

Bericht

Projekt „Prozesse der Grundwasserneubildung in der Traun- Enns-Platte“

Arbeitspaket 9 – Hydrochemie

April 2013

Bearbeitung: Sebastian Pfeiderer
Projektleitung: Gerhard Schubert

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1. Datenlage	4
2. Methodik der Zeitreihenanalyse von Nitratgehalten und Niederschlagssummen	6
3. Ergebnisse.....	9
Literatur	10
Anlage 1: Diagramme der Zeitreihen der einzelnen Messstellen.....	11
Anlage 2: Übersichtskarte der Messstellen und Korrelationen	75
Anlage 3: Korrelationsmatrix aller hydrochemischer Parameter	78

Vorwort

Am 28. Dezember 2011 erfolgte durch die Abteilung Grund- und Trinkwasserwirtschaft des Amtes der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, die Auftragserteilung für das Projekt „Prozesse der Grundwasserneubildung in der Traun-Enns-Platte“. Der vorliegende Bericht dokumentiert das Ergebnis des Arbeitspaketes 9 –Hydrochemie.

Ziel des Arbeitspaketes war die Auswertung der vom Amt der Oö. Landesregierung zur Verfügung gestellten hydrochemischen Analysen der GZÜV-Grundwassermessstellen in Hinblick auf die vor der Probenahme herrschenden Niederschlagsverhältnisse. Ein besonderes Augenmerk war auf die Interpretation von einzelnen „Nitrat-Peaks“ gelegt.

1. Datenlage

Für die Bearbeitung des Arbeitspaketes 9 – Hydrochemie wurden vom Amt der Oö. Landesregierung hydrochemische Daten von 63 Grundwassermessstellen und Niederschlagsdaten von 13 Niederschlagsstationen innerhalb der Traun-Enns-Platte bereitgestellt. Die Daten umfassen folgende Messstellen und –parameter:

- Hydrochemie:
GZÜV-Messstellen PG40101092, PG40905012, PG40907012, PG40907022, PG40907032, PG40907042, PG40912012, PG40912032, PG40912042, PG40912052, PG40913012, PG40913022, PG40917012, PG40922012, PG41002032, PG41002042, PG41002052, PG41005062, PG41006012, PG41006022, PG41008012, PG41008022, PG41008032, PG41009012, PG41013012, PG41013042, PG41014012, PG41014022, PG41015012, PG41015022, PG41015032, PG41019022, PG41020012, PG41020022, PG41020032, PG41020042, PG41503012, PG41504032, PG41513012, PG41515012, PG41515022, PG41515032, PG41515042, PG41516012, PG41518012, PG41518022, PG41521012, PG41521022, PG41521032, PG41521042, PG41805012, PG41805022, PG41807022, PG41817012, PG41819012, PG41819022, PG41821012, PG41821022, PG41822012, PG41822022, PG41823022, PG41824012 und PG41824022
Die Analysedaten umfassen den Zeitraum von Juli 1992 bis Februar 2012 und beinhalten die Parameter Wassertemperatur, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Gesamthärte, Karbonathärte sowie die Gehalte an Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, B, NH₄, NO₂, NO₃, Cl, SO₄, HCO₃, PO₄ und DOC.
- Niederschlag:
Stationen HD4000088, HD4000103, HD4000104, HD4000105, HD4000107, HD4000108, HD4000109, HD4000110, HD4000112, HD4000116, HD4000117, HD4000147 und HD4000152
Die Niederschlagsdaten umfassen den Zeitraum von 1. Januar 1980 bis 31. Dezember 2011 und beinhalten jeweils die Tagessummen abgelesen um 7 Uhr.

Abbildung 1 zeigt die Lage der Grundwasser- und Niederschlagsmessstellen auf der Grundlage der Hydrogeologischen Karte Oberösterreich 1:200.000 (Schubert & Berka, 2007).

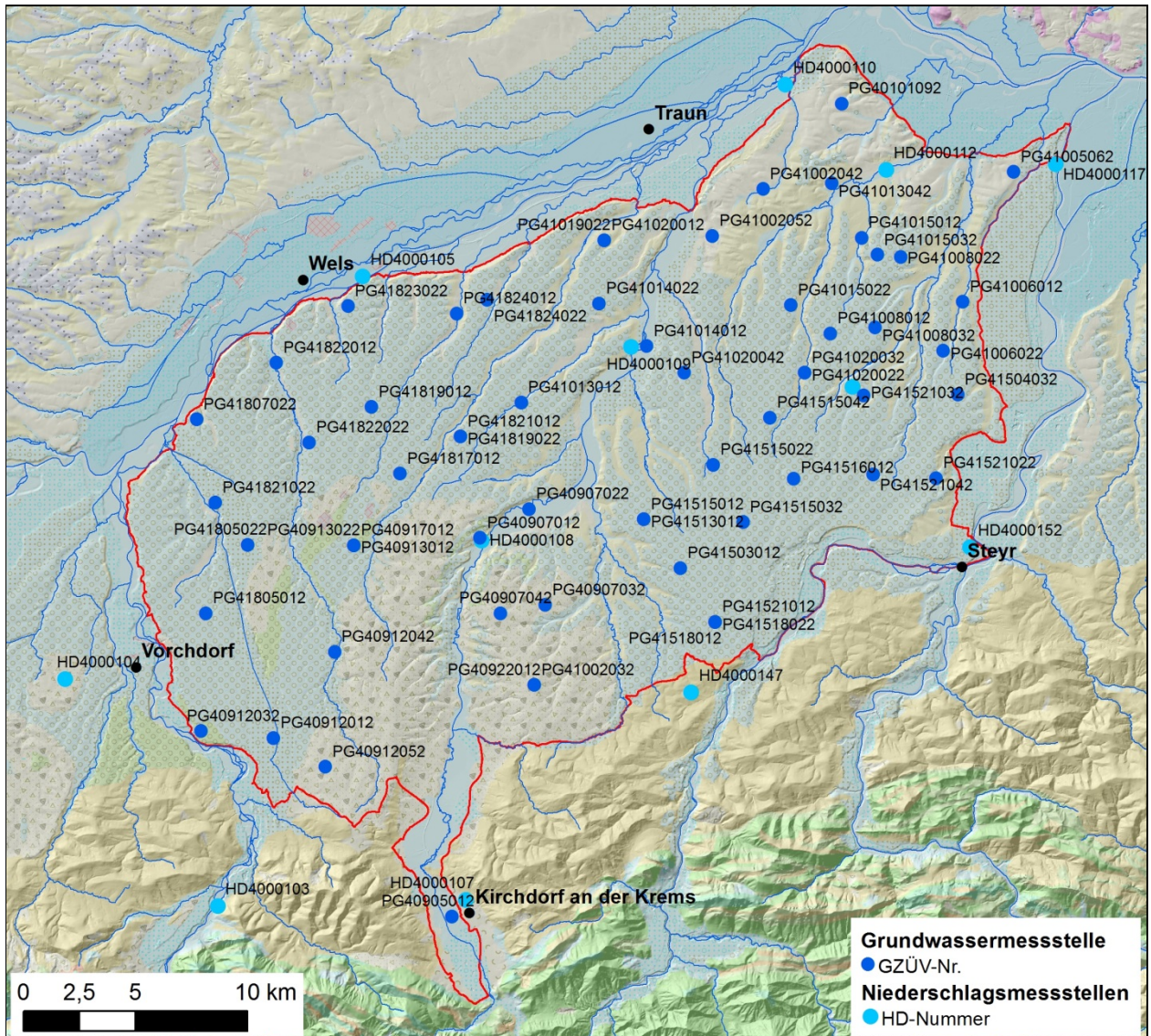


Abb. 1: Lage der Grundwasser- und Niederschlagsmessstellen der Traun-Enns-Platte auf der Grundlage der Hydrogeologischen Karte Oberösterreich 1:200.000 (Schubert & Berka, 2007)

2. Methodik der Zeitreihenanalyse von Nitratgehalten und Niederschlagssummen

Die Berechnung der Korrelation zwischen Nitratgehalten und Niederschlagssummen für die vom Amt der Oö. Landesregierung bereitgestellten hydrochemischen Analysen der GZÜV-Messstellen erfolgte mit den Programmen Statistica und ArcGIS.

Für die 63 Grundwassermessstellen erfolgte zunächst geographisch die Zuordnung zur nächstgelegenen Niederschlagsstation über die Funktion ‚spatial join‘ im ArcGIS. Für jede Messstelle wurde anschließend eine Zeitreihe (a) des Nitratgehaltes und (b) der Niederschlagssumme der dem Probenahmedatum vorausgehenden 10 und 90 Tage erstellt, um einerseits die Korrelation der Grundwasserchemie mit kurzfristigen Niederschlagsereignissen (10 Tage) und andererseits mit den längerfristigen Witterungsverhältnissen (90 Tage) zu prüfen.

Die Zeitreihenanalyse erfolgte durch Kreuzkorrelation der beiden Variablen Nitratgehalt und Niederschlagssumme. Allgemein ist die Kreuzkorrelation die um eine bestimmte Anzahl von Beobachtungen (Lag) zeitverschobene Korrelation einer Reihe mit einer anderen Reihe (Abb. 2) (Hill & Lewicki, 2007). In diesem Fall wurde die Reihe der Nitratgehalte mit steigendem Zeitversatz relativ zur Niederschlagsreihe Turnus um Turnus (Lag von 3 Monaten) bis maximal 10 Lags (2,5 Jahre) verschoben. Zu jeder Verschiebung wurden der Korrelationskoeffizient und der Standardfehler berechnet. Korrelationen, die größer als das Zweifache ihres entsprechenden Standardfehlers sind, gelten als statistisch signifikant.

Ergibt sich ein positiver Korrelationskoeffizient, bedeutet dies, dass bei ansteigendem Niederschlag der Nitratgehalt steigt – also ein möglicher Hinweis auf Nitratauswaschung aus dem Boden. Bei negativem Korrelationskoeffizient sinkt der Nitratgehalt bei steigendem Niederschlag – also ein Hinweis auf Verdünnung der Grundwasserchemie durch Regenwasser.

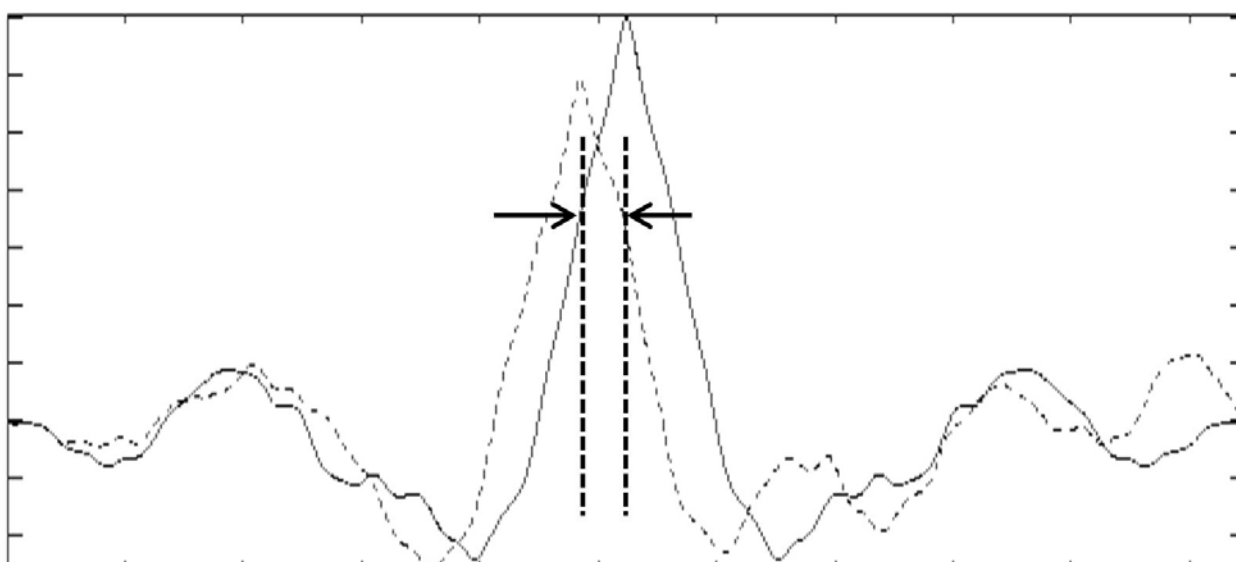


Abb. 2: Beispiel zweier mit Zeitversatz positiv korrelierender Datenreihen

Die Messungenauigkeit der Niederschlagswerte liegt bei 0,1 mm, also weit unterhalb der gemessenen Tagessummen. Die Nachweisgrenze der Nitratbestimmung liegt, mit Ausnahme einzelner Gehalte der Messstellen PG41015012 und PG41824012 ebenfalls unterhalb den im Grundwasser vorliegenden Nitratkonzentrationen.

Abbildung 3 zeigt beispielhaft den zeitlichen Verlauf der Nitratgehalte der Grundwasser-Messstelle PG40912032 und die Niederschlagssummen der den Probenahmezeitpunkten vorausgegangenen 90 Tage der Niederschlagsstation HD4000104. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der dazugehörigen Zeitreihenanalyse. Die beiden Zeitreihen korrelieren bei Lag = -1 und Lag = -2 statistisch signifikant negativ miteinander, was bedeutet, dass der Nitratgehalt mit einem Zeitversatz von 3 bis 6 Monaten nach niederschlagsreicheren Perioden durch Verdünnung abfällt.

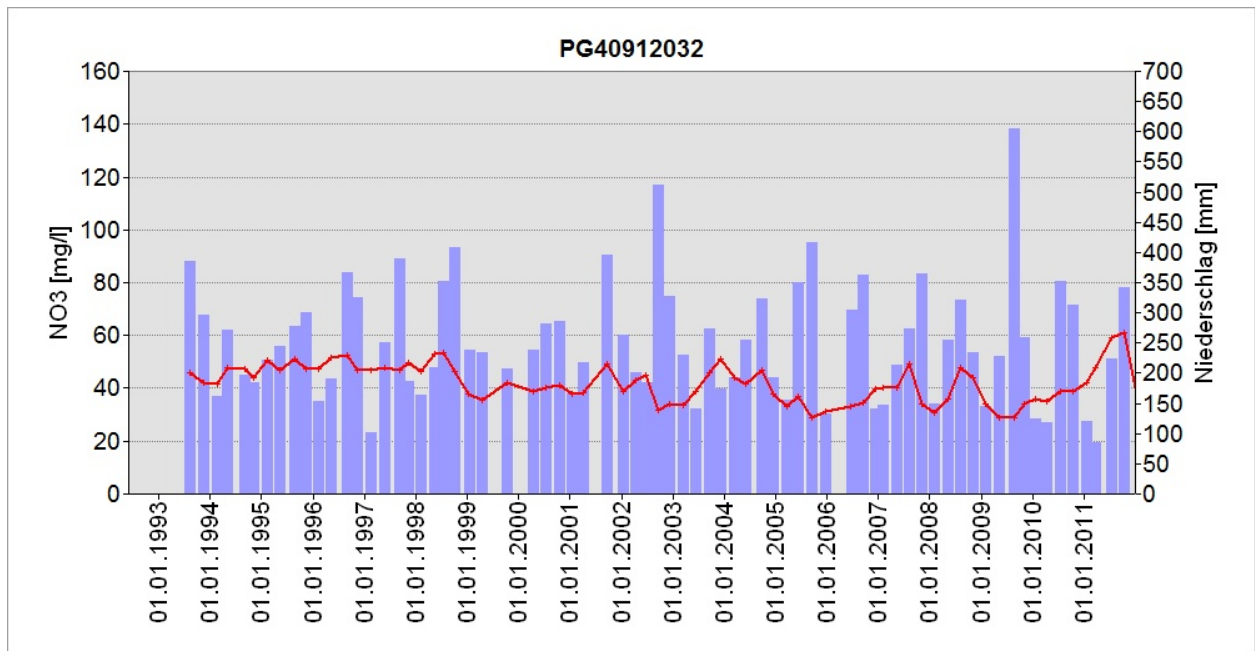


Abb. 3: Zeitreihen der Nitratgehalte und der Niederschlagssummen der dem Probenahmedatum vorausgegangenen 90 Tage (GZÜV-Nr. PG40912032; Niederschlagsmessstelle Nr. HD4000104)

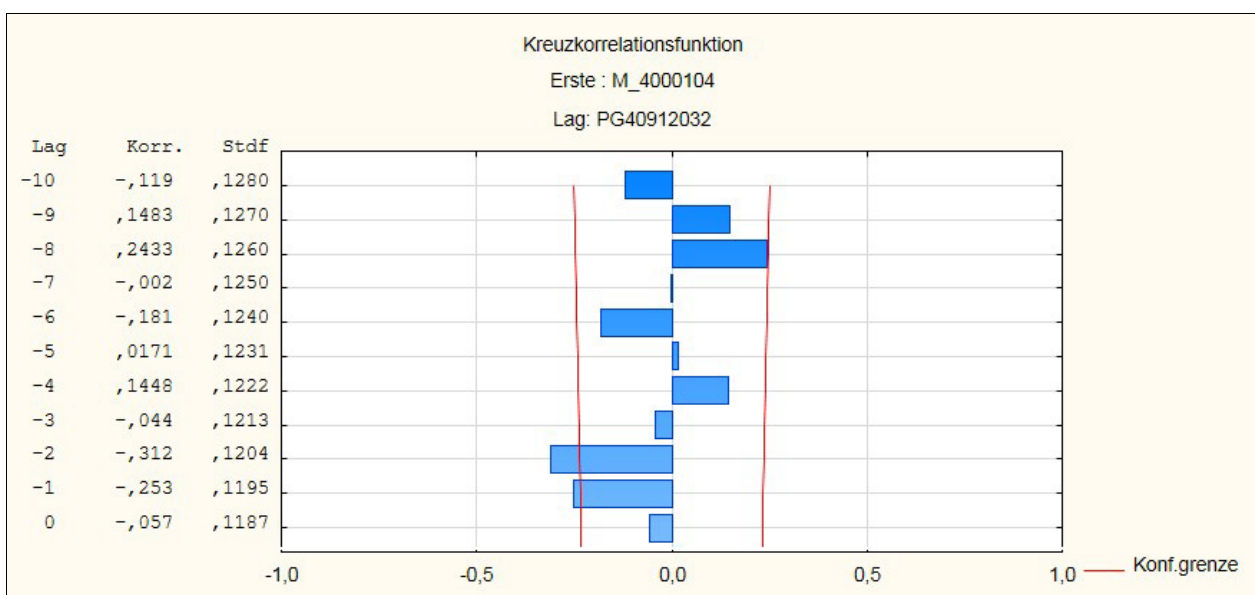


Abb. 4: Kreuzkorrelationsfunktion der Nitratgehalte und Niederschlagssummen (GZÜV-Nr. PG40912032; Niederschlagsmessstelle Nr. HD4000104)

Abbildung 5 zeigt den zeitlichen Verlauf der Nitratgehalte der Grundwasser-Messstelle PG41002052 und die Niederschlagssummen der den Probenahmezeitpunkten vorausgegangenen 10 Tage der Niederschlagsstation HD4000109. Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse der dazugehörigen Zeitreihenanalyse. Die beiden Zeitreihen korrelieren bei Lag = 0 statistisch signifikant positiv miteinander, was bedeutet, dass der Nitratgehalt auf kurzfristige Niederschlagseinträge ansteigend reagiert.

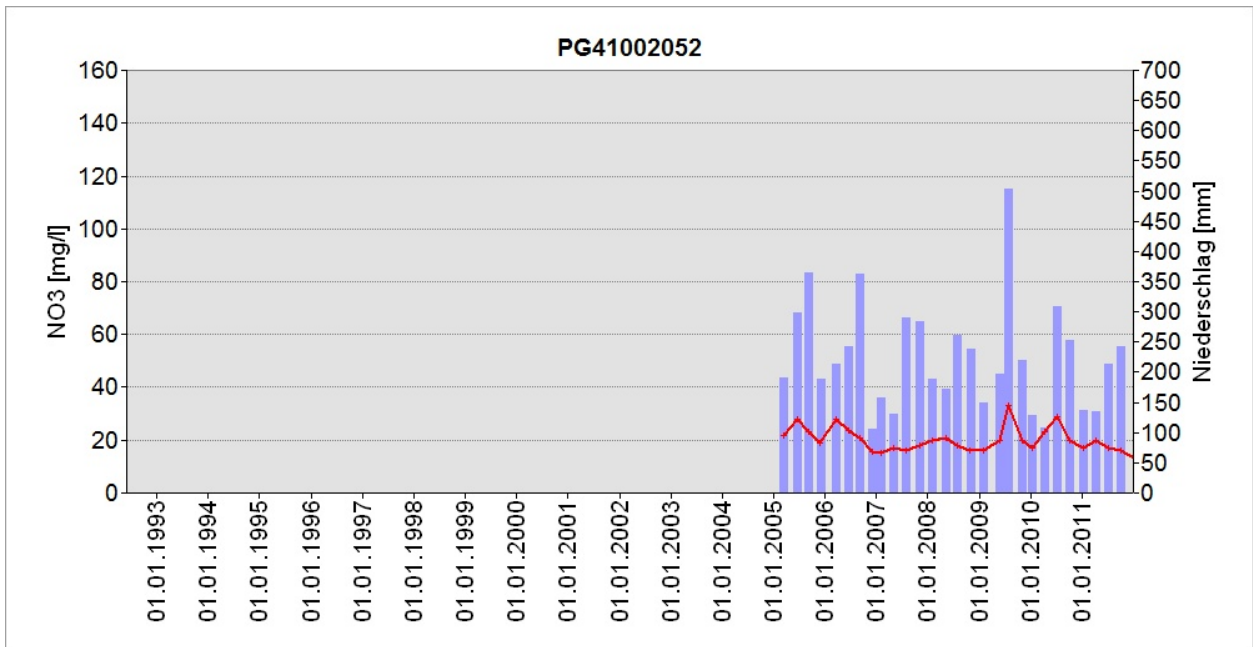


Abb. 5: Zeitreihen der Nitratgehalte und der Niederschlagssummen der dem Probenahmedatum vorausgegangenen 10 Tage (GZÜV-Nr. PG41002052; Niederschlagsmessstelle Nr. HD4000109)

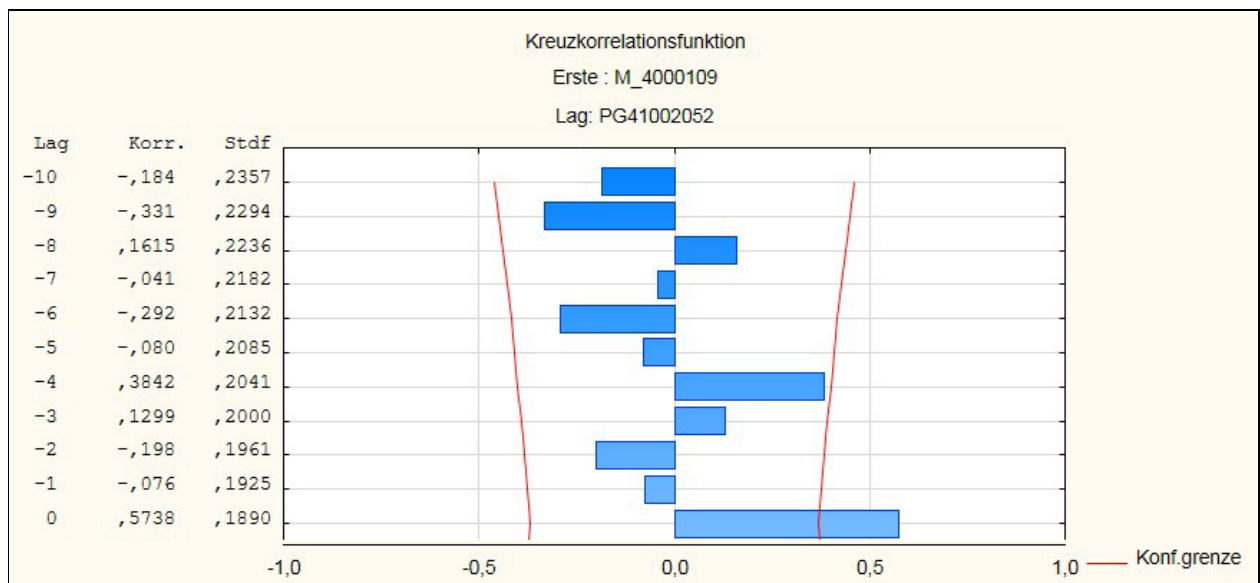


Abb. 6: Kreuzkorrelationsfunktion der Nitratgehalte und Niederschlagssummen (GZÜV-Nr. PG41002052; Niederschlagsmessstelle Nr. HD4000109)

3. Ergebnisse

Die Methodik wurde auf jede der 63 Grundwassermessstellen angewendet. In Anlage 1 sind die Nitrat- und Niederschlags-Zeitreihen der einzelnen Messstellen in Diagrammen dargestellt. Tabelle 1 listet die Ergebnisse der Zeitreihenanalyse für diejenigen Grundwassermessstellen, bei welchen Nitratgehalte und Niederschlagssummen statistisch signifikant korrelieren. Bei den übrigen Grundwassermessstellen konnte keine statistisch signifikante Korrelation festgestellt werden.

Tab. 1: Grundwassermessstellen mit statistisch signifikanter Korrelation zwischen Nitratgehalt und Niederschlag

GZÜV Nr.	Medianwert Nitratgehalt (mg/l)	nächstgelegene Niederschlagsstation	negative Korrelation zeitversetzt nach	positive Korrelation zeitversetzt nach
PG40101092	25	HD4000110	0 Monaten	
PG40912032	41,75	HD4000104	3 Monaten	
PG40912052	30	HD4000103	6 Monaten	
PG40913012	51,6	HD4000108	0 Monaten	
PG40913022	7,55	HD4000108	0 Monaten	
PG40922012	6,6	HD4000108		0 Monaten
PG41002042	17	HD4000110		0 Monaten
PG41002052	20	HD4000109		0 Monaten
PG41005062	32	HD4000117	12 Monaten	
PG41006022	29	HD4000116	0 Monaten	
PG41008022	63	HD4000112	6 Monaten	
PG41008032	41	HD4000116	0 Monaten	
PG41009012	54,85	HD4000109	3 Monaten	
PG41014012	8,5	HD4000109	3 Monaten	
PG41014022	99	HD4000109	0 Monaten	
PG41015032	79	HD4000112	0 Monaten	
PG41020032	57	HD4000116	0 Monaten	
PG41504032	41	HD4000116		0 Monaten
PG41518012	42,7	HD4000147	0 Monaten	
PG41521032	39	HD4000116	0 Monaten	
PG41521042	40,4	HD4000116	0 Monaten	
PG41805012	47	HD4000104		3 Monaten
PG41805022	39	HD4000104		3 Monaten
PG41819022	9,7	HD4000108	6 Monaten	0 Monaten
PG41821012	38	HD4000108	0 Monaten	

In Anlage 2 sind die Korrelationen sämtlicher Messstellen auf zwei Karten dargestellt. Aus diesen Karten wird ersichtlich, dass positive Korrelationen ohne Zeitverzögerung hauptsächlich dort auftreten, wo neogene Schlier-Sedimente oberflächlich anstehen und keine und nur geringe Grundwasserneubildung stattfindet. Die Ergebnisse deuten auf eine mögliche Nitratauswaschung aus den Böden bei stärkeren Niederschlägen hin. Negative Korrelationen treten hingegen in Gebieten auf, wo Lössablagerungen die Grundwasser-führenden Deckenschotter überlagern und die Grundwasserneubildung verzögern, beziehungsweise das vorbeiströmende Grundwasser bereits längere Fließwege und Verweilzeiten hinter sich hat und die Nitratgehalte durch Niederschlagseintrag verdünnt sind.

Um die Hypothese der Verdünnung zu testen, wurde die Zeitreihenanalyse auch auf die Reihe der Leitfähigkeitswerte angewendet. Die Ergebnisse liefern mit wenigen Ausnahmen bei den gleichen Grundwassermessstellen negative Korrelationen mit den Niederschlagssummen, was die Interpretation einer Verdünnung des Grundwasser durch Niederschlagseintrag untermauert.

Die Berechnung von Korrelationsmatrizen (siehe Anlage 3) zwischen den hydrochemischen Parametern (unabhängig von der Zeit) zeigt lineare Beziehungen mit hohen Korrelationskoeffizienten zwischen den Parametern Leitfähigkeit, Ca, Mg, HCO₃, SO₄ und etwas niedrigere Korrelationskoeffizienten zwischen Leitfähigkeit und Na, Cl und NO₃. Dies bedeutet, dass bei einem Anstieg der Leitfähigkeit gleichzeitig auch der Gehalte an Ca, Mg, HCO₃, SO₄, Na, Cl und NO₃ ansteigen, und die hydrochemischen Eigenschaften des Grundwassers bei den in Tabelle 1 angeführten Messstellen generell vom Niederschlag beeinflusst werden. Bei den übrigen 38 der 63 Grundwassermessstellen zeigt sich keinerlei Einfluss der Niederschläge auf den hydrochemischen Charakter des Grundwassers.

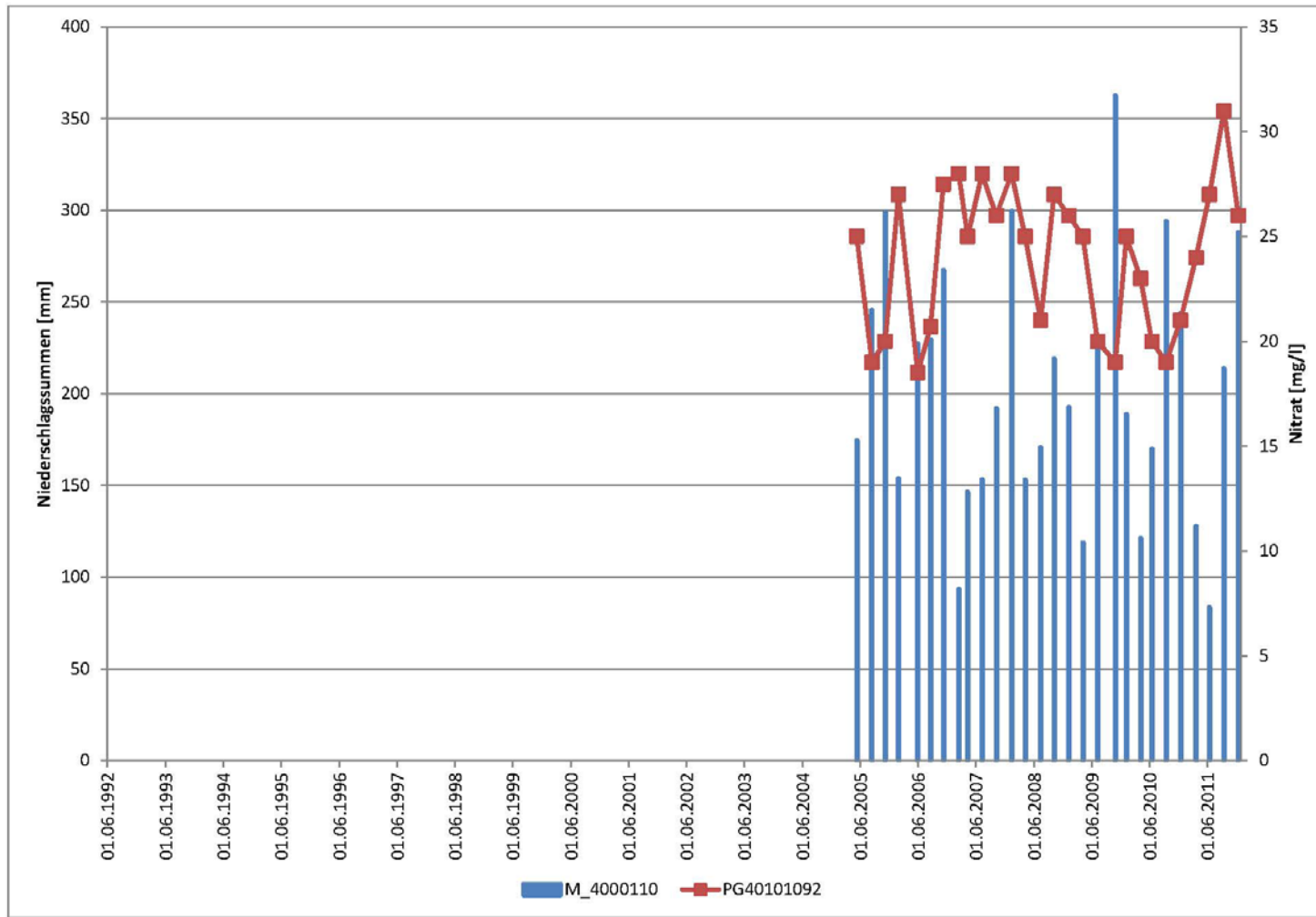
Literatur

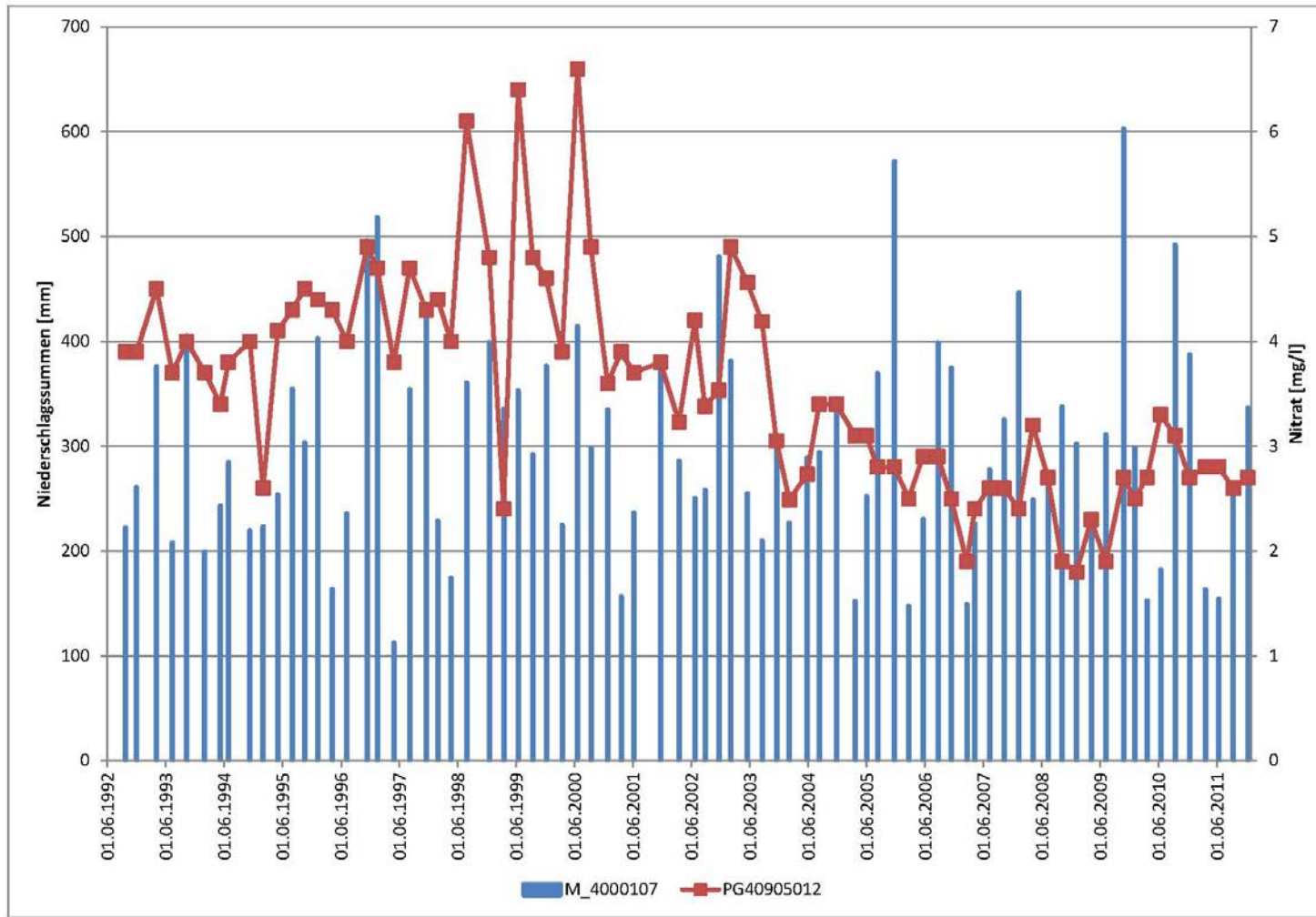
Hill, T. & Lewicki, P. (2007): STATISTICS: Methods and Applications. StatSoft, Tulsa, OK

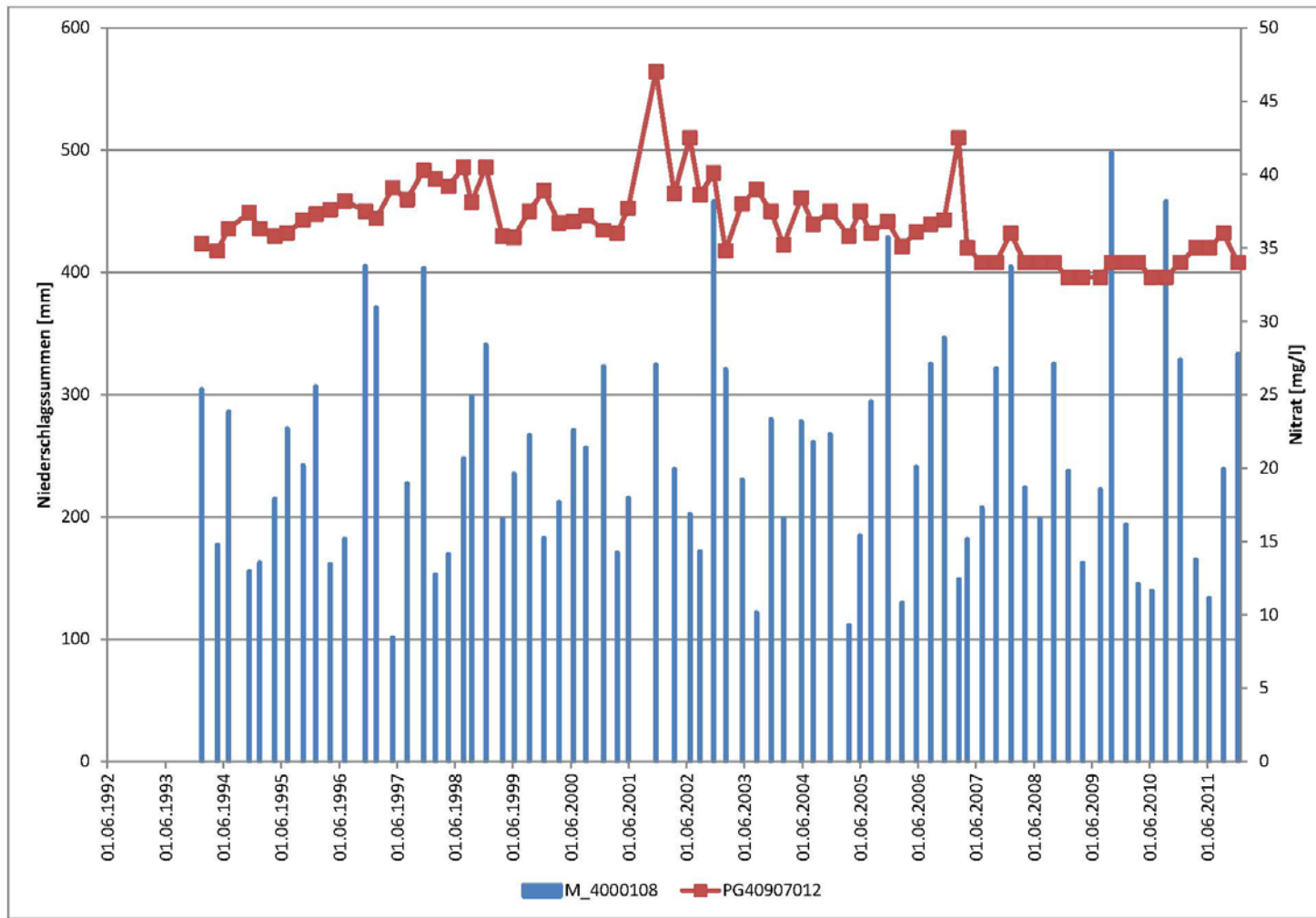
Schubert, G. & Berka, R. (2007): Hydrogeologische Karte von Oberösterreich 1:200.000

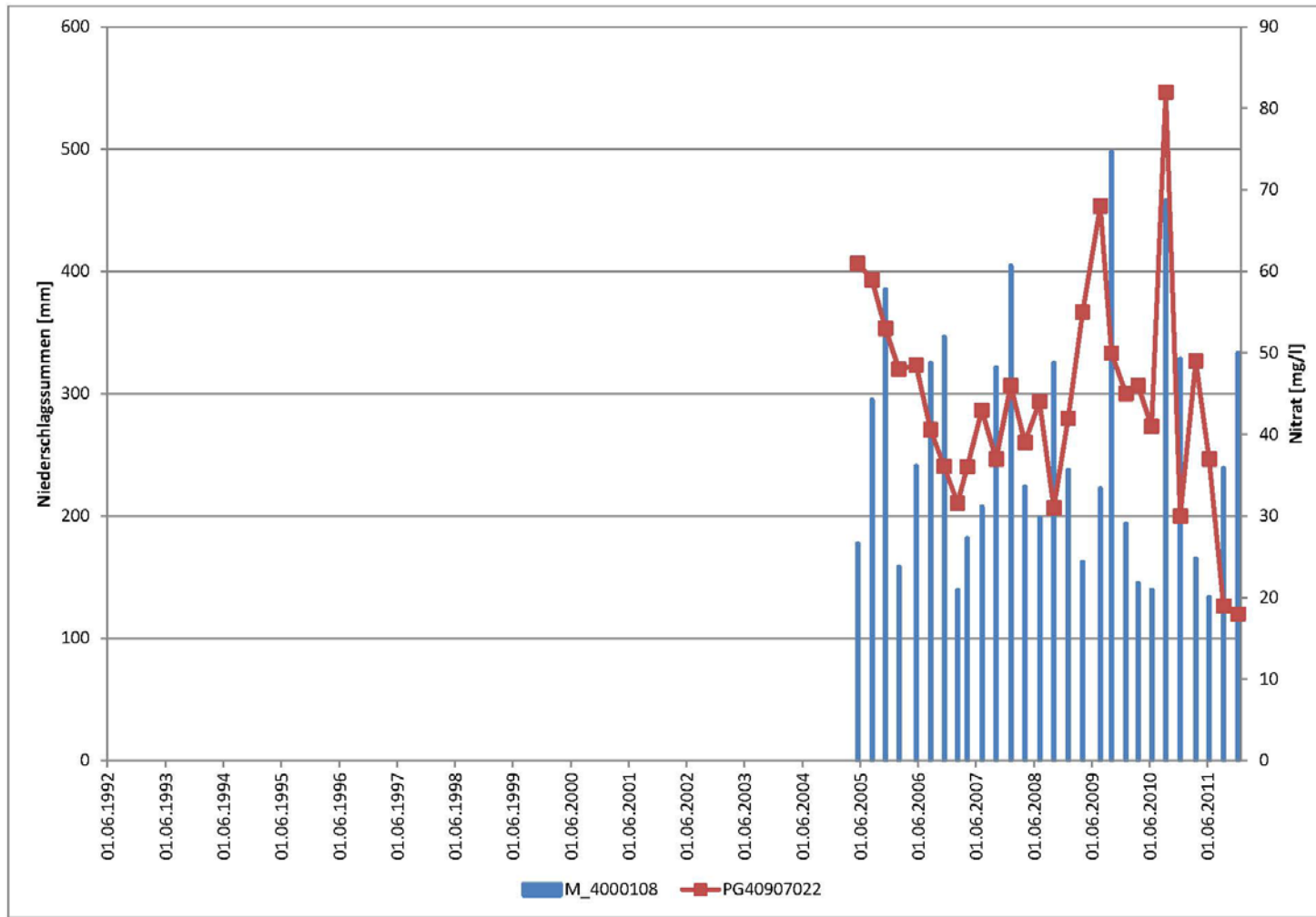
ANLAGE 1

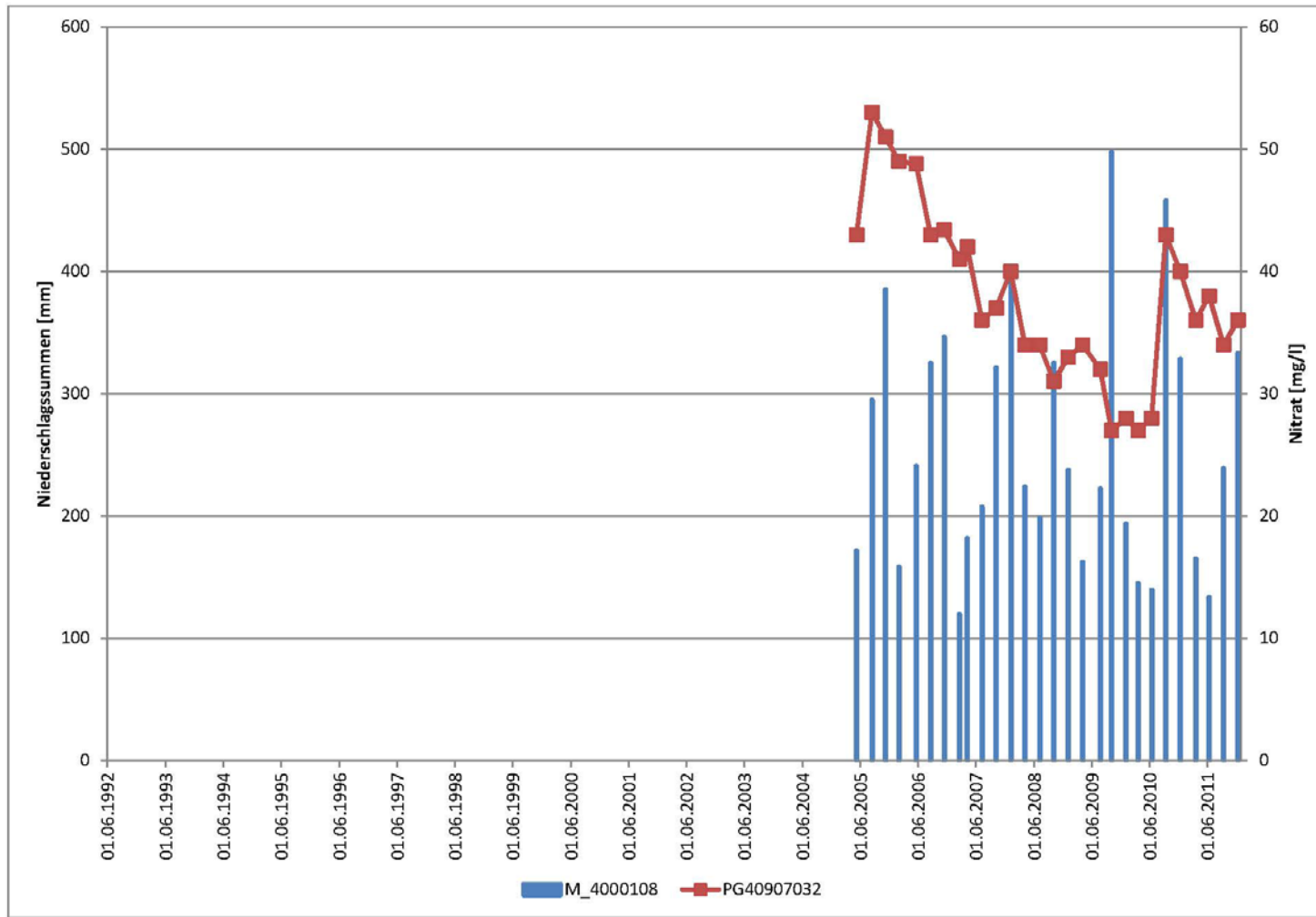
**Diagramme der Zeitreihen der einzelnen Messstellen
(Nitratgehalt und Niederschlagssumme der
dem Probenahmedatum vorausgegangenen 90 Tage)**

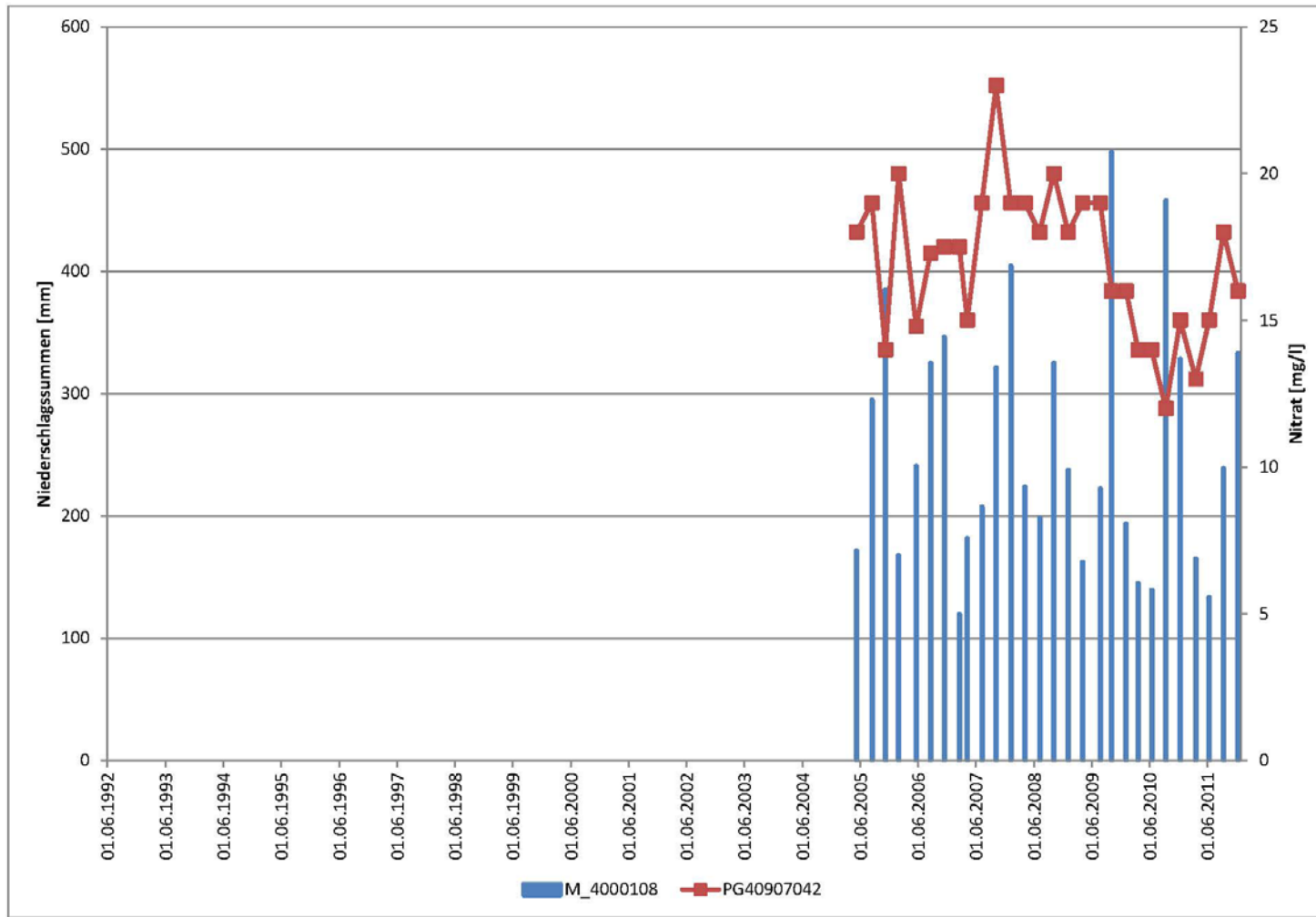


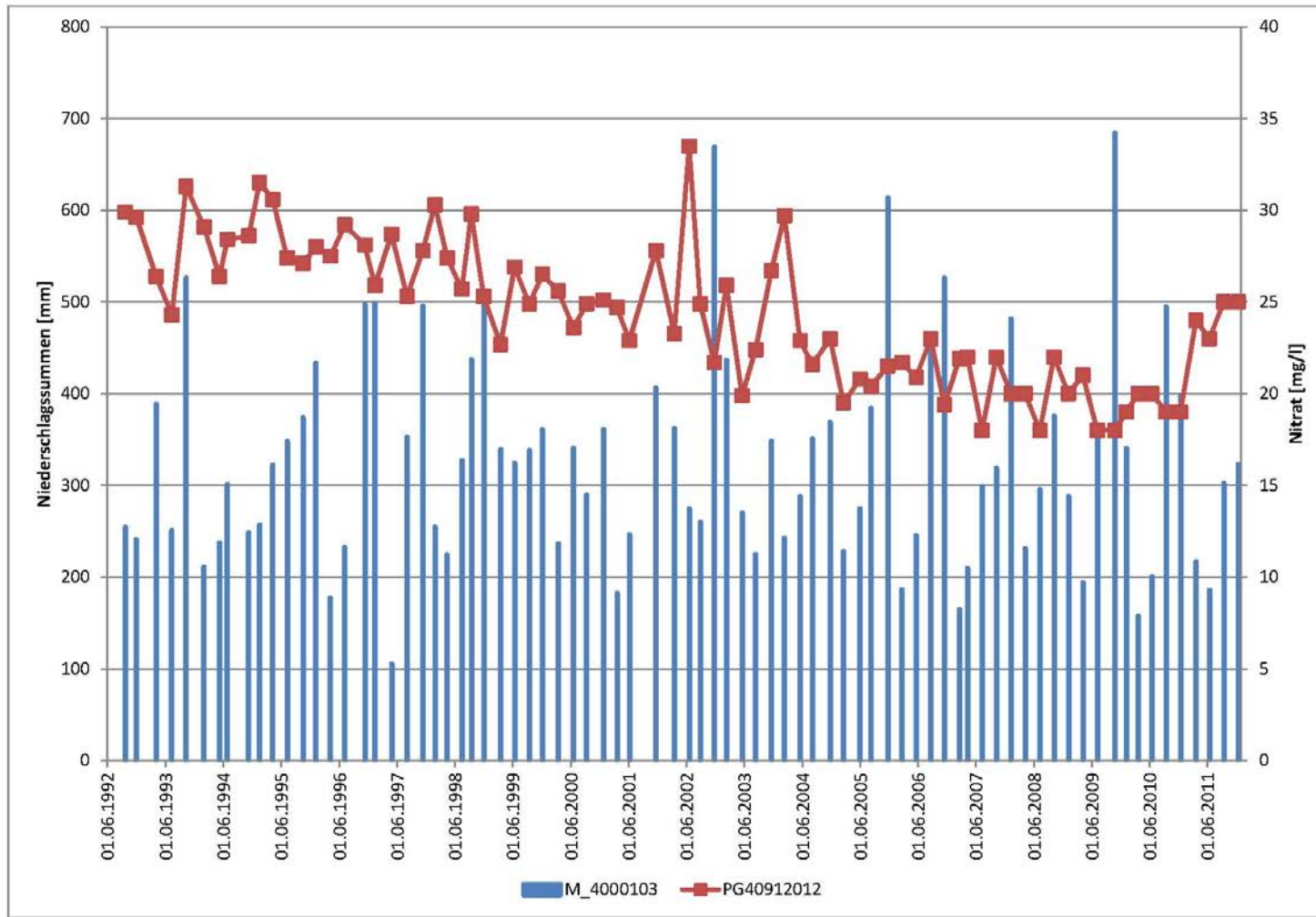


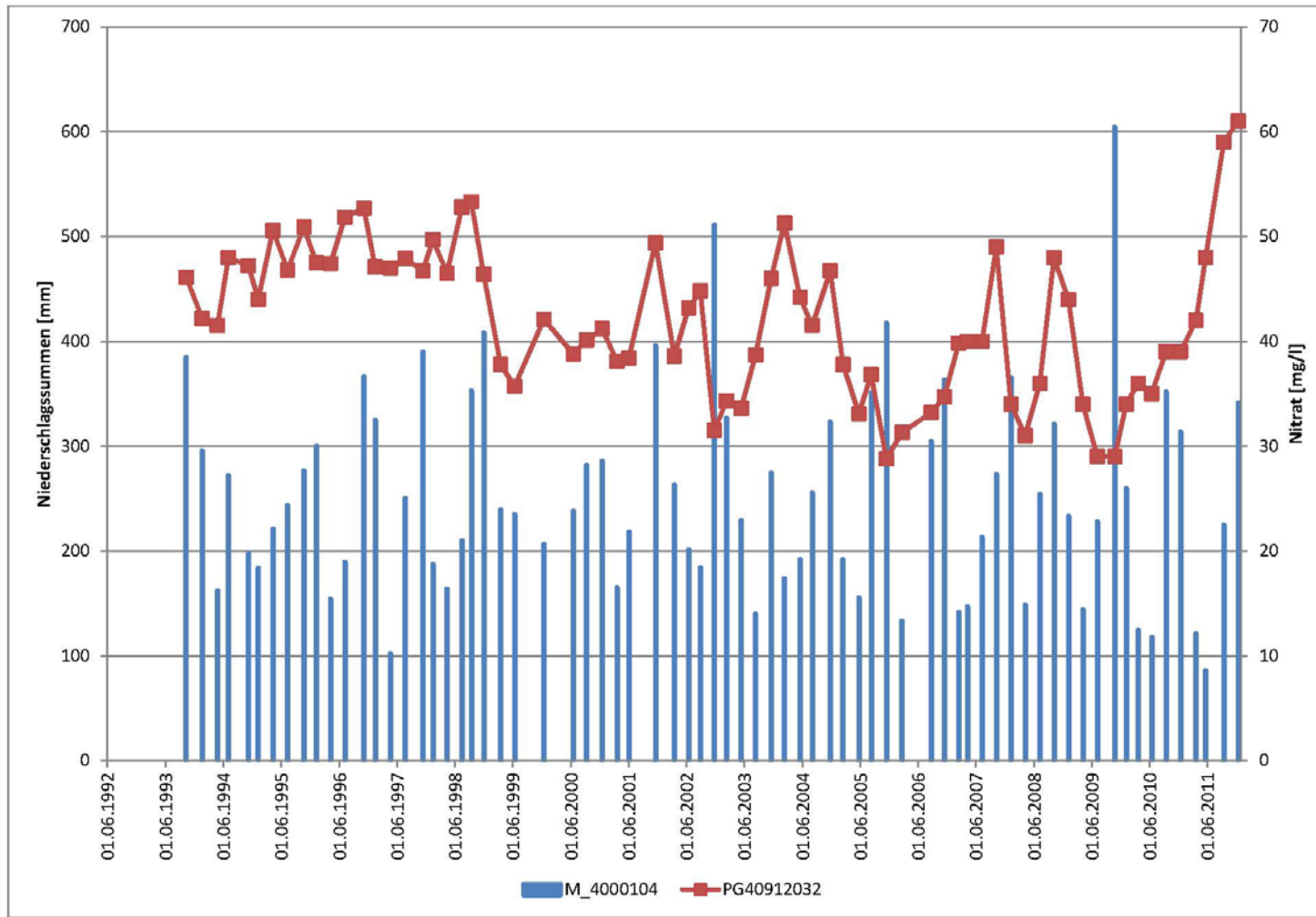


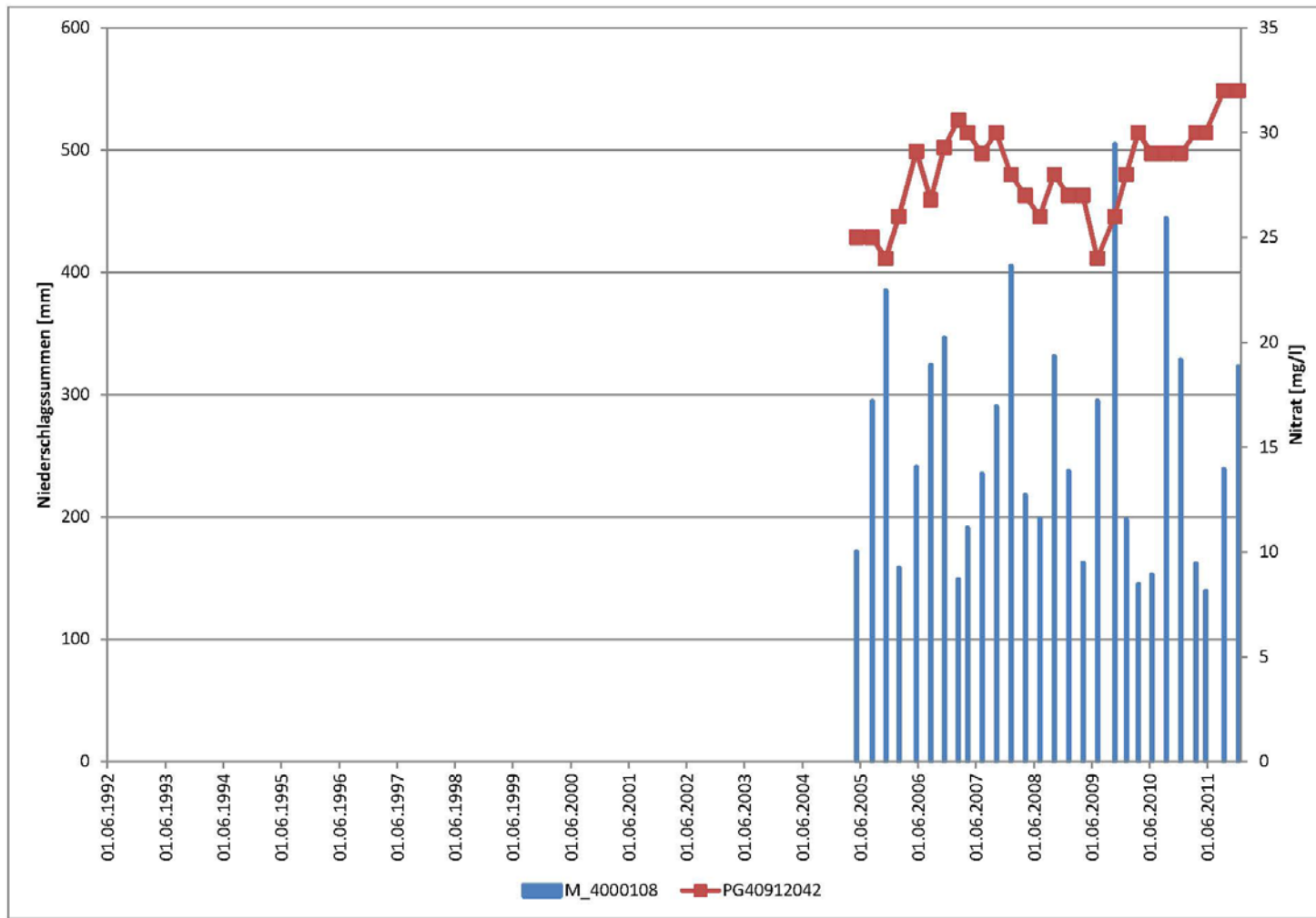


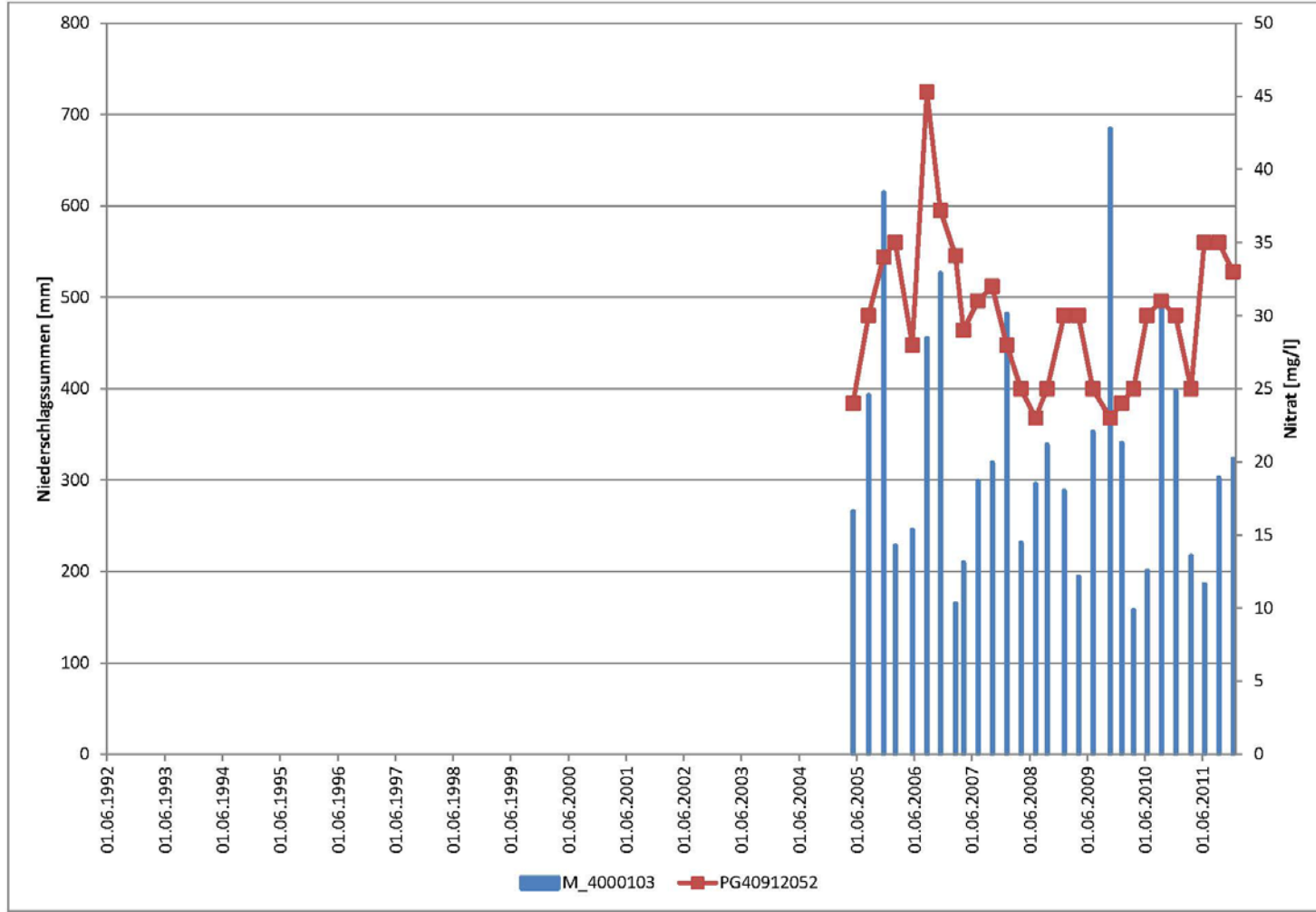


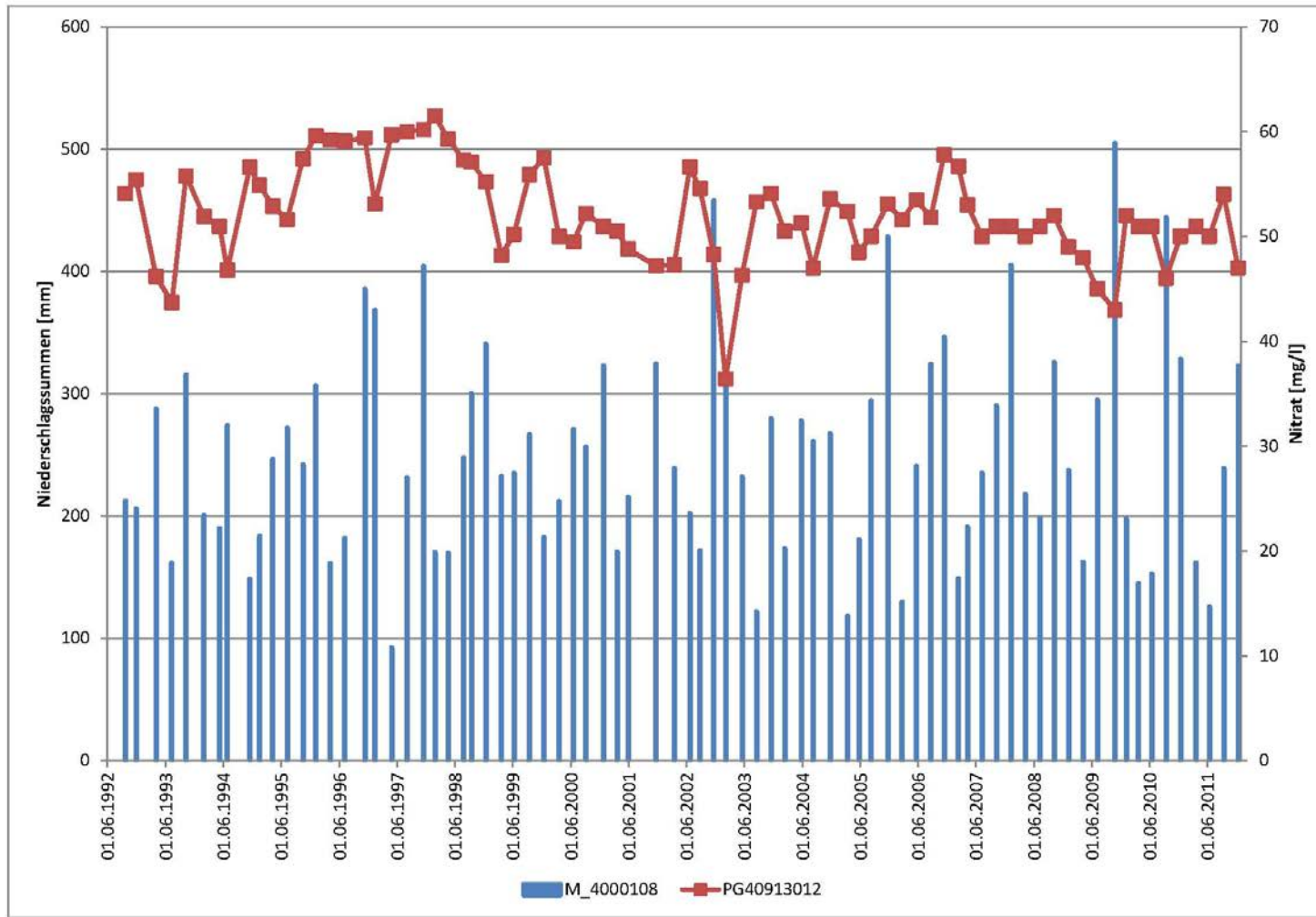


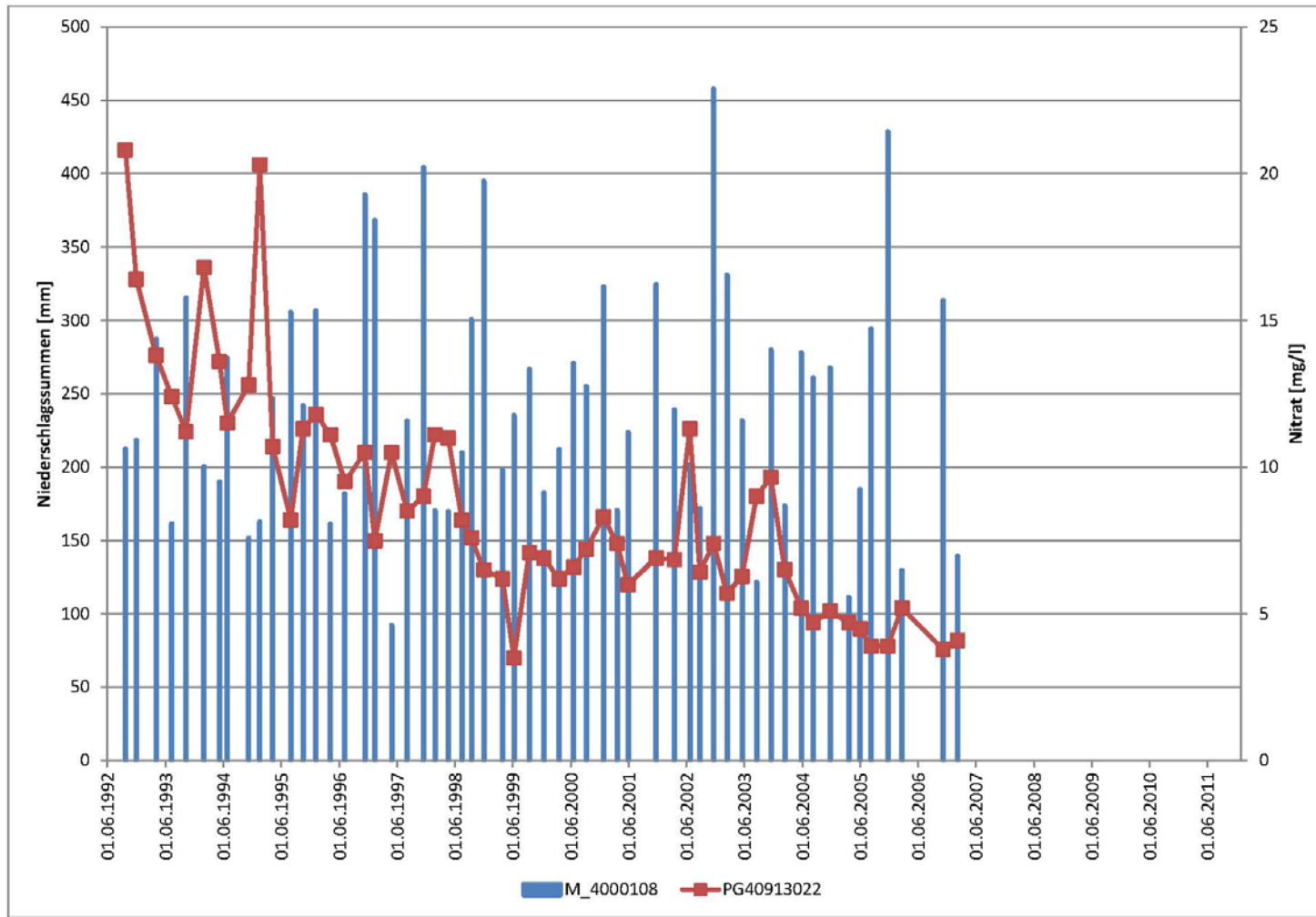


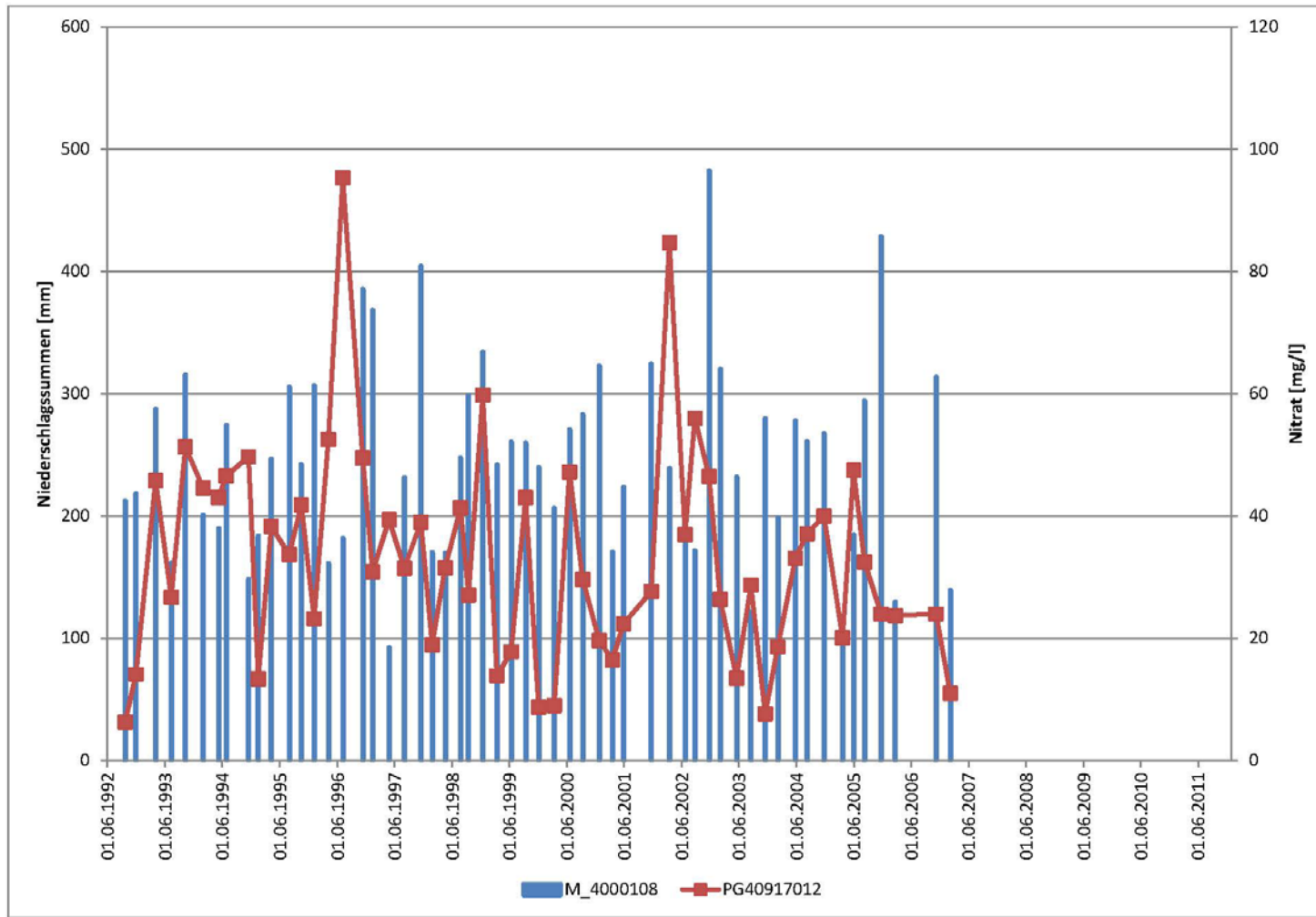


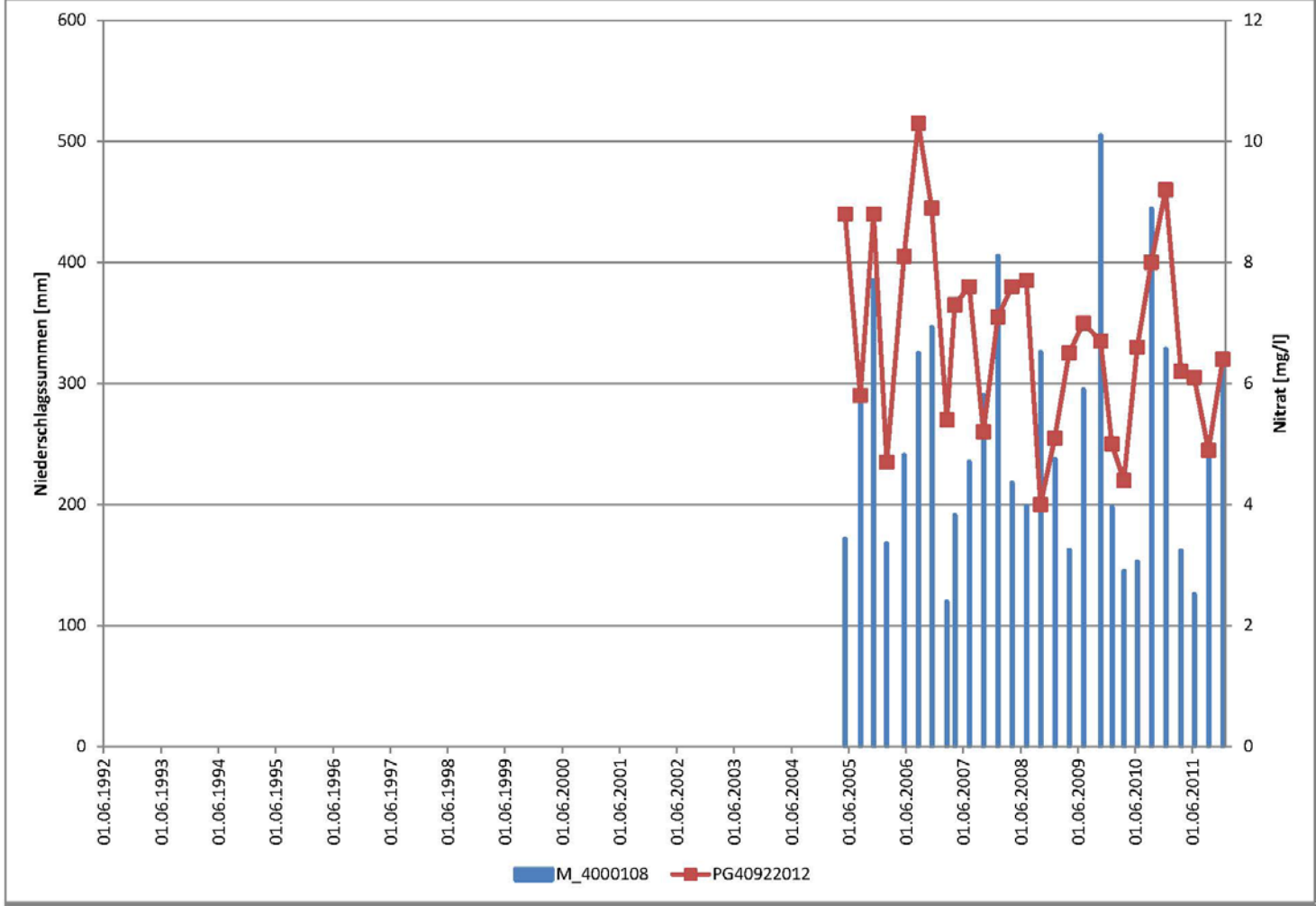


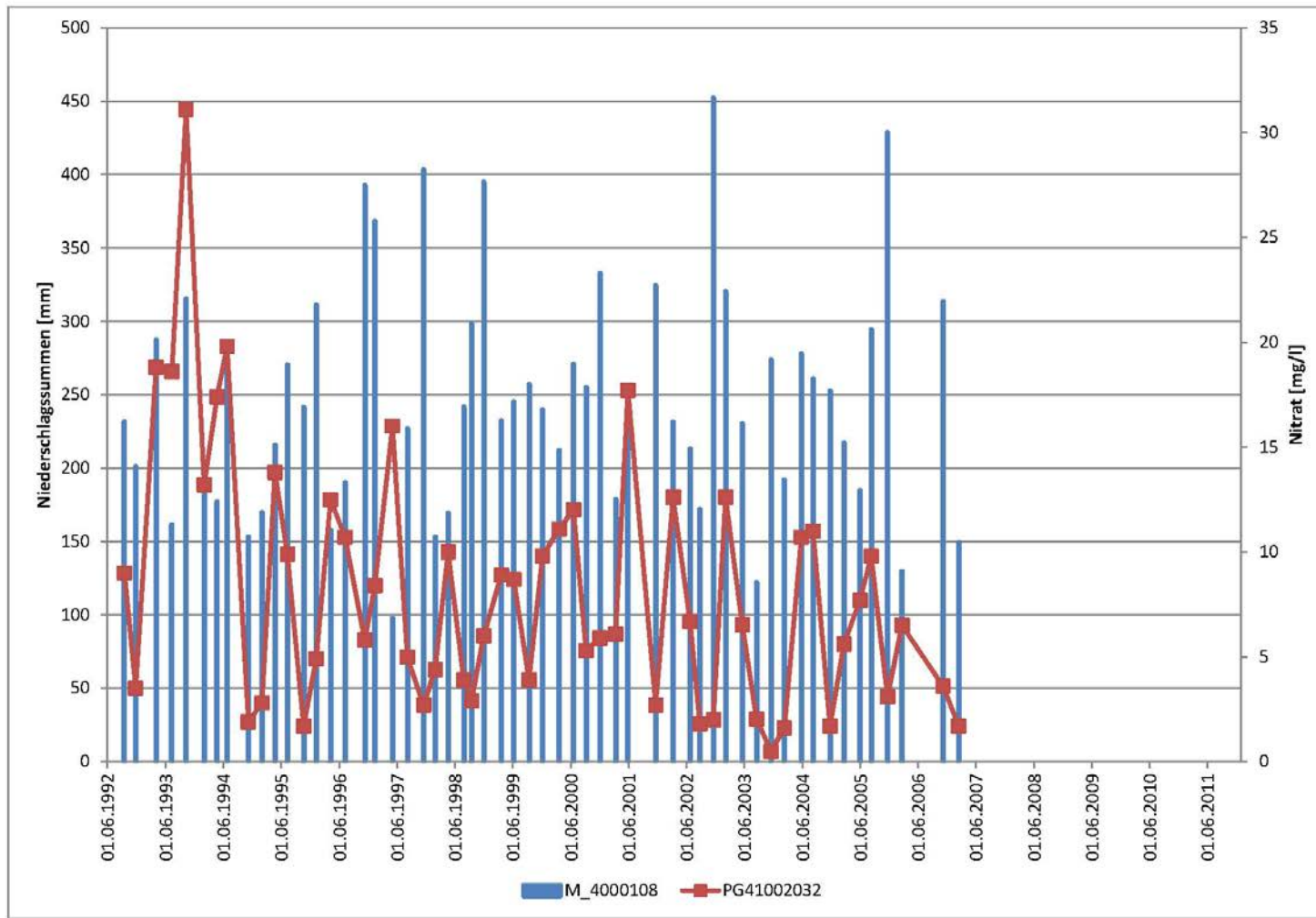


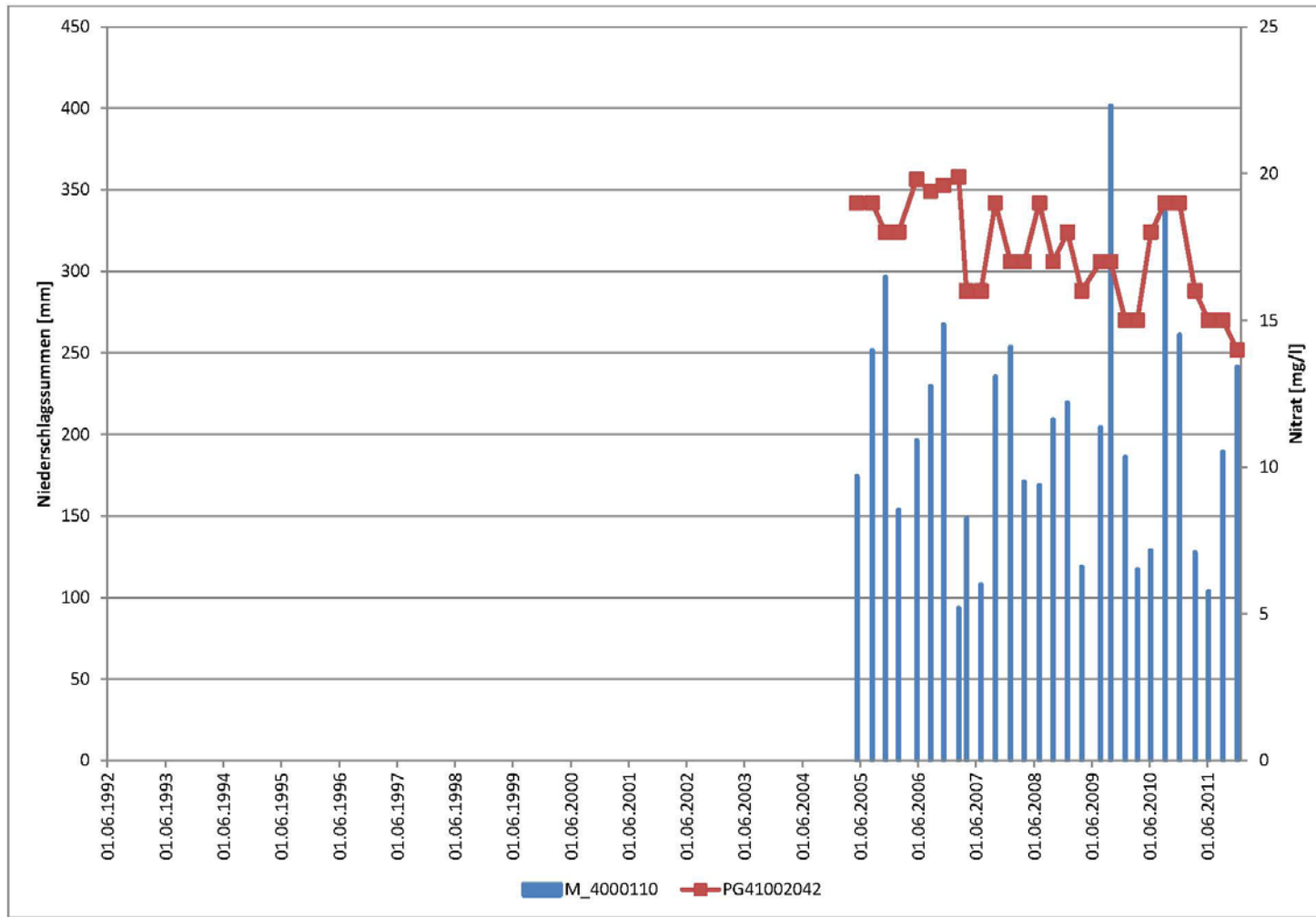


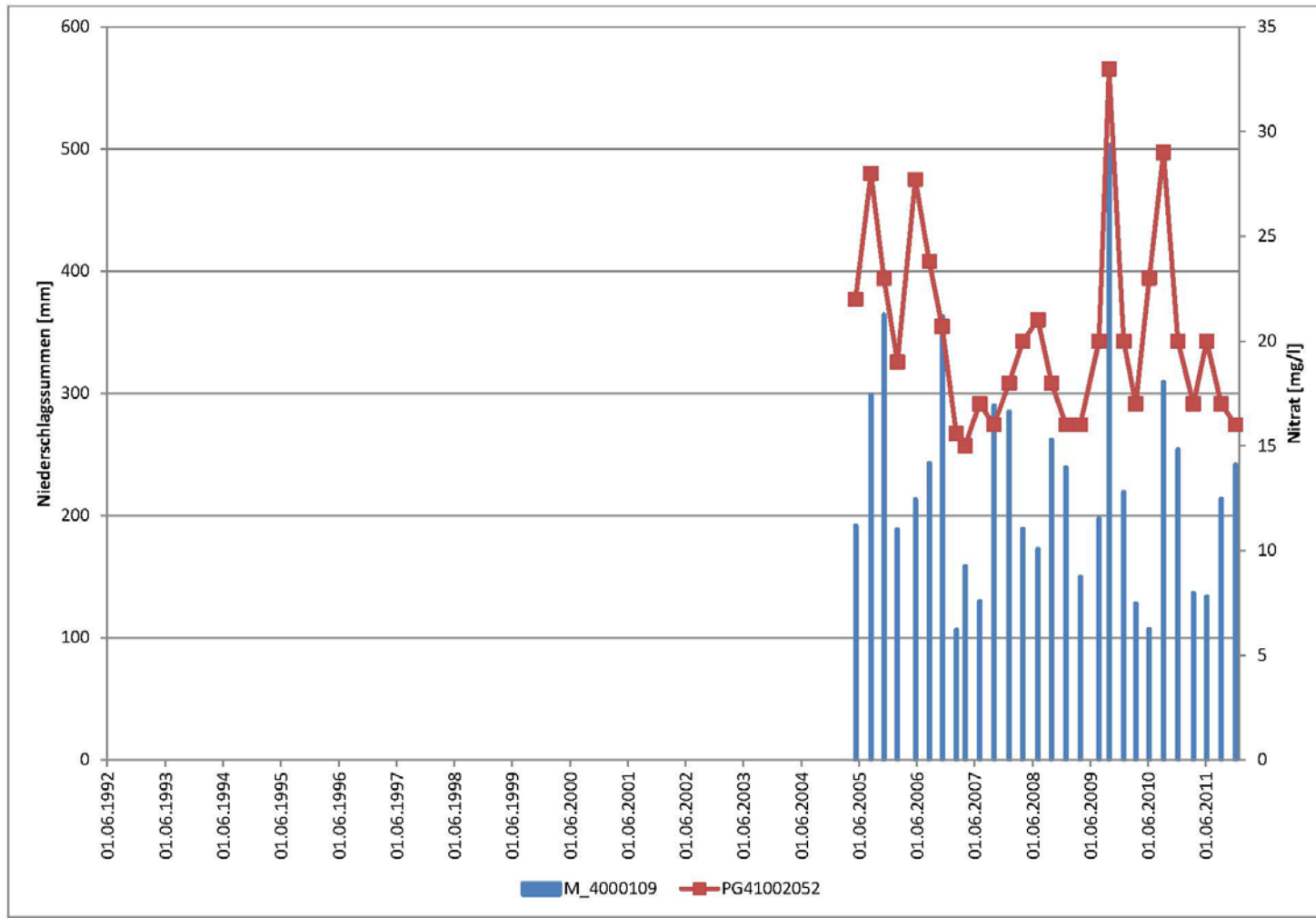


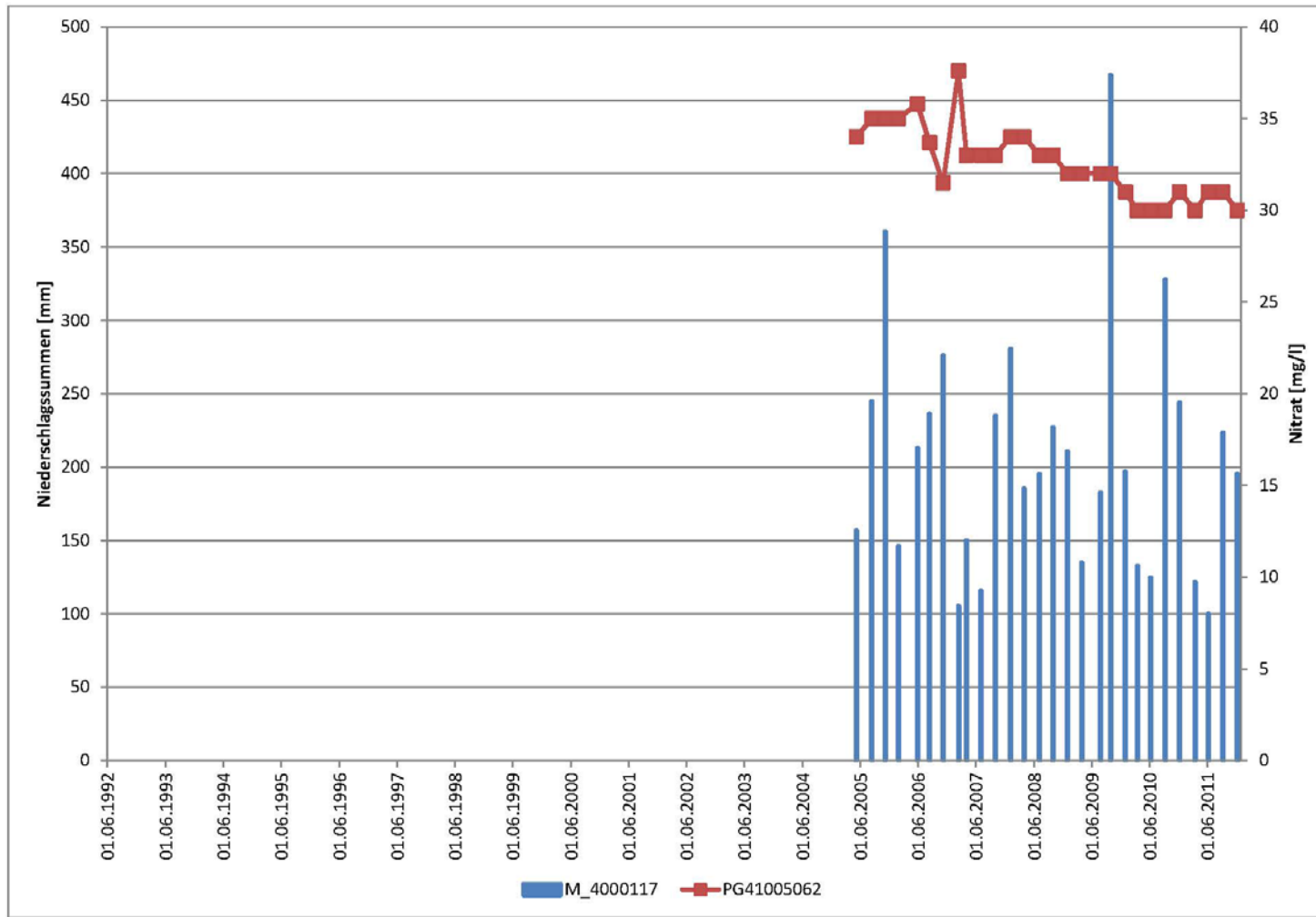


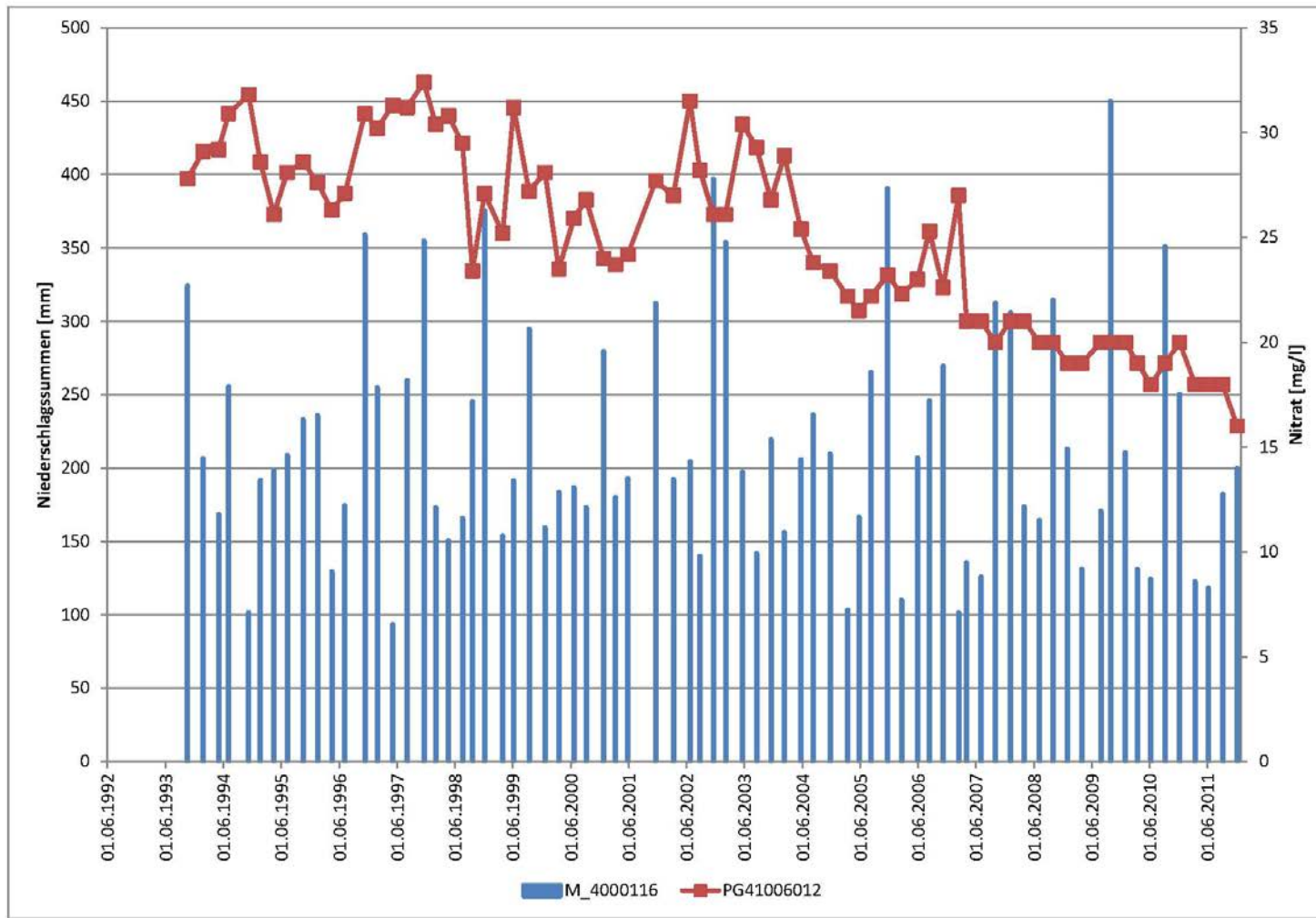


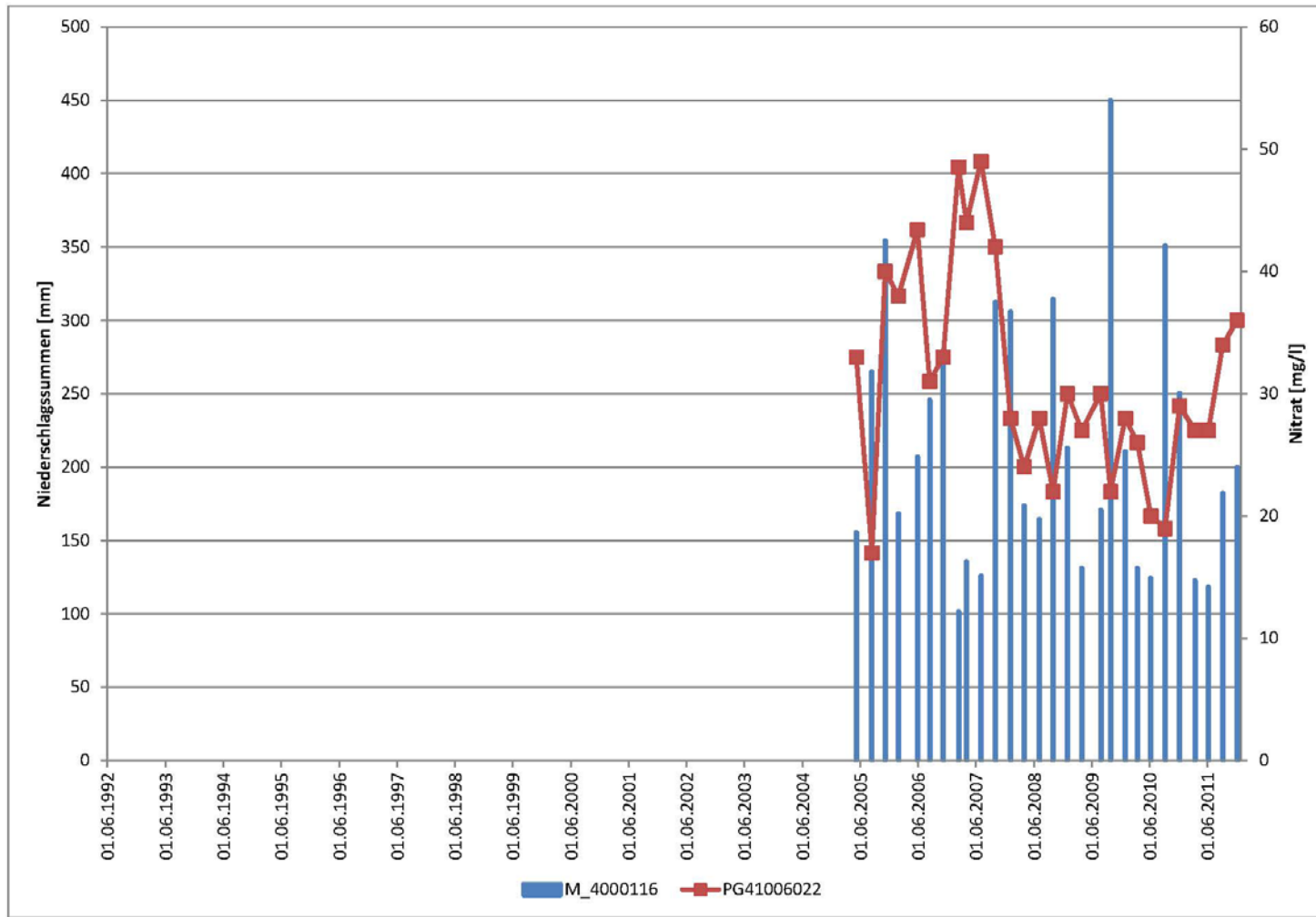


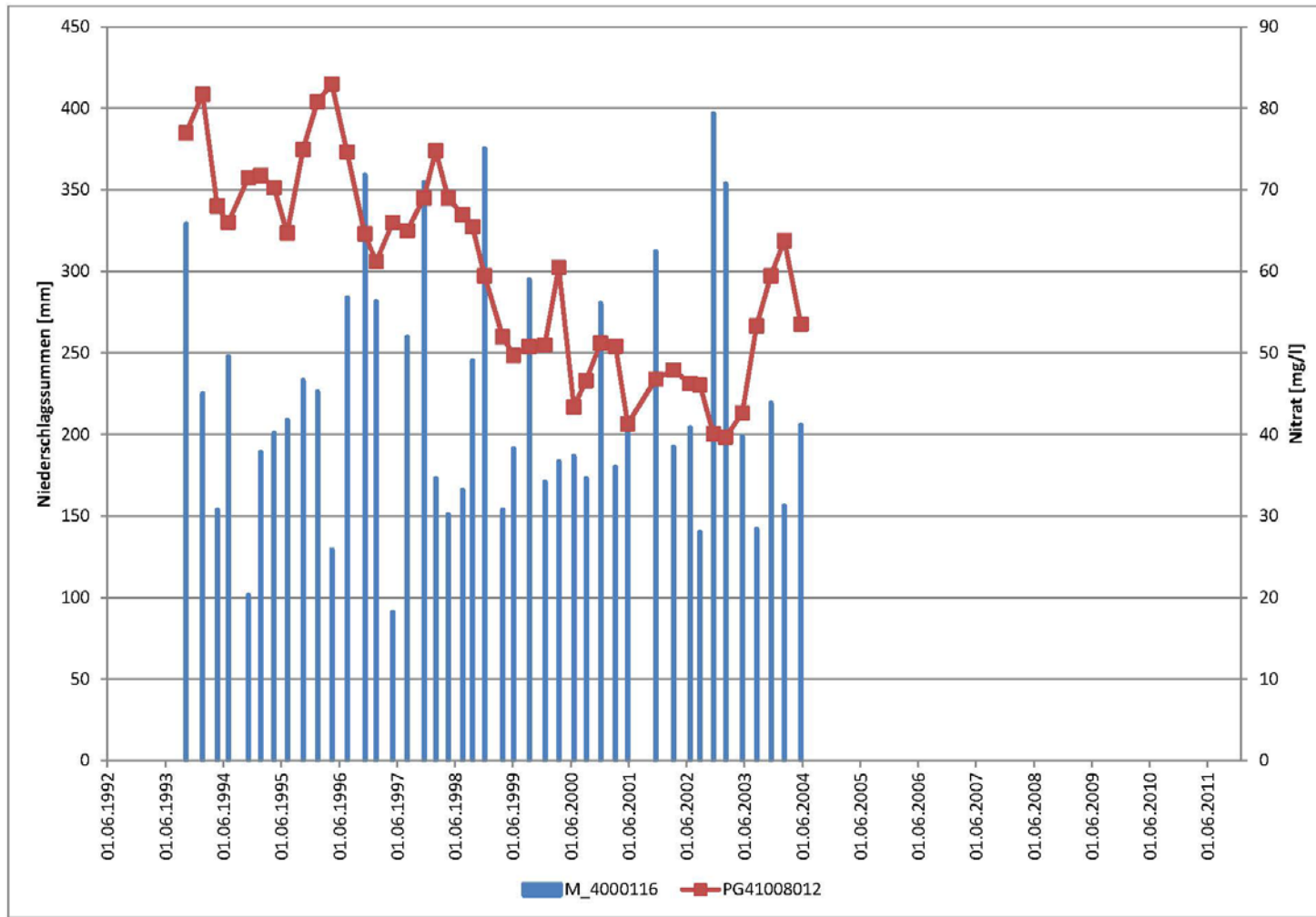


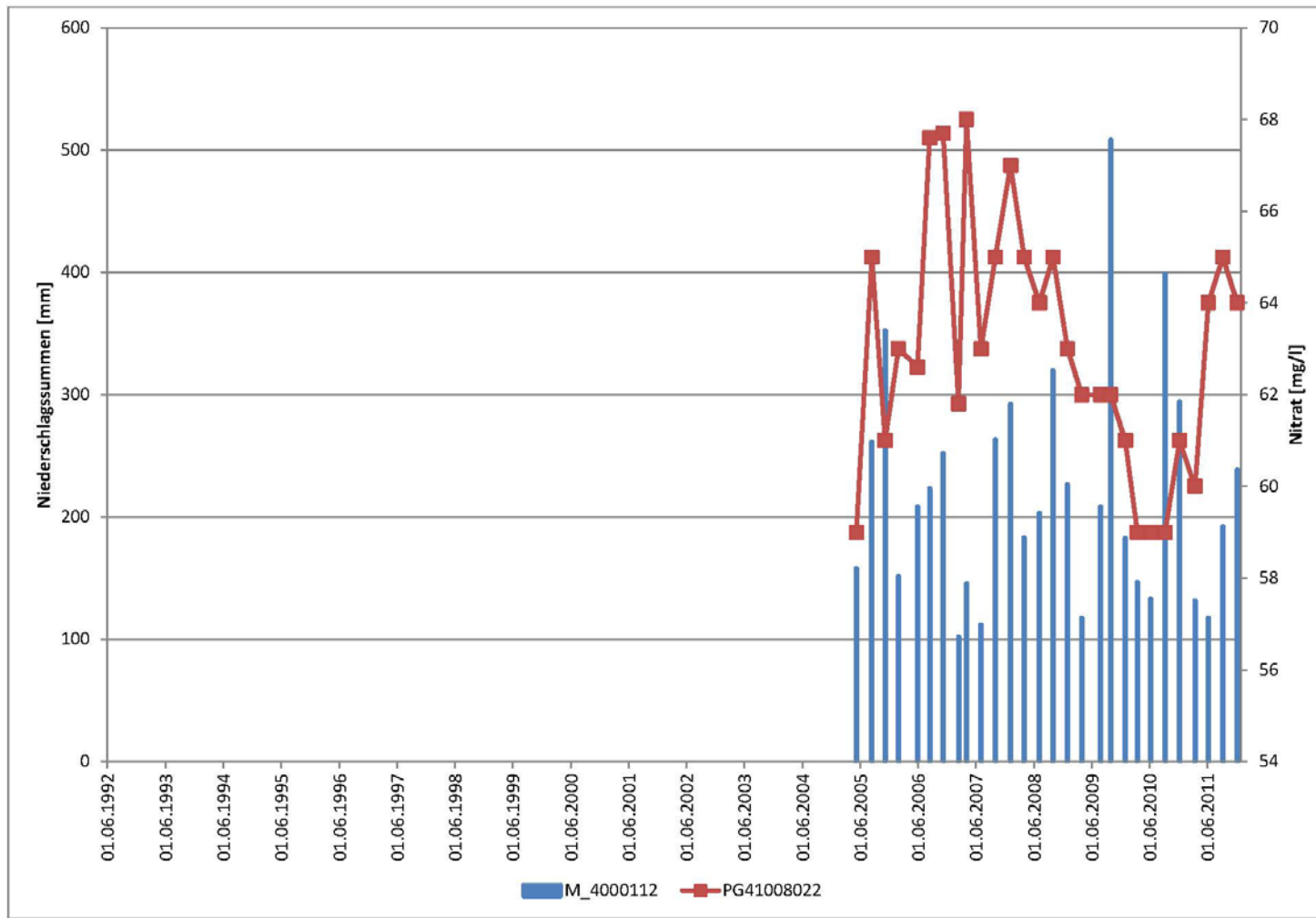


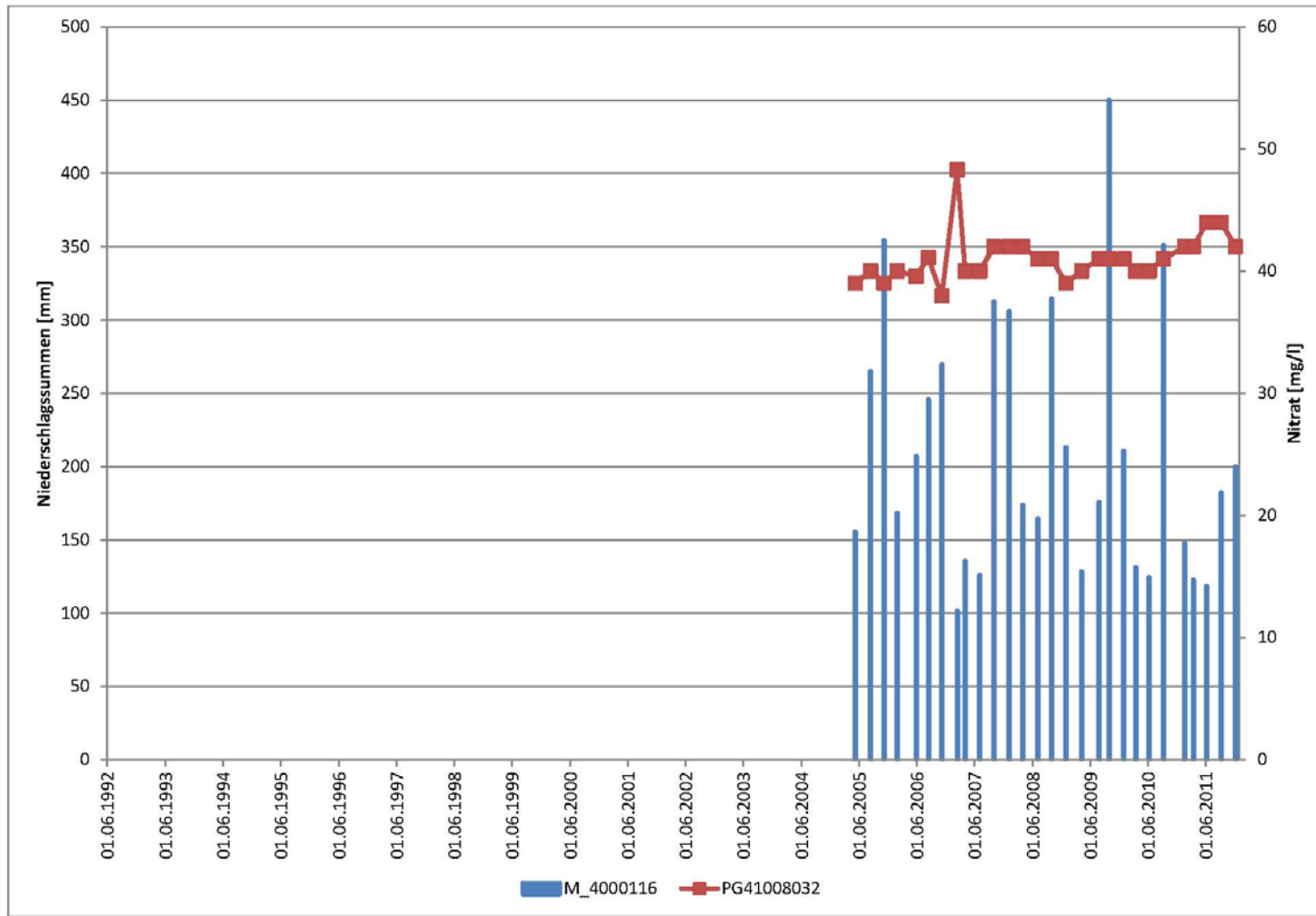


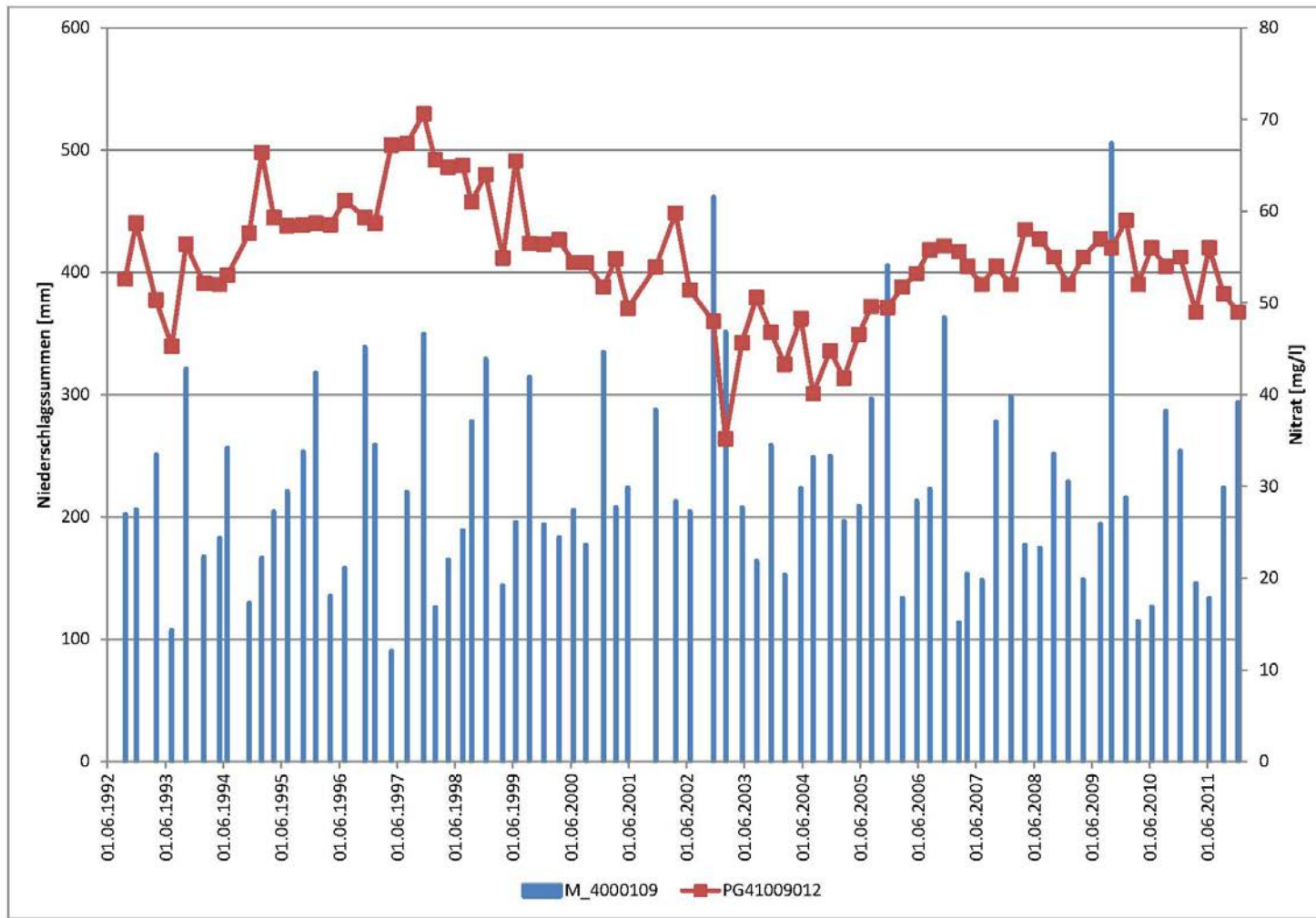


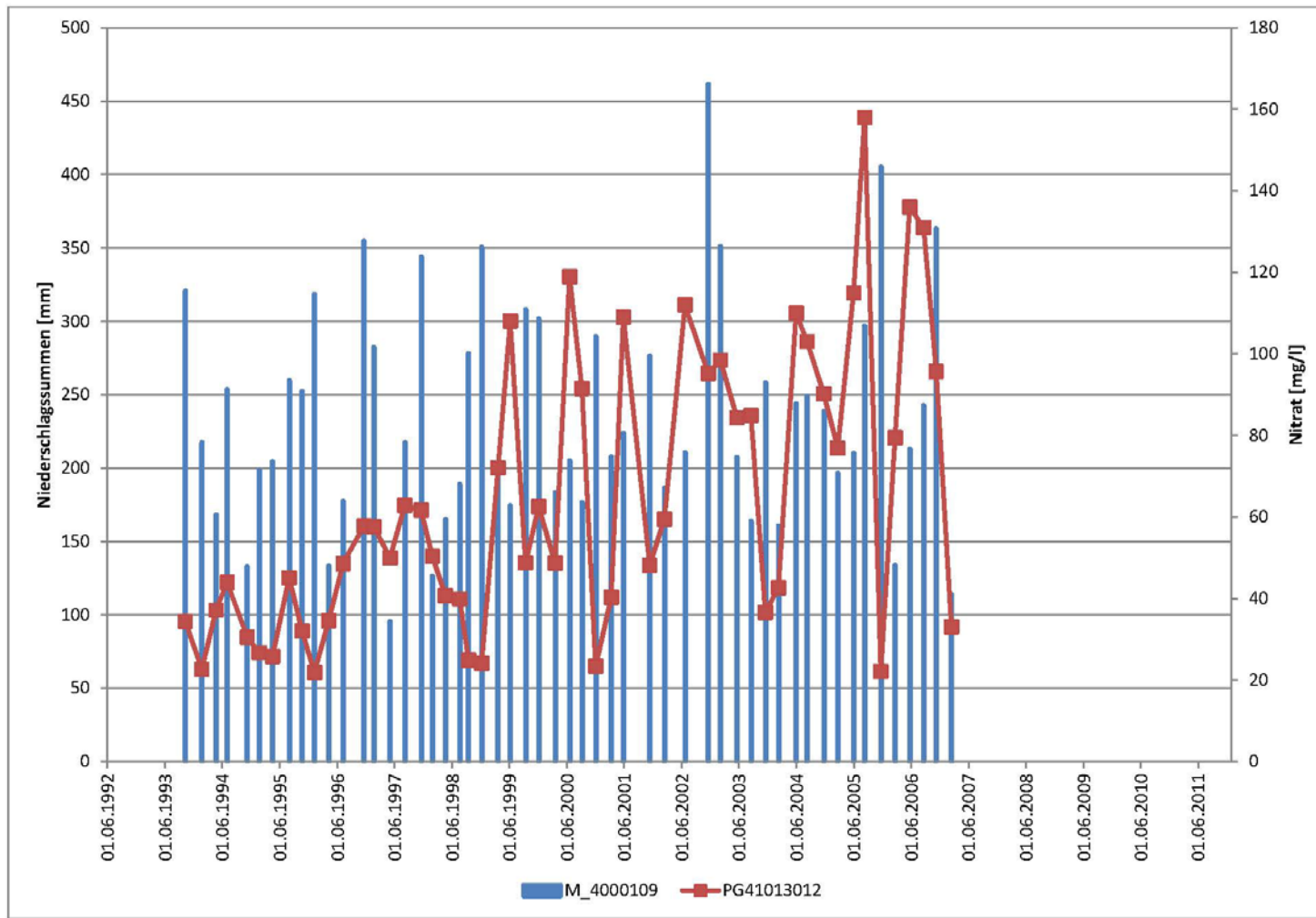


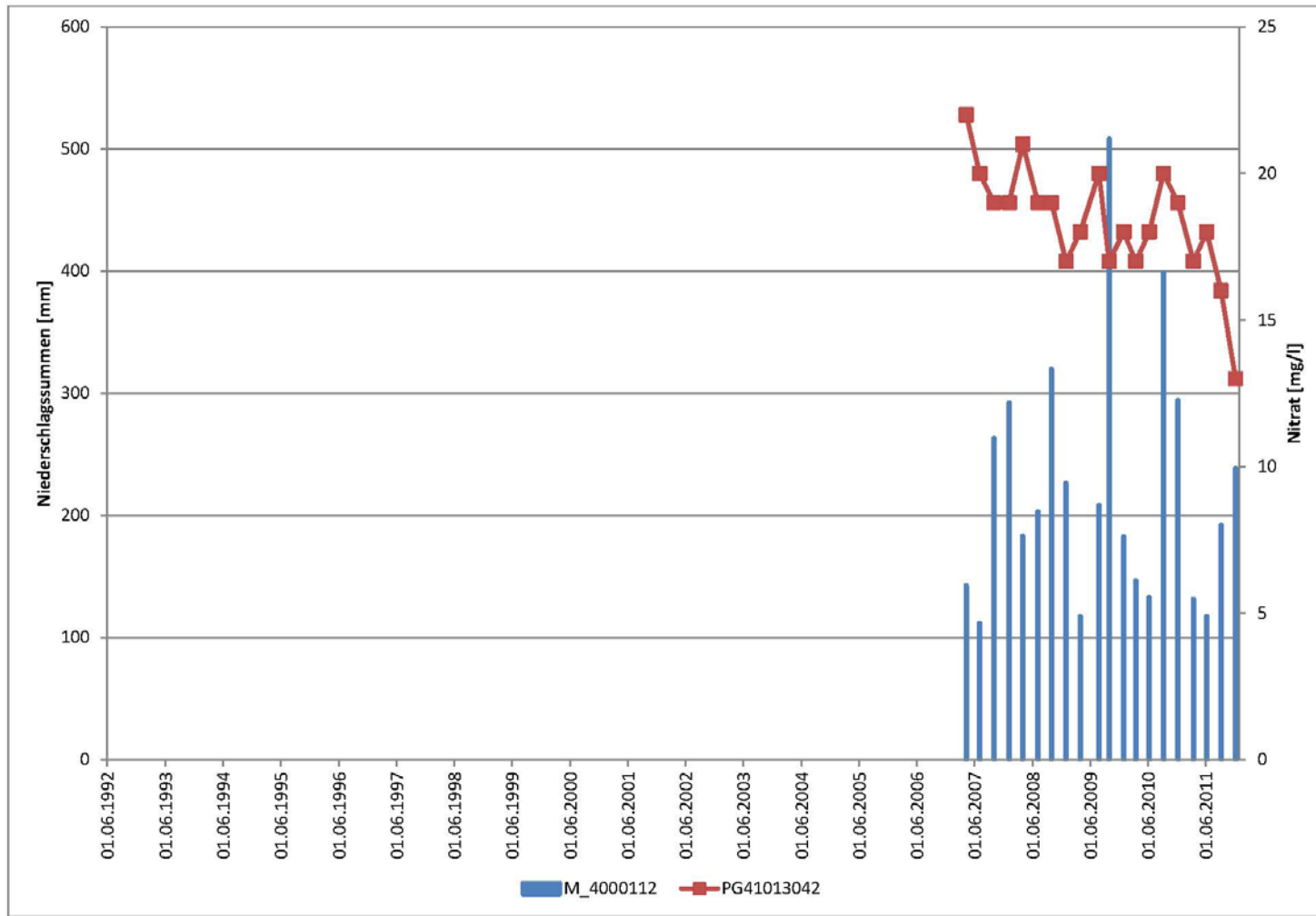


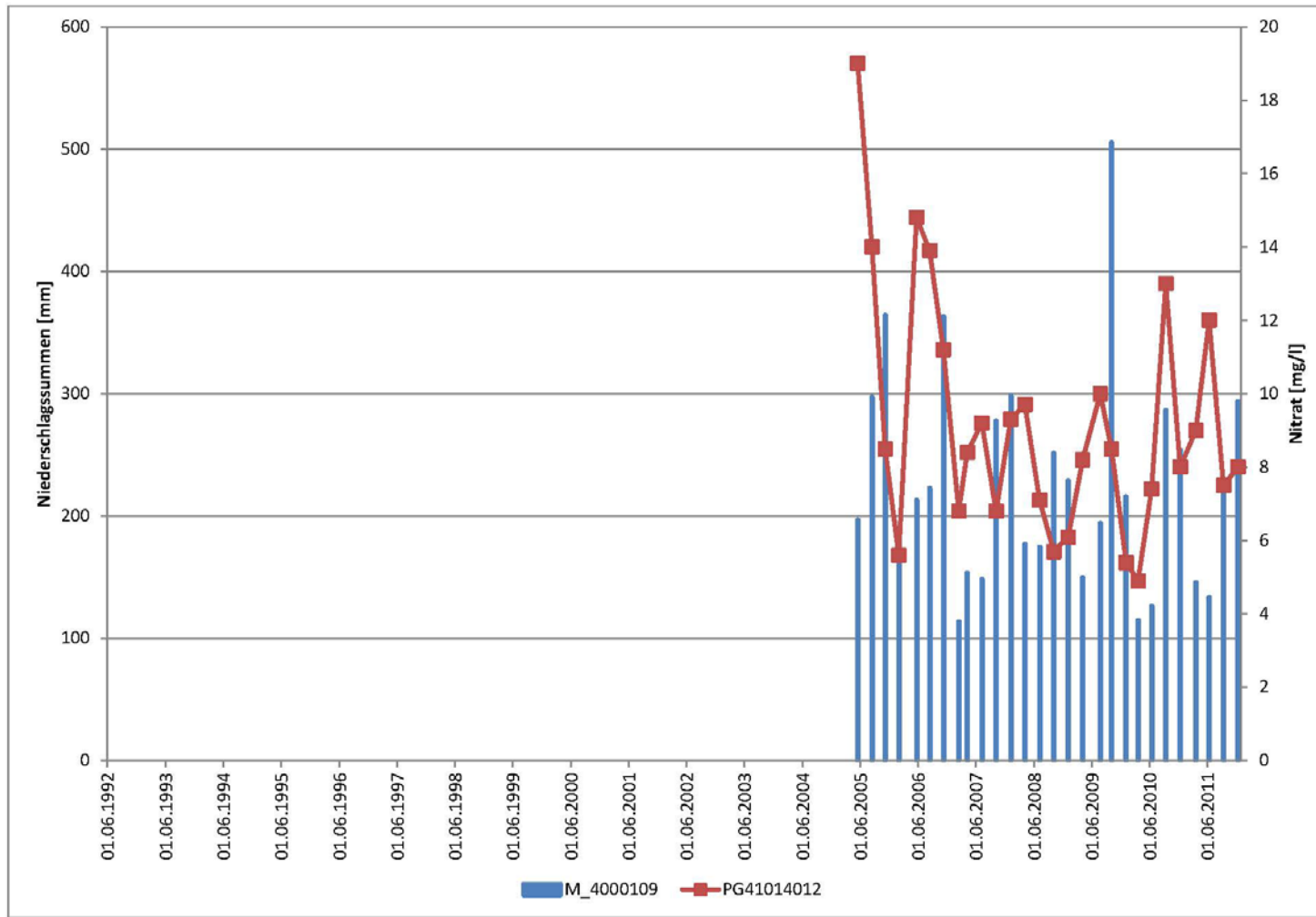


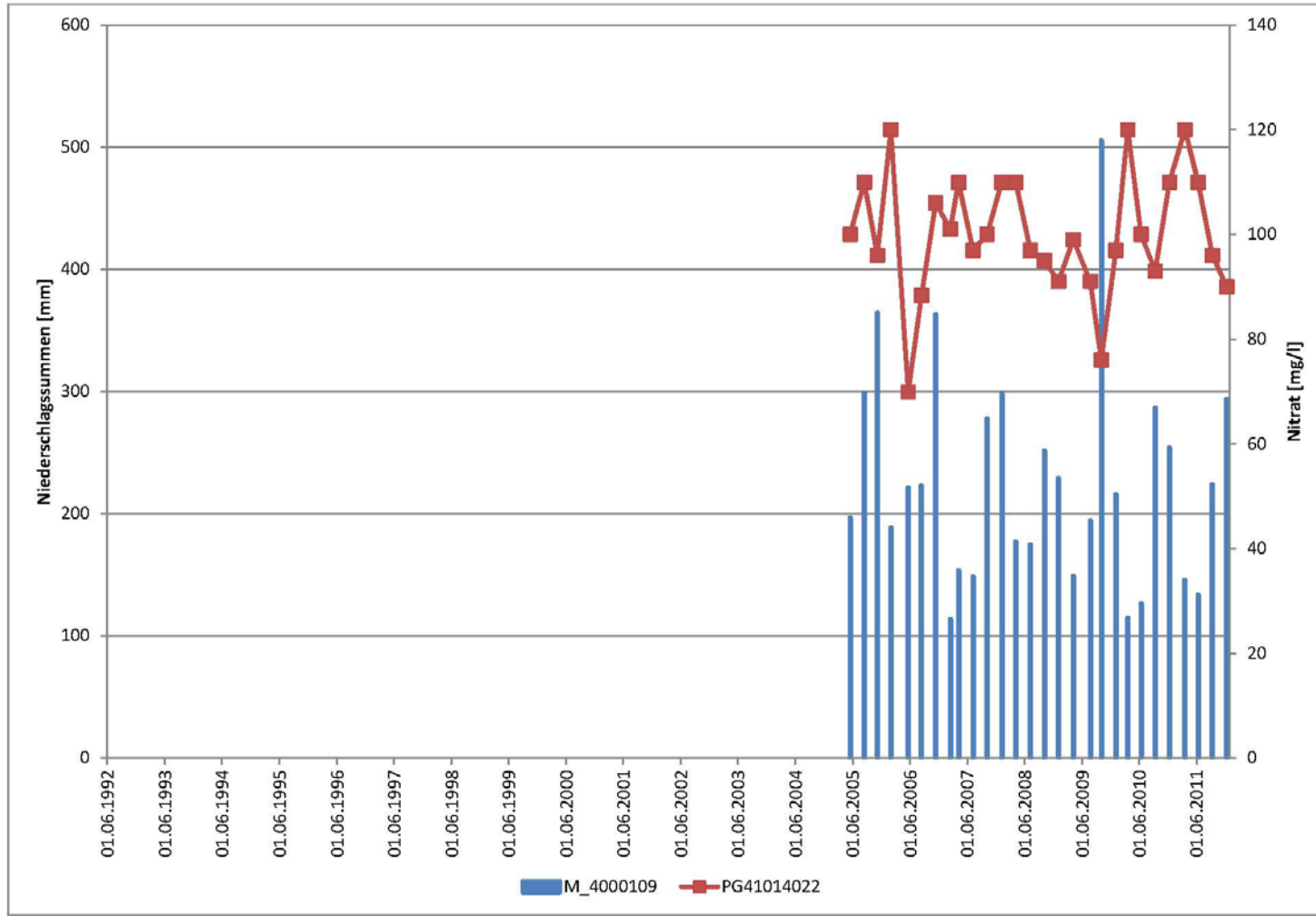


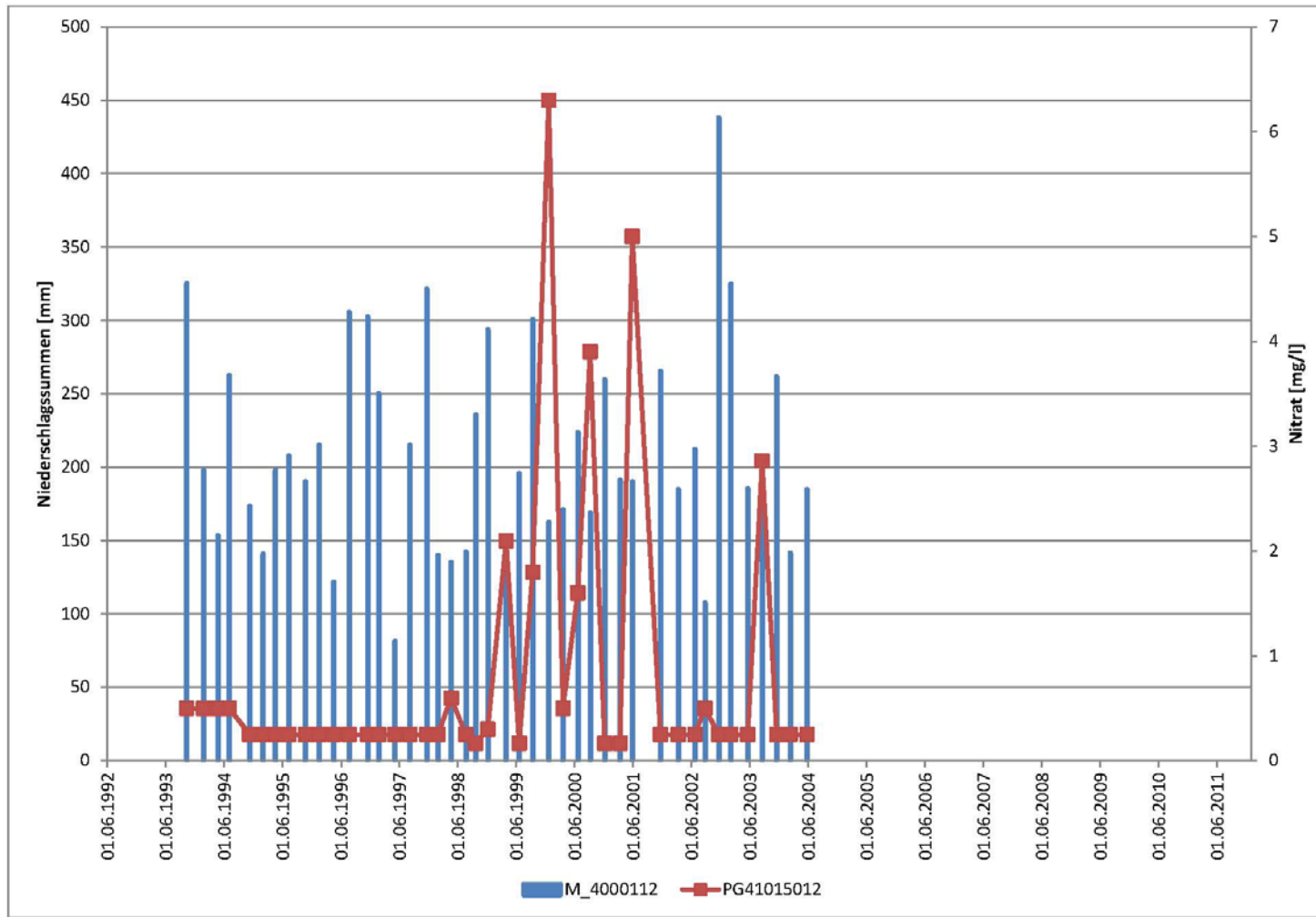


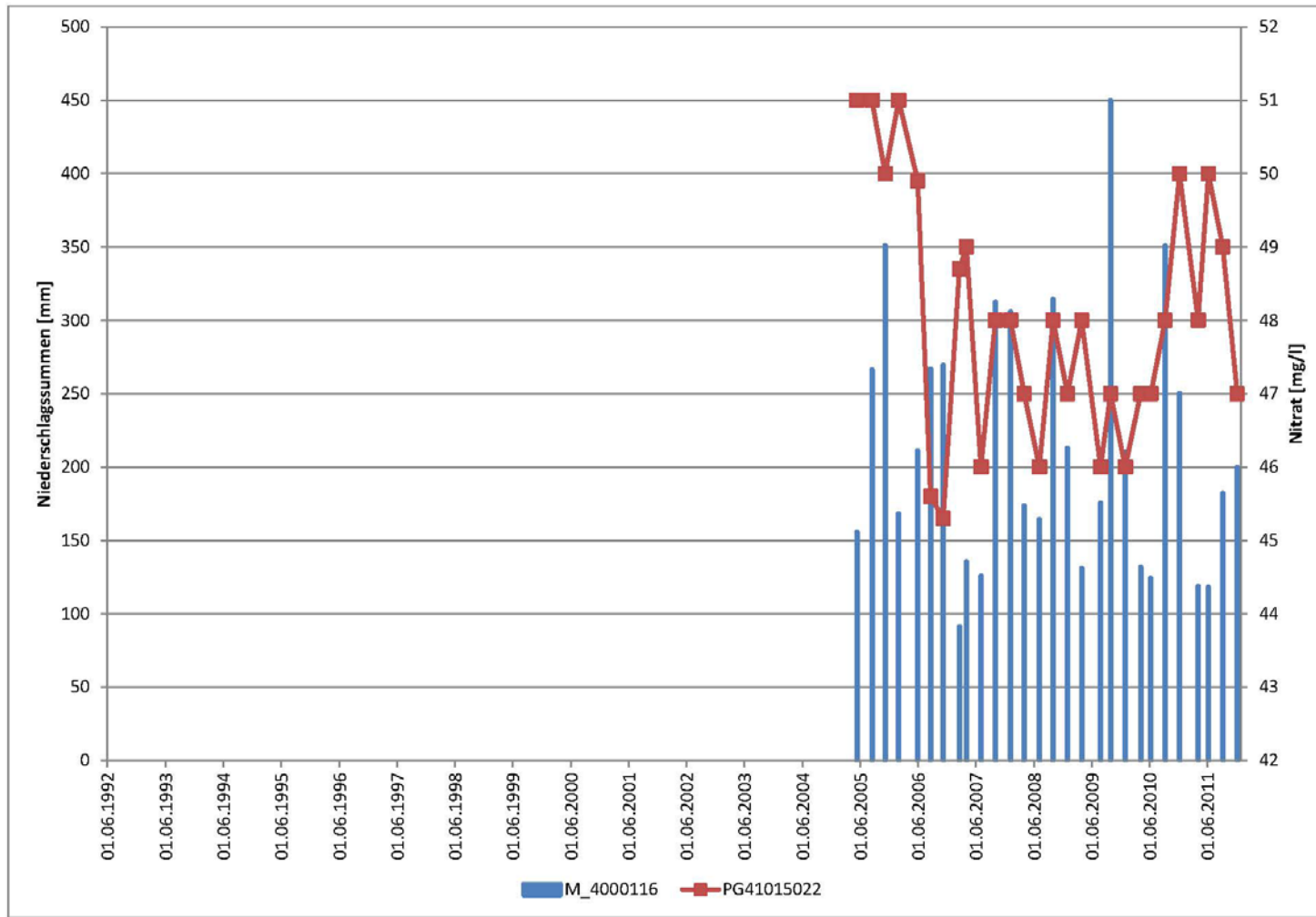


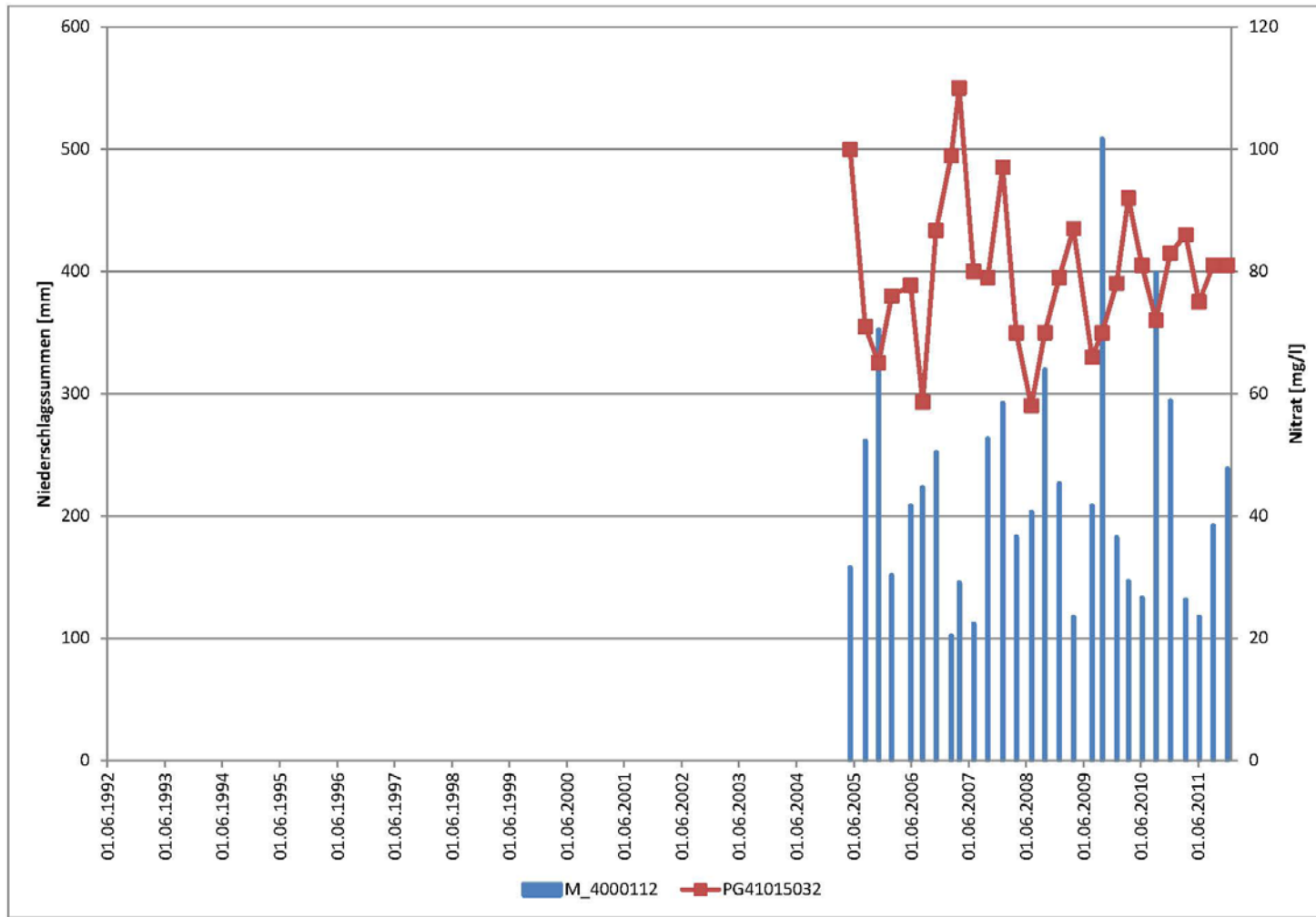


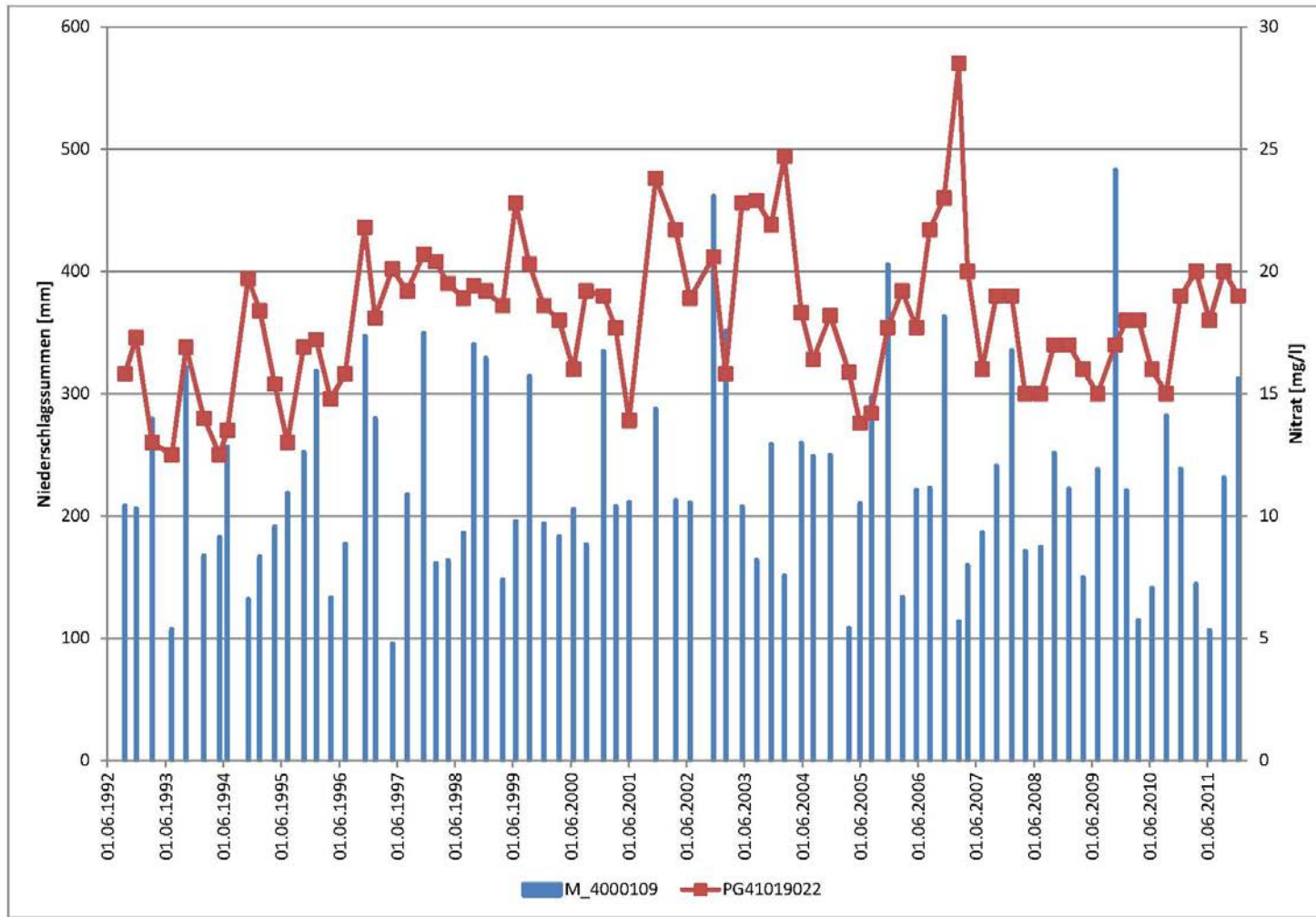


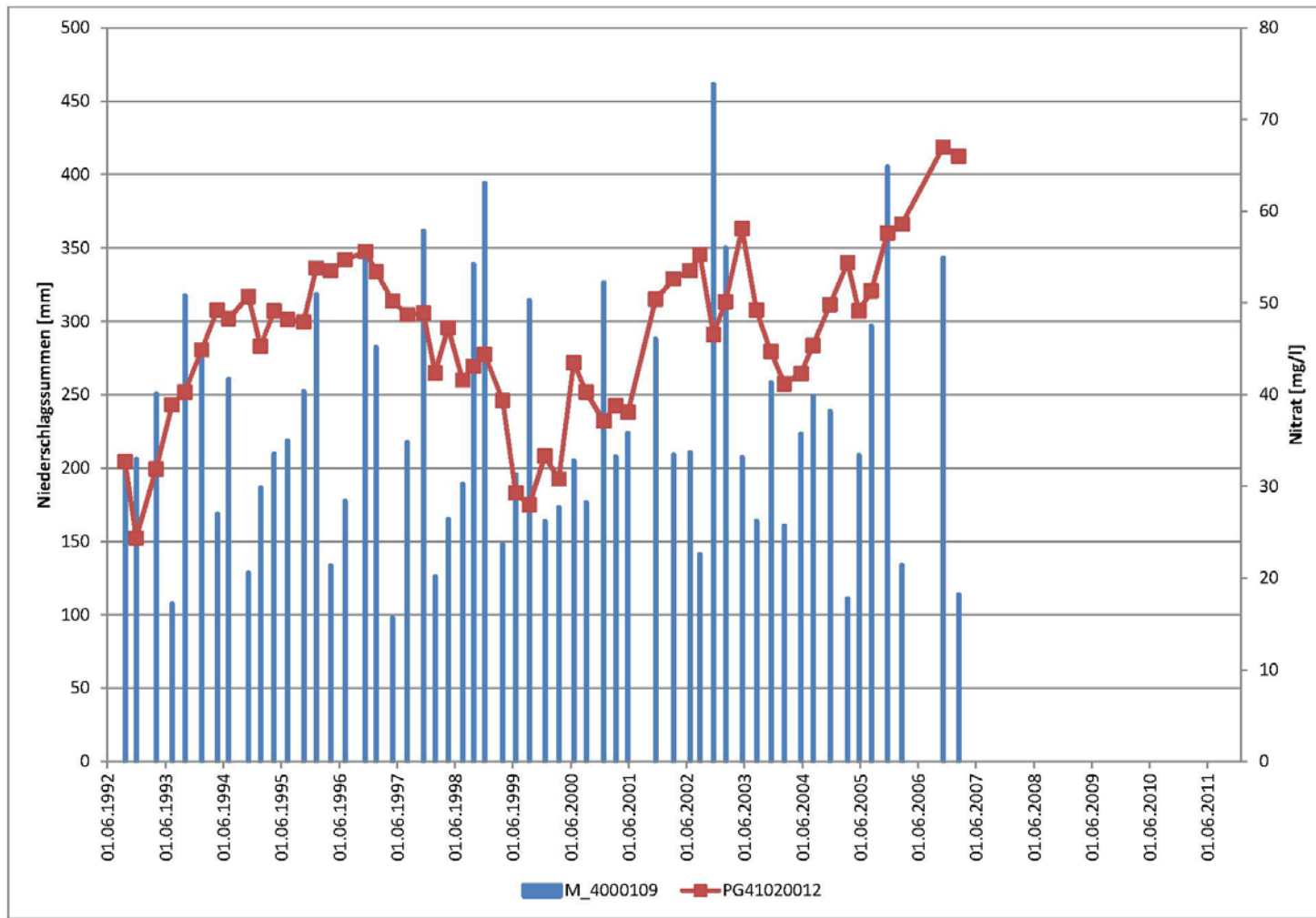


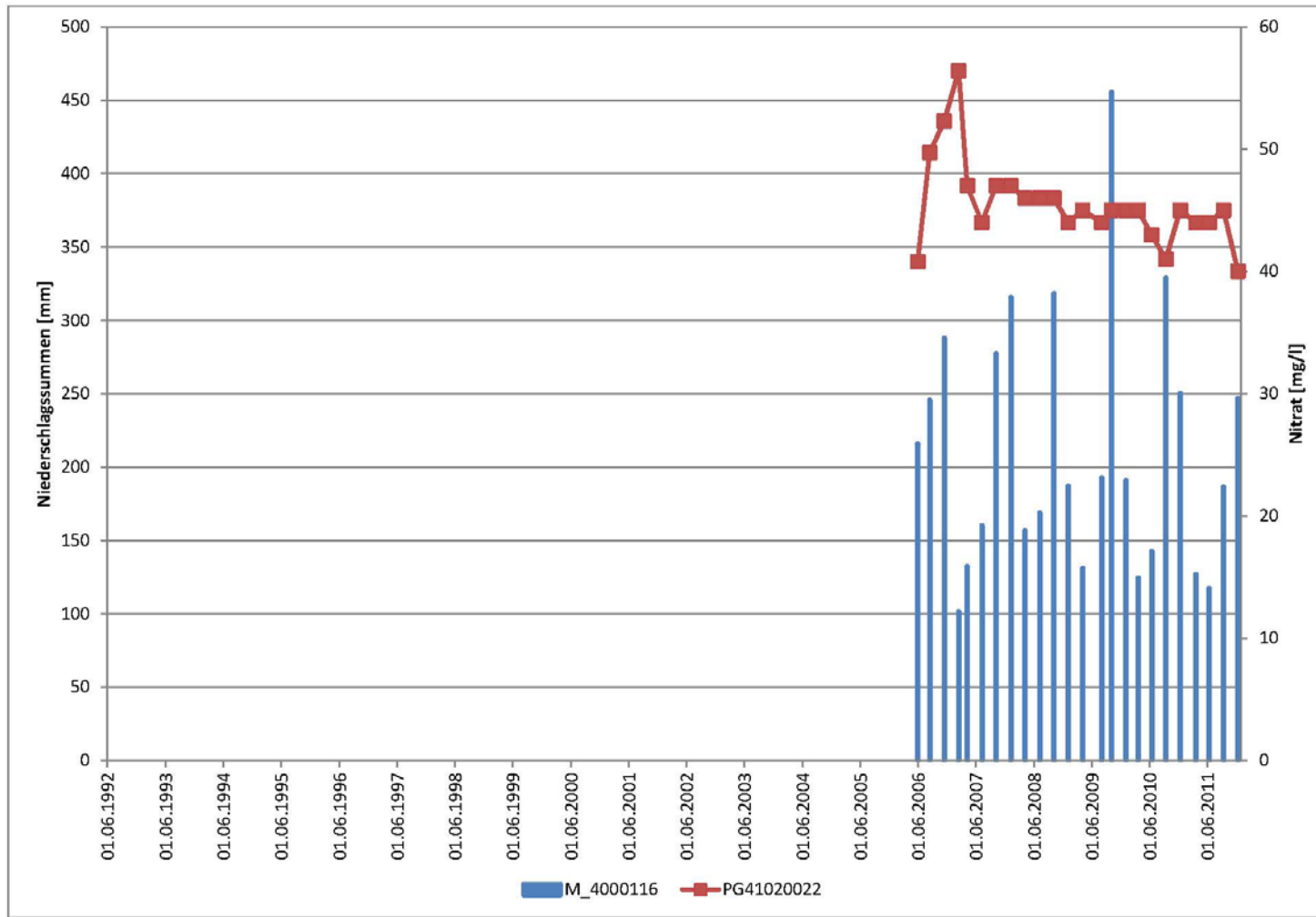


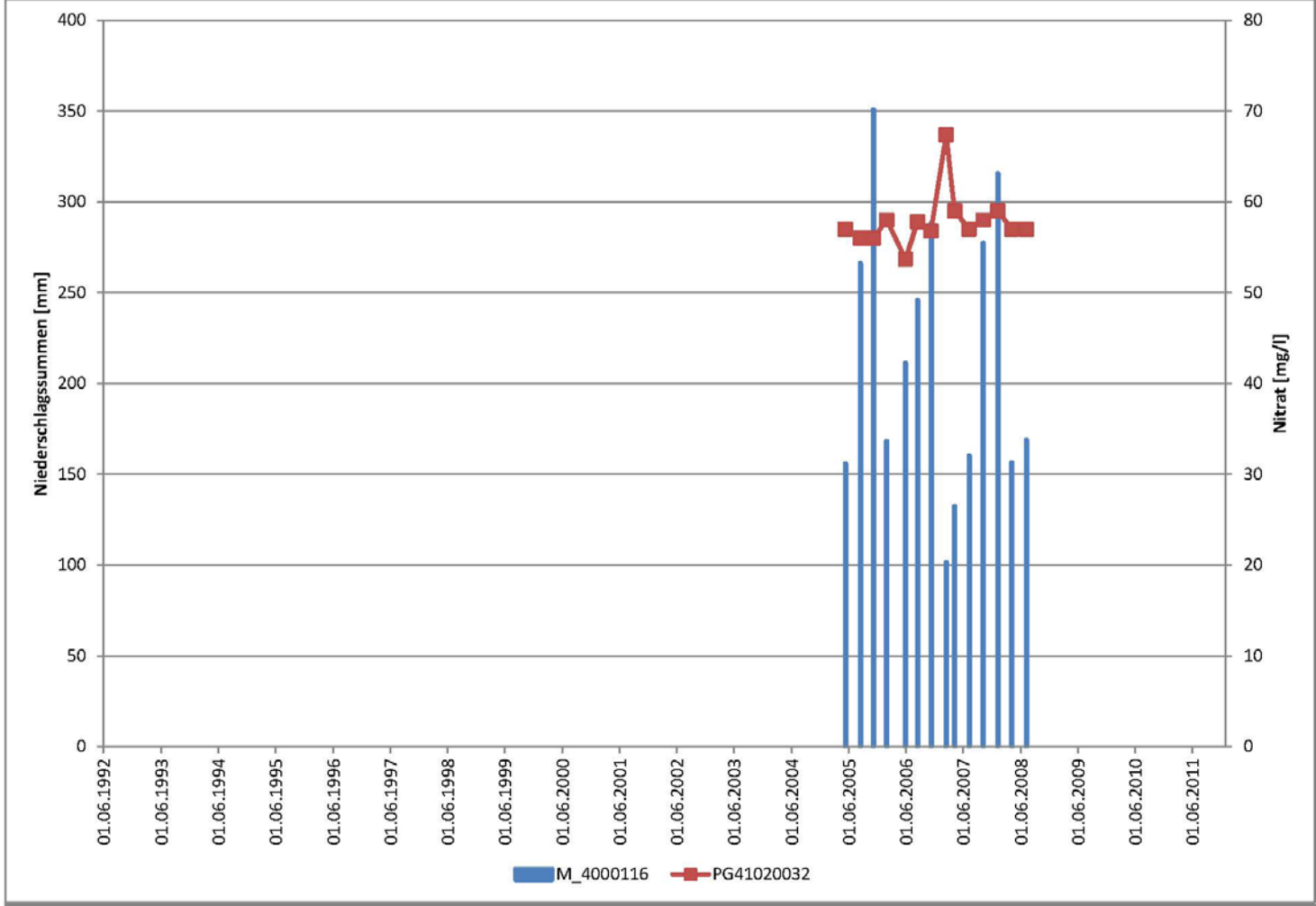


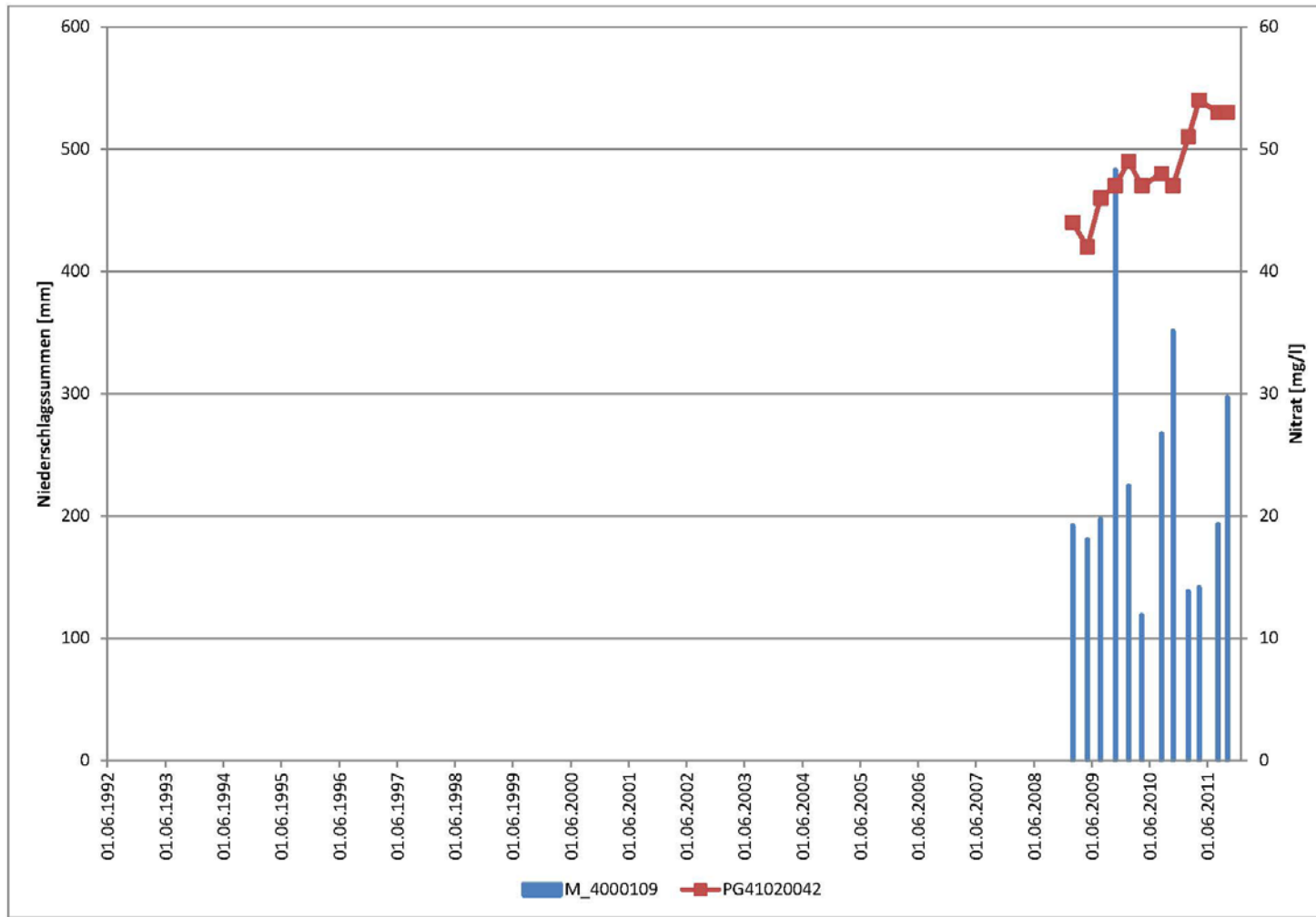


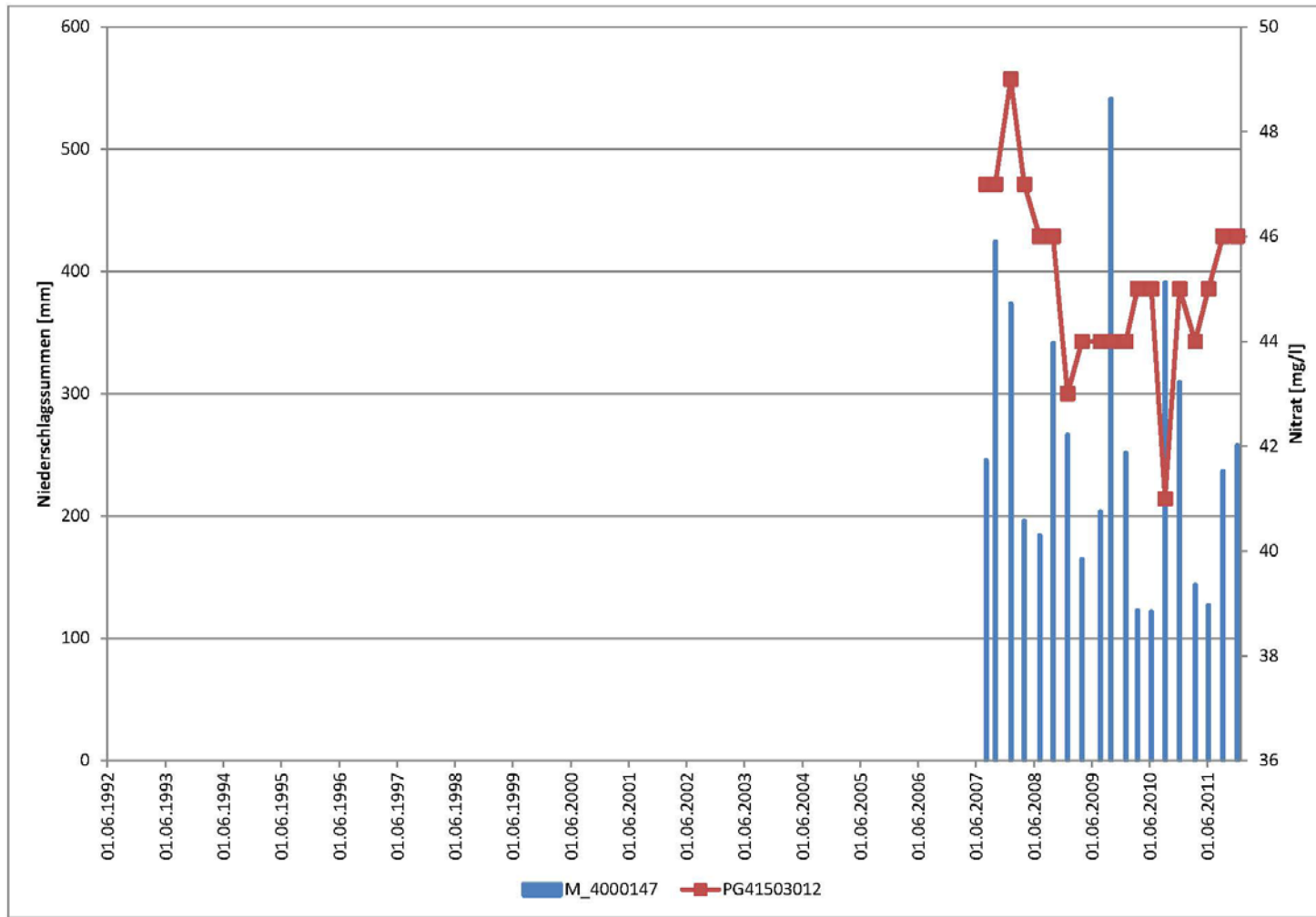


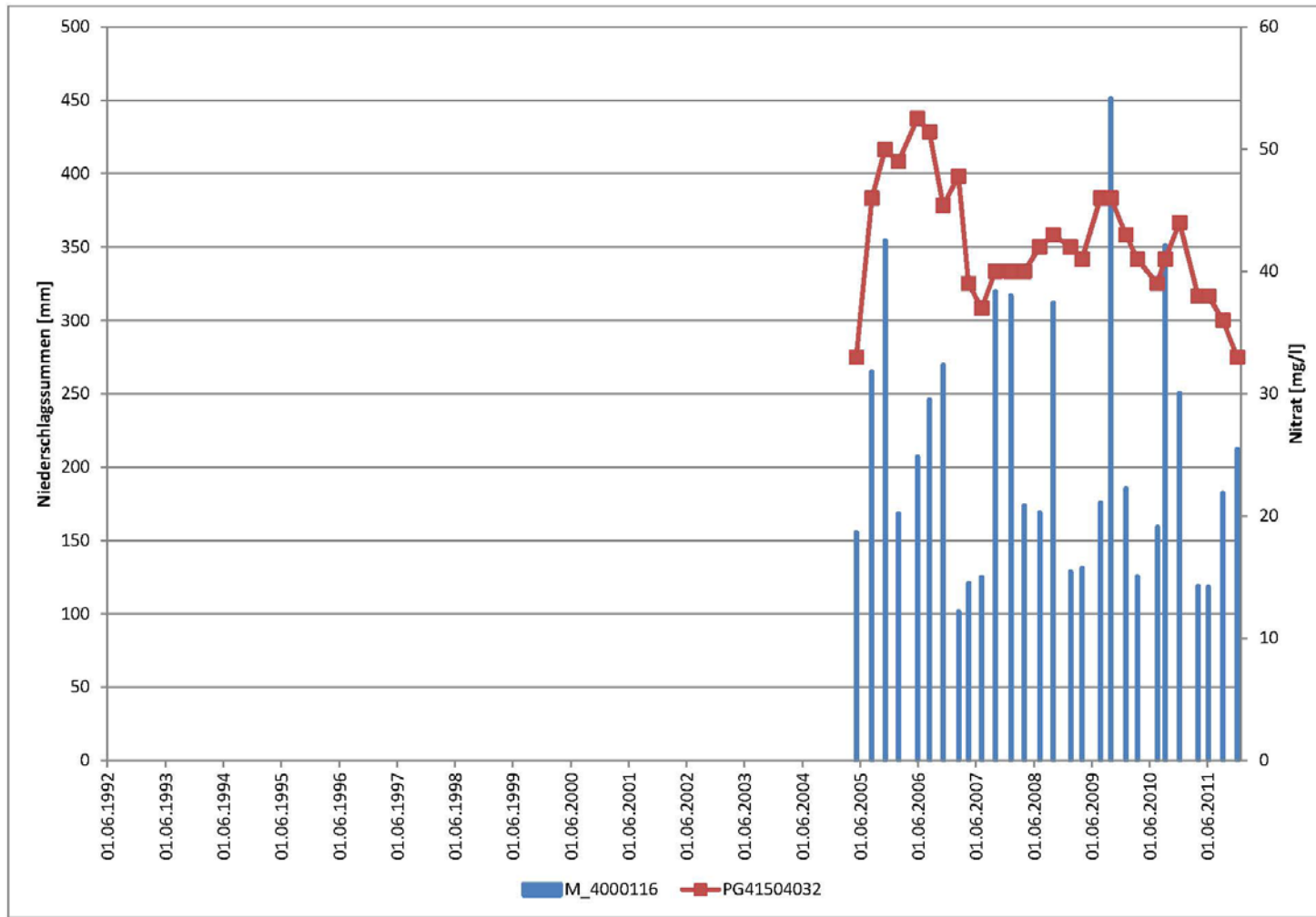


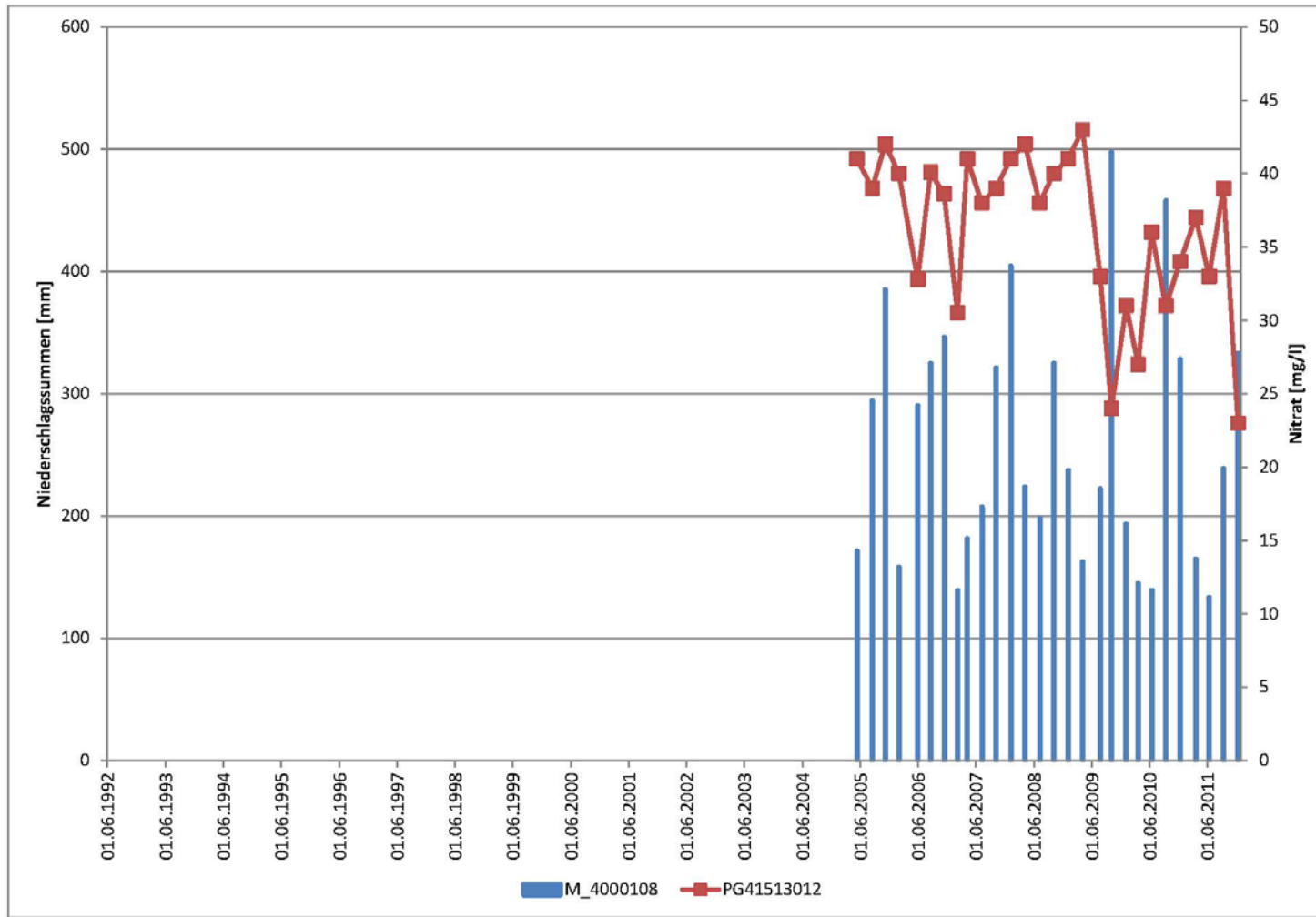


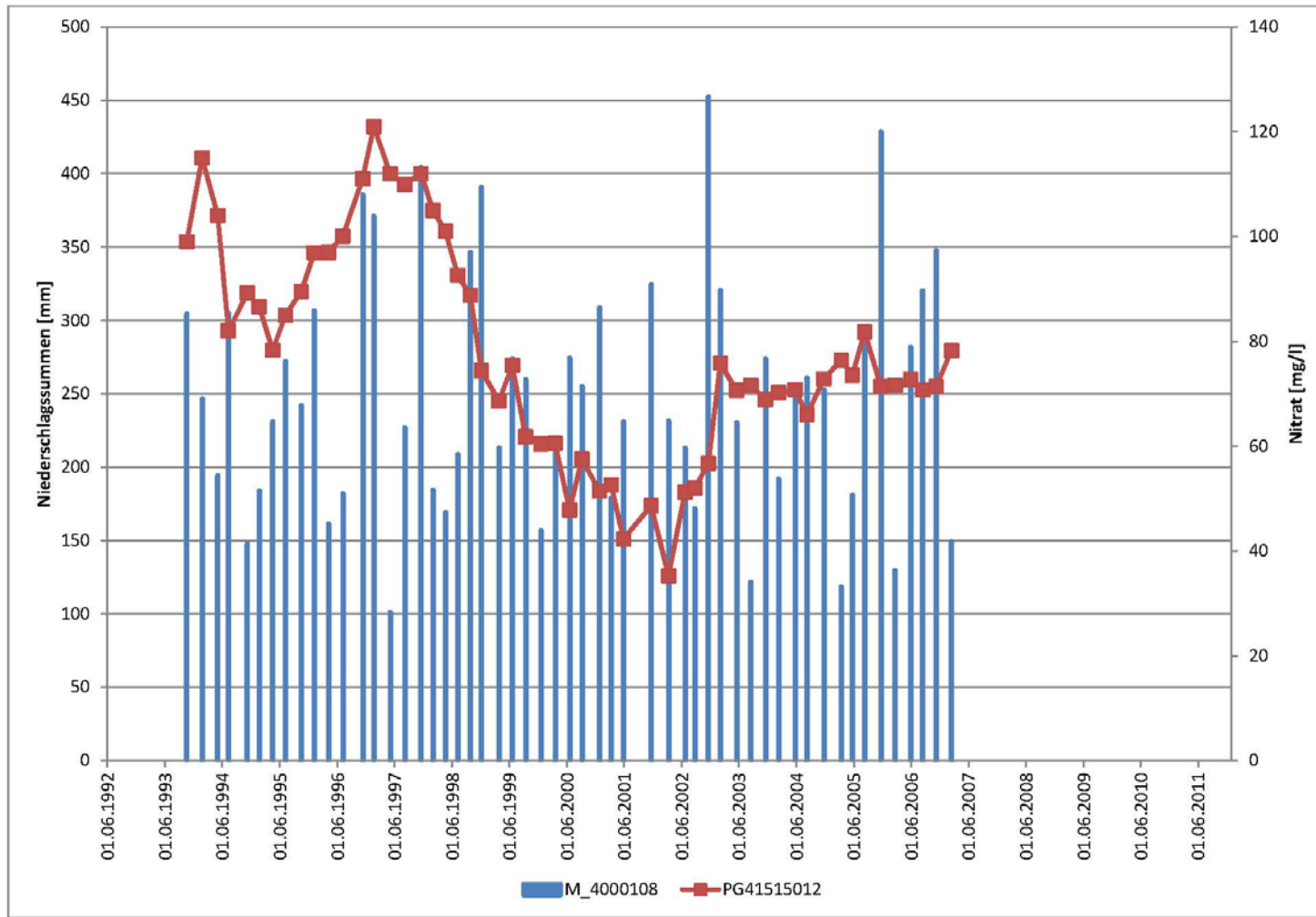


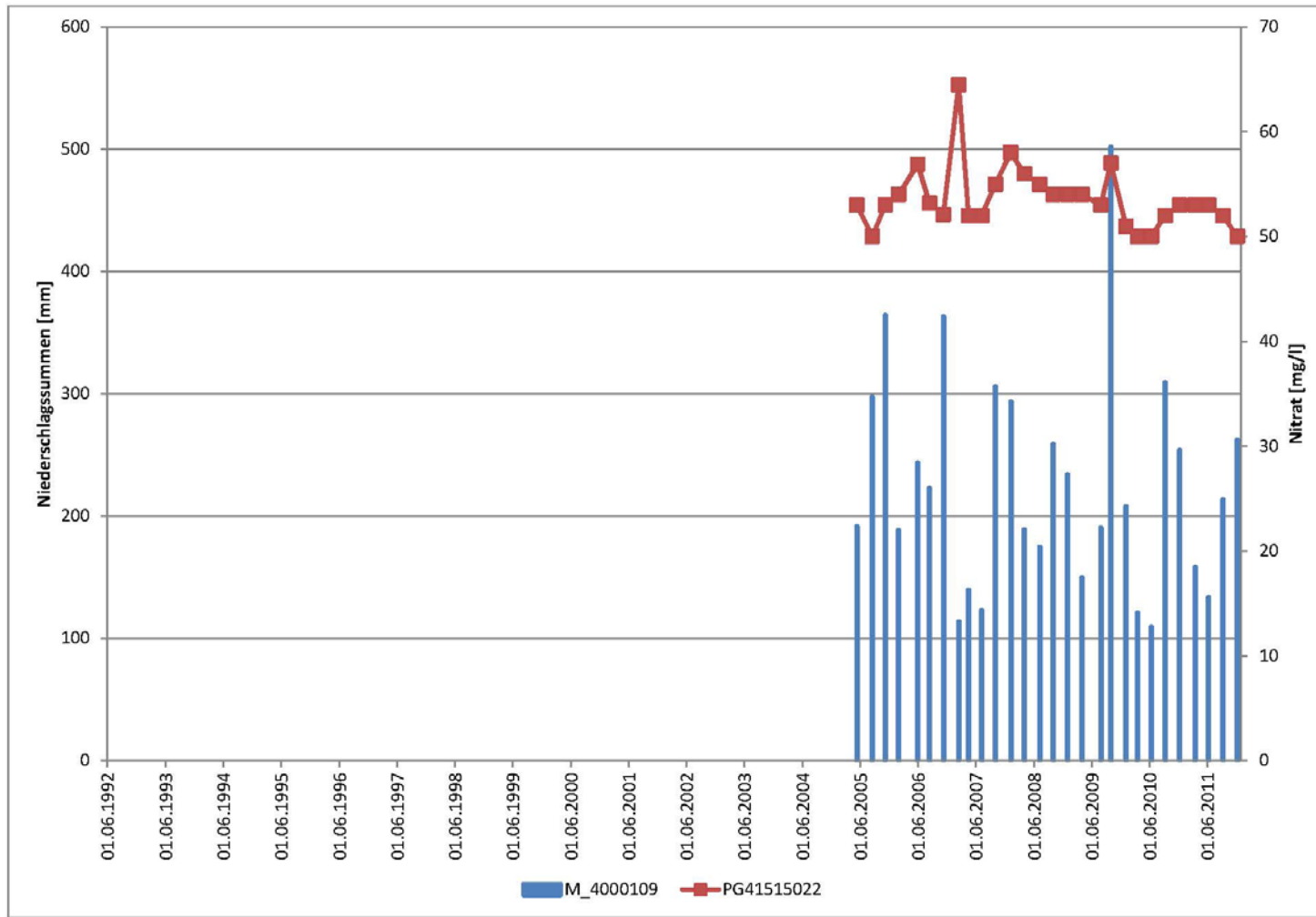


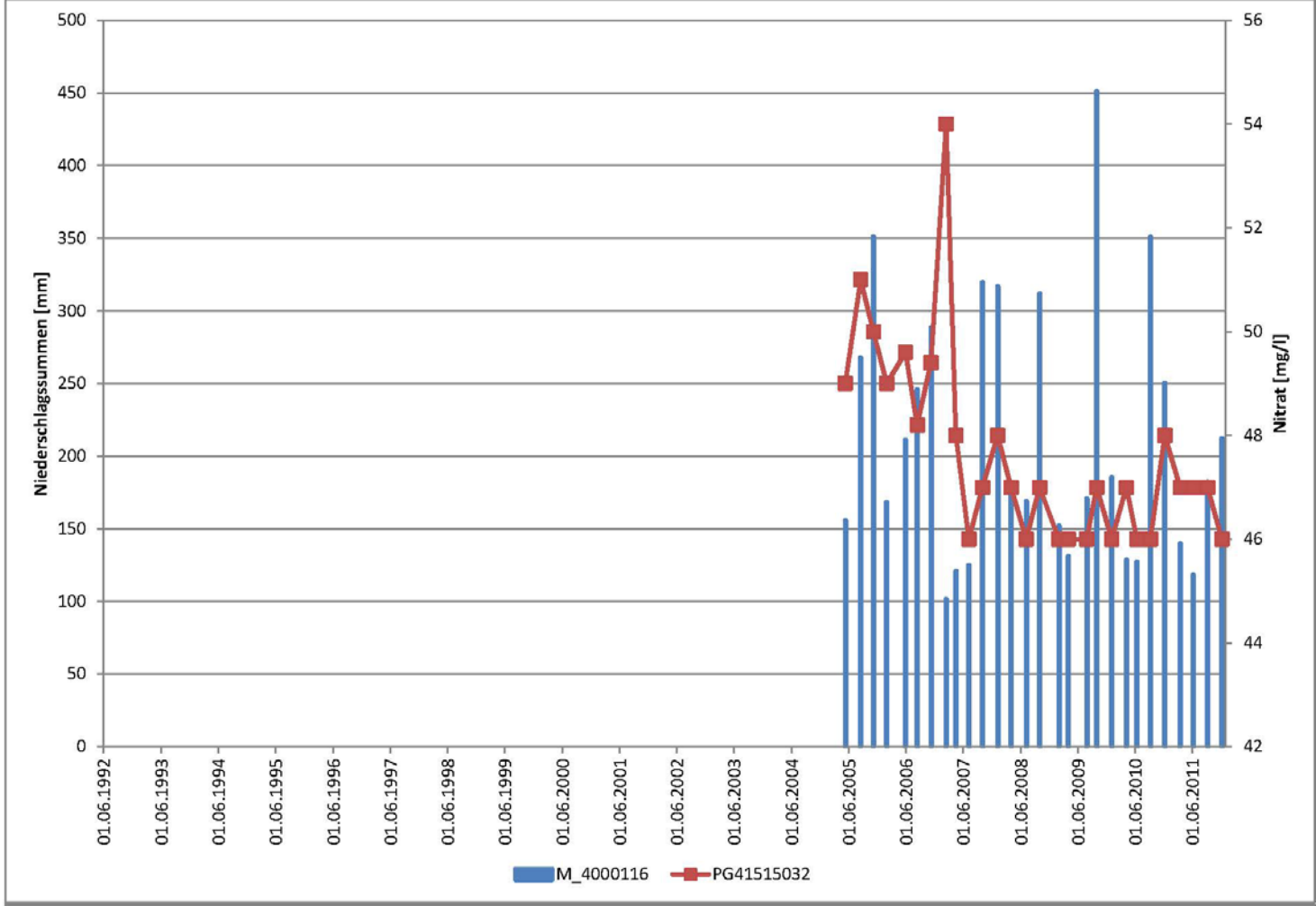


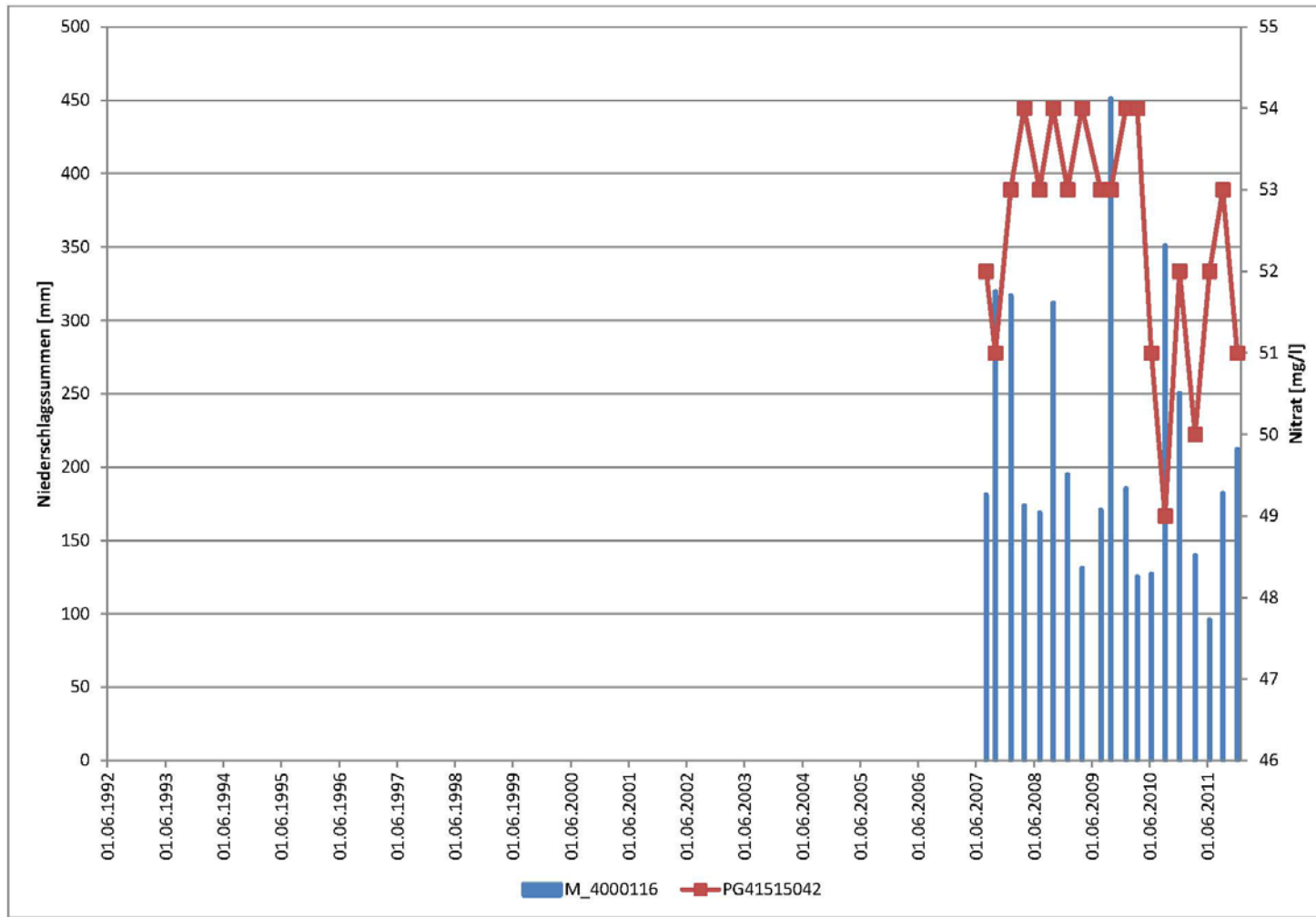


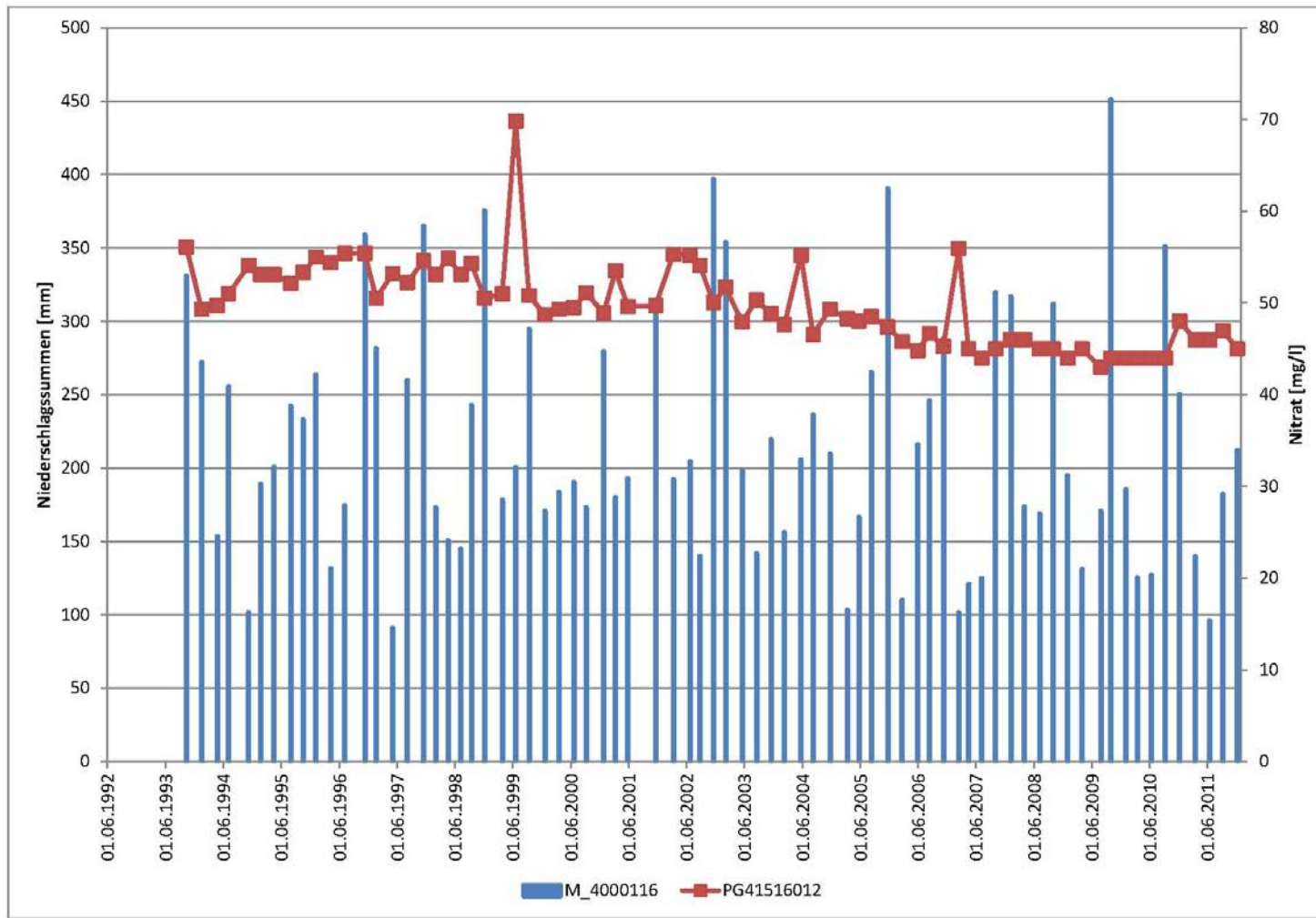


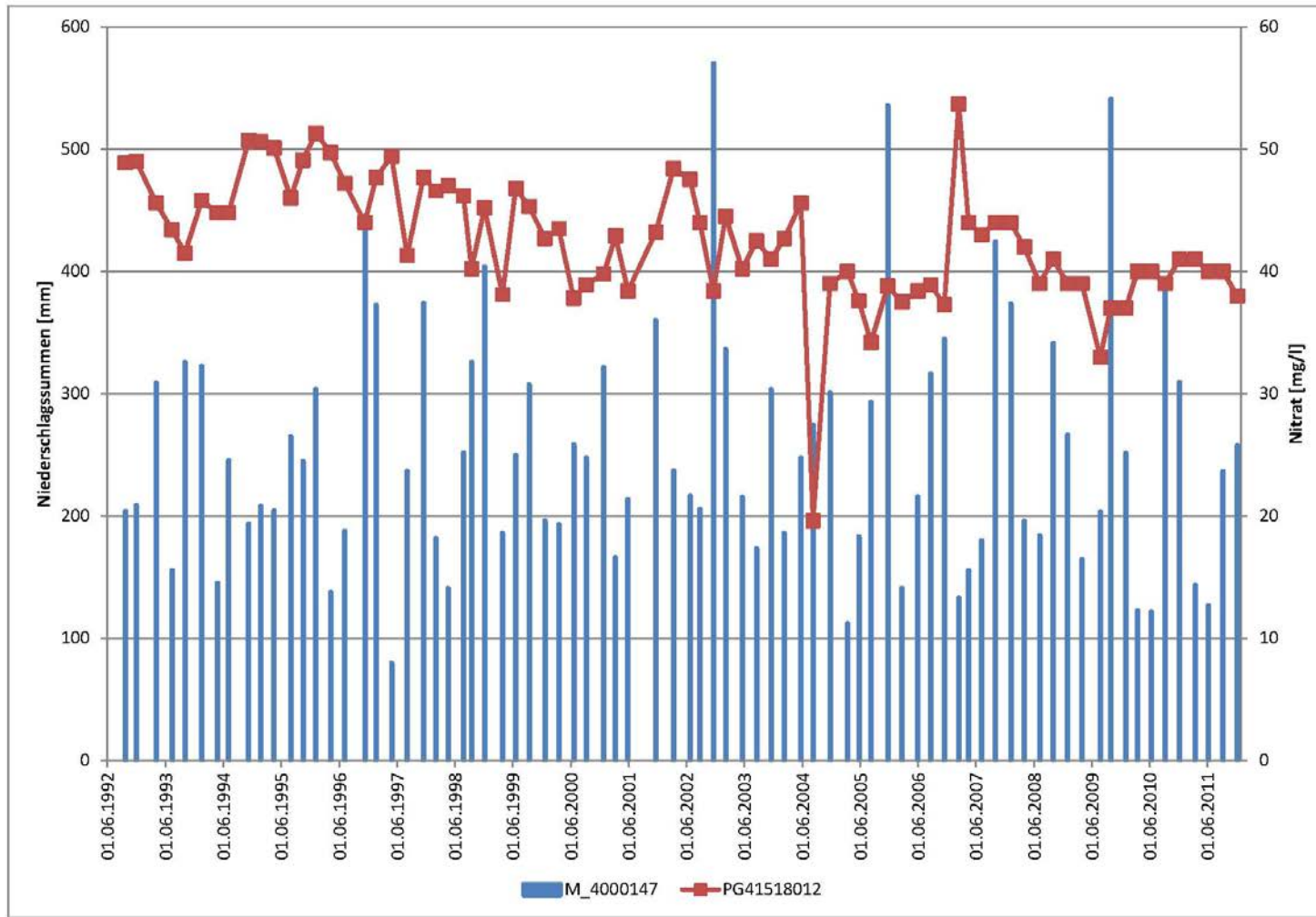


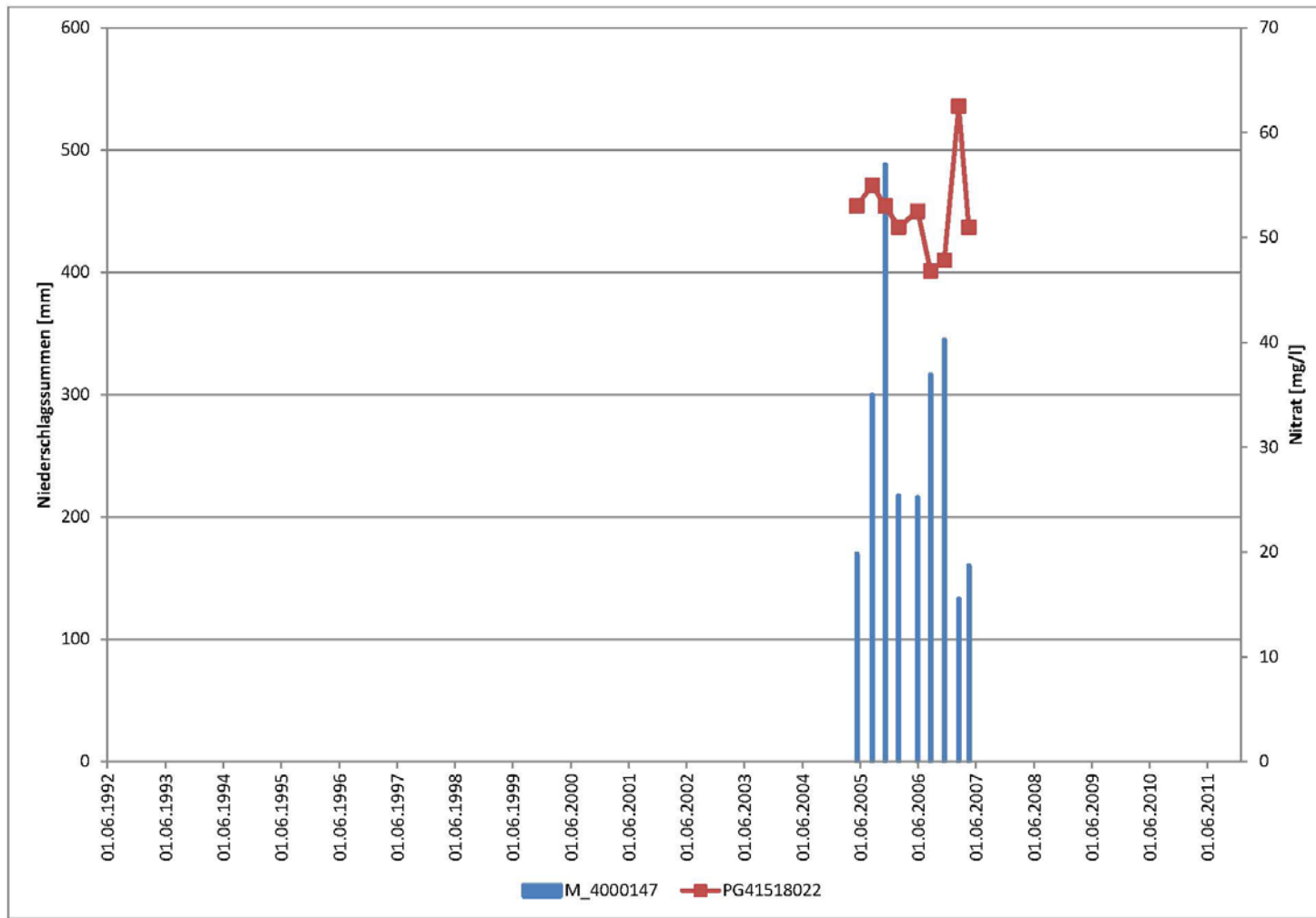


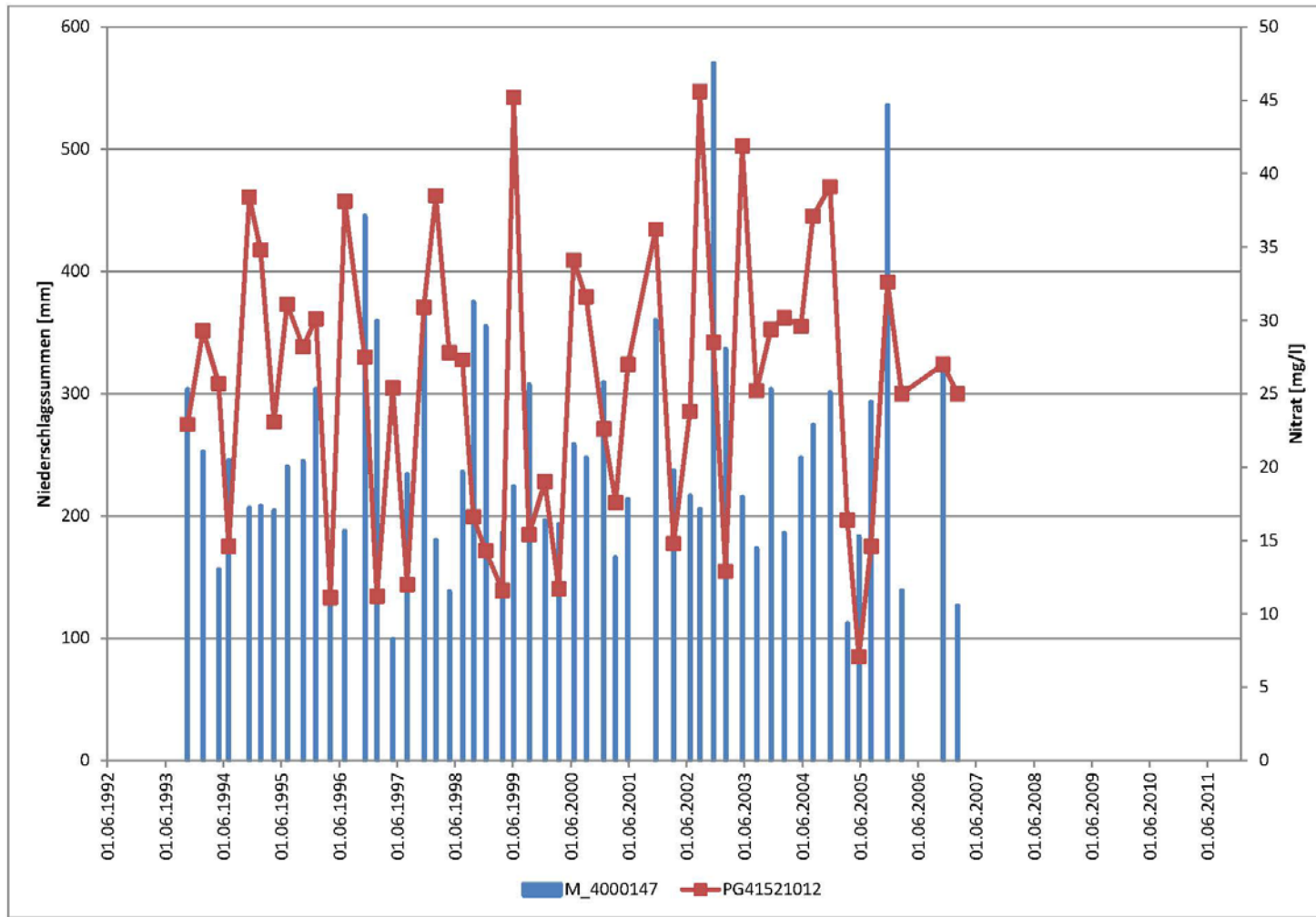


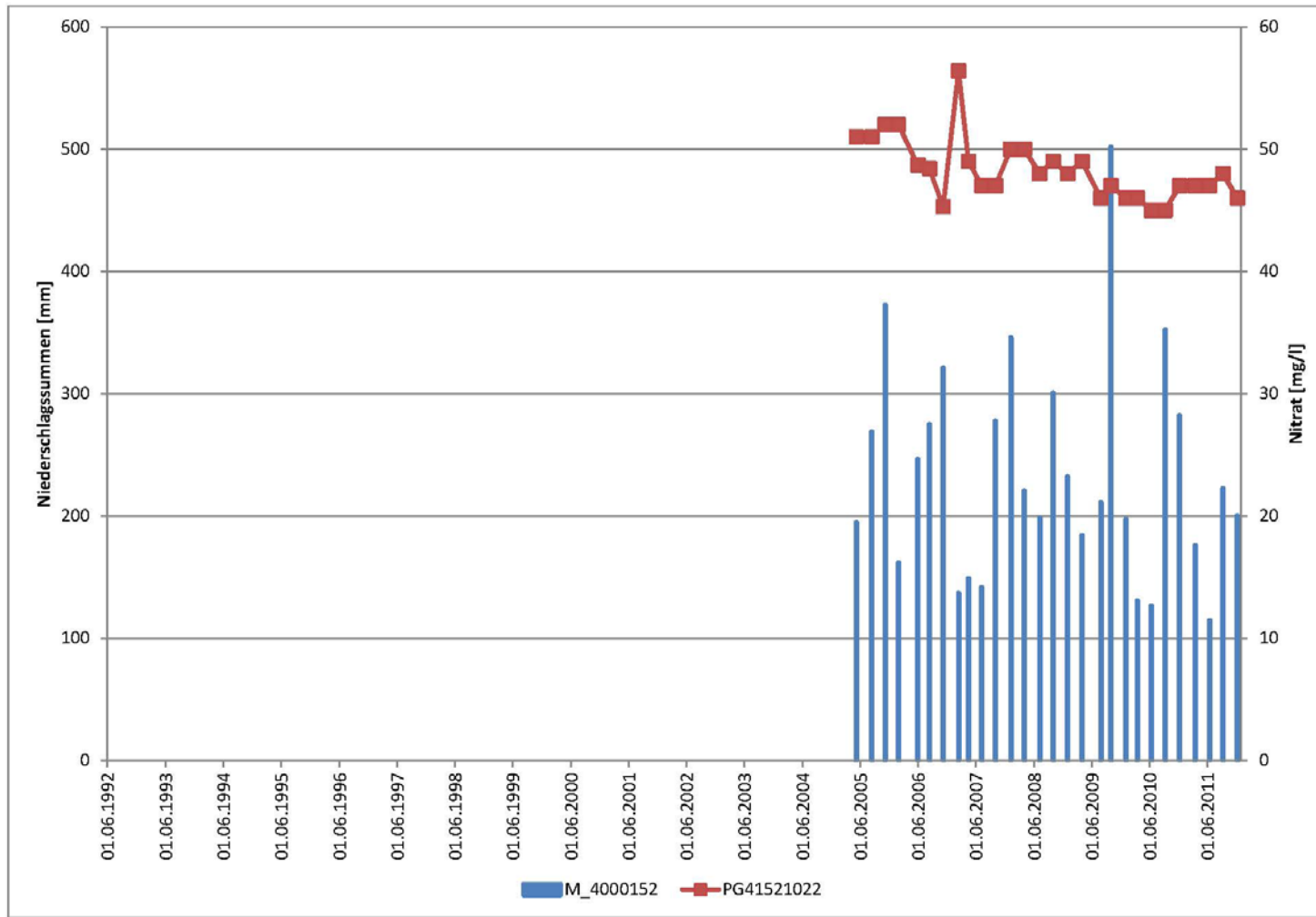


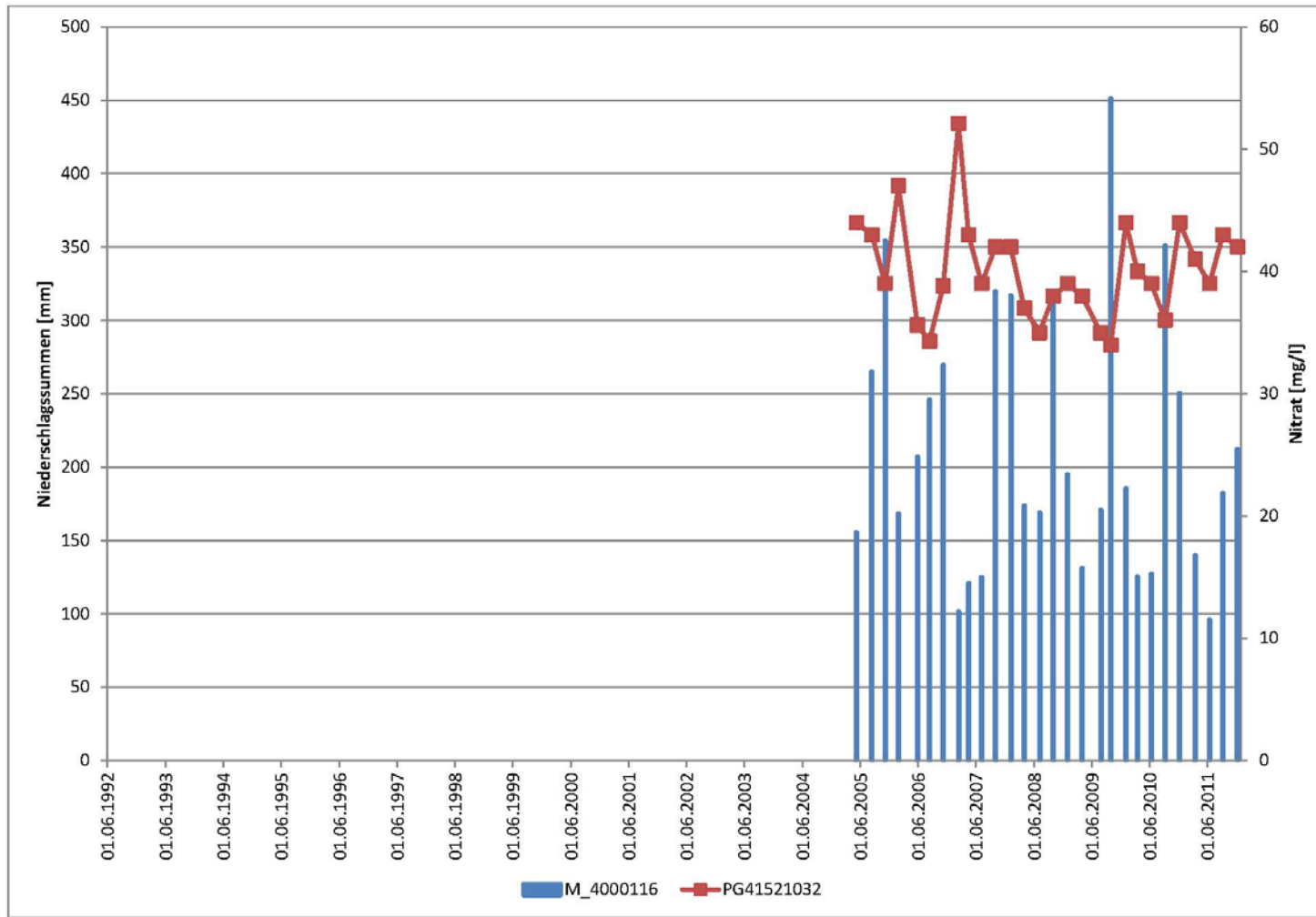


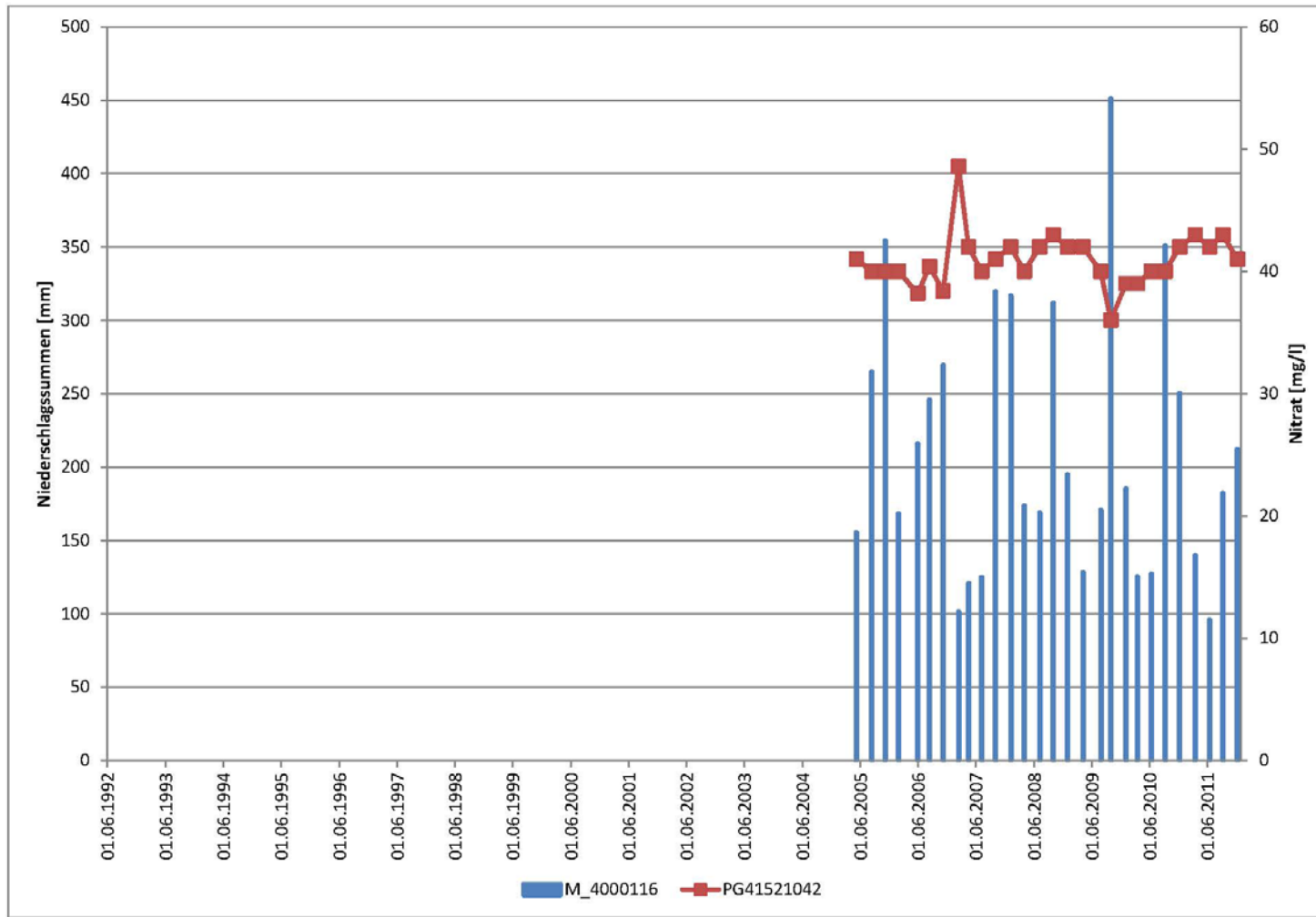


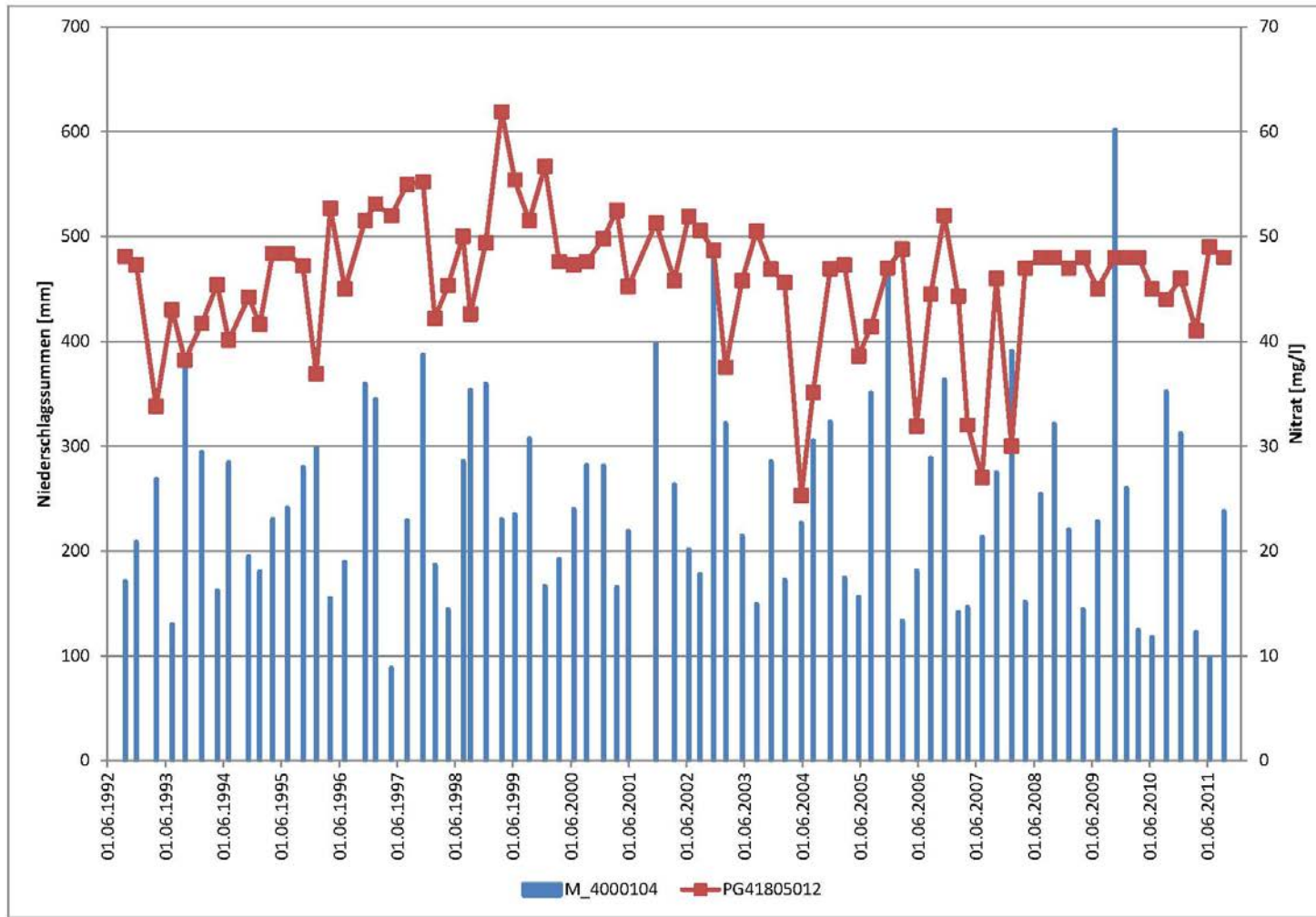


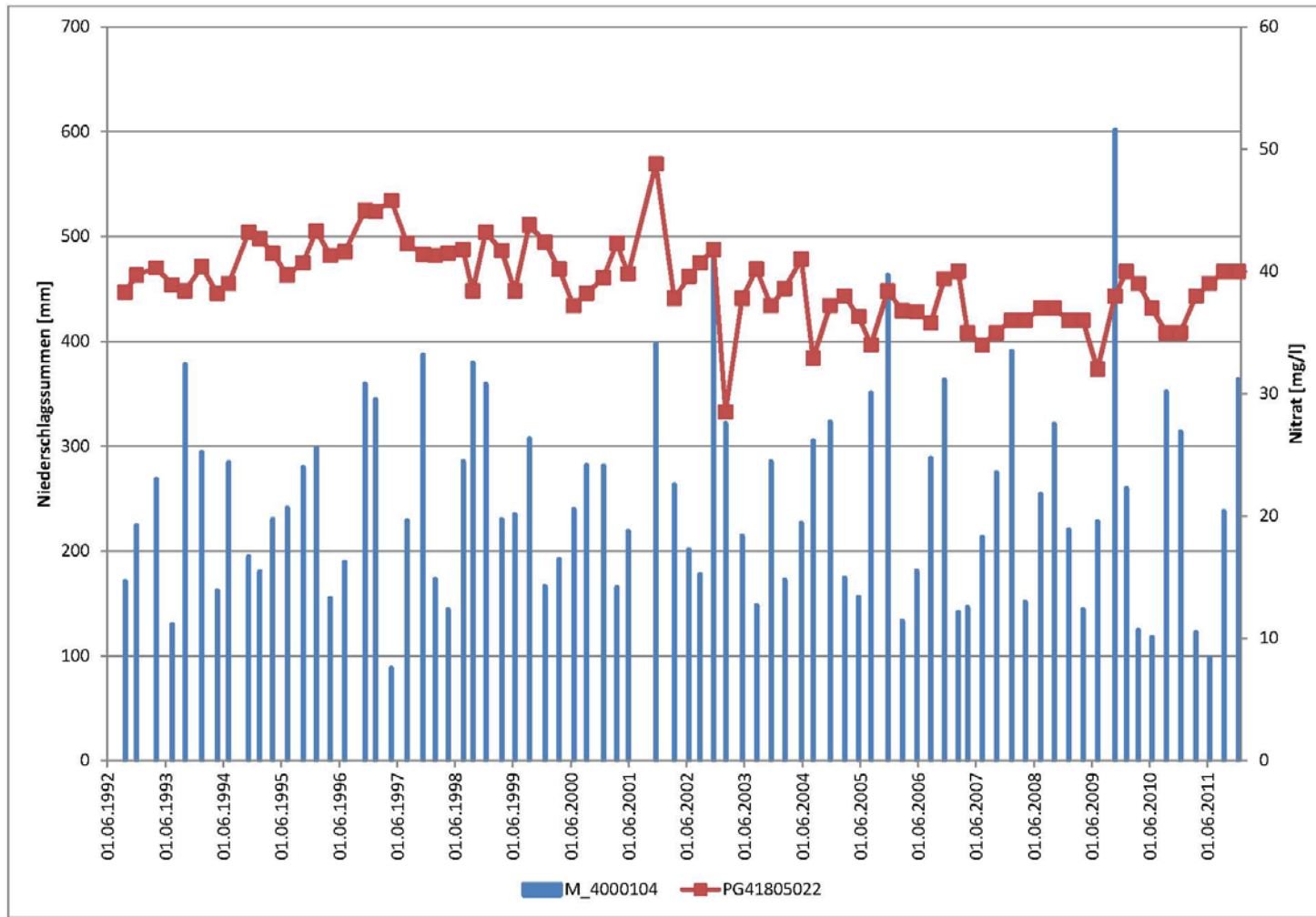


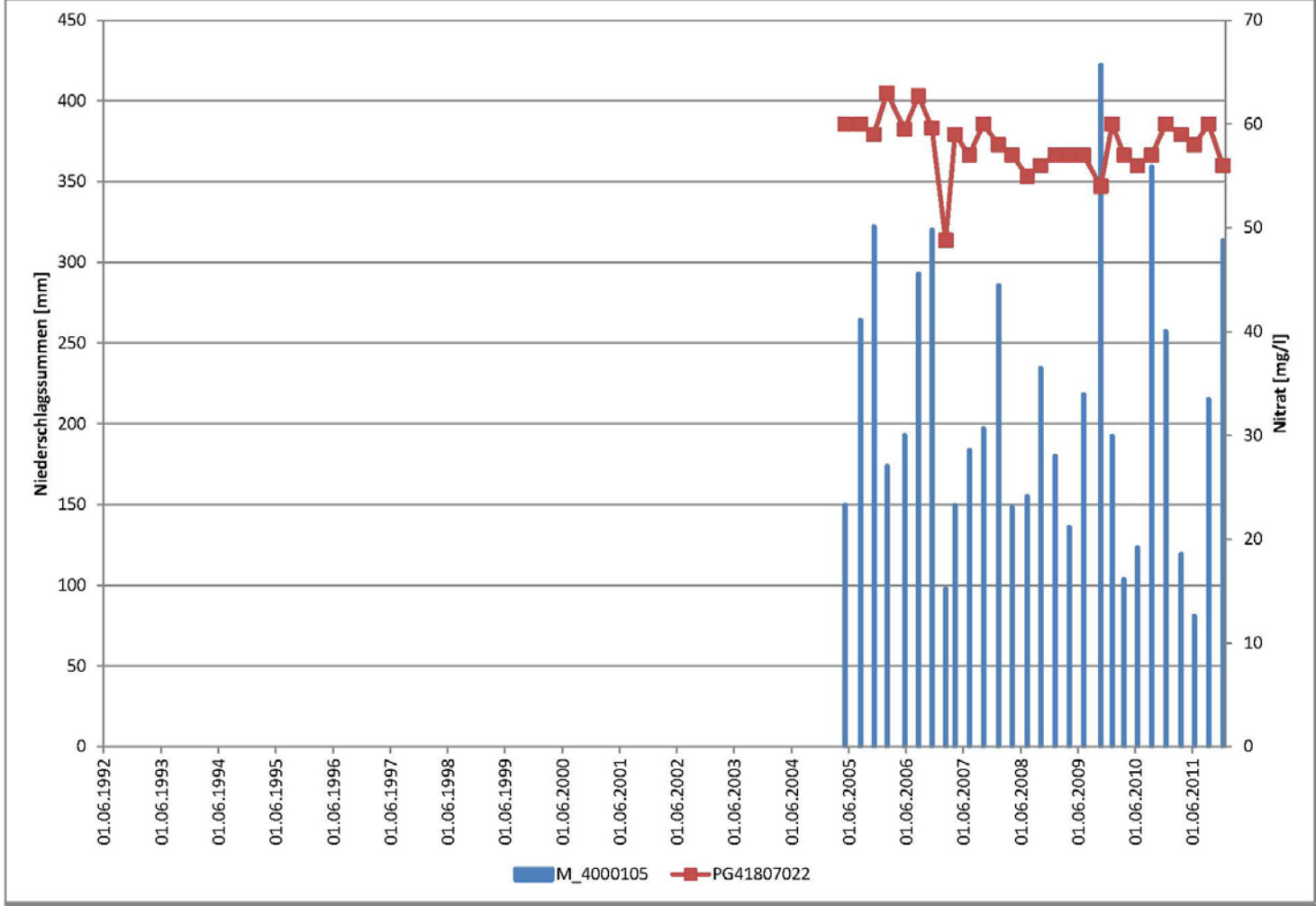


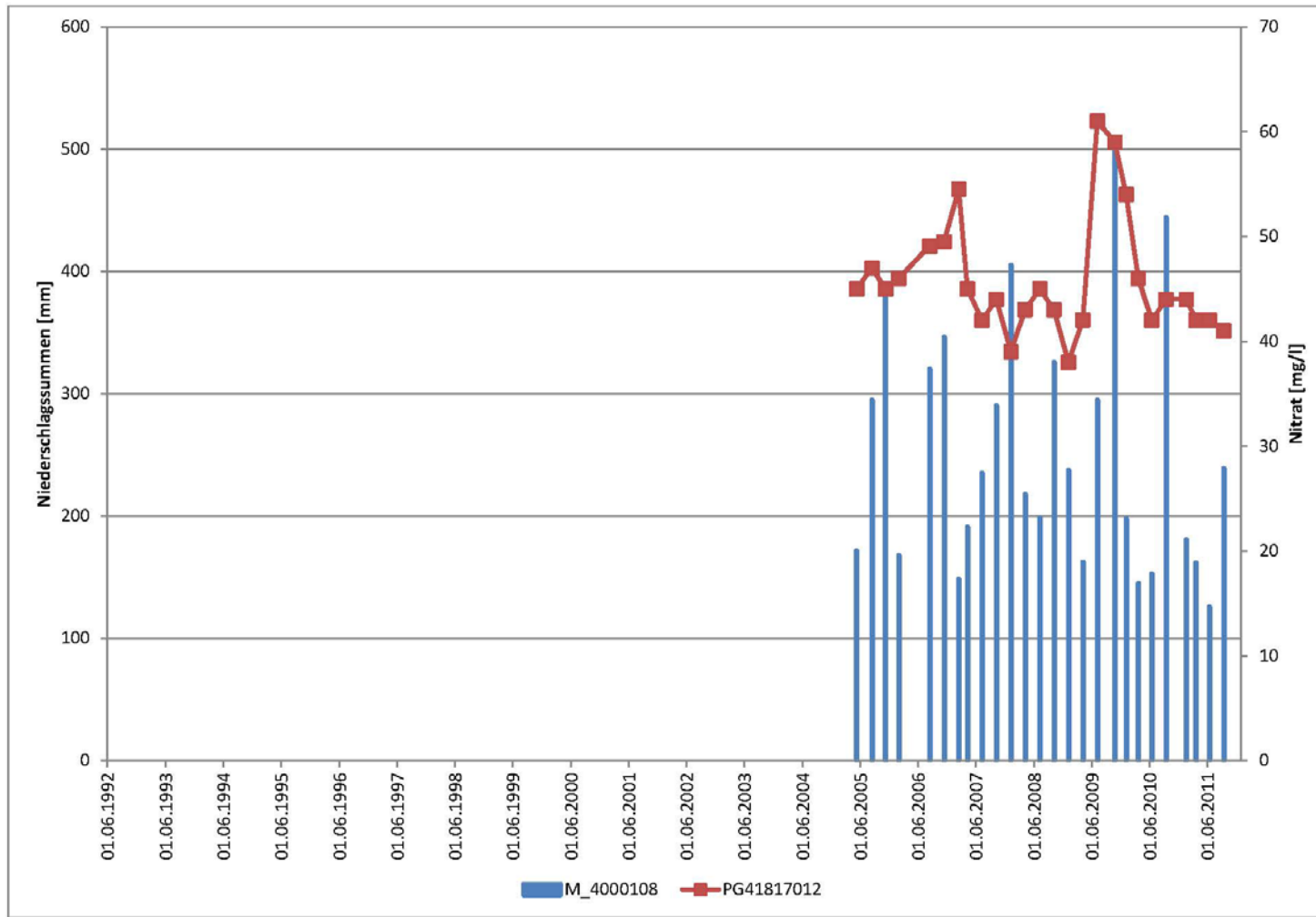


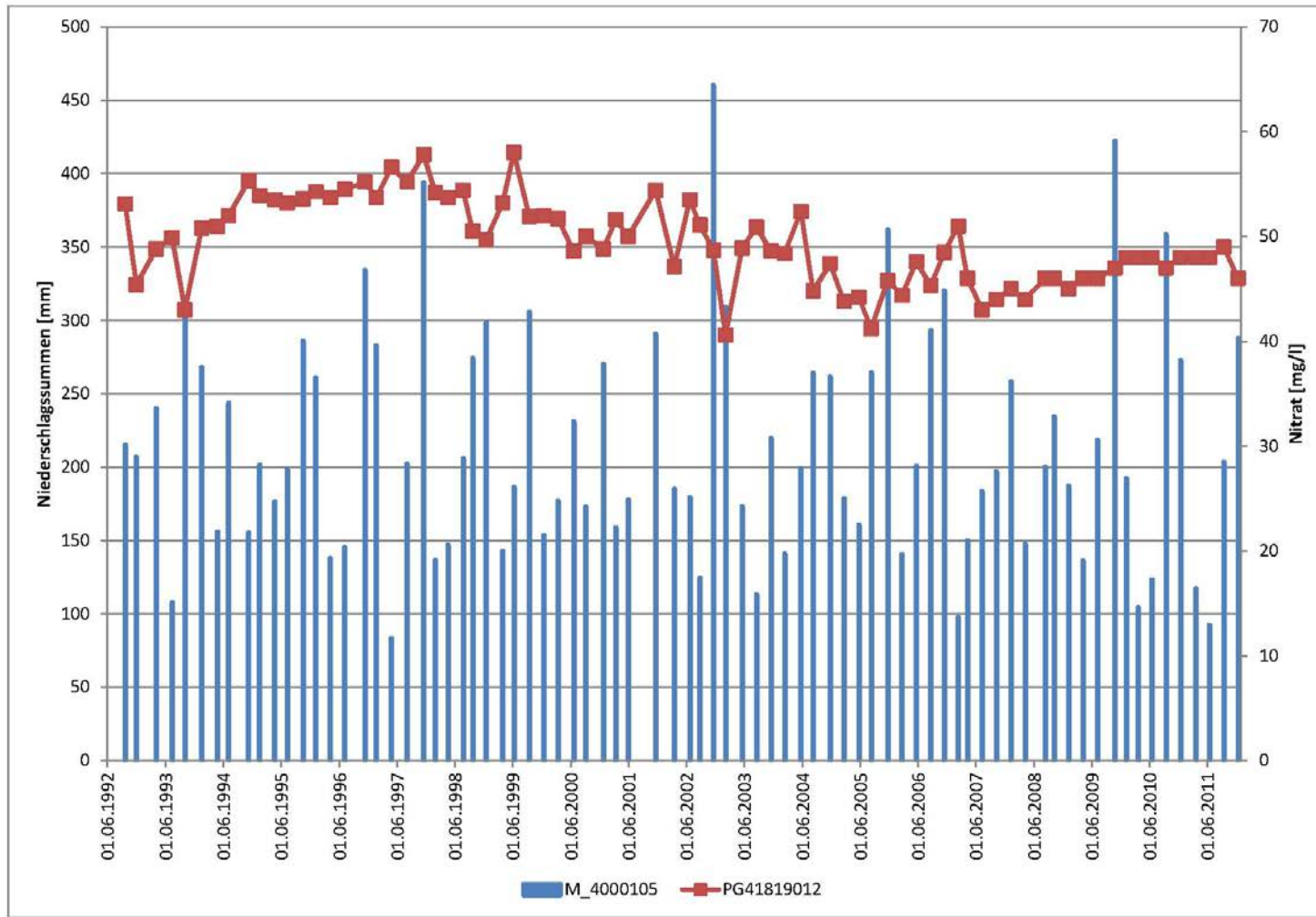


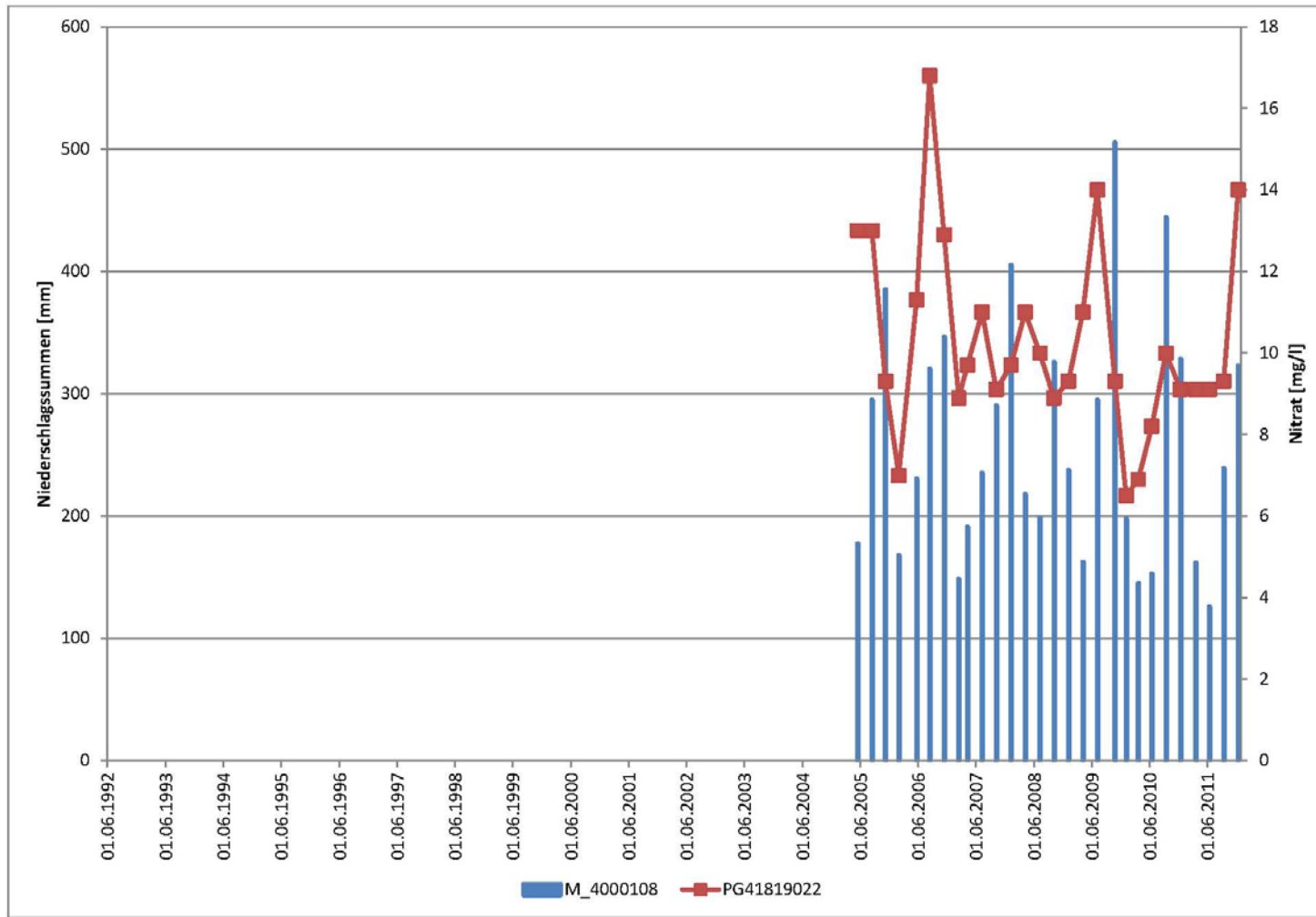


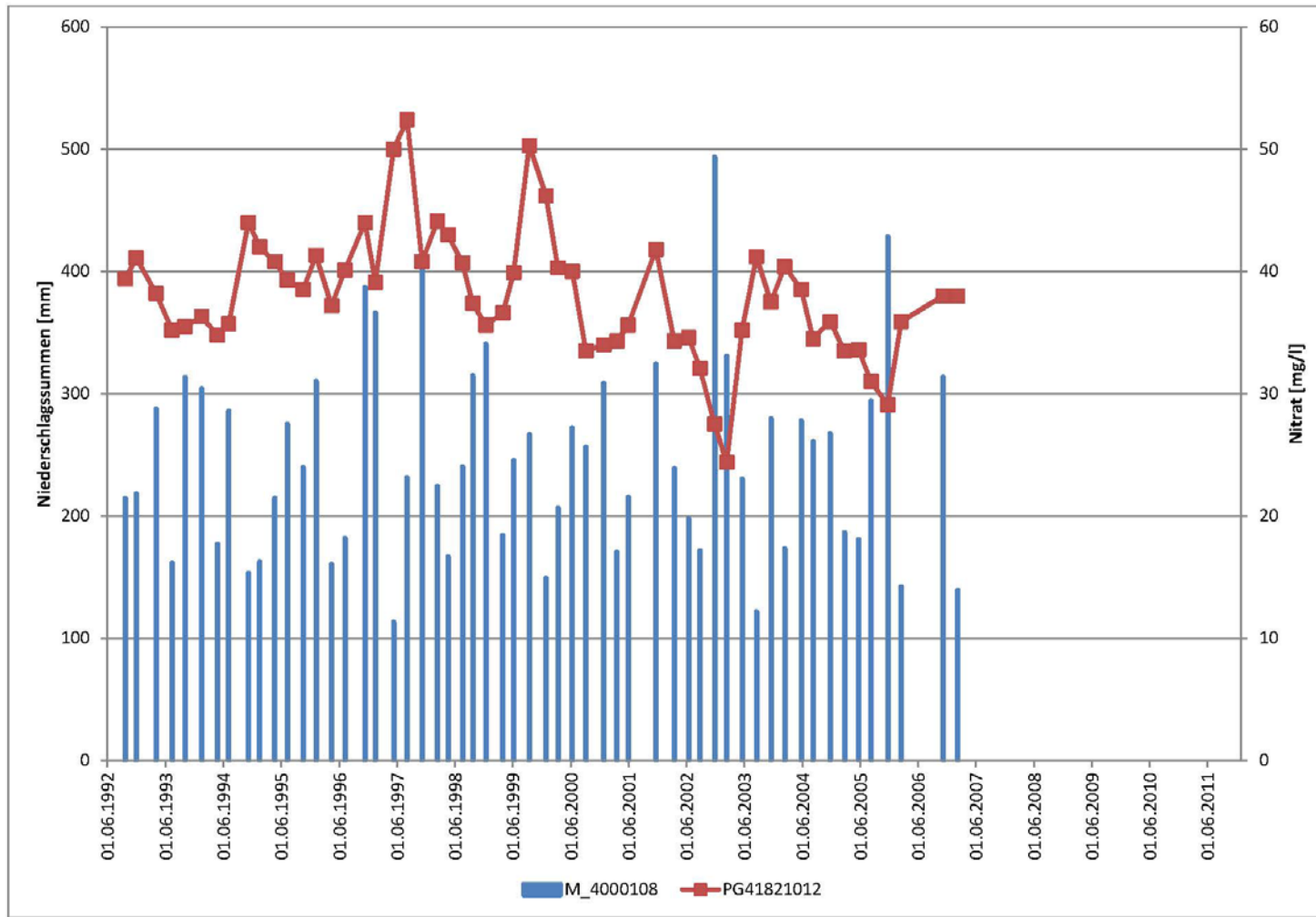


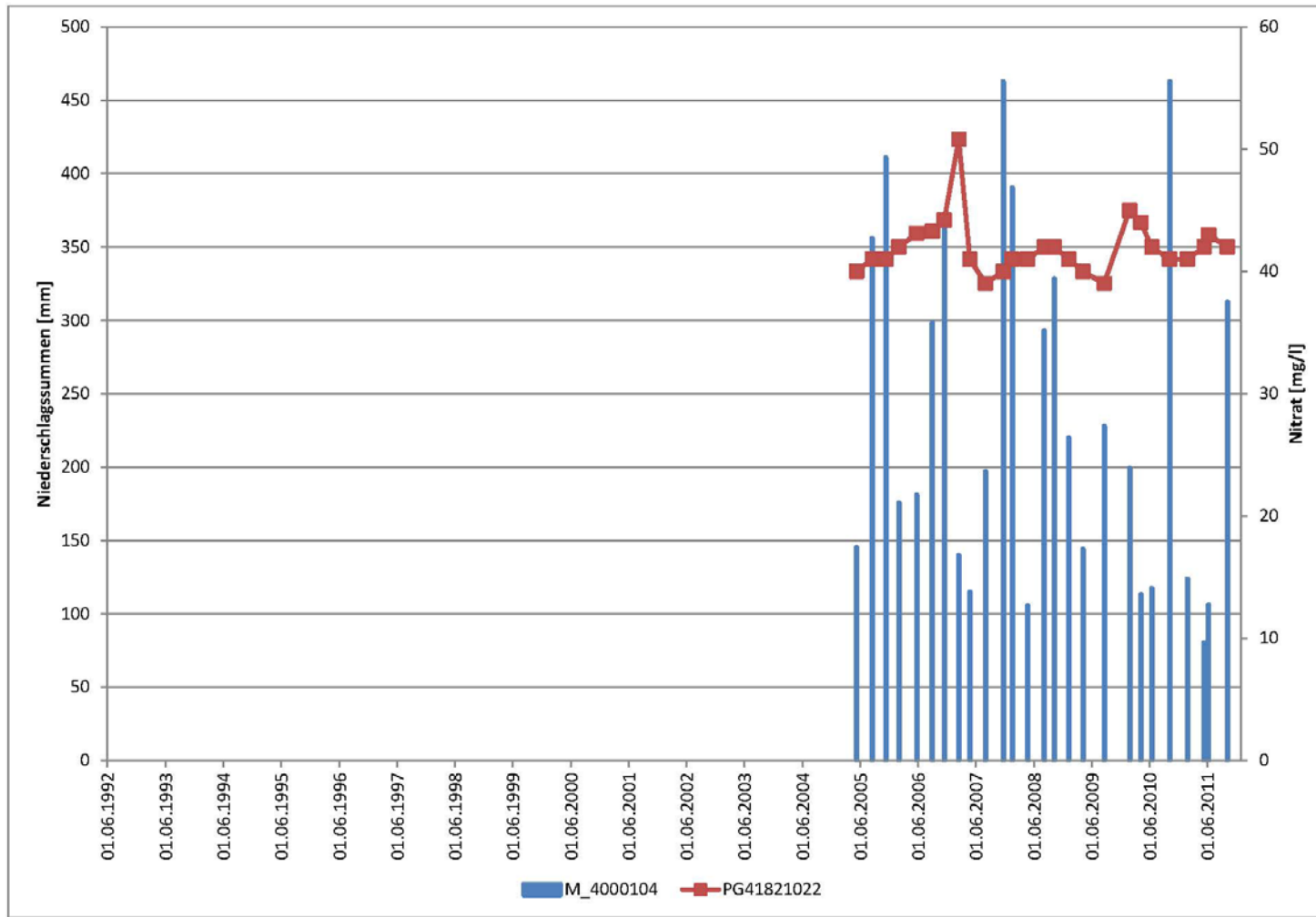


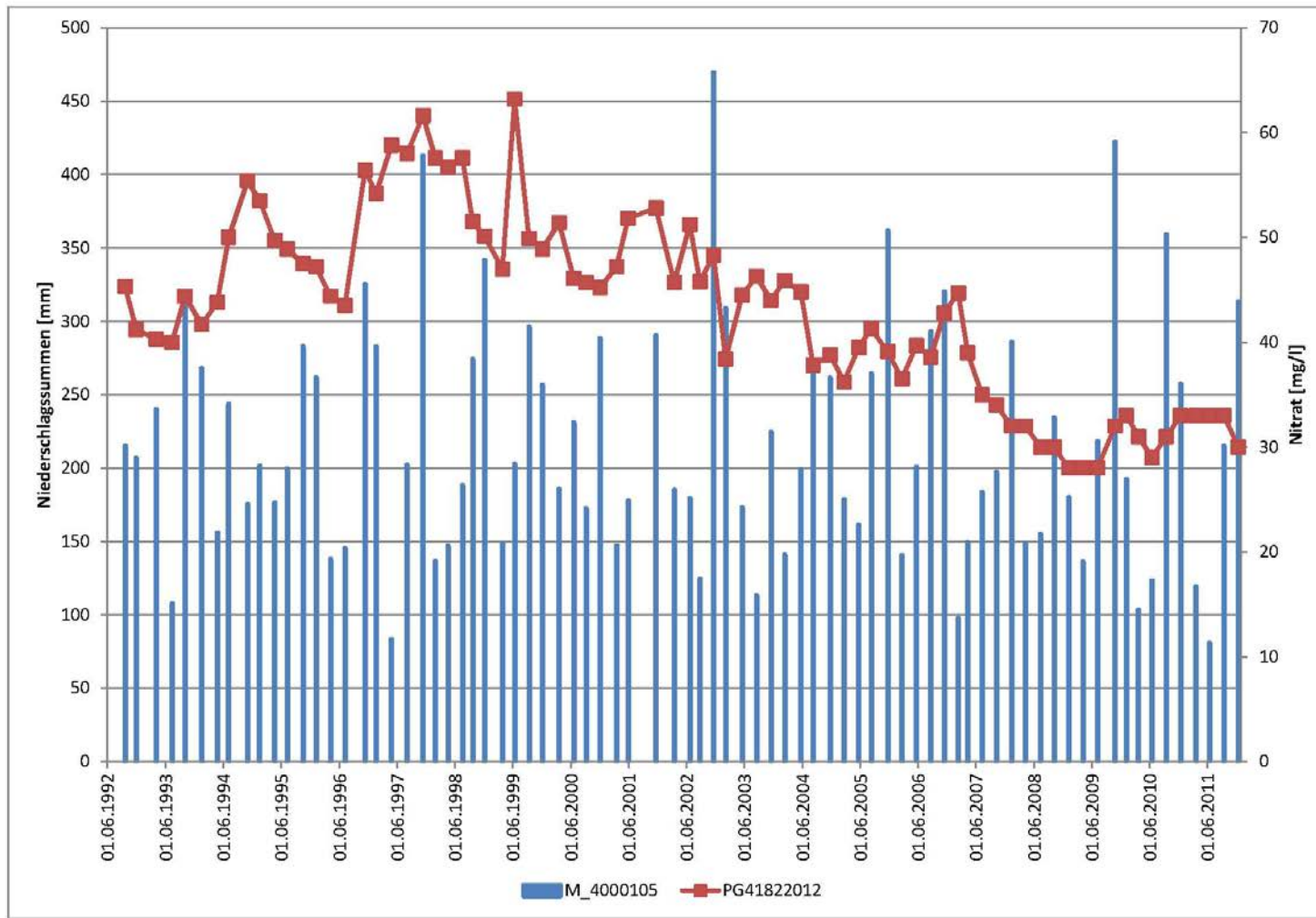


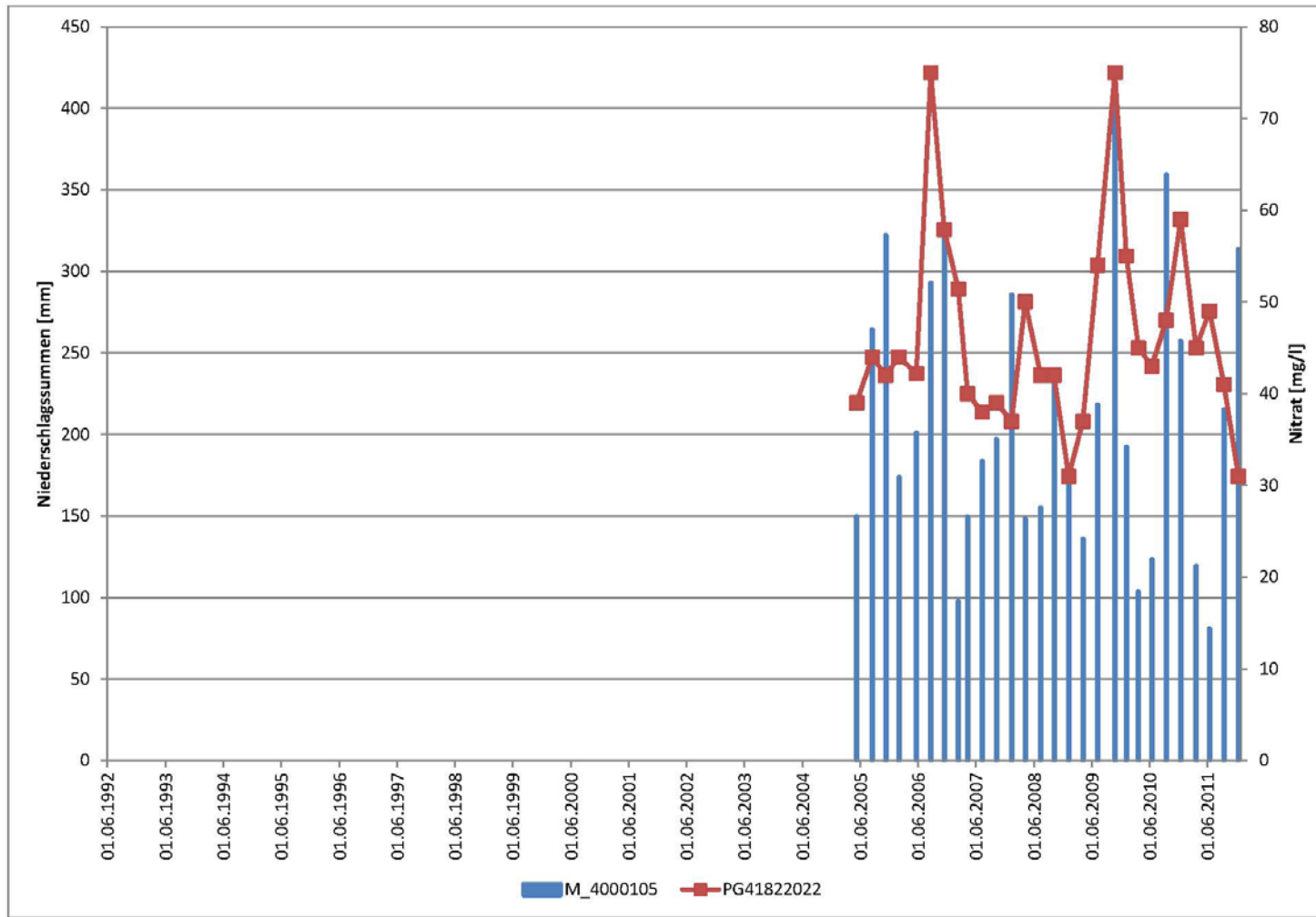


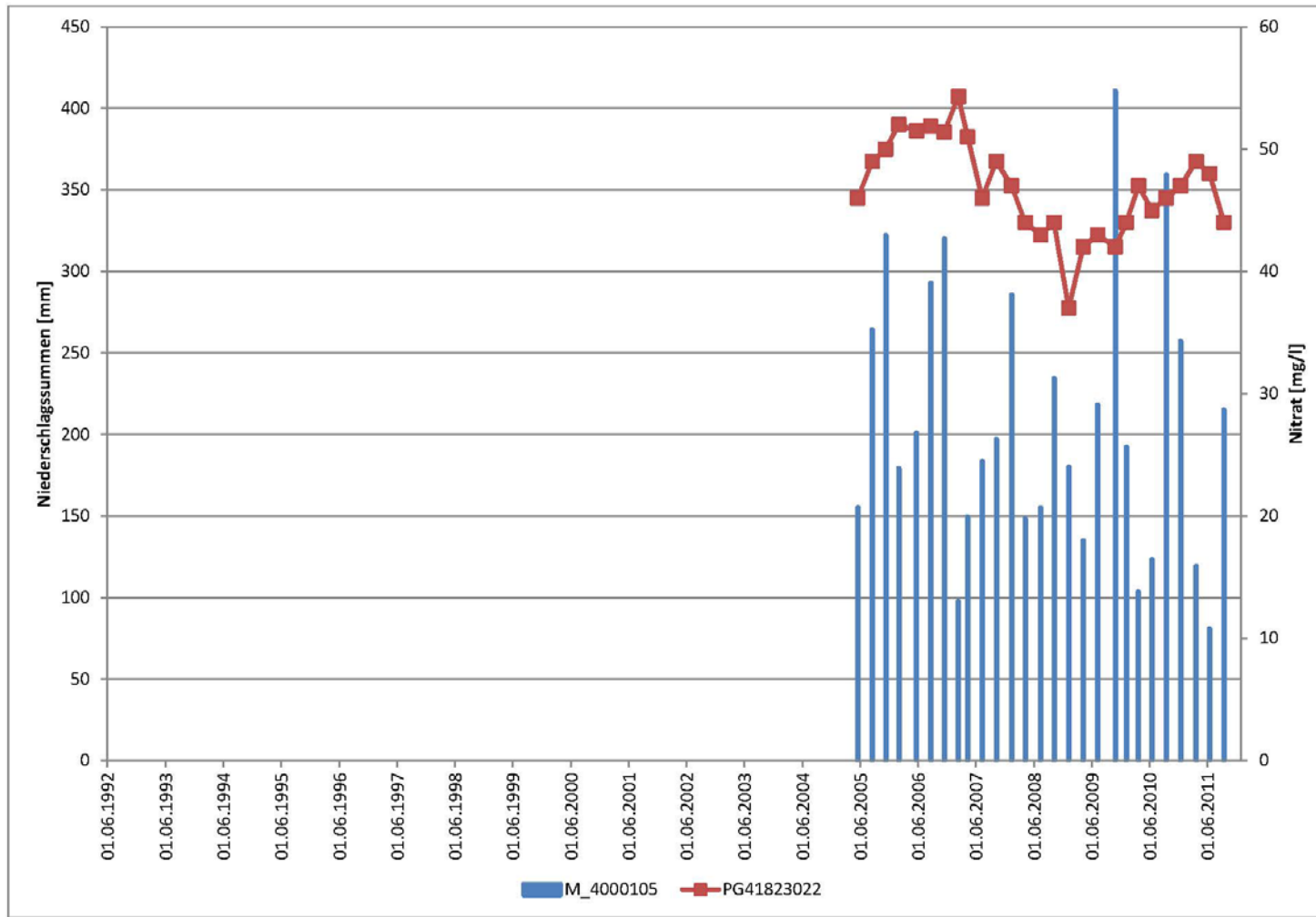


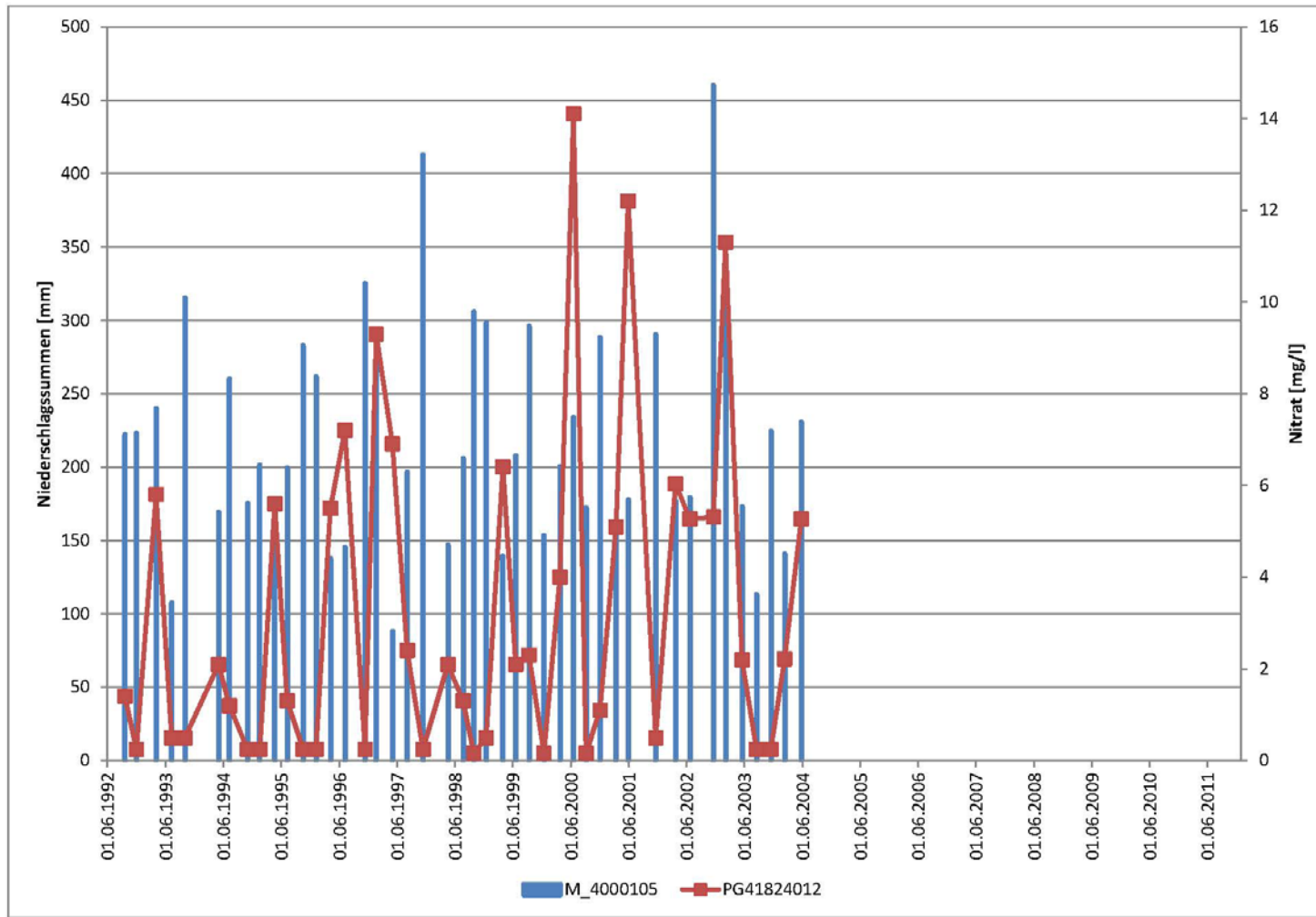


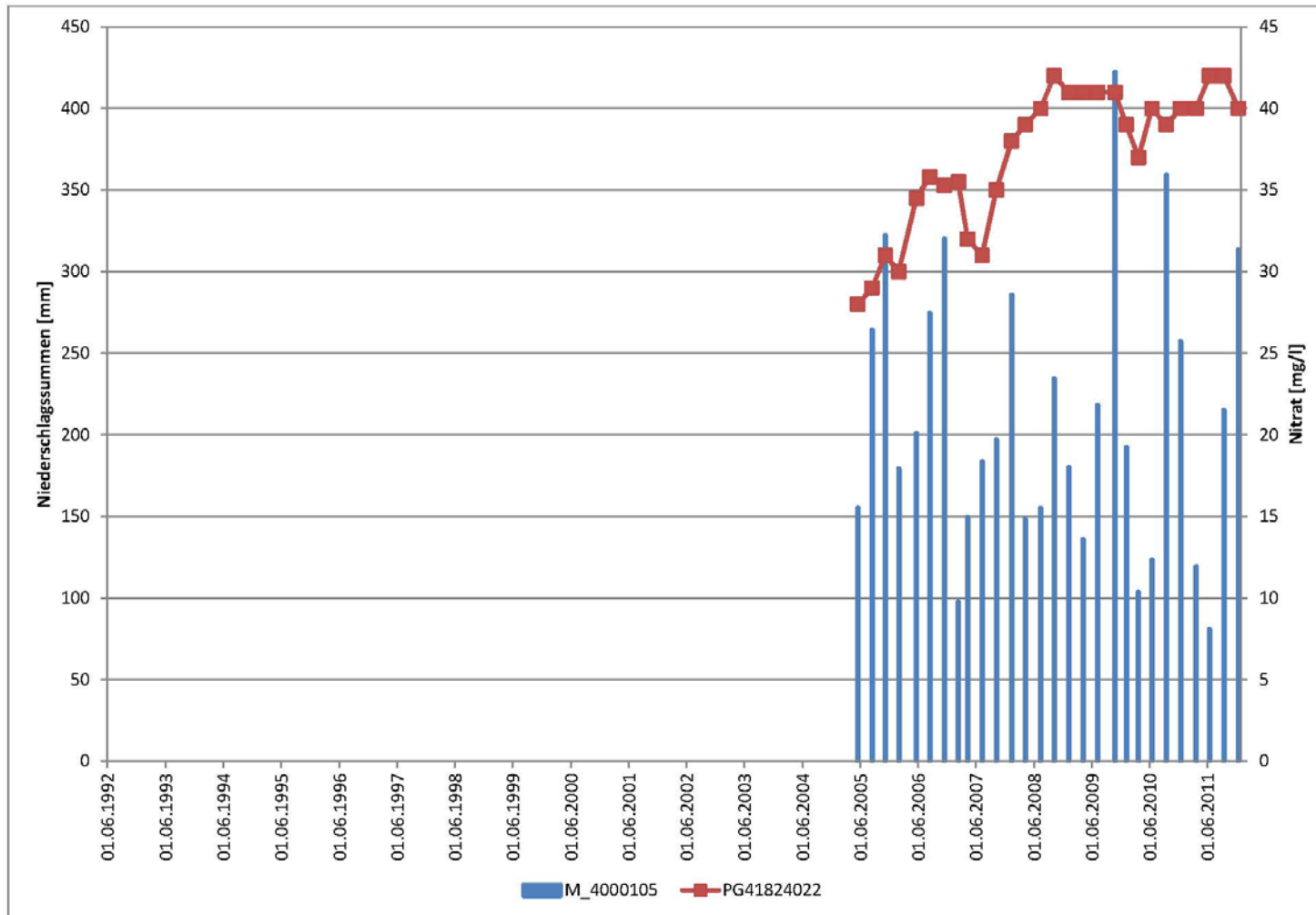






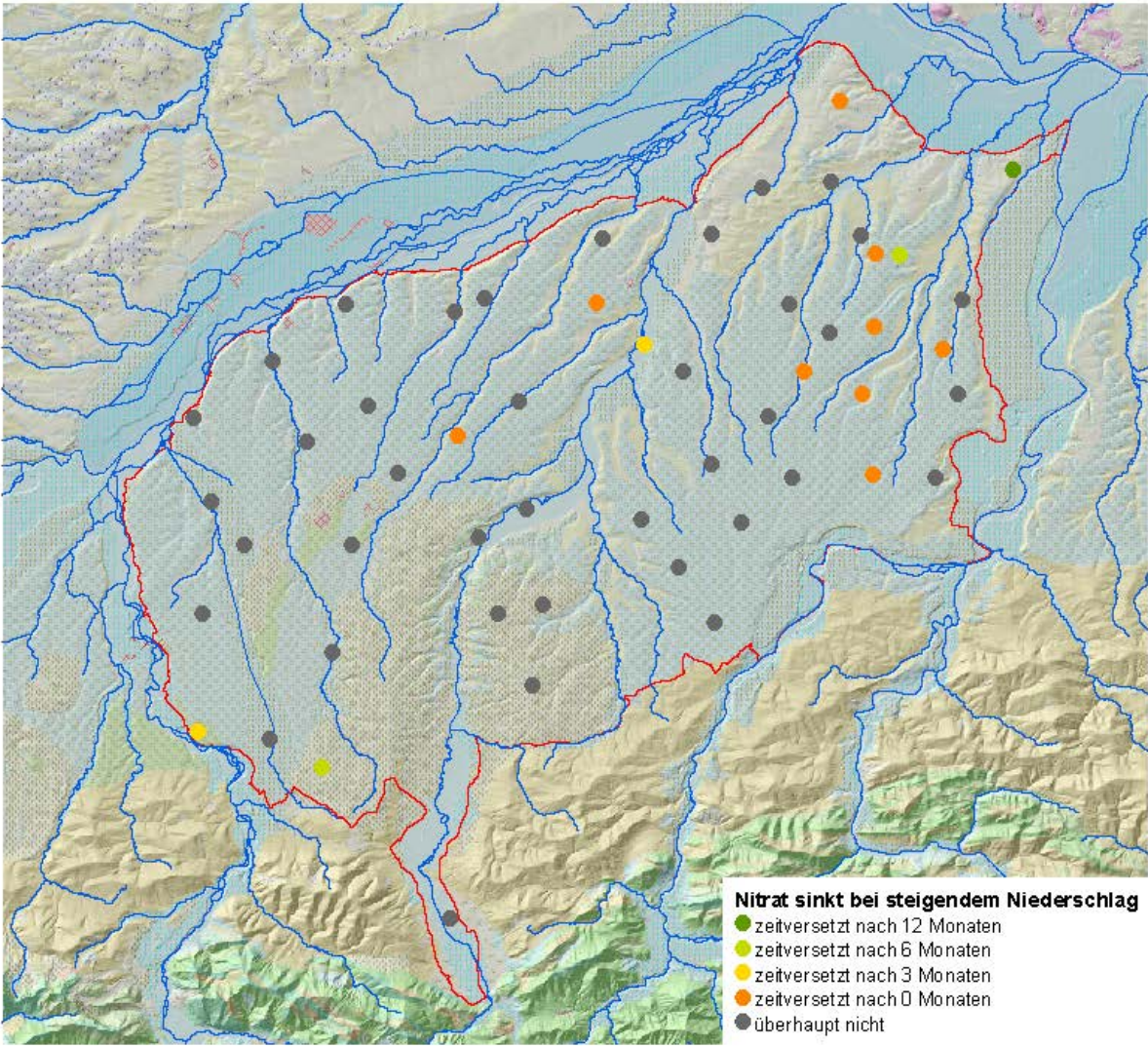


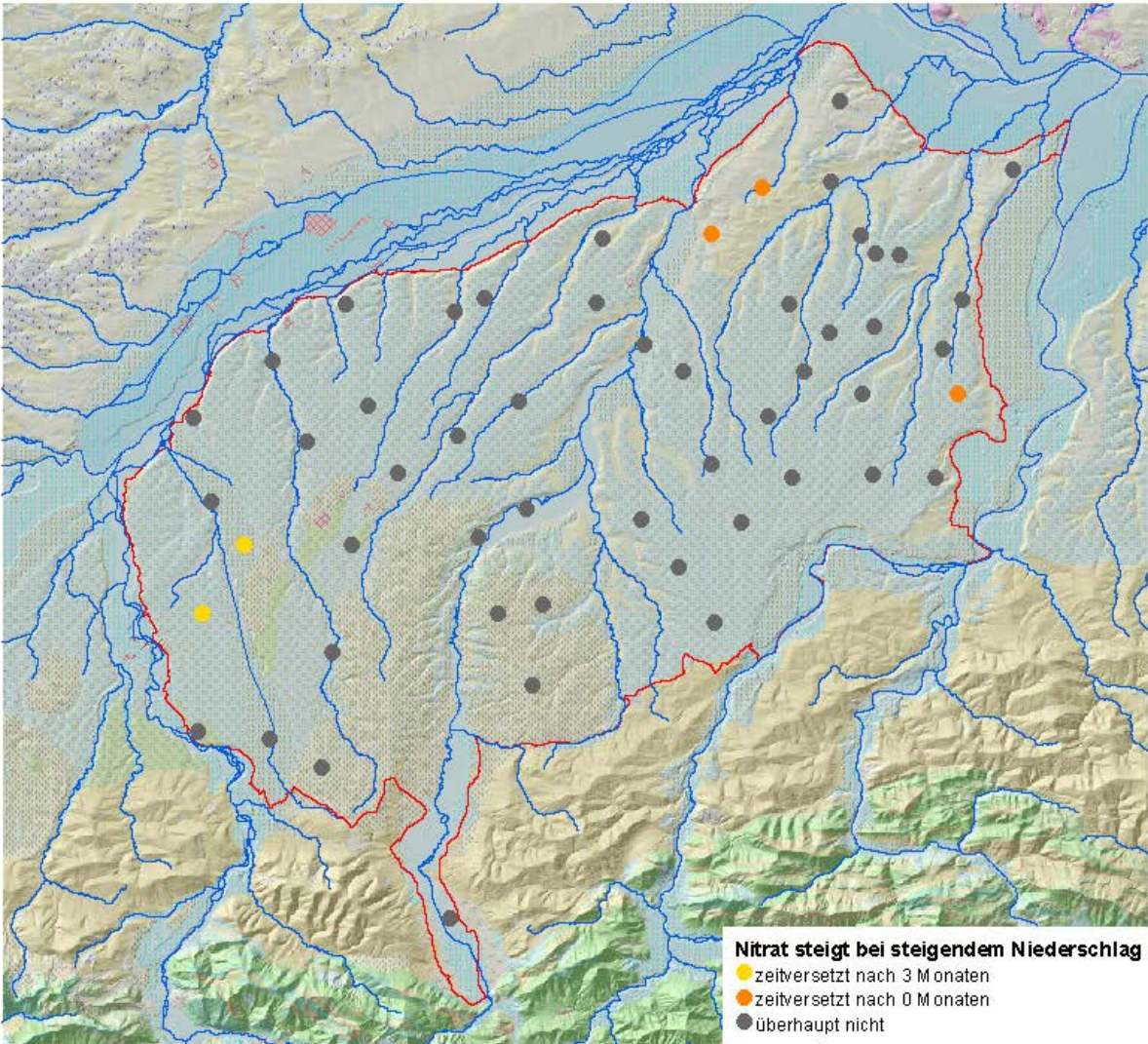




ANLAGE 2

Übersichtskarten der Messstellen und der Korrelationen zwischen Nitratgehalt und Niederschlag





ANLAGE 3

Korrelationsmatrix aller hydrochemischer Parameter

Korrelationen aller hydrochemischer Parameter

