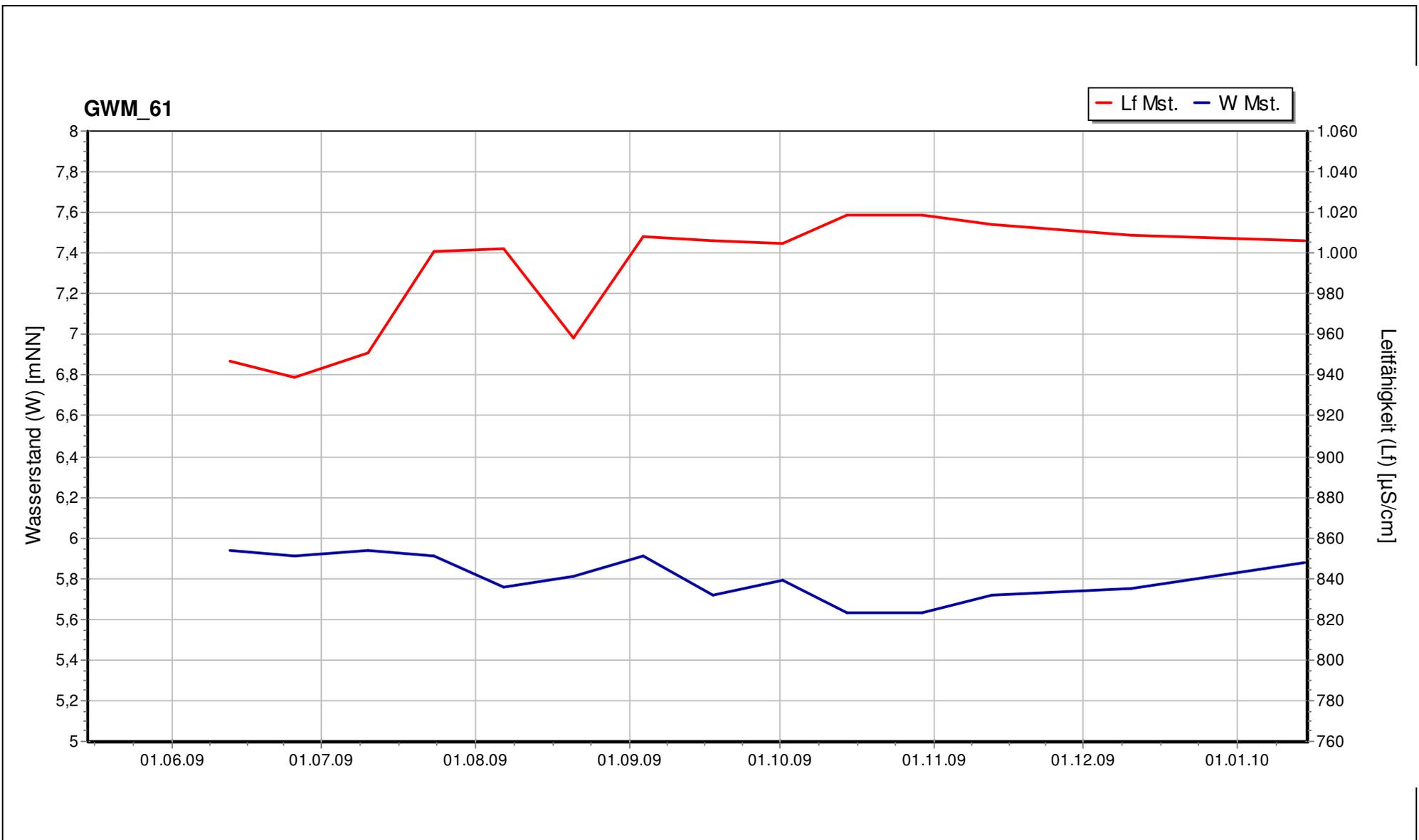
Anl. 3.63: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_59/2



Anl. 3.64: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_60/1



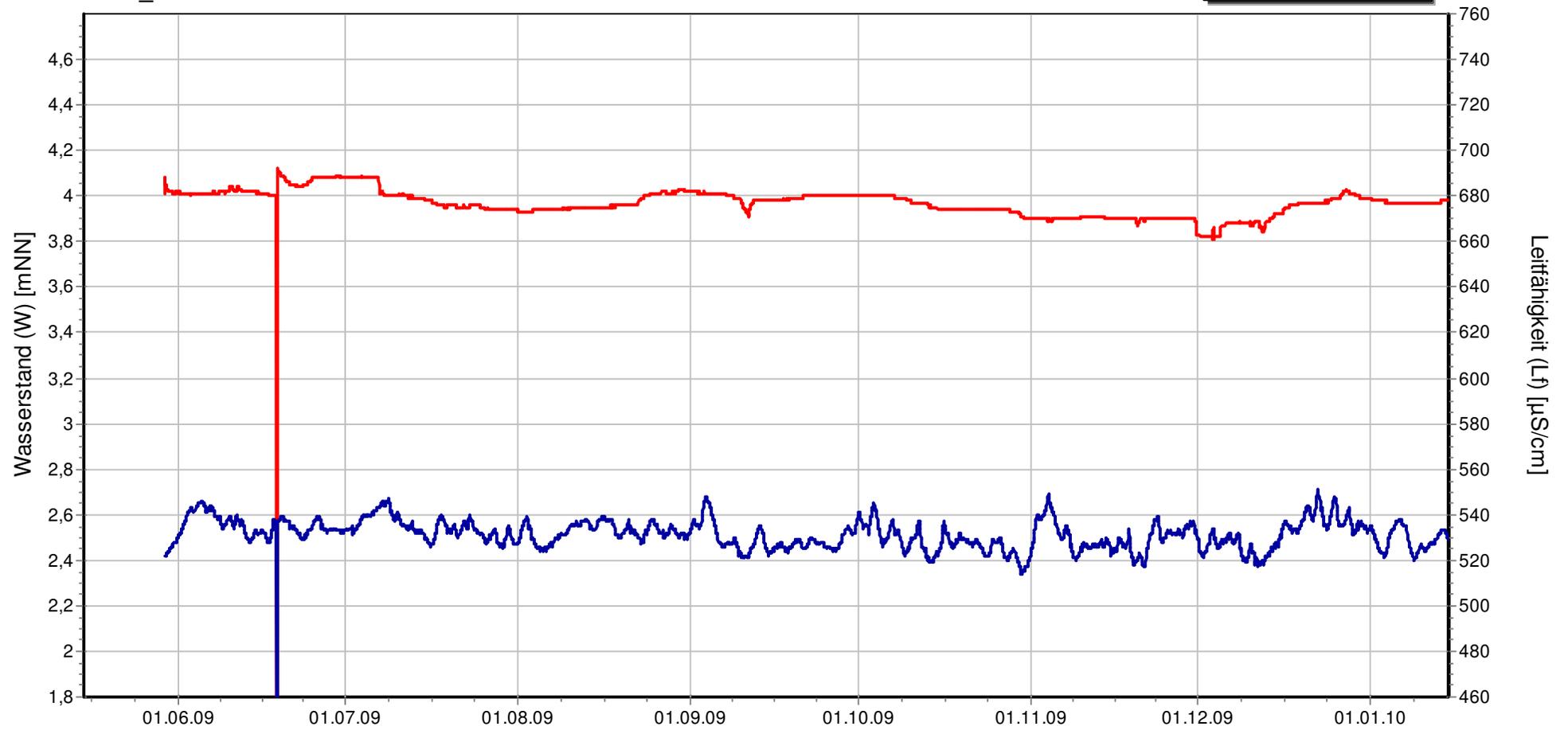
Anl. 3.65: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_60/2



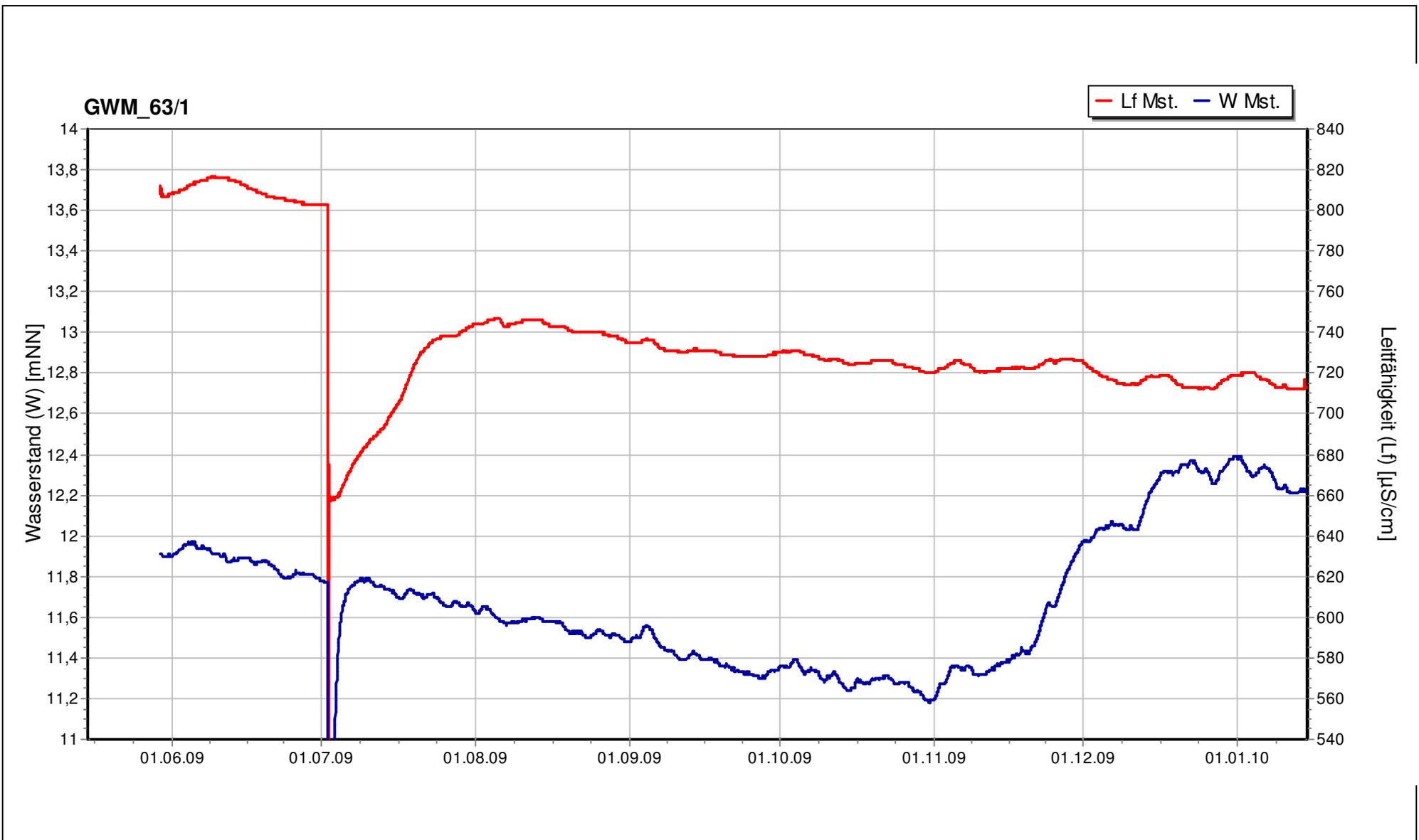
Anl. 3.66: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_61

GWM_62

— Lf Mst. — W Mst.

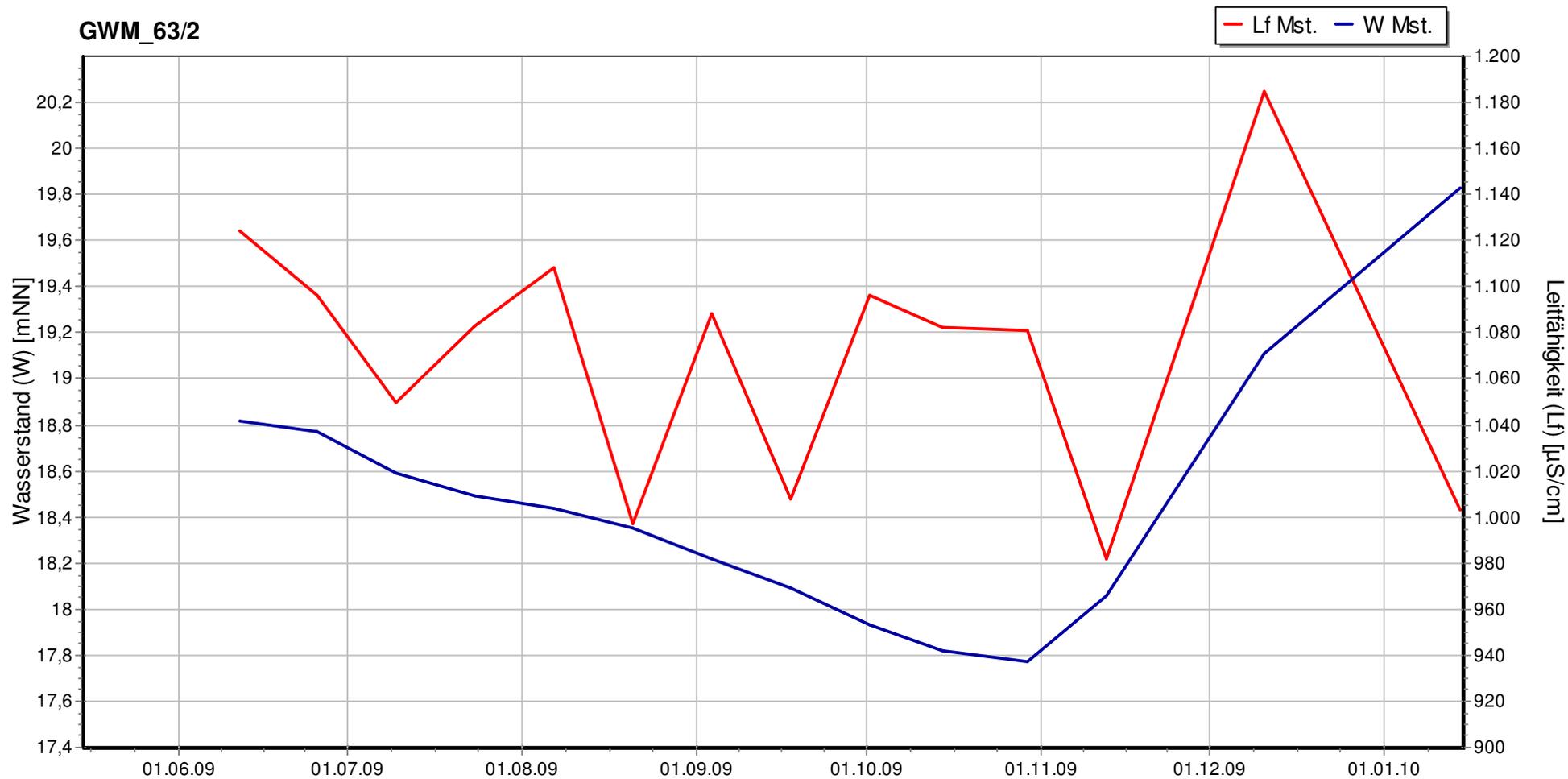


Anl. 3.67: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_62

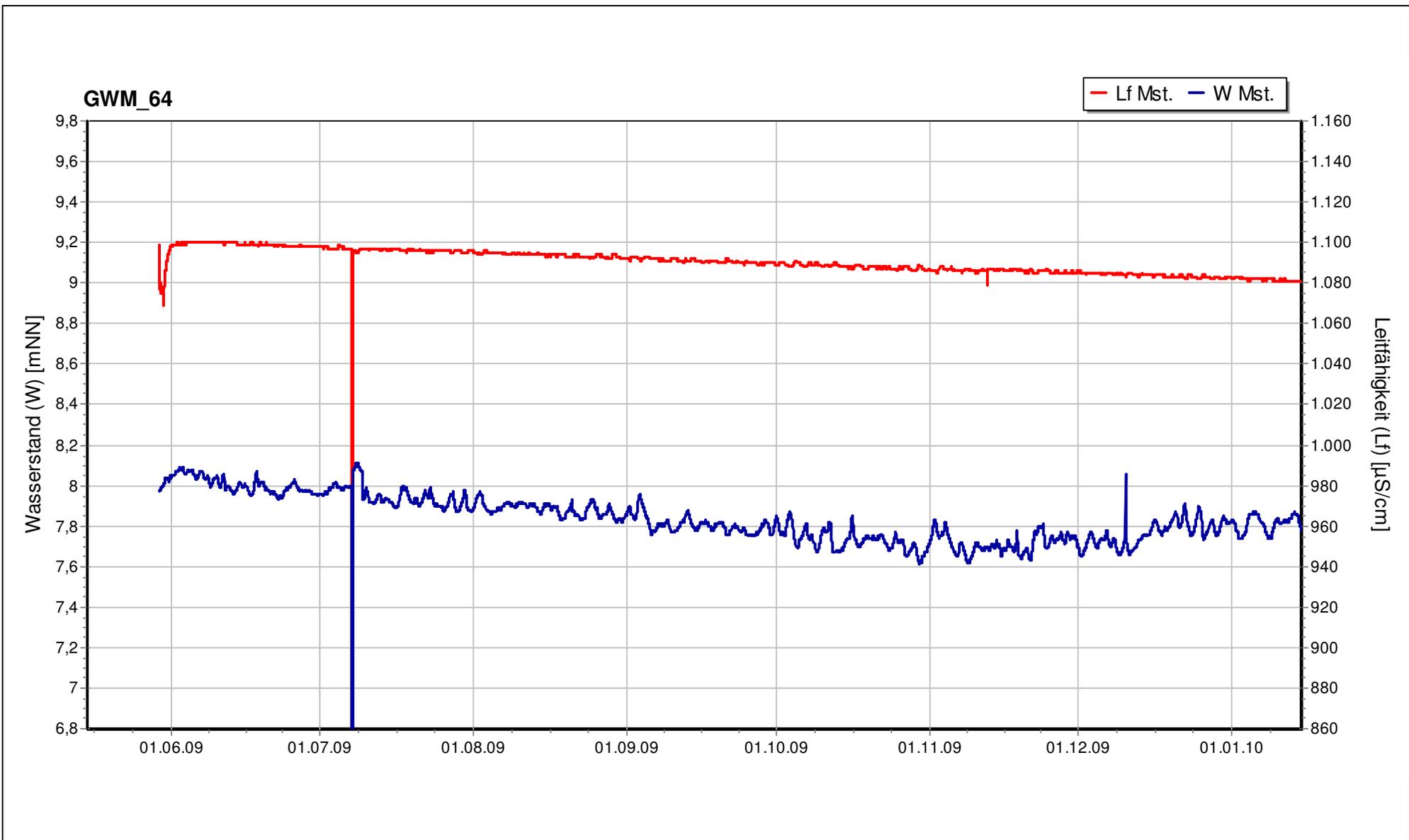


Anl. 3.68: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_63/1

GWM_63/2



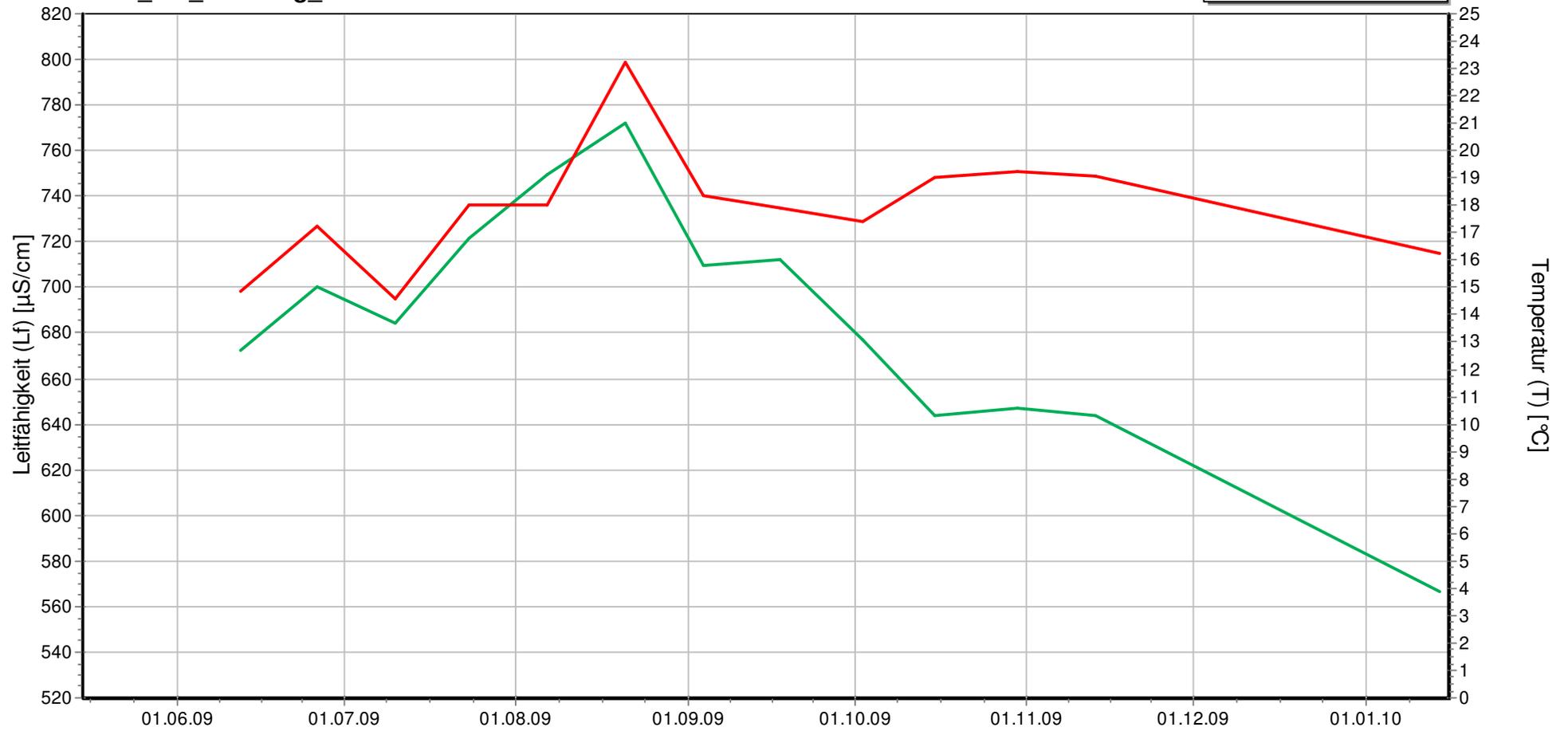
Anl. 3.69: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_63/2



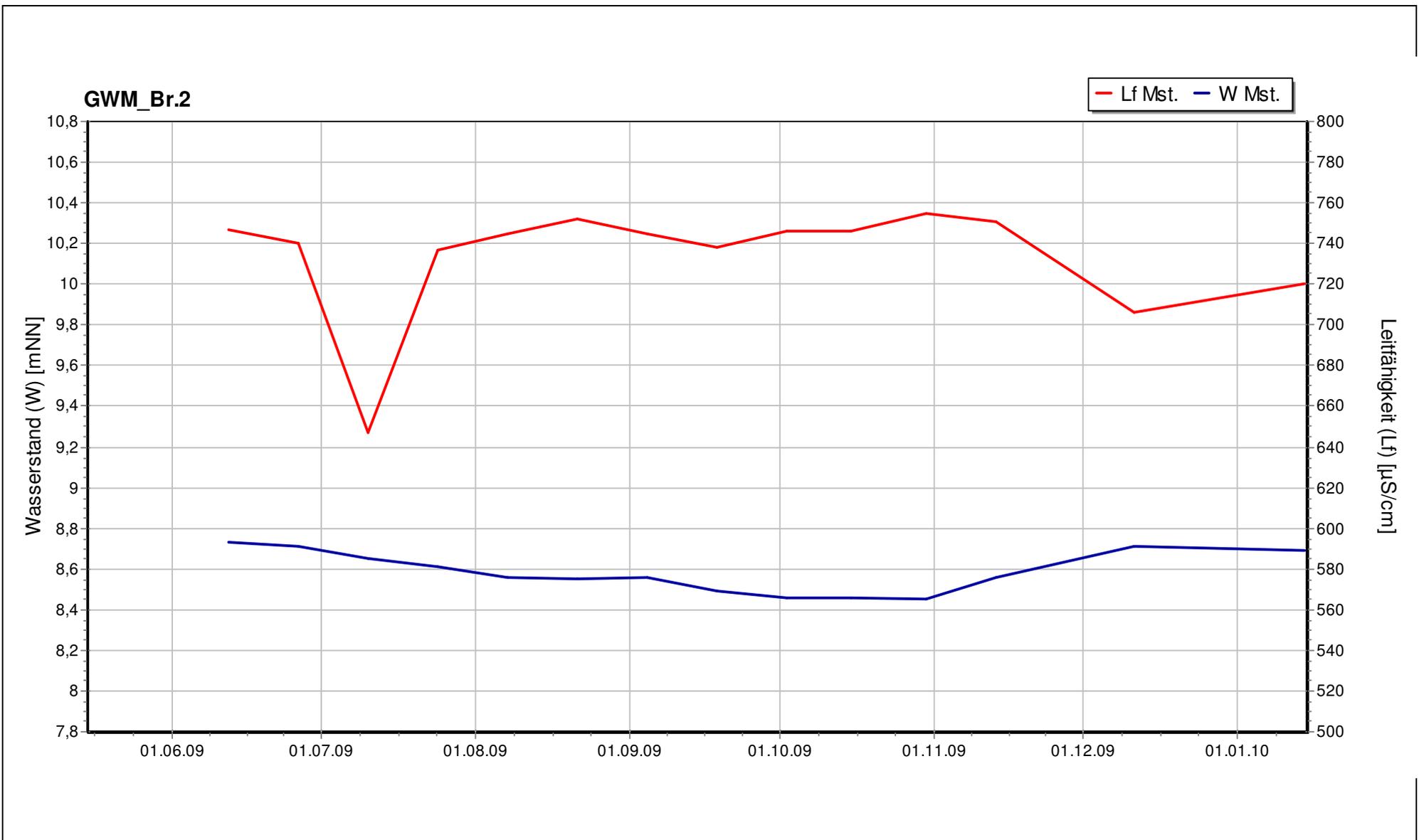
Anl. 3.70: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_64

GWM_Am_Fährberg_33

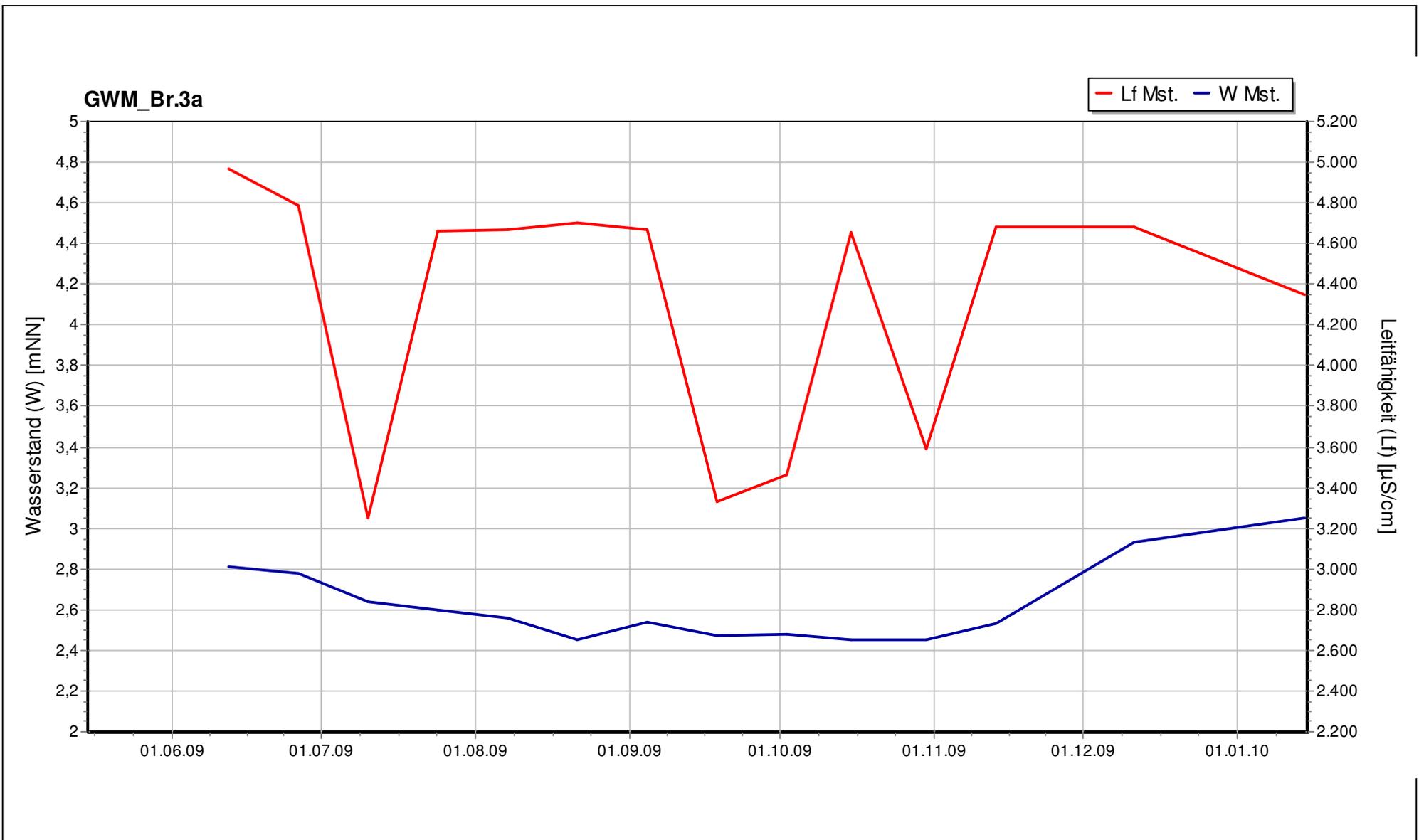
T Mst. Lf. Mst.



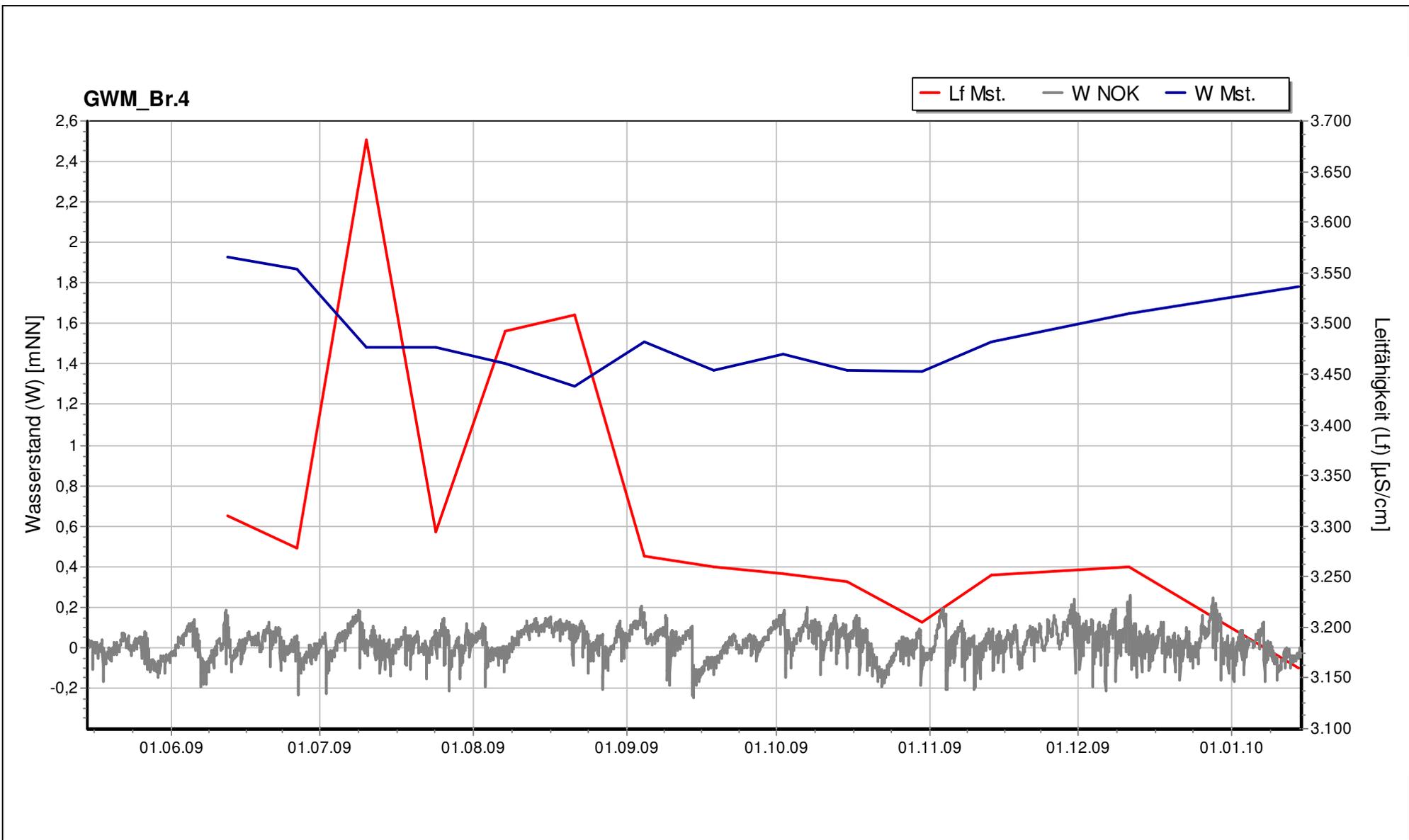
Anl. 3.71: Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit und der Temperatur in der Messstelle
GWM_Am Fährberg 33



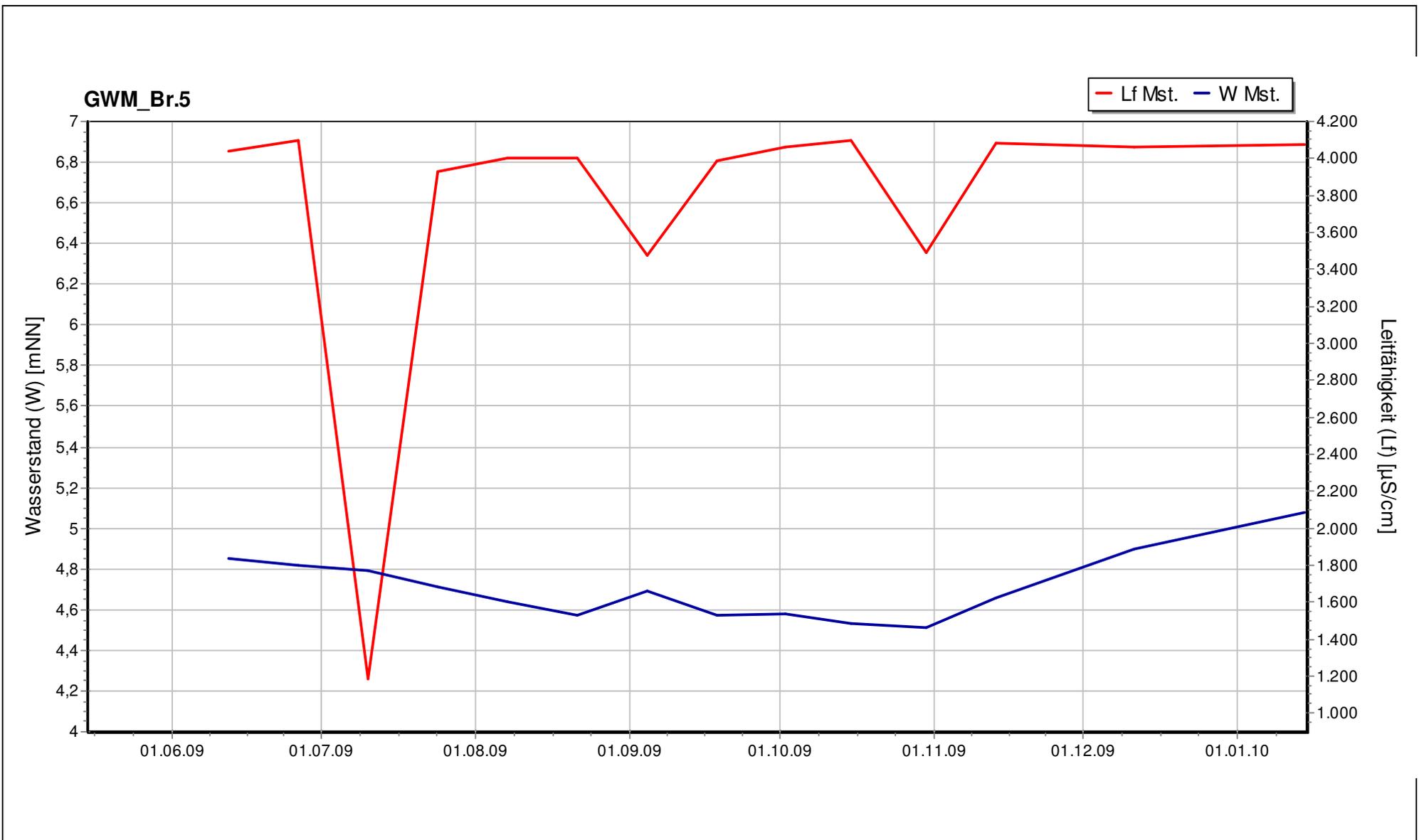
Anl. 3.72: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_Br. 2



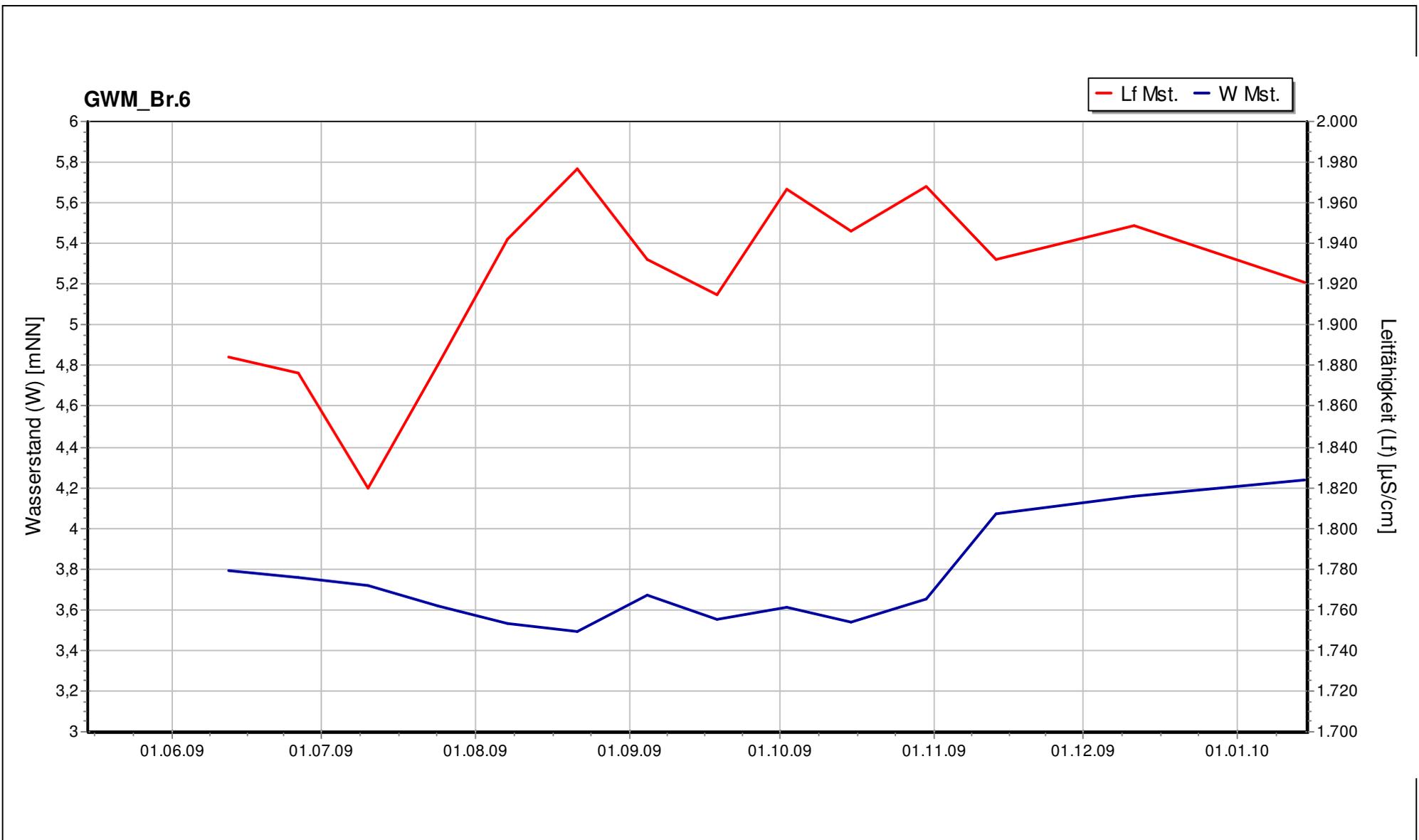
Anl. 3.73: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_Br. 3a



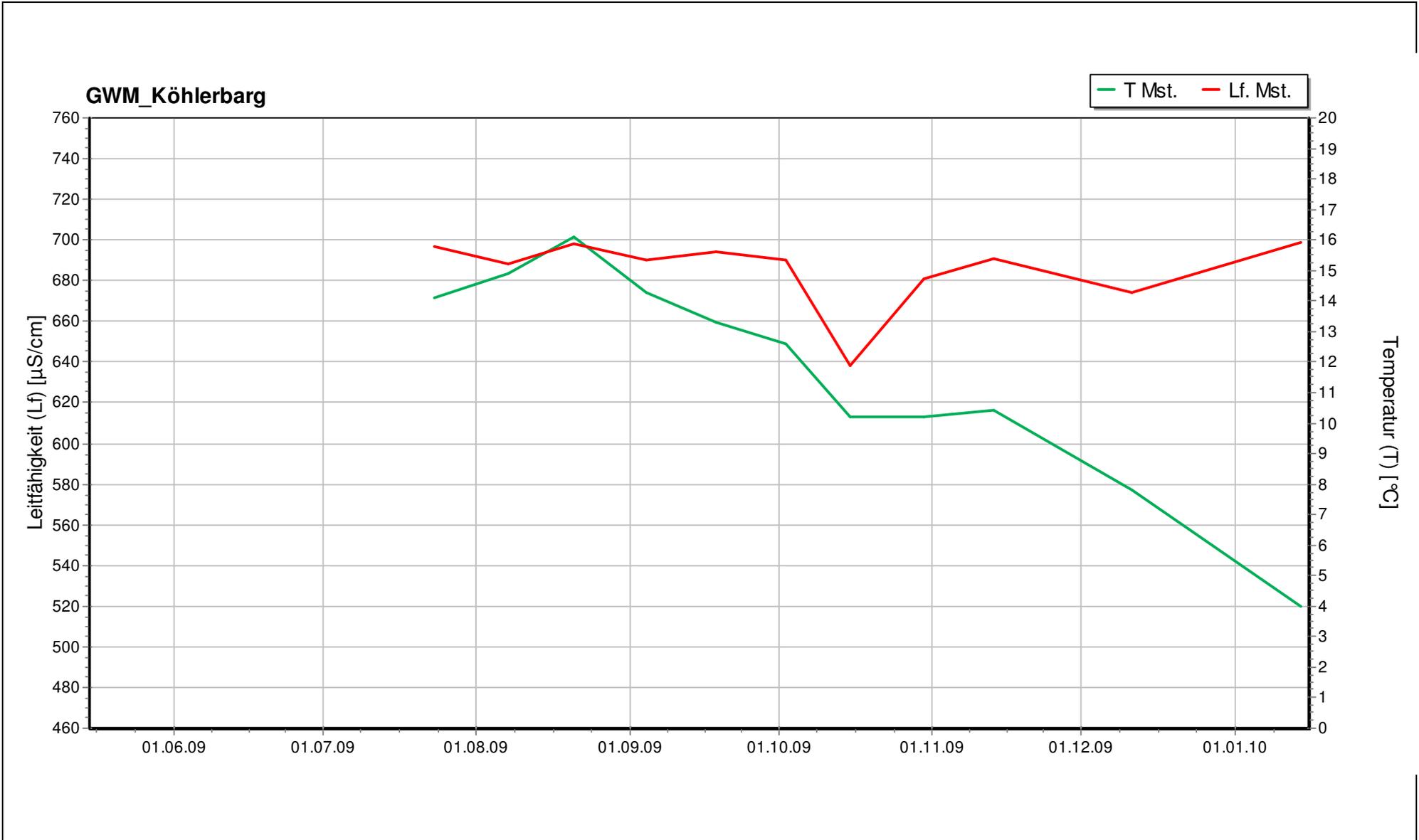
Anl. 3.74: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_Br. 4



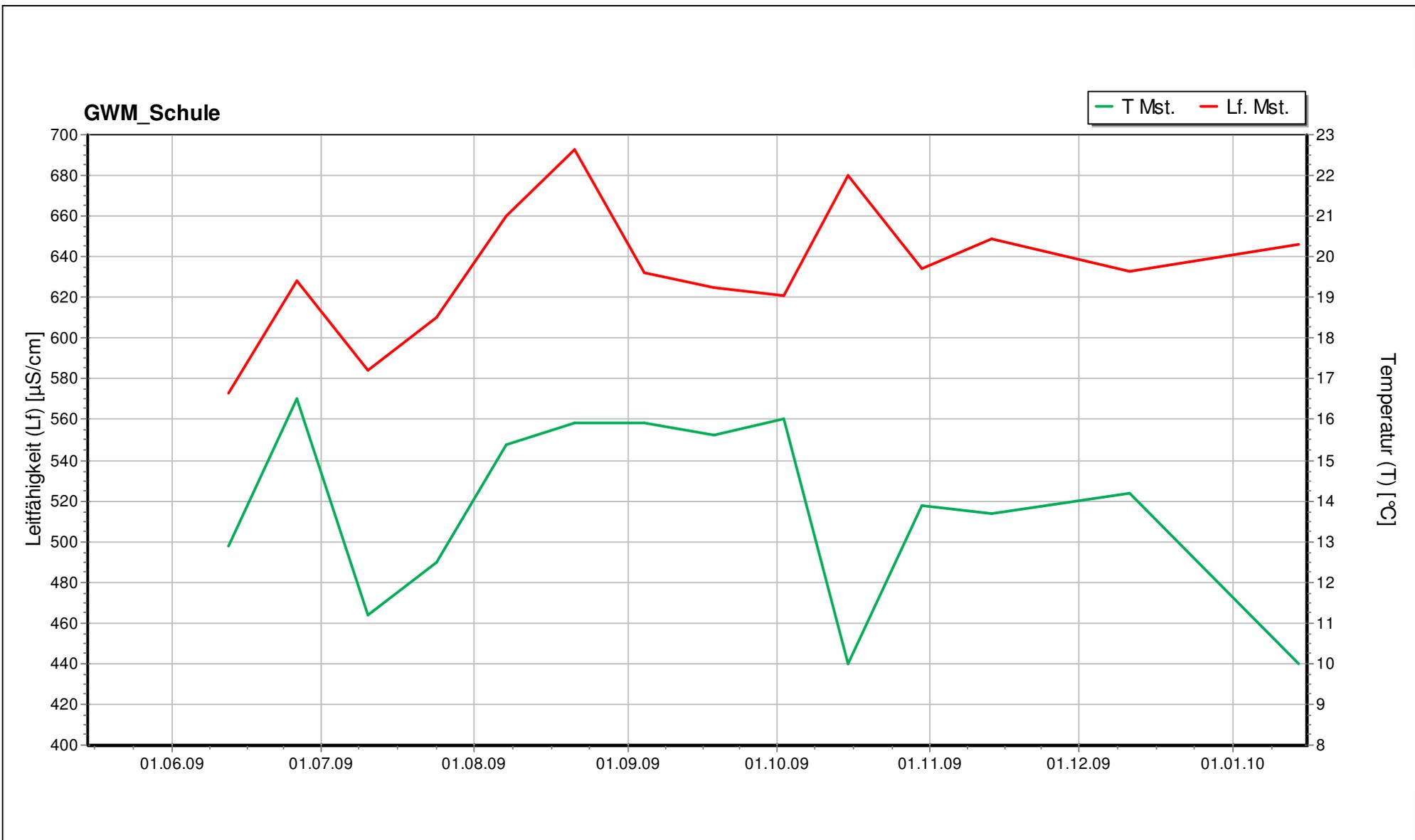
Anl. 3.75: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_Br. 5



Anl. 3.76: Entwicklung des Grund-/Stauwasserstands und der elektrischen Leitfähigkeit in der Messstelle GWM_Br. 6



Anl. 3.77: Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit und der Temperatur in der Messstelle GWM_Köhlerberg



Anl. 3.78: Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit und der Temperatur in der Messstelle GWM_Schule