

Vor- und Nachteile verschiedener Methoden zur Fremdwasserbestimmung in Entwässerungssystemen

NIVUS-Workshops

Friedrichshafen, 8. November 2017

München, 9. November 2017

Gabriel Luithle

Abteilung Stadthydrologische Messungen

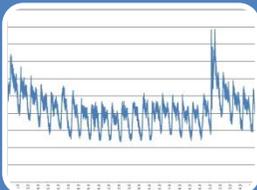
NIVUS GmbH



Vorstellung der Abteilung
„Stadthydrologische Messungen“
der NIVUS GmbH



Was ist Fremdwasser?
Warum ist Fremdwasser ein Problem?
Wie wird der Fremdwasserabfluss ermittelt?

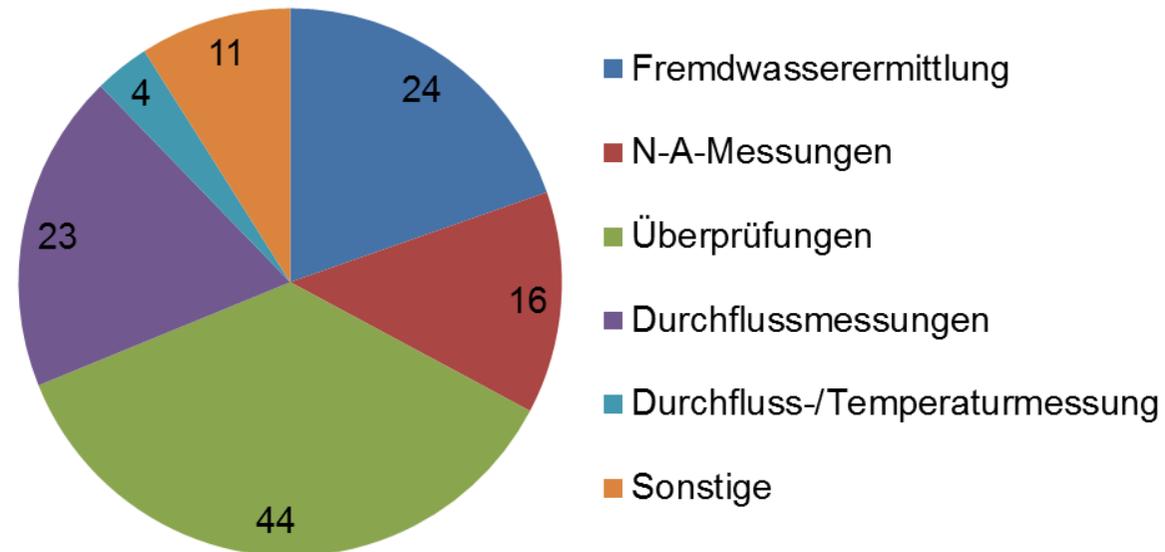


Vergleich messtechnischer Varianten zur
Fremdwasserermittlung mit der
Nachtminimum-Methode



Zusammenfassung

- **10 Mitarbeiter**
- **Gerätepool:**
 - 160 Q-Messgeräte
 - 25 N-Schreiber mit GPRS-DFÜ
 - 3 Probenehmer (port. u. gek.)
- **Messkampagnen 2016:**
 - 132 Projekte
 - 450 Messstellen



Fremdwassermessungen in der Praxis

Abteilung Stadthydrologische Messungen der NIVUS GmbH

Fremdwasser-
ermittlung

Niederschlags-
Abfluss-
Messkampagnen

Überprüfung
Drossel-
einrichtungen

Überprüfung
Durchfluss-
messstellen

Netzmessungen

Stoffstrom-
analyse



Zentrale
Systemanalyse

Datenbank

Gerätetechnik

Weitere
Leistungen /
Messaufgaben

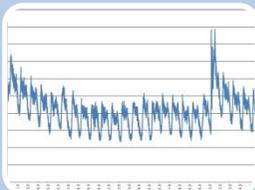
Gerätemiete
über die SHM



Vorstellung der Abteilung
„Stadthydrologische Messungen“
der NIVUS GmbH



Was ist Fremdwasser?
Warum ist Fremdwasser ein Problem?
Wie wird der Fremdwasserabfluss ermittelt?



Vergleich messtechnischer Varianten zur
Fremdwasserermittlung mit der
Nachtminimum-Methode



Zusammenfassung

Was ist Fremdwasser?

Definition Fremdwasser [DWA-M 182, 2012]

Fremdwasser ist das in Abwasseranlagen abfließende Wasser, welches weder durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften verändert ist noch bei Niederschlägen von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt und bestimmungsgemäß eingeleitet wurde.

Was ist Fremdwasser?

Fremdwasserkomponente		Mischsystem	Trennsystem	
		Mischwasserkanalnetz	Schmutzwasserkanalnetz	Regenwasserkanalnetz
Eindringendes Grundwasser (über Undichtheiten)	Grundwasserbedingtes Fremdwasser	X	X	X
Zufließendes Dränwasser		X	X	X ^{*)}
Zufließendes Bach- und Quellwasser und übertretendes Hochwasser		X	X	X ^{*)}
Zufließende Oberflächenabflüsse von Außengebieten, die nicht planmäßig durch die Kanalisation entwässert werden sollen	Niederschlagsbedingtes Fremdwasser	X	X	X
Zufließendes Niederschlagswasser über Schachtabdeckungen oder Fehleinleitungen, Überläufe von Versickerungsanlagen				X
ANMERKUNGEN				
X Die Fremdwasserkomponente gilt als Fremdwasser in dieser Kanalart.				
*) Die Zulässigkeit der Einleitung von Drainage-, Quell- und Bachwasser in Regenwasserkanäle ist im Einzelfall zu prüfen.				

[DWA-M 182 (2012), Tabelle 1]

Was ist Fremdwasser?



Warum ist Fremdwasser ein Problem?

- Negative Auswirkung auf Energie- und Kosteneffizienz von Kanalnetz und Kläranlage
- Erhöhte Überlauftätigkeit an Entlastungsbauwerken
- Beckenvolumen von Rückhaltebecken schneller erschöpft
- Erhöhte Emissionen Entlastungsbauwerke / Kläranlage
- Indikator für Zustand Kanal \Rightarrow Sanierungsbedarf



Indizien für erhöhten Fremdwasseranfall [DWA-M 182, 2012]

■ Kläranlage (Zulauf)

- mittlerer monatl. TW-Abfluss pro Einwohner: >250 l/(EW d)
- mittlere monatl. CSB-Konzentration: <250 mg/l
- mittlere monatl. NO₃-N-Konzentration: >5 mg/l

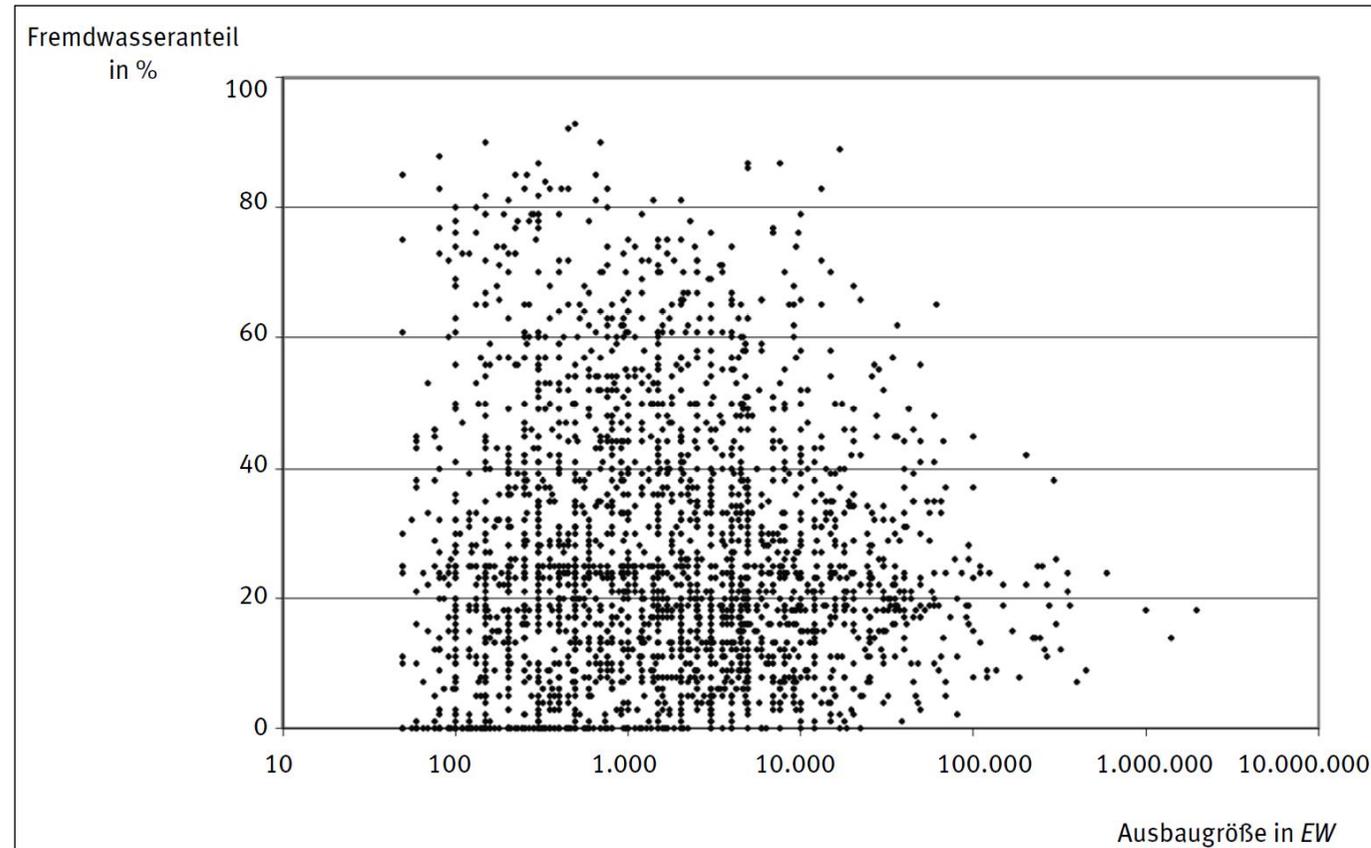
■ Regenwasserbehandlung

- Entlastungshäufigkeit: >30 1/a
- Entlastungsdauer FB: >150 h/a
- Entlastungsdauer DB: >300 h/a
- Entleerungsdauer: >24h

Warum ist Fremdwasserabfluss ein Problem?

Fremdwasseranteil in Bayern

- **Fremdwasseranteil:**
Prozentualer Anteil des
Fremdwasserabflusses
am TW-Abfluss im Kanal



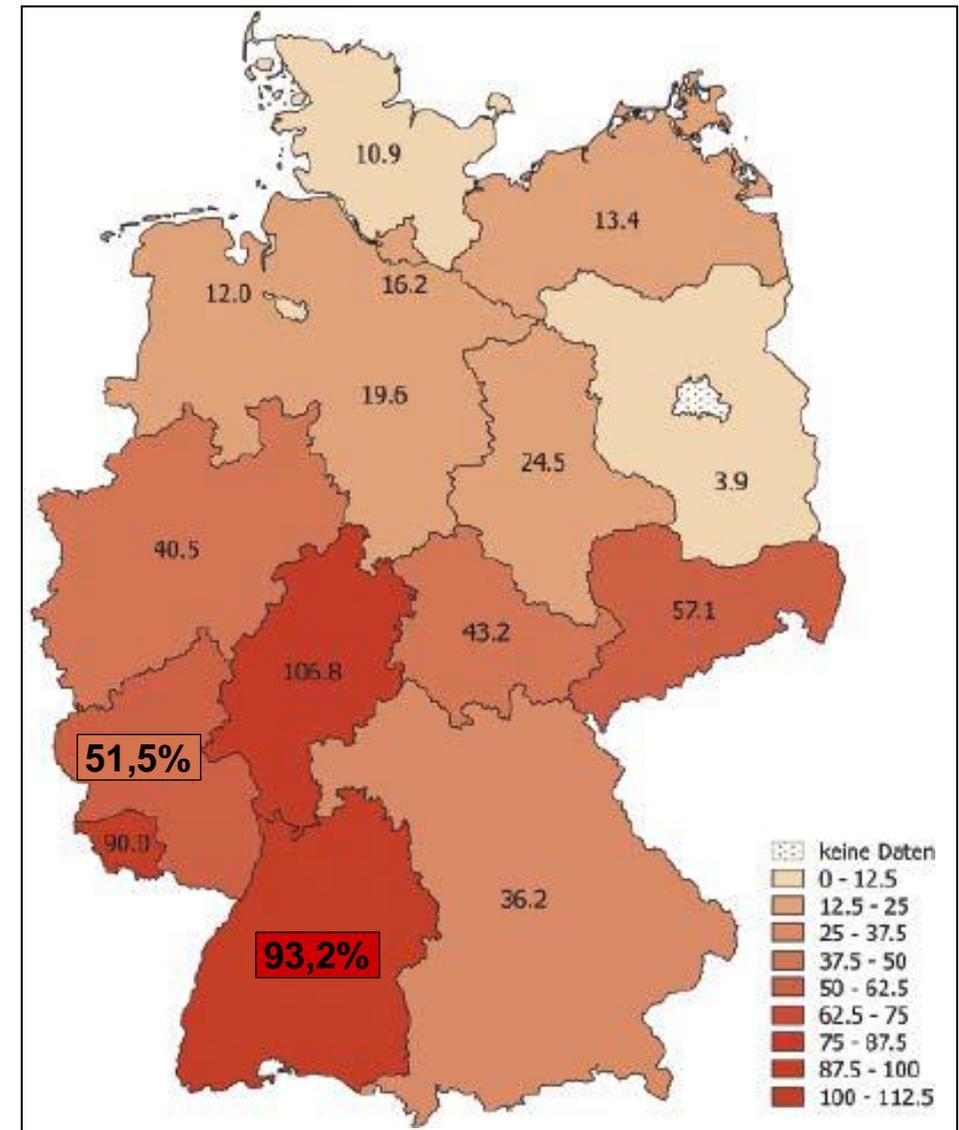
[DWA-M182 (2012), Bild 1: Mittelwert Fremdwasseranteile von rd. 2.600 komm. KA]

- **Fremdwasseranteil >50%**
⇒ **Mehr Fremdwasser als Abwasser im Kanal!**

Warum ist Fremdwasserabfluss ein Problem?

Fremdwasserzuschläge in den Bundesländern

- **Fremdwasserzuschlag**
Prozentualer Anteil des Fremdwasserabflusses am Schmutzwasserabfluss im Kanal
- **Fremdwasserzuschlag >100%**
⇒ **Mehr Fremdwasser als Abwasser im Kanal!**



[Brombach und Dettmar, 2016]

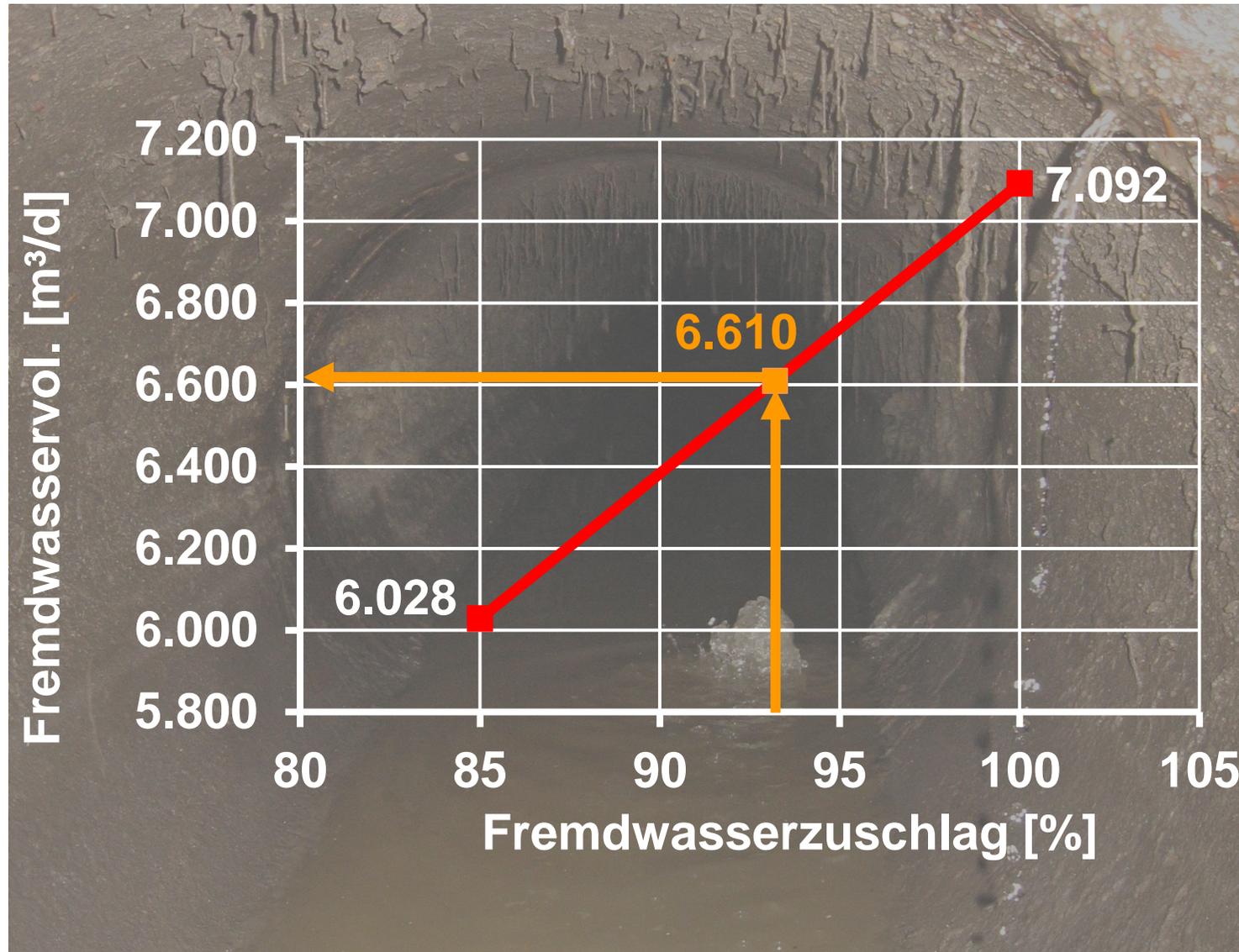
Warum ist Fremdwasserabfluss ein Problem?



Fiktives Beispiel: Friedrichshafen

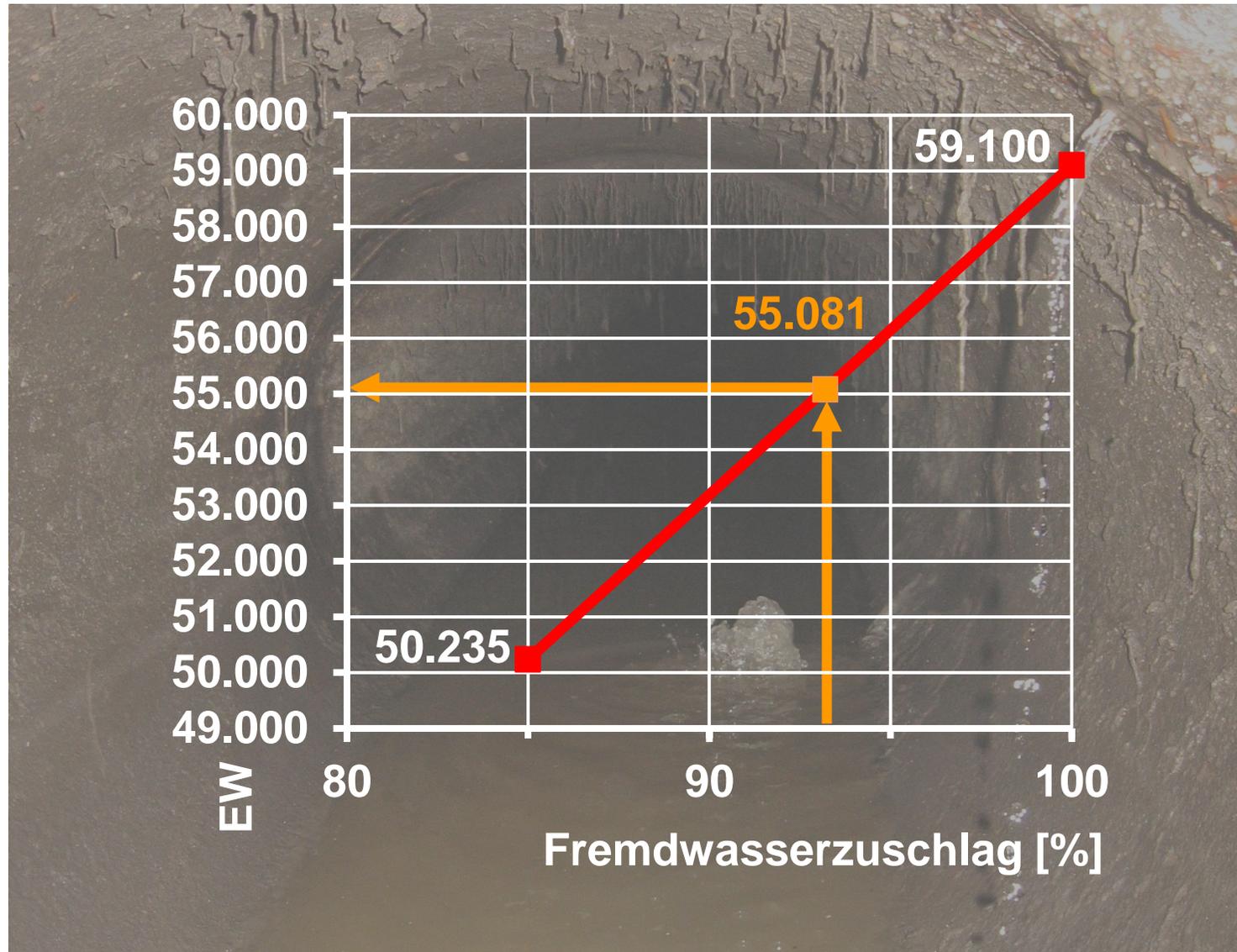
- Einwohner: ca. 59.100 EW
- $W_{S,d}$: 120 l/(EW d)
- $Q_{S,d}$: rd. 82 l/s
- Fremdwasserzuschlag: 93,2%
- Q_F : rd. 76 l/s

Warum ist Fremdwasserabfluss ein Problem?



Fremdwassermessungen in der Praxis

Warum ist Fremdwasserabfluss ein Problem?



Fremdwasserbestimmung [nach DWA-M 182, 2012]

- **Chemische Methoden**
- **Jahresschmutzwasser-Methode**
- **Methode mit gleitendem Minimum**
- **Nachtminimum-Methode**

Fremdwasserbestimmung [nach DWA-M 182, 2012]

- **Chemische Methoden**
 - Jahresschmutzwasser-Methode
 - Methode mit gleitendem Minimum
 - Nachtminimum-Methode

Fremdwasserabfluss als Verhältnis der mittleren Tageskonzentration eines Schmutzstoffparameters und seiner Konzentration zur Zeit des Nachtminimums.

Sehr aufwändige Methode, da neben kontinuierlichen Abflussmessungen auch Schmutzstoffparameter erfasst werden müssen.

Wie wird Fremdwasserabfluss ermittelt?

Beispiel:

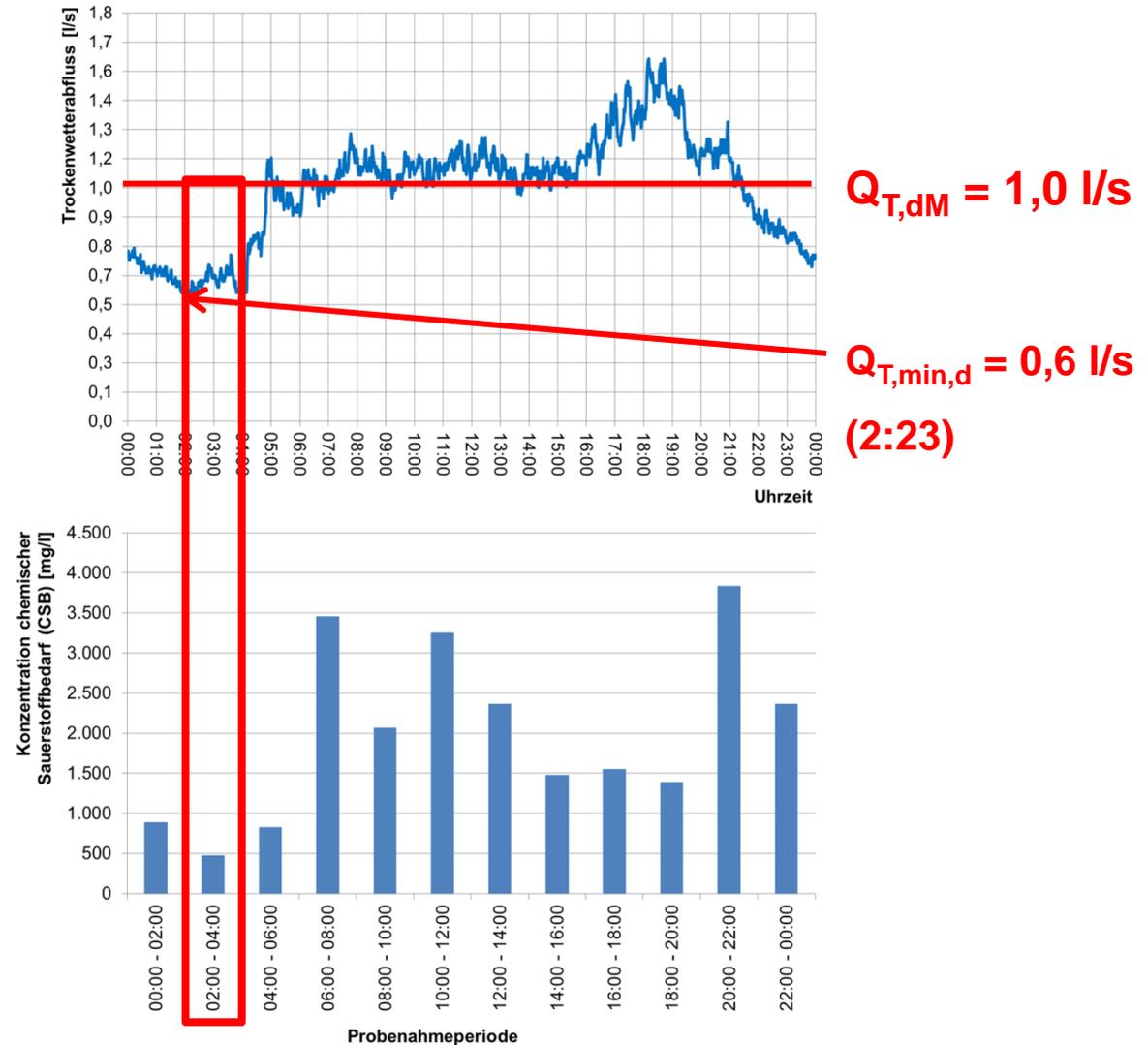
Fremdwasserermittlung ländliche Gemeinde

- Einwohner: 300 EW
- $W_{S,d,aM}$: 120 l/(EW d)
(Trinkwasserverbrauch pro Kopf und Tag)
- $Q_{S,d,aM} = 36 \text{ m}^3/\text{d} = 0,4 \text{ l/s}$



Wie wird Fremdwasserabfluss ermittelt?

Trockenwetterabfluss ländliche Gemeinde



Wie wird Fremdwasserabfluss ermittelt?

Fremdwasserabfluss nach chemischer Methode auf CSB-Basis

- $C_{\text{CSB},2:00-4:00}$: 473 mg/l

Mittlere CSB-Konzentration

- Arithmetisches Mittel:

$$C_{\text{CSB,dM,arith.M}} : 1997 \text{ mg/l}$$

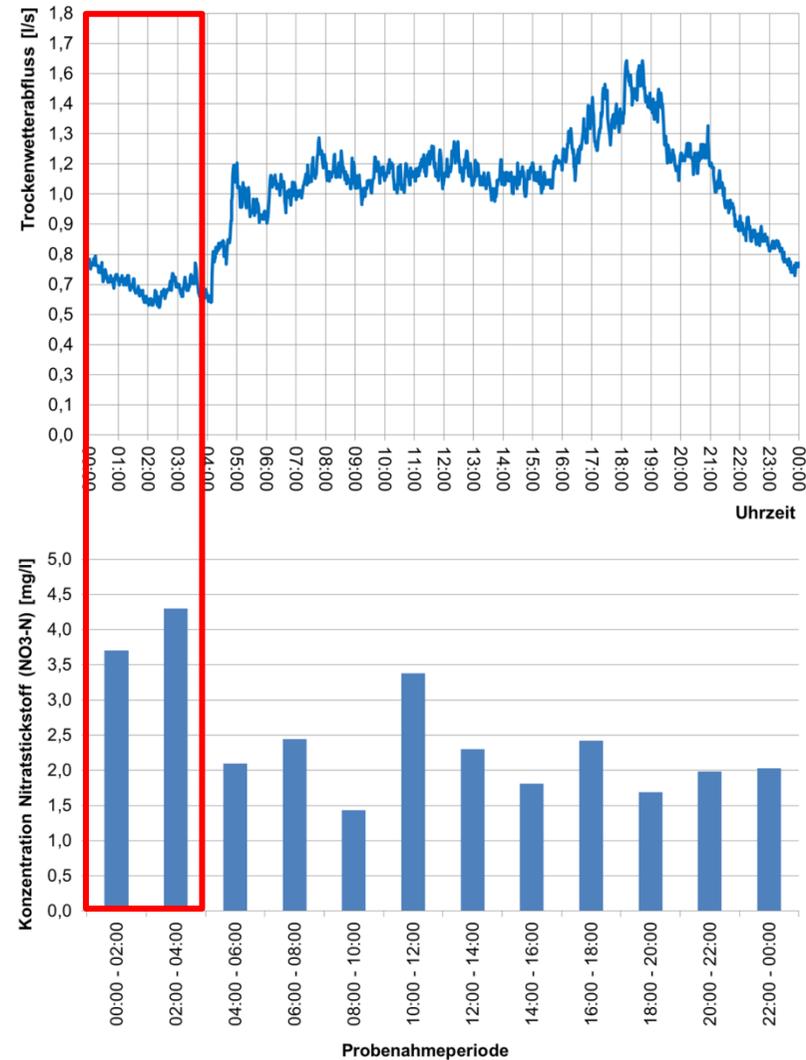
$$\Rightarrow \text{FWA} = 24\%$$

$$\text{mit } Q_{\text{T,dM}} = 1,0 \text{ l/s}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{F}} = 0,2 \text{ l/s}$$



Trockenwetterabfluss ländliche Gemeinde



Fremdwasserbestimmung [nach DWA-M 182, 2012]

- Chemische Methoden
- **Jahresschmutzwasser-Methode**
- Methode mit gleitendem Minimum
- Nachtminimum-Methode

Jährlicher Fremdwasserabfluss als Differenz aus der Jahresschmutzwassermenge und korrespondierendem Trinkwasserverbrauch.

Berechnung i.d.R. für ganze Kläranlageneinzugsgebiete.

Fremdwasserbestimmung [nach DWA-M 182, 2012]

- Chemische Methoden
- Jahresschmutzwasser-Methode
- **Methode mit gleitendem Minimum**
- Nachtminimum-Methode

Die Auswahl der Trockenwettertage erfolgt ohne Niederschlagsdaten sondern beruht auf der Annahme, dass innerhalb eines 21 Tage Intervalls der kleinste Trockenwetterabfluss immer als niederschlagsfreier Tag betrachtet werden kann.

Sonst analoge Auswertung zur Jahresschmutzwassermethode.

Wie wird Fremdwasserabfluss ermittelt?

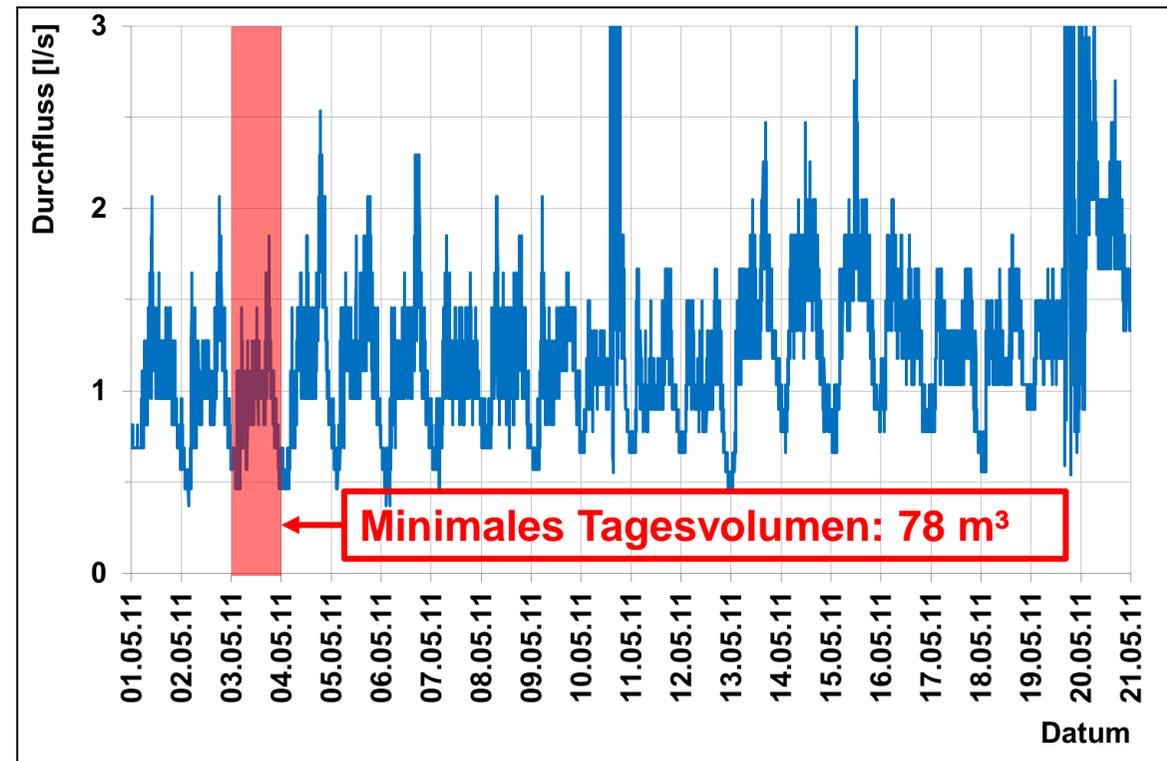
Fremdwasserabfluss nach Methode des gleitendes Minimums

- $Q_{F,d} = (78\text{m}^3/\text{d} - 36\text{m}^3/\text{d}) = 42\text{m}^3/\text{d}$

- $Q_{F,d} = 0,5 \text{ l/s}$

- $Q_{S,d,aM} = 0,4 \text{ l/s}$

⇒ $\text{FWA} = 0,5 \text{ l/s} / 0,9 \text{ l/s} = 56\%$



Fremdwasserbestimmung [nach DWA-M 182, 2012]

- Chemische Methoden
- Jahresschmutzwasser-Methode
- Methode mit gleitendem Minimum
- **Nachtminimum-Methode**

Der minimale nächtliche Abfluss entspricht (nahezu) dem Fremdwasserabfluss.

Wie wird Fremdwasserabfluss ermittelt?

Fremdwasserabfluss nach Nachtminimum-Methode

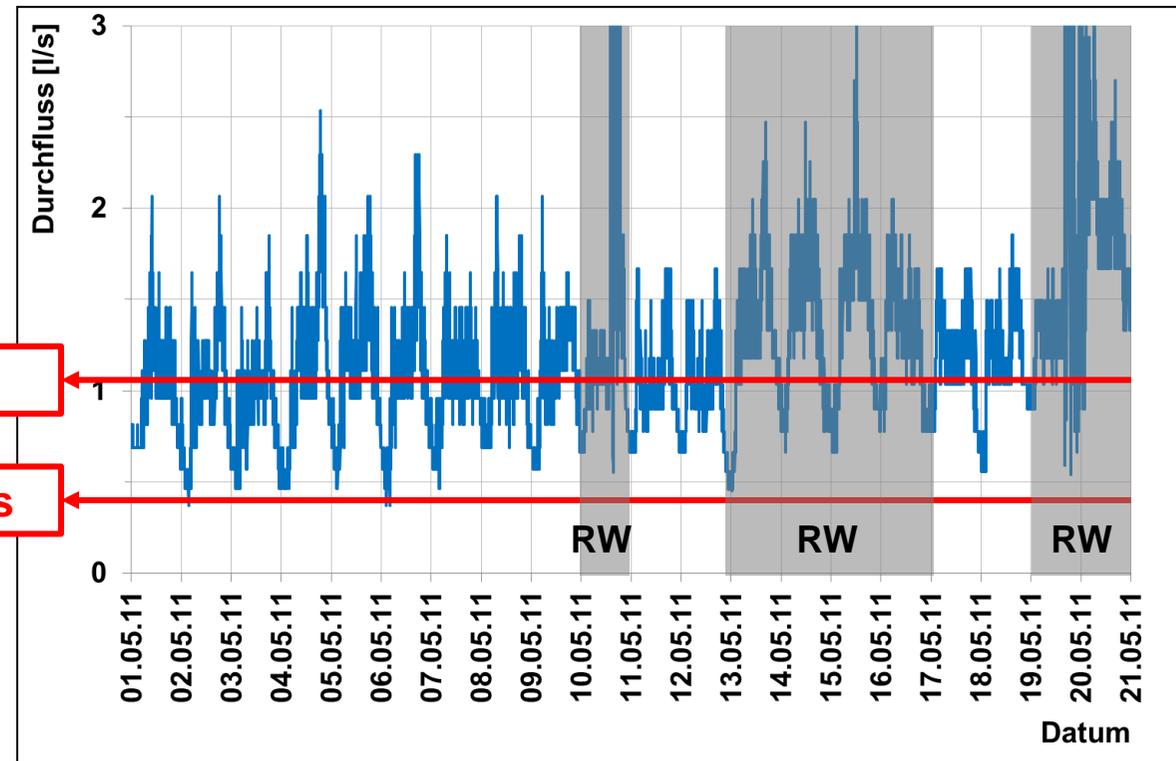
■ $Q_{F,13dM} = 0,5 \text{ l/s}$ (0,4l/s – 0,7l/s)

■ $Q_{T,d,13dM} = 1,1 \text{ l/s}$

⇒ FWA = 0,5 l/s / 1,1 l/s = 45%

$Q_{T,d,13dM} = 1,1 \text{ l/s}$

$Q_{T,min,13dM} = 0,5 \text{ l/s}$



Zwischenfazit

	Chemische Methode CSB	Chemische Methode NH ₄ -N	Gleitendes Minimum	Nachtminimum
Q _F	0,2l/s	0,9l/s	0,5l/s	0,5l/s
FWA	24%	85%	56%	45%

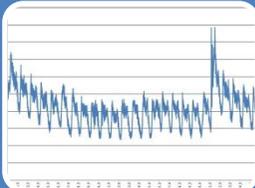
- Chemische Methode aufwendig und stoff- bzw. parameterabhängig
- Gleitendes Minimum aufwendig unsicher bzgl. $q_{S,d}$ (Wasserverbrauch)
- Nachtminimum einfach mit Q- und N-Messdaten durchzuführen, erfahrungsgemäß plausible Ergebnisse



Vorstellung der Abteilung
„Stadthydrologische Messungen“
der NIVUS GmbH



Was ist Fremdwasser?
Warum ist Fremdwasser ein Problem?
Wie wird der Fremdwasserabfluss ermittelt?



Vergleich messtechnischer Varianten zur
Fremdwasserermittlung mit der
Nachtminimum-Methode



Zusammenfassung

Beispiel: Messtechnik zur Fremdwasserbestimmung



Aufgabe:

Fremdwasserermittlung an 4 Stellen eines Einzugsgebietes

- **Variante 1**
Messung des Durchflusses während des zu erwartenden minimalen nächtlichen Abflusses während drei Ortsbegehungen
- **Variante 2**
Einbau von Durchflussmessungen an allen 4 Messpunkten und zeitgleiche Erfassung des minimalen nächtlichen Abflusses über eine Nacht
- **Variante 3**
Durchführung einer Messkampagne über 6 Wochen

Durchführung Variante 1:

Begehung der 4 Messpunkte nacheinander in 3 Nächten,
dabei Aufnahme der Durchflüsse für einen Zeitraum von 10 Minuten

		M01	M02	M03	M04
Vor Ort	Beginn	02:30	03:10	03:50	04:30
	Ende	03:00	03:40	04:20	05:00
Messzeitraum	Beginn	02:45	03:25	04:05	04:45
	Ende	02:55	03:35	04:15	04:55

Durchführung Variante 1:

Begehung der 4 Messpunkte nacheinander in 3 Nächten,
dabei Aufnahme der Durchflüsse für einen Zeitraum von 10 Minuten

	M01	M02	M03	M04
Datum	Q_{\min} [l/s]	Q_{\min} [l/s]	Q_{\min} [l/s]	Q_{\min} [l/s]
10.02.2010	27,15	10,38	41,18	8,24
17.02.2010	22,35	7,64	31,1	6,48
10.03.2010	27,43	10,22	49,3	7,58

Durchführung Variante 2:

Einbau von 4 Durchflussmessungen zeitparallel für die Dauer einer Nacht

Beispiel:

Einbau aller Messungen am 09.02.2010

Ausbau aller Messungen am 10.02.2010

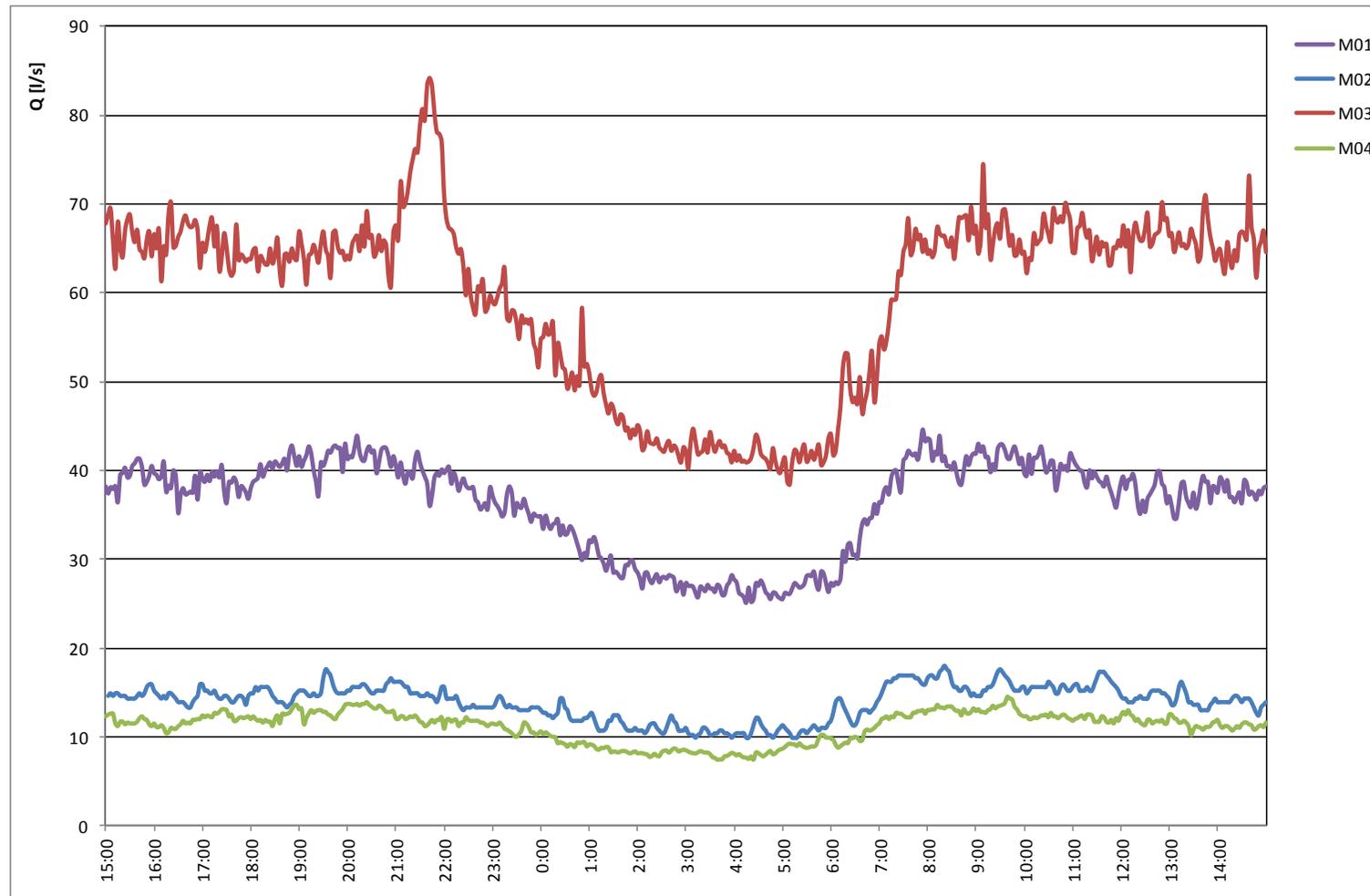
Fremdwasserabfluss entspricht dem jeweils kleinsten gemessenen Nachtabfluss

Durchführung Variante 2:

Einbau von 4 Durchflussmessungen zeitparallel für die Dauer einer Nacht

	M01	M02	M03	M04
Datum	Q_{\min} [l/s]	Q_{\min} [l/s]	Q_{\min} [l/s]	Q_{\min} [l/s]
09.-10.02	25,1	9,89	38,4	7,41
16.-17.02	20,1	6,73	30,3	6,02
09.-10.03	24,2	9,36	34,8	6,72

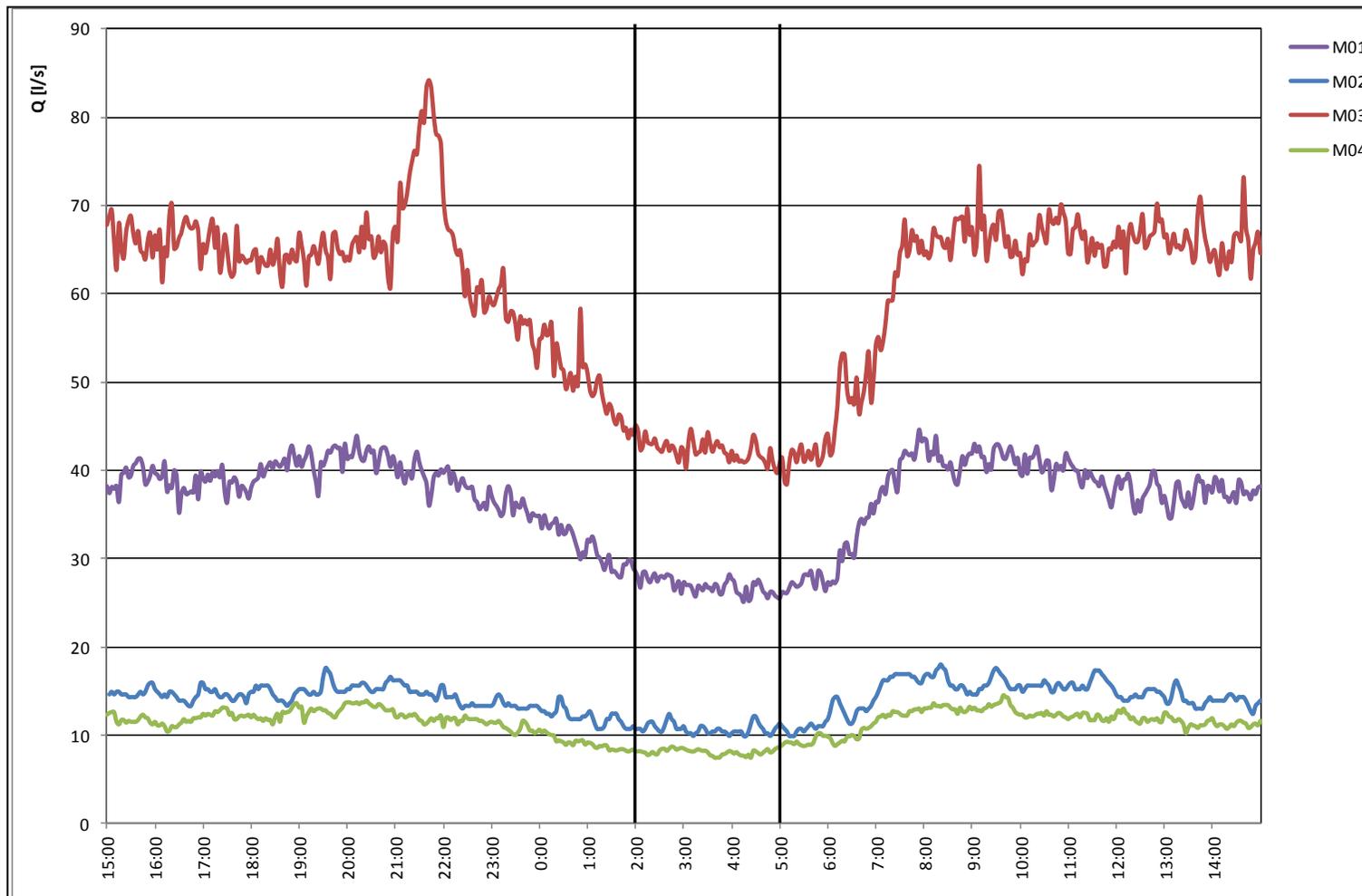
Durchführung Variante 2:



Messzeitraum:

09.02. 15:00 Uhr
bis
10.02. 15:00 Uhr

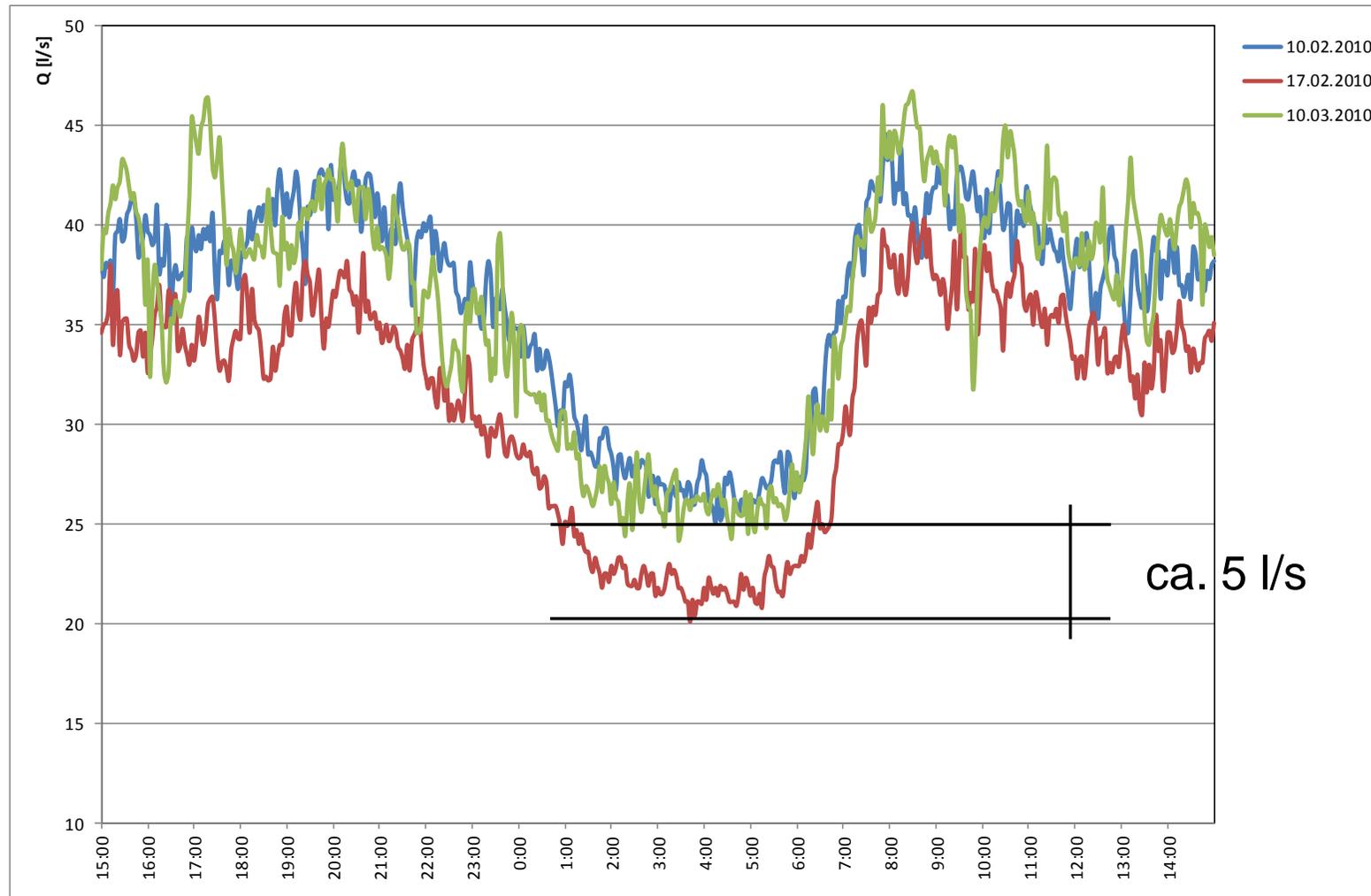
Durchführung Variante 2:



Messzeitraum:

09.02. 15:00 Uhr
bis
10.02. 15:00 Uhr

Durchführung Variante 2:

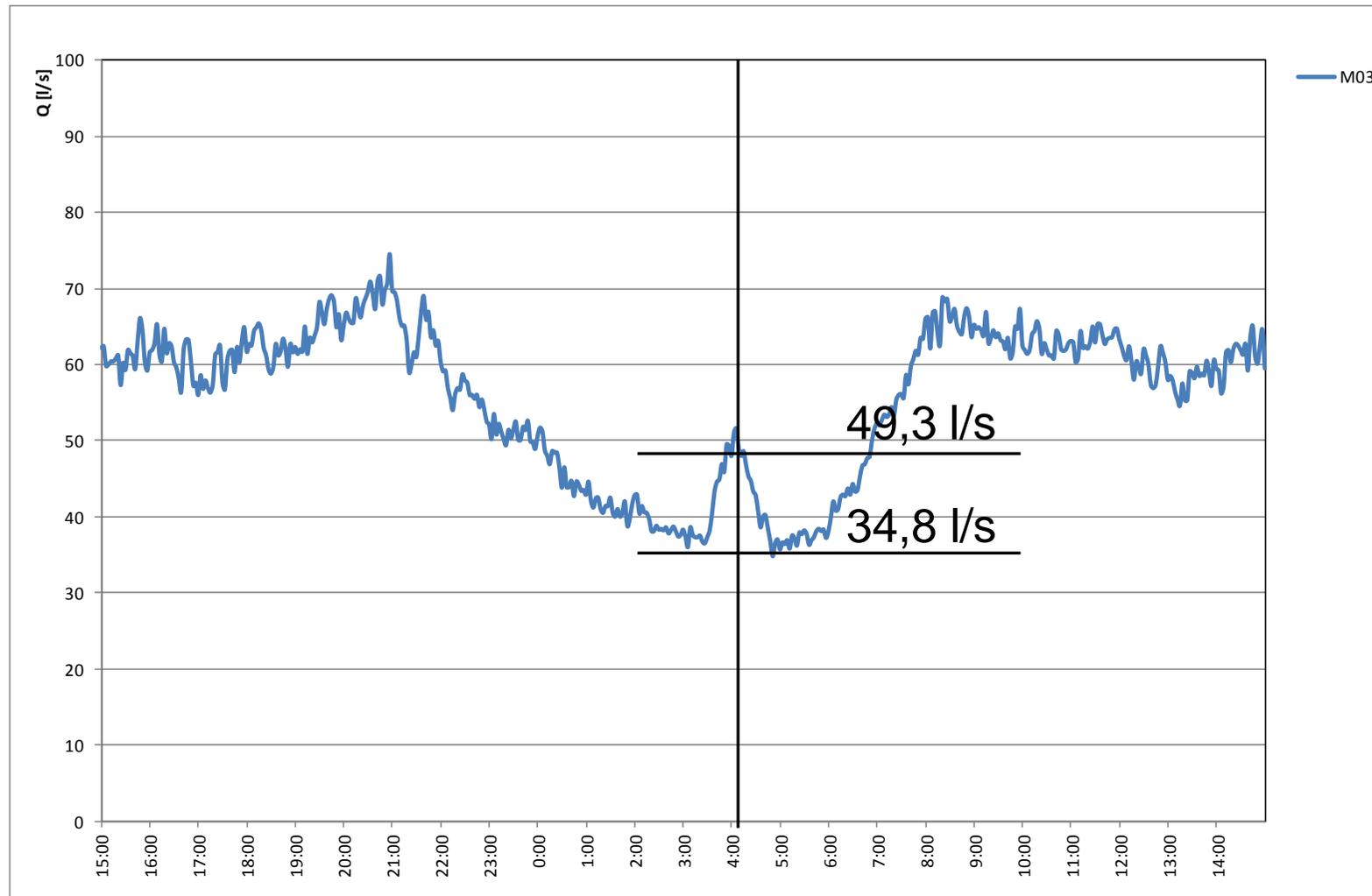


M01

Vergleich Ergebnisse Varianten 1 und 2

Variante	Datum	M01 Q_{\min} [l/s]	M02 Q_{\min} [l/s]	M03 Q_{\min} [l/s]	M04 Q_{\min} [l/s]
1 (10 min)	10.02.2010	27,15	10,38	41,18	8,24
2 (Nacht)		25,1	9,89	38,4	7,41
1 (10 min)	17.02.2010	22,35	7,64	31,1	6,48
2 (Nacht)		20,1	6,73	30,3	6,02
1 (10 min)	10.03.2010	27,43	10,22	49,3	7,58
2 (Nacht)		24,2	9,36	34,8	6,72

Vergleich Ergebnisse Varianten 1 und 2



10.03.2010

Durchführung Variante 3:

Einbau von 4 Durchflussmessungen und einem Niederschlagsschreiber zeitparallel für die Dauer von 6 Wochen

Beispiel:

Einbau aller Messungen am 09.02.2010

Ausbau aller Messungen am 26.03.2010

Fremdwasserabfluss entspricht dem jeweils kleinsten gemessenen Nachtabfluss bei Trockenwetter

Durchführung Variante 3:

Einbau von 4 Durchflussmessungen und einem Niederschlagsschreiber zeitparallel für die Dauer von 6 Wochen

Anzahl Trockenwettertage im Messzeitraum: 20

M01	M02	M03	M04
Q_{\min} [l/s]	Q_{\min} [l/s]	Q_{\min} [l/s]	Q_{\min} [l/s]
26,82	10,54	38,85	7,89

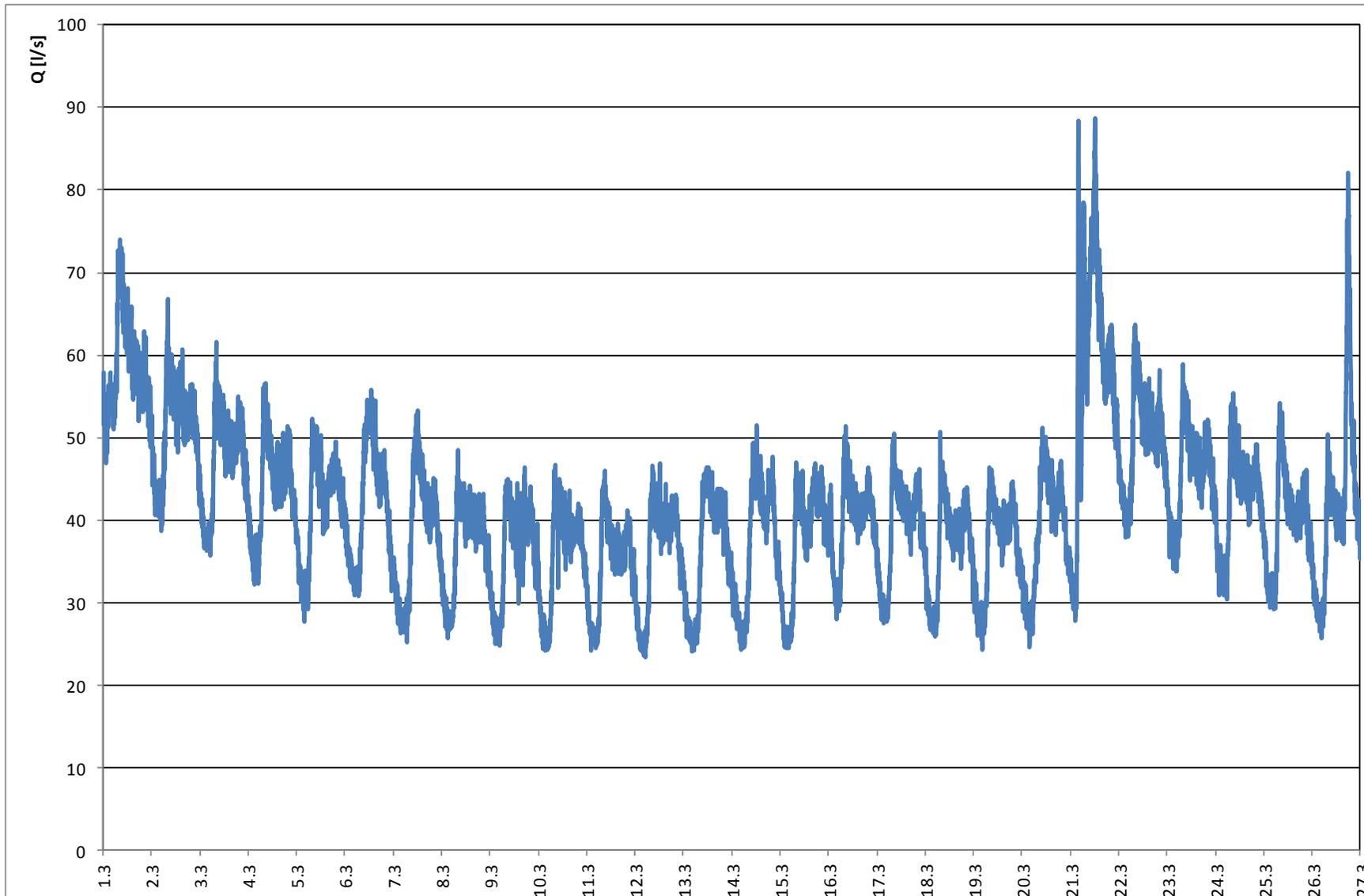
Durchführung Variante 3:

Einbau von 4 Durchflussmessungen und einem Niederschlagsschreiber zeitparallel für die Dauer von 6 Wochen

Variante	Datum	M01 Q_{\min} [l/s]	M02 Q_{\min} [l/s]	M03 Q_{\min} [l/s]	M04 Q_{\min} [l/s]
3 (Wochen)	09.02. - 26.03.	26,82	10,54	38,85	7,89
1 (10 min)	10.02.2010	27,15	10,38	41,18	8,24
2 (Nacht)		25,1	9,89	38,4	7,41
1 (10 min)	17.02.2010	22,35	7,64	31,1	6,48
2 (Nacht)		20,1	6,73	30,3	6,02
1 (10 min)	10.03.2010	27,43	10,22	49,3	7,58
2 (Nacht)		24,2	9,36	34,8	6,72

Fremdwassermessungen in der Praxis

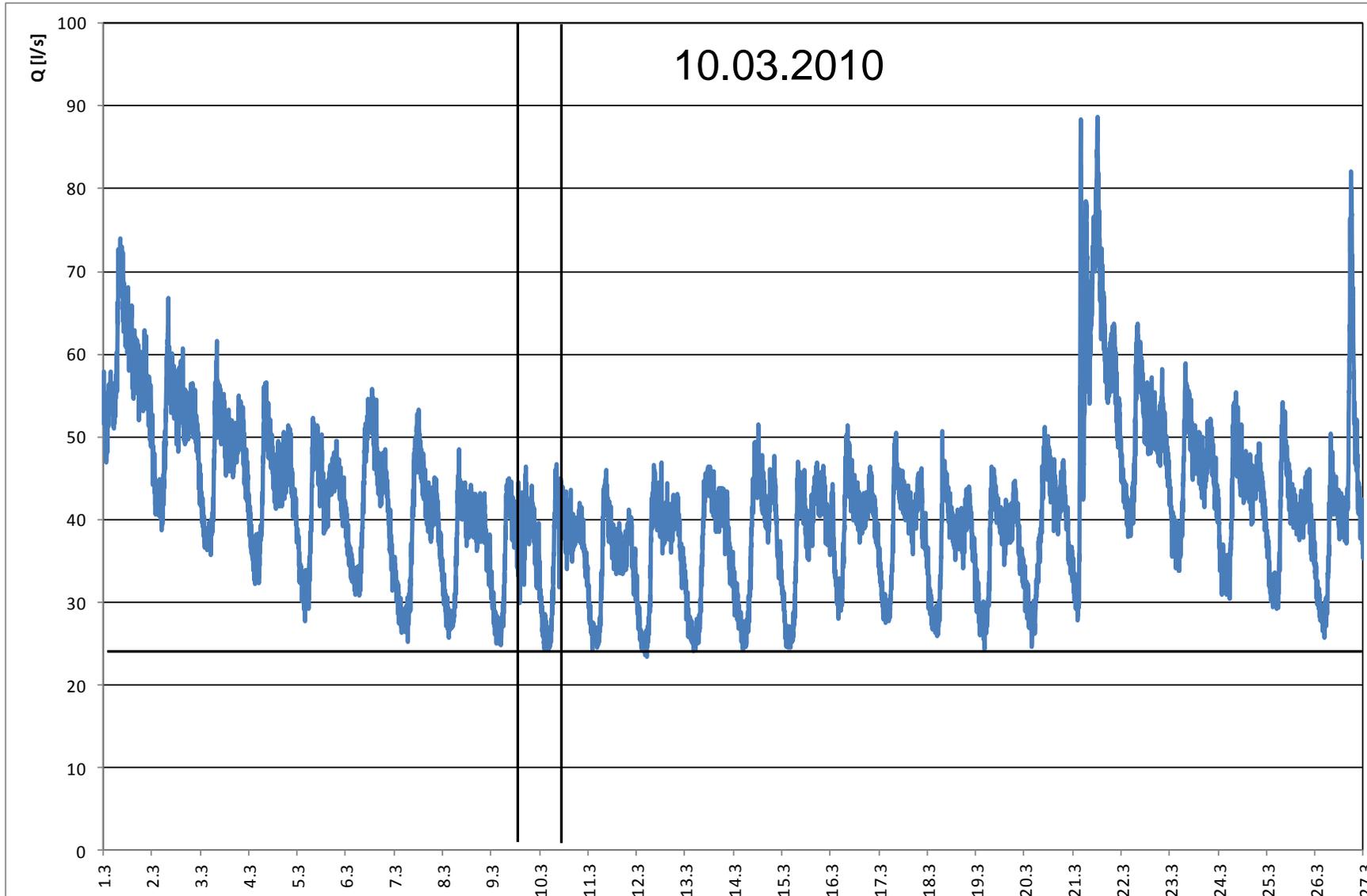
Durchführung einer Fremdwasserermittlung über Nachtminimum-Methode



M01

Fremdwassermessungen in der Praxis

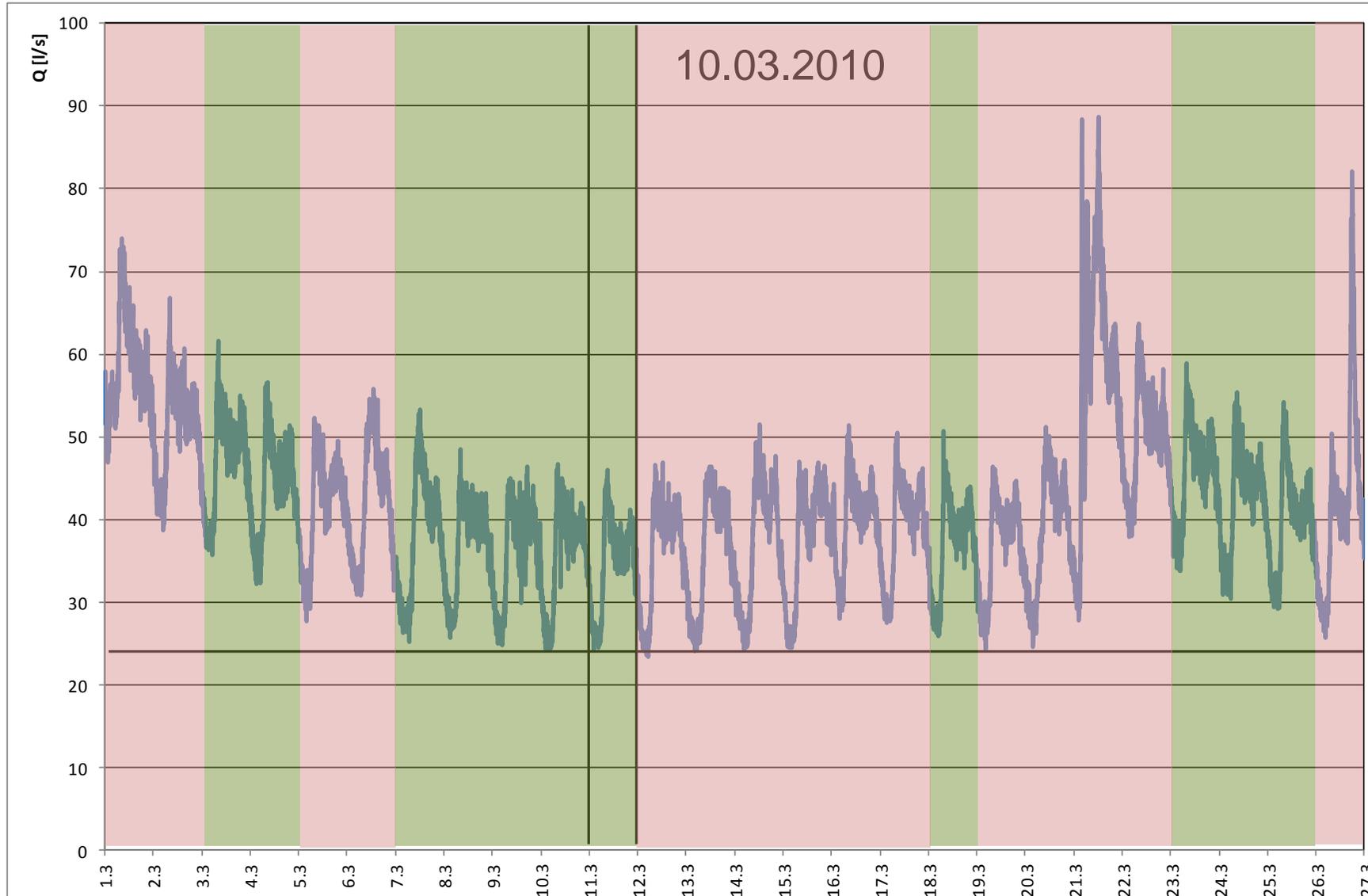
Durchführung einer Fremdwasserermittlung über Nachtminimum-Methode



M01

Fremdwassermessungen in der Praxis

Durchführung einer Fremdwasserermittlung über Nachtminimum-Methode



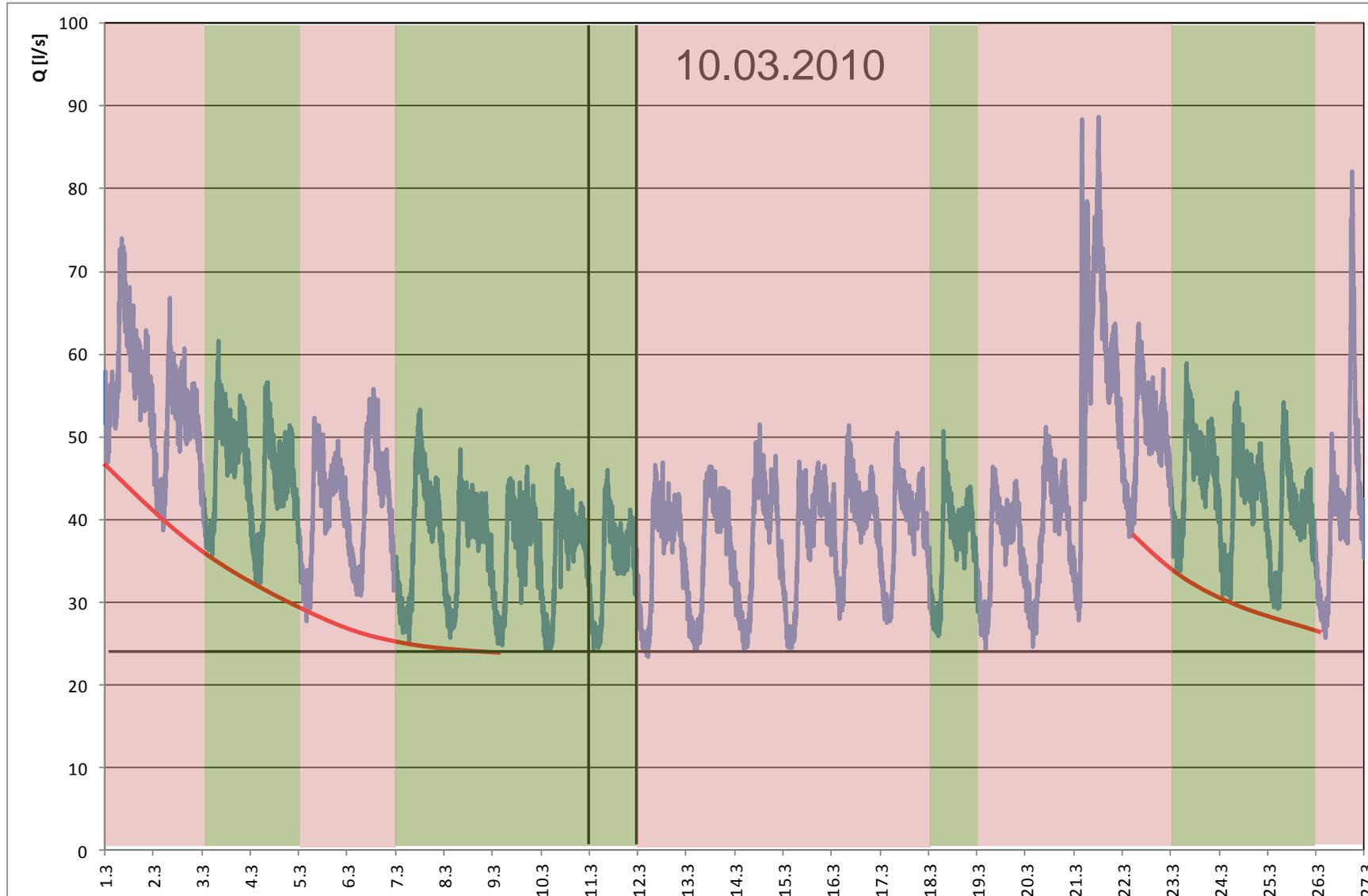
M01

$N \geq 0,3$ mm
und
 $N_{\text{Vortag}} \geq 0,3$ mm

TW

Fremdwassermessungen in der Praxis

Durchführung einer Fremdwasserermittlung über Nachtminimum-Methode



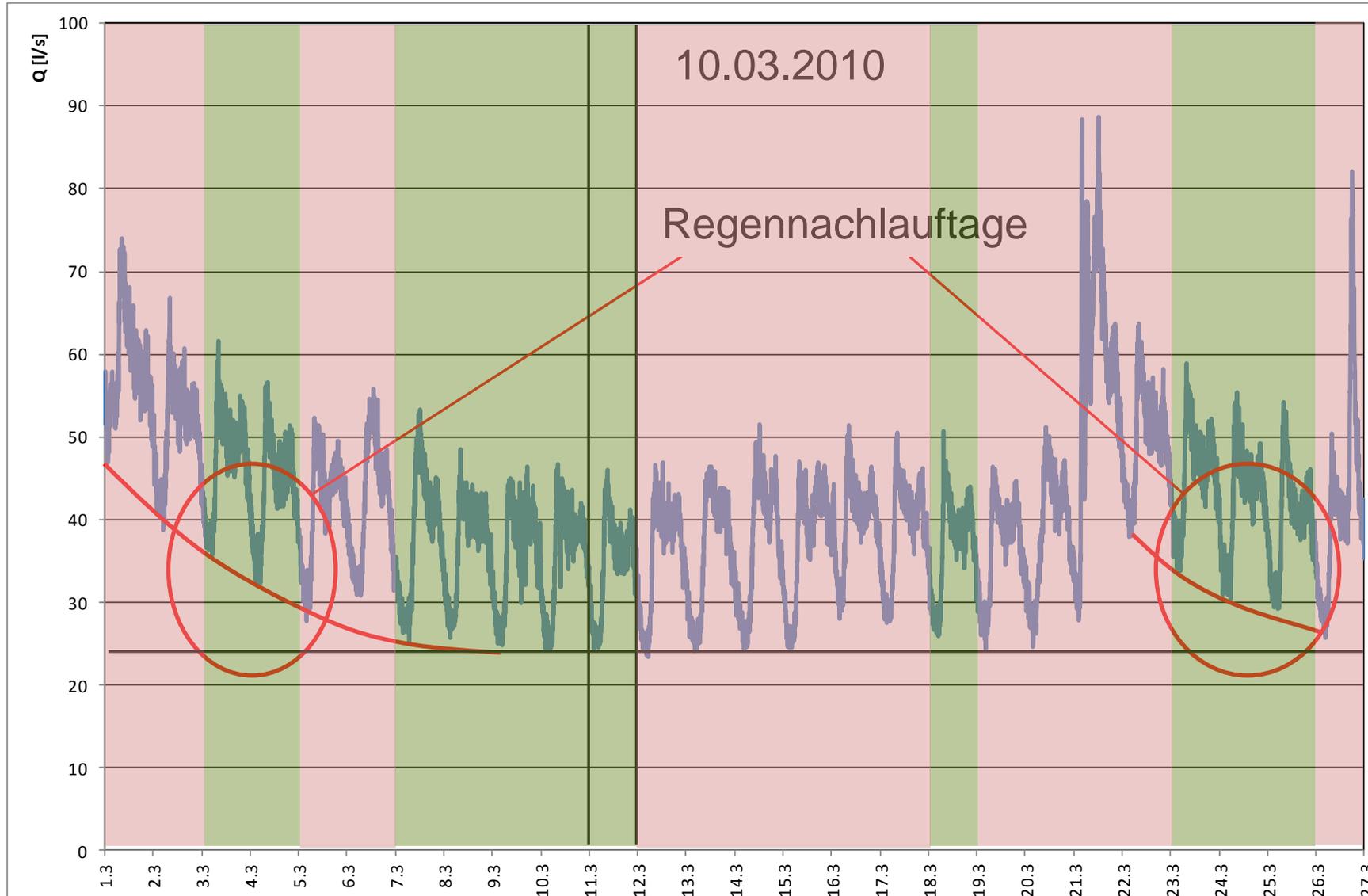
M01

$N \geq 0,3 \text{ mm}$
und
 $N_{\text{Vortag}} \geq 0,3 \text{ mm}$

TW

Fremdwassermessungen in der Praxis

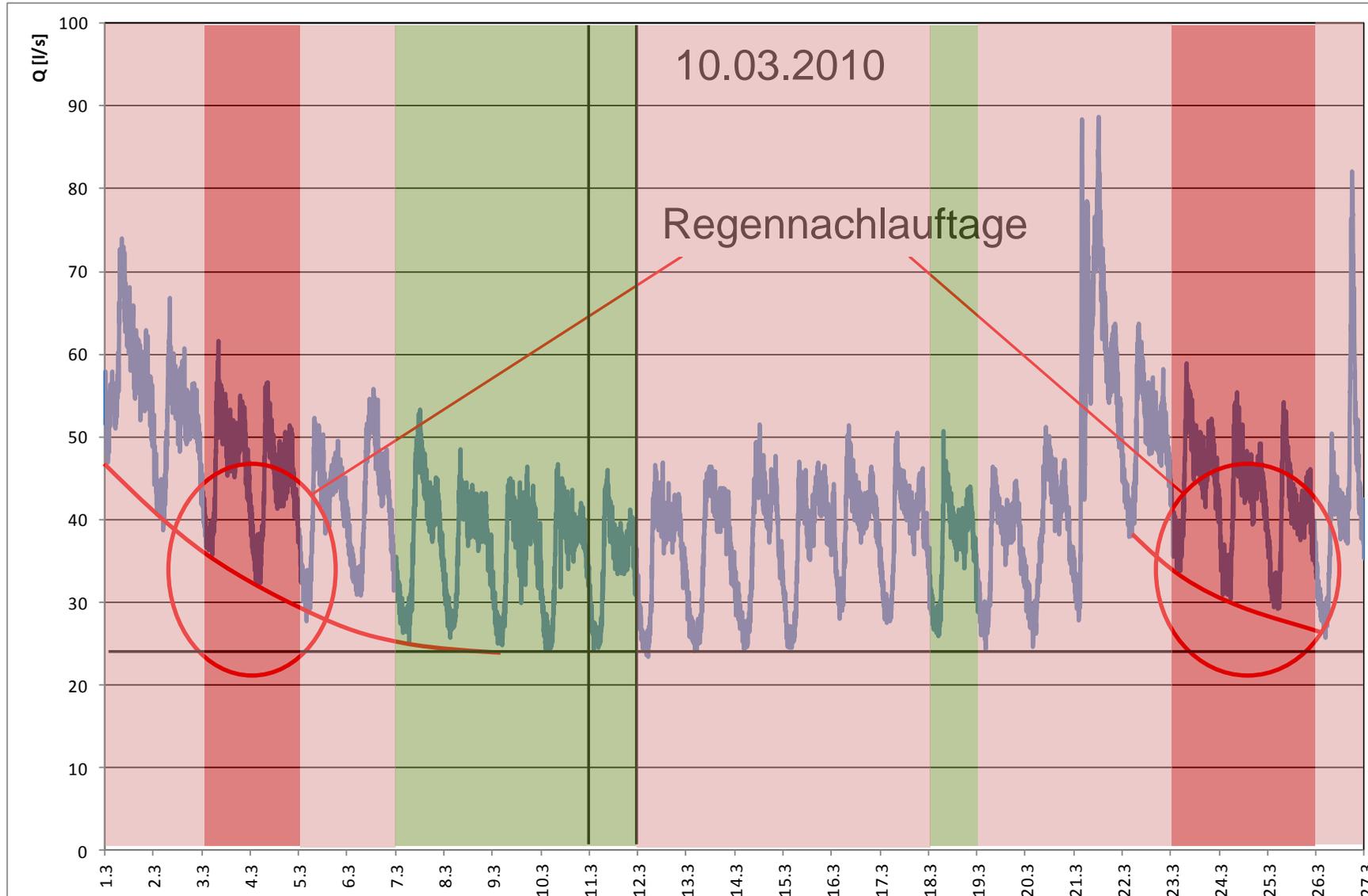
Durchführung einer Fremdwasserermittlung über Nachtminimum-Methode



M01

$N \geq 0,3 \text{ mm}$
und
 $N_{\text{Vortag}} \geq 0,3 \text{ mm}$

TW



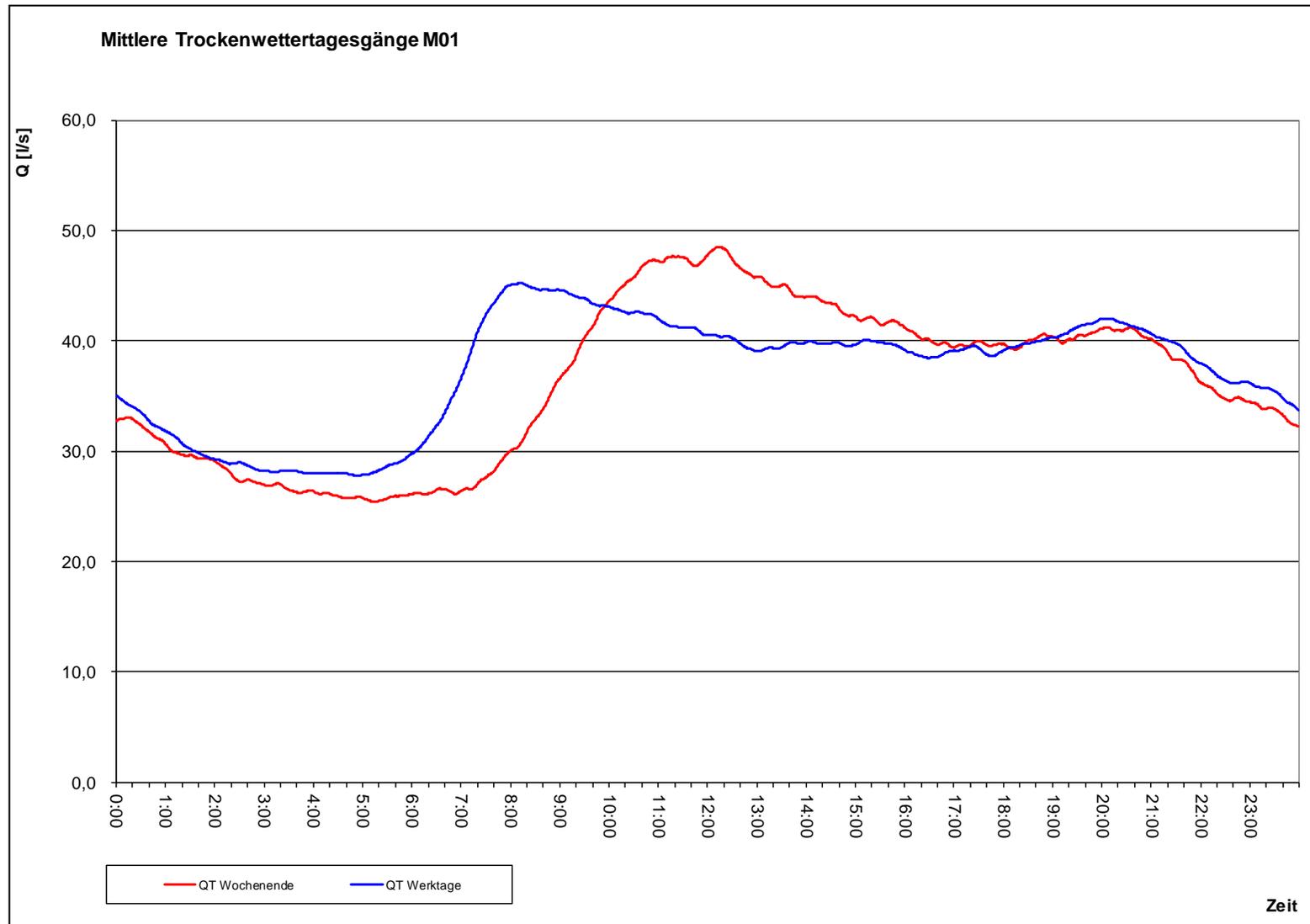
M01

$N \geq 0,3 \text{ mm}$
und
 $N_{\text{Vortag}} \geq 0,3 \text{ mm}$

Regen-
nachlauf

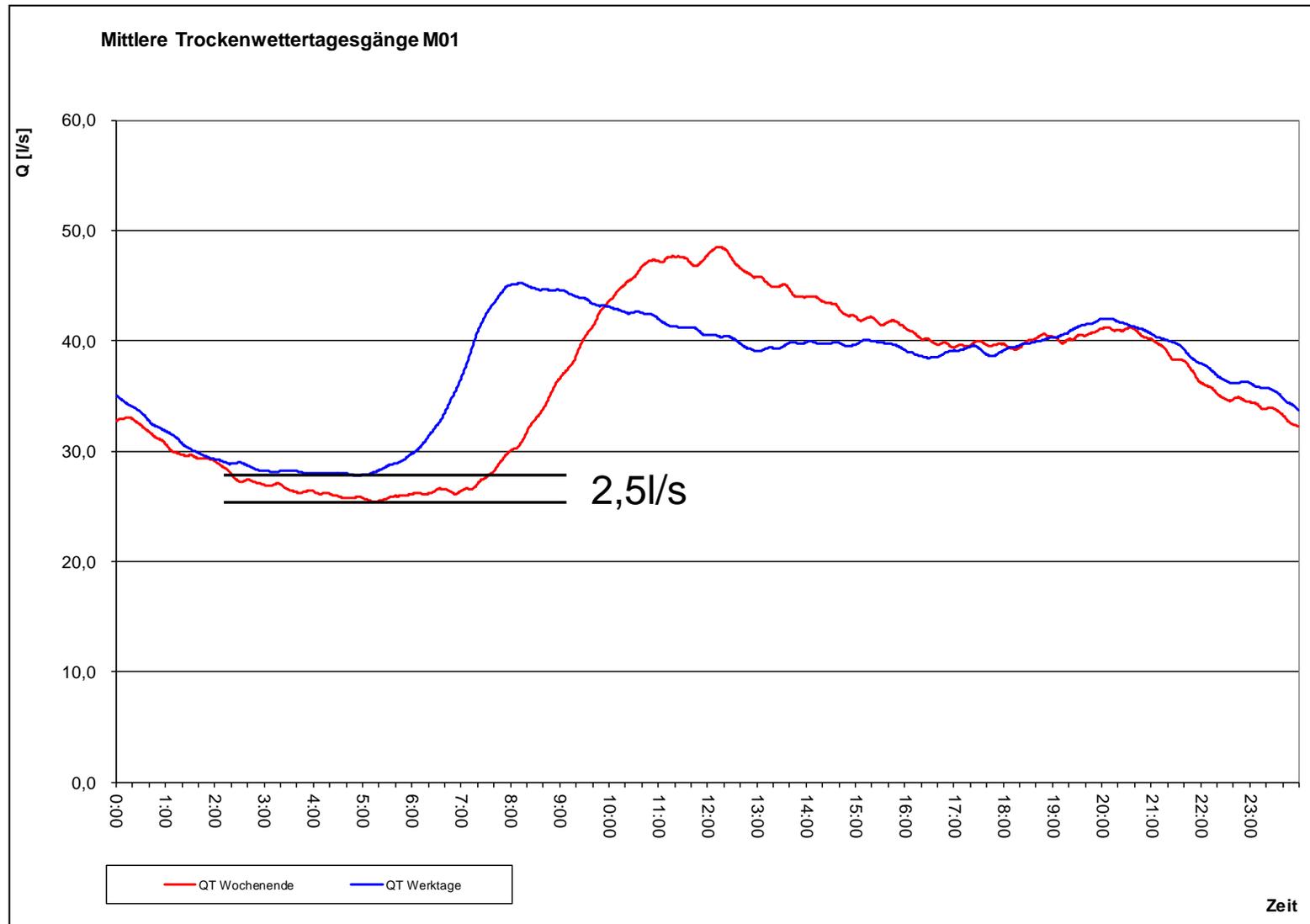
TW Berechnungs-
grundlage!

Durchführung Variante 3:



FWA ca. 70 %
FWZ ca. 250 %

Durchführung Variante 3:



FWA ca. 70 %
FWZ ca. 250 %

Aufwand für die Durchführung der Durchflussmessungen

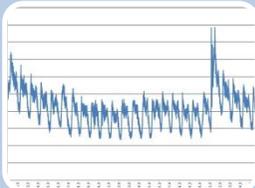
	Zeit	Personal	Material
Variante 1	ca. 4 h/Nacht	2 Mitarbeiter	1 x Q-Messung
Variante 2	ca. 8 h Einbau & Ausbau	2 Mitarbeiter	4 x Q-Messung
Variante 3	ca. 8 h Einbau & Ausbau sowie evtl. Wartungsaufwand	2 Mitarbeiter	4 x Q-Messung 1 x N-Messung



Vorstellung der Abteilung
„Stadthydrologische Messungen“
der NIVUS GmbH



Was ist Fremdwasser?
Warum ist Fremdwasser ein Problem?
Wie wird der Fremdwasserabfluss ermittelt?



Vergleich messtechnischer Varianten zur
Fremdwasserermittlung mit der
Nachtminimum-Methode



Zusammenfassung

Zusammenfassung

Warum?

- Reduktion Volumen TW-Abfluss (Belastung Kanalnetz, KA)
- Grundlage Sanierungskonzepte (Prioritäten)

Wie?

- Chemische Methoden
 - Aufwendige Erfassung Abflussqualität (insbes. mehrere Messpunkte)
 - Abhängig von Stoff/Parameter
- Jahresschmutzwasser-Methode
 - + Bilanzierung auf EZG-Ebene (lange Messreihe, Messdaten Zulauf KA)
 - Übertragung auf TEZG?
 - Daten zum Schmutzwasseranfall (TW-Verbrauch in TEZG)

Zusammenfassung

- Methode mit gleitendem Minimum
 - + keine Niederschlagsmessung erforderlich
 - Daten zum Schmutzwasseranfall (TW-Verbrauch in TEZG)
 - Nachtminimum-Methode
 - + Berechnungsparameter messbar (auch in TEZG)
 - + Einfache Auswertung
 - + Weitere Informationen für TEZG aus Messdaten
 - ± Nächtliche SW-Abflusspende
 - Niederschlagsmessung erforderlich
- ⇒ Nachtminimum-Methode Standard bei SHM/NIVUS
- ⇒ Anderes Verfahren wenn Daten vorhanden

Zusammenfassung

	Zeit	Personal	Material	Bemerkung
Variante 1	ca. 4 h/Nacht	2 Mitarbeiter	1 x Q-Messung	<ul style="list-style-type: none">- Organisation der Durchführung- Unsicherheit der Stichproben
Variante 2	ca. 8 h Einbau & Ausbau	2 Mitarbeiter	4 x Q-Messung	<ul style="list-style-type: none">- Organisation der Durchführung- kontinuierliche Ganglinien nur über 1 Nacht verfügbar
Variante 3	ca. 8 h Einbau & Ausbau sowie evtl. Wartungsaufwand	2 Mitarbeiter	4 x Q-Messung 1 x N-Messung	<ul style="list-style-type: none">+ Kontinuierliche Ganglinien über Messzeitraum verfügbar+ Ermittlung von SW, FW sowie FWA, FWZ möglich+ Regennachlauf erkennbar+ Eventuelle weitere Auswertungen möglich



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**