



Freie und Hansestadt Hamburg
Institut für Hygiene und Umwelt

**Laborvergleich für die Harmonisierung der Analytik von
PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) und seinen Derivaten
nach den Vorgaben der OGewV**

– PFTs –

Perfluoroktansulfonsäure
Perfluorbutansulfonsäure
Perfluorhexansulfonsäure
Perfluorbutansäure
Perfluorpentansäure

Perfluorhexansäure
Perfluorheptansäure
Perfluoroktansäure
Perfluornonansäure
Perfluordekansäure

Oktober 2020

Abschlussbericht

Hamburg, 04. Dezember 2020

Revisionstabelle

Version-Nr.	Ausgabedatum	Beschreibung
1	04.12.2020	Abschlussbericht

Verantwortlich:

Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft

Institut für Hygiene und Umwelt

Bereich Umweltuntersuchungen

Frau Dr. Elke Beintner

Marckmannstraße 129 b

D-20539 Hamburg

Telefon: 040/428453645

E-Mail: ringversuche@hu.hamburg.de

<http://www.hamburg.de/bgv/ringversuche>

Versuchsleiterin

Dr. Elke Beintner

Stellvertretende Versuchsleitung

Dr. Ines Holz

Freigabe des Berichts durch

Dr. Elke Beintner

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines	4
2.	Teilnehmerzahlen	4
4.	Proben	4
5.	Probenverteilung.....	5
6.	Homogenität und Stabilität	5
7.	Analysenverfahren.....	5
8.	Arbeitsbereich.....	6
9.	Ergebnisabgabe.....	6
10.	Angabe des Ergebnisses.....	6
11.	Statistische Auswertung	6
12.	Limitierung der Standardabweichung.....	7
13.	Bewertungsgrundlagen.....	7
14.	Messunsicherheit des zugewiesenen Wertes	7
15.	Rückführbarkeit.....	7
16.	Verfügbarkeit des Berichts	7
17.	Auswertung.....	7
18.	Kennwerte der Proben.....	10
19.	Mittelwerte der Teilnehmer	12
20.	zU-Scores der Teilnehmer.....	14
21.	Übersicht zu-Scores.....	16
22.	Einzeldarstellung der Ergebnisse	18

1. Allgemeines

Der Laborvergleich zur Harmonisierung der Analytik von PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) nach den Vorgaben der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) wurde im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall 2020“ durchgeführt.

Ausrichter für diesen Laborvergleich ist das Institut für Hygiene und Umwelt, Hamburger Landesinstitut für Lebensmittelsicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltuntersuchungen.

PFOS und seine Derivate sind persistent, bioakkumulieren und weisen eine erhebliche Toxizität gegenüber Säugern und Insekten auf. In Deutschland gelangten in den letzten Jahren jährlich ca. 10 t PFOS in den Handel. Die Einsatzbereiche von PFOS sind vielfältig. Mengenmäßig bedeutsam ist der Einsatz von PFOS in der Galvanotechnik, der Fotoindustrie und in Feuerlöschmitteln.¹ Gemäß der RICHTLINIE 2006/122/EG gilt seit dem 27. Juni 2008 (mit wenigen Ausnahmen) ein europaweites Verbot von PFOS.

Aufgrund der toxikologischen Eigenschaften wurden die folgenden Umweltqualitätsnormen in der OGewV festgelegt.

	JD-UQN in µg/l Oberirdische Gewässer Übergangs- und Küstengewässer	Erforderliche BG in Wasser
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) und ihre Derivate	0,00065	0,0002

Die analytische Wasseruntersuchung auf PFOS nach den Qualitätsvorgaben der OGewV stellt sehr hohe Anforderungen an die instrumentelle Ausstattung und das praktische Können. PFOS ist ein Stoff, für den die Qualitätsvorgaben der Richtlinie von einem größeren Teil der Labore nicht erfüllt werden kann. Ziel der Arbeit einer LAWA-Arbeitsgruppe ist die Harmonisierung und Optimierung der Laboruntersuchungen von PFOS in den Bundesländern.

2. Teilnehmerzahlen

Für diesem Laborvergleich konnten 18 Teilnehmer gewonnen werden. Das Teilnehmerfeld setzt sich zusammen aus behördlichen (11) sowie privaten (7) Laboratorien. 17 Teilnehmer haben Ergebnisse abgegeben.

3. Versuchsdesign

Jedes teilnehmende Labor erhielt 2 unterschiedliche Proben (Probe A und Probe B) à 0,5 bzw. 1,0 L in PP-Flaschen zur Doppelbestimmung. Wurde bei der Anmeldung angegeben, dass zur Durchführung einer Doppelbestimmung 1,0 Liter benötigt werden, wurde die Probe in 2*0,5L PP-Flaschen zur Verfügung gestellt.

4. Proben

Zu untersuchende Parameter

Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), Perfluorhexansulfonsäure (PFHXS), Perfluorbutansäure (PFBA), Perfluorpentansäure (PFPEA), Perfluorhexansäure (PFHXA), Perfluorheptansäure (PFHPA), Perfluoroktansäure (PFOA), Perfluorononansäure (PFNA) und Perfluordecansäure (PFDA)

Matrix

Als Matrixwasser wurde Oberflächenwasser aus dem Ablauf einer mobilen Zentrifuge während einer Probenahme zur Sedimentgewinnung entnommen und anschließend autoklaviert.

¹ LAWA Expertenkreis "Stoffe" Stoffdatenblatt: PFOS CAS 1763-23-1

Probenherstellung

Zur Herstellung der Proben wurde die Matrix mit Standardlösungen bekannter Konzentration aufgestockt. Für jedes Niveau wurde ein Ansatz hergestellt und in Flaschen abgefüllt. Alle Proben wurden vom Zeitpunkt der Abfüllung bis zur Abgabe an die Teilnehmerlabore kontinuierlich bei ca. 4°C gekühlt.

5. Probenverteilung

Der Versand der gekühlten Proben erfolgte mittels Paketdienst am 13. Oktober 2020 mit einer garantierten Lieferung bis 14. Oktober 2020 um 10 Uhr.

6. Homogenität und Stabilität

Die Homogenität der Proben wurde für alle Niveaus und Parameter direkt nach der Herstellung durch begleitende Analytik mehrerer Proben nachgewiesen. Die Stabilität der Proben wurde durch Messungen bis zum Ende des Analysenzeitraumes bestätigt.

7. Analysenverfahren

Die Wahl des **Analysenverfahrens** war grundsätzlich freigestellt. Es wurde jedoch vorausgesetzt, dass mit den gewählten Analysenverfahren eine vorgegebene untere Grenze des Arbeitsbereichs für die einzelnen Parameter erreicht wird.

Tabelle 1: Anforderungen an das Analysenverfahren

Parameter	untere Grenze Arbeitsbereich*
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	1,0 ng/L
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	3,0 ng/L
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS), Perfluorbutansäure (PFBA)	3,0 ng/L
Perfluorpentansäure (PFPeA)	3,0 ng/L
Perfluorhexansäure (PFHxA)	3,0 ng/L
Perfluorheptansäure (PFHpA)	3,0 ng/L
Perfluoroktansäure (PFOA)	3,0 ng/L
Perfluornonansäure (PFNA)	3,0 ng/L
Perfluordekansäure (PFDA)	3,0 ng/L

Zu einer Anmeldung zur Teilnahme wurde auch dann aufgefordert, wenn die untere Grenze des Arbeitsbereichs mit dem verwendeten Verfahren nicht erreicht wird. Mit Angabe der Verfahrenskenndaten (Bestimmungsgrenze/Arbeitsbereich) wurde dann nach Vorlage aller Anmeldungen eine Teilnahme geprüft.

Die Analytik von perfluorierten Verbindungen in Wasser mittels HPLC-MS/MS wird in der DIN 38407-42:2011-03 beschrieben. Der DIN 38407-42:2011-03 entsprechend sollte bei der Quantifizierung einzelner PFTs nicht zwischen unverzweigten und verzweigten Isomeren unterschieden werden.

Von den Teilnehmern gemachte Angaben zu verwendeter Analysenmethode und Probenvorbereitung können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 2: Angaben der Teilnehmer zur verwendeten Analysenmethode und zur Probenvorbereitung

	Analysenmethode		Probenvorbereitung			
	DIN38407-42: 2011-03	anderes Verfahren	Direkt- injektion	Festphasen- extraktion	Festphasen extraktion online	anderes Verfahren
Summe	17	0	5	12	0	0
Teilnehmer	01	x	x			
	03	x			x	
	04	x			x	
	05	x			x	
	06	x			x	
	07	x		x		
	08	x			x	
	09	x			x	
	10	x			x	
	11	x			x	
	12	x		x		
	13	x		x		
	14	x			x	
	15	x			x	
	16	x		x		
	17	x			x	
	18	x			x	

8. Arbeitsbereich

Die zu bestimmenden Konzentrationen orientierten sich an den in der OGewV geforderten Bestimmungsgrenzen.

Um eine sinnvolle Auswertung der Teilnehmerdaten zu ermöglichen, wurden darüber hinaus die im Voraus abgefragten Angaben zur unteren Grenze des Arbeitsbereichs des eingesetzten Verfahrens der Teilnehmer bei der Wahl der Konzentrationen der Proben berücksichtigt.

Die niedrigste gewählte Konzentration in diesem Laborvergleich entspricht mit ca. 2 ng/l (\cong 0,002 μ g/l) für PFOS (Probe B) etwa dem 10 fachen der in der OGewV geforderten Bestimmungsgrenze von 0,0002 μ g/l für PFOS und seine Derivate und liegt unterhalb der in der DIN 38407-42:2011-03 genannten unteren Anwendungsgrenze von 0,010 μ g/l.

9. Ergebnisabgabe

Die Analytik der Proben sollte bis zum 30. Oktober 2020 abgeschlossen worden sein. Und die Ergebnisse der Analysen sollten bis zum 4. November 2020 beim Veranstalter schriftlich vorliegen.

10. Angabe des Ergebnisses

Je Probe waren zwei unabhängige Untersuchungen durchzuführen und zur Auswertung für jede Probe beide Messergebnisse in ng/l mit drei signifikanten Stellen anzugeben. Lag die Konzentration einer Probe unterhalb der Bestimmungsgrenze des angewandten Verfahrens, sollte die Ergebnisangabe mit „<BG“ erfolgen.

11. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten dieses Ringversuchs erfolgte nach DIN 38402 - A 45:2014-06 „Ringversuche zur Eignungsprüfung von Laboratorien“ mit der Software PROLab Plus, Fa. QuoData, Dresden.

Als zugewiesener Wert x_{pt} wurde der Hampel-Schätzer als robuster Gesamtmittelwert aus den Teilnehmerwerten berechnet. Die Vergleichsstandardabweichung σ_{pt} wurde nach der Q-Methode berechnet. Aus der Vergleichsstandardabweichung σ_{pt} wurden die Toleranzgrenzen bestimmt.

Aus zugewiesenem Wert x_{pt} und Standardabweichung zur Eignungsbeurteilung σ_{pt} wurde für jeden Messwert x nach folgender Formel ein z-Score berechnet:

$$z - \text{Score} = \frac{(x - x_{pt})}{\sigma_{pt}}$$

Dieser z-Score wurde gemäß den Vorgaben des LAWA-Merkblatts A-3 mittels Korrekturfaktoren zu zU-Scores modifiziert. Als Toleranzgrenze wurde $|z_U| = 2,0$ festgelegt.

12. Limitierung der Standardabweichung

Zur Beurteilung wurde die Vergleichsstandardabweichung herangezogen, auf deren Grundlage die Toleranzgrenzen ermittelt wurden. Damit diese weder zu weit noch zu eng berechnet wurden, galt folgende Limitierung der relativen Vergleichsstandardabweichung σ_{pt} :

Untergrenze: 5%, Obergrenze: 25%

Die untere Grenze wurde nicht, die obere Grenze wurde in Probe A für Perfluorheptansäure und in Probe B für Perfluoroktansulfonsäure, Perfluorbutansäure und Perfluorpentansäure angewendet.

13. Bewertungsgrundlagen

Die Bewertung erfolgte parameterspezifisch und für jede Probe separat.

14. Messunsicherheit des zugewiesenen Wertes

Die Messunsicherheit des mittels robuster Statistik berechneten Gesamtmittelwertes wurde nach DIN ISO 13528:2009-01 folgendermaßen abgeschätzt,

$$u_x = 1,25 * \sigma_{pt} / (p^{1/2})$$

wobei σ_{pt} die robuste Standardabweichung und p die Anzahl der Teilnehmer des Ringversuchs ist. Sie wird im Folgenden als *relativer Standardfehler* aufgeführt.

15. Rückführbarkeit

Da keine ausreichend rückführbaren Referenzwerte zur Verfügung standen, wurde als zugewiesener Wert der mittels Hampel-Schätzer berechnete Gesamtmittelwert der Teilnehmerergebnisse genutzt. Dieser ist auf die Werte des Teilnehmerkollektivs zurückzuführen.

16. Verfügbarkeit des Berichts

Der Bericht wird den Teilnehmern zusammen mit einer Teilnahmebescheinigung per E-Mail zugestellt. Darüber hinaus wird der Bericht dem LAWA-Ausschuss AO zur Verfügung gestellt.

17. Auswertung

Insgesamt haben 17 Labore Ergebnisse zu diesem Laborvergleich abgegeben.

Erfolgte die Ergebnisangabe für einen Parameter mit <BG, so wurde der zU-Score auf einen fiktiven Wert von -10 gesetzt und wurde nicht in die Berechnung des Sollwertes sowie der Soll-Stdabw. einbezogen.

Tabelle 3: Anzahl der Bestimmungen, sowie erfolgreicher und nicht erfolgreicher Bestimmungen je Parameter.

Parameter	Anzahl der Bestimmungen			Anzahl der erfolgreichen Bestimmungen			Anzahl der nicht erfolgreichen Bestimmungen			Anteil der erfolgreichen Bestimmungen		
	gesamt	Probe A	Probe B	gesamt	Probe A	Probe B	gesamt	Probe A	Probe B	gesamt	Probe A	Probe B
Perfluoroktansulfonsäure PFOS	34	17	17	30	15	15	4	2	2	88%	88%	88%
Perfluorbutansulfonsäure PFBS	34	17	17	32	16	16	2	1	1	94%	94%	94%
Perfluorhexansulfonsäure PFHXS	34	17	17	31	16	15	3	1	2	91%	94%	88%
Perfluorbutansäure PFBA	32	16	16	26	15	11	6	1	5	81%	94%	69%
Perfluorpentansäure PFPEA	34	17	17	29	16	13	5	1	4	85%	94%	76%
Perfluorhexansäure PFHXA	34	17	17	31	16	15	3	1	2	91%	94%	88%
Perfluorheptansäure PFHPA	34	17	17	29	16	13	5	1	4	85%	94%	76%
Perfluoroktansäure PFOA	34	17	17	31	16	15	3	1	2	91%	94%	88%
Perfluorononansäure PFNA	34	17	17	30	16	14	4	1	3	88%	94%	82%
Perfluordekansäure PFDA	34	17	17	31	17	14	3	0	3	91%	100%	82%

Abbildung 1: Anzahl erfolgreicher und nicht erfolgreicher Bestimmungen je Parameter für alle Proben

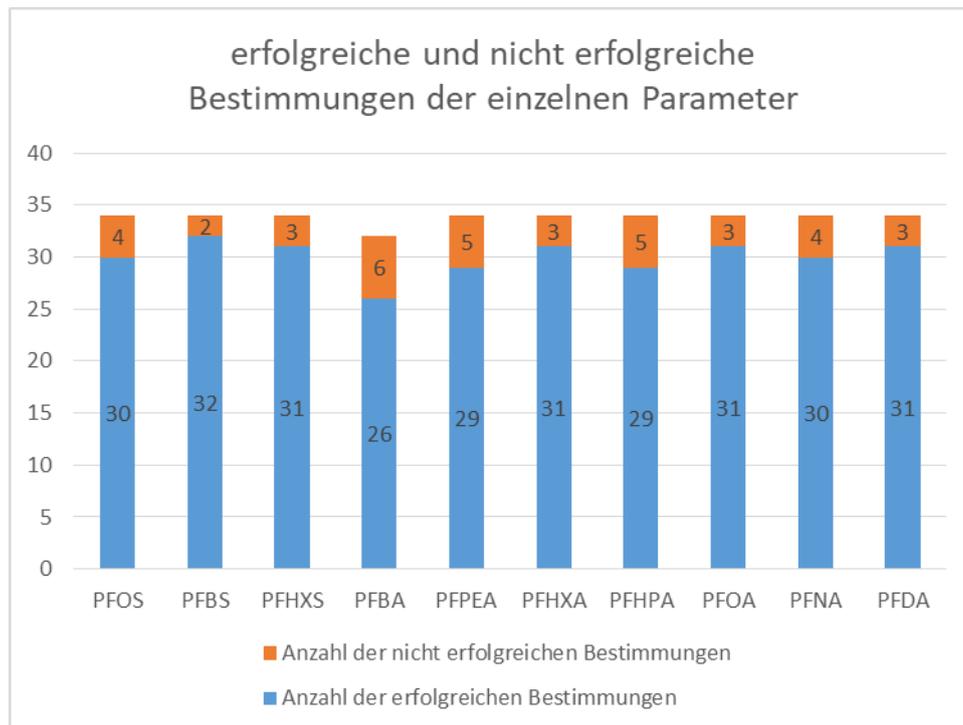


Abbildung 2: Anzahl erfolgreicher und nicht erfolgreicher Bestimmungen je Parameter für Probe A

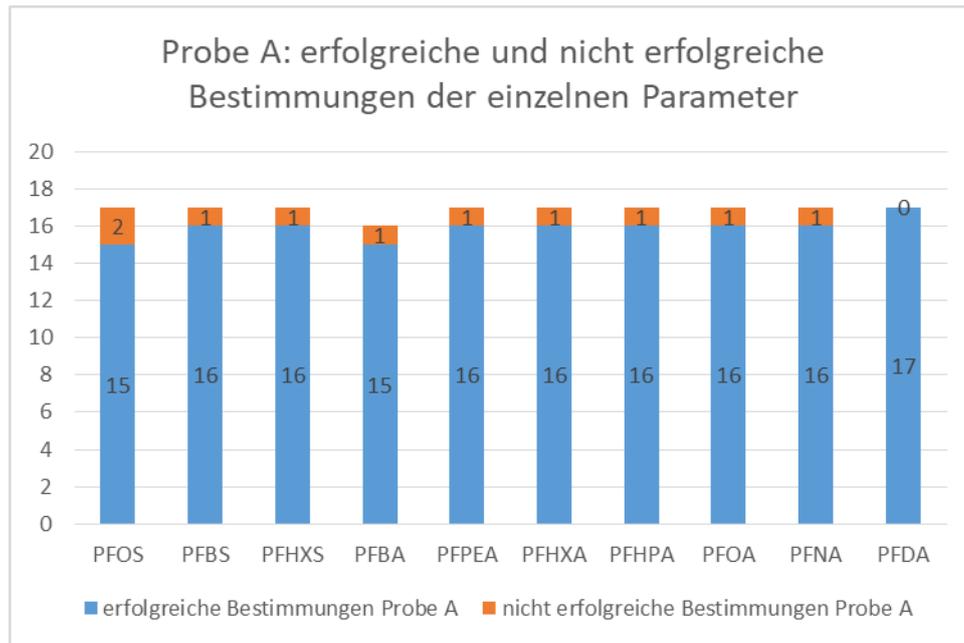
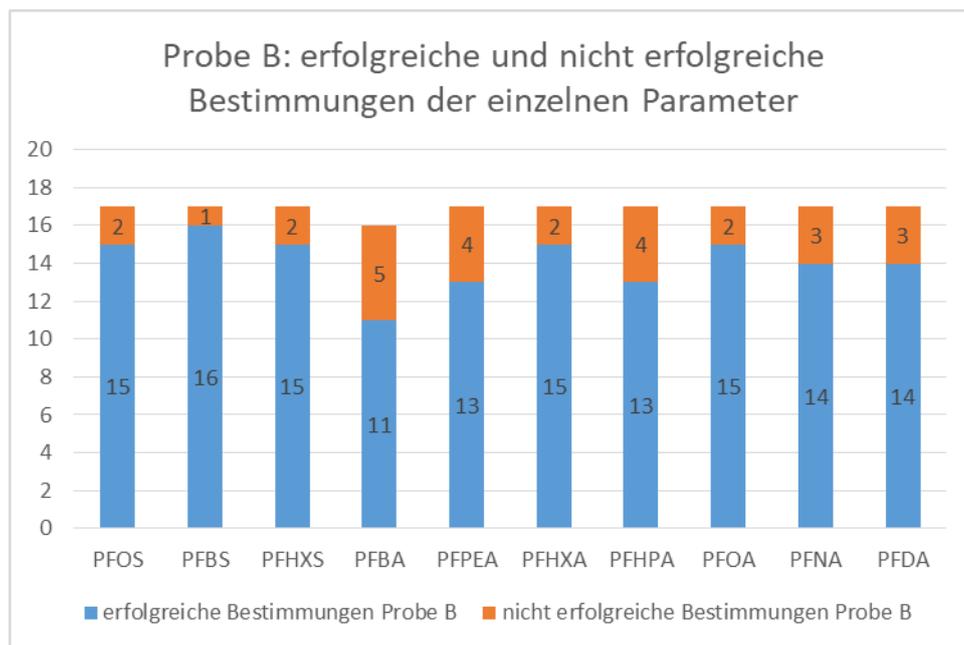


Abbildung 3: Anzahl erfolgreicher und nicht erfolgreicher Bestimmungen je Parameter für Probe B



18. Kennwerte der Proben

Tabelle 4: Kennwerte Probe A

Probe A	Perfluoroktansulfonsäure PFOS	Perfluorbutansulfonsäure PFBS	Perfluorhexansulfonsäure PFHXS	Perfluorbutansäure PFBA	Perfluorpentansäure PFPEA	Perfluorhexansäure PFHXA	Perfluorheptansäure PFHPA	Perfluoroktansäure PFOA	Perfluornonansäure PFNA	Perfluordekansäure PFDA
Statistische Methode	DIN38402 A45									
Anzahl der Labore, die Ergebnisse vorgelegt haben	17	17	17	16	17	17	17	17	17	17
Einheit	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
Sollwert	17,867	48,454	39,157	36,095	43,583	50,967	28,905	50,182	40,128	29,809
Soll-Stdabw.	3,802	8,331	7,038	8,35	6,629	7,68	7,226	9,565	7,777	5,376
Vergleich-Stdabw.	3,802	8,331	7,038	8,35	6,629	7,68	7,363	9,565	7,777	5,376
Rel. Soll-Stdabw.	21,28%	17,19%	17,97%	23,13%	15,21%	15,07%	25,00%	19,06%	19,38%	18,03%
Rel. Vergleich-Stdabw.	21,28%	17,19%	17,97%	23,13%	15,21%	15,07%	25,48%	19,06%	19,38%	18,03%
unt. Toleranzgr.	10,737	32,604	25,806	20,535	30,877	36,238	15,519	32,109	25,449	19,614
ob. Toleranzgr.	26,685	67,272	55,132	55,7	58,372	68,088	46,09	72,044	57,94	42,015
Standardfehler	1,05	2,378	2,079	2,332	1,615	1,704	2,008	2,893	2,035	1,581
Rel. Standardfehler	5,88%	4,91%	5,31%	6,46%	3,71%	3,34%	6,95%	5,76%	5,07%	5,30%

Tabelle 5: Kennwerte Probe B

Probe B	Perfluoroktansulfonsäure PFOS	Perfluorbutansulfonsäure PFBS	Perfluorhexansulfonsäure PFHXS	Perfluorbutansäure PFBA	Perfluorpentansäure PFPEA	Perfluorhexansäure PFHXA	Perfluorheptansäure PFHPA	Perfluoroktansäure PFOA	Perfluornonansäure PFNA	Perfluordekansäure PFDA
Statistische Methode	DIN38402 A45									
Anzahl der Labore, die Ergebnisse vorgelegt haben	17	17	17	16	17	17	17	17	17	17
Einheit	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
Sollwert	2,102	5,021	3,732	4,445	6,816	5,352	3,578	5,464	4,111	3,301
Soll-Stdabw.	0,526	0,741	0,672	1,111	1,704	0,79	0,731	0,847	0,824	0,697
Vergleich-Stdabw.	0,528	0,741	0,672	1,977	3,087	0,79	0,731	0,847	0,824	0,697
Rel. Soll-Stdabw.	25,00%	14,76%	18,01%	25,00%	25,00%	14,77%	20,43%	15,50%	20,04%	21,13%
Rel. Vergleich-Stdabw.	25,11%	14,76%	18,01%	44,47%	45,29%	14,77%	20,43%	15,50%	20,04%	21,13%
unt. Toleranzgr.	1,129	3,598	2,457	2,387	3,659	3,834	2,203	3,842	2,56	1,993
ob. Toleranzgr.	3,352	6,671	5,258	7,088	10,868	7,11	5,264	7,357	6,006	4,917
Standardfehler	0,175	0,238	0,193	0,687	0,87	0,258	0,248	0,281	0,228	0,203
Rel. Standardfehler	8,30%	4,75%	5,18%	15,45%	12,77%	4,83%	6,94%	5,14%	5,54%	6,16%

19. Mittelwerte der Teilnehmer

Tabelle 6: Mittelwerte der Teilnehmer für Probe A

Probe A		Perfluoroktansulfonsäure PFOS	Perfluorbutansulfonsäure PFBS	Perfluorhexansulfonsäure PFHXS	Perfluorbutansäure PFBA	Perfluorpentansäure PFPEA	Perfluorhexansäure PFHXA	Perfluorheptansäure PFHPA	Perfluoroktansäure PFOA	Perfluornonansäure PFNA	Perfluordekansäure PFDA
Einheit	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
Teilnehmer	01	29,7	79,0	74,5		63,5	74,5	47,0	81,0	60,3	41,1
	03	17,8	49,2	42,0	22,4	39,1	49,3	27,9	49,0	39,1	29,3
	04	19,1	51,0	36,9	39,3	37,5	51,8	30,9	51,1	39,2	28,8
	05	23,9	64,5	52,4	45,1	52,4	53,7	33,2	63,6	53,2	27,9
	06	20,7	56,3	47,0	47,5	44,6	53,8	30,9	55,4	40,6	37,9
	07	16,9	44,8	34,0	59,3	38,3	65,1	43,0	71,8	52,9	29,6
	08	17,9	50,4	42,9	36,4	39,5	53,4	32,2	52,7	42,7	32,0
	09	16,3	36,5	34,9	35,7	37,4	51,3	28,7	47,4	36,7	28,2
	10	8,53	54,3	42,0	32,6	49,2	51,1	21,5	46,9	40,8	36,4
	11	17,2	48,3	38,8	34,9	43,4	49,8	33,5	48,4	37,7	27,3
	12	20,3	46,2	44,6	29,7	48,3	44,7	20,3	36,9	38,4	32,2
	13	14,0	44,0	35,0	39,5	40,5	45,0	24,5	42,5	34,0	20,5
	14	14,7	44,6	38,5	33,5	38,3	40,8	23,1	38,8	29,3	22,2
	15	15,4	44,5	36,9	29,8	46,8	43,3	24,4	41,2	33,6	24,6
	16	19,9	41,3	36,5	33,5	39,5	44,2	27,0	46,4	31,2	28,1
	17	16,5	52,8	38,5	37,7	49,9	58,5	32,6	54,5	44,5	32,6
	18	18,4	43,5	27,3	30,2	43,0	51,5	21,1	51,5	39,3	30,4

Tabelle 7: Mittelwerte der Teilnehmer für Probe B

Probe B		Perfluoroktansulfonsäure PFOS	Perfluorbutansulfonsäure PFBS	Perfluorhexansulfonsäure PFHXS	Perfluorbutansäure PFBA	Perfluorpentansäure PFPEA	Perfluorhexansäure PFHXA	Perfluorheptansäure PFHPA	Perfluoroktansäure PFOA	Perfluornonansäure PFNA	Perfluordekansäure PFDA
Einheit	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
01	3,40	7,60	7,15	-	6,05	7,80	4,70	10,80	6,05	4,30	
03	1,98	5,02	4,07	2,07	4,02	5,16	3,00	5,26	4,04	3,08	
04	2,21	4,70	3,91	4,98	4,79	5,46	3,42	5,94	3,76	3,06	
05	2,52	5,87	4,46	4,78	6,29	4,67	< 3	6,01	4,32	< 3	
06	2,71	6,34	4,61	13,95	8,80	6,70	3,52	5,85	4,33	4,37	
07	2,70	5,41	2,27	6,30	4,62	6,26	4,49	6,73	5,43	5,51	
08	1,91	5,28	4,18	3,83	5,12	5,77	3,37	5,87	4,35	3,54	
09	2,25	4,10	3,70	4,10	6,00	5,25	3,35	5,40	3,50	2,75	
10	1,62	3,97	3,42	5,12	56,19	5,75	6,25	6,02	11,45	3,12	
11	2,10	4,92	3,77	4,05	8,45	4,96	4,41	5,19	3,68	2,84	
12	<	5,10	4,30	<	11,30	<	<	<	<	<	
13	1,45	5,50	3,35	13,00	8,20	5,30	2,75	4,55	4,00	3,20	
14	1,79	5,06	3,61	4,94	4,05	5,11	3,04	4,70	3,54	2,61	
15	1,73	3,85	3,21	2,55	< 1,00	4,54	2,31	4,12	2,85	2,20	
16	2,27	4,52	3,66	4,31	6,17	4,73	3,19	5,11	4,08	2,95	
17	1,57	5,01	3,48	19,85	11,10	5,34	3,13	5,47	3,83	2,92	
18	1,95	5,10	3,30	6,00	7,30	4,35	5,65	5,70	4,70	4,60	

20. zU-Scores der Teilnehmer

Tabelle 8: zU-Scores der Teilnehmer für Probe A

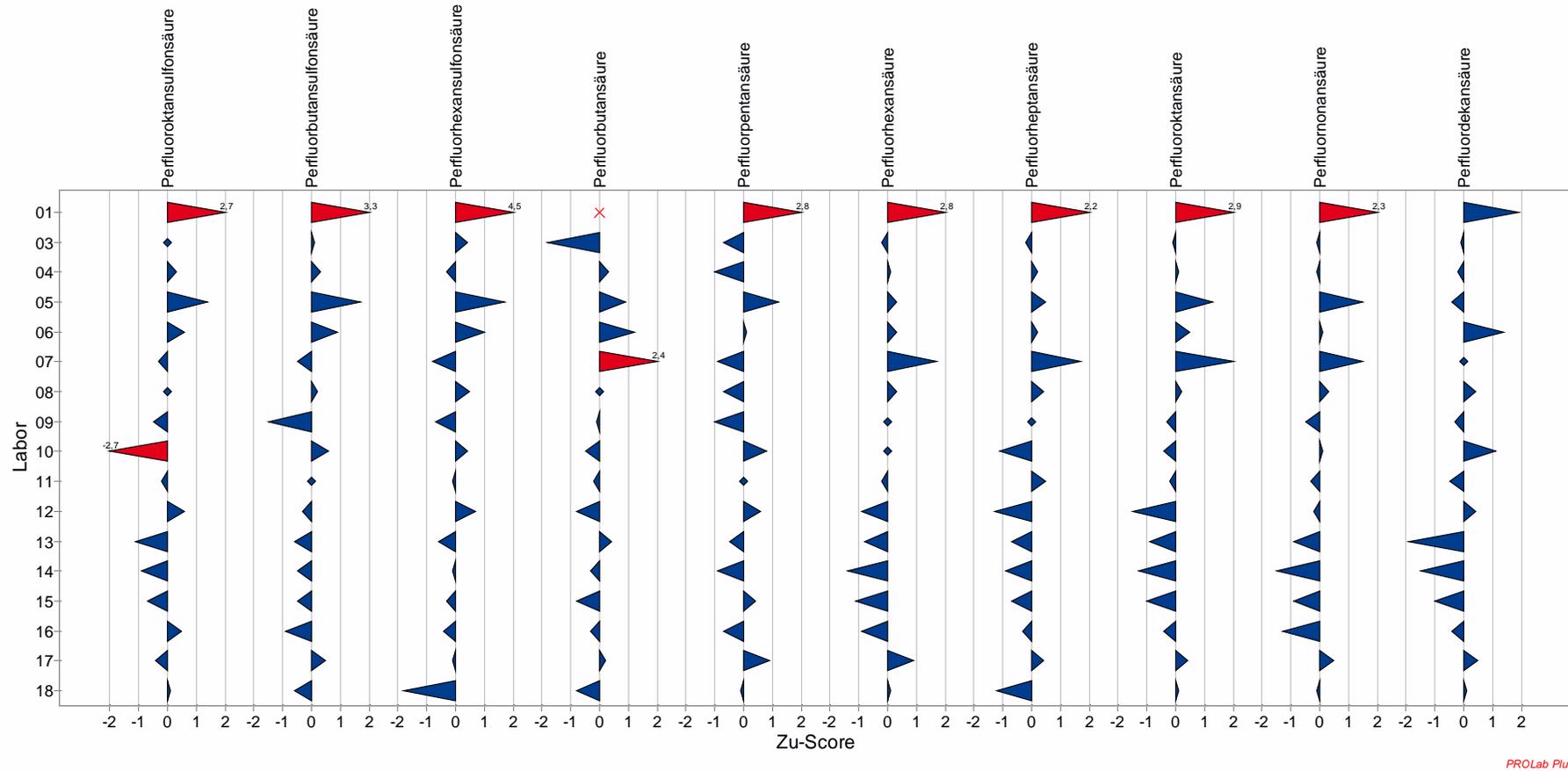
Probe A		Perfluoroktansulfonsäure PFOS	Perfluorbutansulfonsäure PFBS	Perfluorhexansulfonsäure PFHXS	Perfluorbutansäure PFBA	Perfluorpentansäure PFPEA	Perfluorhexansäure PFHXA	Perfluorheptansäure PFHPA	Perfluoroktansäure PFOA	Perfluornonansäure PFNA	Perfluordekansäure PFDA
Teilnehmer	01	2,7	3,3	4,5	-	2,8	2,8	2,2	2,9	2,3	1,9
	03	0	0,1	0,4	-1,8	-0,7	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1
	04	0,3	0,3	-0,3	0,3	-1	0,1	0,2	0,1	-0,1	-0,2
	05	1,4	1,7	1,7	0,9	1,2	0,3	0,5	1,3	1,5	-0,4
	06	0,6	0,9	1	1,2	0,1	0,3	0,2	0,5	0,1	1,4
	07	-0,3	-0,5	-0,8	2,4	-0,9	1,7	1,7	2	1,5	0
	08	0	0,2	0,5	0	-0,7	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
	09	-0,5	-1,5	-0,7	-0,1	-1	0	0	-0,3	-0,5	-0,3
	10	-2,7	0,6	0,4	-0,5	0,8	0	-1,1	-0,4	0,1	1,1
	11	-0,2	0	-0,1	-0,2	0	-0,2	0,5	-0,2	-0,3	-0,5
	12	0,6	-0,3	0,7	-0,8	0,6	-0,9	-1,3	-1,5	-0,2	0,4
	13	-1,1	-0,6	-0,6	0,4	-0,5	-0,8	-0,7	-0,9	-0,9	-1,9
	14	-0,9	-0,5	-0,1	-0,3	-0,9	-1,4	-0,9	-1,3	-1,5	-1,5
	15	-0,7	-0,5	-0,3	-0,8	0,4	-1,1	-0,7	-1	-0,9	-1
	16	0,5	-0,9	-0,4	-0,3	-0,7	-0,9	-0,3	-0,4	-1,3	-0,4
	17	-0,4	0,5	-0,1	0,2	0,9	0,9	0,4	0,4	0,5	0,5
	18	0,1	-0,6	-1,8	-0,8	-0,1	0,1	-1,2	0,1	-0,1	0,1

Tabelle 9: zU-Scores der Teilnehmer für Probe B

Probe B		Perfluoroktansulfonsäure PFOS	Perfluorbutansulfonsäure PFBS	Perfluorhexansulfonsäure PFHXS	Perfluorbutansäure PFBA	Perfluorpentansäure PFPEA	Perfluorhexansäure PFHXA	Perfluorheptansäure PFHPA	Perfluoroktansäure PFOA	Perfluornonansäure PFNA	Perfluordekansäure PFDA
Teilnehmer	01	2,1	3,2	4,6	-	-0,5	2,9	1,4	5,8	2,1	1,3
	03	-0,3	0	0,4	-2,4	-1,8	-0,3	-0,9	-0,3	-0,1	-0,3
	04	0,2	-0,5	0,2	0,4	-1,3	0,1	-0,2	0,5	-0,5	-0,4
	05	0,7	1,1	1	0,3	-0,3	-0,9	-10	0,6	0,2	
	06	1	1,6	1,2	7,4	1	1,6	-0,1	0,4	0,2	1,4
	07	1	0,5	-2,4	1,4	-1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	2,8
	08	-0,4	0,3	0,6	-0,6	-1,1	0,5	-0,3	0,4	0,3	0,3
	09	0,2	-1,3	-0,1	-0,3	-0,5	-0,1	-0,3	-0,1	-0,8	-0,9
	10	-1	-1,5	-0,5	0,5	25	0,5	3,2	0,6	7,9	-0,3
	11	0	-0,1	0	-0,4	0,8	-0,5	1	-0,4	-0,6	-0,7
	12		0,1	0,8		2,3					
	13	-1,4	0,6	-0,6	6,6	0,7	-0,1	-1,2	-1,2	-0,1	-0,2
	14	-0,7	0	-0,2	0,4	-1,8	-0,3	-0,8	-1	-0,8	-1,1
	15	-0,8	-1,7	-0,8	-1,9		-1,1	-1,9	-1,7	-1,7	-1,7
	16	0,3	-0,7	-0,1	-0,1	-0,4	-0,8	-0,6	-0,4	0	-0,6
	17	-1,1	0	-0,4	11,9	2,2	0	-0,7	0	-0,4	-0,6
	18	-0,3	0,1	-0,7	1,2	0,2	-1,4	2,5	0,3	0,6	1,6

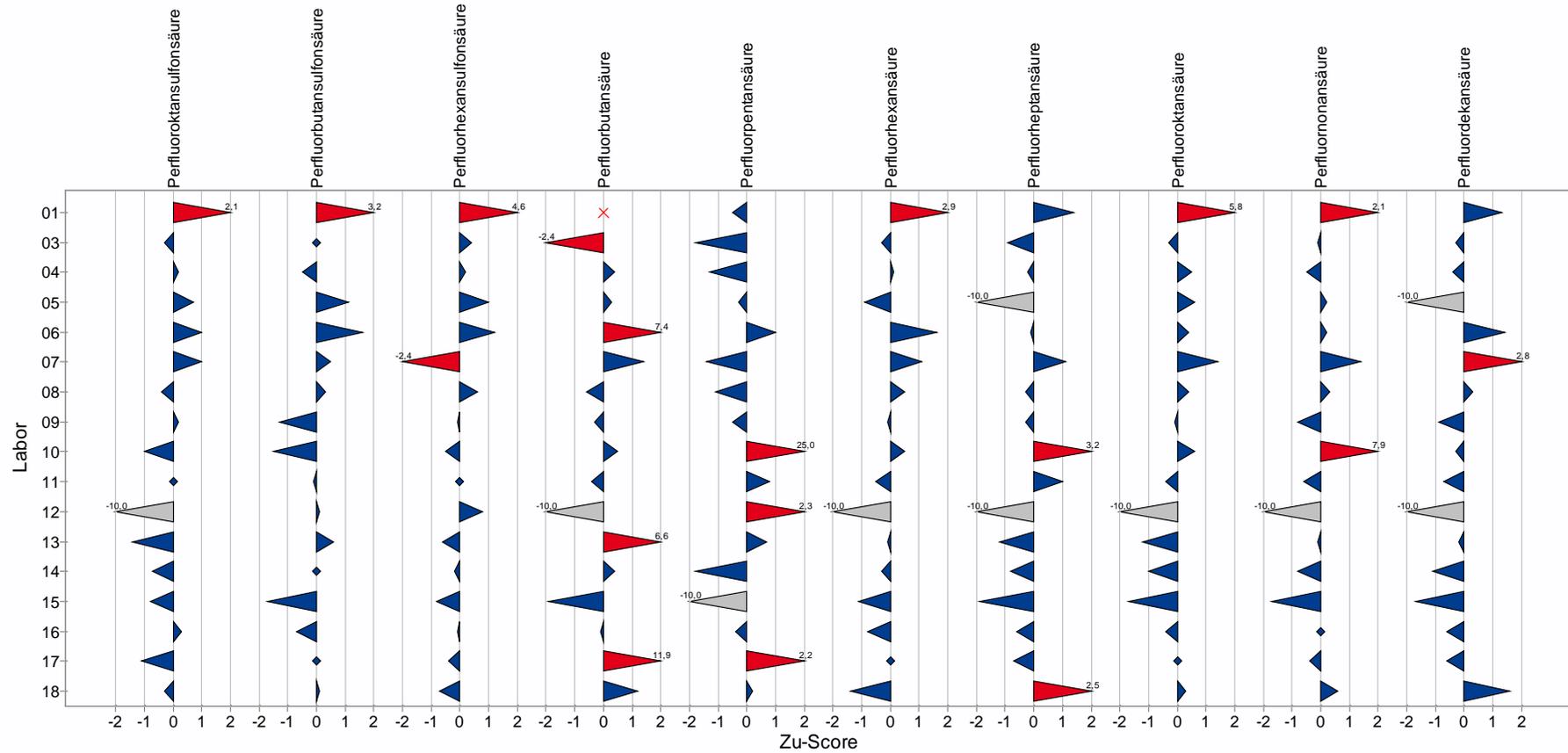
21. Übersicht z_U-Scores

Abbildung 4: z_U-Scores für Probe A



PROLab Plus

Abbildung 5: zU-Scores für Probe B



PROLab Plus

- x Symbol für fehlende Scores
- ▴ Standard-Dreieck
- ▴ Dreieck außerhalb Limit +/- 2
- ▴ Qualitative Ergebnisse (Angabe < BG)

22. Einzeldarstellung der Ergebnisse

Abbildung 6: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_A, Perfluoroktansulfonsäure

Probe:	PROBE_A	Sollwert:	17,867 ng/l (empirischer Wert)
Merkmal:	Perfluoroktansulfonsäure	Rel. Soll-Stdabw.:	21,28% (Limited)
Anzahl Labore in Berechnung:	17	Toleranzbereich:	10,737 - 26,685 ng/l ($ Zu-Score \leq 2,0$)



Abbildung 7: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_A, Perfluorbutansulfonsäure

Probe:	PROBE_A	Sollwert:	48,454 ng/l (empirischer Wert)
Merkmal:	Perfluorbutansulfonsäure	Rel. Soll-Stdabw.:	17,19% (Limited)
Anzahl Labore in Berechnung:	17	Toleranzbereich:	32,604 - 67,272 ng/l ($ Zu\text{-Score} \leq 2,0$)



Abbildung 8: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_A, Perfluorhexansulfonsäure

Probe:	PROBE_A	Sollwert:	39,157 ng/l (empirischer Wert)
Merkmal:	Perfluorhexansulfonsäure	Rel. Soll-Stdabw.:	17,97% (Limited)
Anzahl Labore in Berechnung:	17	Toleranzbereich:	25,806 - 55,132 ng/l ($ Zu\text{-Score} \leq 2,0$)



Abbildung 9: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_A, Perfluorbutansäure

Probe: PROBE_A Sollwert: 36,095 ng/l (empirischer Wert)
 Merkmal: Perfluorbutansäure Rel. Soll-Stdabw.: 23,13% (Limited)
 Anzahl Labore in Berechnung: 16 Toleranzbereich: 20,535 - 55,700 ng/l (|Zu-Score| <= 2,0)



Abbildung 10: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_A, Perfluorpentansäure

Probe: PROBE_A Sollwert: 43,583 ng/l (empirischer Wert)
 Merkmal: Perfluorpentansäure Rel. Soll-Stdabw.: 15,21% (Limited)
 Anzahl Labore in Berechnung: 17 Toleranzbereich: 30,877 - 58,372 ng/l ($|Zu\text{-Score}| \leq 2,0$)



Abbildung 11: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_A, Perfluorhexansäure

Probe:	PROBE_A	Sollwert:	50,967 ng/l (empirischer Wert)
Merkmal:	Perfluorhexansäure	Rel. Soll-Stdabw.:	15,07% (Limited)
Anzahl Labore in Berechnung:	17	Toleranzbereich:	36,238 - 68,088 ng/l ($ Zu-Score \leq 2,0$)



Abbildung 12: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_A, Perfluorheptansäure

Probe:	PROBE_A	Sollwert:	28,905 ng/l (empirischer Wert)
Merkmal:	Perfluorheptansäure	Rel. Soll-Stdabw.:	25,00% (Limited)
Anzahl Labore in Berechnung:	17	Toleranzbereich:	15,519 - 46,090 ng/l ($ Zu-Score \leq 2,0$)

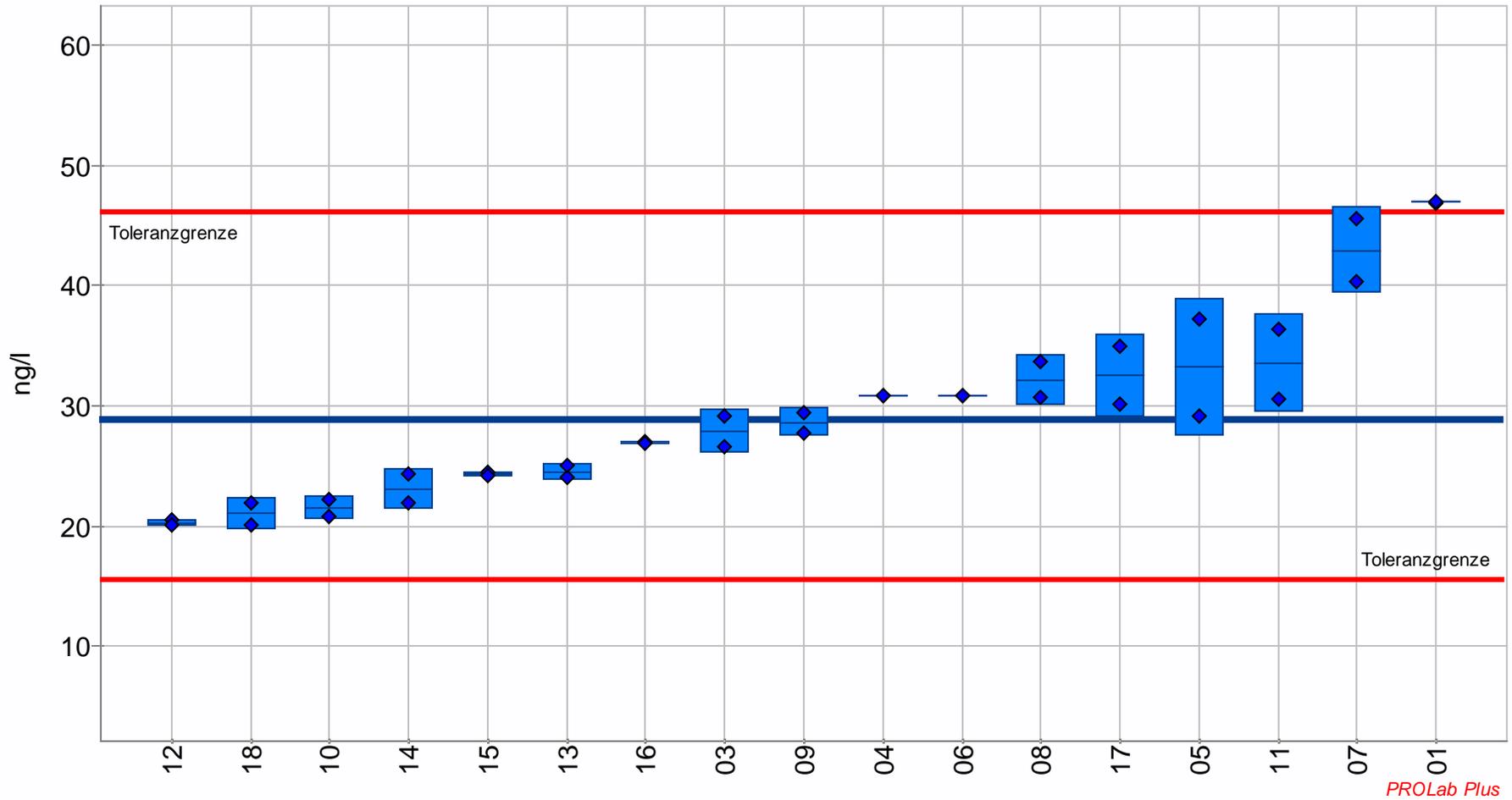


Abbildung 13: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_A, Perfluoroktansäure

Probe: PROBE_A Sollwert: 50,182 ng/l (empirischer Wert)
 Merkmal: Perfluoroktansäure Rel. Soll-Stdabw.: 19,06% (Limited)
 Anzahl Labore in Berechnung: 17 Toleranzbereich: 32,109 - 72,044 ng/l (|Zu-Score| <= 2,0)

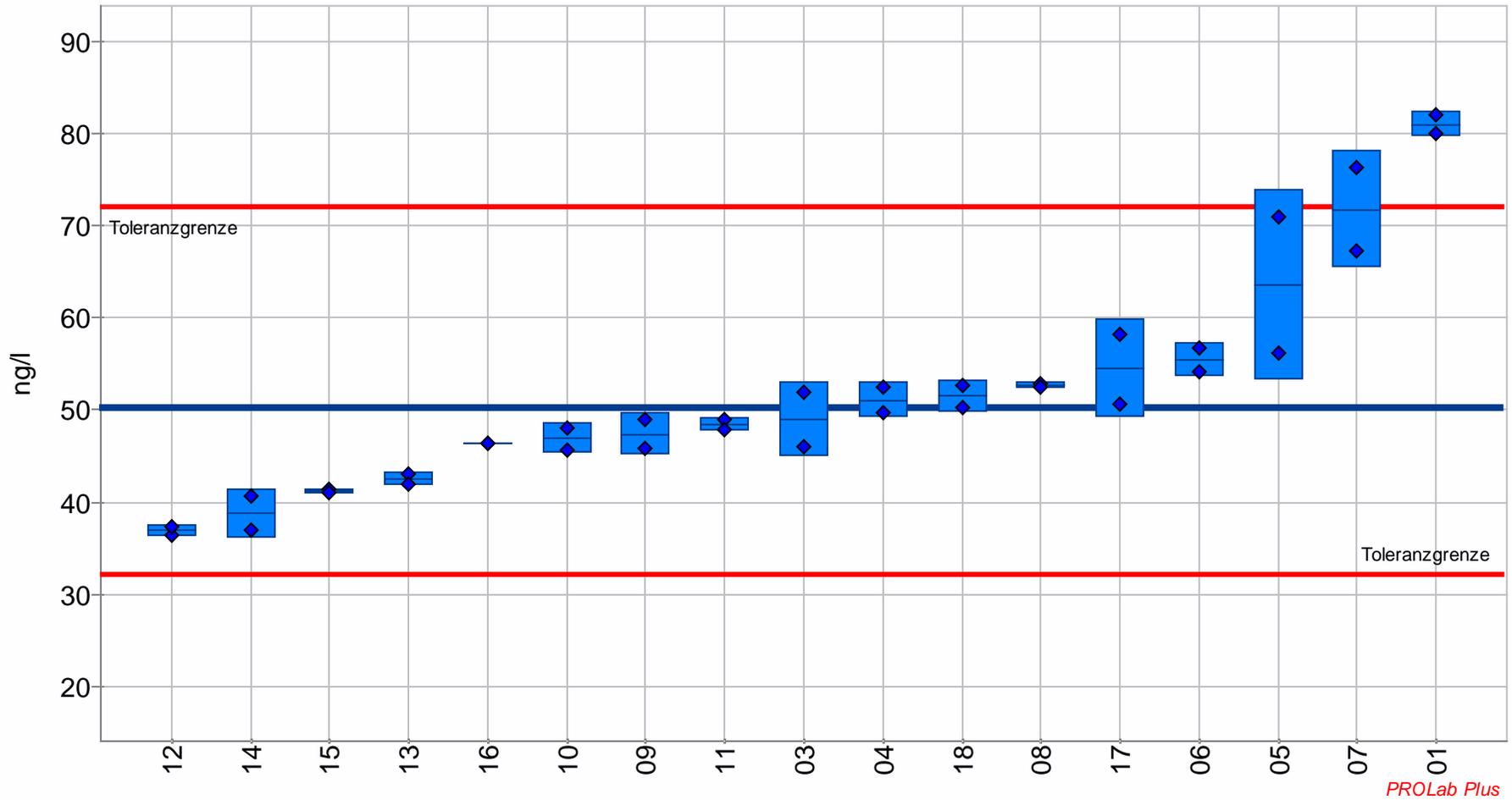


Abbildung 14: Mittelwerte + Stdbw. für PROBE_A, Perfluornonansäure

Probe:	PROBE_A	Sollwert:	40,128 ng/l (empirischer Wert)
Merkmal:	Perfluornonansäure	Rel. Soll-Stdabw.:	19,38% (Limited)
Anzahl Labore in Berechnung:	17	Toleranzbereich:	25,449 - 57,940 ng/l ($ Zu\text{-Score} \leq 2,0$)

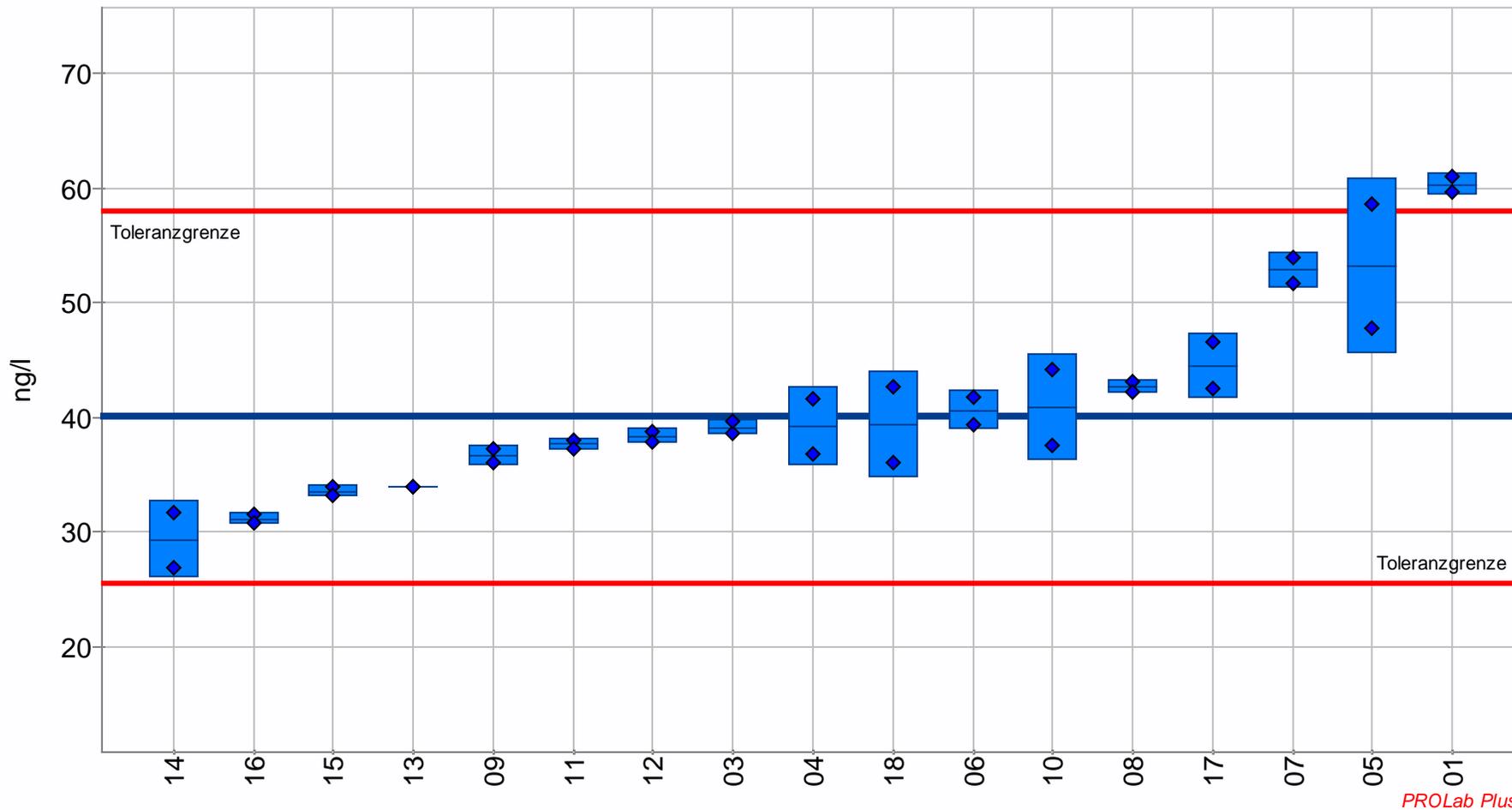


Abbildung 15: Mittelwerte + Stdbw. für PROBE_A, Perfluordekansäure

Probe:	PROBE_A	Sollwert:	29,809 ng/l (empirischer Wert)
Merkmal:	Perfluordekansäure	Rel. Soll-Stdabw.:	18,03% (Limited)
Anzahl Labore in Berechnung:	17	Toleranzbereich:	19,614 - 42,015 ng/l ($ Zu-Score \leq 2,0$)



Abbildung 16: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_B, Perfluoroktansulfonsäure

Probe: PROBE_B Sollwert: 2,102 ng/l (empirischer Wert)
 Merkmal: Perfluoroktansulfonsäure Rel. Soll-Stdabw.: 25,00% (Limited)
 Anzahl Labore in Berechnung: 16 Toleranzbereich: 1,129 - 3,352 ng/l ($|Zu\text{-Score}| \leq 2,0$)



Abbildung 17: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_B, Perfluorbutansulfonsäure

Probe: PROBE_B
 Merkmal: Perfluorbutansulfonsäure
 Anzahl Labore in Berechnung: 17

Sollwert: 5,021 ng/l (empirischer Wert)
 Rel. Soll-Stdabw.: 14,76% (Limited)
 Toleranzbereich: 3,598 - 6,671 ng/l ($|Zu\text{-Score}| \leq 2,0$)



Abbildung 18: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_B, Perfluorhexansulfonsäure

Probe:	PROBE_B	Sollwert:	3,732 ng/l (empirischer Wert)
Merkmal:	Perfluorhexansulfonsäure	Rel. Soll-Stdabw.:	18,01% (Limited)
Anzahl Labore in Berechnung:	17	Toleranzbereich:	2,457 - 5,258 ng/l ($ Zu\text{-Score} \leq 2,0$)



Abbildung 19: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_B, Perfluorbutansäure

Probe: PROBE_B Sollwert: 4,445 ng/l (empirischer Wert)
 Merkmal: Perfluorbutansäure Rel. Soll-Stdabw.: 25,00% (Limited)
 Anzahl Labore in Berechnung: 15 Toleranzbereich: 2,387 - 7,088 ng/l ($|Zu\text{-Score}| \leq 2,0$)



Abbildung 20: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_B, Perfluorpentansäure

Probe: PROBE_B Sollwert: 6,816 ng/l (empirischer Wert)
 Merkmal: Perfluorpentansäure Rel. Soll-Stdabw.: 25,00% (Limited)
 Anzahl Labore in Berechnung: 16 Toleranzbereich: 3,659 - 10,868 ng/l ($|Zu\text{-Score}| \leq 2,0$)



Abbildung 21: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_B, Perfluorhexansäure

Probe: PROBE_B Sollwert: 5,352 ng/l (empirischer Wert)
 Merkmal: Perfluorhexansäure Rel. Soll-Stdabw.: 14,77% (Limited)
 Anzahl Labore in Berechnung: 16 Toleranzbereich: 3,834 - 7,110 ng/l ($|Zu\text{-Score}| \leq 2,0$)



Abbildung 22: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_B, Perfluorheptansäure

Probe: PROBE_B Sollwert: 3,578 ng/l (empirischer Wert)
 Merkmal: Perfluorheptansäure Rel. Soll-Stdabw.: 20,43% (Limited)
 Anzahl Labore in Berechnung: 15 Toleranzbereich: 2,203 - 5,264 ng/l ($|Zu\text{-Score}| \leq 2,0$)



Abbildung 23: Mittelwerte + Stdbw. für PROBE_B, Perfluoroktansäure

Probe: PROBE_B Sollwert: 5,464 ng/l (empirischer Wert)
 Merkmal: Perfluoroktansäure Rel. Soll-Stdabw.: 15,50% (Limited)
 Anzahl Labore in Berechnung: 16 Toleranzbereich: 3,842 - 7,357 ng/l ($|Z\text{-Score}| \leq 2,0$)



Abbildung 24: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_B, Perfluornonansäure

Probe: PROBE_B Sollwert: 4,111 ng/l (empirischer Wert)
 Merkmal: Perfluornonansäure Rel. Soll-Stdabw.: 20,04% (Limited)
 Anzahl Labore in Berechnung: 16 Toleranzbereich: 2,560 - 6,006 ng/l ($|Zu\text{-Score}| \leq 2,0$)



Abbildung 25: Mittelwerte + Stdabw. für PROBE_B, Perfluordekansäure

Probe: PROBE_B Sollwert: 3,301 ng/l (empirischer Wert)
 Merkmal: Perfluordekansäure Rel. Soll-Stdabw.: 21,13% (Limited)
 Anzahl Labore in Berechnung: 15 Toleranzbereich: 1,993 - 4,917 ng/l ($|Zu\text{-Score}| \leq 2,0$)

