

# Pestiziduntersuchungen

bei den Hauptmessstellen Furtbach  
Würenlos und Glatt vor Rhein im  
Jahr 2007



**Baudirektion  
Kanton Zürich**

AWEL Amt für  
Abfall, Wasser, Energie und Luft



Zürich, März 2008

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>METHODEN</b> .....	<b>2</b>
	<b>2.1 Messstellen</b> .....	<b>2</b>
	<b>2.2 Probenahmen</b> .....	<b>3</b>
	<b>2.3 Analytik</b> .....	<b>3</b>
	<b>2.4 Qualitätssicherung</b> .....	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>RESULTATE UND DISKUSSION</b> .....	<b>5</b>
	<b>3.1 Konzentrationen der untersuchten Pestizide</b> .....	<b>5</b>
	<b>3.2 Pestizidkonzentrationen in Abhängigkeit zur Saisonalität und zum Abfluss</b> .....	<b>6</b>
	a) <i>Pestizide mit saisonalem Konzentrationsverlauf</i> .....	<b>9</b>
	b) <i>Pestizide mit abflussabhängigem Konzentrationsverlauf</i> .....	<b>10</b>
	c) <i>Pestizide mit zufälligem oder konstantem Konzentrationsverlauf</i> .....	<b>11</b>
	<b>3.3 Untersuchung der Pestizidkonzentration bei erhöhten Abflüssen mittels Tagesmischproben</b> .....	<b>12</b>
	<b>3.4 Vergleich zwischen Wochenmischproben und monatlichen Stichproben</b> .....	<b>14</b>
	<b>3.5 Beurteilung der Gewässerbelastung anhand der drei Probenahmemethoden</b> .....	<b>15</b>
<b>4.</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>19</b>
<b>5.</b>	<b>ANHANG</b> .....	<b>20</b>
	<b>Messresultate Triazine &amp; Phenylharnstoffe</b> .....	<b>20</b>
	<b>Messresultate Phenoxy-carbonsäuren</b> .....	<b>36</b>
	<b>Messresultate Chloracetanilide</b> .....	<b>44</b>
	<b>Messresultate Diethyltoluamide</b> .....	<b>50</b>
	<b>Messresultate Organophosphate</b> .....	<b>52</b>
	<b>Messresultate weiterer Stoffklassen</b> .....	<b>56</b>



## 1. ZUSAMMENFASSUNG

Seit 1999 untersucht das Gewässerschutzlabor des AWEL im Kanton Zürich systematisch ausgewählte Grund- und Oberflächengewässer auf Pestizide. Während die Qualität des Grundwassers dabei meist als gut beurteilt wird, treten in einzelnen Fliessgewässern regelmässig zu hohe und für die aquatische Umwelt kritische Pestizidbelastungen auf [1, 2]. Zwei dieser problematischen Gewässer (Furtbach und Glatt) wurden im Jahr 2007 eingehender untersucht.

Spezielle Beachtung wurde dabei der Frage nach den Konzentrationsverläufen der Pestizide in Abhängigkeit zum Abfluss in den beiden Gewässern geschenkt. Die Annahme, dass Pestizidkonzentrationen mit dem Abfluss korrelieren ist eine wichtige Voraussetzung für die Modellierung und Beurteilung von Pestizidbelastungen in Fliessgewässern. Untersuchungen zu diesem Thema wurden bisher nur in Kleingewässern und bei einzelnen Hochwasserereignissen durchgeführt [3, 4]. Daten über einen längeren Zeitraum und aus Fliessgewässern mit einem grösseren Einzugsgebiet und Pestizideinträgen aus diversen Quellen fehlten bisher.

Die vorliegende Untersuchung schliesst diese Lücke und bestätigt in weiten Teilen frühere Untersuchungen des AWEL [1, 2]. Deutliche Unterschiede zeigen sich aber im Vergleich mit Studien zur Modellierung von Pestizidbelastungen in Kleingewässern [3, 4]. Eine allgemeine Formulierung einer Abfluss / Konzentrationsbeziehung kann für grössere Gewässer mit Pestizideinträgen aus verschiedenen Quellen aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nicht gemacht werden. Die Erfassung von Pestizidbelastungen kann auch künftig nur mittels geeigneter Messreihen geschehen.

Erstmals wurde in dieser Untersuchung ein Vergleich zwischen drei Probenahmemethoden (Wochenmischproben, Tagesmischproben bei erhöhtem Abfluss, monatliche Stichproben) gemacht und die Ergebnisse der drei Methoden miteinander verglichen. Dabei zeigte sich, dass schon mit den monatlichen Stichproben eine recht gute Beschreibung der Belastungssituation möglich ist.

Die Beurteilung der Pestizidbelastung in der Glatt und im Furtbach wurde anhand der Qualitätsanforderung der Gewässerschutzverordnung (GSchV), sowie anhand von stoffspezifischen Qualitätskriterien (soweit diese vorliegen [5]) für die drei Probenahmemethoden vorgenommen. Alle drei Methoden liefern in der Beurteilung sehr ähnliche Ergebnisse. Unterschiede kamen durch markante Einzelereignisse zustande, die mit monatlichen Stichproben nicht erfasst werden konnten.

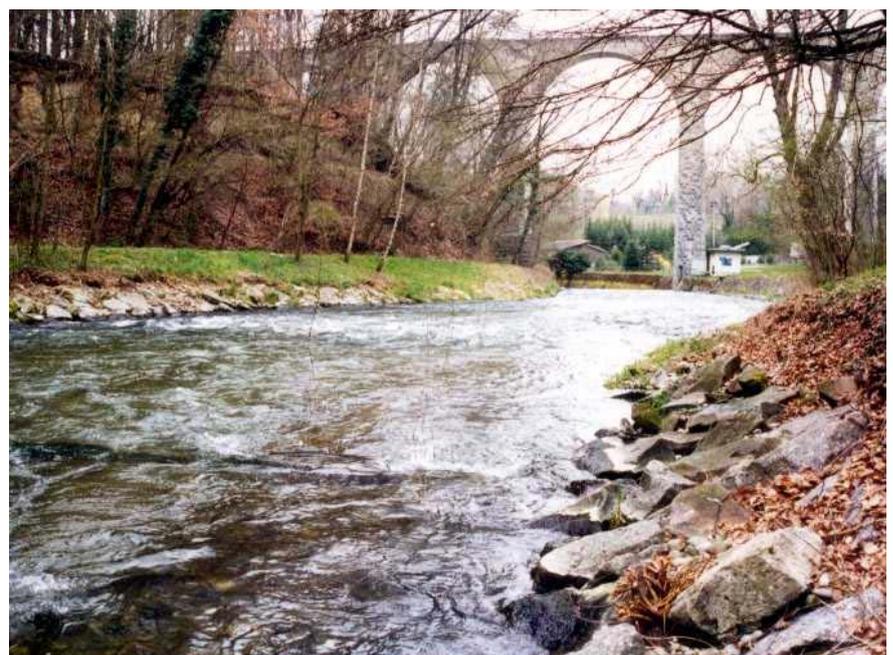
## 2. METHODEN

### 2.1 Messstellen

Im Kanton Zürich werden an den bedeutendsten Fließgewässern 17 permanente Messstationen (Hauptmessstellen) mit IBUK- Schöpfautomaten betrieben. Die Geräte ermöglichen eine automatische Entnahme von abflussmengenproportionalen Tagesmischproben. Ergänzend zur Untersuchung der „klassischen“ chemischen Parameter wurde von Mitte April bis Ende Oktober 2007 an den beiden Messstellen „**Furtbach bei Würenlos**“ (Messstelle Nr. 913, 669'889 / 255'285) und „**Glatt vor Rhein**“ (Messstelle Nr. 907, 678'040 / 269'711) Pestizidmessungen durchgeführt.



**Abb. 1:** Messstelle am Furtbach (oben) und an der Glatt (unten).



## 2.2 Probenahmen

Das Labor Veritas, Zürich, wurde mit dem wöchentlichen Einsammeln und Analysieren der Proben beauftragt. Während 29 Kalenderwochen vom 16. April bis 4. November (Furtbach) resp. 25 Kalenderwochen vom 14. Mai bis 4. November 2007 (Glatt) wurden von den beiden Messstellen Tagesmischproben zu volumenproportionalen **Wochenmischproben** vereinigt. Für die Messkampagne mussten die beiden Messstellen auf Glasflaschen umgerüstet werden. Bei erhöhten Abflussmengen (im Furtbach ab ca. 1 m<sup>3</sup>/s; in der Glatt ab ca. 8 m<sup>3</sup>/s) wurden zusätzlich die **Tagesmischproben** separat analysiert. Im Furtbach wurde die nötige Abflussmenge 20 mal erreicht, in der Glatt lediglich 10 mal, daher liegen aus der Glatt weniger Daten aus Tagesmischproben vor als aus dem Furtbach. Einmal pro Monat wurden schliesslich noch **Stichproben** aus der „fliessenden Welle“ entnommen und in Glasflaschen abgefüllt. Die Wochenmischprobe der Kalenderwoche 33 aus dem Furtbach ging beim Abfüllen wegen Glasbruch verloren und konnte nicht analysiert werden.

## 2.3 Analytik

Insgesamt wurden **46 Pestizide und 3 Abbauprodukte** in die Untersuchung einbezogen (*Tab. 1*). Die Parameterliste basiert auf dem im Kanton Zürich für die Gewässerüberwachung bewährten Untersuchungsprogramm des Gewässerschutzlabors des AWEL [1, 2], das vom Labor Veritas übernommen wurde. Um die verschiedenen Pestizide mit unterschiedlichen chemisch- physikalischen Eigenschaften zu erfassen, erfolgte die Anreicherung der Proben getrennt mittels Festphasenextraktion im neutralen und im sauren Millieu. Zur anschliessenden Bestimmung der Extrakte wurde sowohl die Gaschromatographie- Massenspektrometrie (GC - MS) wie auch die Flüssigchromatographie - Massenspektrometrie (LC - MS) eingesetzt.

## 2.4 Qualitätssicherung

Ab Beginn der Messperiode wurden zur Qualitätssicherung Vergleichsmessungen vom Labor Veritas und vom Gewässerschutzlabor des AWEL durchgeführt. Die ersten Vergleichsmessungen vom 23. April 07 wiesen beim Diuron grössere Differenzen auf, sodass die Analysemethoden angepasst werden mussten und die Diuron- Messwerte der Kalenderwochen 16 und 17 vom Furtbach nicht verwendet werden konnten. Auch die Vergleichbarkeit der Konzentrationen von Diazinon, Mecoprop, Metamitron und Metoxuron waren bei der ersten Vergleichsmessung unbefriedigend. Am 29. Mai 2007 wurde eine zweite Vergleichsmessung durchgeführt, wobei die Konzentrationen von Diazinon, Metamitron, Propachlor, Simazin und Trebutylazin schlecht übereinstimmten. Erst mit der dritten Vergleichsmessung am 6. Juli 2007 bei der zusätzlich aufgestockte Proben analysiert wurden, konnte eine gute Übereinstimmung der Analyseresultate der beiden Labors aufgezeigt werden. Dieser Befund wurde mit einer vierten Messung am 30. Juli 2007 bestätigt.

Verbindung	Substanzklasse	Wirkstoff- gruppe	Einsatzgebiet	Bestimmungs- grenze	AF GSchV CH	CQK	AQK	ZV LAWA	Nachweis- methode
2,4,5-T	Phenoxykarbons.	H	Getreide, Forst, Rasen	0.02	0.1				LC-MS
2,4-D	Phenoxykarbons.	H	Mais, Getreide	0.02	0.1			2	LC-MS
2,6-Dichlorbenzamid		A	Abbauprodukt von Dichlobenil	0.01	0.1				GC-MS
2,4-DB	Phenoxykarbons.	H	Getreide, Soja	0.02	0.1				LC-MS
Alachlor	Chloracetanilid	H	Mais, Soja	0.01	0.1	0.56	8.4		GC-MS
Ametryn	Methylthiotriazin	H	Gemüse, Kartoffeln	0.01	0.1			0.5	GC-MS
Atrazin	Triazin	H	Mais	0.01	0.1	1.8	15		GC-MS
Bentazon	Phenoxykarbons.	H	Mais, Wiesen, Kartoffeln, Erbsen,	0.02	0.1			70	LC-MS
Bromacil	Uracil	H		0.02	0.1				LC-MS
Cyanazin	Triazin	H	Erbsen	0.01	0.1	0.57	4.7		GC-MS
Cypermethrin	Pyrethroid	H	Raps	0.01	0.1				GC-MS
DEET	Diethyltoluamid		gegen Stechmücken	0.01	0.1				GC-MS
Desethylatrazin		A	Abbauprodukt von Atrazin	0.01	0.1				GC-MS
Desisopropylatrazin		A	Abbauprodukt von Atrazin	0.01	0.1				GC-MS
Diazinon	Organophosphat	I	Obst, Gemüse	0.02	0.1	0.0027	0.14		GC-MS
Dichlobenil	Nitrilherbizid	H	Unkräuter, Ungräser	0.01	0.1				GC-MS
Dichlorprop	Phenoxykarbons.	H	Getreide	0.02	0.1			10	GC-MS
Dimethachlor	Chloracetanilid	H	Winterraps	0.01	0.1				GC-MS
Dimethenamid	Chloracetanilid	H	Mais, Soja, Sonnenblumen, Bohnen	0.01	0.1	0.11	1.6		GC-MS
Dimethoat	Organophosphat	I	Gegen Insekten und Spinnmilben	0.01	0.1	0.026	1.38	0.2	GC-MS
Diuron	Phenylharnstoff	H	Obst, Reben, Spargel, Baumaterialien	0.02	0.1	0.15	1.3	0.05	GC-MS
Ethofumesat	Sulfonat	H	Rüben	0.01	0.1				GC-MS
Fluroxypyr	Phenoxykarbons.	H	Getreide	0.02	0.1				LC-MS
Hexazinon	Triazon	H	Totalherbizid	0.02	0.1			0.07	GC-MS
Irgarol_1051	Methylthiotriazin		Antifouling - Anstriche	0.01	0.1				GC-MS
Isoproturon	Phenylharnstoff	H	Wintergetreide	0.02	0.1	0.27	2.2	0.3	GC-MS
Linuron	Phenylharnstoff	H	Mais, Kartoffeln, Bohnen, Soja	0.02	0.1	0.32	2.6	0.3	GC-MS
MCPA	Phenoxykarbons.	H	Wiesen, Getreide, Zier- & Sportrasen	0.02	0.1			2	LC-MS
MCPB	Phenoxykarbons.	H	Wiesen, Kartoffeln, Getreide	0.02	0.1				LC-MS
Mecoprop	Phenoxykarbons.	H	Getreide, Rasen, Flachdächer	0.02	0.1			50	LC-MS
Metalaxyl	Acylanilid	F	Kartoffeln, Hopfen	0.01	0.1				GC-MS
Metamitron	Triazin	H	Rüben	0.05	0.1				GC-MS
Metazachlor	Chloracetanilid	H	Raps, Kohl	0.01	0.1	0.13	1.9	0.4	GC-MS
Metobromuron	Phenylharnstoff	H	Feldsalat, Kartoffeln	0.02	0.1				GC-MS
Metolachlor	Chloracetanilid	H	Mais, Soja, Sonnenblumen, Bohnen	0.01	0.1	0.3	4.4	0.2	GC-MS
Metoxuron	Phenylharnstoff	H	Wintergetreide	0.01	0.1	1.9	16		GC-MS
Monolinuron	Phenylharnstoff	H	Kartoffeln, Bohnen, Soja,	0.02	0.1				GC-MS
Oxadixyl	Acylanilid	F	Reben, Kartoffeln, Tabak	0.01	0.1				GC-MS
Penconazol	Triazol	F	Reben, Kernobst	0.01	0.1				GC-MS
Permethrin	Pyrethroid	I	Mais, Kartoffeln, Raps, Gemüse	0.01	0.1				GC-MS
Pirimicarb	Carbamat	I	Blattläuse	0.01	0.1				GC-MS
Prometryn	Triazin	H		0.01	0.1				GC-MS
Propachlor	Chloracetanilid	H	Kohl, Raps, Lauch, Fenchel, Ra- dieschen	0.01	0.1	0.09	1.4		GC-MS
Propazin	Triazin	H	Totalherbizid (in Kombination)	0.01	0.1				GC-MS
Propiconazol	Triazol	F	gegen Gelbrost, Braunrost, Mehltau	0.01	0.1				GC-MS
Simazin	Triazin	H	Kernobst, Gemüse, Beeren, Mais	0.01	0.1	2.8	23	0.1	GC-MS
Terbutylazin	Triazin	H	Kartoffeln	0.01	0.1	0.38	3.1	0.5	GC-MS
Terbutryn	Triazin	H	Mais, Kartoffeln, Wintergetreide	0.01	0.1	0.17	1.4		GC-MS
Triclopyr	Phenoxykarbons.	H	Wiesen, Nichtkulturland	0.02	0.1				LC-MS

**Tab. 1:** Übersicht über die untersuchten Pestizide an den beiden Probestellen. **H:** Herbizid; **I:** Insektizid; **F:** Fungizid; **A:** Abbauprodukt. **AF GSchV CH:** Qualitätsanforderung der Schweiz. Gewässerschutzverordnung; **CQK:** Chronisches Qualitätskriterium; **AQK:** Akutes Qualitätskriterium; **ZV LAWA:** Zielvorgabe Deutsche Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. Alle Werte in µg/l.

### 3. RESULTATE UND DISKUSSION

#### 3.1 Konzentrationen der untersuchten Pestizide

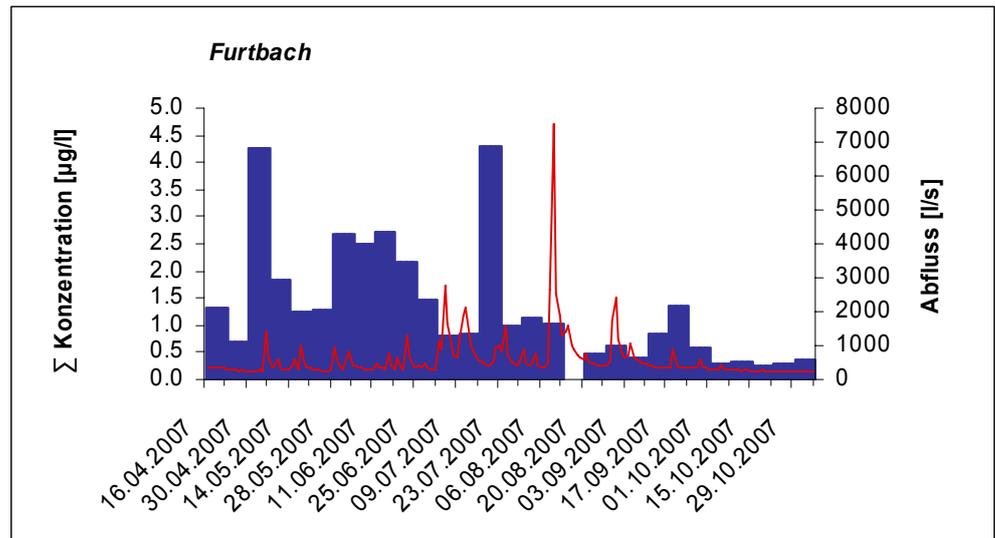
Von den 46 untersuchten Pestiziden und 3 Abbauprodukten wurden in den Proben 26 Wirkstoffe und alle 3 Abbauprodukte nachgewiesen. Bei 22 Verbindungen wurde die Qualitätsanforderung der Gewässerschutzverordnung (maximal 0.1 µg/l) überschritten. Das stoffspezifische chronische Qualitätskriterium CQK [5] wurde bei sechs, das akute Qualitätskriterium AQK [5] bei zwei Pestiziden überschritten. Sieben Stoffe wurden in Konzentrationen unter 0.1 µg/l nachgewiesen. Bei 20 Stoffen konnte kein Nachweis erbracht werden (Tab. 2).

Gemessene Maximalwerte (µg/l) WM: Wochenmischproben TM: Tagesmischproben MS: Monatsstichproben	Furtbach			Glatt			Maximalwert	CQK	AQK	ZV LAWÄ
	WM	TM	MS	WM	TM	MS				
<b>&lt;Bestimmungsgrenze (BG)</b>										
2,4,5-T, Alachlor, 2,4-DB, Ametryn, Bromacil, Cymacin, Cypermethrin, Dichlobenil, Dichloprop, Dimethachlor, Fluroxypyr, Hexazinon, Monolinuron, Oxadicyl, Penconazol, Permethrin, Prometryn, Propazin, Propiconazol, Terbutylazin										
<b>&lt;0.1µg/l</b>										
MCPB	< BG	< BG	< BG	0.03	< BG	< BG	<b>0.026</b>			
Terbutryn	0.04	0.04	0.02	0.02	< BG	< BG	<b>0.04</b>	0.17	1.4	
Triclopyr	0.05	0.04	0.03	< BG	0.02	< BG	<b>0.045</b>			
Desisopropylatrazin (A)	0.01	0.05	0.02	0.01	0.02	0.02	<b>0.05</b>			
Dimethamid	0.06	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	<b>0.06</b>	0.11	1.6	
Metalaxyl	0.06	0.07	< BG	< BG	< BG	< BG	<b>0.07</b>			
Irgarol_1051	0.1	0.09	0.05	< BG	0.03	< BG	<b>0.098</b>			
<b>&gt;0.1µg/l (Anforderung GSchV nicht erfüllt)</b>										
Metolachlor	0.1	0.07	0.08	0.01	< BG	0.1	<b>0.104</b>	0.3	4.4	0.2
MCPA	0.11	0.08	0.03	0.11	0.05	0.04	<b>0.113</b>			2.0
Metoxuron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	0.12	<b>0.12</b>	1.9	16	
2,6-Dichlorbenzamid (A)	0.09	0.12	0.07	0.1	0.06	0.07	<b>0.12</b>			
2,4-D	0.09	0.13	0.07	0.04	0.11	0.03	<b>0.125</b>			2.0
Dimethoat	< BG	0.15	< BG	< BG	< BG	< BG	<b>0.146</b>	0.026	1.38	0.2
Simazin	0.07	0.09	0.03	0.15	0.05	0.03	<b>0.15</b>	2.8	23	0.1
Isoproturon	0.11	0.04	0.1	0.15	0.04	0.03	<b>0.15</b>	0.27	2.2	0.3
Desethylatrazin (A)	0.16	0.1	0.1	0.06	0.04	0.05	<b>0.16</b>			
Ethofumesat	0.2	0.09	0.03	0.03	< BG	0.03	<b>0.2</b>			
Diazinon	0.21	0.1	0.12	0.07	0.02	0.07	<b>0.206</b>	0.0027	0.14	
Bentazon	0.06	0.21	< BG	0.03	< BG	< BG	<b>0.207</b>			70
Diuron	0.19	0.29	0.04	0.05	0.06	0.02	<b>0.287</b>	0.15	1.3	0.05
Pirimicarb	0.09	0.28	0.3	0.02	0.02	< BG	<b>0.303</b>			
Atrazin	0.18	0.34	0.42	0.08	0.04	0.11	<b>0.416</b>	1.8	15	
Metobromuron	0.54	0.41	0.16	< BG	< BG	< BG	<b>0.54</b>			
Linuron	0.35	0.42	0.62	0.08	< BG	0.06	<b>0.62</b>	0.32	2.6	0.3
Metazachlor	0.25	0.77	0.1	0.02	0.06	0.02	<b>0.766</b>	0.13	1.9	0.4
DEET	0.76	0.42	0.15	0.84	0.21	0.3	<b>0.836</b>			
Metamitron	0.9	0.22	0.47	0.07	< BG	< BG	<b>0.9</b>			
Propachlor	1.67	0.76	0.09	0.05	< BG	0.03	<b>1.67</b>	0.09	1.4	
Mecoprop	2.77	5.02	4.15	1	0.76	3.34	<b>5.022</b>			50

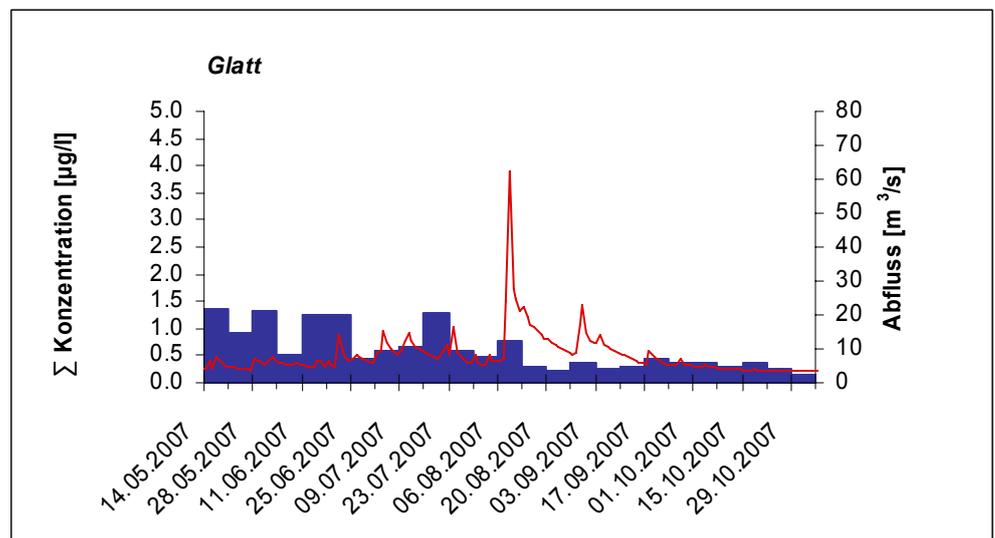
Tab. 2: Gemessene Maximalwerte aller untersuchten Pestizide und Abbauprodukte (A) in Furtbach und Glatt. Orange: Anforderung Gewässerschutzverordnung nicht erfüllt (> 0.1µg/l), rosa: Zielvorgabe nicht erfüllt: CQK: Chronisches Qualitätskriterium, AQK: Akutes Qualitätskriterium, ZV LAWÄ: Zielvorgabe Deutsche Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.

### 3.2 Pestizidkonzentrationen in Abhängigkeit zur Saisonalität und zum Abfluss

Sowohl im Furtbach wie auch in der Glatt wurden im Frühjahr und Sommer in den Wochenmischproben deutlich höhere Gesamtkonzentrationen gemessen als im Herbst, wobei die Belastung im Furtbach generell höher war als in der Glatt. Im Herbst wurden in beiden Gewässern ähnliche Werte festgestellt (Abb. 2).



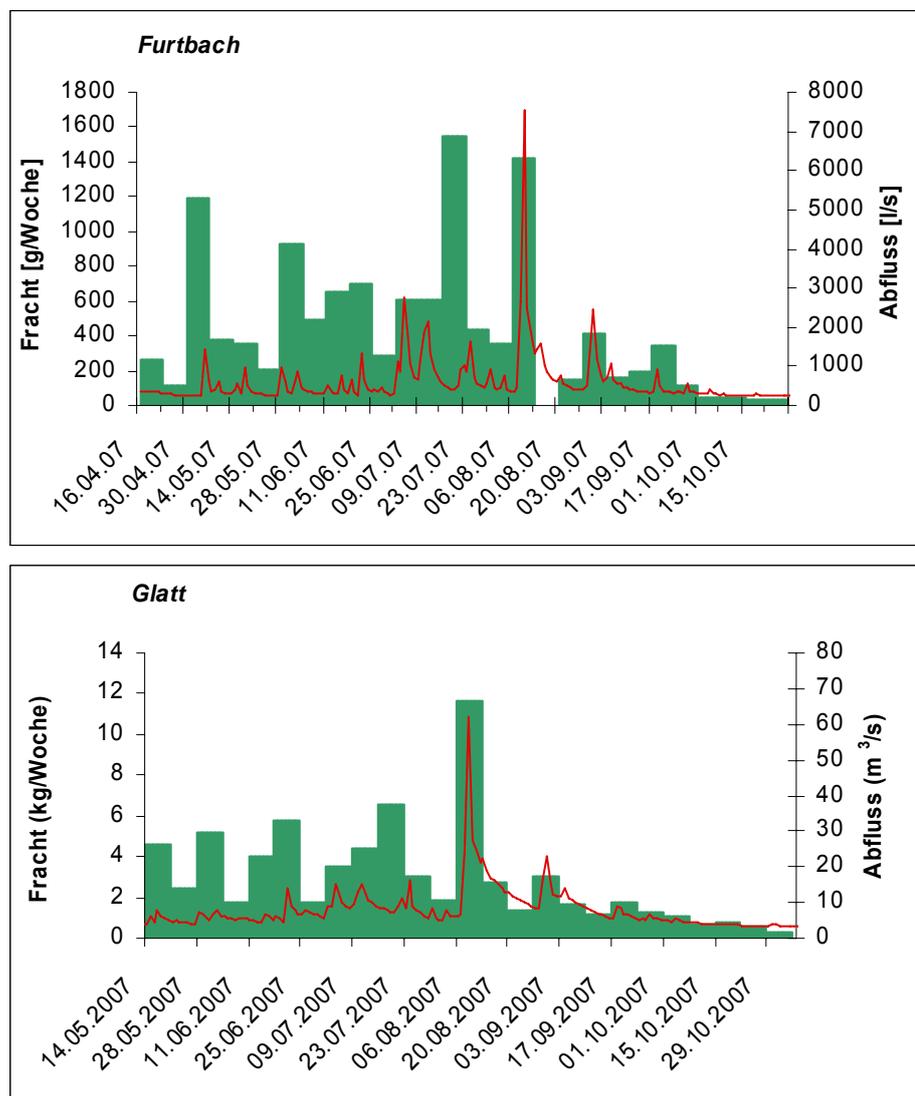
**Abb. 2:** Summe der Konzentrationen aller gemessenen Pestizide in den Wochenmischproben von Glatt und Furtbach. Für die Woche 33 (14.8.07) konnte im Furtbach infolge Glasbruchs keine Probe entnommen werden.



Bei den meisten untersuchten Pestiziden dürften **saisonale Applikationsphasen** entscheidend für den festgestellten Konzentrationsverlauf in den Gewässern sein. Viele in der Landwirtschaft verwendete Pestizide werden in den Frühlings- und Sommermonaten eingesetzt, dies allein kann den vorgefundenen Konzentrationsverlauf im Furtbach und in der Glatt bereits in groben Zügen erklären. Eine Beziehung zwischen der Abflussmenge und den gemessenen Gesamtkonzentrationen aller untersuchten Pestizide lässt sich über die ganze Messperiode nicht nachweisen.

Auch bei den Gesamtfrachten **ist kein klarer Bezug zu den Abflussmengen der beiden Gewässer ersichtlich** (Abb. 3). Sowohl im Furtbach wie auch in der Glatt wurden zwar während des massiven Hochwassers Anfang August grosse Gesamtfrachten festgestellt. Im Furtbach wurde jedoch drei Wochen zuvor bei Niedrigwasser eine noch höhere Fracht nachgewiesen. Auch in der Glatt konnten von Mai bis Juli erhöhte Frachten bei normalen Abflüssen beobachtet werden. Die Annahme dass Pestizidfrachten proportional zum Abfluss verlaufen und grosse Frachten in erster Linie bei Hochwasserereignissen zu erwarten sind [3, 4] kann mit den Wochenmischproben aus Glatt und Furtbach über die ganze Messperiode nicht bestätigt werden.

**Abb. 3:** Summe der Frachten aller gemessenen Pestizide in den Wochenmischproben von Glatt und Furtbach. Für die Woche 33 (14.8.07) konnte im Furtbach keine Probe entnommen werden.



Auch bei der Betrachtung der einzelnen Pestizide kann über die ganze Messperiode in den meisten Fällen kein Zusammenhang zwischen Abfluss und Pestizidkonzentration festgestellt werden:

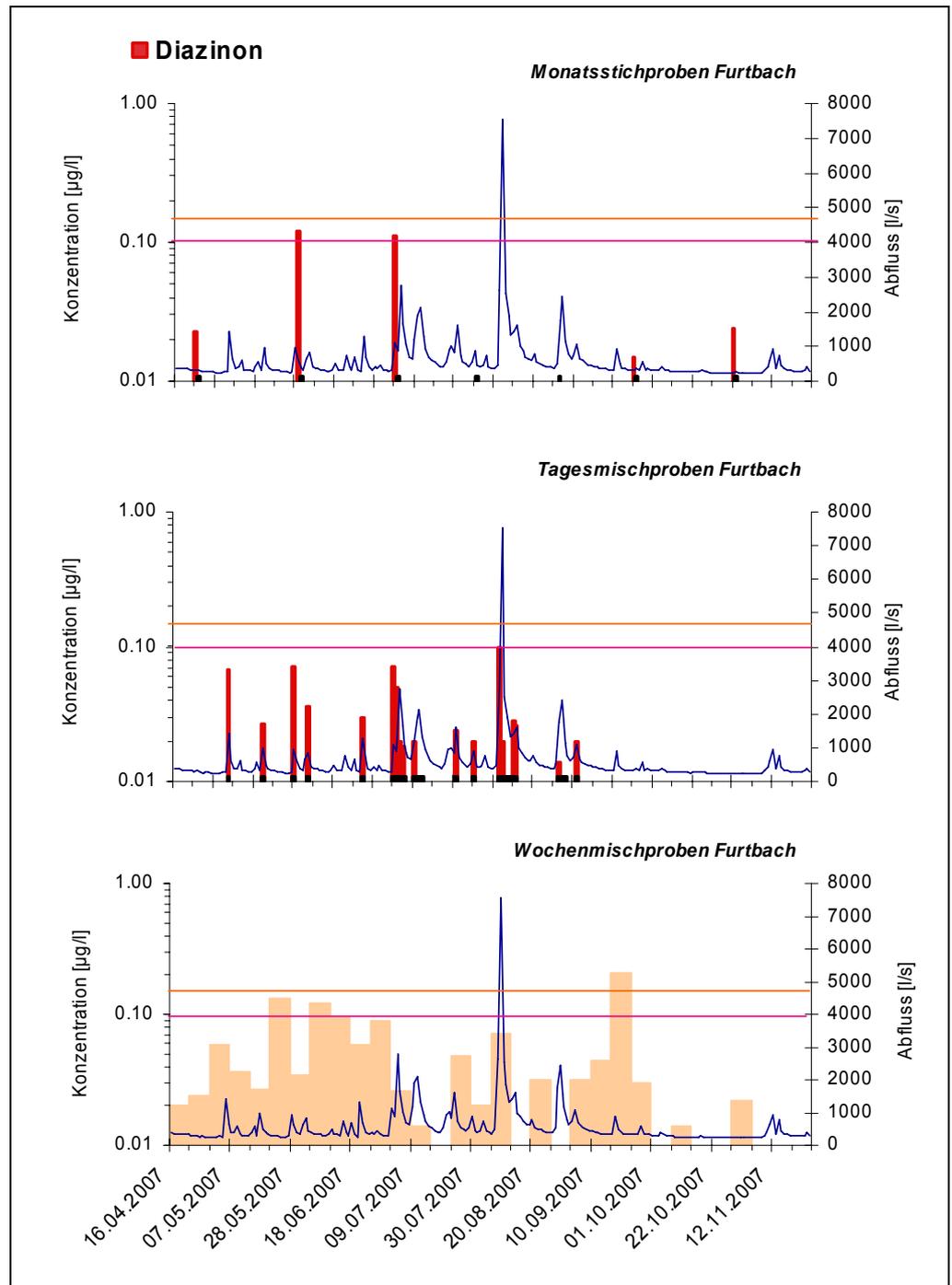
**Abb. 4:** Diazinon -  
messwerte aus den  
Proben vom Furtbach.

Rosa Linie: Qualitätskri-  
terium GSchV (0.1 µg/l).

Orange Linie: Akutes  
Qualitätskriterium AQK  
für Diazinon (0.14 µg/l).

Sämtliche Messwerte  
liegen weit über dem  
chronischen  
Qualitätskriterium (CQK)  
von 0.0027 µg/l. (CQK  
auf der Skala nicht  
abgebildet).

Die Probenahmedaten  
bei den Monats- und den  
Tagesproben sind als  
schwarze Markierungen  
auf der x-Achse ersicht-  
lich.

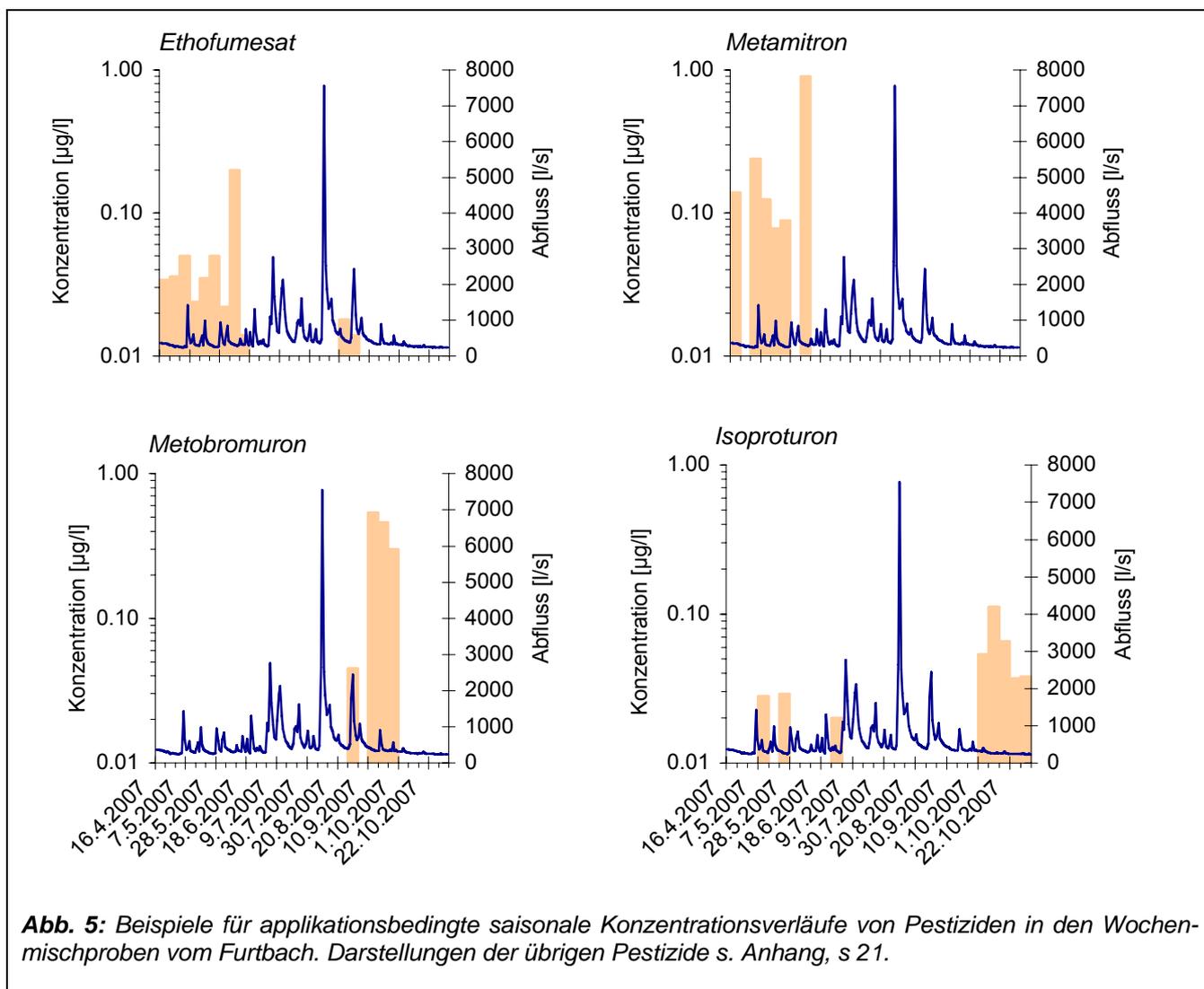


Der Konzentrationsverlauf von Diazinon im Furtbach (Abb. 4) zeigt keinerlei Bezug zum Abfluss. Die Konzentrationsverläufe der übrigen Pestizide sind im Anhang (s. 20) dargestellt. Bei der Betrachtung der Einzelstoffe lassen sich drei Hauptgruppen unterscheiden:

- a) Pestizide mit saisonalem Konzentrationsverlauf
- b) Pestizide mit abflussabhängigem Konzentrationsverlauf
- c) Pestizide mit zufälligem oder konstantem Konzentrationsverlauf

a) **Pestizide mit saisonalem Konzentrationsverlauf**

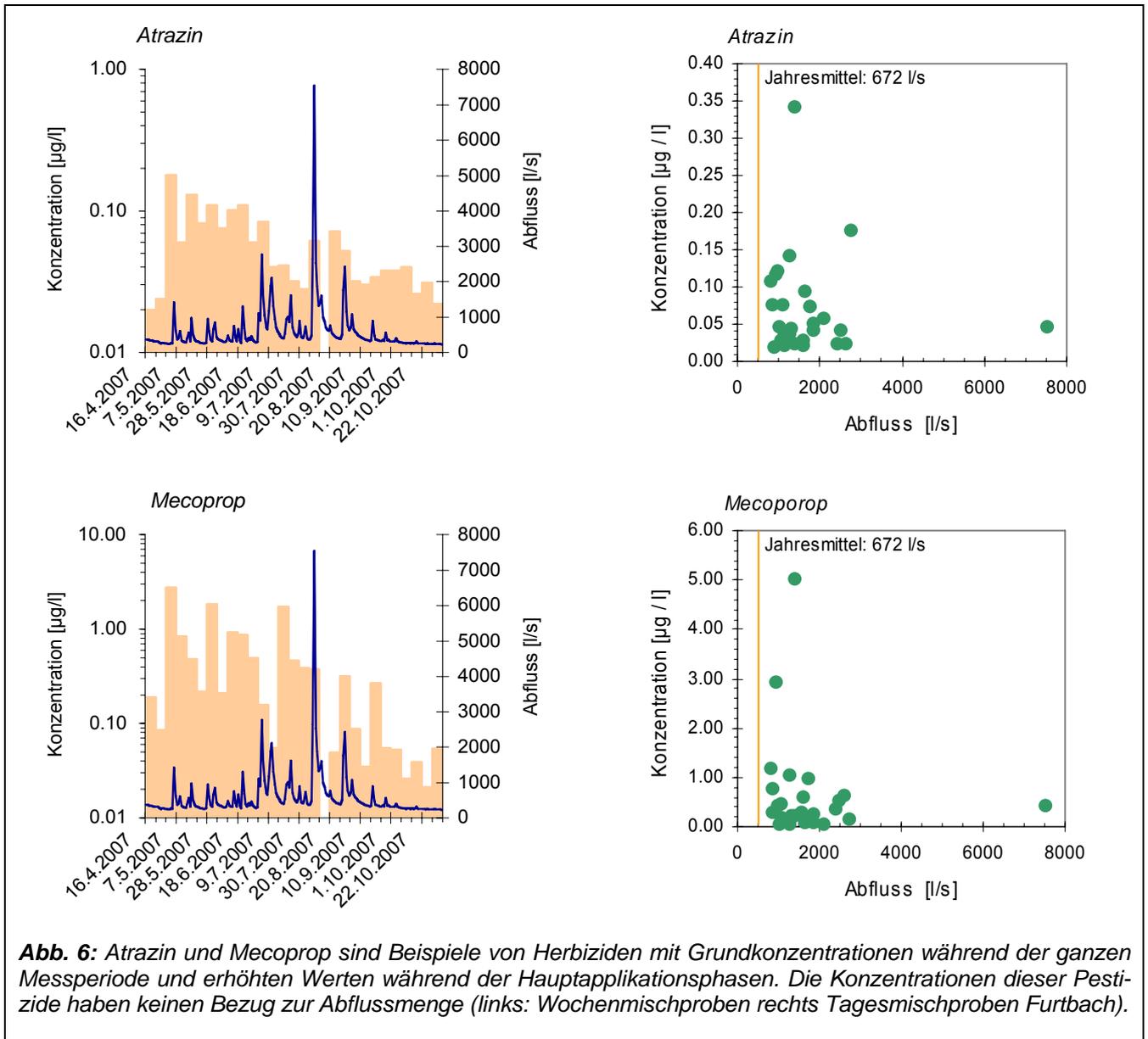
Typisch für diese Gruppe sind **abflussunabhängige Konzentrationen** mit Maximalwerten im Frühling / Sommer und bei einigen Substanzen im Herbst (z.B. Isoproturon: Applikation beim Anbau von Wintergetreide). Am Ende der Applikationsphase erfolgt oft eine rasche Konzentrationsabnahme unter die Nachweisgrenze. Ausserhalb der Applikationsphasen werden die meisten dieser Stoffe kaum nachgewiesen (Abb. 5). Vertreter dieser Gruppe sind: **Bentazon, Diuron, Ethofumesat, Isoproturon, Linuron, Metamitron, Metazachlor, Metobromuron, Metolachlor, Simazin.**



**Abb. 5:** Beispiele für applikationsbedingte saisonale Konzentrationsverläufe von Pestiziden in den Wochenmischproben vom Furtbach. Darstellungen der übrigen Pestizide s. Anhang, s 21.

Bei einigen Pestiziden wie **Atrazin** und **Mecoprop**, sowie bei den Abbauprodukten **Desethyatrazin** und **2,6-Dichlorbenzamid** können auch ausserhalb der Hauptapplikationsperioden permanente Grundkonzentrationen nachgewiesen werden. Bei keinem dieser Pestizide lässt sich eine Korrelation zwischen Abfluss und Konzentration feststellen. Der Konzentrationsverlauf während der Messperiode scheint in beiden Gewässern weitgehend unabhängig vom Abfluss zu sein (Abb. 6). Besonders die Abbauprodukte von Pestiziden

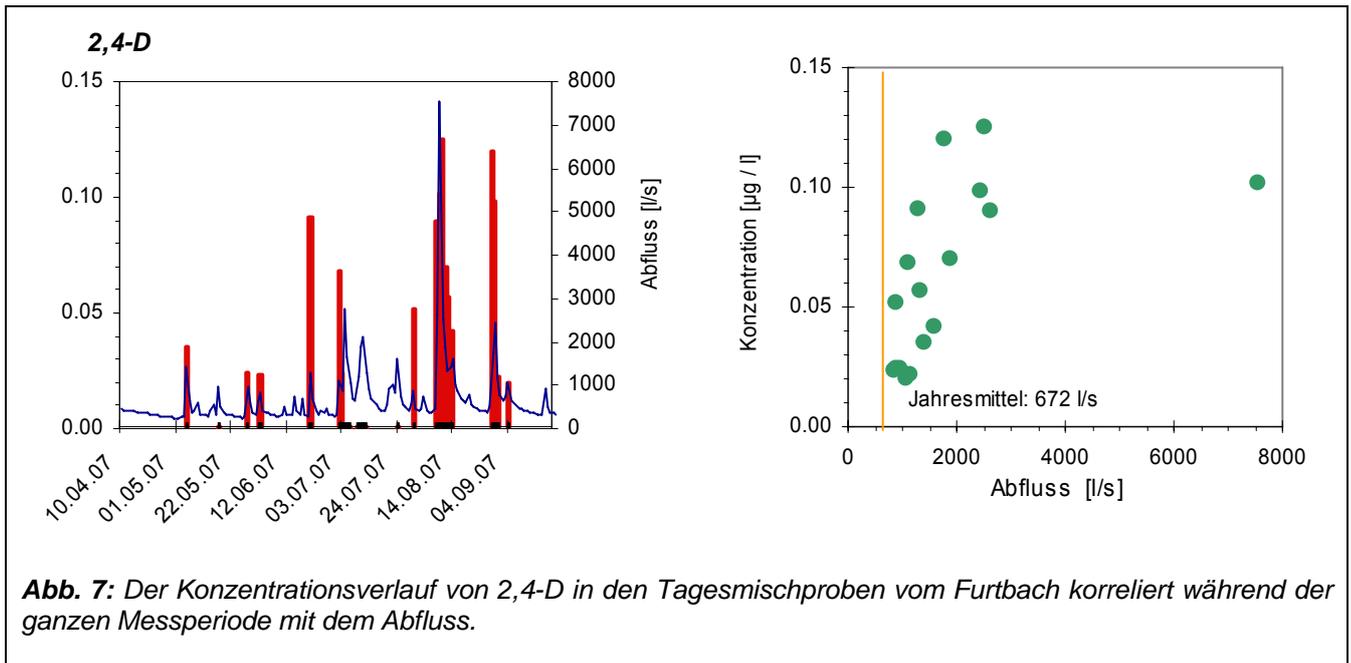
sind ubiquitär und ganzjährig vorhanden [1, 2], und werden offenbar in recht konstanten Raten ausgewaschen.



**Abb. 6:** Atrazin und Mecoprop sind Beispiele von Herbiziden mit Grundkonzentrationen während der ganzen Messperiode und erhöhten Werten während der Hauptapplikationsphasen. Die Konzentrationen dieser Pestizide haben keinen Bezug zur Abflussmenge (links: Wochenmischproben rechts Tagesmischproben Furtbach).

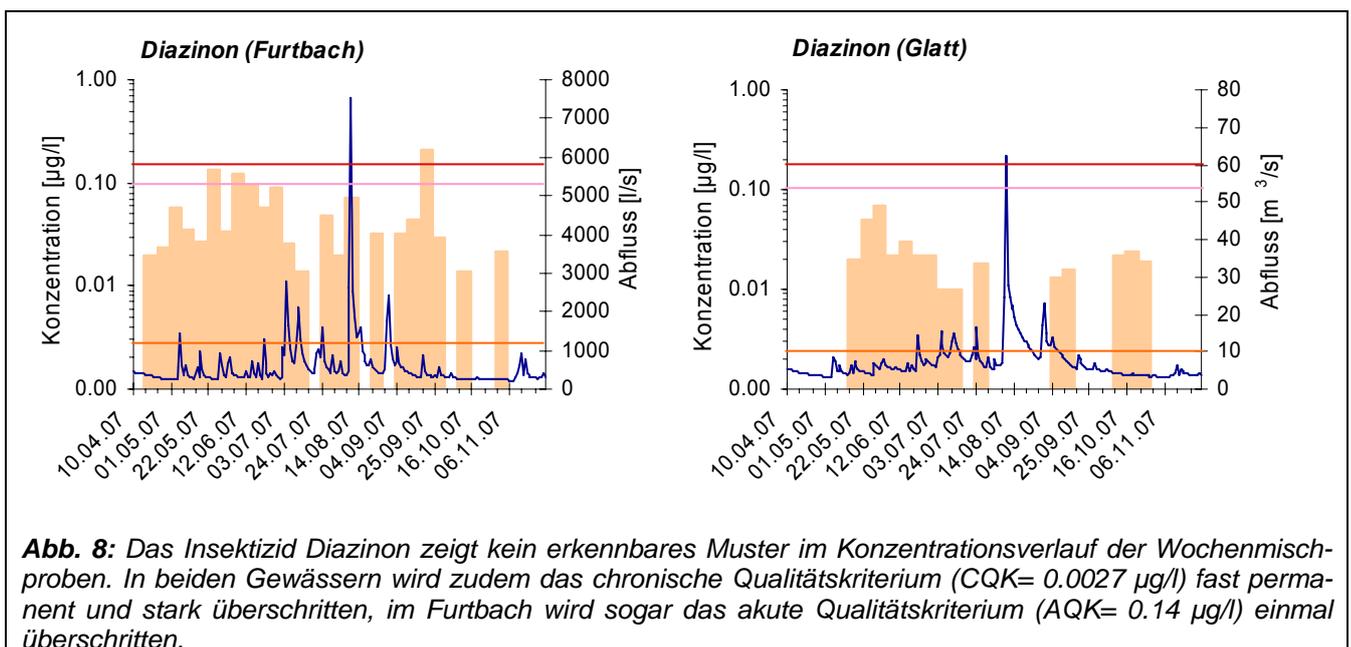
**b) Pestizide mit abflussabhängigem Konzentrationsverlauf**

Ein abflussabhängiger Konzentrationsverlauf über die ganze Messperiode besteht einzig beim **2,4-D** im Furtbach. Die Applikationsphase dieses Herbizids erstreckt sich von Mai bis Ende September. Innerhalb dieser Phase kann eine signifikante Korrelation zwischen Abfluss und gemessener Konzentration in den Wochenmischproben festgestellt werden ( $p < 0.03$  ANOVA) (Abb. 7). Andere Stoffe (z.B. Atrazin, Mecoprop) können kurzfristige Korrelationen zwischen Abfluss und Konzentration zeigen, jedoch nicht über längere Zeiträume (vgl. Kap. 3.3).



### c) Pestizide mit zufälligem oder konstantem Konzentrationsverlauf

Die dritte Gruppe von Pestiziden zeigt kein erkennbares Muster im Konzentrationsverlauf, weil diese Stoffe entweder nur sporadisch in einzelnen Proben auftreten oder weil die zeitliche Verteilung der Messwerte keinen Trend erkennen lässt. Das Insektizid **Diazinon** ist ein Beispiel für ein Pestizid ohne ersichtliches Muster im Konzentrationsverlauf (Abb. 8). Bemerkenswert ist dabei, dass sämtliche Messwerte im Furtbach und auch in der Glatt über dem chronischen Qualitätskriterium (CQK) von 0.0027 µg/l liegen. Weitere Pestizide ohne klar erkennbare Beziehung zum Abfluss sind **Pirimicarb**, **MCPA** und **Propachlor**.



Das Einzugsgebiet des Furtbachs umfasst 44 km<sup>2</sup>, davon sind rund 40 % Landwirtschaftsflächen. Ein namhafter Anteil dieser Flächen wird durch intensiven Gemüseanbau genutzt. 679 ha im Furttal sind als Siedlungsgebiet ausgewiesen. Der mittlere Abfluss des Furtbachs an der Probestelle beträgt 0.66 m<sup>3</sup>/s [6, 7].

Die Konzentrationsverläufe der Pestizide in der Glatt zeigen ähnliche Tendenzen wie im Furtbach, die gemessenen Konzentrationen sind aber in den meisten Fällen niedriger. Das Einzugsgebiet der Glatt ist mit 419 km<sup>2</sup> fast zehnmal grösser als dasjenige des Furtbachs. Der Anteil Landwirtschaftszone beträgt ebenfalls rund 40 %, das Siedlungsgebiet umfasst 2900 ha. Der mittlere Abfluss der Glatt an der Probestelle beträgt 8.54 m<sup>3</sup>/s [6, 7]. Die Glatt ist ein gutes Beispiel für ein mittelgrosses Fließgewässer mit diffusen Mustern in den Konzentrationsverläufen der Pestizide. Das grössere Einzugsgebiet mit verschiedenen Nutzungen und Pestizideinträgen aus diversen Quellen dürfte die Beziehung zwischen Abfluss und Pestizidkonzentration hier noch stärker verwischen als im Furtbach.

**Der recht hohe Anteil an gereinigtem Abwasser in beiden Gewässern ist ein weiterer Punkt, der die Beziehung Abfluss / Pestizidkonzentration verwischen kann.** Der Anteil an gereinigtem Abwasser liegt im Furtbach im Mittel bei 33 %, in der Glatt bei 20 %. In mehreren Gewässern im Kanton Zürich wurden bei früheren Untersuchungen erhöhte Pestizidwerte unterhalb von ARA Einleitungen festgestellt [6]. Die Anwendung von Publikumsprodukten im Siedlungsgebiet ist eine mögliche Erklärung für die bei manchen Pestiziden festgestellte abflussunabhängige Grundbelastung.

### 3.3 Untersuchung der Pestizidkonzentration bei erhöhten Abflüssen mittels Tagesmischproben

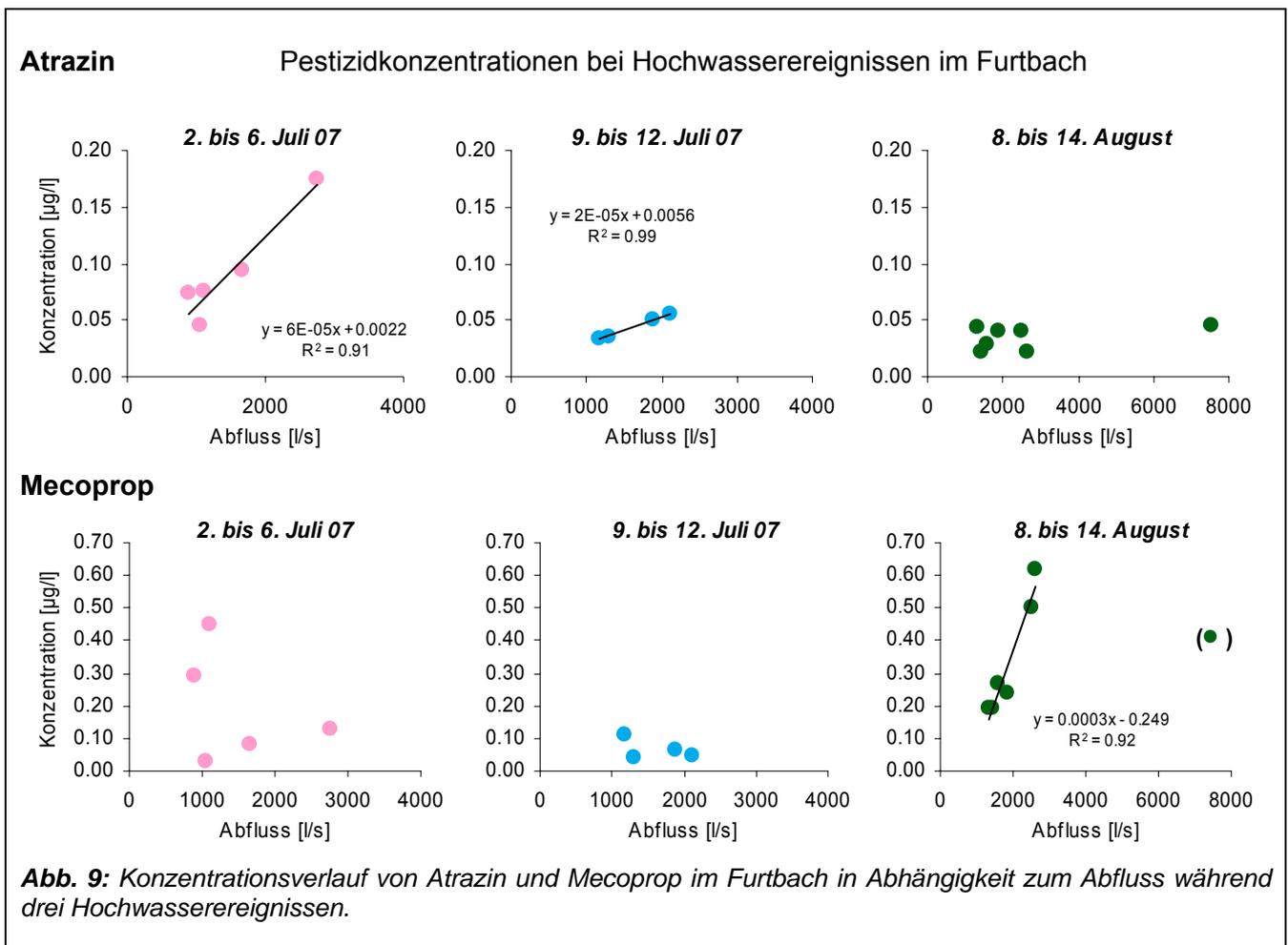
Während der Messperiode wurden drei mehrtägige Hochwasserereignisse im Furtbach mittels Tagesmischproben erfasst. **Eine allgemeine Korrelation zwischen Abfluss und Pestizidkonzentrationen konnte auch hier nicht gefunden werden.** Innerhalb der einzelnen Ereignisse zeigten sich bei einigen Pestiziden zwar deutliche Korrelationen zwischen Konzentration und Abfluss, wie von Stamm (2006) beschrieben [3]. Zwischen den drei Hochwasserereignissen und auch zwischen den verschiedenen Pestiziden bestehen jedoch beträchtliche Unterschiede, die eine allgemeine Charakterisierung des Konzentrationsverlaufs von Pestiziden in Abhängigkeit zum Abfluss nicht zulassen.

Zwei Beispiele sollen dies verdeutlichen: **Atrazin:** Beim ersten Hochwasserabfluss vom 2. bis 6. Juli besteht eine enge Beziehung zwischen Abfluss und Atrazinkonzentration ( $p < 0.02$  ANOVA). Beim zweiten kurz darauf folgenden Hochwasser vom 9. bis 12. Juli kann ebenfalls eine Korrelation festgestellt werden ( $p < 0.001$  ANOVA), allerdings ist die Steigung der Regressionsgeraden viel geringer als beim ersten Hochwasser. Beim dritten und grössten Hochwasser vom 8. bis 14. August zeigt sich schliesslich keine Beziehung mehr zwischen Abfluss und Atrazinkonzentration (Abb. 9). Das erste Hochwasserereignis liegt am Ende der landwirtschaftlichen Hauptapplikationsphase von Atrazin, was eine verstärkte Auswaschung bei erhöhten Abflüssen erwarten lässt. Beim zweiten kurz darauf folgenden Hochwasser dürfte die vorangegangene Auswaschung für die tieferen Konzentrationen verant-

wortlich sein. Beim dritten Hochwasser ist schliesslich nur noch eine abfluss-unabhängige Grundbelastung feststellbar.

Das Herbizid **Mecoprop** verhält sich in den drei Hochwassern gerade entgegengesetzt zum Atrazin: Beim ersten und zweiten Hochwasser ist keine Beziehung zwischen Konzentration und Abfluss erkennbar. Beim dritten Hochwasser kann eine Korrelation festgestellt werden ( $p < 0.003$  ANOVA), allerdings mit einem starken Ausreisser am 9. August, bedingt durch eine kurzzeitige extreme Hochwasserspitze, die einen Verdünnungseffekt zur Folge hatte. (Abb. 9). Dieser Verdünnungseffekt am 9. August konnte bei allen untersuchten Pestiziden im Furtbach beobachtet werden.

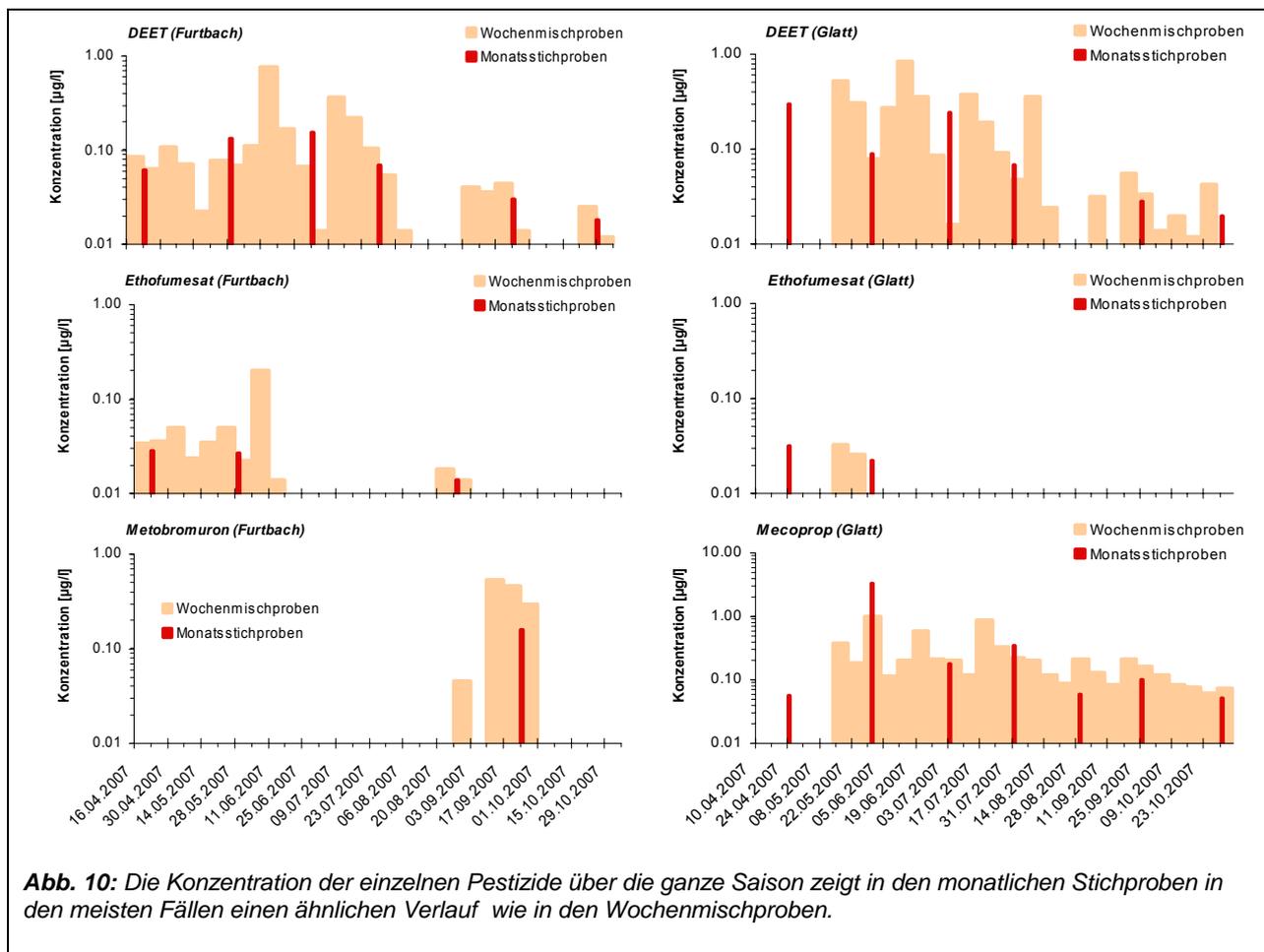
Korrelationen zwischen Pestizidkonzentration und Abfluss sind auch bei den anderen untersuchten Pestiziden nur in einem Fall (2,4-D) vorhanden (Anhang, Abb. 11). Anders als in bisher publizierten Pestiziduntersuchungen in Kleinstgewässern [3, 4] **sind der Modellierbarkeit von Pestizidbelastungen mittels Abflussdynamik bei grösseren Fließgewässern offenbar enge Grenzen gesetzt.** Die Konzentrationsverläufe der einzelnen Pestizide bei verschiedenen Ereignissen sind hier sehr individuell und lassen kaum allgemeine Aussagen zu.



### 3.4 Vergleich zwischen Wochenmischproben und monatlichen Stichproben

Der Vergleich des Konzentrationsverlaufs der einzelnen Pestizide über die ganze Messperiode zeigt in vielen Fällen eine gute Übereinstimmung zwischen den Wochenmischproben und den monatlichen Stichproben. Besonders bei regelmässig vorhandenen Pestiziden werden mit beiden Methoden sehr ähnliche Konzentrationsverläufe festgestellt (Abb. 10).

**Bereits mit den wenigen monatlichen Stichproben können also die saisonalen Konzentrationsverläufe der Pestizide in vielen Fällen erkannt werden.** Schlechter erfasst werden in den Monatsstichproben diejenigen Pestizide, die nur sporadisch und während kürzeren Zeiträumen nachgewiesen werden können. Kurzzeitig erhöhte Konzentration können mit den monatlichen Stichproben nur selten und nur zufällig erfasst werden.



**Abb. 10:** Die Konzentration der einzelnen Pestizide über die ganze Saison zeigt in den monatlichen Stichproben in den meisten Fällen einen ähnlichen Verlauf wie in den Wochenmischproben.

### 3.5 Beurteilung der Gewässerbelastung anhand der drei Probenahmemethoden

Bei allen drei Probenahmemethoden wurden im Furtbach rund doppelt so viele Überschreitungen der Qualitätsanforderung gemäss GSchV pro Probenahme gemessen wie in der Glatt (Tab. 3). Am häufigsten wurde die Qualitätsanforderung bei **Mecoprop**, **DEET**, **Propachlor**, **Linuron**, **Atrazin** und **Metazachlor** überschritten. Für die Auswertung der Pestiziduntersuchungen in den Jahren 1999 bis 2003 im Kanton Zürich [2] wurde ein Belastungsindex berechnet. Dieser Index dient als relatives Mass zur Bewertung der quantitativen Pestizidbelastung:

$$\text{Belastungsindex} = \frac{\text{Anzahl Messwerte} > 0.1 \mu\text{g/l}}{\text{Anzahl Proben}}$$

**Tab. 3** : Anzahl festgestellte Überschreitungen der Qualitätsanforderung (0.1 µg/l). Der Belastungsindex ergibt bei allen drei Probenahmemethoden dieselbe Beurteilung.

	Furtbach			Glatt			Total
	WM	TM	MS	WM	TM	MS	
<b>WM:</b> Wochenmischproben <b>TM:</b> Tagesmischproben <b>MS:</b> Monatsstichproben							
Desethylatrazin	1						1
Simazin				1			1
Ethofumesat	1						1
Metolachlor						1	1
Bentazon		1					1
Dimethoat		1					1
Metoxuron						1	1
2,6-Dichlorbenzamid		1		1			2
Diuron	2	1					3
MCPA	2			1			3
Pirimicarb		2	1				3
2,4-D		3			1		4
Isoproturon	1		1	2			4
Diazinon	3		2				5
Metobromuron	3	1	1				5
Metamitron	4	2	1				7
Metazachlor	4	9					13
Atrazin	5	6	1			2	14
Linuron	6	7	3				16
Propachlor	9	8					17
DEET	7	9	2	8	1	2	29
Mecoprop	17	22	4	19	12	3	77
<b>Total &gt; 0.1 µg/l</b>	<b>65</b>	<b>73</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>209</b>
<b>Anzahl Probenahmen</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>7</b>	<b>25</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	
<b>&gt; 0.1 µg/l pro Probenahme</b>	<b>2.3</b>	<b>2.7</b>	<b>2.3</b>	<b>1.3</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	
<b>Belastungsindex</b>							

- < 0.2 nie/selten (höchstens 1 Überschreitung pro 5 Proben)
- 0.2 - 0.5 vereinzelt (höchstens 1 Überschreitung pro 2 Proben)
- 0.5 - 1.0 regelmässig (weniger als 1 Überschreitung pro Probe)
- 1.0 - 2.0 häufig (1 bis 2 Überschreitungen pro Probe)
- > 2 mehrere (mehr als 2 Überschreitungen pro Probe)

Der Belastungsindex ergibt für alle drei Probenahmemethoden übereinstimmend im Furtbach die Stufe rot (> 2 Überschreitungen pro Probe) und in der Glatt die Stufe orange (1 - 2 Überschreitungen pro Probe). Das Herbizid **Mecoprop** weist in beiden Gewässern mit Abstand die meisten Überschreitungen auf.

Für die Beurteilung der Belastungssituation anhand von stoffspezifischen Qualitätskriterien wurde das im AWEL - Statusbericht 2006 [6] beschriebene Beurteilungsschema angewandt. Hier zeigen sich bei einigen Pestiziden Unterschiede zwischen den drei Probenahmemethoden (*Tab. 4*). **Propachlor im Furtbach weist die grössten Differenzen auf:** In den Monatsstichproben wurde Propachlor (wichtiges Pestizid im Gemüseanbau) offenbar unterschätzt. In den Wochenmischproben wurde eine Überschreitung des akuten Qualitätskriteriums (AQK) festgestellt, was sofort zu einer schlechteren Beurteilung führt. Auch bei Diazinon führte eine AQK - Überschreitung im Furtbach bei den Wochenmischproben zu einer schlechteren Beurteilung als bei den anderen Probenahmemethoden. In den übrigen Fällen bestehen keine oder nur geringe Abweichungen zwischen den drei Methoden.

**Tab. 4:** Belastungssituation einzelner Pestizide in den beiden Gewässern berechnet für die drei Probenahmemethoden.

Beurteilung der Belastungssituation (Chronisches Qualitätskriterium CQK und akutes Qualitätskriterium AQK)		Furtbach			Glatt		
		TM	WM	MS	TM	WM	MS
Triazine / Phenylharnstoffe	Atrazin	■	■	■	■	■	■
	Metoxuron	■	■	■	■	■	■
	Simazin	■	■	■	■	■	■
	Diuron	■	■	■	■	■	■
	Isoproturon	■	■	■	■	■	■
	Linuron	■	■	■	■	■	■
Chloracetanilide	Metazachlor	■	■	■	■	■	■
	Metolachlor	■	■	■	■	■	■
	Propachlor	■	■	■	■	■	■
Organophosphate	Diazinon	■	■	■	■	■	■
	Dimethoat	■	■	■	■	■	■

- sehr gut      höchste gemessene Konz. < 1/2 CQK
- gut          höchste gemessene Konz. ≥ 1/2 CQK und CQK ≤ 2x überschritten
- mässig      höchste gemessene Konz. ≥ CQK und CQK ≥ 3x überschritten
- unbefriedigend      CQK wird bei mehr als der Hälfte aller Probenahmen überschritten
- schlecht      höchste gemessene Konzentration ≥ AQK

Die Konzentrationsadditivitäten der drei wichtigsten Pestizidklassen (Triazine & Phenylharnstoffe; Chloracetanilide; Organophosphate) wurden mit dem **Risikoquotienten (RQ) nach Chèvre (2006)** [5] berechnet. Für das chronische Qualitätskriterium (CQK) lautet die Formel:

$$RQ_{\text{Mischung}} = \frac{\text{Konz}_i}{\text{CQK}_i} + \frac{\text{Konz}_j}{\text{CQK}_j} + \dots$$

Der Risikoquotient für das akute Qualitätskriterium (AKQ) wurde analog berechnet.

Aus den Konzentrationsadditivitäten ergibt sich in beiden Gewässern wie schon bei der Beurteilung nach Einzelstoffen bei den Monatsstichproben eine bessere Beurteilung als bei den andern beiden Methoden, weil kurzfristige Konzentrationsspitzen in den Monatsstichproben selten und nur zufällig erfasst werden. Im Furtbach führen bei den Tages- und Wochenmischproben wiederum die gemessenen Überschreitungen des AQK bei Propachlor und Diazinon in den jeweiligen Stoffgruppen zur Beurteilungsstufe „schlecht“ (Tab. 5).

**Tab. 5:** Belastungssituation der Wirkstoffgruppen in den beiden Gewässern berechnet für die drei Probenahmemethoden.

Konzentrationsadditivität	Furtbach			Glatt		
	TM	WM	MS	TM	WM	MS
Triazine / Phenylharnstoffe	gelb	gelb	grün	grün	grün	blau
Chloracetanilide	orange	rot	gelb	grün	grün	blau
Organophosphate	orange	rot	orange	gelb	orange	orange

- sehr gut      Chronischer Risikoquotient (RQC) < 0.5
- gut      RQC ≥ 0.5 und < 1
- mässig      RQC in mehr als 3 Probenahmen ≥ 1
- unbefriedigend      RQC in mehr als der Hälfte aller Probenahmen ≥ 1
- schlecht      Akuter Risikoquotient (RQA) ≥ 1

Beurteilungsschema AWEL 2006 [6]

### 3.6 Schlussfolgerungen

Vor allem im Furtbach wurden wie schon in früheren Jahren auch während der Messperiode 2007 zum Teil bedenklich hohe Pestizidbelastungen nachgewiesen (Mecoprop: 5.02 µg/l, Propachlor: 1.67 µg/l, beim stark toxischen Diazinon 0.22 µg/l, und beim ebenfalls sehr problematischen Irgarol-1051 0.09 µg/l).

Die Pestizide in den beiden Gewässern stammen aus verschiedenen Quellen:

- Viele in der Landwirtschaft eingesetzte Produkte lassen klare Applikationsphasen mit erhöhten Werten erkennen. Die Konzentrationsspitzen treten applikationsbedingt auf und sind nur begrenzt vorhersehbar. Die höchsten Konzentrationen wurden nicht bei erhöhten Abflüssen gemessen
- Die am häufigsten eingesetzten Herbizide wie Atrazin, Mecoprop und Abbauprodukte wie Desethylatrazin sind ubiquitär vorhanden und fast permanent in den Gewässern nachweisbar.
- Beide Gewässer weisen einen recht hohen Anteil an geklärtem Abwasser auf. Pestizideinträge aus Publikumsprodukten und Materialschutzmitteln aus dem Siedlungsgebiet dürften einen wesentlichen Anteil an der Pestizidfracht ausmachen. Bei diesen Stoffen sind keine Applikationsphasen wie bei landwirtschaftlichen Produkten erkennbar.
- Zum Teil ist die Herkunft der Stoffe noch nicht nachvollziehbar: Das Mückenrepellent DEET wurde auch ausserhalb der anzunehmenden Applikationszeit (Sommer) regelmässig nachgewiesen. Das Antifouling-Mittel Irgarol 1051 wurde im Furtbach fast während der ganzen Messperiode nachgewiesen.

Die verschiedenen Eintragsquellen der Pestizide und die fehlende Beziehung zwischen Konzentrationen und Abfluss lassen eine Modellierung und Beurteilung der Pestizidbelastung mit Hilfe der Abflussverhältnisse nicht zu. Zur Erfassung der Pestizidbelastung sind Langzeit-Messreihen notwendig.

Für eine Gesamtbeurteilung der Pestizidbelastung in der Glatt und im Furtbach reichen monatliche Stichproben aus, der Belastungsindex liefert dieselben Ergebnisse wie bei den andern beiden (aufwändigeren) Probenahmemethoden.

Kurzzeitige Spitzenbelastungen können mit den monatlichen Stichproben nicht oder nur zufällig erfasst werden. Auch mit Wochenmischproben können Spitzenbelastungen nicht exakt erfasst werden. Eine erhöhte Konzentration in einer Wochenmischprobe gibt noch keine Auskunft über die maximal erreichten Konzentrationen im Abfluss.

Die Erfassung von kurzfristigen und seltenen Ereignissen gelingt nur mit der Entnahme von Tagesmischproben. Da die Pestizidkonzentrationen im Furt-

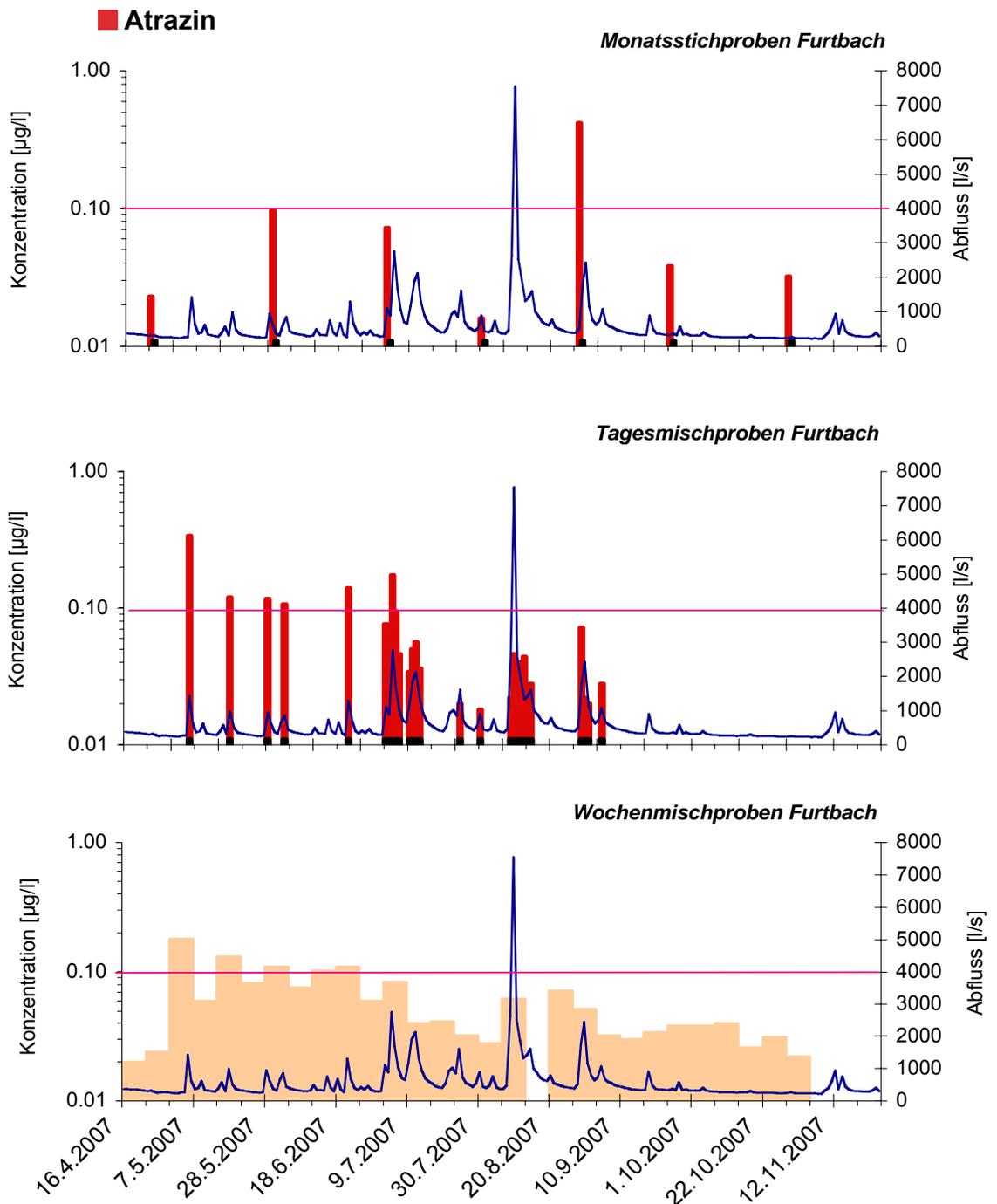
bach und in der Glatt zum grossen Teil abflussunabhängig sind und hohe Belastungen zu nicht vorhersehbaren Zeiten auftreten, dürfte sich die Entnahme von Tagesmischproben nicht nur auf Phasen mit erhöhtem Abfluss beschränken, sondern müsste regelmässig und in kurzen Abständen durchgeführt werden. Der Aufwand für eine derartige Pestizidüberwachung wäre sehr hoch.

#### 4. LITERATUR

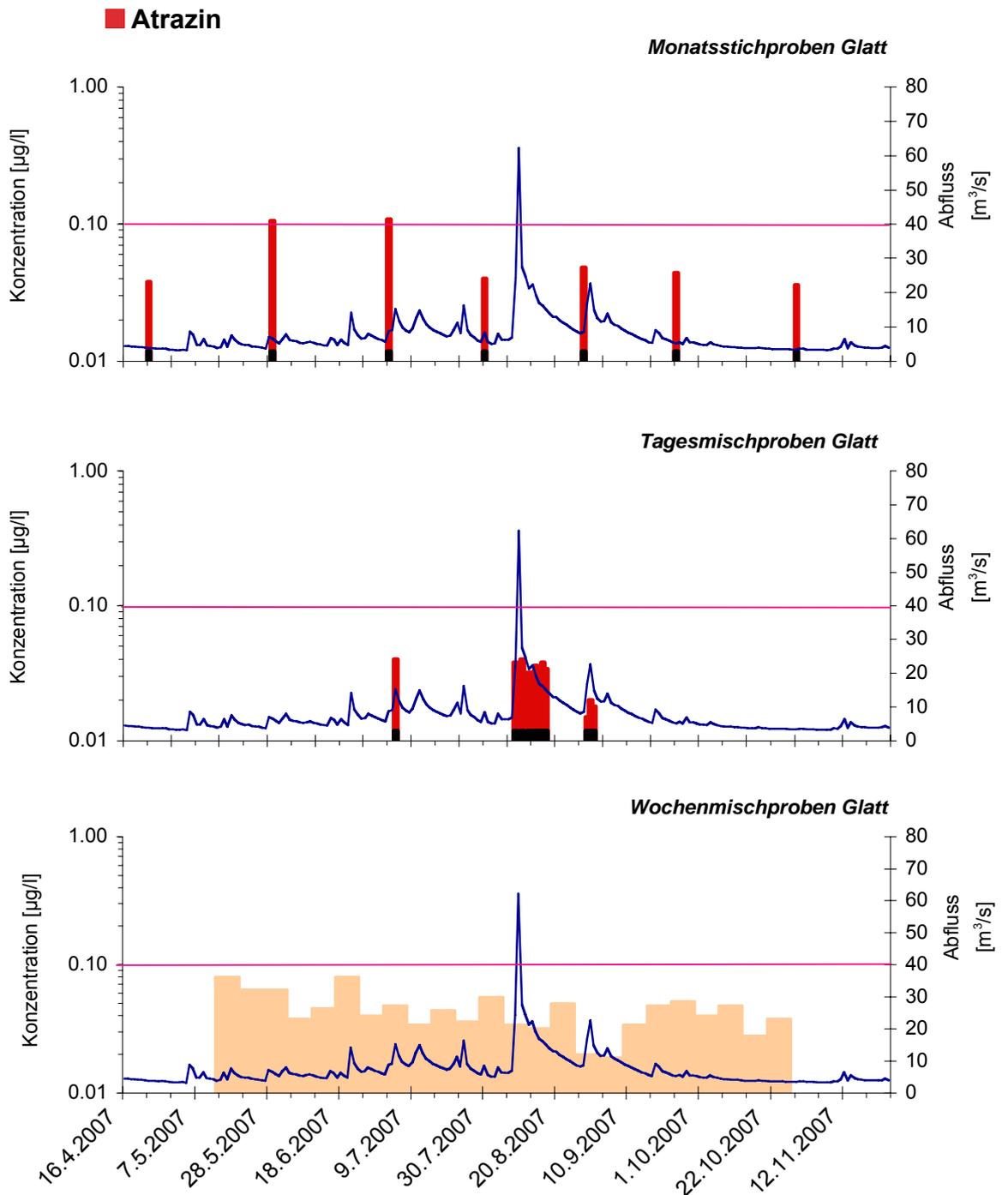
- [1] Balsiger, C. (2007): Gewässerbelastung durch Pestizide. GWA 3 / 2007; 177-185.
- [2] AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Baudirektion Zürich (2004): Pestizide in Fliessgewässern des Kantons Zürich - Auswertungen der Untersuchungen von 1999 bis 2003
- [3] Stamm, C. (2006): Monitoring von Pestizidbelastungen in Schweizer Oberflächengewässern. GWA 8 / 2006; 629 - 636.
- [4] Ochsenbein, U. (2007): Kritische Belastungen bei Regenwetter - Untersuchungen der Pestizidgehalte eines kleinen Fliessgewässers am Beispiel des Seebachs. GSA Informationsbulletin 2 / 2007; 8 - 15.
- [5] Chèvre, N. (2004): Pestizide in Schweizer Oberflächengewässern - Wirkungsbasierte Qualitätskriterien. GWA 4 / 2006; 297 - 307.
- [6] AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Baudirektion Zürich (2006): Wasserqualität der Seen, Fliessgewässer und des Grundwassers im Kanton Zürich - Statusbericht 2006.
- [7] Regionalplanung Zürich und Umgebung (RZU). [www.rzu.ch](http://www.rzu.ch).

## 5. ANHANG

### Messresultate Triazine & Phenylharnstoffe

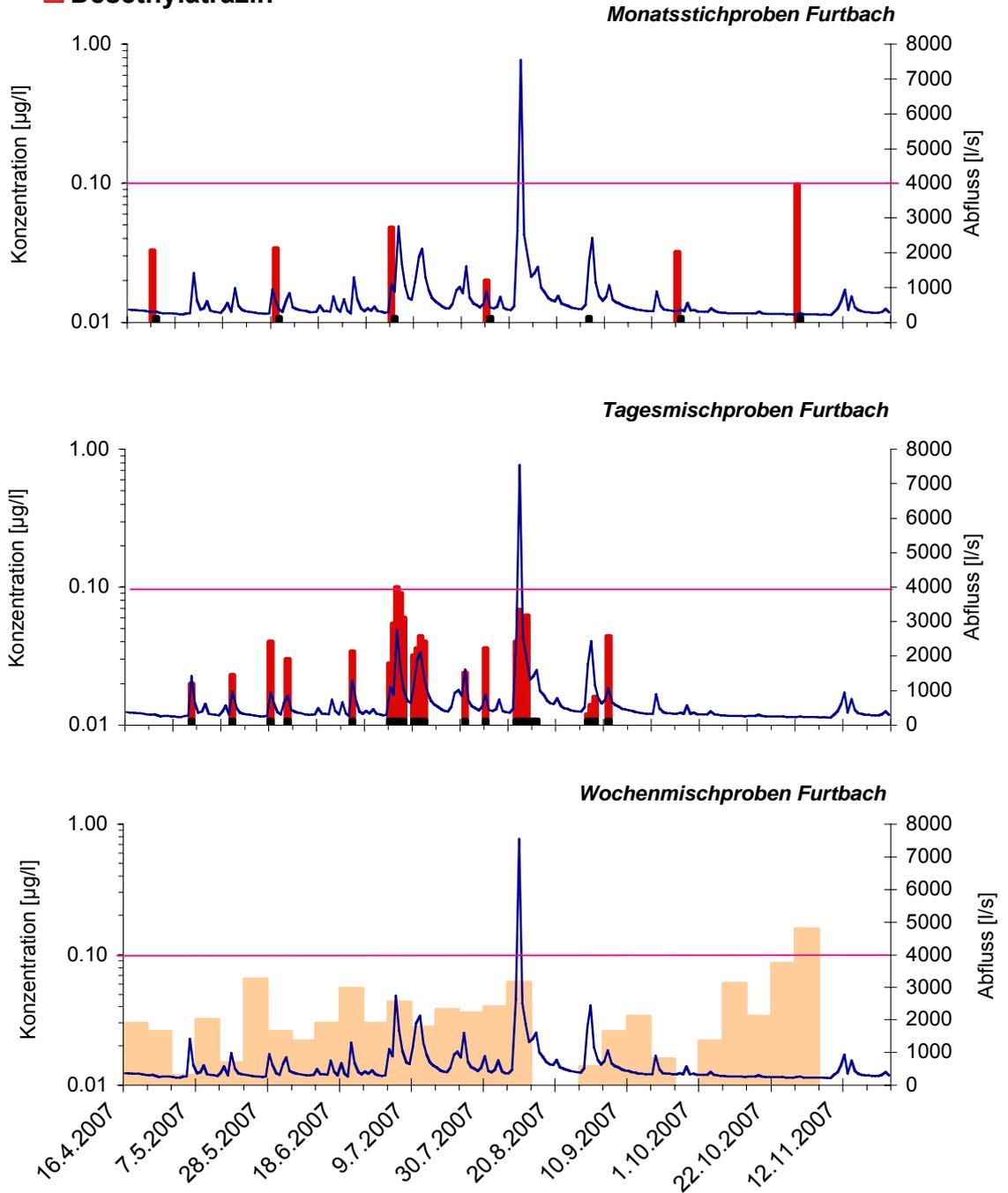


Atrazin			
<b>Substanzklasse</b>	Triazin	<b>ZV LAWA</b>	-
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	1.8 µg/l
<b>Einsatzgebiet</b>	Mais	<b>AKQ</b>	15 µg/l



Atrazin wurde in sämtlichen untersuchten Proben nachgewiesen. Die Konzentrationen stiegen zu Beginn der Applikationsperiode im April an und waren danach in beiden Gewässern während der ganzen Messperiode recht konstant und abflussunabhängig. Die Qualitätsanforderung der GSchV von  $0.1 \mu\text{g/l}$  wurde vor allem im Furtbach mehrmals überschritten.

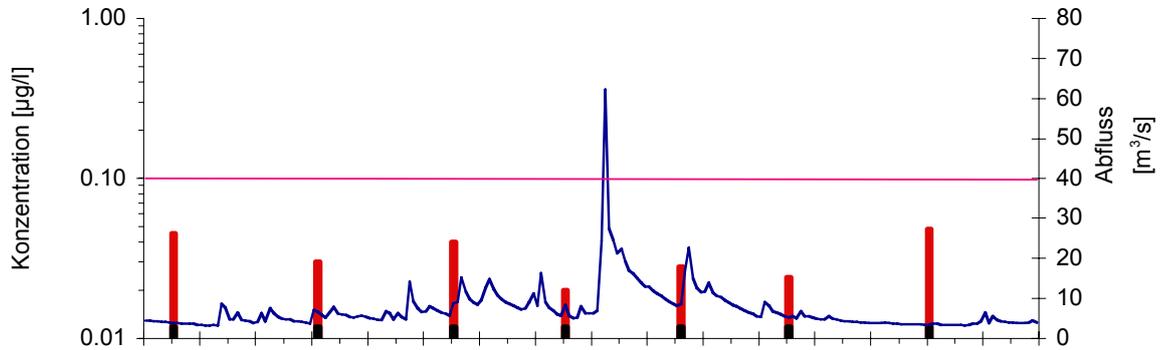
■ Desethylatrazin



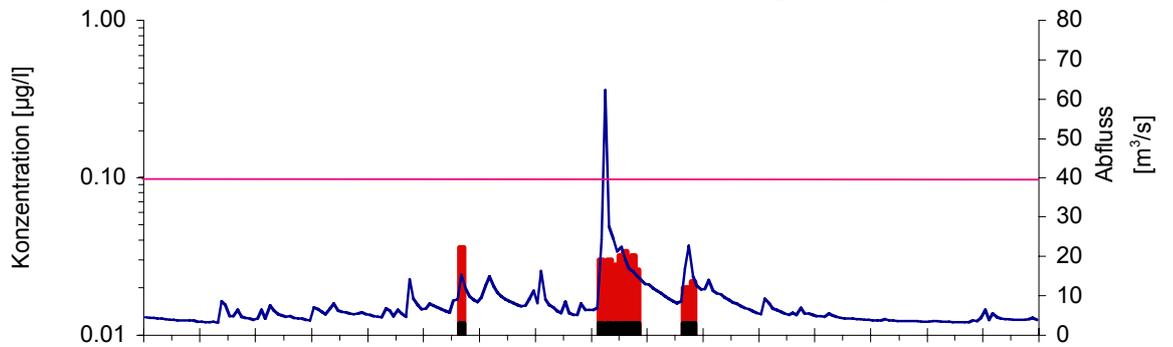
Desethylatrazin			
<b>Substanzklasse</b>	Triazin	<b>ZV LAWA</b>	-
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Abbauprodukt von Atrazin	<b>AKQ</b>	-

■ Desethylatrazin

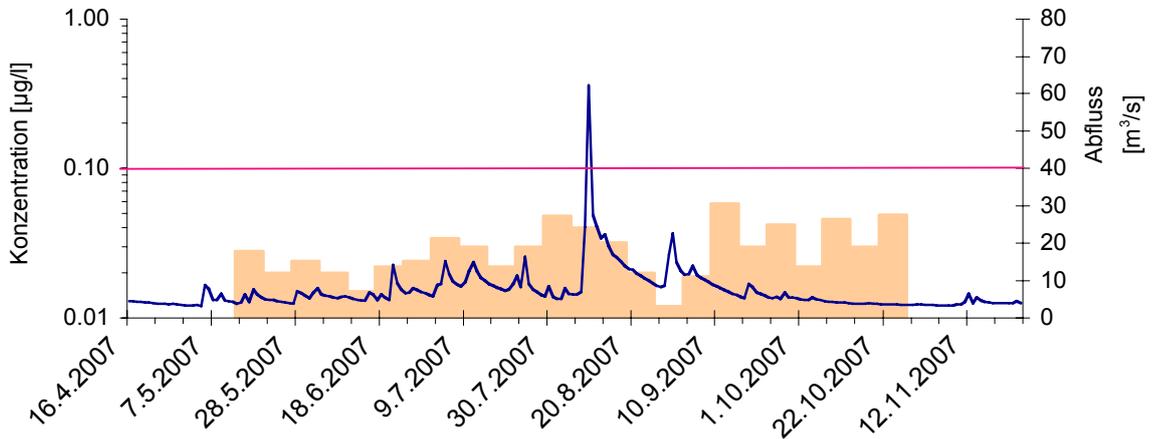
Monatsstichproben Glatt



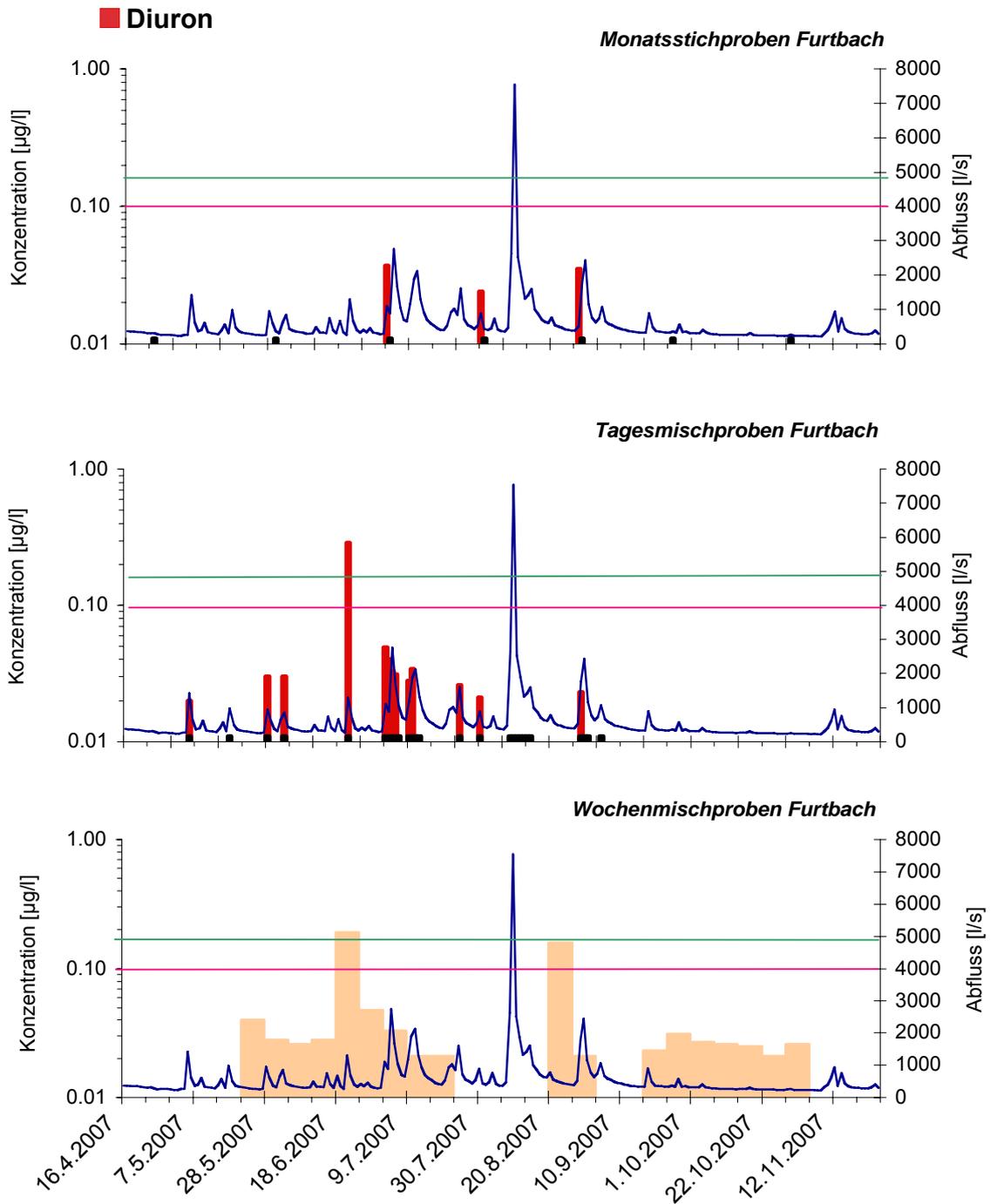
Tagesmischproben Glatt



Wochenmischproben Glatt



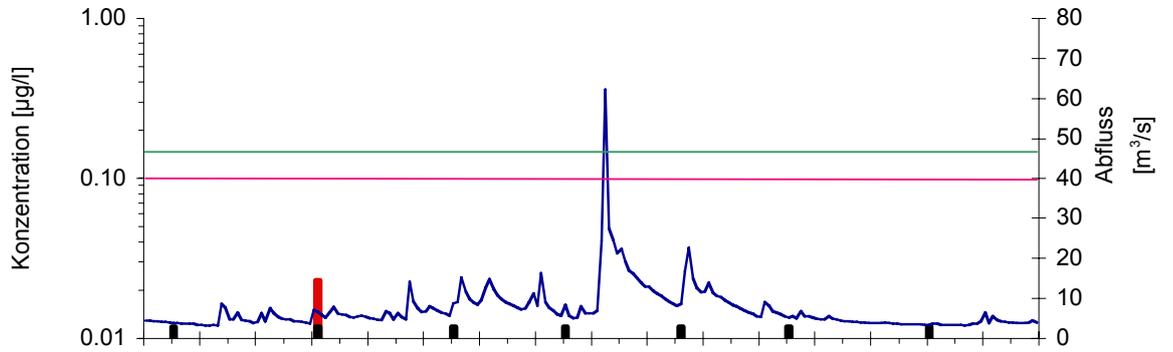
Desethylatrazin wurde in sämtlichen Proben gefunden. Erwartungsgemäss unterliegen die Konzentrationen dieses Atrazin- Abbauprodukts kaum saisonalen Schwankungen. Die Qualitätsanforderung von 0.1 µg/l wurde im Furtbach am Ende der Messperiode einmal überschritten.



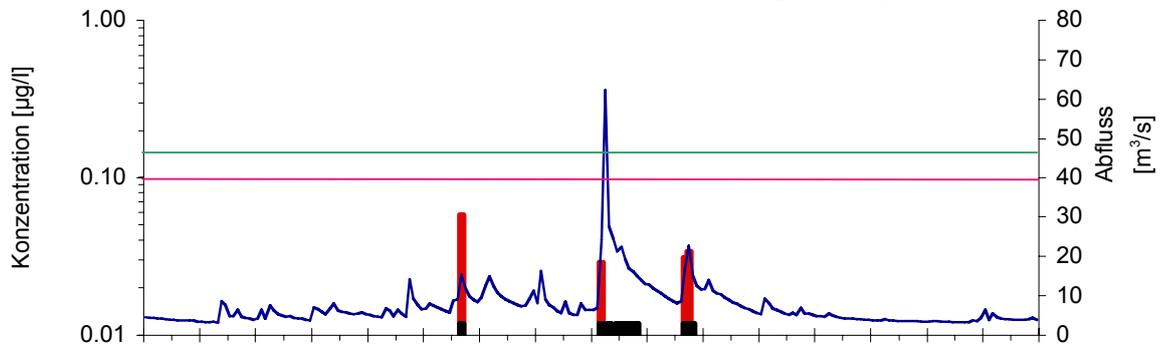
Diuron			
<b>Substanzklasse</b>	Phenylharnstoff	<b>ZV LAWA</b>	0.05 µg/l
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	0.15 µg/l
<b>Einsatzgebiet</b>	Obst, Reben, Spargel, Baumaterialien	<b>AQK</b>	1.3 µg/l

■ Diuron

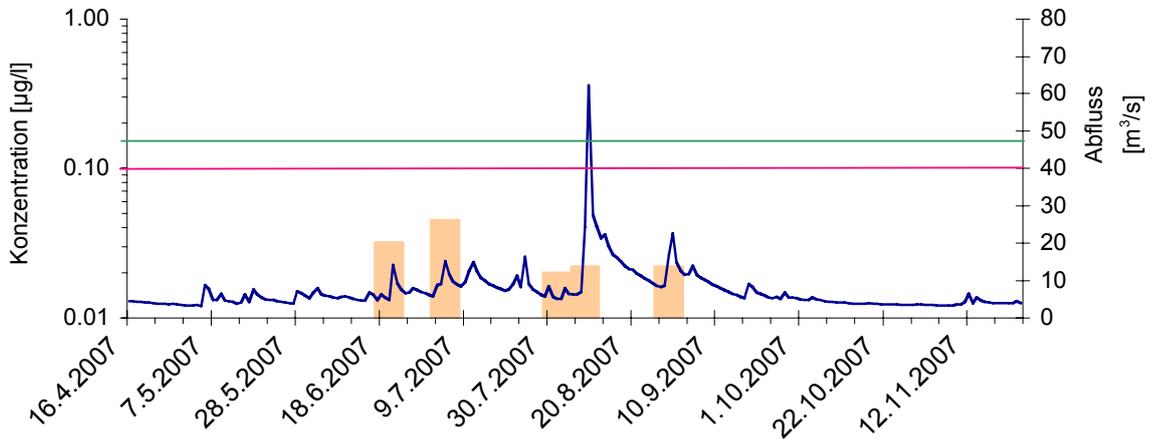
Monatsstichproben Glatt



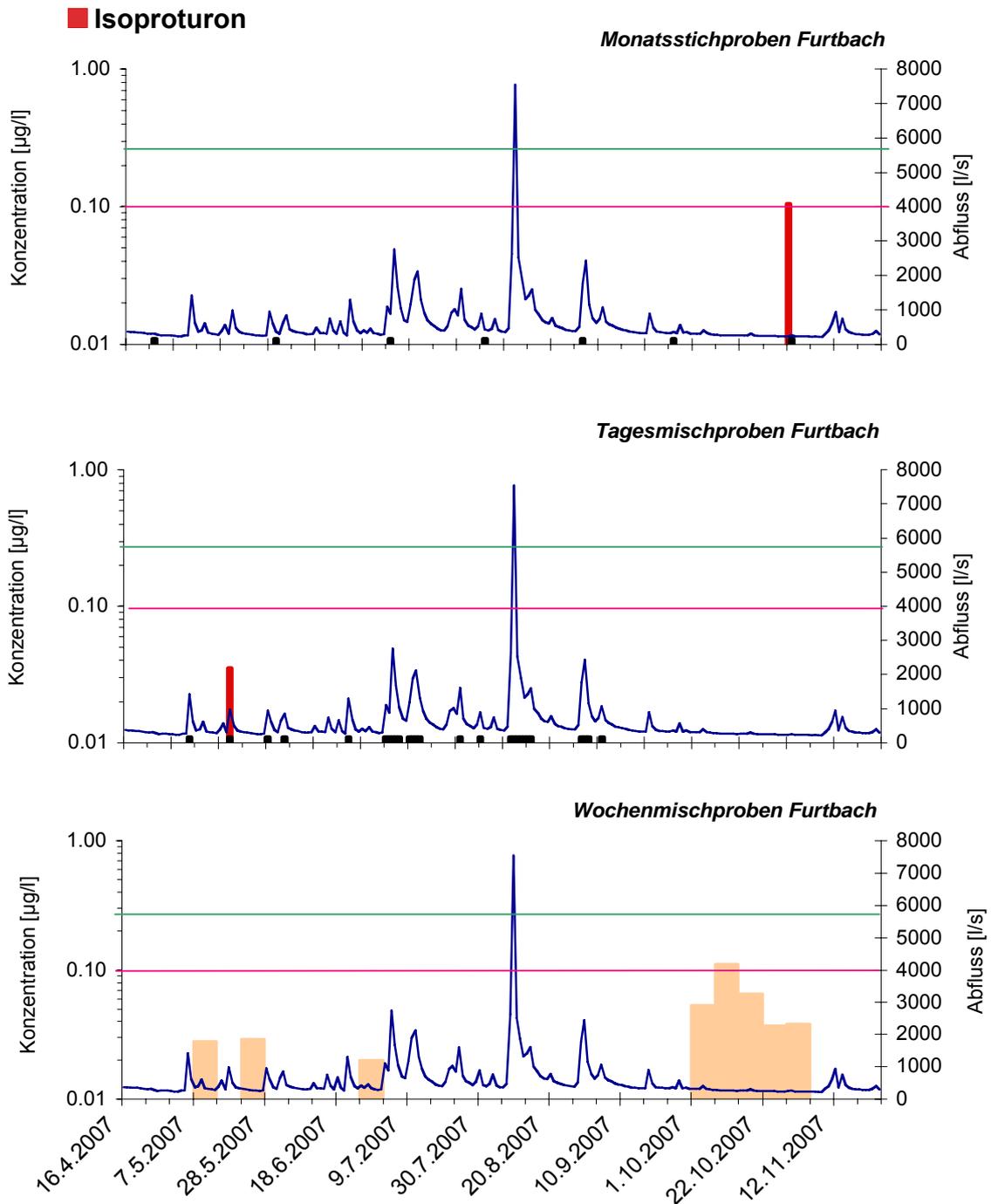
Tagesmischproben Glatt



Wochenmischproben Glatt



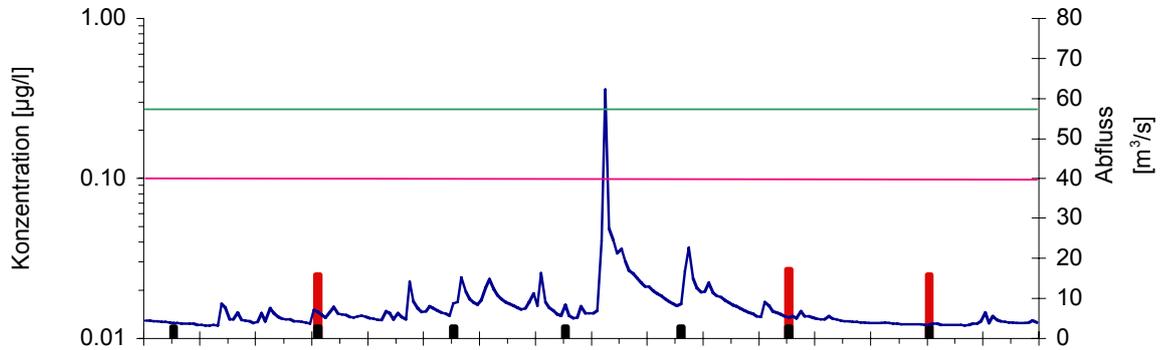
Diuron trat in beiden Gewässern regelmässig und unabhängig vom Abfluss in Konzentrationen um 0.02 bis 0.03 µg/l auf. Im Furtbach fallen bei den Wochenmischproben zwei Applikationsphasen von Juni bis Juli und September bis November auf, in denen das CQK (0.15µg/l) je einmal überschritten wurde.



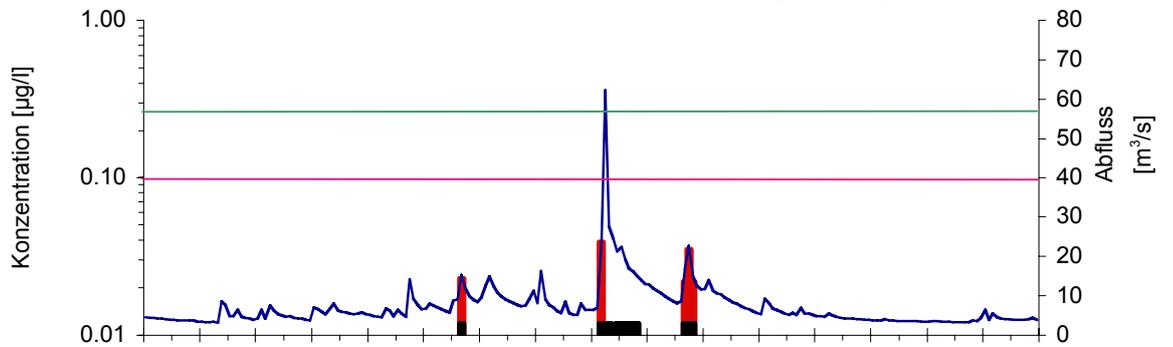
Isoproturon			
<b>Substanzklasse</b>	Phenylharnstoff	<b>ZV LAWA</b>	0.3 µg/l
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	0.27 µg/l
<b>Einsatzgebiet</b>	Wintergetreide	<b>AQK</b>	2.2 µg/l

**■ Isoproturon**

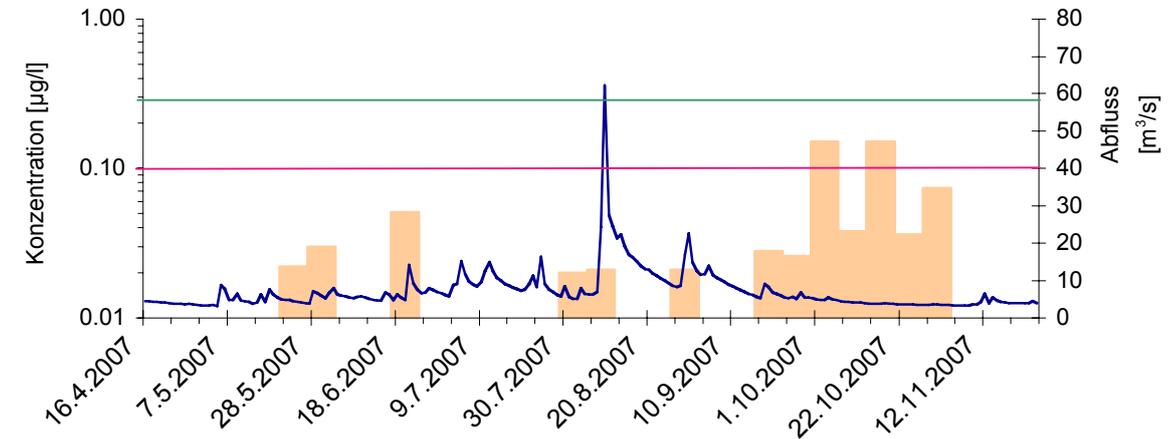
*Monatsstichproben Glatt*



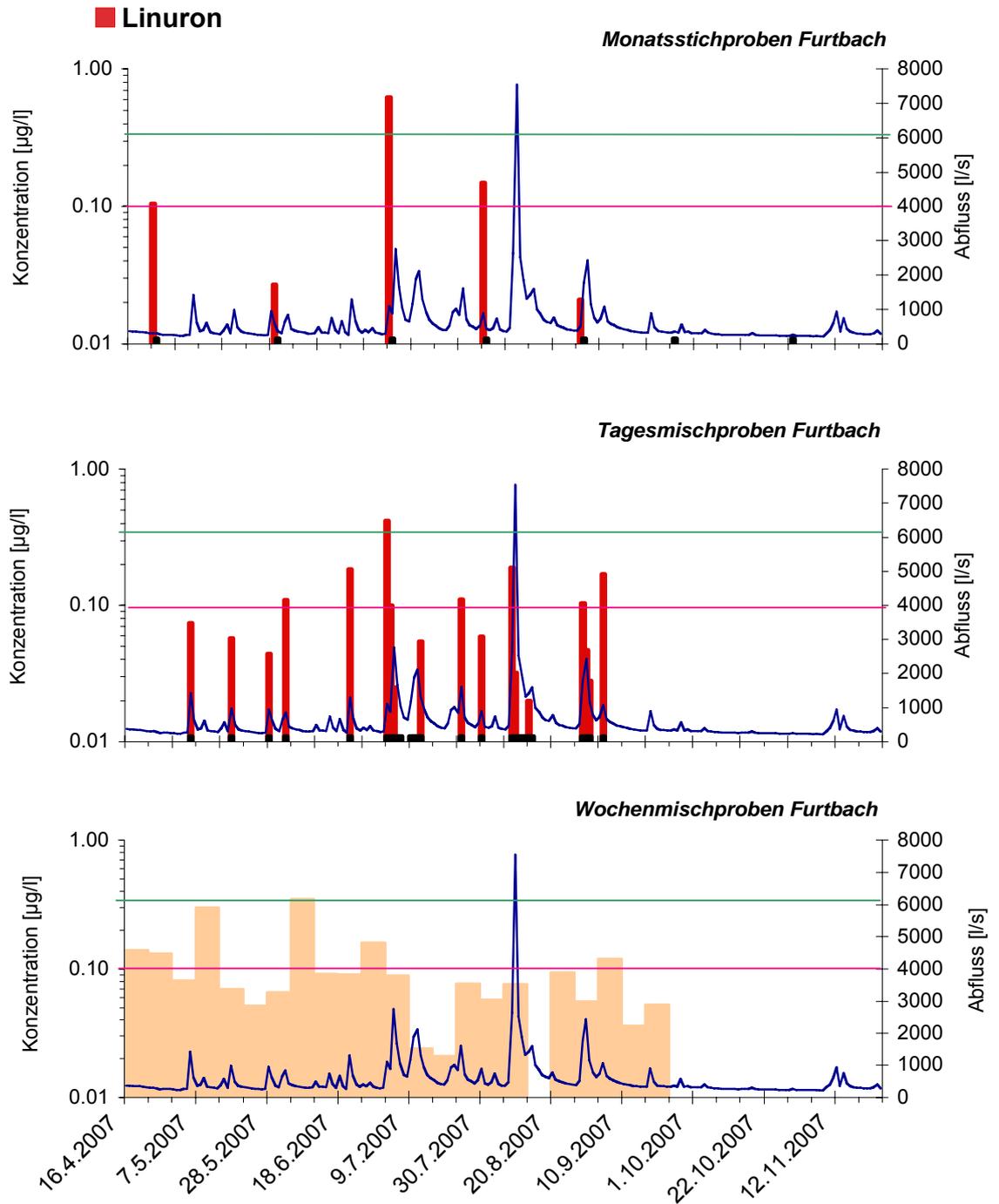
*Tagesmischproben Glatt*



*Wochenmischproben Glatt*



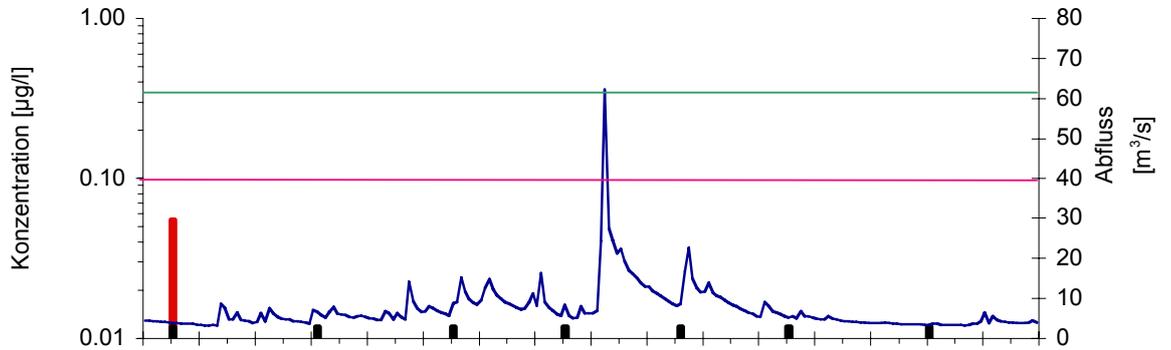
Isoproturon wurde vor allem im Herbst in grösseren Konzentrationen nachgewiesen, die in der Glatt zweimal und im Furtbach einmal die Qualitätsanforderung von 0.1 µg/l überschritten. In den Frühlingsmonaten wurden in beiden Gewässern geringere Konzentrationen festgestellt. Der Konzentrationsverlauf spiegelt die zwei Applikationsschwerpunkte (Frühling und Herbst) wieder.



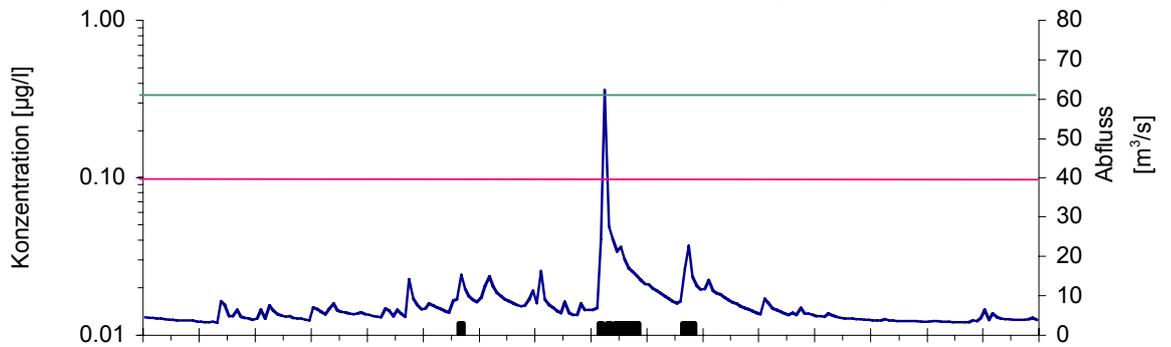
Linuron			
<b>Substanzklasse</b>	Phenylharnstoff	<b>ZV LAWA</b>	0.3 µg/l
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	0.32 µg/l
<b>Einsatzgebiet</b>	Mais, Kartoffeln, Bohnen, Soja	<b>AQK</b>	2.6 µg/l

**Linuron**

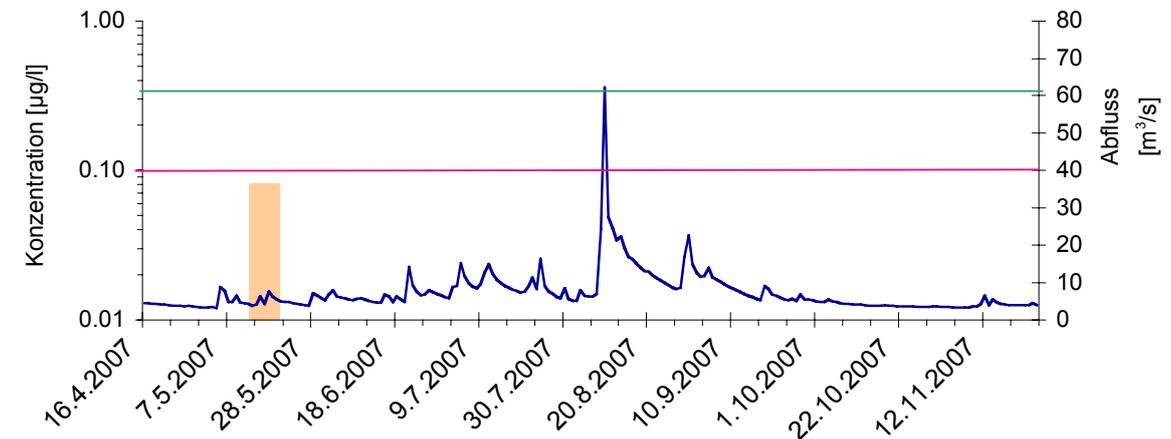
*Monatsstichproben Glatt*



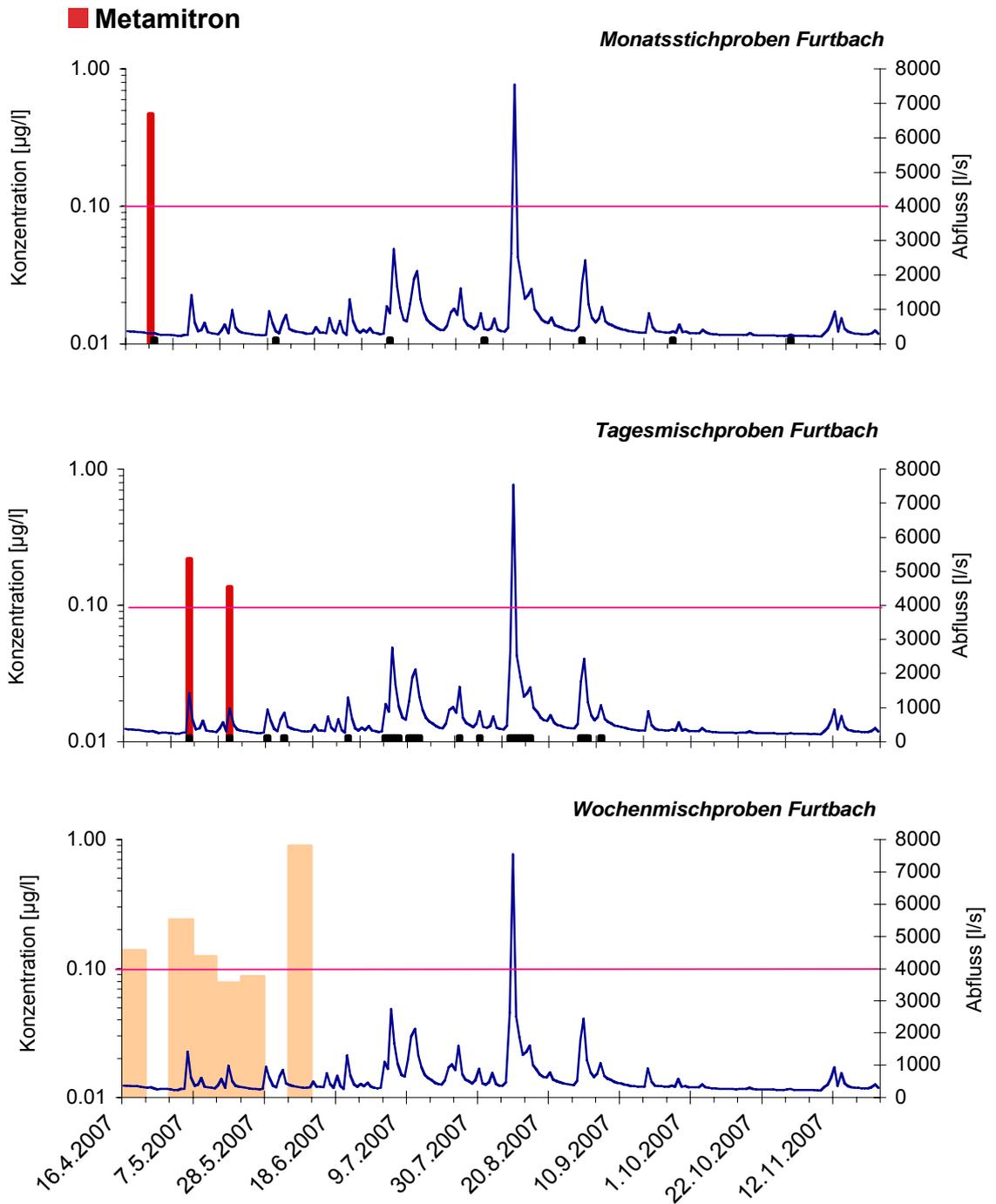
*Tagesmischproben Glatt*



*Wochenmischproben Glatt*



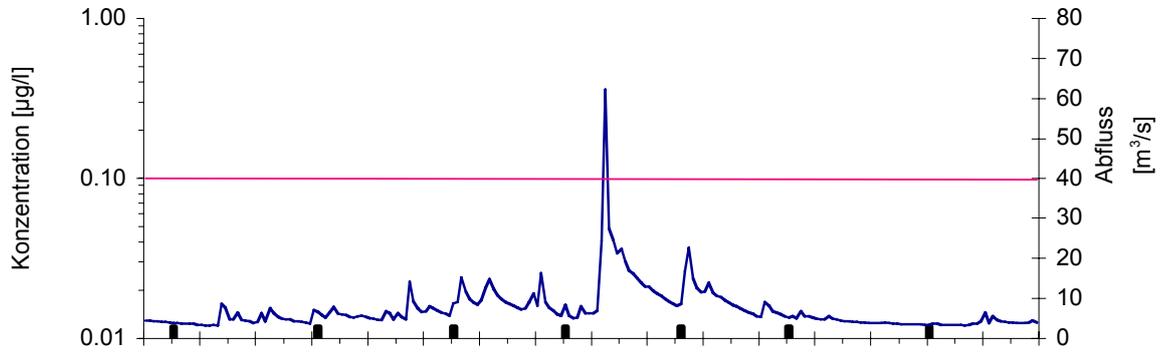
Das im Gemüseanbau eingesetzte Linuron erscheint fast ausschliesslich in den Proben vom Furtbach. Die Konzentrationen bewegen sich hier sehr häufig nahe an der Qualitätsanforderung von 0.1 µg/l und überschreiten diesen Wert auch mehrmals. Das CQK von 0.32 µg/l wird einmal knapp überschritten. Ende September fallen die Konzentrationen rasch unter die Nachweisgrenze. In der Glatt wurde das Herbizid nur zweimal im Frühling nachgewiesen.



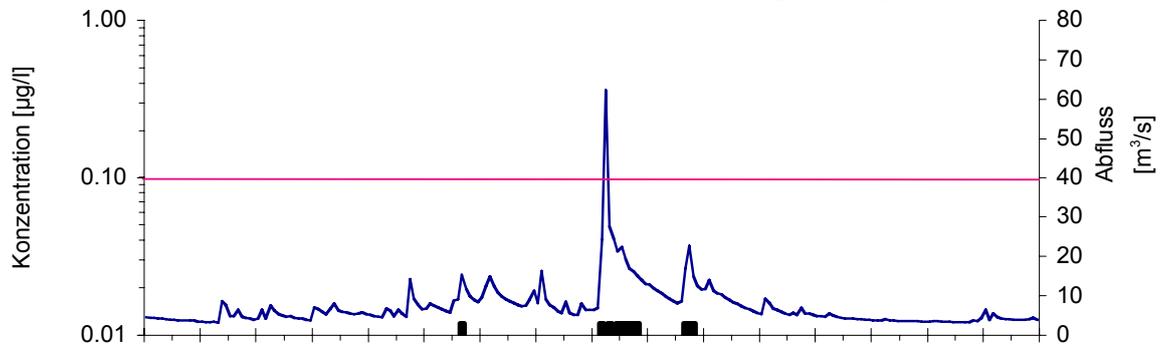
Metamitron			
<b>Substanzklasse</b>	Triazin	<b>ZV LAWA</b>	-
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Zucker- und Futterrüben	<b>AQK</b>	-

**Metamitron**

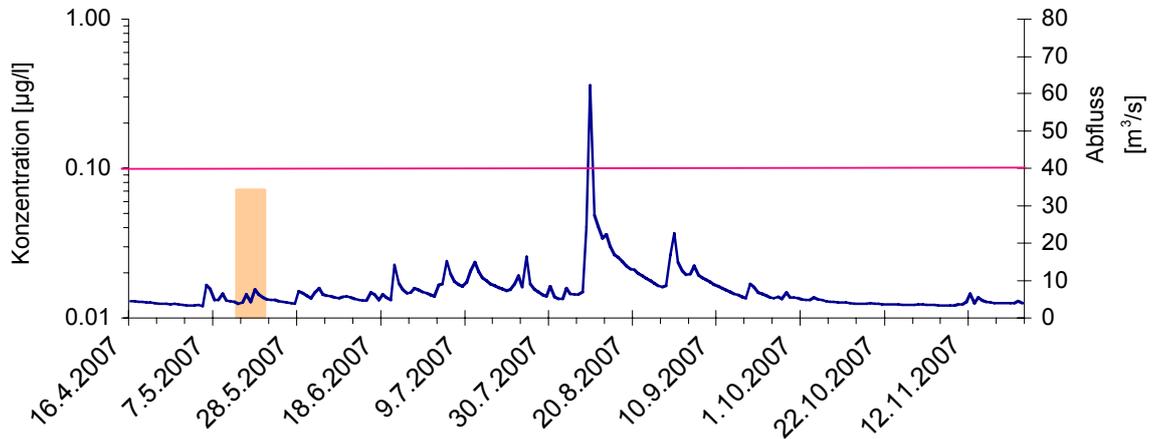
*Monatsstichproben Glatt*



*Tagesmischproben Glatt*

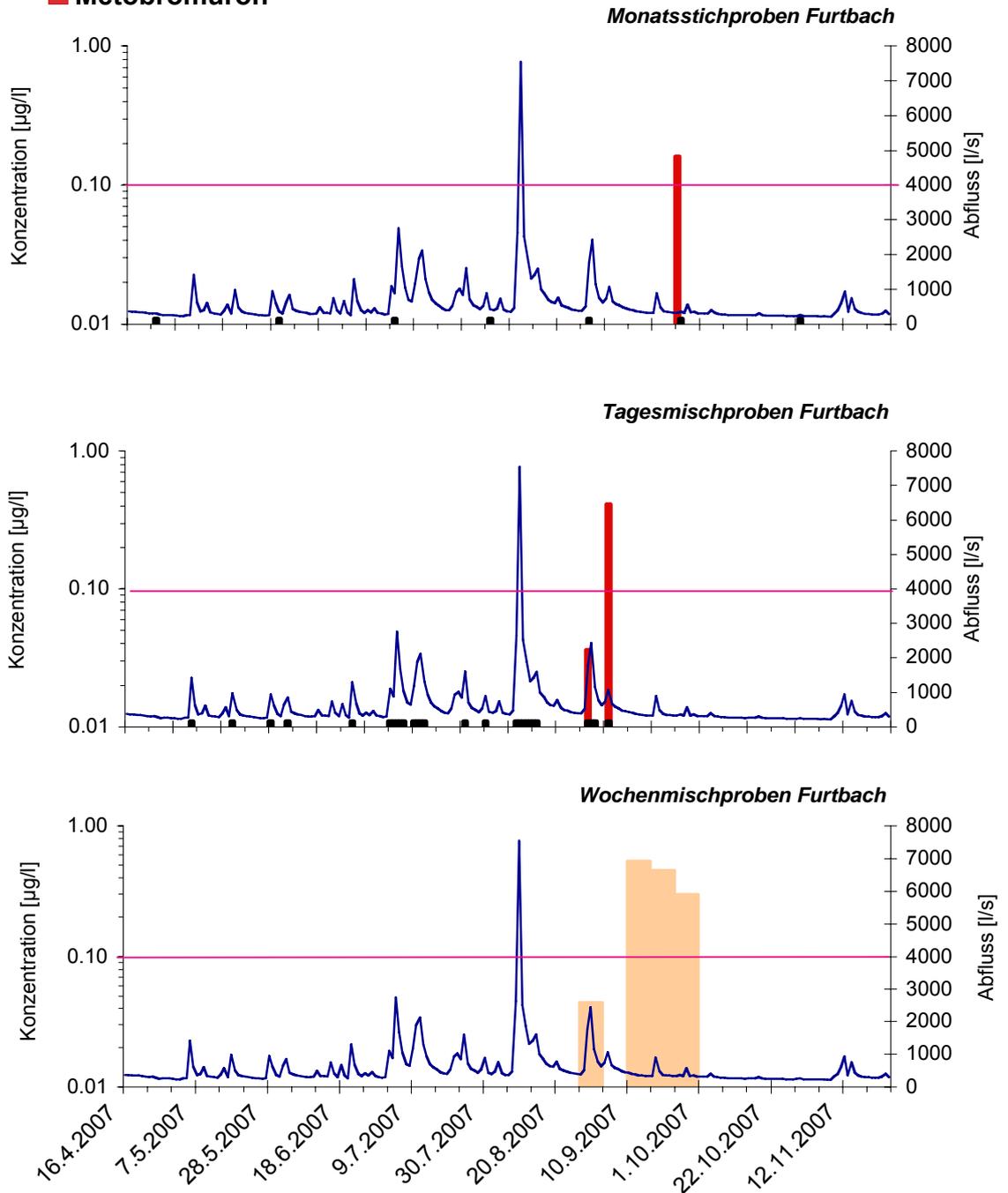


*Wochenmischproben Glatt*



Metamitron wurde ausschliesslich in den Monaten April bis Juni nachgewiesen, im Furtbach mehrmals in Konzentrationen  $>0.1 \mu\text{g/l}$ . In der Glatt wurde dieses im Rübenaubau eingesetzte Herbizid nur einmal gefunden.

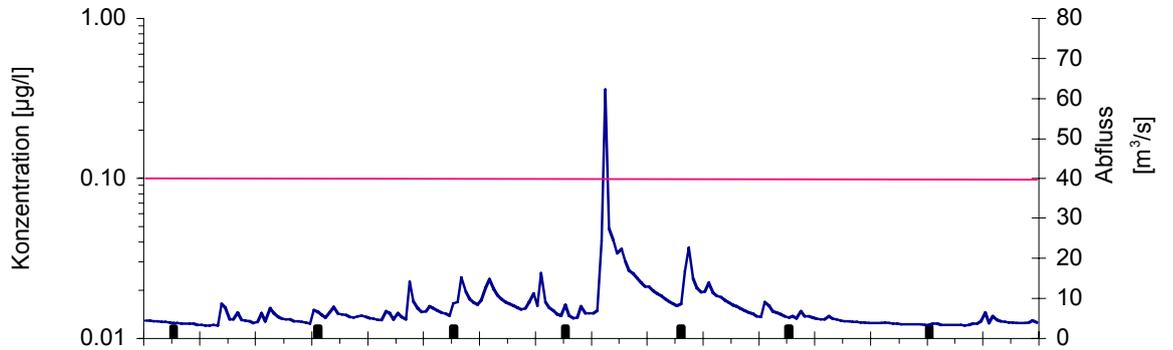
■ **Metobromuron**



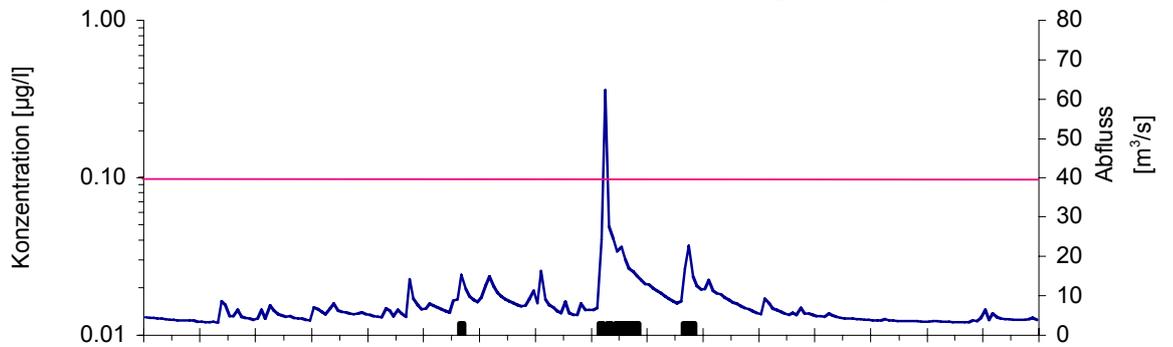
<b>Metobromuron</b>			
<b>Substanzklasse</b>	Phenylharnstoff	<b>ZV LAWA</b>	-
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Feldsalat, Kartoffeln	<b>AQK</b>	-

■ **Metobromuron**

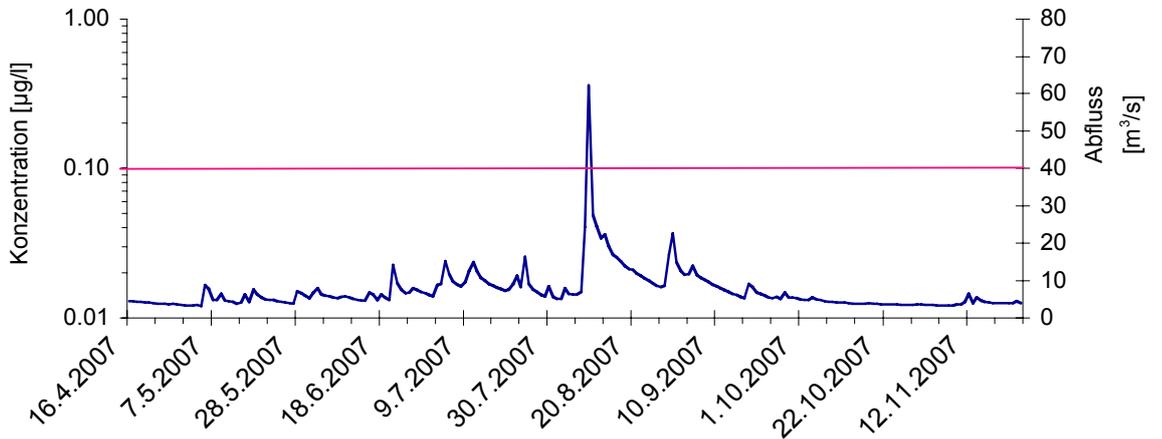
*Monatsstichproben Glatt*



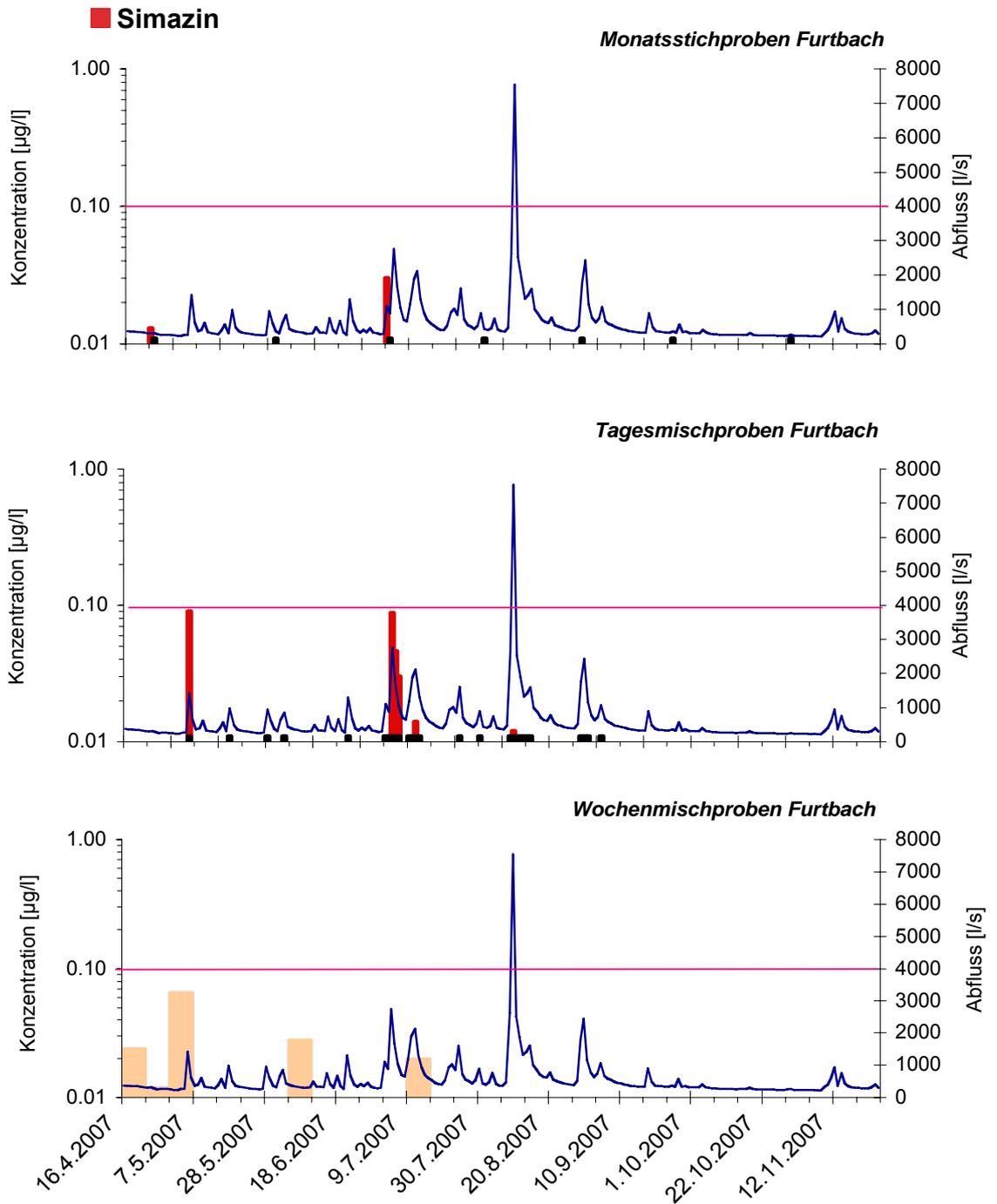
*Tagesmischproben Glatt*



*Wochenmischproben Glatt*



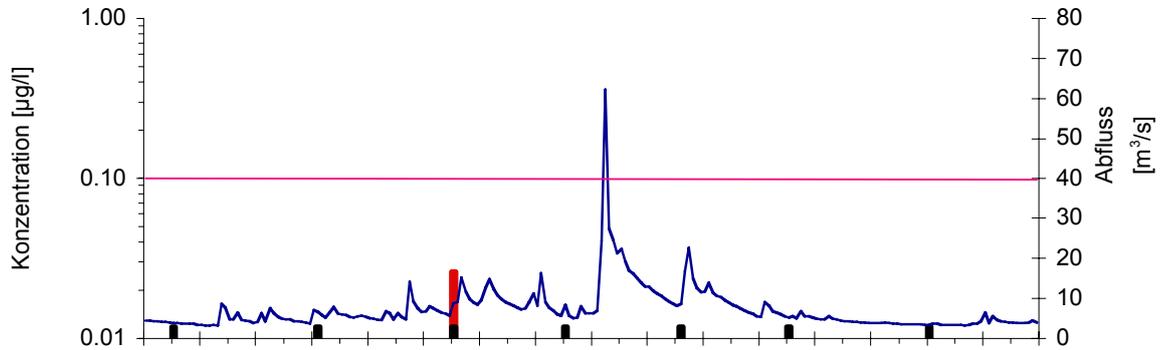
Metobromuron wurde im Furtbach von Ende August bis Mitte Oktober nachgewiesen und lag meist über der Qualitätsanforderung von 0.1 µg/l. In der Glatt wurde dieses Herbizid nicht nachgewiesen.



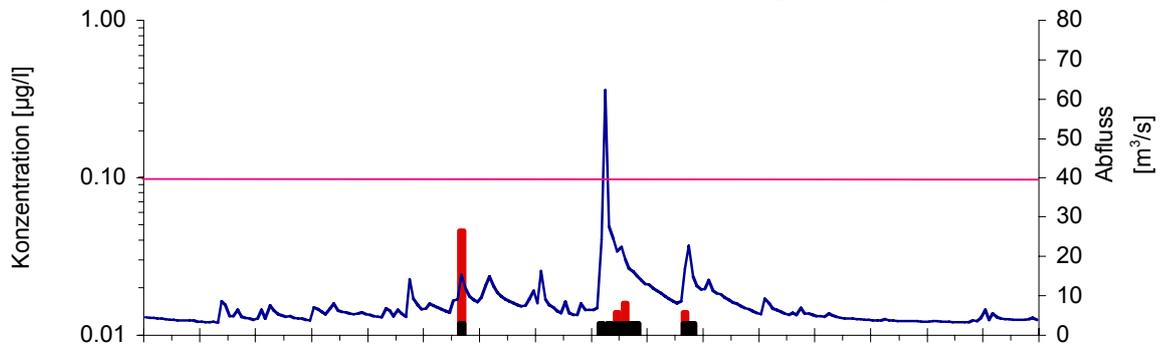
<b>Simazin</b>			
<b>Substanzklasse</b>	Triazin	<b>ZV LAWA</b>	0.1 µg/l
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	2.8 µg/l
<b>Einsatzgebiet</b>	Kernobst, Gemüse, Beeren, Mais	<b>AQK</b>	23 µg/l

■ Simazin

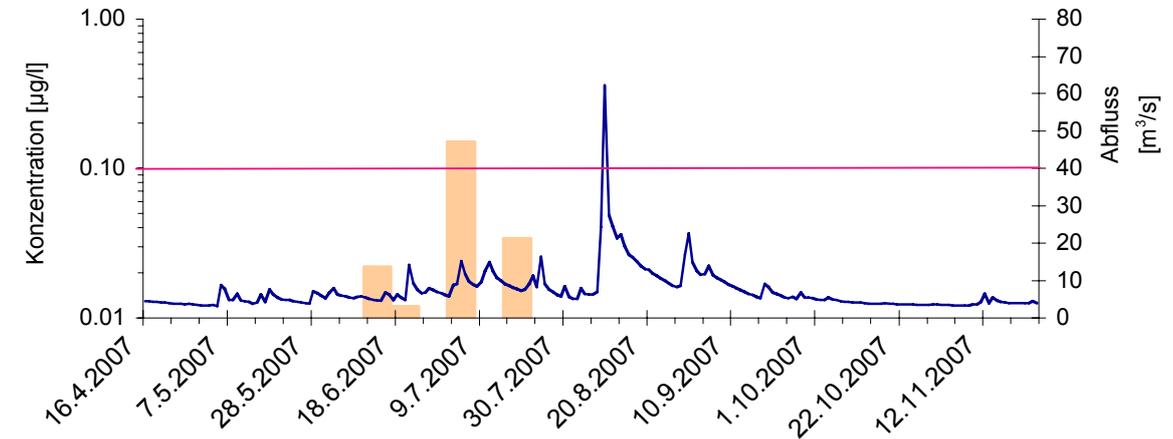
Monatsstichproben Glatt



Tagesmischproben Glatt

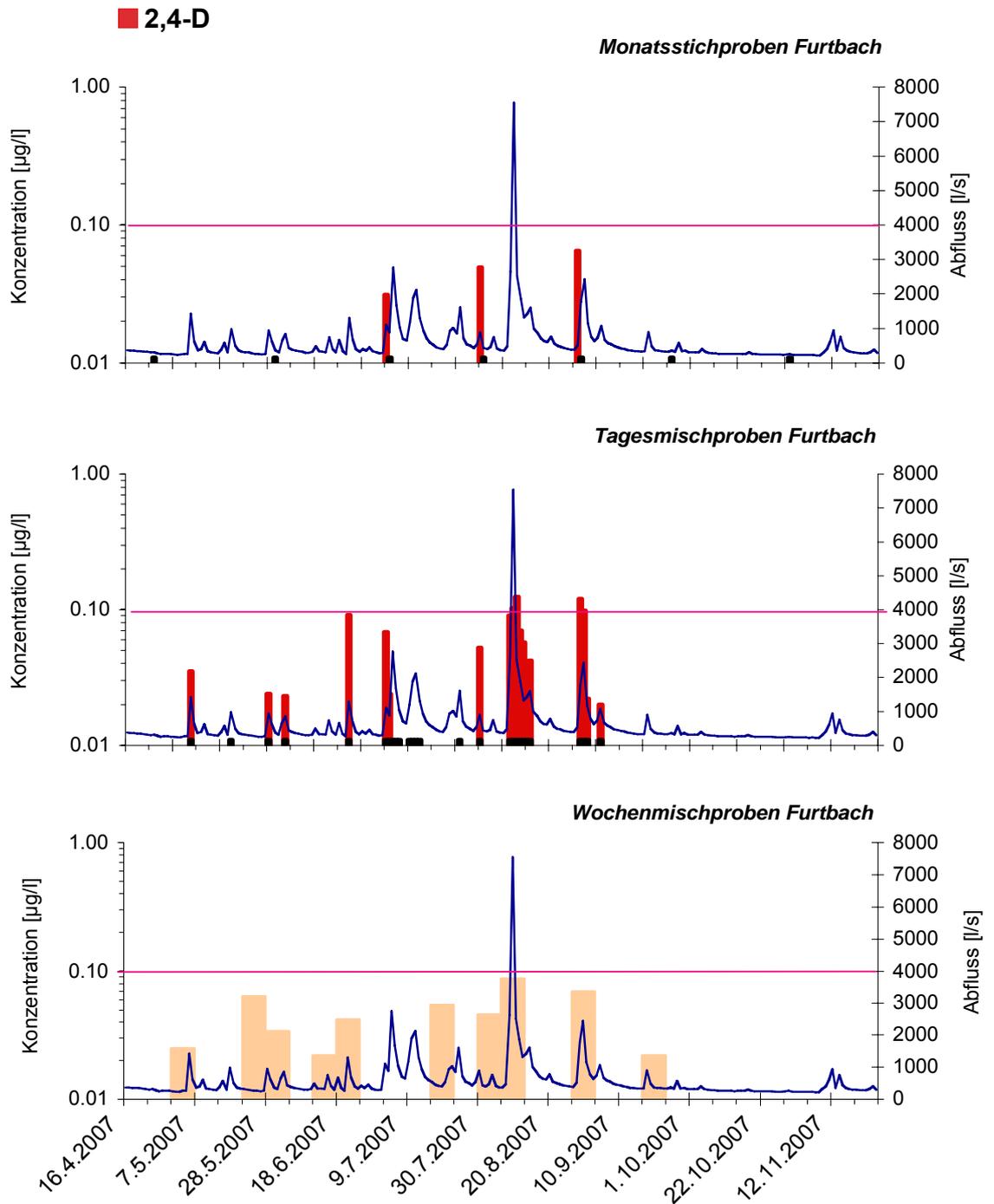


Wochenmischproben Glatt

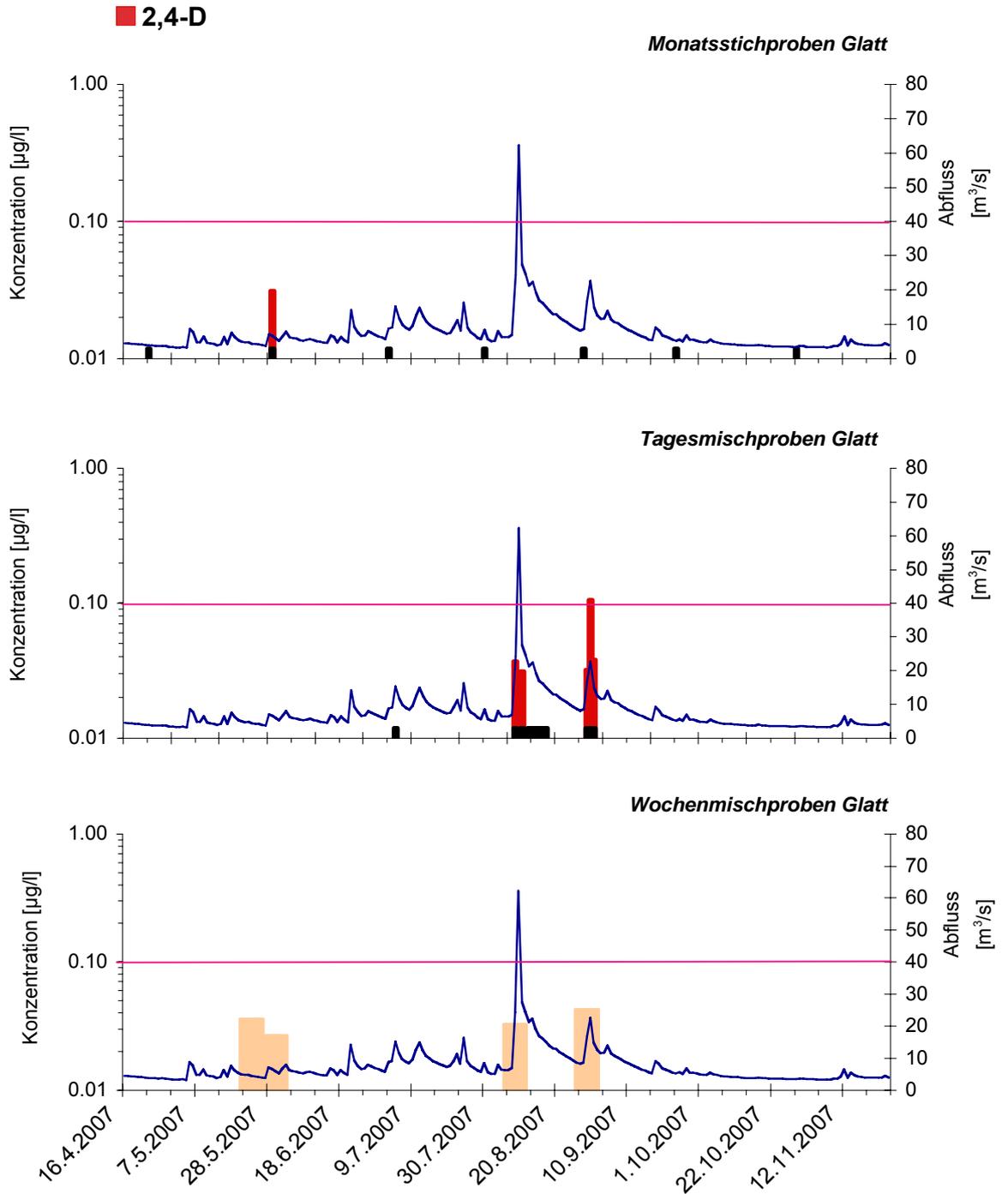


Simazin weist im Furtbach eine deutlich saisonale Charakteristik mit Applikationsschwerpunkt im Frühling / Sommer auf. Die Qualitätsanforderung der GSchV (0.1 µg/l) wurde in der Glatt einmal überschritten.

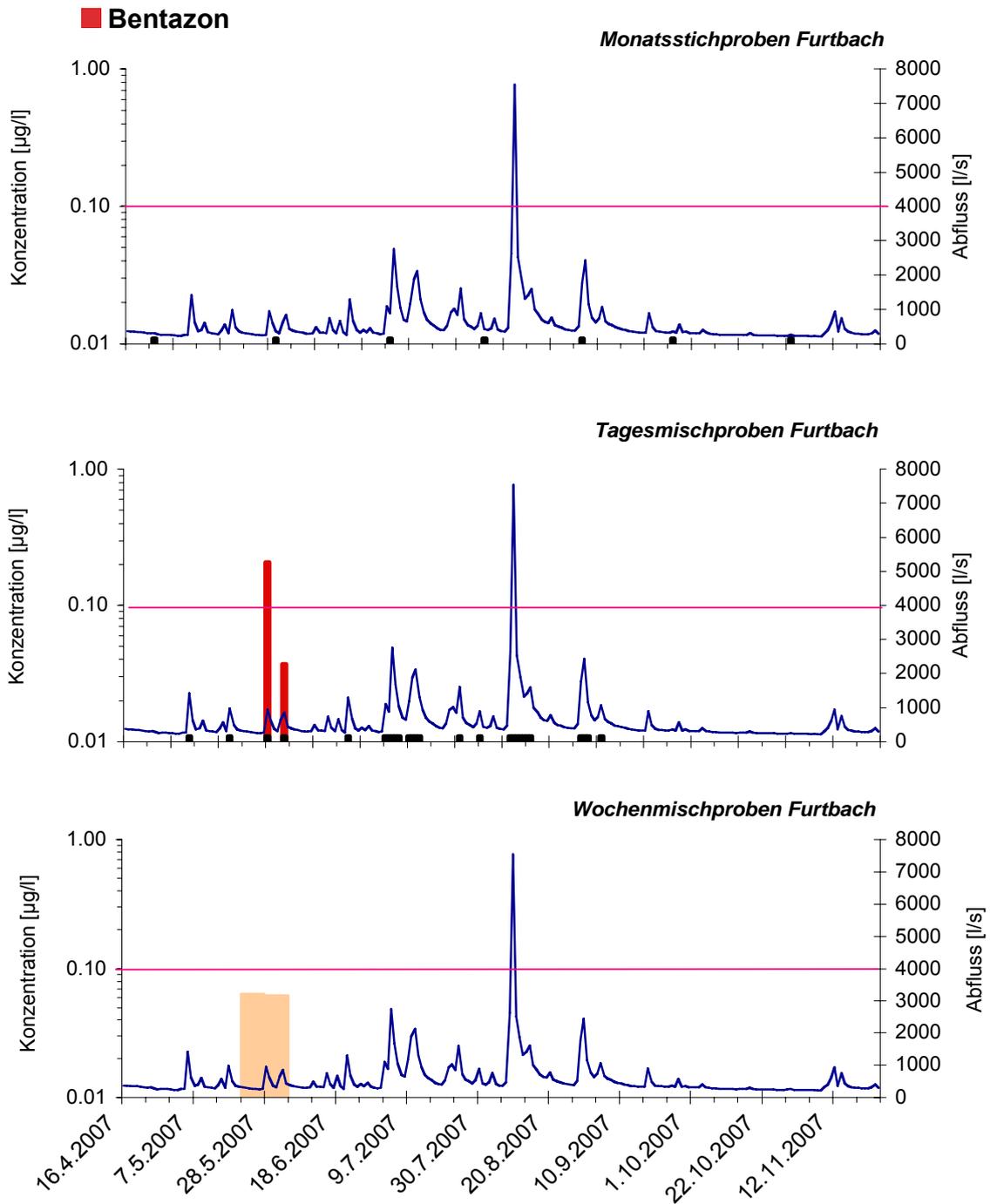
## Messresultate Phenoxy-carbonsäuren



<b>2,4-D</b>			
<b>Substanzklasse</b>	Phenoxy-carbonsäure	<b>Grenzwert LAWA</b>	2.0 µg/l
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Mais, Getreide	<b>AQK</b>	-



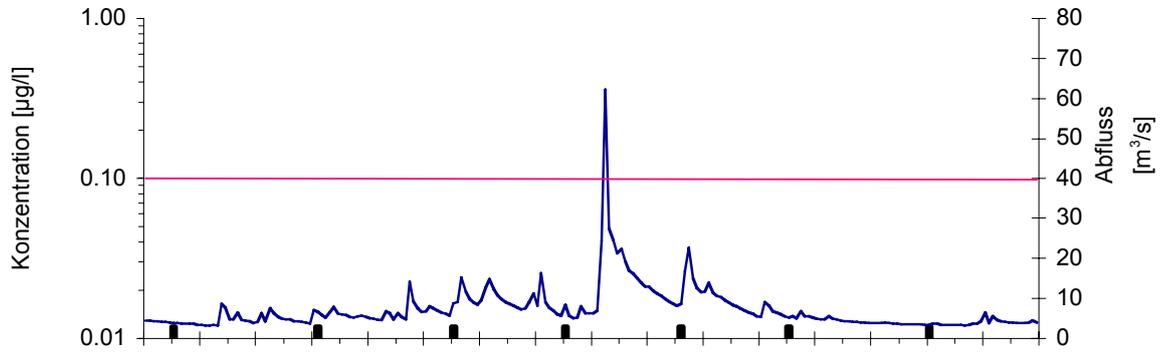
2,4-D (2,4-Dichlorphenoxyessigsäure) wurde in beiden Gewässern vor allem während Hochwasserabflüssen in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen. Konzentrationen knapp über  $0.1 \mu\text{g/l}$  wurden im Furtbach zweimal und in der Glatt einmal im August erreicht.



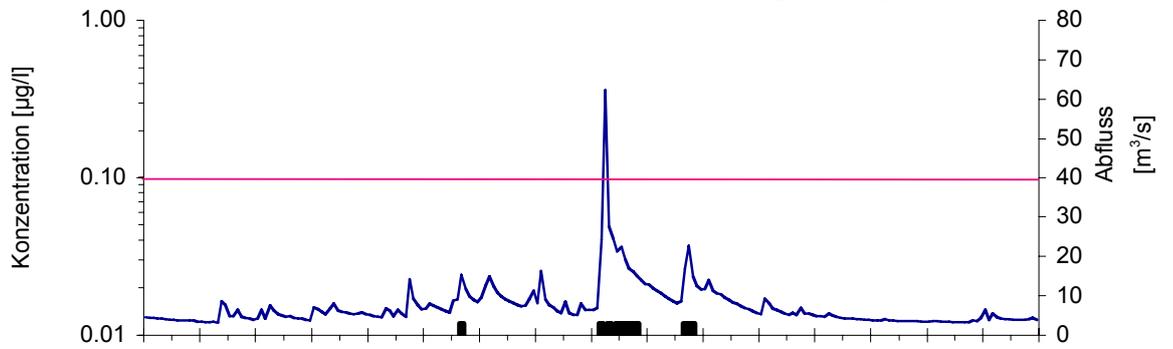
<b>Bentazon</b>			
<b>Substanzklasse</b>	Saures Herbizid	<b>ZV LAWA</b>	70 $\mu\text{g/l}$
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Mais, Wiesen, Kartoffeln, Erbsen, Soja	<b>AQK</b>	-

**Bentazon**

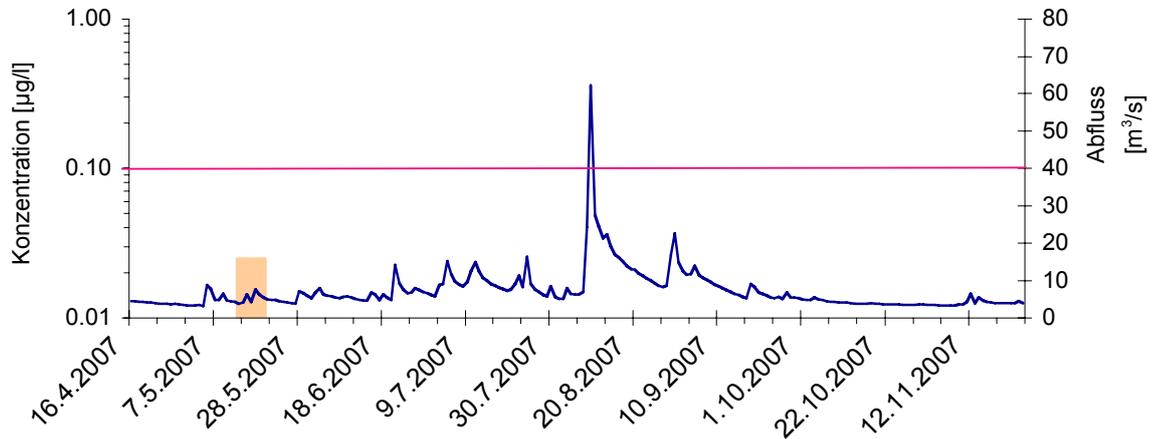
*Monatsstichproben Glatt*



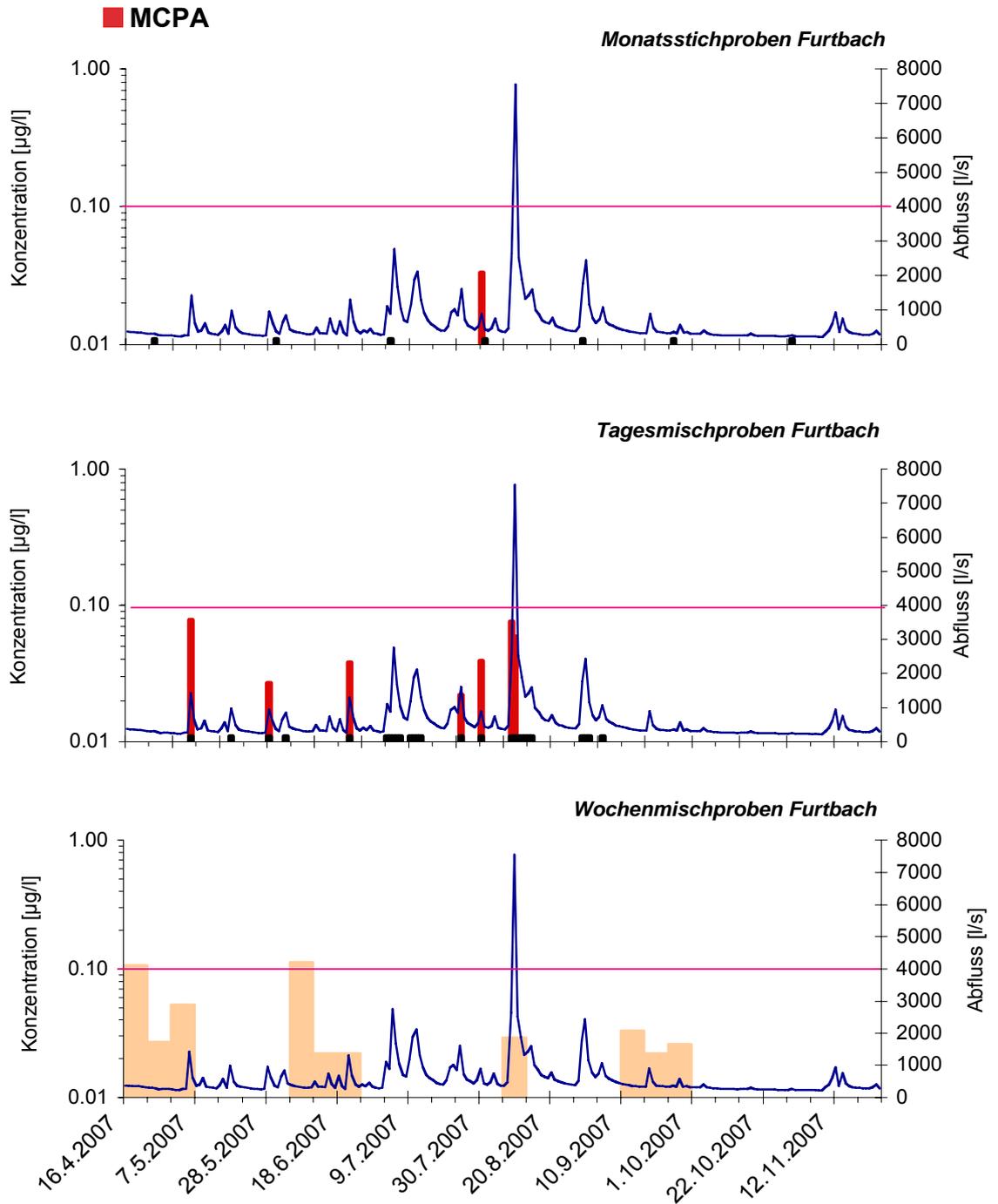
*Tagesmischproben Glatt*



*Wochenmischproben Glatt*



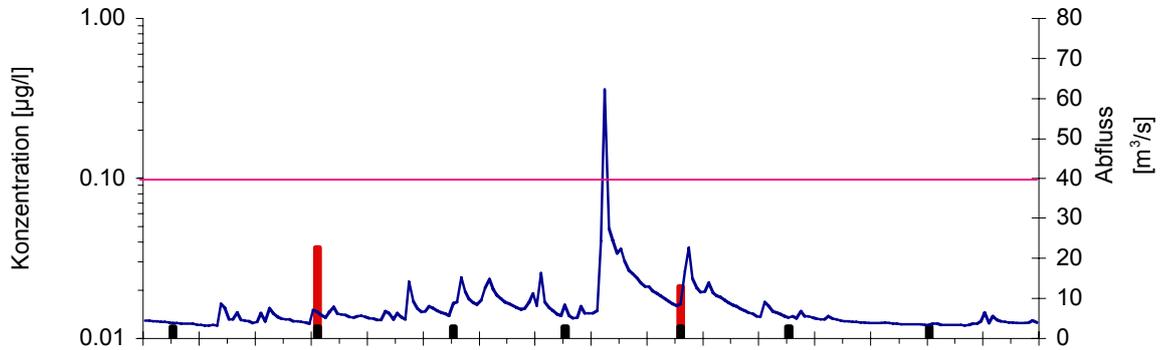
Bentazon wurde nur während zwei Wochen Ende Juni in beiden Gewässern nachgewiesen. Im Furtbach wurde bei den Tagesmischproben die Anforderung GSchV (0.1 µg/l) einmal überschritten. Das kurzfristige Auftreten dieses Herbizids dürfte eine eng begrenzte Applikationsphase widerspiegeln.



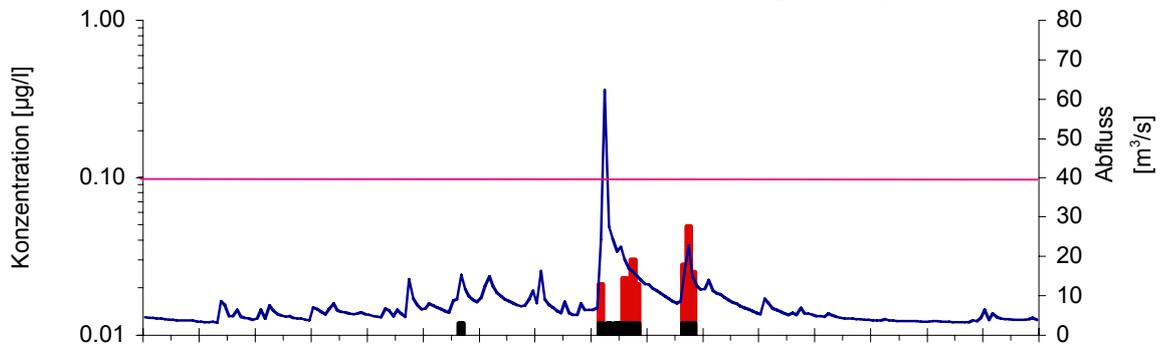
<b>MCPA</b>			
<b>Substanzklasse</b>	Phenoxycarbonsäure	<b>ZV LAWA</b>	2.0 $\mu\text{g/l}$
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Wiesen, Getreide, Zier- und Sportrasen	<b>AQK</b>	-

**MCPA**

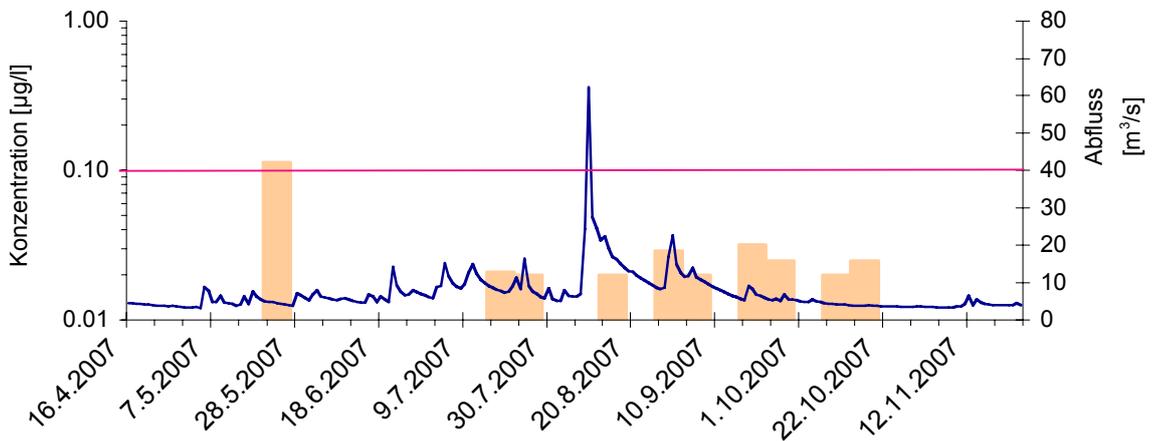
*Monatsstichproben Glatt*



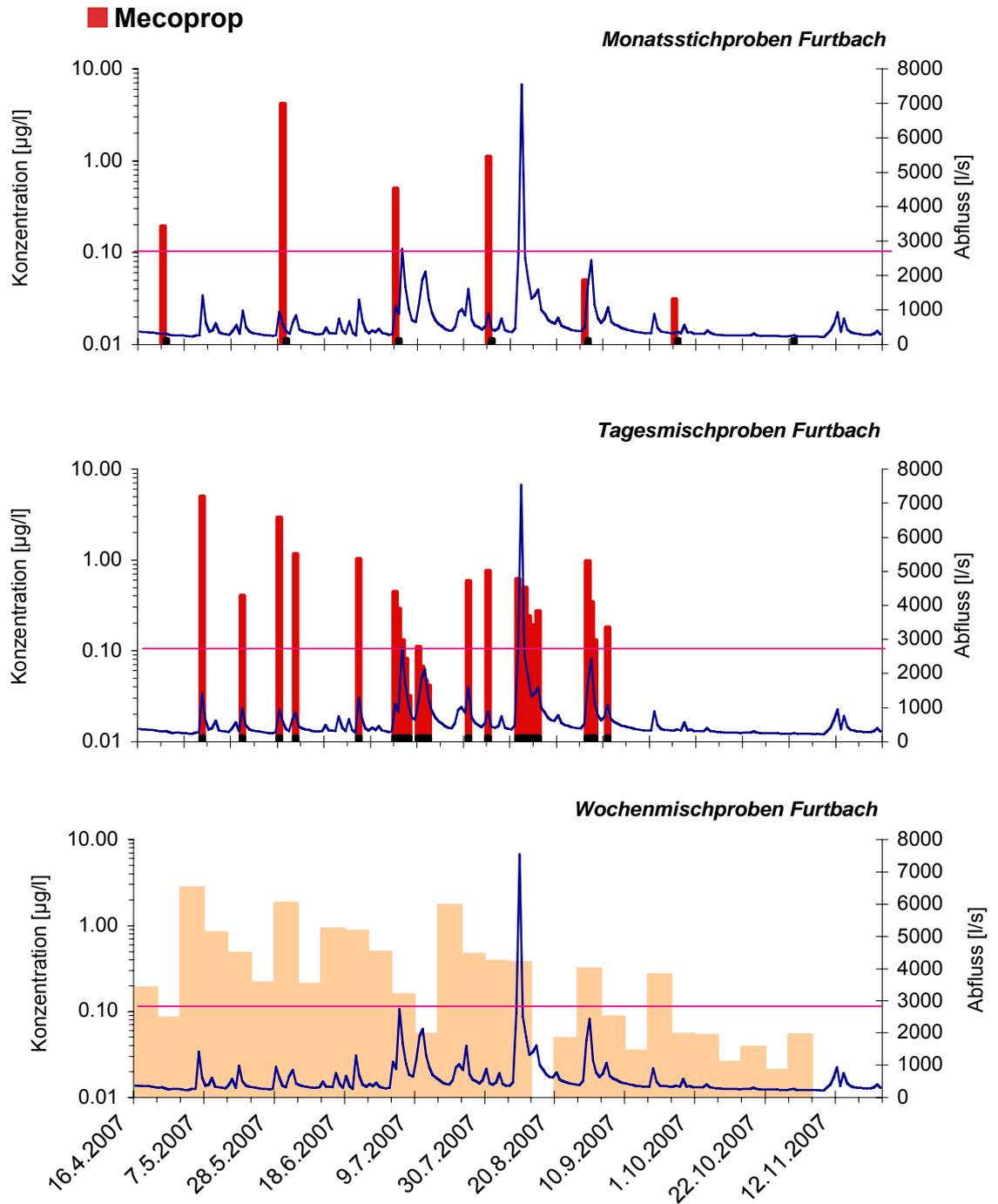
*Tagesmischproben Glatt*



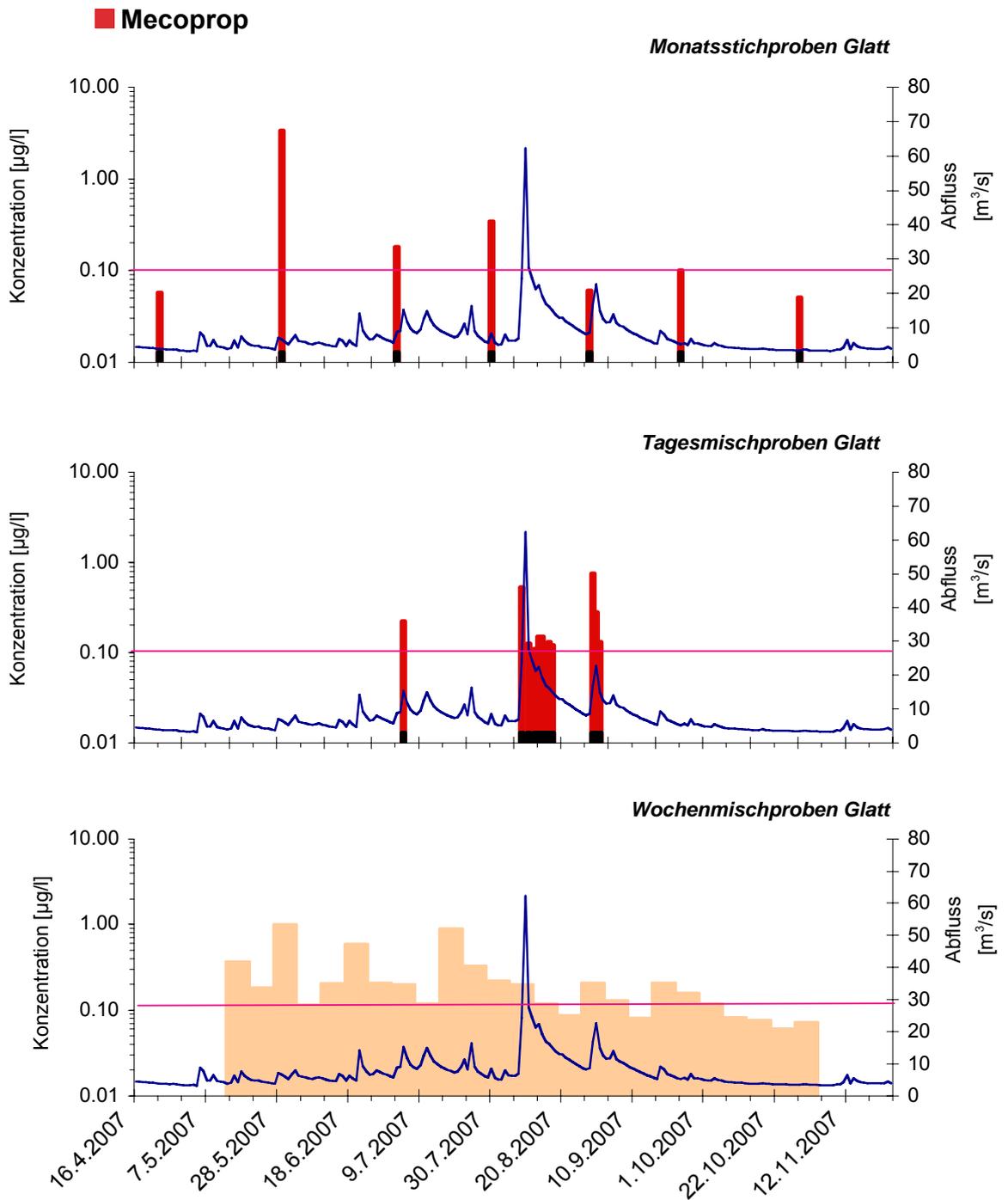
*Wochenmischproben Glatt*



MCPA (4-Chloro-2-Methylphenoxyessigsäure) wurde in beiden Gewässern in regelmässigen Abständen und meist in Konzentrationen unter 0.1 µg/l gefunden. In der ersten Hälfte der Messperiode wurden vereinzelte Überschreitungen der Qualitätsanforderung (0.1 µg/l) nachgewiesen.

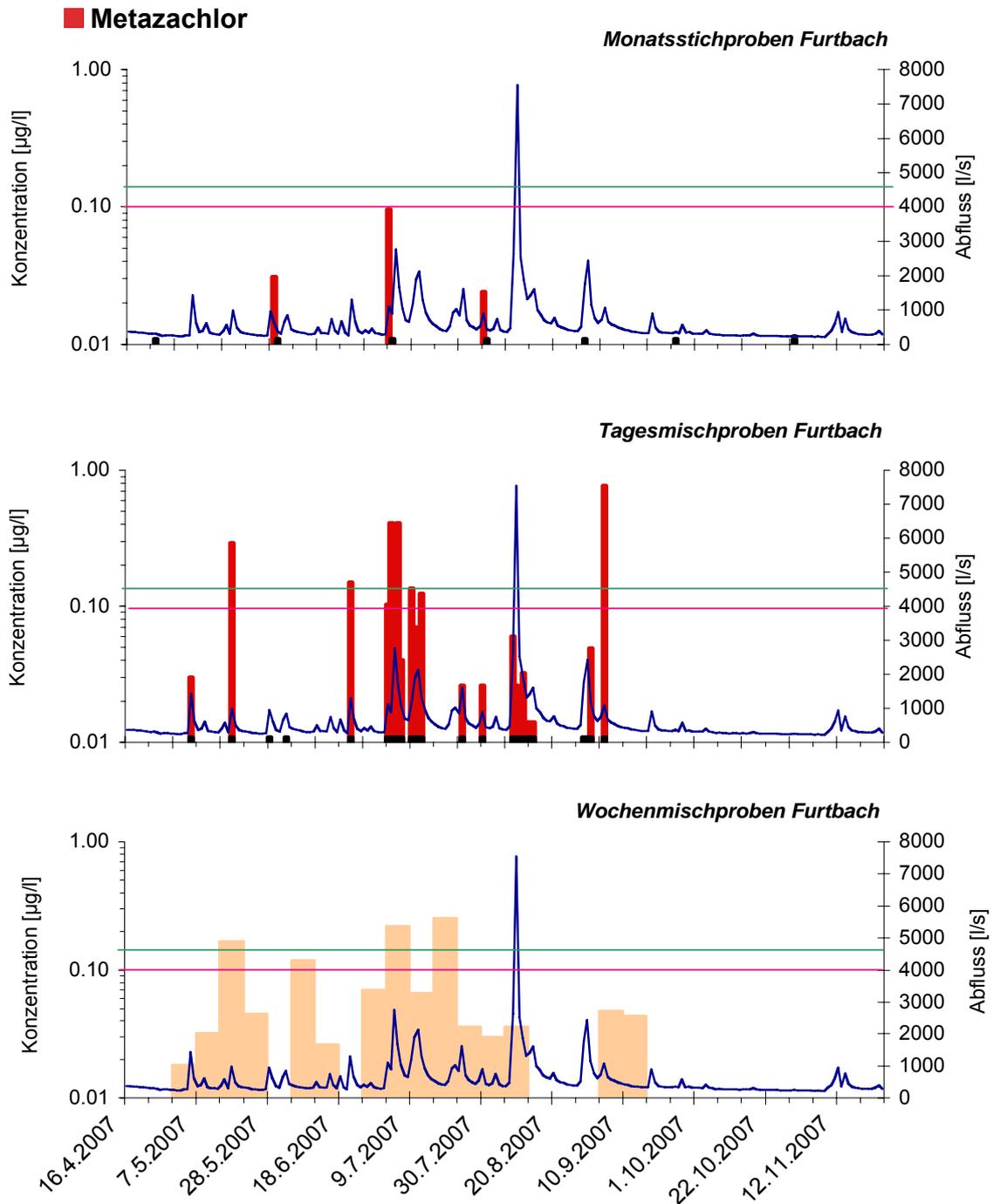


<b>Mecoprop</b>			
<b>Substanzklasse</b>	Phenoxycarbonsäure	<b>ZV LAWA</b>	50 $\mu\text{g/l}$
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Getreide, Rasen, Flachdächer	<b>AQK</b>	-



Mecoprop wurde in beiden Gewässern im Frühling / Sommer nahezu permanent in Konzentrationen  $> 0.1 \mu\text{g/l}$  gemessen. Im August nahm die Konzentration langsam ab und sank im Herbst unter  $0.1 \mu\text{g/l}$ .

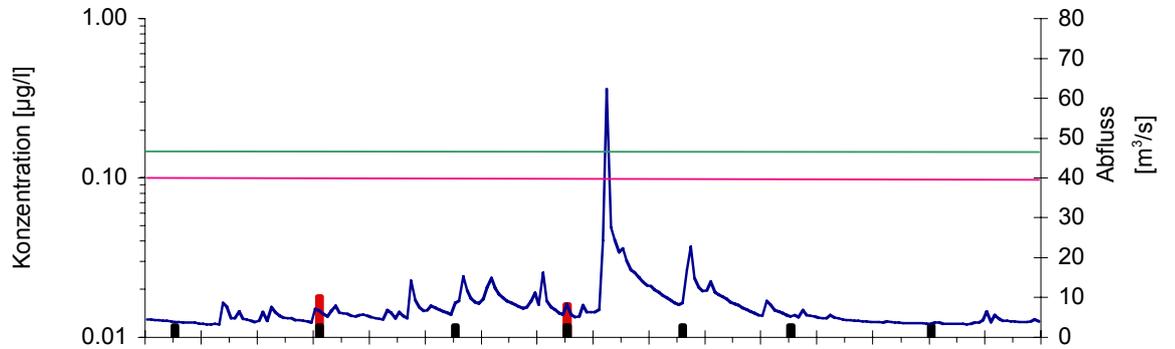
## Messresultate Chloracetanilide



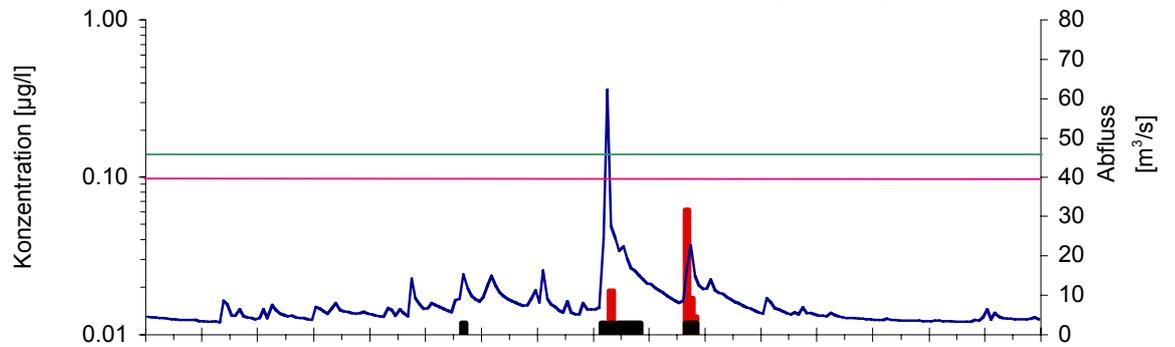
<b>Metazachlor</b>			
<b>Substanzklasse</b>	Chloracetanilid	<b>ZV LAWA</b>	0.4 µg/l
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	0.13 µg/l
<b>Einsatzgebiet</b>	Raps, Kohl	<b>AQK</b>	1.9 µg/l

**Metazachlor**

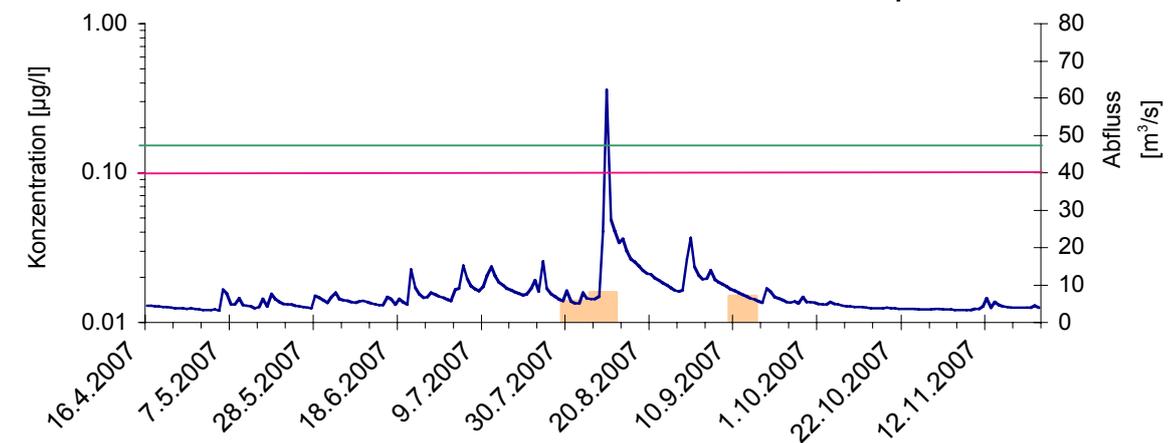
*Monatsstichproben Glatt*



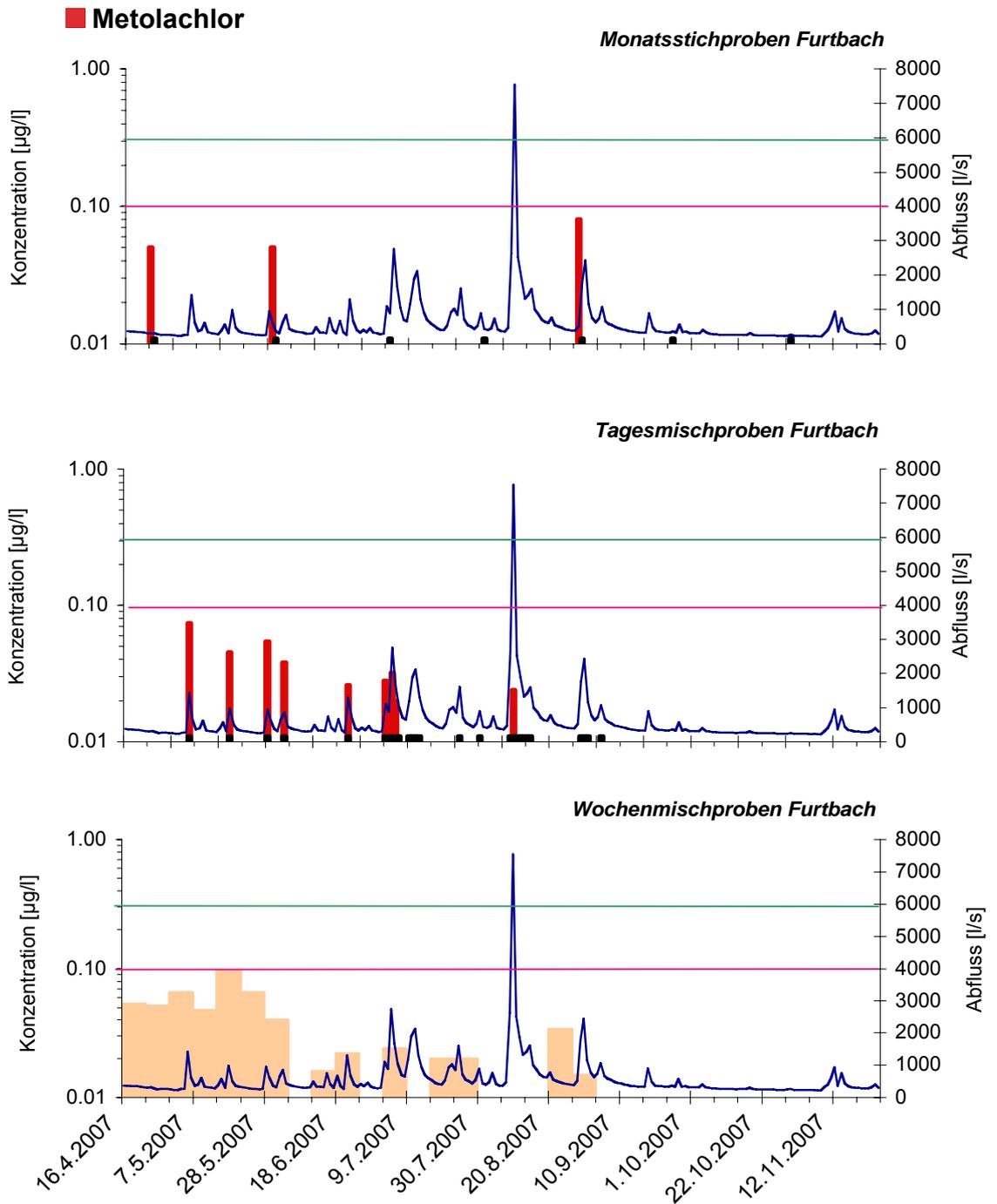
*Tagesmischproben Glatt*



*Wochenmischproben Glatt*



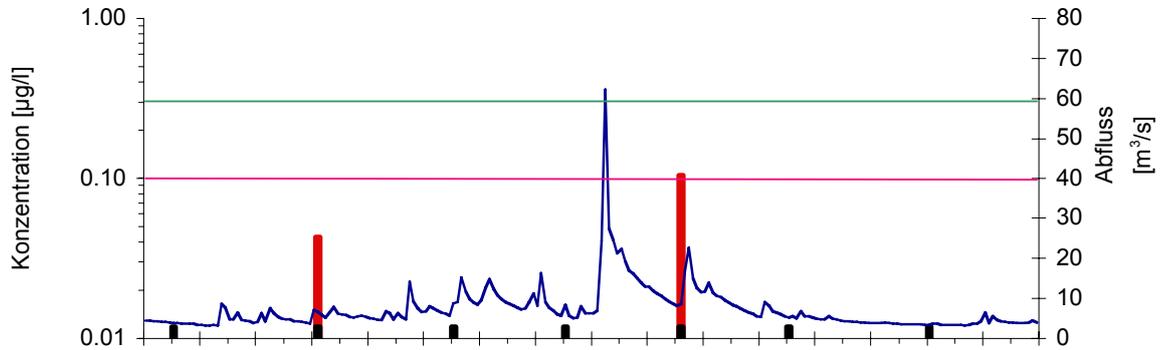
Das im Gemüseanbau eingesetzte Metazachlor erreichte die höchsten Konzentrationen in den Monaten Juli bis September und überschritt in diesem Zeitraum im Furtbach mehrmals die Qualitätsanforderung von 0.1 µg/l und auch das CQK von 0.13 µg/l.



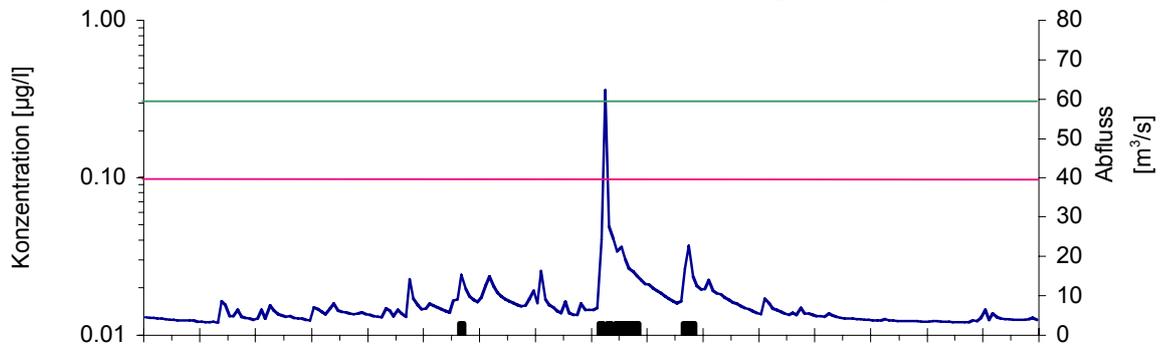
Metolachlor			
<b>Substanzklasse</b>	Chloracetanilid	<b>ZV LAWA</b>	0.2 µg/l
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	0.3 µg/l
<b>Einsatzgebiet</b>	Mais, Soja, Sonnenblumen, Bohnen	<b>AQK</b>	4.4 µg/l

**Metolachlor**

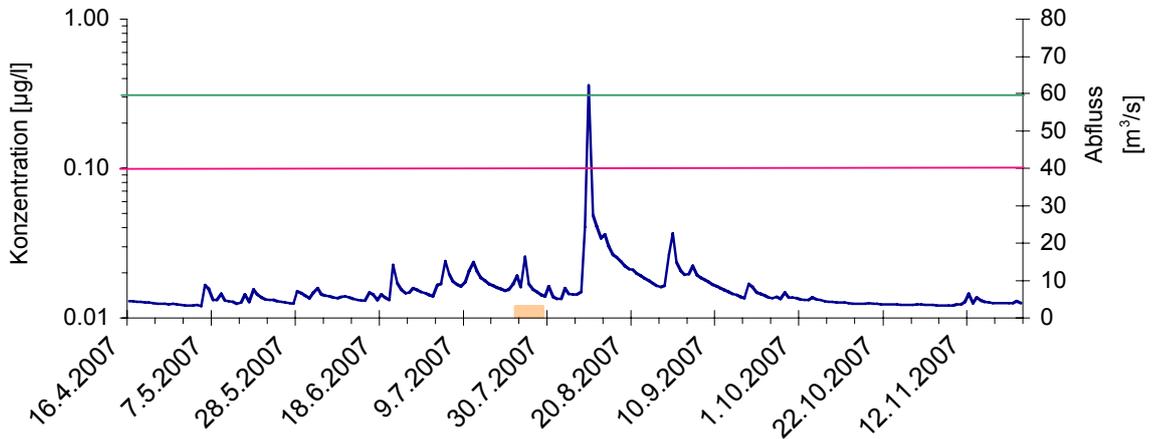
*Monatsstichproben Glatt*



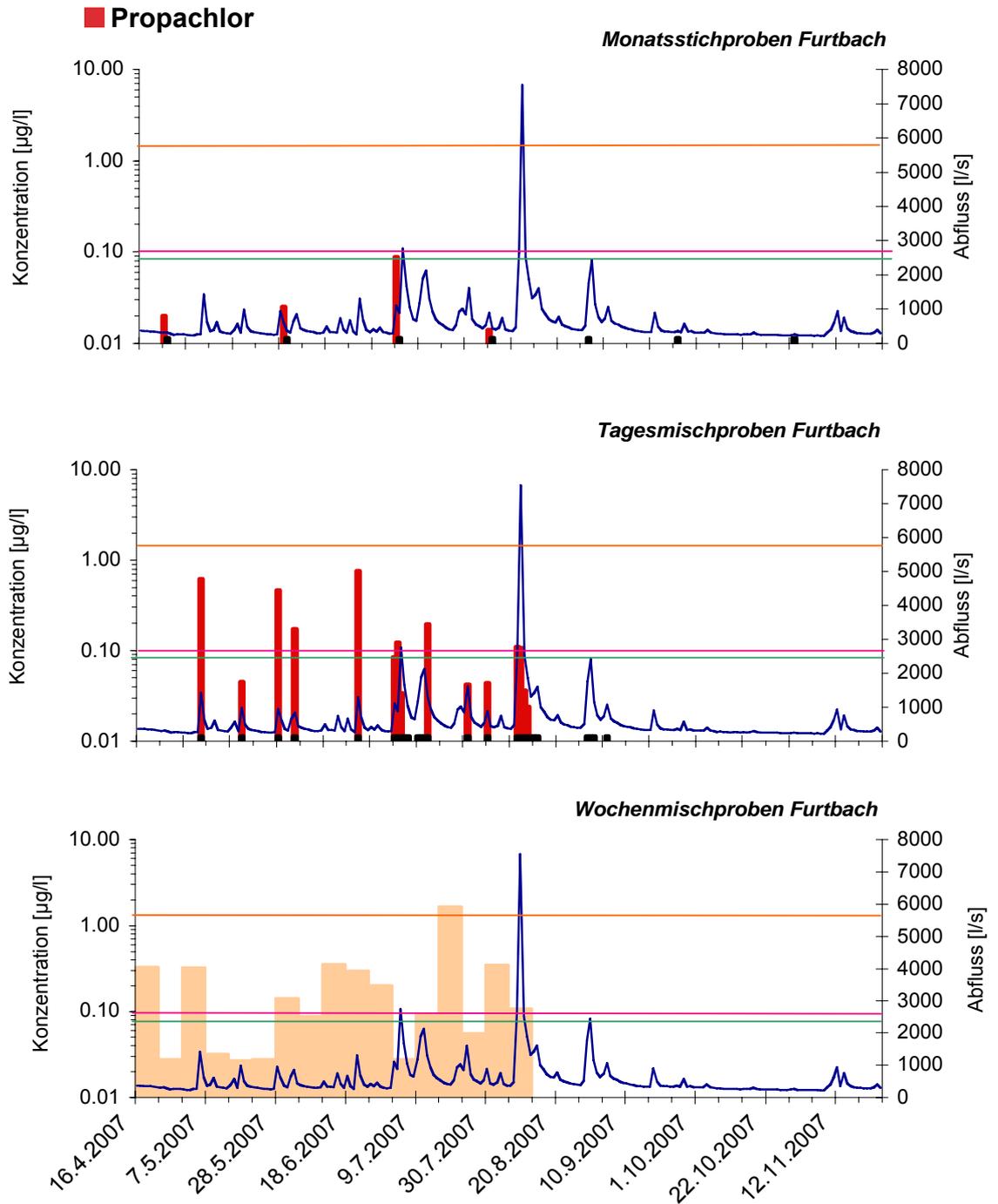
*Tagesmischproben Glatt*



*Wochenmischproben Glatt*



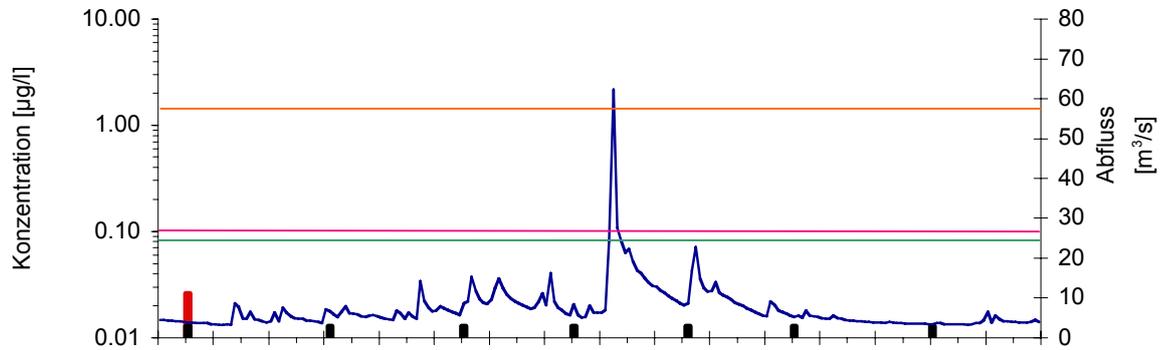
Metolachlor ist ein weiteres saisonal auftretendes Herbizid im Furtbach. Die höchsten Konzentrationen wurden im Mai gemessen, danach nahmen die Werte ab und Ende August fiel die Konzentration unter die Nachweisgrenze. In der Glatt wurde Metolachlor nur in einzelnen Proben festgestellt, wobei jedoch eine Überschreitung der Qualitätsanforderung GSchV (0.1 µg/l) gemessen wurde.



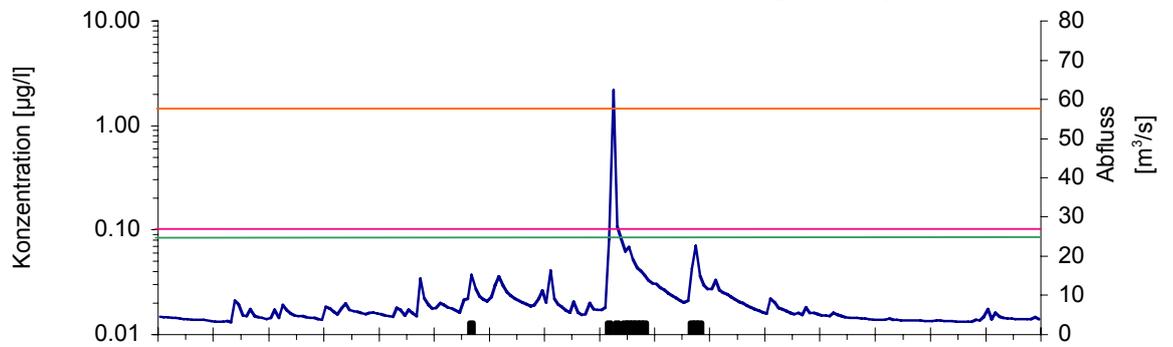
<b>Propachlor</b>			
<b>Substanzklasse</b>	Chloracetanilid	<b>ZV LAWA</b>	-
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	0.09 µg/l
<b>Einsatzgebiet</b>	Kohl, Raps, Lauch, Fenchel, Radischen	<b>AQK</b>	1.4 µg/l

**■ Propachlor**

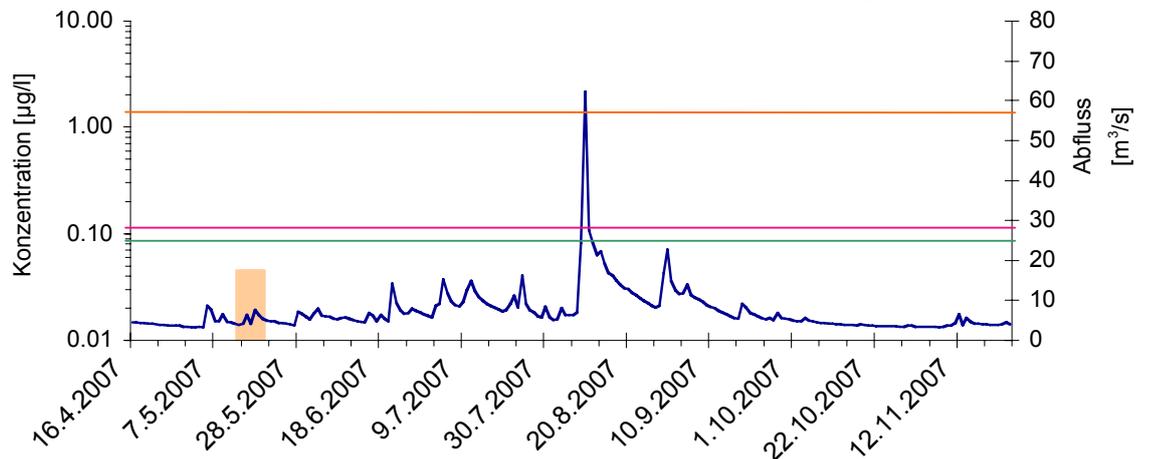
*Monatsstichproben Glatt*



*Tagesmischproben Glatt*

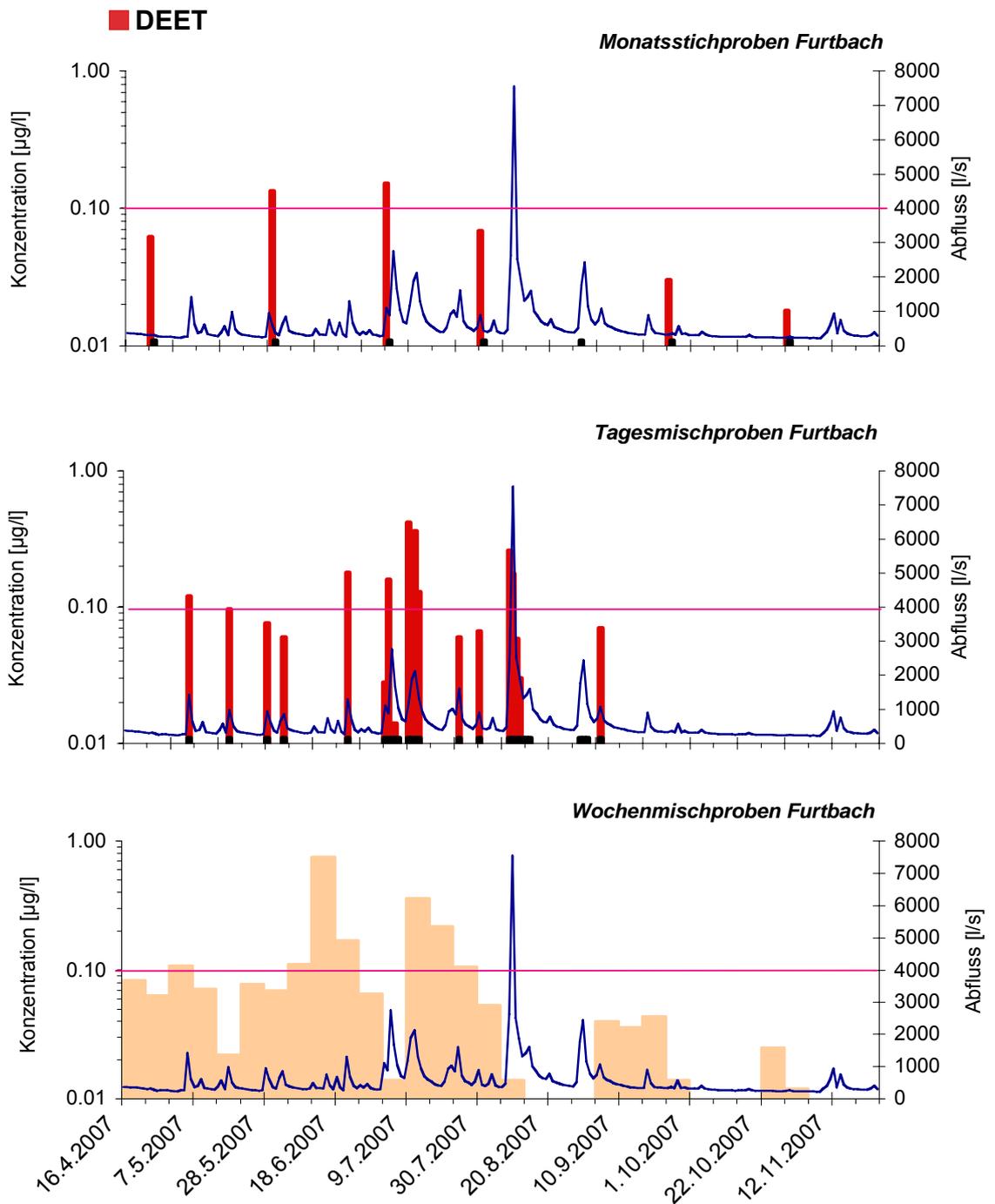


*Wochenmischproben Glatt*

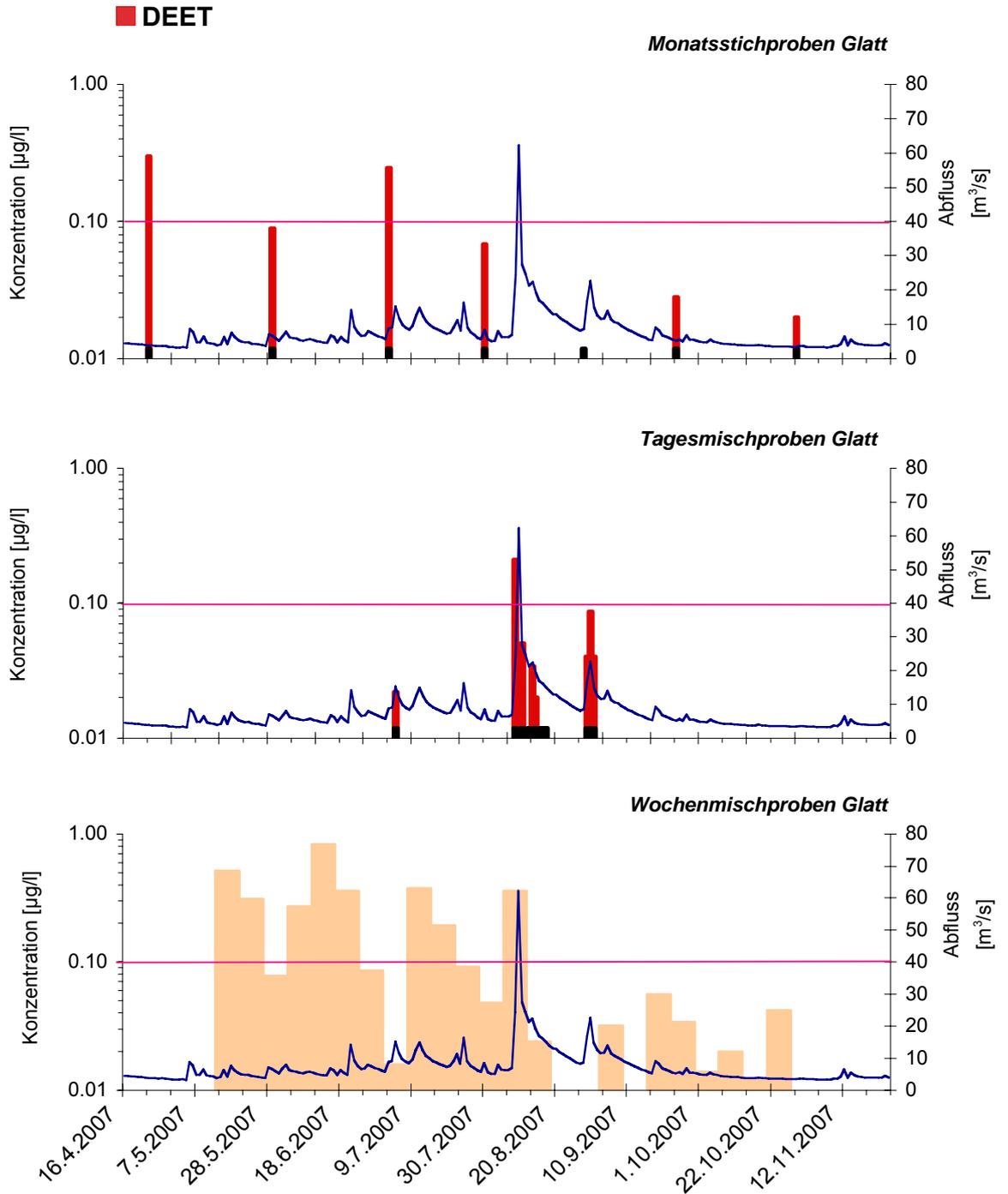


Propachlor zeigt die höchsten Konzentrationen im Furtbach während der Hauptapplikationszeit im Gemüseanbau von April bis Anfang August. Das chronische Qualitätskriterium wird in diesem Zeitraum oft überschritten, das akute Qualitätskriterium einmal. Mitte August fällt die Konzentration im Furtbach abrupt unter die Nachweisgrenze. In den Monatsstichproben wird Propachlor im Furtbach unterschätzt.

## Messresultate Diethyltoluamide

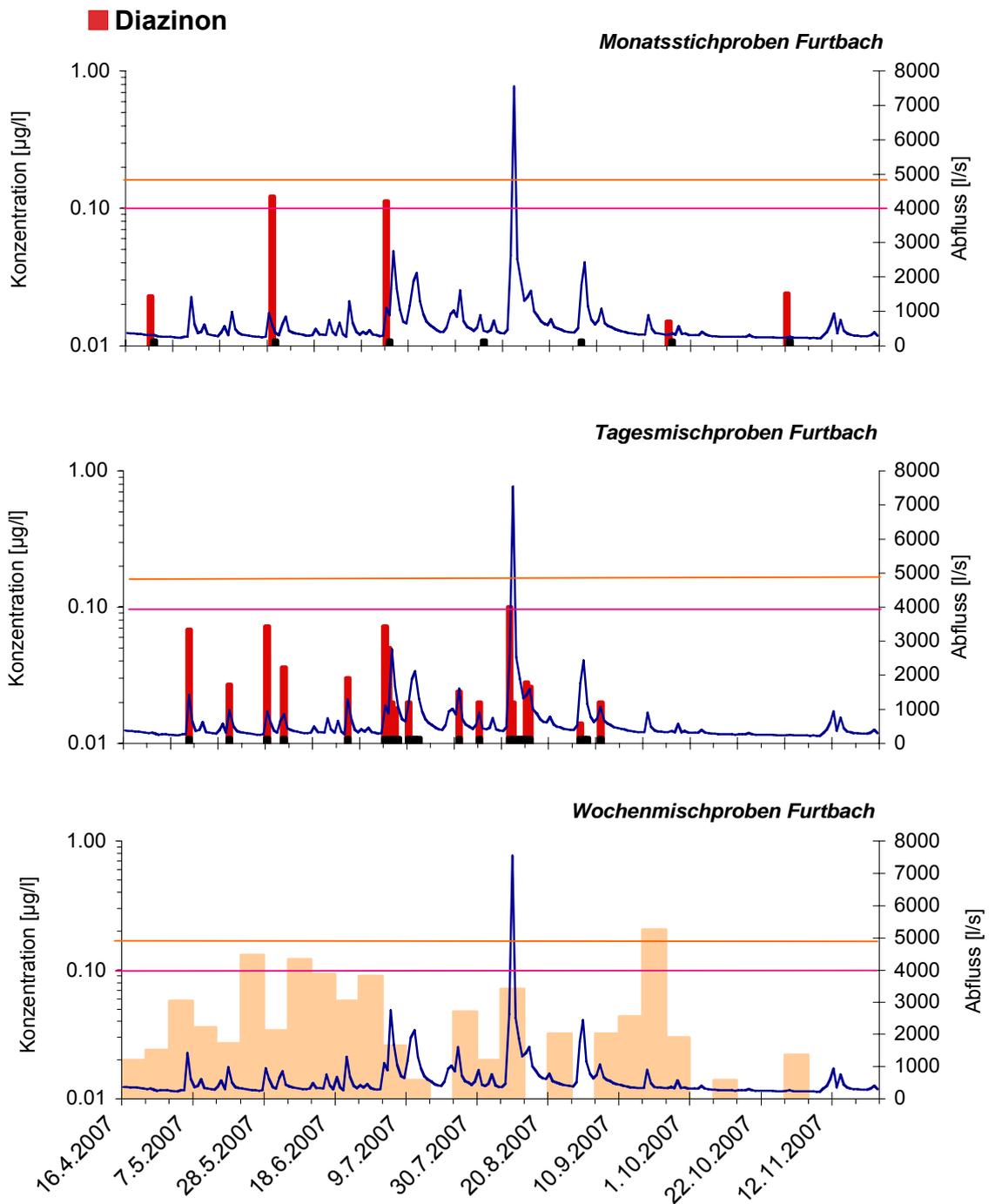


DEET			
<b>Substanzklasse</b>	Diethyltoluamid	<b>ZV LAWA</b>	-
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Repellent	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Gegen Stechmücken	<b>AQK</b>	-



Das Insekten- Repellent DEET (Diethyltoluamid) wurde während der ganzen Messperiode in recht hohen und abflussunabhängigen Konzentrationen nachgewiesen. Die höchsten Konzentrationen wurden in den Sommermonaten Juni und Juli gemessen. Bemerkenswert sind auch die recht hohen Konzentrationen vor und nach der Hauptapplikationszeit (April-Mai und September-Oktober).

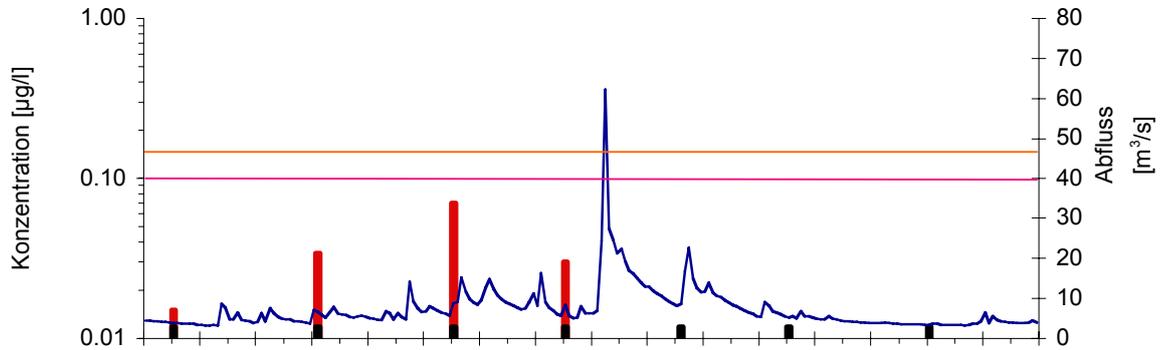
## Messresultate Organophosphate



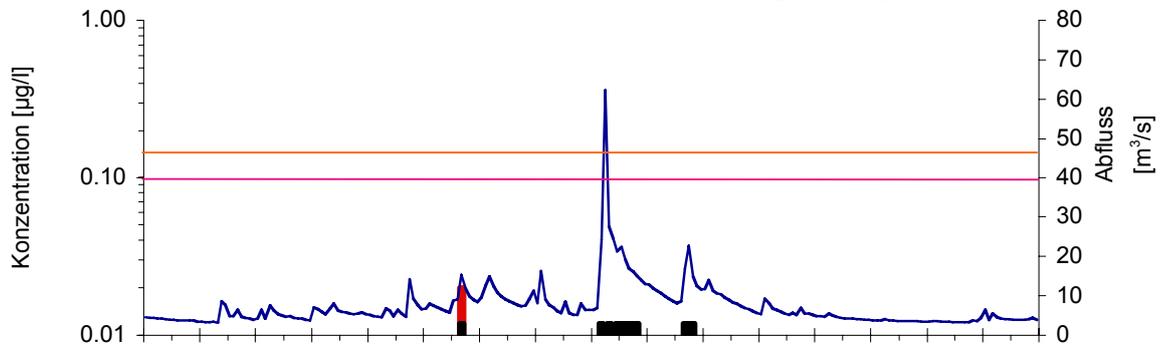
Diazinon			
<b>Substanzklasse</b>	Organothiophosphat	<b>ZV LAWA</b>	-
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Insektizid	<b>CQK</b>	0.0027 $\mu\text{g/l}$
<b>Einsatzgebiet</b>	Obst, Gemüse	<b>AQK</b>	0.14 $\mu\text{g/l}$

**Diazinon**

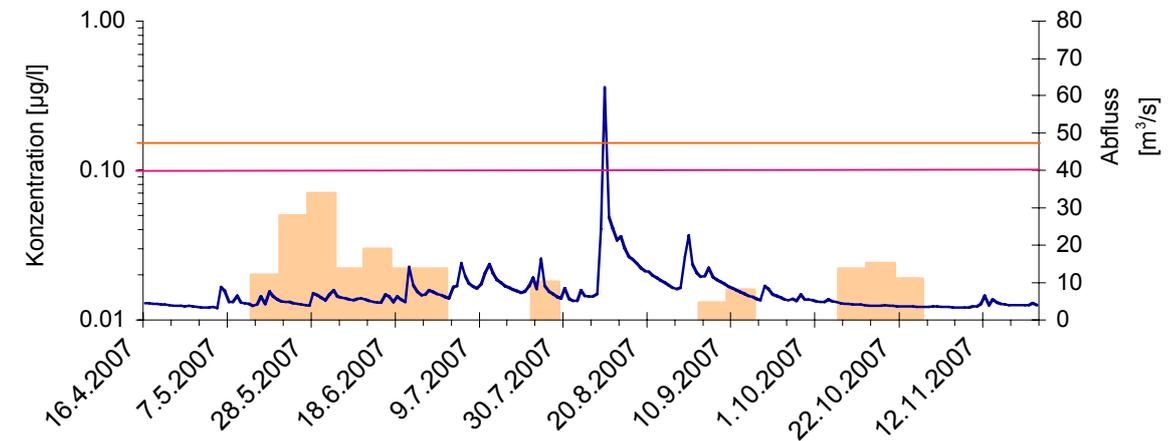
*Monatsstichproben Glatt*



*Tagesmischproben Glatt*

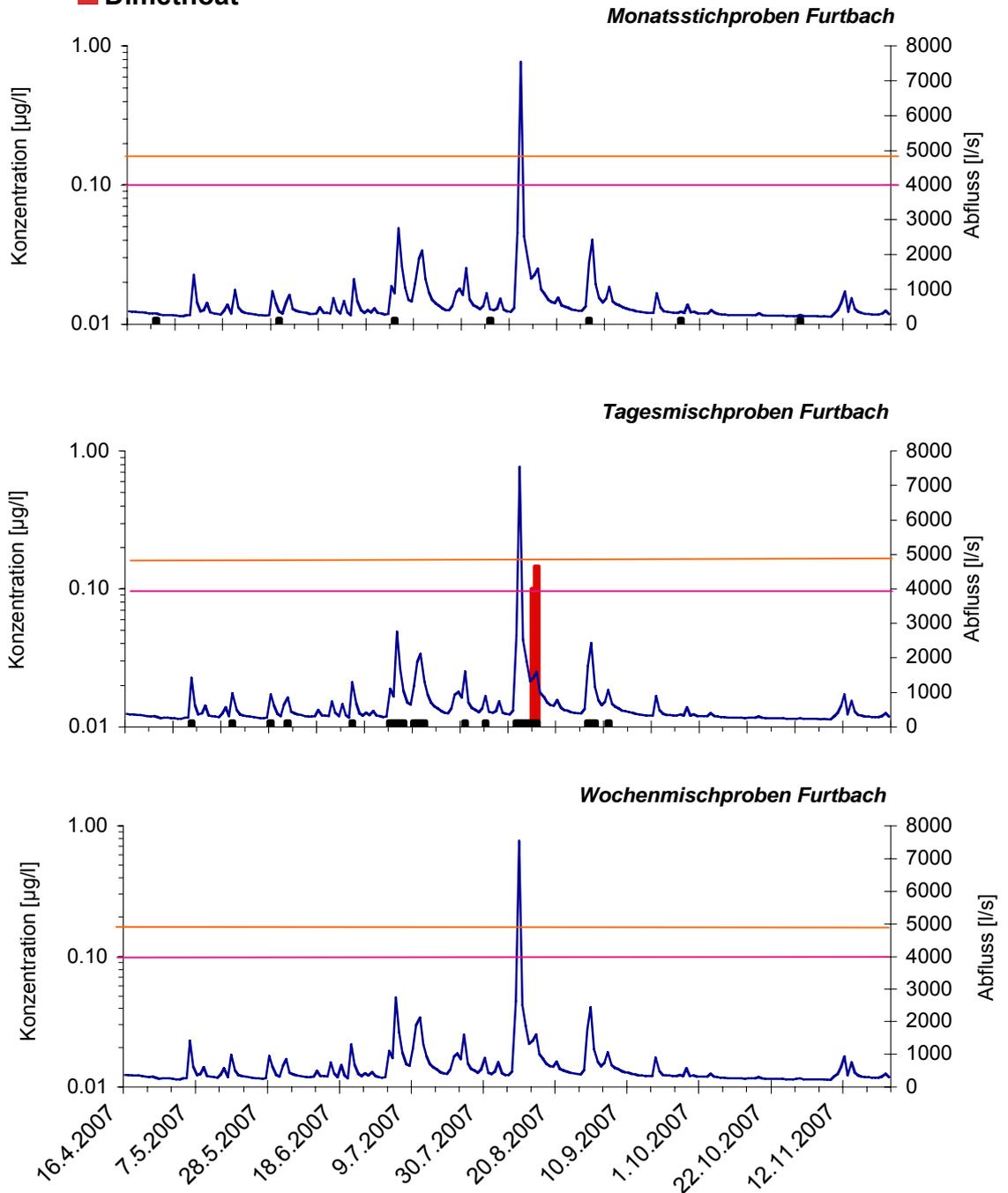


*Wochenmischproben Glatt*



Das stark toxische Insektizid Diazinon wurde in einem Grossteil der Proben während der ganzen Messperiode nachgewiesen. Jeder einzelne Nachweis lag über dem chronischen Qualitätskriterium von  $0.0027 \mu\text{g/l}$ . Im Furtbach wurde sogar das akute Qualitätskriterium von  $0.14 \mu\text{g/l}$  überschritten. Der Konzentrationsverlauf zeigt keine Beziehung zum Abfluss.

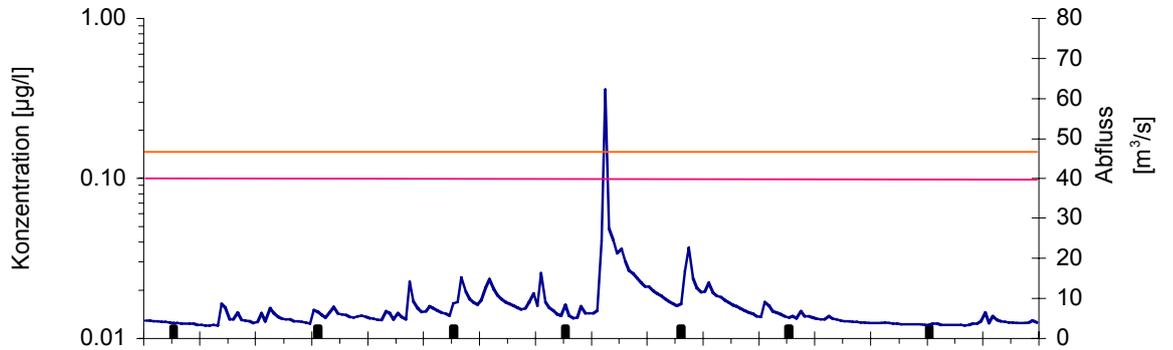
■ **Dimethoat**



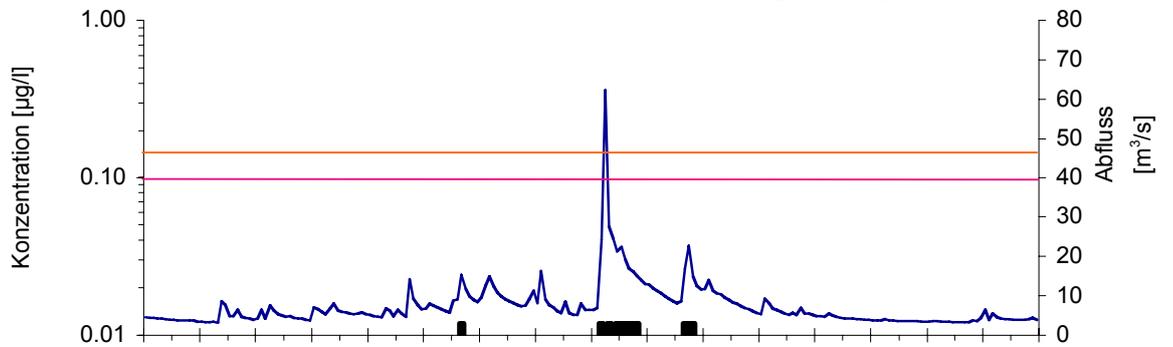
<b>Dimethoat</b>			
<b>Substanzklasse</b>	Organothiophosphat	<b>ZV LAWA</b>	0.2 µg/l
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Insektizid	<b>CQK</b>	0.026 µg/l
<b>Einsatzgebiet</b>	Gegen Insekten und Spinnmilben	<b>AQK</b>	1.38 µg/l

**■ Dimethoat**

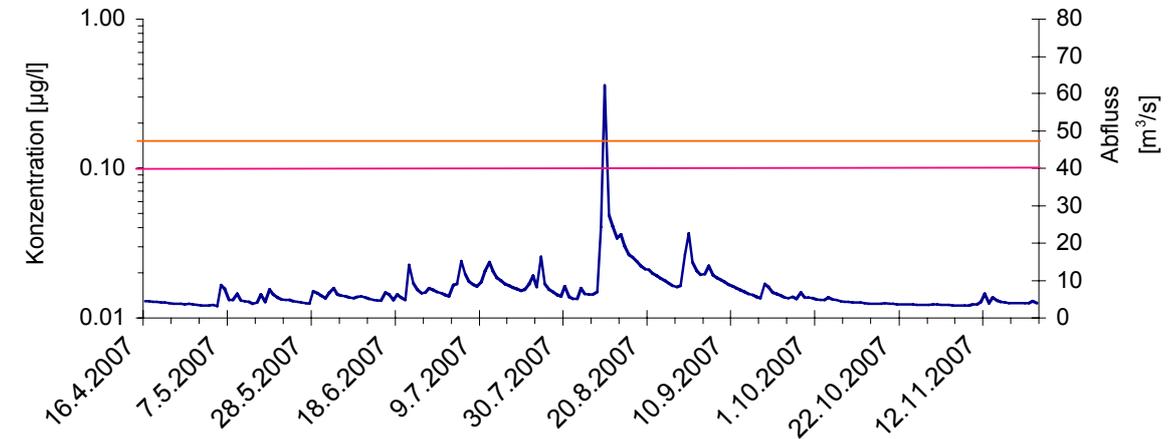
*Monatsstichproben Glatt*



*Tagesmischproben Glatt*

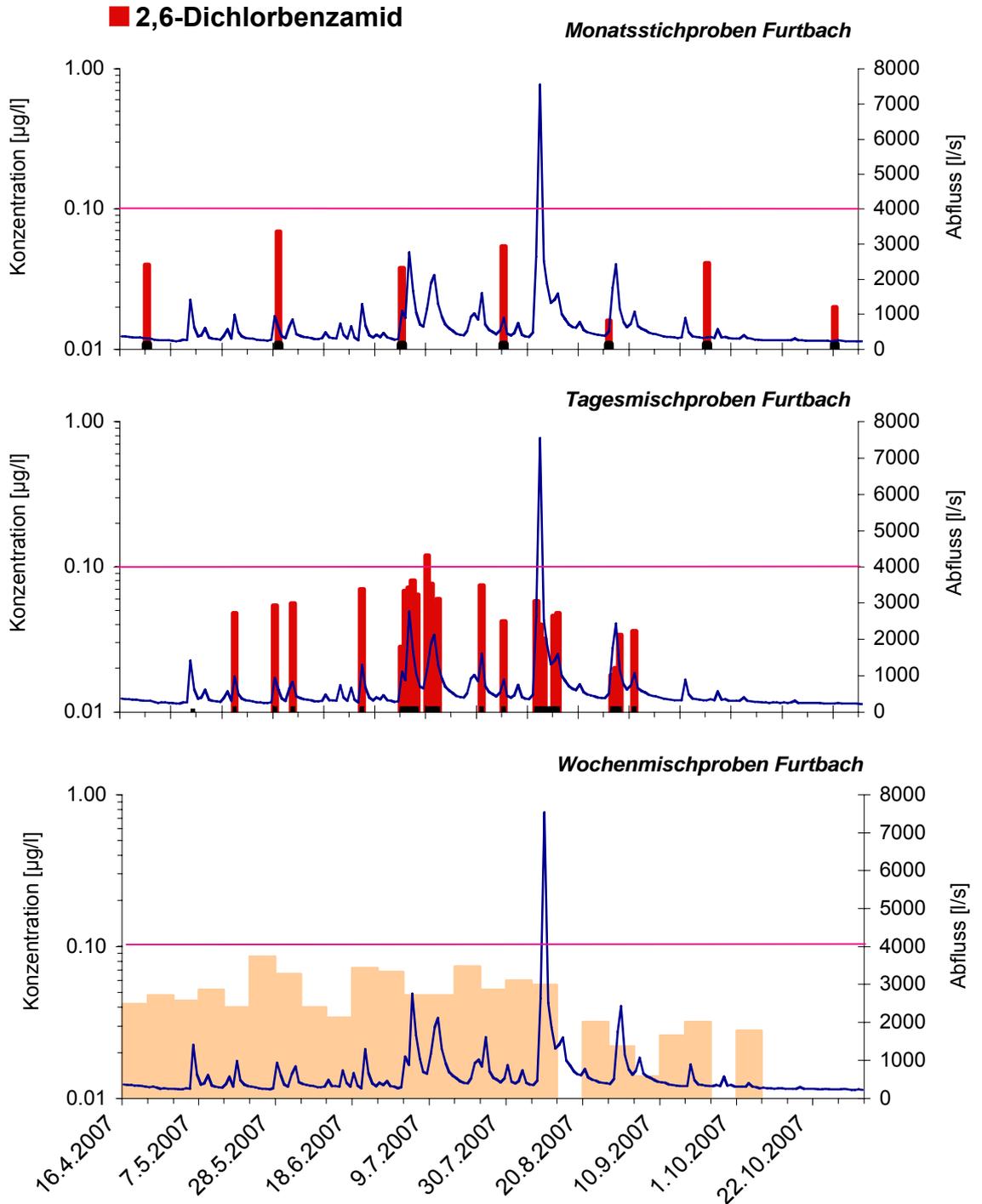


*Wochenmischproben Glatt*



Dimethoat wurde nur in zwei aufeinander folgenden Tagesmischproben im Furtbach nachgewiesen, in Konzentrationen > 0.1 µg/l. Dies lässt auf einen punktuellen Einsatz dieses Insektizids und eine eng begrenzte Eintragszeit ins Gewässer schliessen.

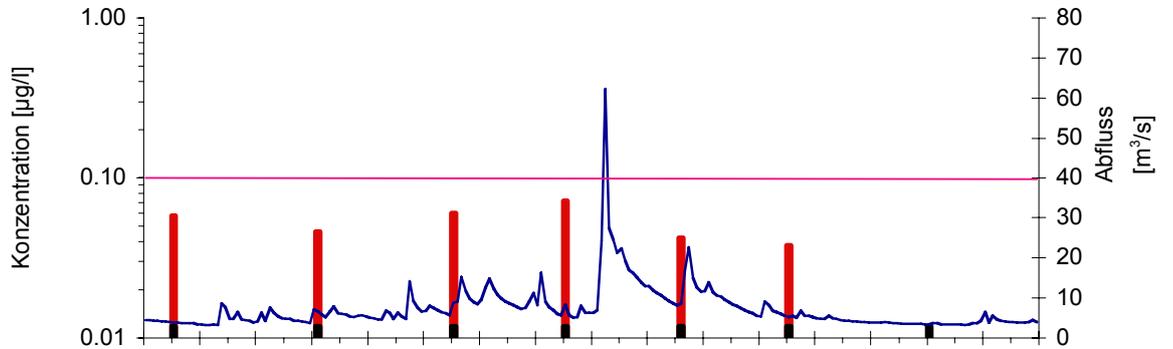
## Messresultate weiterer Stoffklassen



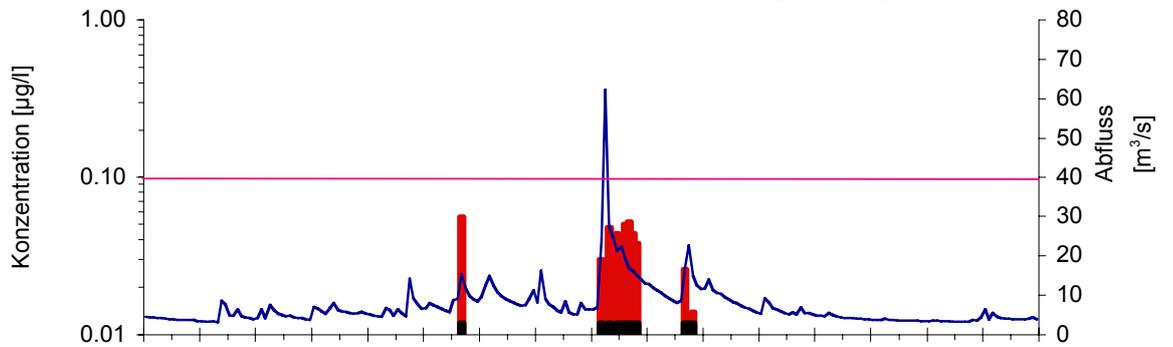
<b>2.6-Dichlorbenzamid</b>			
<b>Substanzklasse</b>	Amid	<b>Grenzwert LAWA</b>	-
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Abbauprodukt von Dichlobenil	<b>AQK</b>	-

■ 2,6-Dichlorbenzamid

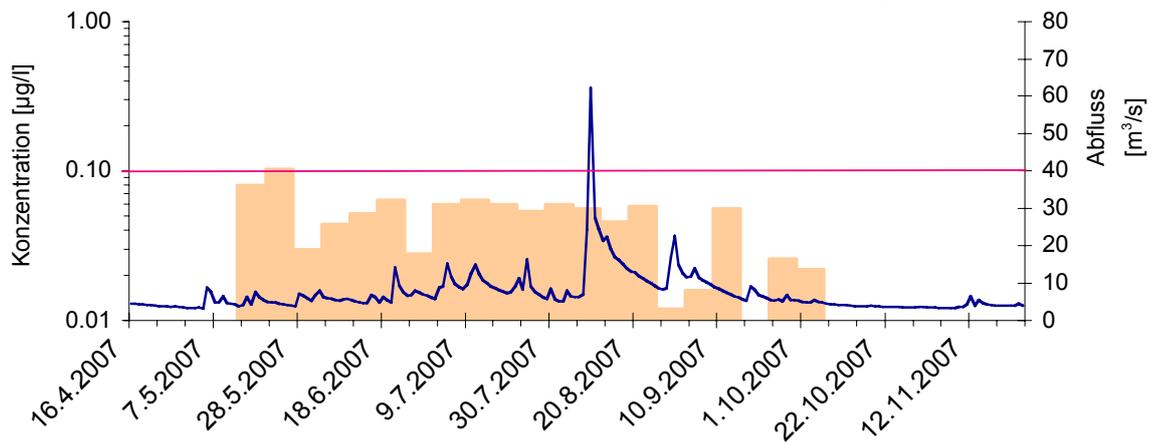
Monatsstichproben Glatt



Tagesmischproben Glatt

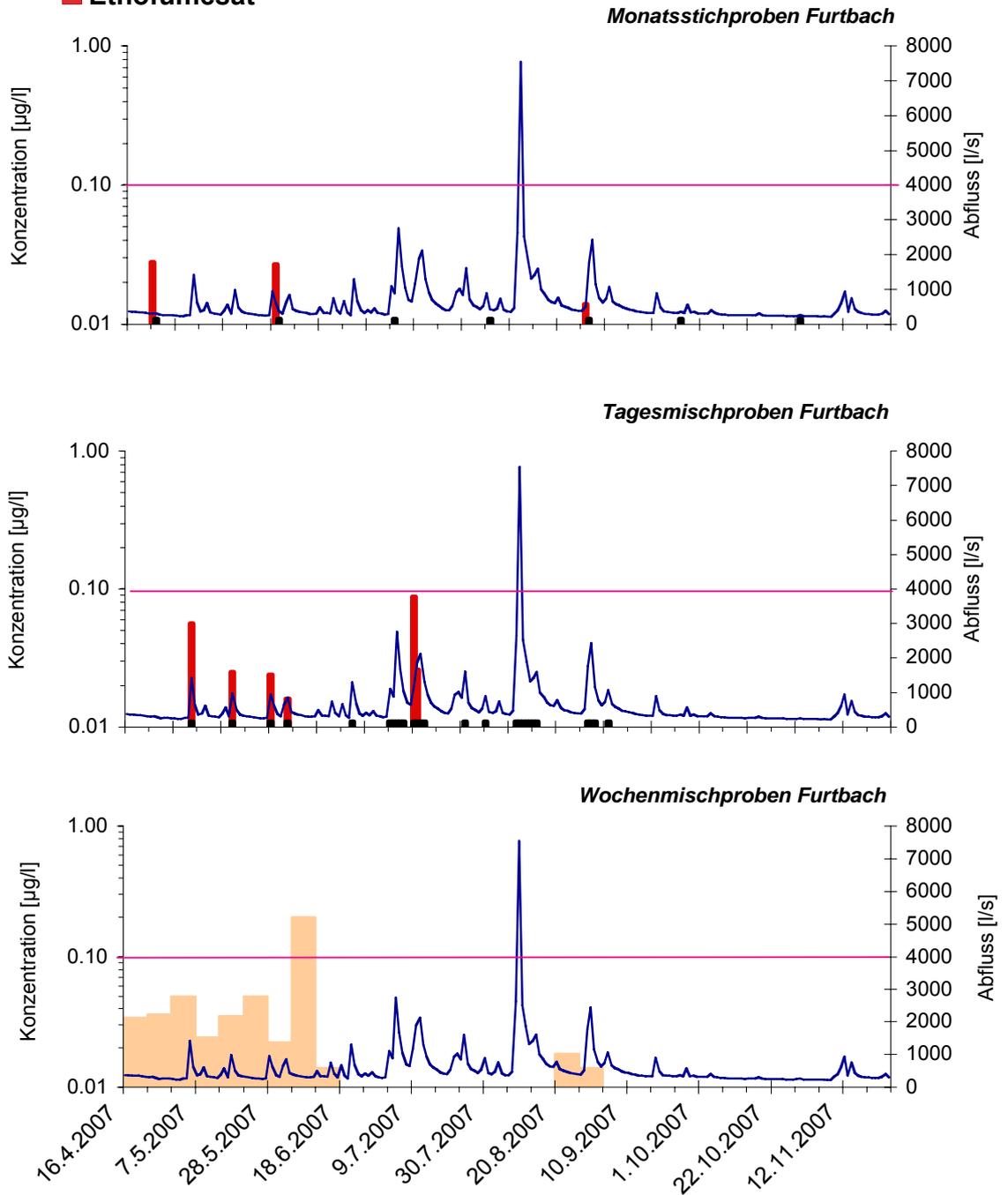


Wochenmischproben Glatt



2,6-Dichlorbenzamid (ein Abbauprodukt von Dichlobenil) wurde von April bis August in beiden Gewässern in recht konstanten und abflussunabhängigen Konzentrationen nachgewiesen. Die Qualitätsanforderung von 0.1 µg/l wurde im Furtbach einmal knapp überschritten. Ab September kann eine Konzentrationsabnahme festgestellt werden.

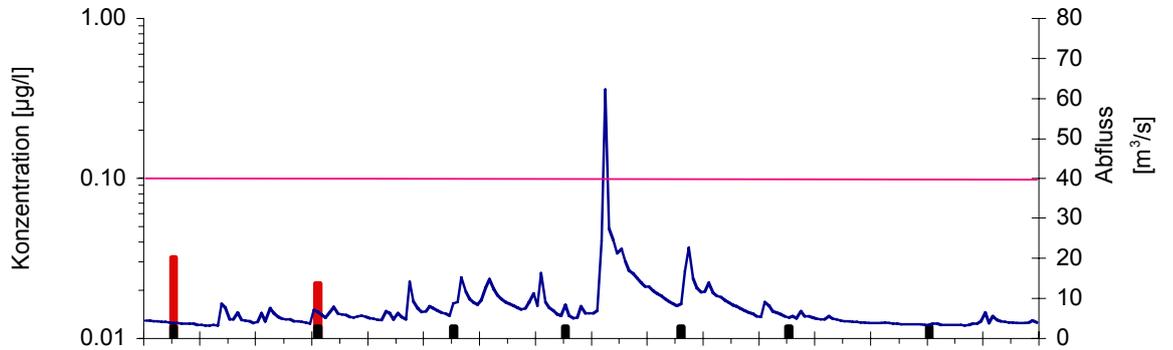
**Ethofumesat**



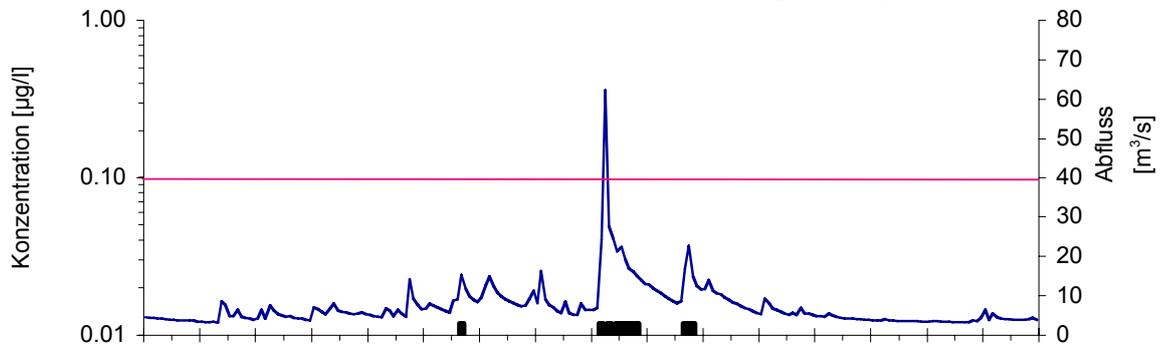
Ethofumesat			
<b>Substanzklasse</b>	Sulfonat	<b>ZV LAWA</b>	-
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Herbizid	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Zucker- und Futterrüben	<b>AQK</b>	-

**Ethofumesat**

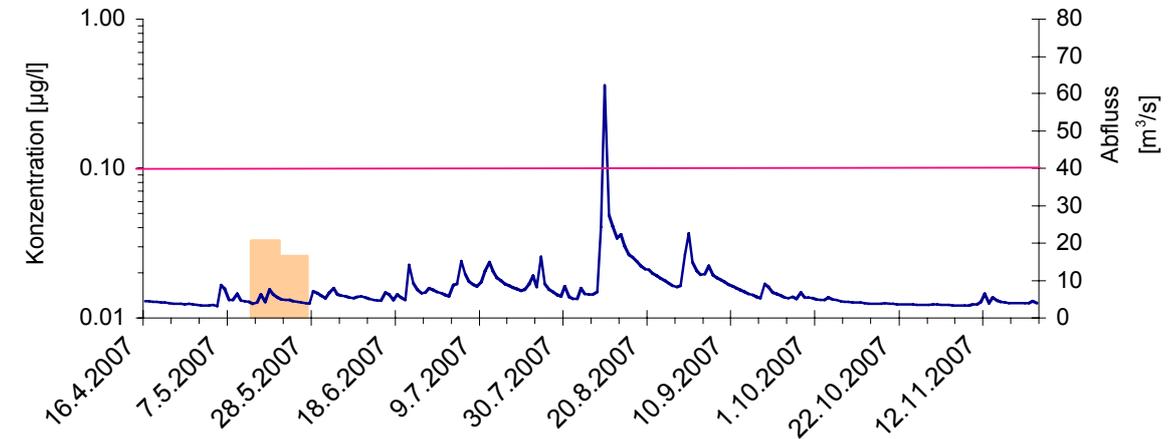
*Monatsstichproben Glatt*



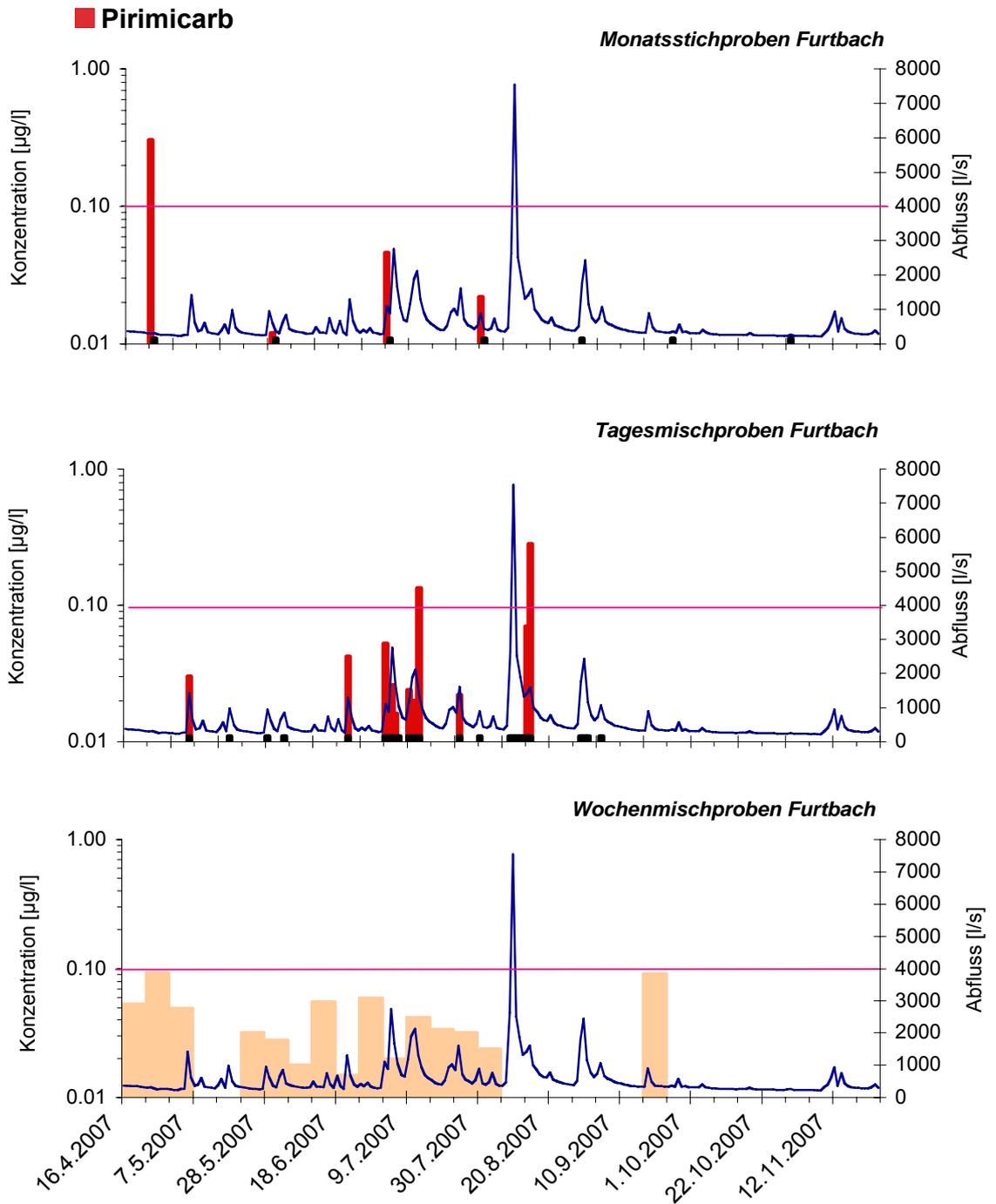
*Tagesmischproben Glatt*



*Wochenmischproben Glatt*



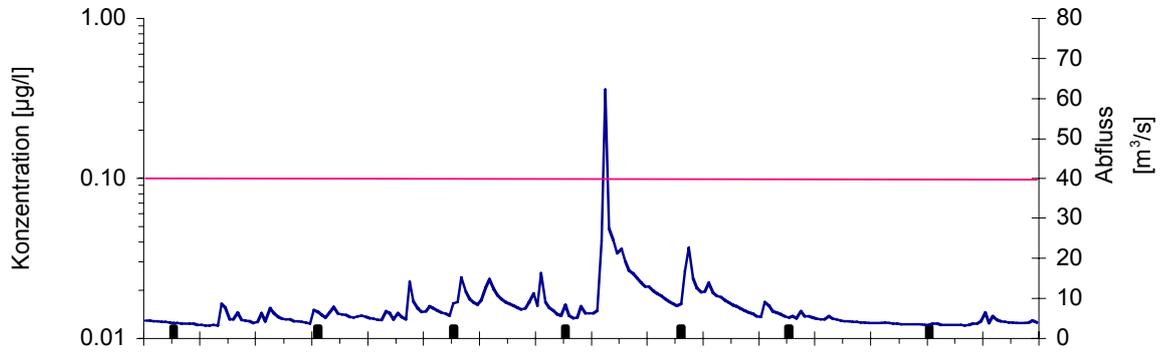
Ethofumesat zeigt einen deutlich saisonalen Konzentrationsverlauf mit einer Hauptapplikationsperiode im Frühling. Später im Jahr kann dieses im Rübenanbau eingesetzte Herbizid in der Glatt nicht mehr nachgewiesen werden, im Furtbach nur noch vereinzelt. Die Qualitätsanforderung von 0.1 µg/l wurde im Furtbach Ende Mai einmal überschritten.



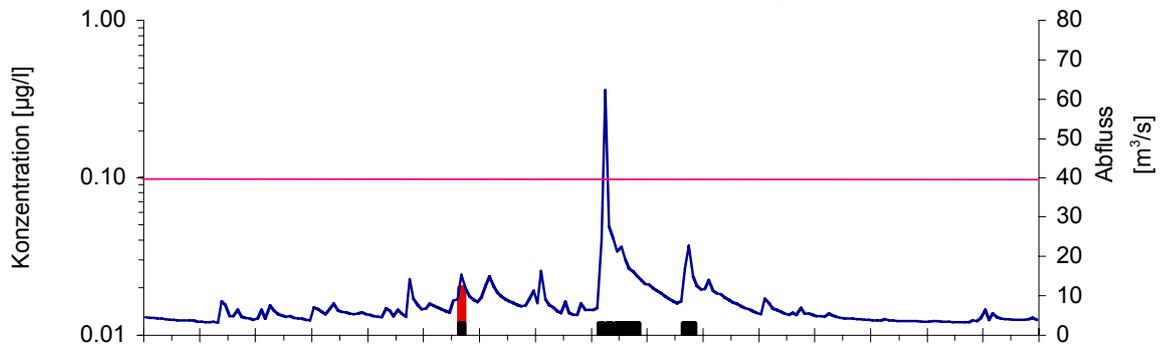
<b>Pirimicarb</b>			
<b>Substanzklasse</b>	Carbamat	<b>ZV LAWA</b>	-
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Insektizid	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Gegen Blattläuse	<b>AQK</b>	-

■ Pirimicarb

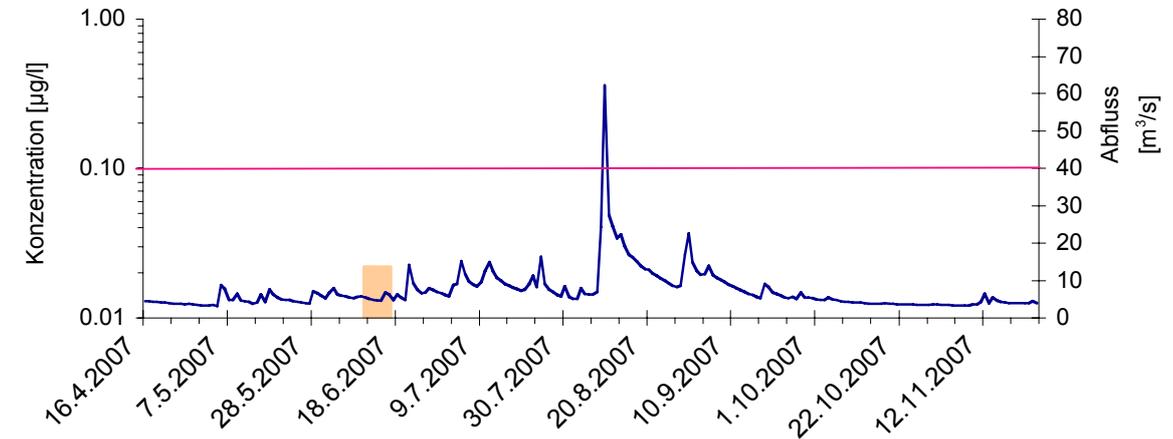
Monatsstichproben Glatt



Tagesmischproben Glatt

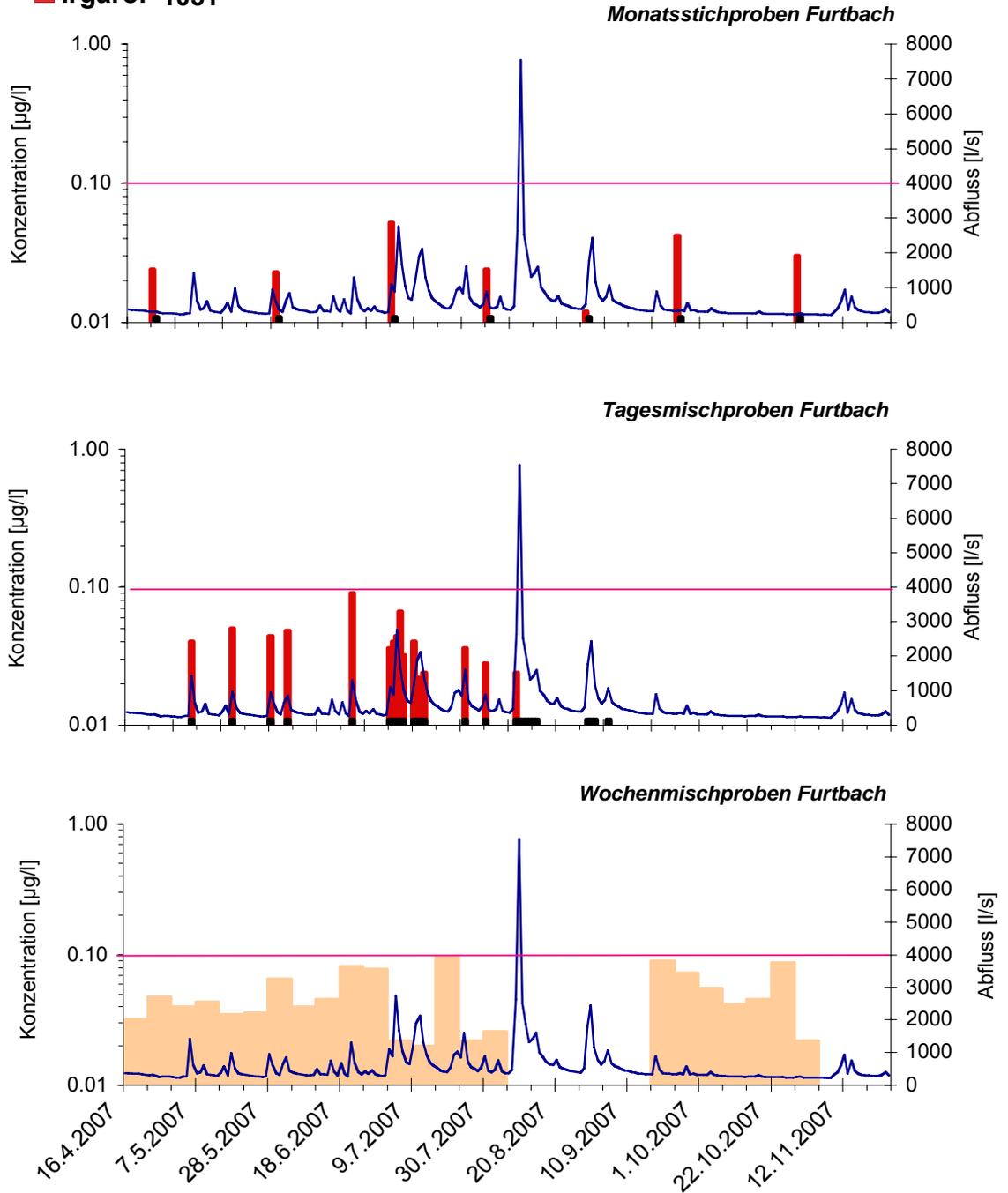


Wochenmischproben Glatt



Das Insektizid Pirimicarb wurde vor allem im Furtbach regelmässig in den Frühlings- und Sommermonaten nachgewiesen; in der Glatt lediglich in zwei Proben im Juni und Juli.

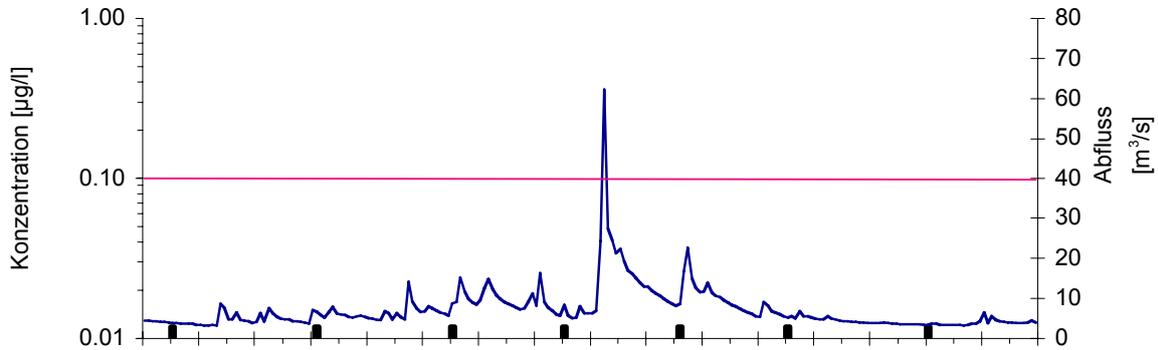
■ Irgarol 1051



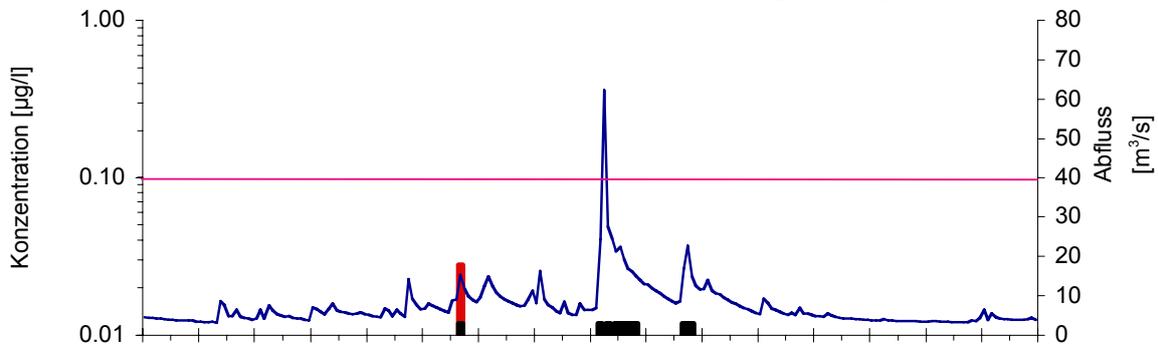
Irgarol 1051			
<b>Substanzklasse</b>	Methylthiothiazin	<b>ZV LAWA</b>	-
<b>Wirkstoffgruppe</b>	Biozid	<b>CQK</b>	-
<b>Einsatzgebiet</b>	Antifouling - Anstriche	<b>AQK</b>	-

**■ Irgarol 1051**

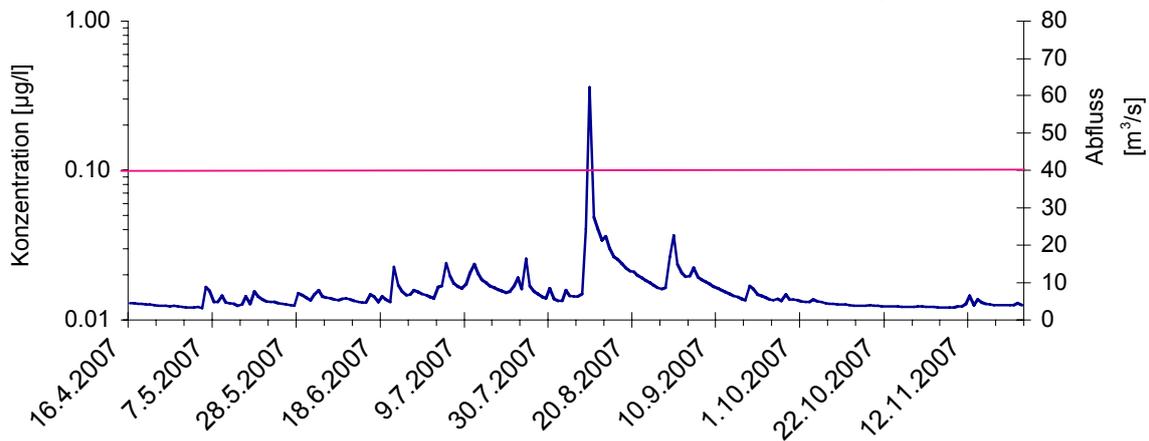
*Monatsstichproben Glatt*



*Tagesmischproben Glatt*



*Wochenmischproben Glatt*



Irgarol 1051 trat während der ganzen Messperiode im Furtbach in Konzentrationen  $< 0.1 \mu\text{g/l}$  auf. Aufgrund der hohen Toxizität von Irgarol 1051 sind diese Nachweise als relevant einzustufen. In der Glatt wurde Irgarol 1051 nur einmal nachgewiesen.

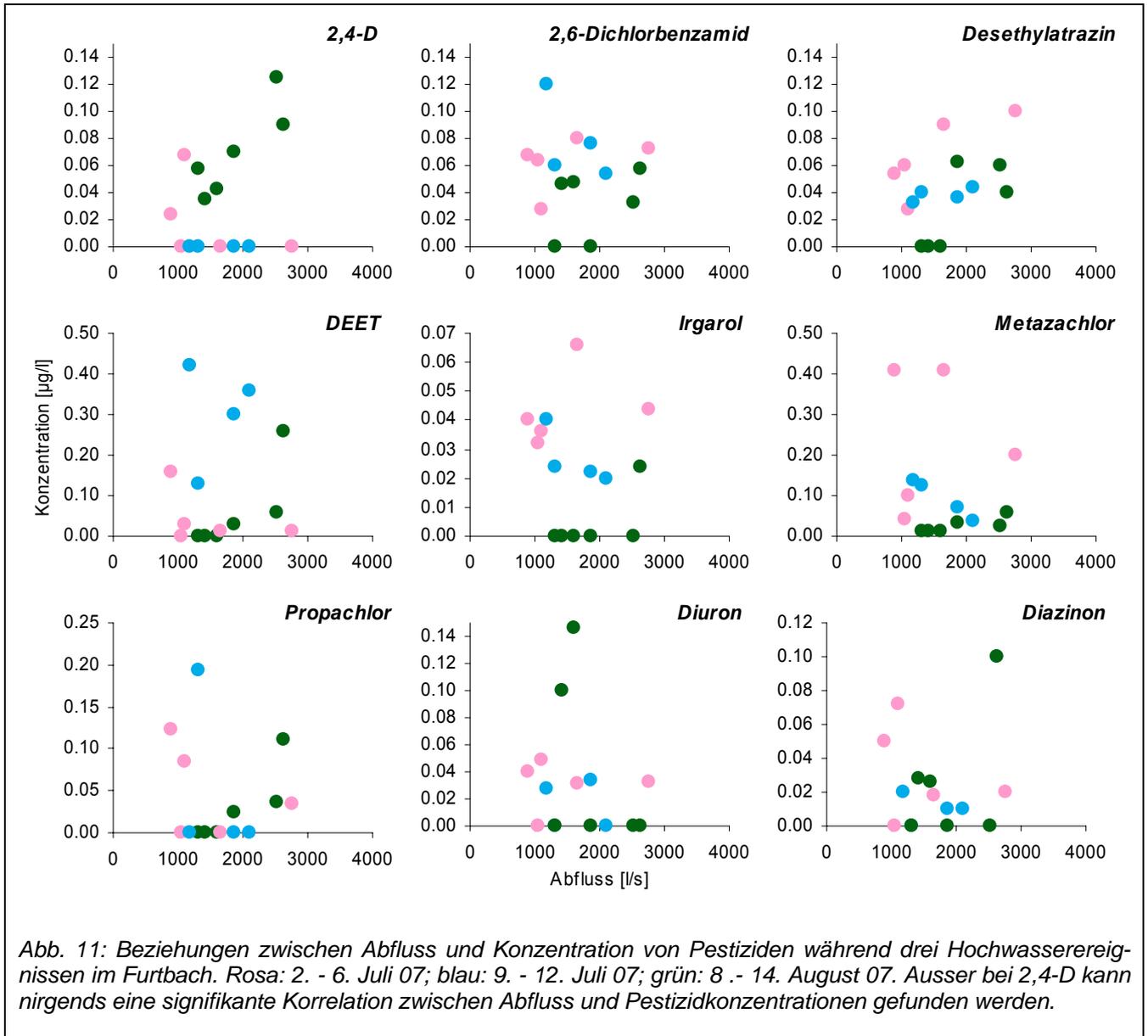


Abb. 11: Beziehungen zwischen Abfluss und Konzentration von Pestiziden während drei Hochwasserereignissen im Furtbach. Rosa: 2. - 6. Juli 07; blau: 9. - 12. Juli 07; grün: 8. - 14. August 07. Ausser bei 2,4-D kann nirgends eine signifikante Korrelation zwischen Abfluss und Pestizidkonzentrationen gefunden werden.