



Bericht der AG „PCB-Monitoring“

nach Beendigung des Sondermessprogramms 2016-2017

**Ergebnisse der chemischen und ökotoxikologischen Analytik von
Grubenwässern und von Grubenwasser beaufschlagten kleineren
Bächen rechts der Saar**

Beteiligte Behörden

Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz

Stand: Dezember 2017

Inhalt

1	Veranlassung	3
2	Methoden	4
2.1	Erhebungsmethodik	4
2.2	Messprogramm	5
2.3	Analysenmethoden (Kurzfassung)	9
2.4	Messstellen an Grubenwasserstandorten	10
2.4.1	BW Reden	10
2.4.2	BW Camphausen	11
2.4.3	BW Victoria Püttlingen	12
2.4.4	BW Duhamel Ensdorf	13
2.4.5	BW Luisenthal	14
	Teil A –Schwebstoffe	15
3	Interpretation der Schwebstoffdaten	16
3.1	PCB – Polychlorierte Biphenyle	17
3.1.1	PCB in Grubenwässern	17
3.1.2	PCB in den Grubenwasser beaufschlagten Bächen	23
3.2	PAK - Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	27
3.2.1	PAK in Grubenwässern	28
3.2.2	PAK in den Grubenwasser beaufschlagten Bächen	30
3.3	Schwermetalle	32
3.3.1	Schwermetalle an Schwebstoffen im Grubenwasser	33
3.3.2	Schwermetalle an Schwebstoffen in Bächen	34
3.4	Zinnorganische Verbindungen	35
4	Frachten	36
4.1	PCB-Jahresfrachten	36
4.2	PAK-Frachten	38
4.3	Jahresfrachten von Schwermetallen und sonstige Elementen	39
	Teil B – Wasserphase	43
5	Abgeleitete Ergebnisse der Wasserphase	44
5.1	Grubenwässer	45
5.1.1	Grubenwasser: Jahresmittelwerte 2016	45
5.1.2	Grubenwasser: Jahresmittelwerte 2017	47

5.1.3	Grubenwasser: Maximalwerte im Jahr 2016	49
5.1.4	Grubenwasser: Maximalwerte im Jahr 2017	51
5.2	Oberflächengewässer: Vom Grubenwasser beaufschlagte Gewässer	53
5.2.1	Bäche: Jahresmittelwerte 2016	53
5.2.2	Bäche: Jahresmittelwerte 2017	55
5.2.3	Bäche: Maximalwerte im Jahr 2016	57
5.2.4	Bäche: Maximalwerte im Jahr 2017	59
6	Oberflächengewässer	61
6.1	Grubenwasser im Vergleich zu Oberflächengewässernormen	63
6.1.1	Vergleich der Jahresmittelwerte des Grubenwassers mit JD-UQN	63
6.1.2	Vergleich der Maximalwerte des Grubenwassers mit ZHK	66
6.3	Vom Grubenwasser beaufschlagte Bäche	67
6.3.1	Vergleich der Jahresmittelwerte mit JD-UQN	67
6.3.2	Vergleich der Maximalwerte der beaufschlagten Bäche mit ZHK	69
	Teil C – Ökotoxikologie	72
7	Toxizitätsklassen	73
8	Ökotoxikologische Ergebnisse	74
8.1	Bergwerk Camphausen	74
8.2	Bergwerk Duhamel	75
8.3	Bergwerk Luisenthal	76
8.4	Bergwerk Reden	77
8.5	Bergwerk Victoria	78
8.6	Gewässer Fischbach	79
8.7	Gewässer Köllerbach	80
8.8	Gewässer Sinnerbach	81
9	Diskussion der ökotoxikologischen Ergebnisse	82
10	Zusammenfassung	84
11	Referenzen	87

1 Veranlassung

Anfang Februar 2015 wurde im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz die Arbeitsgruppe „**PCB in saarländischen Gewässern**“ reaktiviert, die sich erstmals 2010 als „Ad hoc AG“ noch unter Beteiligung der RAG gebildet hatte.

Der Arbeitsgruppe wurde durch das MUV u.a. die Erstellung eines verdichteten Messprogramms zur Erfassung von PCBs in saarländischen Gewässern, zunächst über einen Zeitraum von 2 Jahren, auferlegt. Im Rahmen dieses Sondermessprogrammes sollten insbesondere die saarländischen Gruben und die von ihnen beaufschlagten Gewässer untersucht werden.

Nach Abschluss der Probenahme im Dezember 2017 und Abschluss der Analytik im Februar 2018 kann nun ein zusammenfassender Abschlussbericht erstellt werden, der die Ergebnisse der beiden Sachstandsberichte (LUA 2017a, b) aufnimmt und fortführt.

Entsprechend des festgelegten Messprogramms (LUA 2015) werden in dem Abschlussbericht des Sondermessprogramms nicht nur die an Schwebstoffen haftenden PCB dokumentiert, sondern auch alle anderen gemessenen chemischen Parameter. Aus Gründen der Praktikabilität werden dabei die Schwebstoffdaten und die Daten aus der Wasserphase getrennt dargestellt. Innerhalb der Wasserphase werden die ökotoxikologischen Untersuchungsergebnisse gesondert behandelt, da die Methodik von der chemischen Analytik zu stark für eine gemeinsame Betrachtung abweicht.

Zu diesem Ergebnisband existiert noch ein gesonderter Anlagenband, der alle Messergebnisse dokumentiert. Anlage A beinhaltet wie bereits hier im Ergebnisband die Schwebstoffdaten, Anlage B die Wasserphase und Anlage C die ökotoxikologischen Daten.

2 Methoden

2.1 Erhebungsmethodik

Die **Wasserproben** wurden an den Grubenstandorten direkt aus der Steigleitung entnommen bzw. mit den üblichen Methoden aus den Bächen geschöpft. **Schwebstoffproben:** Nach Angaben des UBA (2005) gehören Schwebstoffe neben dem Wasserkörper und den Sedimenten zu den wichtigsten Struktur- und Funktionselementen aquatischer Ökosysteme. Die Herkunft, Menge und Zusammensetzung bzw. Beschaffenheit der Schwebstoffe ist von Gewässer zu Gewässer unterschiedlich und durch das jeweilige Einzugsgebiet (z. B. Geologie, Bodennutzung, Urbanisierung, Stand der Klärtechnologie, usw.) charakterisiert. Ein signifikanter, aber variabler Anteil der Gesamtfracht eines Stoffes in Gewässern wird partikulär gebunden transportiert. Die Schwebstoffproben werden im Saarland mittels einer Durchlaufzentrifuge unter Berücksichtigung der DIN 38402-24, des Leitfadens zur Schwebstoffgewinnung mittels Durchlaufzentrifuge des StUA-Hagen (2003) und der Richtlinie zur Probenahme und Probenbearbeitung (Schwebstoffe) des UBA (2005) gewonnen. Grundsätzlich sollten für eine vollständige Analytik etwa 30 g Probenmaterial gewonnen werden.



Abb. 2-1: Durchlaufzentrifuge des LUA des Saarlandes

Zur Schwebstoffgewinnung wird dabei Wasser mit einer Pumpe direkt aus dem Gewässer bzw. im Falle der Gruben aus einem Vorratsbehälter durch einen Schlauch der Zentrifuge am unteren Ende zugeführt. Durch die Zentrifugalkraft werden die Feststoffteilchen an der Innenwand des Separators, der mit einer Teflonfolie ausgekleidet ist, abgeschieden und so von der wässrigen Phase getrennt. Mit einem PTFE-Schaber wird die Schwebstoffprobe von der Folie in ein Glasgefäß verbracht, gekühlt und ins Labor zur weiteren Analytik überführt.

2.2 Messprogramm

Das Messprogramm wurde durch die AG „PCB in Grubenwasser“ im Jahr 2015 (LUA, 2015) festgelegt. Tab. 2-1 und Tab. 2-2 geben das Messprogramm wieder.

Tab. 2-1: Messprogramm, Probenahmen (PN) 2016 und Stand der Analytik

Nr.	Gewässer, Messstelle	Geplante Messfre- quenz p.a.	Probe- nahmen	Analytik durchgeführt	Anmerkungen
1	Saar, Sarreinsming (F)	6	0	0	Entfällt, da keine gravierende Vorbelastung.
2	Saar, Güdingen (D)	12	11	11	Schwimmer für Pumpe defekt, PN im Dez. 2016 abgebrochen
3	Saar, Fremersdorf	12	11	11	desgl.
4	Blies, Reinheim	4	11	11	desgl.
5	Nied, Niedaltdorf	4	11	11	desgl.
6	Rossel, Geislautern (D)	12	11	11	desgl.
7	Rossel, Petit Rosselle (F)	6	6	6	
8	Sinnerbach [uh. Grube Re- den]	4	4	4	
9	Reden (im Grubenwasser)	6	6	6	
10	Grube Camphausen (im Grubenwasser)	6	6	6	
11	Fischbach [uh. Grube Camphausen]	4	4	4	
12	Köllerbach (uh. Grube Vik- toria Püttlingen]	4	4	4	
13	Püttlingen Viktoria (im Grubenwasser)	6	6	6	
14	Grube Ens Dorf (im Grubenwasser)	6	7	7	
15	Luisenthal (im Gruben-	6	6	6	

Anm.: Nr. 2-7 Messprogramm Schwebstoffe in Oberflächengewässern des Saarlandes, Nr. 8-15 Sondermessprogramm „Grubenwasser“

Tab. 2-2: Messprogramm, Probenahmen (PN) 2017 und Stand der Analytik

Nr.	Gewässer, Messstelle	Geplante Messfre- quenz p.a.	Probe- nahmen	Analytik durchgeführt	Anmerkungen
1	Saar, Sarreinsming (F)	6	0	0	Entfällt, da keine gravierende Vorbelastung.
2	Saar, Güdingen (D)	12	11	3	Analytik noch nicht abge- schlossen.
3	Saar, Fremersdorf	12	10	4	desgl.
4	Blies, Reinheim	4	11	4	desgl.
5	Nied, Niedaltdorf	4	10	3	desgl.
6	Rossel, Geislautern (D)	12	11	4	
7	Rossel, Petit Rosselle (F)	6	6	6	
8	Sinnerbach [uh. Grube Reden]	4	4	4	
9	Reden (im Grubenwasser)	6	6	6	
10	Grube Camphausen (im Gru- benwasser)	6	6	6	
11	Fischbach [uh. Grube Camphausen]	4	4	4	
12	Köllerbach (uh. Grube Viktoria Püttlingen]	4	4	3	
13	Püttlingen Viktoria (im Gruben- wasser)	6	6	6	
14	Grube Ensdorf (im Gruben- wasser)	6	6	6	
15	Luisenthal (im Grubenwasser)	6	6	6	

Anm.: Nr. 2-7 Messprogramm Schwebstoffe in Oberflächengewässern des Saarlandes, Nr. 8-15 Sondermessprogramm „Grubenwasser“; **Rote Zahlen** bedeuten Anzahl der geplanten Analysen noch nicht erreicht, da Analytik noch nicht abgeschlossen.

Tab. 2-1 zeigt, dass das Messprogramm 2016 vollständig durchgeführt wurde. Es konnten aus technischen Gründen keine Dezemberproben mehr an den Fließgewässern für die Routineüberwachung genommen werden. Für die Mittelwertbildung zur Jahresauswertung und für nachfolgende Trendberechnungen liegen jedoch genügend Daten vor.

An Blies und Nied konnten zudem mehr Proben genommen werden als geplant. Zu allen Proben wurde auch die Analytik vollständig durchgeführt, so dass auswertbare Daten vorliegen. Die Darstellung und Interpretation dieser Daten des Jahres 2016 ist Gegenstand des bereits im März 2017 vorgelegten Sachstandsberichts (LUA, 2017a). Die Analytik der PCB und PAK im Jahr 2017 liegt aus dem Oberflächenmessprogramm an Rossel, Saar, Blies und Nied noch nicht abschließend vor (Tab. 2-2), da die Analytik des Sondermessprogramms an den Grubenstandorten Vorrang hatte. Außer an der Rossel ist nach derzeitigem

Sachstand nicht mit Überschreitungen der Schwebstoff-UQN für PCB zu rechnen. Das Sondermessprogramm ist bis auf eine Messung am Köllerbach, der jedoch nur sehr geringe PCB-Belastungen zeigt, vollständig abgeschlossen. Die fehlenden Analyseergebnisse werden nachgetragen.

Das Grubenwasser der Gruben Luisenthal, Duhamel Ens Dorf, Victoria Püttlingen, Reden und Camphausen konnte trotz methodisch schwieriger Verhältnisse in beiden Untersuchungsjahren ebenfalls plangemäß beprobt werden, ebenso die das Grubenwasser direkt aufnehmenden kleineren Vorfluter Sinnerbach, Fischbach und Köllerbach. Die Analytik der Jahre 2016 und 2017 ist vollständig abgeschlossen und wird in dem hier vorgelegten Bericht dokumentiert.

Der Sinnerbach, der Fischbach und der Köllerbach nehmen Grubenwasser in großem Umfang direkt von den Gruben Reden, Camphausen und Victoria Püttlingen auf und sind durch diese Einleitungen nachhaltig geprägt. Die Einleitmengen sind durchaus beachtlich und liegen in der Größenordnung von aktuell 1 bis 14 Mio. m³ p.a. (Tab. 2-3). Die Saar hingegen hat im Verhältnis zur Einleitmenge aus Duhamel Ens Dorf und Luisenthal einen so großen Abfluss, dass sich die Einleitung nicht so gravierend bemerkbar macht. Die Schwebstoffbelastungen werden in Fremersdorf gemessen. Hier ist der Trend seit Jahren fallend. Im Jahr 2016 wurden keine Überschreitungen der UQN gemessen (LUA, 2017a), vielmehr lagen alle Kongenere unter der halben UQN. Das Messjahr 2017 steht, wie oben erwähnt, noch aus.

Tab. 2-3: Einleitmengen von Grubenwässern der RAG in Oberflächengewässer in m³

Jahr	Reden	Camphausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria (inkl. Andrestollen)
2016	14.203.622	1.892.010	1.140.117	272.976	1.980.815
2017	9.988.030	1.227.255	1.124.409	207.446	1.386.075

Insgesamt wurden in den Jahren 2016-2017 summarisch 33.422.755 m³ Grubenwasser abgepumpt und in die Vorfluter eingeleitet, den weitaus größten Anteil hat Reden mit etwa 72%, gefolgt von Victoria Püttlingen (10%) und Camphausen (9,3%). Auf Duhamel Ens Dorf entfielen etwa 6,8% der Gesamtmenge und Luisenthal kam auf etwa 1,4%.

Zur Umrechnung der Schwebstoffbelastung in eine potentielle Wasserkonzentration werden folgende mittlere Schwebstoffkonzentrationen (Tab. 2-4) und Schwebstoffmengen (Tab. 2-5) zugrunde gelegt:

Tab. 2-4: Mittlere Schwebstoffkonzentrationen an den Gruben

	Jahr	Auswaage [g] JD	Durchfluss Zentrifuge [JD] [m³]	Konzentration [mg/l] JD
BW Reden	2016	8,25	4,10	2,08
	2017	9,32	4,43	2,15
BW Camphausen	2016	2,53	4,79	0,55
	2017	5,3	5,00	1,07
BW Duhamel	2016	13,46	2,46	5,53
	2017	28,58	1,87	16,55
BW Luisenthal	2016	13,37	4,17	3,27
	2017	6,08	5,00	1,22
BW Victoria	2016	3,73	4,91	0,73
	2017	3,93	4,78	0,85

Aufgrund der sehr geringen Menge an Schwebstoffen im Grubenwasser, speziell des BW Camphausen und des BW Victoria Püttlingen, lag nicht immer eine ausreichende Menge an Material für eine vollständige Analyse vor. In diesen Fällen wurde **prioritär das PCB** bestimmt, dann PAK und dann die Metalle, die zudem auch in der Wasserphase analysiert wurden. Die fehlenden Stoffe sind in der Anlage A durch ein „n.a.“ für „nicht analysiert“ gekennzeichnet.

Tab. 2-5: Jahresschwebstofffrachten aus den Gruben in kg/a

Jahr	Reden	Camphausen	Duhamel Ensdorf	Luisenthal	Victoria Püttlingen
2016	29.543,53	1.040,61	6.304,85	892,63	1.445,99
2017	20.125,88	1.313,16	18.608,97	253,08	1.178,16

2.3 Analysenmethoden (Kurzfassung)

Die Analytik geschieht stets nach genormten Vorgaben, gewöhnlich werden dabei alle Parameter nach einer DIN analysiert. Die einzelnen Verfahren und Methoden würden hier den Rahmen sprengen, können jedoch beim LUA angefragt werden.

Folgende generelle Angaben sollen für den Bereich der **chemischen Analytik** genügen: Für eine umfassende Charakterisierung von **Wasser- und Schwebstoffproben** werden neben den grundlegenden physikalischen Vor-Ort-Parametern wie Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt im Labor eine Vielzahl unterschiedlichster, zum Teil aufwändiger instrumenteller Analysenverfahren eingesetzt, um chemische Parameter zu bestimmen. Die Verfahren dienen der Bestimmung von Summenparametern (TOC, TNb etc.) als auch von Einzelparametern (z.B. Elemente, PAK, PCB). Die Metallanalytik stützt sich hauptsächlich auf optische Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) und Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS). Organische Einzelparameter wie PAK oder PCB werden durch Kopplung chromatographischer Verfahren wie Hochleistungsflüssigkeitschromatografie (HPLC) oder Gaschromatographie (GC) mit Massenspektrometrie (HPLC-MS, GC-MS) bestimmt.

Bei den **ökotoxikologischen** Methoden handelt es sich ebenfalls um gängige Standardmethoden.

Der **Daphnientest** ist ein Testverfahren, um die akute Toxizität von Wasserproben zu untersuchen. Der Screening Test wird nach der DIN 38 412-L11, der Test über Verdünnungsstufen wird nach der DIN 38 412-L30 durchgeführt. Als Maß für die toxische Wirkung von Wasserinhaltsstoffen dient der Verlust der Schwimmfähigkeit der Daphnien nach 24 Stunden.

Der **Leuchtbakterientest** dient der Bestimmung der Hemmwirkung auf die Lichtemission von Leuchtbakterien (*Vibrio fischeri*) von Wasser- bzw. Abwasserproben. Der Test wird gemäß der Europäischen Norm DIN EN ISO 11348-2-L 52 durchgeführt.

Der **Fischartest** ist ein Testverfahren, um die akute Toxizität von Abwasserproben zu untersuchen. Der Test wird nach der Europäischen Norm DIN EN ISO 15088-T6 durchgeführt.

2.4 Messstellen an Grubenwasserstandorten

2.4.1 BW Reden

Probenahmestelle:

Aus einem mobilen Behälter, der als Vorlagebehälter für Grubenwasser aus der Steigleitung diente, wurde die Probe mittels einer Pumpe entnommen und der Zentrifuge zugeführt.



Abb. 2-2: Entnahmestelle am BW Reden

2.4.2 BW Camphausen

Probenahmestelle:

Aus einem mobilen Behälter in dem Grubenwasser eingeleitet wurde, wurde Grubenwasser in die Zentrifuge gepumpt. Aus diesem Behälter wird dann mit der Zentrifuge Grubenwasser entnommen. Die Probennahme erfolgte aus dem Ableitrohr vor der H_2O_2 -Dosierung des Grubenwassers.



Abb. 2-3: Entnahmestelle und mobiler Vorratsbehälter am BW Camphausen

2.4.3 BW Victoria Püttlingen

Probenahmestelle:

In einen mobilen Behälter wird Grubenwasser aus der Steigleitung eingeleitet wird. Aus diesem Behälter wird dann mit der Zentrifuge Grubenwasser entnommen. Die Probennahme erfolgte aus dem Steigrohr vor der H₂O₂-Dosierung des Grubenwassers



Abb. 2-4: Entnahmestelle am BW Victoria Püttlinge

2.4.4 BW Duhamel Ensdorf

Probenahmestelle:

Die Probe wurde aus dem ersten Schacht des Ableitungsrohres der Hebung entnommen. Das Grubenwasser wurde mit Hilfe eines Brettes in diesem Ableitrohr angestaut, damit es mit einer Pumpe gefördert werden konnte.

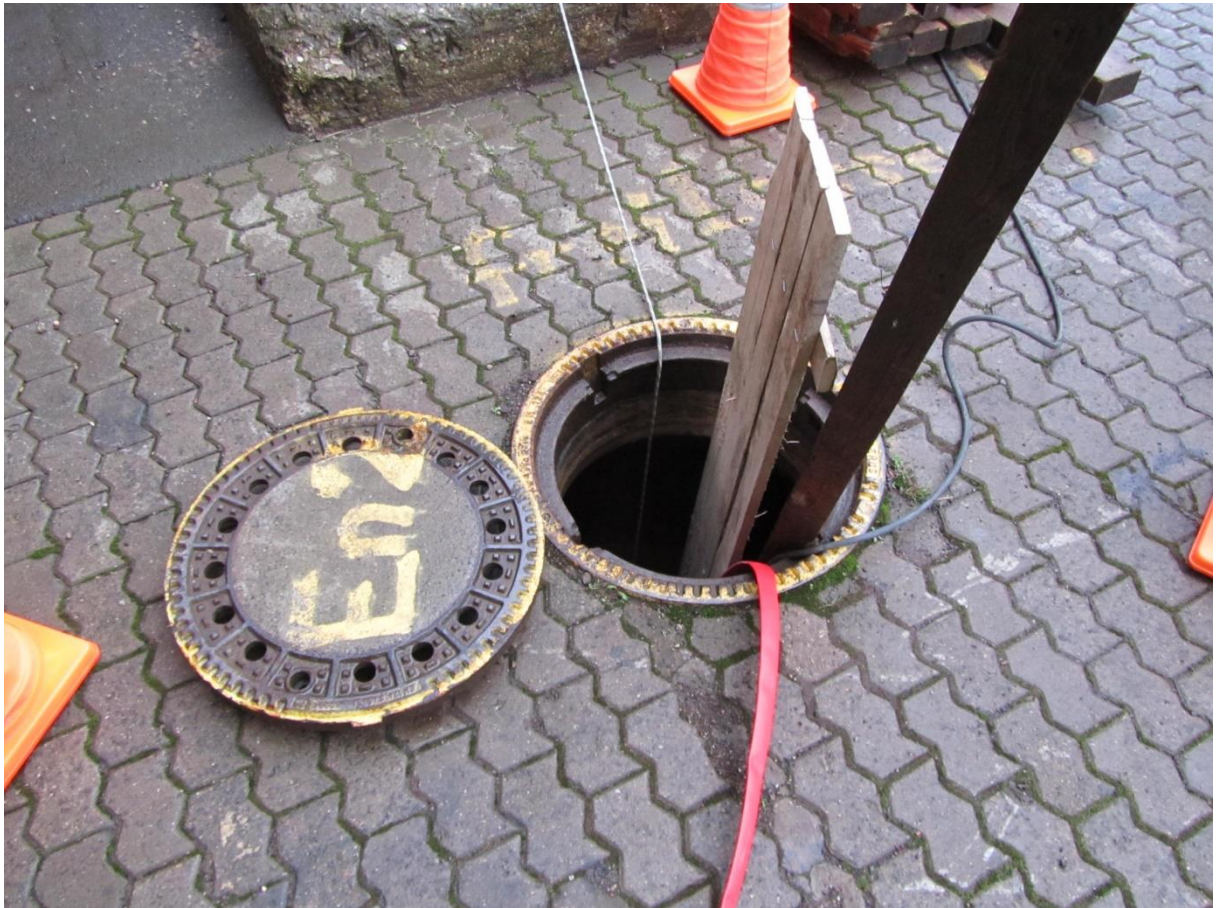


Abb. 2-5: Entnahmestelle am BW Duhamel Ensdorf

2.4.5 BW Luisenthal

Probenahmestelle:

Ein mobiler Behälter, das als Vorlagebehälter für Grubenwasser aus der Steigleitung diente, wurde die Probe mittels einer Pumpe der Zentrifuge zugeführt..



Abb. 2-6: Entnahmestelle im BW Luisenthal

Teil A –Schwebstoffe

3 Interpretation der Schwebstoffdaten

Das nachfolgende Kapitel gibt die Ergebnisse der Schwebstoffmessungen, die im Rahmen des Sondermessprogramms 2016-2017 durch das LUA erhoben und analysiert worden sind, wieder. Die Analyseergebnisse werden zusammengefasst und vor dem Hintergrund der gesetzlichen Umweltqualitätsnormen (UQN) der Oberflächengewässerverordnung (OGewV¹) interpretiert. Zusätzlich werden weitere, nicht gesetzlich geregelte, bergbautypische Stoffe anhand der UQN des Landes NRW (MKUNLV 2015) bzw. des Saarlandes (MUV, 2018) bewertet. Alle darüber hinaus gemessenen Stoffe werden dokumentiert und die Analysenergebnisse im Anlagenband wiedergegeben. Diese Angaben dienen der Dokumentation des derzeitigen Ist-Zustandes im Sinne einer Beweissicherung.

Das Schwebstoffmessprogramm des LUA im Oberflächengewässerbereich dient speziell der Erfassung der Belastung der Schwebstoffe mit polychlorierten Biphenylen (PCB). Diese PCB sind durchgehend schlecht bis sehr schlecht wasserlöslich. Sie lagern sich jedoch an sehr feine im Wasser suspendierte Stoffe, so genannte Schwebstoffe, an. Diese Schwebstoffe können mit Hilfe einer Ultrazentrifuge aus dem Wasser gewonnen werden. Hierzu werden je nach Schwebstoffgehalt des Wassers teils mehrere Hundert Liter Wasser zentrifugiert. Die ermittelten Schadstoffgehalte in Schwebstoffen werden deshalb in einer Masseinheit unter Bezug auf 1 Kilogramm Schwebstoff angegeben und nicht – wie im Wasserbereich sonst üblich – als Konzentration.

Von den organischen Schadstoffen werden an Schwebstoffen u.a. auch die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) gebunden. Da es für PAK an Schwebstoffen keine Umweltqualitätsnorm (UQN) gibt, wird zur Bewertung hilfsweise auf in Wasserphase umgerechnete Daten zurückgegriffen, da die OGewV für einige PAK hier eine UQN nennt. Daneben binden auch zahlreiche Metalle, Alkali- und Erdalkalimetalle und Nährstoffe an Schwebstoffe. Soweit für diese Stoffe gesetzlich geregelte Umweltqualitätsnormen existieren, werden sie anschließend analysiert.

Die Ergebnisse der Einzelmessungen und die Messungen der übrigen Stoffe ohne gesetzliche UQN im Oberflächenbereich sind in der Anlage A dokumentiert.

¹ Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV) - Ausfertigungsdatum: 20.06.2016 (BGBl. I S. 1373).- Bundesgesetzblatt 28(Teil 1): 1373-1443

3.1 PCB – Polychlorierte Biphenyle

3.1.1 PCB in Grubenwässern

Im Folgenden werden die Ergebnisse der PCB-Messungen (Jahresmittelwerte) vor dem Hintergrund der aktuellen UQN von 20 µg/kg Schwebstoff der OGewV dargestellt. Die Bestimmungsgrenze (BG) des LUA-Labors beträgt derzeit 2 µg/kg Schwebstoff, Messwerte kleiner BG sind mit halber BG berücksichtigt.

Tab. 3-1: Jahresmittelwerte 2016 der PCB-Messungen an Schwebstoffen in Grubenwasser

Station	BW Reden	BW Camp-hausen	BW Duhamel	BW Luisenthal	BW Victoria Püttlingen
Vorfluter	Sinnerbach	Fischbach	Saar	Saar	Köllerbach
Messungen	6	6	7	6	6
PCB 28	71,42	169,03	7,60	7,82	6,22
PCB 52	311,78	416,87	10,74	12,8	20,26
PCB 101	69,17	159,78	4,00	12,27	16,48
PCB 118	36,53	117,25	3,37	13,72	12,46
PCB 138	20,85	53,88	1,60	14,62	13,94
PCB 153	20,33	47,28	1,24	13,33	17,24
PCB 180	5,85	18,93	1,00	8,42	6,36

Angaben in µg/kg Schwebstoff

Tab. 3-2: Jahresmittelwerte 2017 der PCB-Messungen an Schwebstoffen in Grubenwasser

Station	BW Reden	BW Camp-hausen	BW Duhamel	BW Luisenthal	BW Victoria Püttlingen
Vorfluter	Sinnerbach	Fischbach	Saar	Saar	Köllerbach
Messungen	6	6	6	6	6
PCB 28	50,53	185,07	5,8	6,70	< 2,0
PCB 52	246,17	465,15	14,12	14,93	9,28
PCB 101	52,98	155,18	5,05	35,27	5,60
PCB 118	28,20	107,08	5,48	19,97	5,08
PCB 138	21,00	43,53	2,43	76,48	8,48
PCB 153	21,70	51,72	2,87	85,15	5,83
PCB 180	10,33	17,22	1,62	57,10	2,73

Angaben in µg/kg Schwebstoff

Die Analysen der Einzelmessungen sind im Anlagenband (Anlage A) zusammengestellt. Die Ergebnisse der Tab. 3-1 und Tab. 3-2 werden im Folgenden grafisch dargestellt, dabei werden sie mit der UQN im Oberflächengewässerbereich verglichen, was streng genommen nicht korrekt ist. Andererseits wird dieses Wasser in Oberflächengewässer geleitet, so dass sich der Vergleich mit entsprechenden UQN anbietet.

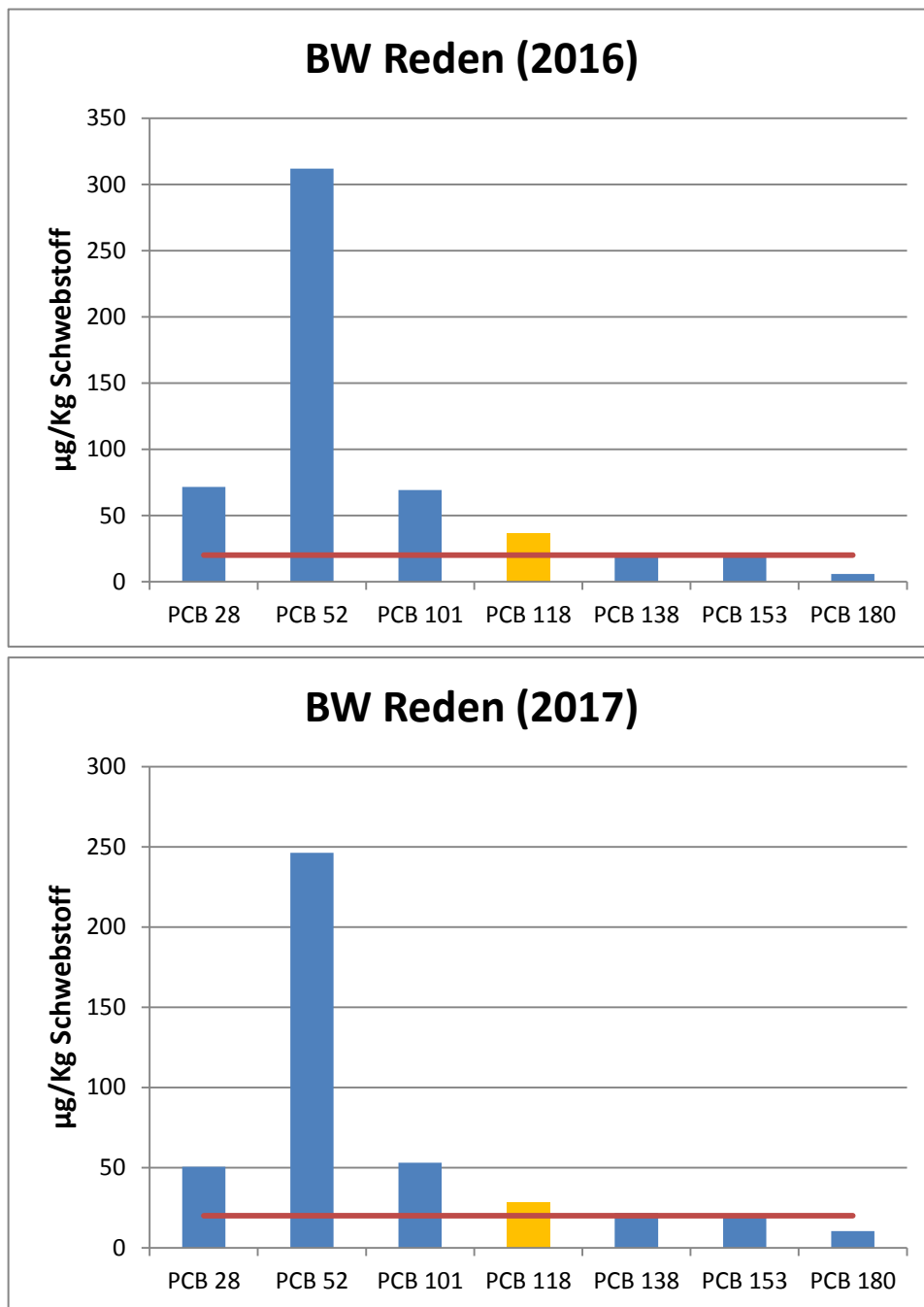


Abb. 3-1: BW Reden: Jahresmittelwerte der PCB-Gehalte des Schwebstoffs im Jahr 2016 und 2017. **Rote Linie:** UQN von 20 µg/kg Schwebstoff der OGewV, Indikator-PCB (**blau**), dl-PCB (**orange**)

Der Standort Reden zeigt in beiden Jahren deutliche Überschreitungen der Oberflächen-UQN bis über das 15-fache beim bergbautypischen PCB 52 im Jahresmittel 2016. Bis auf das Kongener 180 liegen alle Kongenere im Bereich der Oberflächengewässernorm oder darüber.

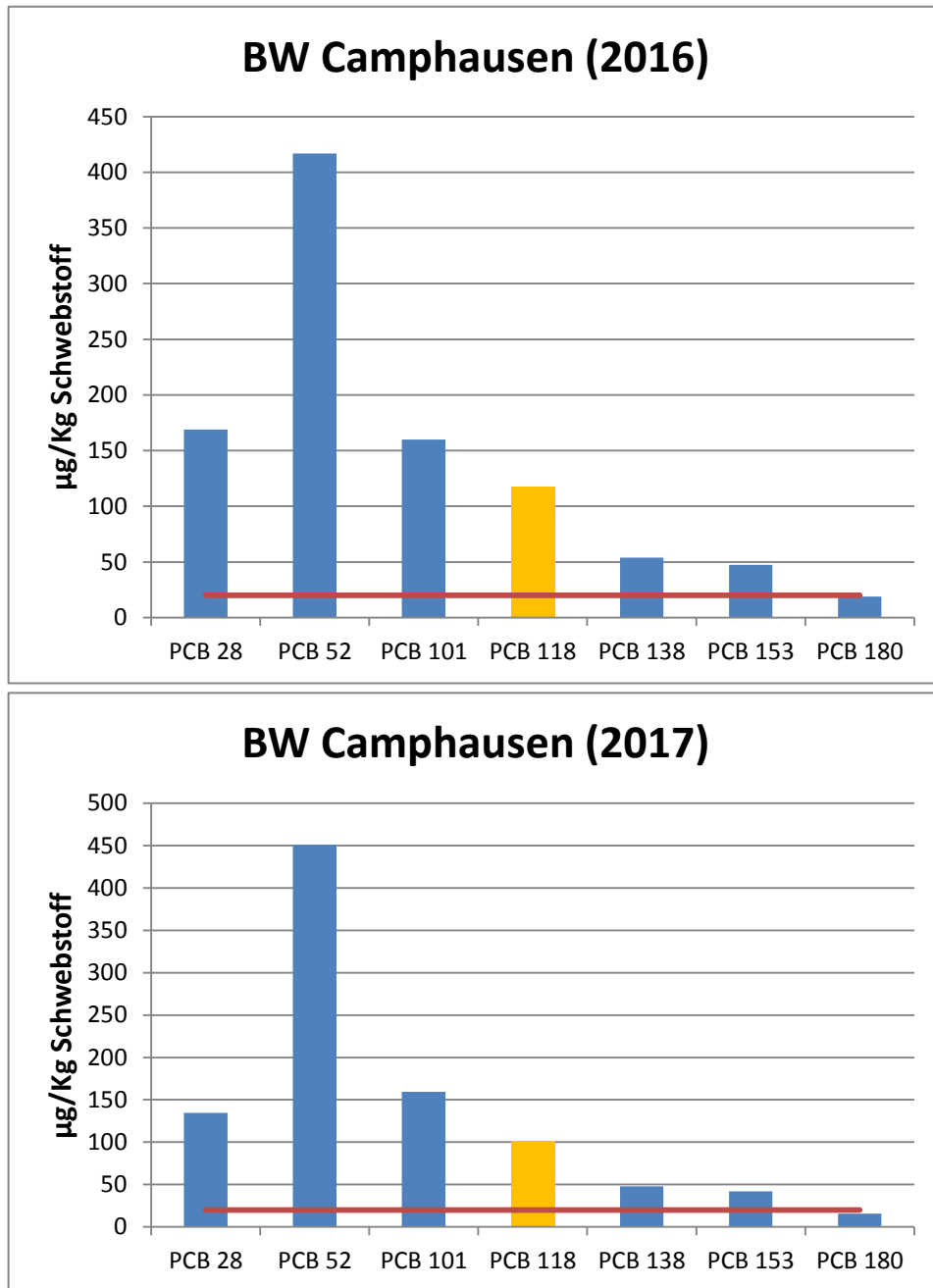


Abb. 3-2: BW Camphausen: Jahresmittelwerte der PCB-Gehalte des Schwebstoffs im Jahr 2016. **Rote Linie:** UQN von 20 µg/kg Schwebstoff der OGewV, Indikator-PCB (**blau**), dl-PCB (**orange**)

Der Standort Camphausen zeigt in beiden Jahren deutliche Überschreitungen der Oberflächengewässer-UQN bis über das 22-fache beim bergbautypischen PCB 52 im Jahresmittel 2017. Nur das Kongener 180 liegt im Jahr 2017 unter der Oberflächengewässernorm.

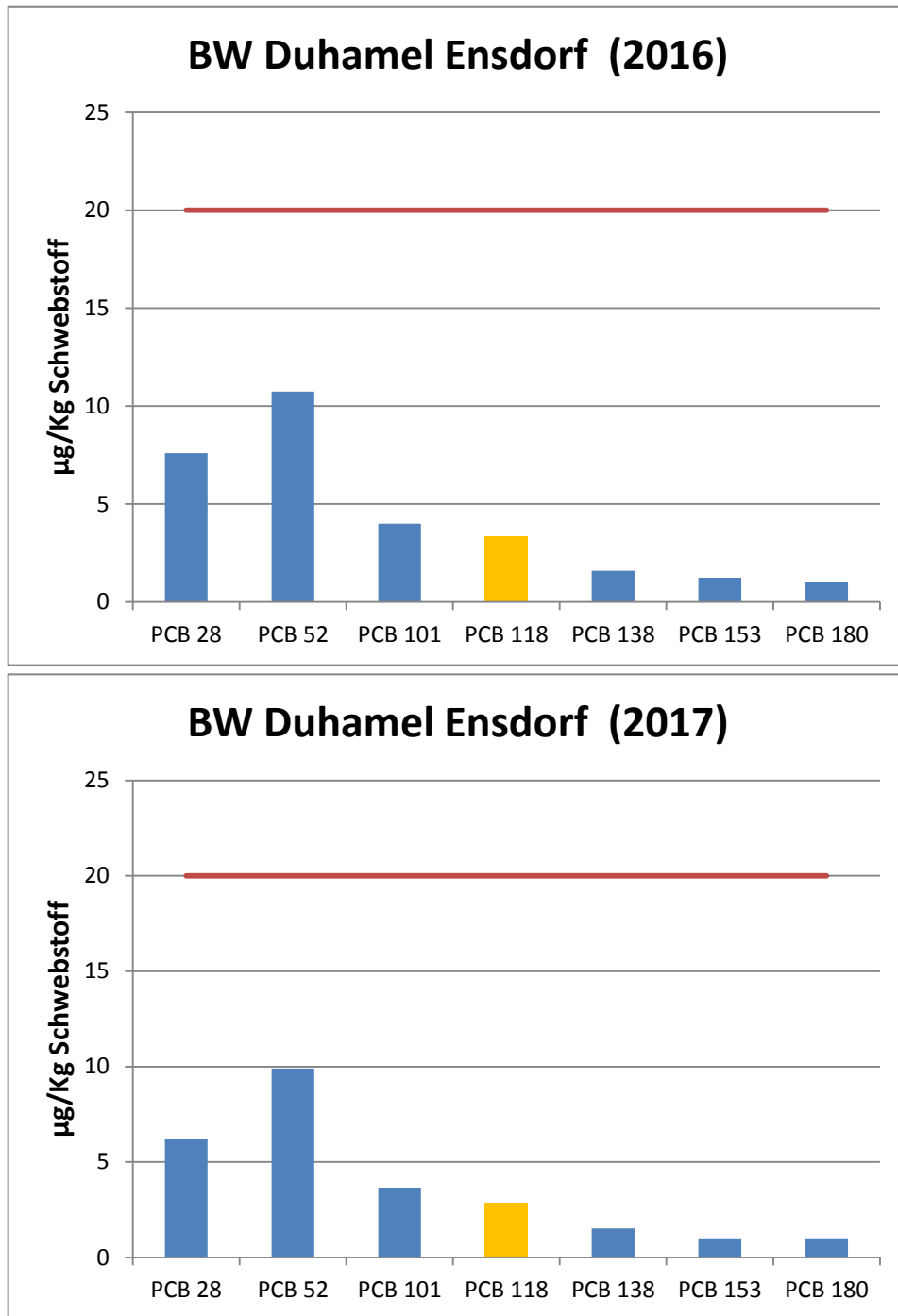


Abb. 3-3: BW Duhamel, Ensdorf: Jahresmittelwerte der PCB-Gehalte des Schwebstoffs im Jahr 2016 und 2017. **Rote Linie:** UQN von 20 µg/kg Schwebstoff der OGewV, Indikator-PCB (**blau**), dl-PCB (**orange**)

Der Standort Duhamel Ensdorf zeigt in beiden Untersuchungsjahren keine Überschreitungen der Oberflächengewässernorm, das bergbautypische PCB-52 erreicht hier lediglich etwa die halbe UQN, die höher chlorierten PCB-Kongenerne liegen erwartungsgemäß noch einmal deutlich niedriger.

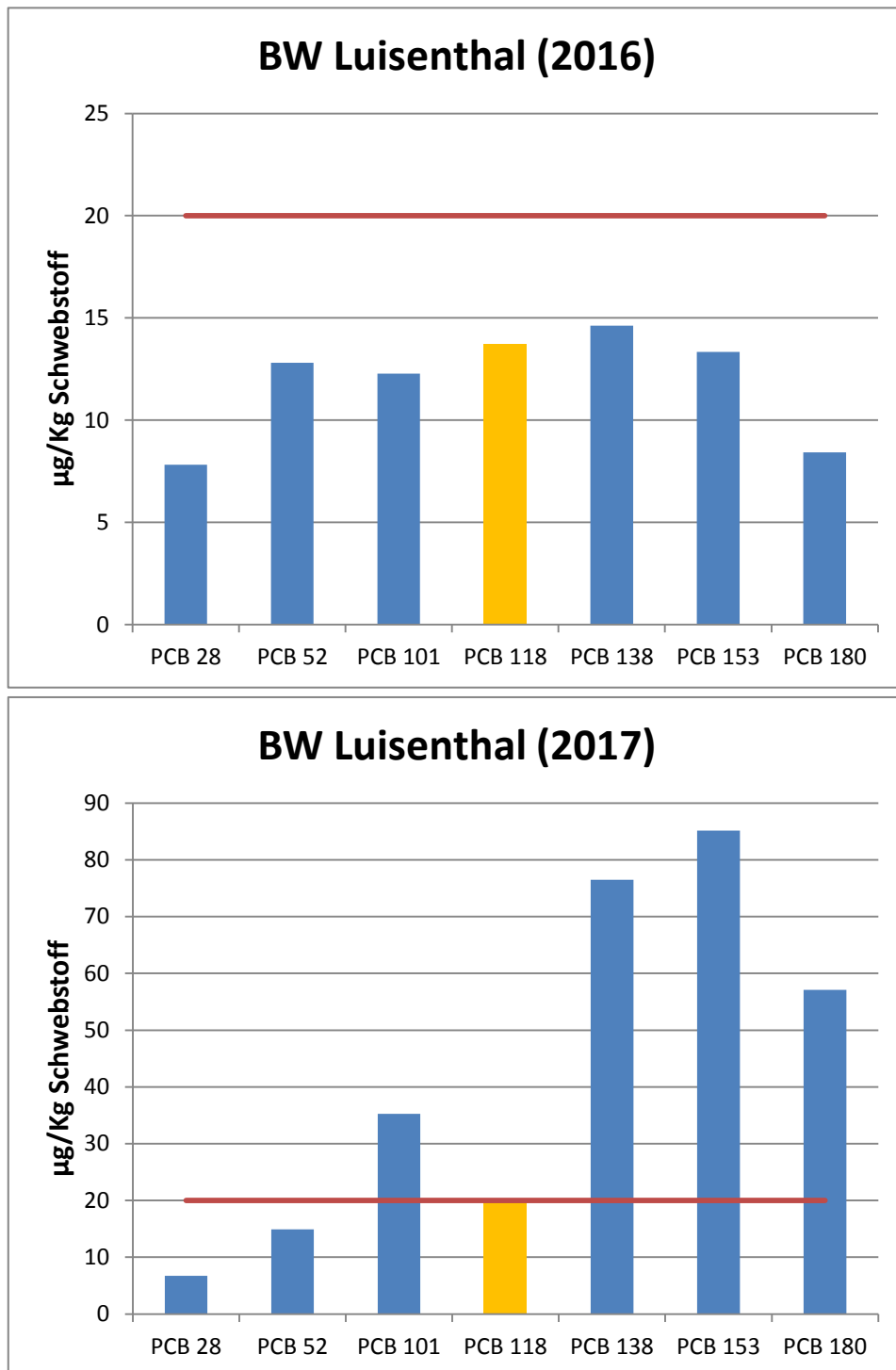


Abb. 3-4: BW Luisenthal: Jahresmittelwerte der PCB-Gehalte des Schwebstoffs im Jahr 2016 und 2017. Rote Linie: UQN von 20µg/kg Schwebstoff der OGewV, Indikator-PCB (blau), dl-PCB (orange)

Der Standort Luisenthal zeigte im Jahr 2016 noch keine Überschreitungen der Umweltqualitätsnorm für den Oberflächengewässerbereich, jedoch insofern bereits ein untypisches Spektrum als dass die höherchlorierten und die bergbautypischen niederchlorierten PCB annähernd gleiche Konzentrationen aufwiesen. Im Jahr 2017 kommt es im Juni zu einer Verzehnfachung der Werte, die im Jahresverlauf wieder langsam abnahmen. Dies führt im Jahresmittel zu einer deut-

lichen Überschreitung v.a. der höherchlorierten PCB 138 und 153 bis etwa auf den vierfachen Wert der Oberflächengewässer-UQN. Andere Schadstoffe, wie die PAK und einige Schwermetalle zeigen in diesen Proben ebenfalls deutliche Erhöhungen. Der Grund dafür ist im Detail unbekannt.

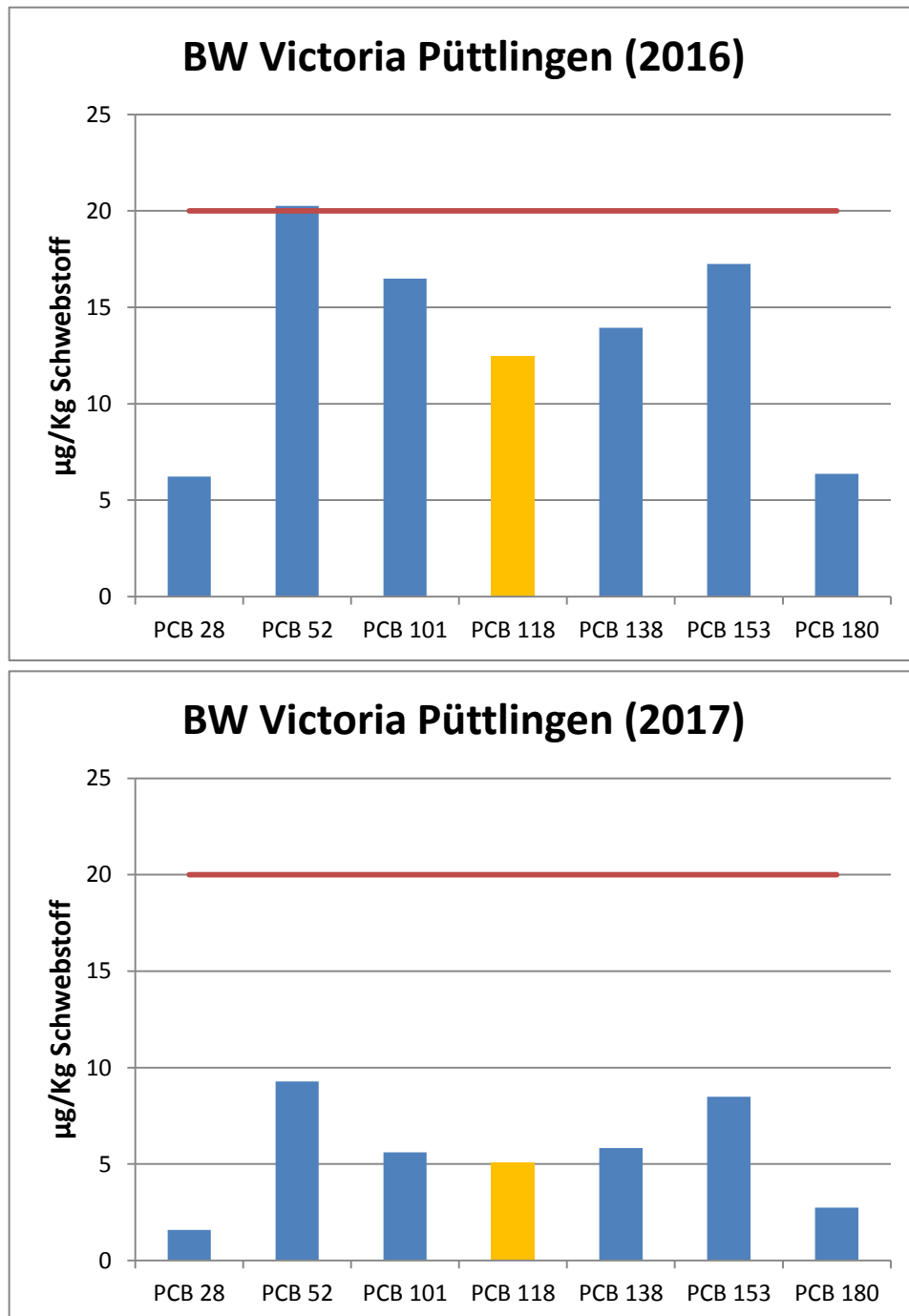


Abb. 3-5: BW **Victoria**, Püttlingen. Jahresmittelwerte der PCB-Gehalte des Schwebstoffs im Jahr 2016 und 2017. **Rote Linie:** UQN von 20 µg/kg Schwebstoff der OGewV, Indikator-PCB (**blau**), dl-PCB (**orange**)

Am Standort Püttlingen überschreitet lediglich das bergbautypische Kongener 52 im Jahr 2016 die Oberflächengewässer-UQN knapp, alle anderen Kongenere liegen darunter. Im Jahr 2017 wird selbst die halbe UQN unterschritten.

3.1.2 PCB in den Grubenwasser beaufschlagten Bächen

Tab. 3-3 zeigt die mittleren PCB-Belastungen der Schwebstoffe aus den kleineren Bächen, die die Grubenwässer direkt aufnehmen. Die Saar, die Grubenwässer von Duhamel Ens Dorf und Victoria Püttlingen direkt aufnimmt hat einen im Vergleich zur Einleitung so großen Abfluss, dass sie kein typisches Kongenere nmuster für Bergbaugewässer zeigt. Die PCB-Werte der Saar bei Fremersdorf liegen, wie oben erwähnt, deutlich unterhalb der UQN der OGewV von 20 µg/ kg Schwebstoff und werden im Folgenden nicht weiter diskutiert.

Tab. 3-3: PCB-Belastung von Schwebstoffen in kl. mit Grubenwasser beaufschlagten Vorflutern. Jahresmittelwerte aus je 4 Messungen, Köllerbach 2017: 3 Messungen.

		Sinnerbach uh Grube Reden		Fischbach Quierschied- Fischbach		Köllerbach Völklingen, Mdg.		UQN
		2016	2017	2016	2017	2016	2017	
PCB 28	µg/kg	24,42	14,48	13,10	47,43	1,00 (<BG)	0,9 < BG	20
PCB 52	µg/kg	69,90	52,78	43,75	152,80	1,58 (<BG)	1,0 < BG	20
PCB 101	µg/kg	17,00	12,78	14,83	35,55	3,60	3,63	20
PCB 118	µg/kg	10,83	6,88	9,63	18,48	2,25	2,50	20
PCB 138	µg/kg	10,63	8,08	10,28	14,33	8,40	8,17	20
PCB 153	µg/kg	9,73	7,40	9,60	13,40	7,78	7,70	20
PCB 180	µg/kg	5,43	4,08	5,65	7,05	4,10	4,67	20

Angaben in [µg/Kg Schwebstoff], jeweils 4 Proben p.a., Ausnahme: Köllerbach (2017), hier nur 3 Proben p.a.; (< BG) = Mittelwert uh. Bestimmungsgrenze von 2,0 µg/kg S, **rote** Werte überschreiten die UQN der OGewV, **orange** = signifikante Belastung > ½ UQN

Sinnerbach und Fischbach zeigen deutliche Überschreitungen der UQN v.a. beim bergbautypischen PCB-52. Die Ergebnisse der Messungen werden im Folgenden grafisch für beide Messjahre dargestellt und kurz interpretiert.

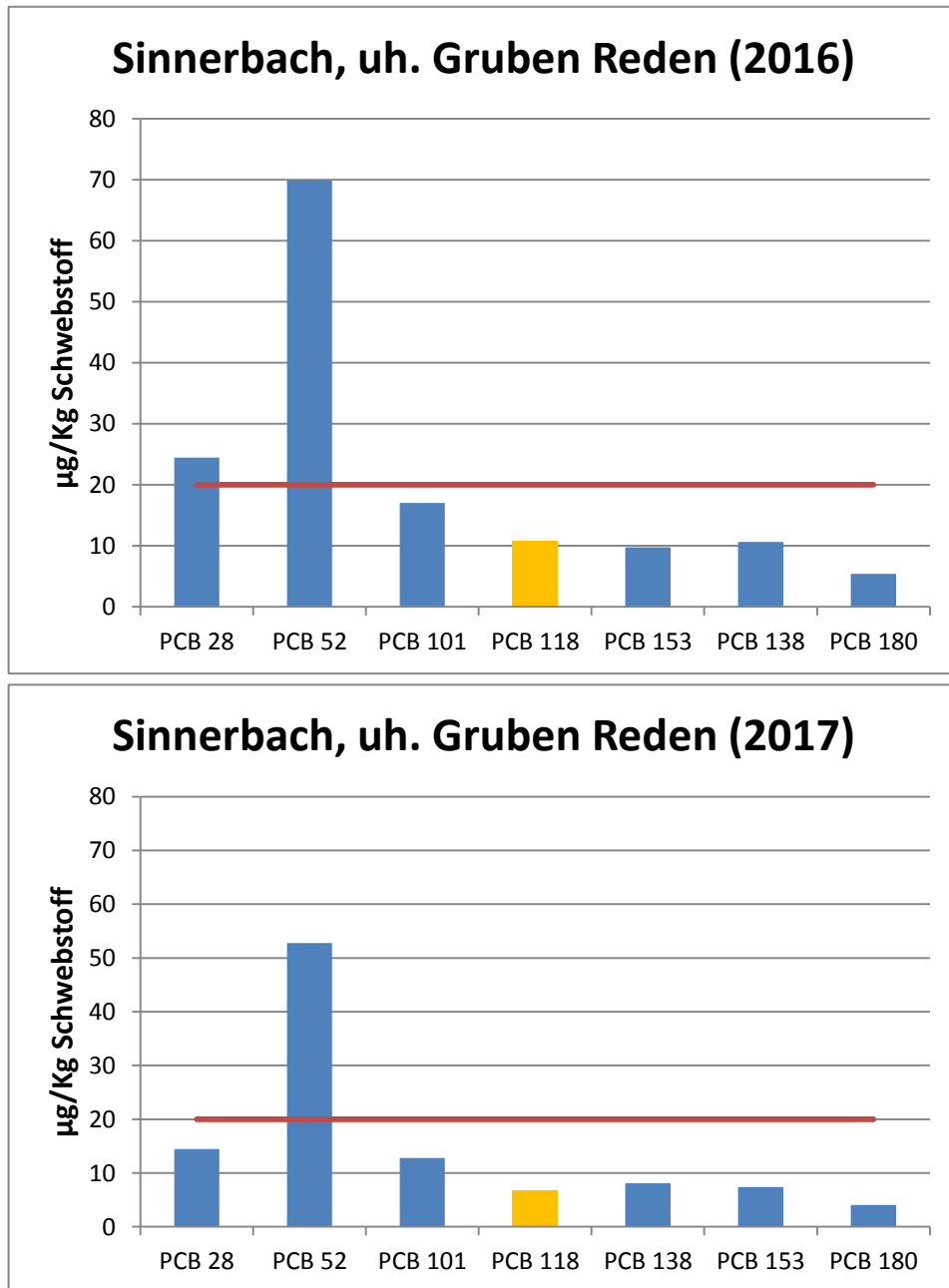


Abb. 3-6: Sinnerbach, uh. Grube Reden:: Jahresmittelwerte der PCB-Gehalte des Schwebstoffs im Jahr 2016 (n=4) und 2017 (n= 4). **Rote Linie:** UQN von 20µg/kg Schwebstoff der OGewV, Indikator-PCB (**blau**), dl-PCB (**orange**), Daten: Tab. 3.2

Der Sinnerbach uh. des Einlaufs von Grubenwässern aus der Grube Reden zeigt in beiden Jahren deutliche Überschreitungen der UQN bei den bergbautypischen Kongeneren PCB 28 und PCB 52 (etwa Faktor 3) und signifikante Belastungen bei allen anderen Kongeneren außer PCB 180. Zur Belastung der Schwebstoffe der Grube Reden vgl. Abb. 3-1.

Der Fischbach uh. des Einlaufs von Grubenwässern aus der Grube Camphausen zeigte bereits im Jahr 2016 deutliche Überschreitungen der UQN bei dem bergbautypischen Kongener PCB 52 etwa um den Faktor 2 und signifikante Belast-

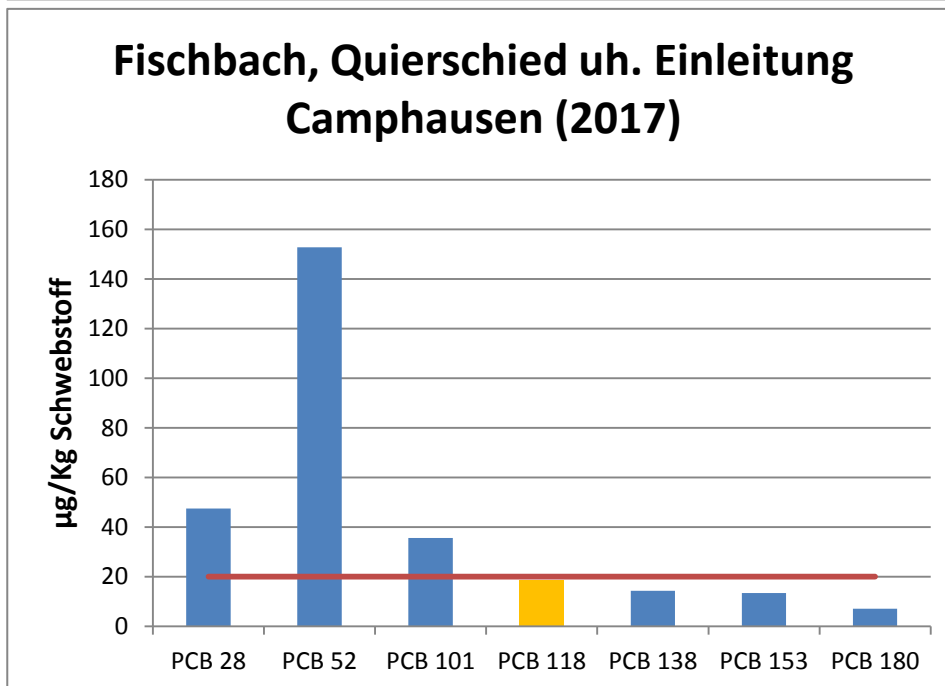
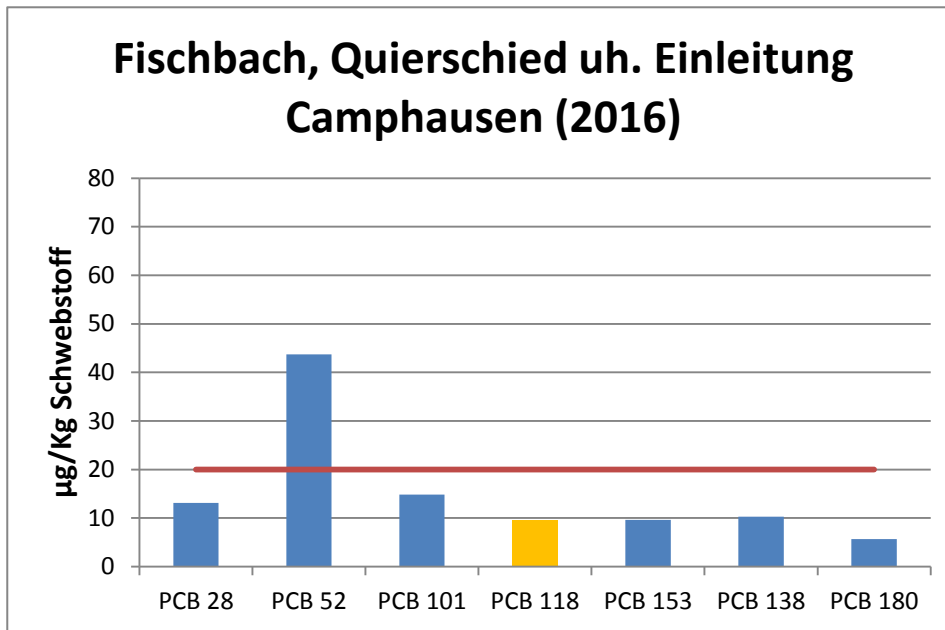


Abb. 3-7: Fischbach, Quierschied, uh. Einleitung Camphausen: Jahresmittelwerte der PCB-Gehalte des Schwebstoffs im Jahr 2016 (n=4) und 2017, (n=4). **Rote Linie:** UQN von 20 µg/kg Schwebstoff der OGewV, Indikator-PCB (**blau**), dl-PCB (**orange**), Daten: Tab. 3.2

ungen bei allen anderen Kongeneren außer PCB 180. Im Jahr 2017 wird mit der Probe vom 11.04.2017 ein Spitzenwert von über 300 µg/kg S gemessen, im Juni 2017 sind es noch über 200 µg/kg S, so dass sich der Jahresmittelwert dieses Parameters von 2016 auf 2017 etwa verdreifacht. Die Belastung der Schwebstoffe der Grube Camphausen (Abb. 3-2) hatte sich 2017 hingegen nur leicht erhöht. Schwebstoffe fungieren bekanntlich als Schadstoffsenske, ihre Mobilisierung hängt hingegen von den hydrologischen Verhältnissen ab, so dass Belastung und Freisetzung zeitlich weit auseinander liegen können.

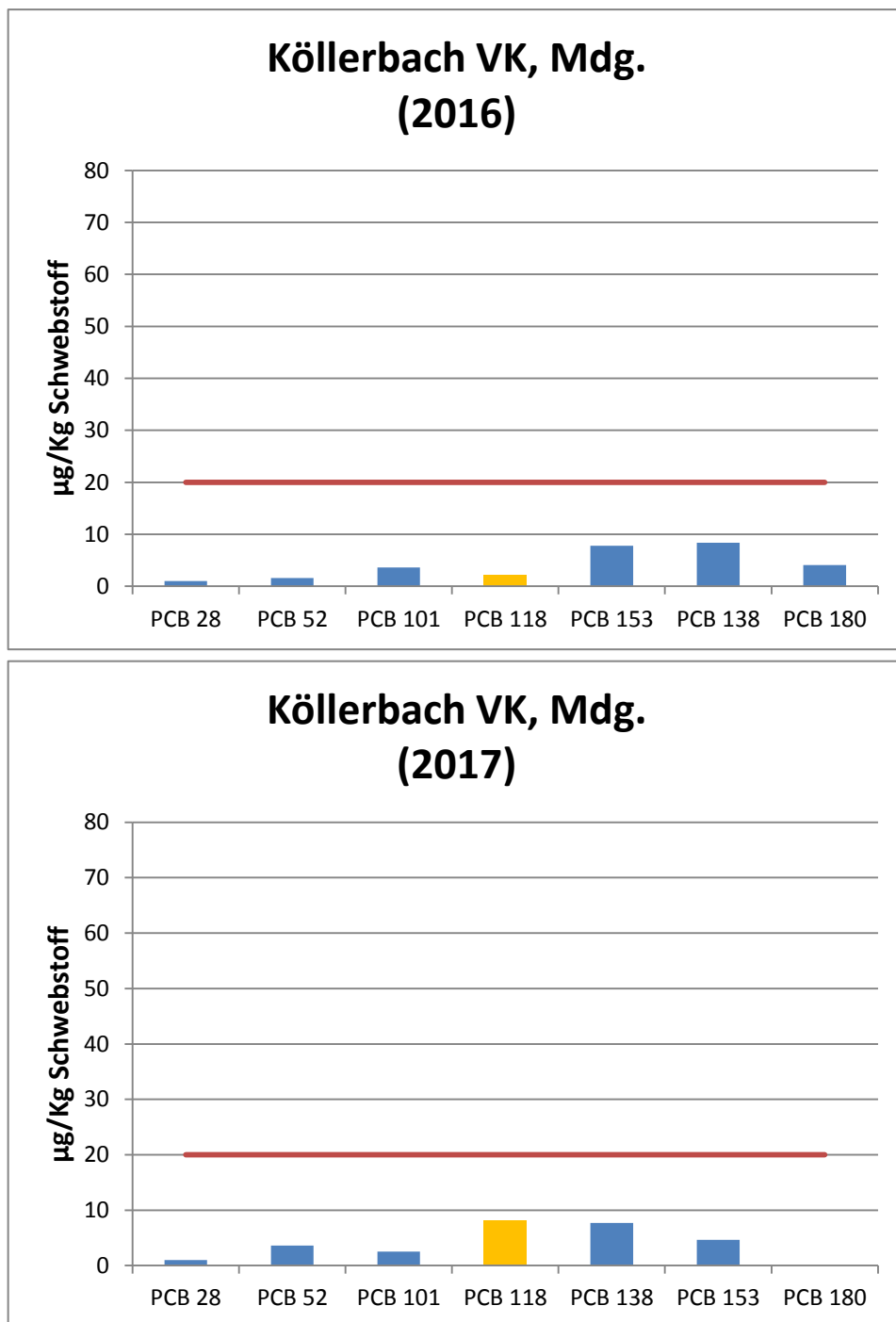


Abb. 3-8: Köllerbach, Völklingen (Mdg.): Jahresmittelwerte der PCB-Gehalte des Schwebstoffs im Jahr 2016 (n=4) und 2017 (n=3). **Rote Linie:** UQN von 20µg/kg Schwebstoff der OGewV, Indikator-PCB (**blau**), dl-PCB (**orange**), Daten: Tab. 3.2

Der Köllerbach im Mündungsbereich u.h. der Einleitung der Grube Viktoria Püttlingen zeigt in beiden Jahren keine Überschreitungen der bergbautypischen Kongenere PCB 28 oder PCB 52 noch signifikante Überschreitungen bei irgendeinem anderen Kongener. Zur Belastung der Schwebstoffe der Grube Viktoria Püttlingen vgl. Abb. 3-5.

3.2 PAK - Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Für die PAK gibt es für Feststoffe lt. OGeV nur eine Biota-UQN. Ansonsten gibt es UQN in der Wasserphase für Anthracen, Fluoranthene, Naphthalin und für Benzo(a)pyren. Da Rheinland-Pfalz in einer kürzlich veröffentlichten Studie zu den Schwebstoffen in Oberflächengewässern (LfU, 2017) die Wasserphasenkonzentrationen aus den Schwebstoffen überschlägig umgerechnet hat, und auch Hessen seine Ergebnisse der Oberflächengewässerüberwachung entsprechend aufbereitet hat (HLNUG, 2018), wird hier ebenso verfahren, um die Belastung des Grubenwassers mit PAK besser abschätzen zu können.

Bei dieser Umrechnung wird das Lösungsgleichgewicht der Stoffe an Schwebstoffen und Wasser NICHT beachtet (z.B. LAWA, 1999), sondern stark vereinfacht davon ausgegangen, dass sämtliche an den Schwebstoffen gebundenen Stoffe im Wasser gelöst seien, was einerseits fachlich zwar falsch ist, andererseits jedoch die Belastung des Gewässers mit PAK gut widerspiegelt und somit bis zu einer Ableitung einer Schwebstoff-UQN ersatzweise und vorläufig zur Bewertung herangezogen werden kann. Dazu wird über den in der Probe gemessene Schwebstoffanteil (in mg/l) zunächst berechnet, wieviel Liter man gebraucht hätte, um 1 KG Schwebstoff zu gewinnen. Da die Konzentrationsangabe der Stoffe in µg/kg Schwebstoff vorliegt, wird nun der Messwert durch den berechneten Faktor (Literzahl) geteilt. Dies ergibt die berechnete Konzentration des Stoffes in der Wasserphase in µg/l. Der Mittelwert aller Messungen kann nun mit der Jahresdurchschnitts-UQN, der Maximalwert mit der ZHK (Zulässige Höchstkonzentration) verglichen werden.

Für PAK liegen derzeit nach der OGeV folgende UQN vor:

Tab. 3-4: Umweltqualitätsnormen (UQN) für verschiedene PAK in Wasser und Biota

PAK / Stoff	JD-UQN (Wasser) [µg/l]	ZHK (Wasser) [µg/l]	Biota [µg/kg Nassgewicht]
Anthracen	0,1	0,1	-
Benzo(a)pyren	0,00017	0,27	5
Fluoranthene	0,0063	0,12	30
Naphthalin	2	130	-

JD-UQN = Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm, ZHK = Zulässige Höchstkonzentration, Biota ~ Fische, Muscheln, Krebse

Mit Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(ghi)perylene und Indeno(1,2,3-cd)pyren wurden vier weitere PAK analysiert, für die es aber derzeit keine gesetzlich geregelten Umweltqualitätsnormen gibt. Die Analyseergebnisse sind ebenfalls in der Anlage A wiedergegeben.

3.2.1 PAK in Grubenwässern

Die nachfolgenden Tab. 3-5 und 3-6 fassen die Ergebnisse der Schwebstoffanalytik an den einzelnen Grubenstandorten für die gesetzlich geregelten PAK im Jahr 2016 und 2017 zusammen. Liegt mindestens ein Ergebnis über der Bestimmungsgrenze (BG), so werden Werte unter BG mit halber BG eingerechnet, ansonsten ist das Ergebnis (<BG). Liegt auch der Jahresdurchschnitt oder der Maximalwert unter BG, so wird als Ergebnis „< BG“ angegeben (vgl. Anlage A).

Tab. 3-5: PAK-Gehalte an Schwebstoffen im Grubenwasser 2016 (n=6) Angaben in µg/kg S

PAK /Grube		BW Reden	BW Camp-hausen	BW Du-hamel	BW Luisenthal	BW Victoria
Anthracen [BG = 100]	JD	< BG	< BG	<BG	< BG	<BG
	Max.	207	< BG	<BG	< BG	224
Benzo(a)pyren [BG = 100]	JD	258	120	<BG	< BG	< BG
	Max.	1.061	211	<BG	101	134
Fluoranthen [BG = 200]	JD	1.050	1.351	< BG	< BG	304
	Max.	4.040	2.672	564	285	481
Naphthalin [BG = 200]	JD	279	<BG	<BG	<BG	< BG
	Max.	745	238	<BG	234	< BG

JD = Jahresdurchschnitt, Max = Maximalwert, BG = Bestimmungsgrenze

Tab. 3-6: PAK-Gehalte an Schwebstoffen im Grubenwasser 2017 (n=6), Angaben in µg/kg S

PAK /Grube		BW Reden	BW Camp-hausen	BW Du-Hamel	BW Luisenthal	BW Victoria
Anthracen [BG = 100]	JD	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
	Max.	<BG	252	<BG	<BG	<BG
Benzo(a)pyren [BG = 100]	JD	< BG	520	<BG	<BG	<BG
	Max.	123	2.265	<BG	169	<BG
Fluoranthen [BG = 200]	JD	275	3836	<BG	245	218
	Max.	483	15.321	<BG	555	467
Naphthalin [BG = 200]	JD	281	<BG	<BG	<BG	<BG
	Max.	1.061	300	<BG	<BG	<BG

JD = Jahresdurchschnitt, Max = Maximalwert, BG = Bestimmungsgrenze

Der Vergleich beider Tabellen, die jeweils auf 6 Einzelmessungen eines Jahres basieren, zeigt, dass die PAK-Belastungen zwischen den Jahren innerhalb einer Grube deutlich um den Faktor 5 bis 10 schwanken können. Dies wird z.B. beim Fluoranthen und Benzo(a)pyren in Reden und Camphausen deutlich, denn einzelne stark belastete Proben wechseln mit kaum belasteten ab.

Die Schwebstoffgehalte im Grubenwasser sind durchgehend sehr niedrig. Im Oberflächengewässerbereich werden zu Vergleichszwecken von der LAWA standardmäßig 25 mg/l Schwebstoffkonzentration als Durchschnitt betrachtet (LAWA, 1999).

Tab. 3-7: Aus Schwebstoffen in Wasserphase *umgerechnete* PAK-Gehalte [$\mu\text{g/l}$]

Ja hr	PAK	UQN/ BW	Reden	Camp- hausen	Duhamel	Luisen- thal	Victoria	UQN
20 16	Anthracen	JD ZHK	n.b. 0,000311	n.b. 0,000050	n.b. n.b.	n.b. n.b.	n.b. 0,000045	0,1 0,1
20 17	Anthracen	JD ZHK	n.b. 0,000155	n.b. 0,000155	n.b. n.b.	n.b. n.b.	n.b. n.b.	0,1 0,1
20 16	Benzo(a) -pyren	JD ZHK	0,000412 0,001592	0,000052 0,000106	n.b. n.b.	n.b. 0,000515	n.b. 0,000027	0,00017 0,27
20 17	Benzo(a) -pyren	JD ZHK	n.b. 0,000246	0,000247 0,000639	n.b. n.b.	n.b. 0,000152	n.b. n.b.	0,00017 0,27
20 16	Fluoranthen	JD ZHK	0,000659 0,002793	0,000560 0,000821	n.b. 0,002707	n.b. 0,001030	0,000164 0,000501	0,0063 0,12
20 17	Fluoranthen	JD ZHK	0,000559 0,000966	0,001866 0,003900	n.b. n.b.	0,000263 0,000500	n.b. 0,000327	0,0063 0,12
20 16	Naphthalin	JD ZHK	0,000476 0,001118	n.b. 0,000100	n.b. n.b.	n.b. 0,001030	n.b. n.b.	2 130
20 17	Naphthalin	JD ZHK	0,000545 0,001910	n.b. 0,000930	n.b. n.b.	n.b. n.b.	n.b. n.b.	2 130

Legende: BW = Bergwerk, JD = Jahresdurchschnitt, ZHK = Zulässige Höchstkonzentration; Unterschreitungen der UQN **blau**, Überschreitungen **rot** (**Achtung: UQN nur in Oberflächengewässern gültig!**), < BG = keine Umrechnung, da keine echten Messwerte am Schwebstoff oder JD unter BG, n.b. = JD nicht berechenbar, bei Messstellen mit JD < BG und mit ≤ 3 Messwerten > BG

Bewertung der PAK-Belastungen von Schwebstoffen aus Grubenwässern

Trotz z.T. deutlicher Belastungen der Schwebstoffe im Grubenwasser mit PAK, insbesondere in Reden und Camphausen bleiben im Regelfall die in Wasserphase umgerechneten Jahresmittelwerte und die Maximalwerte stets unterhalb der UQN bzw. dem Grenzwerten bei den ZHK für Oberflächengewässer (OGewV). Ursache dafür ist die insgesamt geringe Schwebstoffmenge in den Grubenwässern. Dadurch wird der Umrechnungsfaktor besonders groß und die Konzentrationen in einem Liter entsprechend gering. Die festgestellten Überschreitungen beim Benzo(a)pyren liegen in der Größenordnung von Faktor 1,5 bis 2,5 und sind damit im Vergleich zu belasteten Oberflächengewässern eher gering. So ist diese UQN in der Saar bei Kanzem lt. LfU (2017) etwa um den Faktor 80 überschritten. Die Überschreitungen gehen im BW Reden auf die Probe vom 25.02.2016 mit umgerechnet 0,0015915 µg/l Benzo(a)pyren zurück, während die letzten 3 Proben 2016 unterhalb der BG blieben. Auch in Camphausen ist die Überschreitung auf eine einzige Probe vom 12.04.2017 zurückzuführen, die insgesamt deutlich mit PAK belastet war, die übrigen Proben des Jahres 2017 lagen um Faktor 5 bis 45 geringer. Zu beachten ist, dass die angewandte UQN nur in Oberflächengewässern Gültigkeit besitzt, sie wird hier lediglich zu Vergleichszwecken verwandt.

3.2.2 PAK in den Grubenwasser beaufschlagten Bächen

Tab. 3-8: PAK-Belastung von Schwebstoffen in kl. mit Grubenwasser beaufschlagten Bächen. Jahresmittelwerte aus je 4 Messungen, Köllerbach 2017: 3 Messungen.

		Sinnerbach uh Grube Reden		Fischbach Quierschied- Fischbach		Köllerbach Völklingen, Mdg,	
PAK [µg/kg S]		2016	2017	2016	2017	2016	2017
Anthracen	JD	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
	Max.	< BG	< BG	156	128	< BG	< BG
Benzo(a)pyren	JD	224	181	351	298	241	343
	Max.	273	205	456	346	337	414
Fluoranthen	JD	771	613	1030	913	558	774
	Max.	799	690	1259	1147	638	918
Naphthalin	JD	< BG	< BG	600	339	< BG	< BG
	Max.	215	374	799	442	344	< BG

BG = Bestimmungsgrenze, JD = Jahresdurchschnitt, Ergebnisse der Einzelmessungen s. Anl. A

Zur Umrechnung der Schwebstoffbelastung in eine potentielle Wasserkonzentration werden folgende mittlere Schwebstoffkonzentrationen zugrunde gelegt (Tab. 3-9):

Tab. 3-9: Mittlere Schwebstoffkonzentrationen an den von Grubenwässern beaufschlagten kl. Bächen

	Jahr	Auswaage [g] JD	Durchfluss Zentrifuge [JD] [m³]	Konzentration [mg/l] JD
Sinnerbach	2016	21,03	3,60	5,85
	2017	17,65	3,63	5,13
Fischbach	2016	39,05	3,18	12,08
	2017	22,10	3,25	7,73
Köllerbach	2016	40,98	1,70	60,98
	2017	21,05	2,83	7,65

Aus Tab. 3.8 lassen sich unter Zuhilfenahme der in Tab. 3.9 dargestellten Schwebstoffkonzentrationen folgende Umrechnungen in die Wasserphase machen (Tab. 3-10):

Tab. 3-10: Aus Schwebstoffen in Wasserphase *umgerechnete* PAK-Gehalte [µg/l]. Jahresmittelwerte aus je 4 Messungen, Köllerbach 2017: 3 Messungen.

		Sinnerbach uh Grube Reden		Fischbach Quierschied- Fischbach		Köllerbach Völklingen, Mdg,		UQN
PAK [µg/l]		2016	2017	2016	2017	2016	2017	
Anthracen	JD	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,1
	Max.	n.b.	n.b.	0,001716	0,000805	n.b.	n.b.	0,1
Benzo(a)- pyren	JD	0,001298	0,000899	0,004829	0,002392	0,013935	0,002629	0,00017
	Max.	0,001802	0,001454	0,012485	0,005345	0,041255	0,003809	0,27
Fluoranthen	JD	0,004521	0,003145	0,013710	0,006577	0,029572	0,005775	0,0063
	Max.	0,005353	0,004964	0,034245	0,012429	0,084360	0,007397	0,12
Naphthalin	JD	n.b.	n.b.	0,006475	0,002217	n.b.	n.b.	2
	Max.	0,001441	0,003179	0,011261	0,003284	0,0090816	n.b.	130

Legende: n.b. = Jahresdurchschnitt (JD) nicht berechenbar, bei Messstellen mit JD < BG oder mit ≤ 3 Messwerten > BG, Ergebnisse der Einzelmessungen s. Anl. A, **blau** = UQN bzw. ZHK eingehalten, **rot** = UQN bzw. ZHK überschritten

Benzo(a)pyren und Fluoranthen übersteigen die gesetzlichen UQN in den Oberflächengewässern fast durchgehend, wobei die höchsten Überschreitungen im Köllerbach berechnet werden. Dies ist jedoch weniger auf eine besonders starke Belastung der Schwebstoffe zurückzuführen (Tab. 3-8) als auf vergleichsweise hohe Schwebstoffgehalte in den Köllerbachproben (Tab. 3-9). Bei der Interpretation der Daten ist auch zu bedenken, dass PAK in industriellen Ballungsräumen grundsätzlich als ubiquitär verbreitet angesehen werden müssen, d.h. es handelt sich um Stoffe die aus sehr unterschiedlichen Quellen in ein Gewässer gelangen können.

3.3 Schwermetalle

Arsen, Chrom, Kupfer und Zink sind in der OGewV mit einer Schwebstoff-UQN belegt. Es handelt sich um Stoffe der Anlage 6, die die Umweltqualitätsnormen für flussgebietsspezifische Stoffe zur Beurteilung des **ökologischen** Zustands bzw. Potentials wiedergibt.

Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber und ihre Verbindungen sind hingegen prioritäre Metalle und werden in der OGewV in der Anlage 8 zur Bewertung des **chemischen** Zustandes eines Gewässers herangezogen. Für diese Stoffe existiert nur eine UQN für die Wasserphase und diese Stoffe werden im Teil B dieses Abschlussberichtes, der die in der Wasserphase gelösten Stoffe betrachtet, dargestellt.

Zusätzlich zu den gesetzlich geregelten Metallen wurden in dem aktuellen **Hintergrundpapier Steinkohle** des MUV (2018) noch Schwebstoff-UQN bzw. Zielvorgaben für Barium (1000 mg/kg S), Cadmium (1,2 mg/kg S) und Blei (100 mg/kg S) benannt, die hier ebenfalls zur Bewertung herangezogen werden können. Daneben gibt die LAWA (1998) für Nickel eine **Zielvorgabe** (ZV) mit dem Schutzziel „aquatische Lebensgemeinschaften“ von 120 mg/kg S und für Quecksilber von 0,8 mg/kg S an.

3.3.1 Schwermetalle an Schwebstoffen im Grubenwasser

Tab. 3-11 stellt alle Schwebstoffdaten für die unter 3.3 genannten Schwermetalle zusammen und vergleicht mit der UQN bzw. den Zielvorgaben für Oberflächengewässer.

Tab. 3-11: Schwermetallkonzentrationen an Schwebstoffen in Grubenwasser, Vergleich mit UQN, ZV im Oberflächengewässerbereich; [mg/kg S]

Metall	Jahr	BW Reden	BW Camp-hausen ²	BW Du-hamel	BW Luisenthal	BW Victoria ³	UQN / ZV [mg/kg S]	Quelle
Arsen	2016	15,73	5,59	222,05	20,34	7,61	40	OGewV
	2017	11,46		164,46	17,37	4,46		
Chrom	2016	52,77	30,43	14,91	113,18	22,37	640	OGewV
	2017	41,68		13,96	65,80	16,18		
Kupfer	2016	269,88	269,93	28,96	165,45	222,37	160	OGewV
	2017	652,50		33,12	233,72	101,55		
Zink	2016	6370,70	1229,50	4389,1	14479	12469	800	OGewV
	2017	5874,30		2883,5	15413	3300		
Barium	2016	11,34	28,18	997,71	56,22	182,35	1000	HPS
	2017	18,22		677,17	24,90	22,78		
Cadmium	2016	1,40	0,235	2,26	4,57	5,53	1,2	HPS
	2017	1,44		1,11	4,56	0,75		
Blei	2016	37,88	19,36	49,84	64,53	33,76	100	HPS
	2017	40,37		38,77	121,06	13,80		
Nickel	2016	283,47	24,15	24,84	40,55	204,87	120	LAWA ⁴
	2017	138,93		12,24	28,00	252,25		
Quecksilber	2016	0,06	0,158	[0,02] ⁵	0,23	0,06	0,8	LAWA
	2017	0,09		0,03	0,17	0,04		

Legende: OGewV = OGewV (2016), HPS = MUV (2018), LAW A = LAW A (1998), blau = UQN bzw. Zielvorgabe (ZV) eingehalten, rot = UQN bzw. ZV überschritten

Bewertung der Schwermetallbelastung an Schwebstoffen im Grubenwasser

Von den gesetzlich über die OGewV geregelten Schwermetallen wird Zink an allen Standorten deutlich bis um den Faktor 19 (Luisenthal) überschritten, Kupfer ist lediglich bei Duhamel unterschritten, wo andererseits als einzige Grube der Arsengehalt an Schwebstoffen über der UQN liegt.

Von den nicht gesetzlich geregelten Metallen wird die ZV bzw. UQN für Quecksilber und Barium überall gehalten, letztere ist jedoch bei Duhamel Ensdorf nur

² Wegen der geringen Schwebstoffgehalte wurden zu wenig Proben für eine getrennte Bewertung analysiert. Der angegebene Wert bezieht sich somit auf das Mittel beider Jahre

³ Daten vorbehaltlich, nur 3-4 Analysen p.a.

⁴ Die ZV der LAW A beziehen sich auf den Median, hier wird aufgrund der geringen Stichprobenzahl der Mittelwert zugrunde gelegt.

⁵ Wert vorbehaltlich, nur 2 Messwerte > BG

knapp unterschritten. Cadmium zeigt bei 4 von 5 Standorten Überschreitungen, am stärksten bei Duhamel Ensdorf und Victoria Püttlingen, die auch bei Blei zumindest in einem Jahr Überschreitungen aufweisen. Duhamel Ensdorf weist auch bei Nickel Überschreitungen der ZV der LAWA auf, ebenso Reden.

Insgesamt streuen die Mittelwerte stark. Wegen der geringen Schwebstoffausbeute konnte in einigen Fällen keine Schwermetallanalytik durchgeführt werden, da das Material vordringlich zur Bestimmung der PCB verbraucht wurde. Von den gesetzlich geregelten Schwermetallen werden an allen Standorten durchgehend jeweils zwei überschritten, bei den nicht gesetzlich geregelten sind es null bis drei.

Es gelten die gleichen Vorbehalte, wie bei PCB und PAK, da hier Messwerte aus Grubenwasser mit einer Oberflächengewässernorm verglichen wird. Da die Grubenwässer jedoch in Oberflächengewässer abgeleitet werden, können daraus auch schnell Belastungen der aufnehmenden Gewässer resultieren.

3.3.2 Schwermetalle an Schwebstoffen in Bächen

Tab. 3-12: Schwermetallbelastung von Schwebstoffen in kl. mit Grubenwasser beaufschlagten Bächen. Jahresmittelwerte aus je 4 Messungen, Köllerbach 2017: 3 Messungen.

Metall [mg/kg S]	Jahr	Sinnerbach uh. Grube Reden	Fischbach Fischbach	Köllerbach VK, Mdg.	UQN / ZV	Quelle
Arsen	2016	20,08	18,76	17,93	40	OGewV
	2017	11,62	12,97	16,06		
Chrom	2016	67,50	76,58	88,30	640	OGewV
	2017	73,28	62,33	90,33		
Kupfer	2016	77,18	82,20	67,48	160	OGewV
	2017	73,28	58,68	62,40		
Zink	2016	1010,75	620,50	598,00	800	OGewV
	2017	733,75	552,00	607,00		
Barium	2016	707,20	144,00	548,35	1000	HPS
	2017	718,18	69,63	594,00		
Cadmium	2016	0,55	0,88	0,51	1,2	HPS
	2017	0,43	0,51	0,50		
Blei	2016	48,59	75,12	62,60	100	HPS
	2017	42,33	47,13	61,53		
Nickel	2016	53,83	82,45	58,80	120	LAWA ⁶
	2017	41,13	51,73	58,85		
Quecksilber	2016	0,12	0,24	0,12	0,8	LAWA
	2017	0,13	0,15	0,16		

Legende: OGewV = OGewV (2016), HPS = MUV (2018), LAWA = LAWA (1998), blau = UQN bzw. Zielvorgabe (ZV) eingehalten, rot = UQN bzw. ZV überschritten, orange = signifikante Belastung > ½ UQN bzw. ZV

⁶ Die ZV der LAWA beziehen sich auf den Median, hier wird aufgrund der geringen Stichprobenzahl der Mittelwert zugrunde gelegt.

Bewertung der Schwermetallbelastung an Schwebstoffen in den mit Grubenwasser beaufschlagten kleineren Bächen

Der Sinnerbach weist als einziger Bach eine Überschreitung der UQN für Zink im Jahr 2016 auf, zudem werden signifikante Schwermetallbelastungen bei Arsen und Barium vorgefunden. Ob das Barium aus den Grubenwässern stammt ist fraglich, da die Schwebstoffe der Grube Reden kaum Barium aufweisen, vgl. Tab. 3-12., andererseits ist Barium in der Wasserphase klar über der UQN (vgl. Kap. 5.2 in Teil B).

Der Fischbach zeigt signifikante Schwermetallbelastungen bei Kupfer, Zink, Blei und Nickel, der Köllerbach bei Zink, Barium und Blei. Lediglich Kupfer ist für Schwebstoffe gesetzlich geregelt.

3.4 Zinnorganische Verbindungen

Neben den in den vorangegangenen Kapiteln behandelten Stoffen existiert noch eine **Schwebstoff-UQN** für zinnorganische Verbindungen. Die Schwebstoff-JD-UQN nach OGewV für das Tributylzinn-Kation zur Einstufung des chemischen Zustandes liegt bei 100 µg/kg TS, die JD-UQN für die Beurteilung des ökologischen Zustandes bzw. des ökologischen Potenzials des Triphenyl-Kations bei 20 µg/kg TS. Bei dieser Gruppe von chemischen Stoffen handelt es sich im Binnenbereich im Wesentlichen um Antifoulingmittel, die z.B. bei Bootsanstrichen Verwendung finden. Diese sind in Grubengewässern nicht von Belang und wurden entsprechend nicht gemessen.

4 Frachten

In diesem Kapitel werden für die an Schwebstoff gebundenen Stoffe Jahresfrachten berechnet. Unter Jahresfracht verstehen wir hier die Menge eines Stoffes, die innerhalb eines Jahres an Schwebstoffe gebunden aus einer Grube über das Grubenwasser in die Umwelt gelangt.

Grundlage zur Berechnung ist zum einen die eingeleitete Wassermenge, die bereits in Tab. 2-3 dargestellt wurde, zudem die Schwebstoffmenge pro Jahr (Tab. 2-5) und schließlich die mittlere Stoffkonzentration. Das Produkt von jährlicher Einleitmenge (Wasser), mittlerer Schwebstoffkonzentration und mittlerer Stoffkonzentration ergibt dann die (geschätzte) Jahresfracht des betrachteten Stoffes. Dies entspricht der Methode der Jahresmittelwerte (Methode 3) nach dem LAWA-Papier „Ermittlung von Stofffrachten in Fließgewässern - Probenahmestrategien und Berechnungsverfahren“ vom Mai 2003.

Diese Methode zur Jahresfrachtberechnung basiert auf der Annahme, dass die Konzentration und der Volumenstrom nur unwesentlich um ihre Jahresmittelwerte schwanken.

Die Frachtberechnungen unterliegen aber großen Unsicherheiten, da die Jahresmittelwerte der betrachteten Stoffe nur auf wenigen Einzelmessungen beruhen. Neben der Schwebstoffbelastung schwankt auch die Schwebstoffmenge, so dass die Hochrechnung auf den Jahresabfluss der Gruben entsprechend unscharf ist, die Größenordnung aber getroffen wird. Deshalb handelt es sich stets um Frachtabuschätzungen.

Für die Frachtabuschätzungen wurden für die Gruben folgende Parameter und Jahresmittelwerte berücksichtigt (Kap. 4-1).

4.1 PCB-Jahresfrachten

Die Jahresfrachten werden auf Grundlage der Tab. 3-1 und 3-2 für die Jahre 2016 und 2017 unter Verwendung der Einleitmengen in Tab. 2-3 berechnet.

Aus den Jahresmittelwerten der Schwebstoffbelastungen (Tab. 3-1 und Tab. 3-2) lassen sich dann die Jahresfrachten berechnen (Tab. 4-1 und Tab. 4-2).

Tab. 4-1: Jahresfrachten 2016 der PCB-Messungen an Schwebstoffen in Grubenwasser[g/a]

Station	BW Reden	BW Camp- hausen	BW Duha- mel	BW Lui- senthal	BW Victoria Püttlingen	Summe 2016
Vorfluter	Sinnerbach	Fischbach	Saar	Saar	Köllerbach	
PCB 28	2,110	0,176	0,048	0,007	0,009	2,350
PCB 52	9,211	0,434	0,068	0,011	0,029	9,753
PCB 101	2,044	0,166	0,025	0,011	0,024	2,270
PCB 118	1,079	0,122	0,021	0,012	0,018	1,253
PCB 138	0,616	0,056	0,010	0,013	0,020	0,715
PCB 153	0,601	0,049	0,008	0,012	0,025	0,694
PCB 180	0,173	0,020	0,006	0,008	0,009	0,216
Summe						
[g / p.a.]	15,833	1,023	0,186	0,074	0,134	17,251

Tab. 4-2: Jahresfrachten 2017 der PCB-Messungen an Schwebstoffen in Grubenwasser[g/a]

Station	BW Reden	BW Camp- hausen	BW Duha- mel	BW Lui- senthal	BW Victoria Püttlingen	Summe 2017
Vorfluter	Sinnerbach	Fischbach	Saar	Saar	Köllerbach	
PCB 28	1,017	0,243	0,108	0,002	0,001	1,371
PCB 52	4,954	0,611	0,263	0,004	0,011	5,843
PCB 101	1,066	0,204	0,094	0,009	0,007	1,380
PCB 118	0,568	0,141	0,102	0,005	0,006	0,821
PCB 138	0,423	0,057	0,045	0,022	0,010	0,557
PCB 153	0,437	0,068	0,053	0,019	0,007	0,584
PCB 180	0,208	0,023	0,030	0,014	0,003	0,278
Summe						
[g / p.a.]	8,672	1,346	0,695	0,075	0,045	10,833

Trotz ähnlicher Schwebstoffbelastungen z.B. von Reden und Camphausen können die Jahresfrachten sehr unterschiedlich sein, da einerseits die Schwebstoffmengen große Unterschiede aufweisen (Tab. 2-4) und andererseits die Einleitmengen sehr verschieden sind (Tab. 2-3). So leitete im Jahr 2016 Reden von den 19,5 Mio. m³, die insgesamt aus den Gruben in Oberflächengewässer gelangt sind, allein 14,2 Mio. m³ ein, was etwa 72 % der Gesamteinleitmenge entspricht.

Die Gesamt-PCB-Fracht der Indikator-PCB aus den Gruben des Saarlandes entspricht damit etwa 10-20 g PCB pro Jahr, eine Größenordnung, die bereits 2011 bei etwas anderer Methodik festgestellt worden ist (Bericht 2.4-2011-07)-

4.2 PAK-Frachten

Die PAK-Frachten an Schwebstoffen können über die Angaben zu den Konzentrationen in Tab. 3-7 und den Angaben zu den Einleitmengen in Tab. 2-3 abgeschätzt werden. Die Ergebnisse sind in Gramm pro Jahr wiedergegeben und in Tab. 4-3 veranschaulicht.

Tab. 4-3: Frachten der an Schwebstoffe gebundenen PAK aus den saarländischen Gruben in [g/a]

PAK [g/a]	Jahr/ BW	Reden	Camp- hausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria
Anthracen	2016	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	2017	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Benzo(a) pyren	2016	7,6222	0,1249	n.b.	n.b.	n.b.
	2017	n.b.	0,6828	n.b.	n.b.	n.b.
	2017	n.b.	0,6828	n.b.	n.b.	n.b.
Fluoranthen	2016	31,0207	1,4059	n.b.	n.b.	0,4396
	2017	5,5346	5,0373	n.b.	0,0620	0,2568
Naphthalin	2016	8,2426	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	2017	5,6554	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Legende: n.b. = nicht berechnet, da Konzentrationen unter Bestimmungsgrenze oder nicht berechenbar, vgl. Tab.3-8

Summarisch beträgt die Gesamtfracht an (gemessenen) PAKs aller Einleitmengen im Jahr 2016 **48,9 g** und im Jahr 2017 **17,2 g**.

Zu diesen Angaben sind noch die im Wasser gelösten und analysierten PAK für die Gesamtbelastung zu beachten. Diese werden in Teil B dieses Berichtes über die Stoffe der Wasserphase behandelt.

4.3 Jahresfrachten von Schwermetallen und sonstige Elementen

Neben den im Kap. 3.3 berücksichtigten Schwermetallen für die es entweder eine Schwebstoff-UQN oder -Zielvorgabe gibt (gelb in Tab. 4-4) werden hier auch für einige weitere Elemente Frachten berechnet, die entweder wie Eisen oder Aluminium in großen Mengen an Schwebstoffen gebunden vorkommen können, oder wie Titan in Grubenwässern in erhöhten Konzentrationen vorkommen (grün in Tab. 4-4) und deshalb bergbautypisch sind.

Tab. 4-4: Durchschnittliche Schwebstoffbelastungen an den Grubenstandorten Camphausen, Reden und Duhamel Ens Dorf in den Jahren 2016 und 2017

	Camphausen	Reden		Duhamel Ens Dorf	
Element [mg/kg S]	2016-17	2016	2017	2016	2017
Aluminium Al	3998,250	6406,600	5831,800	n.b.	1344,667
Antimon Sb	3,803	4,200	2,740	1,664	1,145
Arsen As, gesamt	5,593	15,730	11,460	222,054	164,457
Barium Ba	28,175	11,340	18,220	997,714	677,167
Beryllium Be	0,118	0,180	0,270	0,316	0,163
Blei Pb	19,355	37,880	40,370	49,841	38,771
Bor B	7,683	13,330	11,490	37,304	38,383
Cadmium Cd	0,235	1,400	1,440	2,264	1,109
Calcium Ca	6545,500	7511,000	7288,330	26662,286	25519,667
Chrom Cr	30,425	52,770	41,680	14,914	13,960
Cobalt Co	5,567	130,180	90,530	18,171	11,300
Eisen Fe	73481,000	74862,330	72191,500	458655,571	330713,167
Kalium K	1075,750	2470,170	2793,830	436,714	623,333
Kupfer Cu	269,925	269,880	652,500	28,957	33,120
Magnesium Mg	3251,500	3184,170	2548,830	1829,286	1789,333
Mangan Mn	207,000	1477,670	1437,500	1291,714	1593,400
Molybdän Mo	10,075	6,790	4,410	3,524	3,240
Natrium Na	2128,250	1471,170	1530,170	2592,429	6508,833
Nickel Ni	24,150	283,470	138,930	24,843	12,240
Phosphor P	541,000	2465,170	2597,670	342,714	200,600
Selen Se	0,498	1,470	1,210	0,597	0,842
Silber Ag	n.b.	0,120	0,240	n.b.	n.b.
Silicium Si	94,000	104,670	n.b.	12,667	n.b.
Tellur Te	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,123
Thallium Tl	n.b.	0,600	0,560	0,151	0,084
Titan Ti	119,933	140,000	116,830	n.b.	35,500
Uran U	0,323	0,430	0,420	1,809	1,380
Vanadium V	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Zink Zn	1229,500	6370,670	5874,330	4389,143	2883,500
Zinn Sn	4,293	8,830	32,220	1,161	2,238

Legende: gelb = Elemente für die es eine UQN oder ZV für Schwebstoffe gibt (Kap. 3.3), grün = weitere für Grubenwasser charakteristische Elemente, weiß= sonst. Elemente

Alle übrigen Elemente sind entweder nur in Spuren vorhanden oder sind gut wasserlöslich und werden deshalb bei den Frachtberechnungen in der Wasserphase im Teil B dieses Berichtes bilanziert.

Die Jahresfrachten werden auf Grundlage der Tab. 4-4 und Tab. 4-6 unter Verwendung der Einleitmengen in Tab. 2-3 errechnet. Da für Camphausen nur jeweils wenige Messwerte zur Verfügung standen, wurde hier für die Einleitmengen und Faktoren die Mittelwerte beider Jahre verwendet.

Tab. 4-5: Durchschnittliche Frachten an den Grubenstandorten Camphausen, Reden und Duhamel von ausgewählten Schwermetallen

	Camphausen	Reden		Duhamel Ens Dorf	
Element [g/a]	2016-17	2016	2017	2016	2017
Aluminium Al	5,051	189,274	125,234	n.b.	25,023
Arsen As	0,007	0,465	0,246	1,400	3,060
Barium Ba	0,036	0,335	0,391	6,290	12,601
Blei Pb	92,829	1,119	0,867	0,314	0,721
Cadmium Cd	0,000	0,041	0,031	0,014	0,021
Chrom Cr	0,038	1,559	0,895	0,094	0,260
Eisen Fe	92,829	2211,698	1550,259	2891,753	6154,231
Mangan Mn	0,262	43,656	30,869	8,144	29,652
Kupfer Cu	0,341	7,973	14,012	0,183	0,616
Nickel Ni	0,031	8,375	2,983	0,157	0,228
Titan Ti	0,152	4,136	2,509	n.b.	0,661
Zink Zn	1,553	188,212	126,147	27,673	53,659

Legende: n.b. = nicht berechnet, gelb = Elemente für die es eine UQN oder ZV für Schwebstoffe gibt (Kap. 3.3), grün = weitere für Grubenwasser charakteristische Elemente

Die größten Frachten treten hier, wie auch schon bei den PCB und PAK in Reden auf. Dies ist zunächst auf den hohen Anteil von gut 72% an der Gesamteinleitmenge (Tab. 2-3) und dann auf die relativ hohe Schwebstoffkonzentration zurückzuführen (Tab. 2-4). Obwohl Duhamel eine noch etwas geringere Einleitmenge als Camphausen aufweist sind die Schwebstofffrachten aufgrund der ungleich höheren Schwebstoffkonzentrationen viel größer.

Das mengenmäßig bedeutsamste Element an den Schwebstoffen ist Eisen, von dem in Reden und Duhamel jeweils zwischen 1,5 und etwa 6,2 Kg pro Jahr an Schwebstoffen gebunden in die Gewässer gelangt, in Reden spielt auch Aluminium mit deutlich über 100 g p.a. eine Rolle. Von den in der OGewV gesetzlich geregelten Schwermetallen Arsen, Chrom, Kupfer und Zink wird zunächst einmal Zink in Reden und in Duhamel Ens Dorf in nennenswerter Menge emittiert. Arsen überschreitet bei Duhamel Ens Dorf und Chrom bei Reden 1 g p.a. Kupfer wird bei Reden mit etwa 8-14 g p.a. emittiert, die übrigen mit einer Schwebstoff-UQN oder -ZV belegten Elemente bleiben im Regelfall unter 1 g p.a. Jahresfracht an den verschiedenen Standorten. Lediglich Titan wird über Reden noch mit 2,5 g/a emittiert.

Tab. 4-6: Durchschnittliche Schwebstoffbelastungen an den Grubenstandorten Victoria Püttlingen und Luisenthal in den Jahren 2016 und 2017 von ausgewählten Schwermetallen

	Victoria Püttlingen		Luisenthal	
Element [mg/kg S]	2016	2017	2016	2017
Aluminium Al	n.b.	2223,000	17704,333	14528,000
Antimon Sb	1,827	1,558	6,065	6,173
Arsen As, gesamt	7,610	4,460	20,338	17,367
Barium Ba	122,150	22,775	56,217	24,900
Beryllium Be	1,205	n.b.	1,420	0,812
Blei Pb	33,757	13,798	64,528	121,062
Bor B	12,167	6,303	27,578	29,615
Cadmium Cd	5,527	0,748	4,570	4,563
Calcium Ca	9706,333	5311,000	20862,000	12963,167
Chrom Cr	22,367	16,175	113,183	65,800
Cobalt Co	205,600	199,750	10,883	6,833
Eisen Fe	204151,333	157492,250	136349,333	121949,500
Kalium K	908,000	1366,250	3943,500	5063,833
Kupfer Cu	222,367	101,550	165,450	233,717
Magnesium Mg	2947,667	4409,750	5228,333	5354,833
Mangan Mn	461,000	206,750	7750,000	5299,333
Molybdän Mo	6,510	3,153	9,287	4,402
Natrium Na	975,667	1308,500	3655,333	5485,833
Nickel Ni	204,867	252,250	40,550	28,000
Phosphor P	1846,667	1964,500	2838,833	5168,667
Selen Se	1,243	0,630	2,455	3,135
Silber Ag	n.b.	n.b.	0,197	0,273
Silicium Si	324,500	n.b.	120,000	n.b.
Tellur Te	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Thallium Tl	1,210	1,023	0,498	0,310
Titan Ti	69,000	46,750	157,333	191,833
Uran U	0,377	0,125	0,673	0,595
Vanadium V	n.b.	n.b.	37,240	40,467
Zink Zn	12468,667	3300,250	14479,000	15413,000
Zinn Sn	1,577	2,775	5,770	9,078

Legende: gelb = Elemente für die es eine UQN oder ZV für Schwebstoffe gibt (Kap. 3.3), grün = weitere für Grubenwasser charakteristische Elemente, weiß= sonst. Elemente

Tab. 4-7: Durchschnittliche Frachten an den Grubenstandorten Victoria und Luisenthal

Element [g/a]	Victoria		Luisenthal	
	2016	2017	2016	2017
Aluminium Al	n.b.	2,619	15,803	3,677
Arsen As	0,011	0,005	0,018	0,004
Barium Ba	0,177	0,027	0,050	0,006
Blei Pb	0,049	0,016	0,058	0,031
Cadmium Cd	0,008	0,001	0,004	0,001
Chrom Cr	0,032	0,019	0,101	0,017
Eisen Fe	295,202	185,552	121,710	30,863
Mangan Mn	0,667	0,244	6,918	1,341
Kupfer Cu	0,322	0,120	0,148	0,059
Nickel Ni	0,296	0,297	0,036	0,007
Titan Ti	0,100	0,055	0,140	0,049
Zink Zn	18,030	3,888	12,924	3,901

Legende: n.b. = nicht berechnet, gelb = Elemente für die es eine UQN oder ZV für Schwebstoffe gibt (Kap. 3.3), grün = weitere für Grubenwasser charakteristische Elemente

Die Jahresfrachten an den Standorten Victoria und Luisenthal sind deutlich geringer als in Reden oder Duhamel. Luisenthal weist zwar durchschnittliche Schwebstoffgehalte auf (Tab. 2-4), hat jedoch die mit Abstand geringste Einleitmenge von weniger als 0,3 Mio. m³ p.a. aufzuweisen, Victoria Püttlingen weist die geringsten Schwebstoffkonzentrationen auf (< 1,0 mg/l), so dass auch die vergleichsweise hohe Einleitmenge von 1,3-1,9 Mio. m³ p.a. keine hohen Frachten erbringt.

Teil B – Wasserphase

5 Abgeleitete Ergebnisse der Wasserphase

Die einzelnen Ergebnisse aller Wasseranalysen der Jahre 2016 und 2017 aus dem Sondermessprogramm „Grubenwasser“ des LUA sind im Anlagenband Teil B aufgeführt. Es handelt sich insgesamt um 6.800 Analysen in der Wasserphase.

Nachfolgend werden die Jahresmittelwerte und die Maximalwerte dieser Messungen wiedergegeben, die die Grundlage der Bewertung bilden.

Es werden zunächst die Jahresmittelwerte und danach die Maximalwerte nach Jahren getrennt dargestellt. Die Tab. 5-1 bis 5-4 fassen die Ergebnisse der Grubenwasseruntersuchungen zusammen, die Tab. 5-5 bis 5-8 die Ergebnisse der Oberflächengewässeruntersuchungen.

In diesen Tabellen sind alle gemessenen Parameter aufgeführt, auch diejenigen, für die es keine Umweltqualitätsnormen (UQN) und keine zulässigen Höchstkonzentrationen (ZHK) gibt. Anschließend erfolgt der Vergleich mit den derzeit vorhandenen Qualitätsnormen im Oberflächengewässerbereich.

5.1 Grubenwässer

5.1.1 Grubenwasser: Jahresmittelwerte 2016

Tab. 5-1: Analytik der Grubenwässer: Jahresmittelwerte 2016, je 6 Messungen

Parameter	Einheit	Reden	Camp-hausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria Püttling.
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	2188	4923	3421	4480	2219
pH-Wert		7,13	7,39	7,05	7,44	6,83
Sauerstoff O ₂	mg/l	3,05	2,55	6,93	5,37	3,04
VO_Sauerstoffsättigungsindex	%	37,3	36,9	76,8	58,4	33,7
Temperatur	°C	23,72	33,7	19,4	18,4	18,9
Färbung		farblos	farblos	schwach	farblos	farblos
Geruch		ohne	stark	ohne	ohne	schwach
VO_Trübung quantitativ	NTU	39,6	0,83	49,3	13,9	7,5
Säurekapazität bei pH 4.3	mmol/l	12,15	15,7	10,32	13,06	13,38
Basenkapazität bei pH 8.2	mmol/l	3,18	3,07	3,02	2,99	7,76
DOC dissolved organic carbon	mg/l	1,68	2,05	1,25	2,62	3,38
TOC total organic carbon	mg/l	1,73	2,28	1,61	2,95	5,02
VO_CSB_Küvettestest	mg/l	9,67	21,67	<4,0	12,91	6,43
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	1,08	3,58	0,65	1,03	0,87
Ammonium N	mg/l	0,84	2,78	0,5	0,8	0,68
Nitrit	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrit berechnet als Stickstoff	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrat	mg/l	0,15	<0,10	0,75	0,39	0,11
Nitrat berechnet als Stickstoff	mg/l	0,03	< 0,02	0,17	0,09	0,02
Stickstoff gebunden (TNb)	mg/l	< 1,0	2,6	<1,0	1,28	4,83
Gesamt-Stickstoff	mg/l	< 0,88	< 2,82	< 0,69	< 0,91	<0,73
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	n.n	<0,023	n.n.	n.n.	n.a.
Phosphor P _{photom}	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Aluminium Al	µg/l	7,45	13,88	8,07	23,18	4,83
Antimon Sb	µg/l	<0,13	<0,13	0,14	<0,13	<0,13
Arsen As, gesamt	µg/l	<0,28	<0,28	2,65	<0,28	<0,28
Barium Ba	mg/l	0,15	0,16	0,1	0,065	0,2
Blei Pb	µg/l	< 0,09	<0,09	<0,09	0,17	<0,09
Bor B	µg/l	728,3	680,8	1207	651,5	702,6
Cadmium Cd	µg/l	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13
Calcium Ca Kalzium	mg/l	84,3	119	155	133,5	80,2
Chrom Cr	µg/l	0,25	0,54	0,44	0,44	0,38
Cobalt Co	µg/l	0,25	<0,11	10,68	0,17	0,56
Eisen Fe	mg/l	0,33	0,06	0,23	0,11	1,98
Kalium K	mg/l	16,7	26,3	20,7	32,5	23,1
Kupfer Cu	µg/l	0,89	0,86	1,06	2,71	0,67
Magnesium Mg	mg/l	65,8	144,3	96,3	223,8	120,4

Tab. 5-1: (fortgesetzt)

Parameter	Einheit	Reden	Camp-hausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria Püttling.
Mangan Mn	mg/l	0,49	0,13	1,79	1,05	1,17
Molybdän Mo	µg/l	0,16	<0,14	0,88	0,42	<0,14
Natrium Na	mg/l	287	730	416	535	227
Nickel Ni	µg/l	2,48	0,25	13,06	2,29	1,97
Quecksilber Hg	ng/l	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Selen Se	µg/l	9,72	29,55	18,74	20,59	7,38
Silber Ag	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Silicium Si	mg/l	6,4	8,44	5,67	4,64	5,79
Strontium Sr	mg/l	0,71	1,77	1,39	0,82	0,54
Tellur Te	µg/l	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17
Thallium Tl	µg/l	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Titan Ti	µg/l	49,9	69,7	88,6	80,5	47,7
Uran U	µg/l	0,39	<0,09	1,32	0,25	0,13
Vanadium V	µg/l	<0,13	0,32	<0,13	0,19	0,19
Zink Zn	mg/l	0,02	0,009	0,072	0,036	0,033
Zinn Sn	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Bromid-Ion Br1-	mg/l	3,33	8,82	6,97	9,17	2,07
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	232	956	617	697	212
Fluorid-Ion F-	mg/l	0,44	0,45	0,19	0,19	0,2
Sulfat	mg/l	209	391	349	795	268
Sulfid-Ion S2-	mg/l	0,05	4,06	n.a.	0,02	1,39
Benzol	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perfluorhexansäure (PFHxA)	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Tetrachlorethen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlorethen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlormethan Chloroform	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Anthracen	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo(ghi)perylene	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoranthren	µg/l	<0,01	0,0175	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Naphthalin	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	<2,00	<2,00	6,14	4,22	<2,00
Anionen-Äquivalente	mval/l	<23,07	<50,9	< 35,04	< 49,36	<24,94
Kationen-Äquivalente	mval/l	22,66	50,5	34,41	49,31	24,57
VO_Redox-Spannung (+218)	mV	151,5	-79	265,6	318	41,3

5.1.2 Grubenwasser: Jahresmittelwerte 2017

Tab. 5-2: Analytik der Grubenwässer: Jahresmittelwerte 2017, je 6 Messungen

Parameter	Einheit	Reden	Camphausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria Püttl.
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	2081	6113	18252	4853	2178
pH-Wert		7,21	7,40	6,92	7,44	6,80
Sauerstoff O ₂	mg/l	3,60	2,00	5,27	4,06	2,90
VO_Sauerstoffsättigungsindex	%	45,5	29,2	58	45	32,9
Temperatur	°C	24,7	33,7	20,5	19,3	20
Färbung		ohne	farblos	schwach	farblos	schwach
Geruch		ohne	schwach	ohne	ohne	schwach
VO_Trübung quantitativ	NTU	26,80	1,01	120,81	6,79	8,21
Säurekapazität bei pH 4.3	mmol/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Basenkapazität bei pH 8.2	mmol/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
DOC dissolved organic carbon	mg/l	1,7	2,2	1,6	3,2	1,9
TOC total organic carbon	mg/l	1,7	2,4	1,6	3,3	2
VO_CSB_Abw (Cl>1g/l)		n.a.	n.a.	20,5	n.a.	n.a.
VO_CSB_Küvettentest	mg/l	9,9	20,1	7,3	9,9	12,1
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	1,08	4,07	6,63	0,89	0,81
Ammonium N	mg/l	0,84	3,16	5,15	0,70	0,63
Nitrit	mg/l	<0,05	<0,05	0,11	0,06	<0,05
Nitrit berechnet als Stickstoff	mg/l	<0,02	<0,02	0,03	0,02	<0,02
Nitrat	mg/l	<0,10	<0,10	1	0,48	<0,10
Nitrat berechnet als Stickstoff	mg/l	0,02	<0,02	0,23	0,11	<0,02
Stickstoff gebunden (TNb)	mg/l	<1,0	3,1	4,6	1,1	<1,0
Gesamt-Stickstoff	mg/l	< 0,92	< 3,20	5,41	0,82	0,66
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Phosphor P _{photom}	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Aluminium Al	µg/l	10,64	36,50	4,28	29,19	4,90
Antimon Sb	µg/l	<0,11	<0,11	0,26	0,32	<0,11
Arsen As, gesamt	µg/l	0,58	2,69	1,37	1,33	0,46
Barium Ba	mg/l	0,13	0,18	1,34	0,08	0,20
Blei Pb	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Bor B	µg/l	781	803	1401	760	787
Cadmium Cd	µg/l	<0,05	< 0,05	0,14	<0,05	<0,05
Calcium Ca Kalzium	mg/l	77,2	119	782	130	77,4
Chrom Cr	µg/l	0,42	0,65	0,48	0,62	0,81
Cobalt Co	µg/l	0,14	0,07	7,27	0,16	0,14
Eisen Fe	mg/l	0,230	0,046	16,540	0,034	0,215
Kalium K	mg/l	16,6	32,4	42,7	35,12	24
Kupfer Cu	µg/l	0,75	0,61	4,89	1,96	0,79
Magnesium Mg	mg/l	58,8	139,1	276,4	227	119,9
Mangan Mn	mg/l	0,47	0,093	3,751	0,786	1,211
Molybdän Mo	µg/l	<0,09	0,18	2,71	0,12	<0,09

Tab. 5-2: (fortgesetzt)

Parameter	Einheit	Reden	Camphausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria Püttl.
Natrium Na	mg/l	281	943	2774	607	234
Nickel Ni	µg/l	2,31	1,01	7,31	2,08	1,71
Quecksilber Hg	ng/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Selen Se	µg/l	8,52	32,51	12,13	18,85	6,54
Silber Ag	µg/l	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Silicium Si	mg/l	6,60	8,16	4,66	4,58	5,64
Strontium Sr	mg/l	0,68	2,49	14,47	0,87	0,54
Tellur Te	µg/l	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Thallium Tl	µg/l	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Titan Ti	µg/l	44,93	69,27	224,08	80,88	47,17
Uran U	µg/l	0,41	<0,07	1,03	0,23	0,12
Vanadium V	µg/l	0,15	0,35	0,25	0,24	0,24
Zink Zn	mg/l	0,030	0,018	0,118	0,044	0,017
Zinn Sn	µg/l	0,64	0,34	<0,25	<0,25	<0,25
Bromid-Ion Br1-	mg/l	3,00	10,93	82,13	8,7	2,54
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	200	1530	6161	819	209
Fluorid-Ion F-	mg/l	0,48	0,24	0,23	0,12	0,22
Sulfat	mg/l	170,2	310,8	375,5	701,7	214,5
Sulfid-Ion S2-	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Benzol	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansäure (PFHxA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansäure (PFOA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tetrachlorethen	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Trichlorethen	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Trichlormethan Chloroform	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Anthracen	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo(ghi)perylen	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoranthren	µg/l	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Naphthalin	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Anionen-Äquivalente	mval/l	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Kationen-Äquivalente	mval/l	21,6	61,7	32,9	50,3	29,3
VO_Redox-Spannung (+218)	mV	181	-106	226	417,5	-52

5.1.3 Grubenwasser: Maximalwerte im Jahr 2016

Tab. 5-3: Analytik der Grubenwässer: Jahresmaxima 2016, je 6 Messungen

Parameter	Einheit	Reden	Camphausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria Püttl.
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	2270	5550	3700	5160	2720
pH-Wert		7,25	7,64	7,13	7,62	6,96
Sauerstoff O ₂	mg/l	5,1	4,37	7,73	7,58	4,55
VO_Sauerstoffsättigungsindex	%	61,7	63,8	85,9	83,1	48,9
Temperatur	°C	25,2	34,8	20,7	19,3	19,7
Färbung		schwach	farblos	schwach	schwach	schwach
Geruch		schwach	stark	schwach	schwach	stark
VO_Trübung quantitativ	NTU	104,6	1,56	60,82	25,5	22,9
Säurekapazität bei pH 4.3	mmol/l	13,36	16,11	10,42	15,71	16
Basenkapazität bei pH 8.2	mmol/l	6,45	4,65	5,68	4,62	13,6
DOC dissolved organic carbon	mg/l	2,1	2,7	1,8	3,5	8,2
TOC total organic carbon	mg/l	2,1	3,4	2,4	3,3	19,5
VO_CSB_Abw (Cl>1g/l)		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
VO_CSB_Küvettest	mg/l	18,2	27,2	<15,0	18	15
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	1,29	4,43	0,78	1,2	1,2
Ammonium N	mg/l	1	3,45	0,61	0,93	0,93
Nitrit	mg/l	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05
Nitrit berechnet als Stickstoff	mg/l	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02
Nitrat	mg/l	0,24	0,11	0,97	1,27	0,28
Nitrat berechnet als Stickstoff	mg/l	0,05	0,02	0,22	0,29	0,06
Stickstoff gebunden (TNb)	mg/l	1,1	3,1	1,3	2,7	26,5
Gesamt-Stickstoff	mg/l	<1,07	< 3,49	< 0,79	< 1,1	<0,97
Phosphat Gesamt- berechnet als Phosphor	mg/l	n.a.	n.a.	0,02	< 0,02	n.a.
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	n.n.	0,023	n.n.	n.n.	<0,023
Phosphor P _{photom}	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Aluminium Al	µg/l	8,31	17,31	40,39	36,45	12,55
Antimon Sb	µg/l	<0,13	<0,13	0,19	0,2	<0,13
Arsen As, gesamt	µg/l	<0,28	<0,28	4,57	<0,28	<0,28
Barium Ba	mg/l	0,19	0,22	0,14	0,07	0,25
Blei Pb	µg/l	0,17	<0,09	<0,09	0,68	0,09
Bor B	µg/l	831,92	743,9	1341	668,2	812,9
Cadmium Cd	µg/l	<0,13	<0,13	0,17	<0,13	<0,13
Calcium Ca Kalzium	mg/l	88,7	125	169	147	87,2
Chrom Cr	µg/l	0,51	0,76	1,62	0,75	0,51
Cobalt Co	µg/l	0,37	<0,11	12,79	0,46	1,26
Eisen Fe	mg/l	0,72	0,16	0,684	0,34	4,9
Kalium K	mg/l	17,8	27,9	22	36,5	25,5
Kupfer Cu	µg/l	2,37	2,85	4,23	11,01	2,32
Magnesium Mg	mg/l	72,1	156	108	260	146

Tab. 5-3: (fortgesetzt)

Parameter	Einheit	Reden	Camphausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria Püttl.
Mangan Mn	mg/l	0,65	0,18	2,82	1,23	1,41
Molybdän Mo	µg/l	0,46	<0,14	1,24	2,15	0,42
Natrium Na	mg/l	305	871	458	641	296
Nickel Ni	µg/l	6,34	0,6	16,35	6,8	3,49
Quecksilber Hg	ng/l	8,2	9,4	7,7	<5,00	<5,00
Selen Se	µg/l	13	47,59	24,07	23,64	11,78
Silber Ag	µg/l	<0,10	<0,10	0,15	<0,10	<0,10
Silicium Si	mg/l	6,57	9,76	5,87	4,82	6,32
Strontium Sr	mg/l	0,77	2,13	1,7	0,95	0,58
Tellur Te	µg/l	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17
Thallium Tl	µg/l	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Titan Ti	µg/l	54,7	78,9	105	89,5	54,4
Uran U	µg/l	0,48	<0,09	1,75	0,29	0,17
Vanadium V	µg/l	0,16	0,38	<0,13	0,21	0,35
Zink Zn	mg/l	0,032	0,011	0,099	0,053	0,135
Zinn Sn	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Bromid-Ion Br1-	mg/l	4,22	15,55	7,66	11,55	3,07
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	292	1212	676	869	256
Fluorid-Ion F-	mg/l	0,54	0,54	0,2	0,23	0,22
Sulfat	mg/l	232	428	443	854	411
Sulfid-Ion S2-	mg/l	0,13	6,4	n.a.	0,04	3,2
Benzol	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perfluorhexansäure (PFHxA)	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Tetrachlorethen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlorethen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlormethan Chloroform	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Anthracen	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo(ghi)perylene	µg/l	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoranthren	µg/l	0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Naphthalin	µg/l	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	5,4	2,1	8,4	11,7	<2,00
Anionen-Äquivalente	mval/l	< 24,0	< 57,8	<38,19	< 57,15	<30,47
Kationen-Äquivalente	mval/l	23,68	55,11	37,37	57,27	30,1
VO_Redox-Spannung (+218)	mV	271	18	334	418	209

5.1.4 Grubenwasser: Maximalwerte im Jahr 2017

Tab. 5-4: Analytik der Grubenwässer: Jahresmaxima 2017, je 6 Messungen

Parameter	Einheit	Reden	Camphausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria Püttl.
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	2241	7030	34700	5240	2700
pH-Wert		7,31	7,62	7,05	7,51	6,95
Sauerstoff O O2	mg/l	5,60	2,41	6,66	5,04	3,40
VO_Sauerstoffsättigungsindex	%	73,4	35,8	72,3	55,1	37,4
Temperatur	°C	27,1	35,9	23,3	21,1	21,4
Färbung		schwach	farblos	stark	farblos	stark
Färbung		schwach	stark	schwach	schwach	stark
VO_Trübung quantitativ	NTU	38,80	2,23	208,10	14,02	11,58
Säurekapazität bei pH 4.3	mmol/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Basenkapazität bei pH 8.2	mmol/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
DOC dissolved organic carbon	mg/l	2,2	2,5	2	4,1	2,1
TOC total organic carbon	mg/l	2,2	2,6	2,3	4,1	2,1
VO_CSB_Abw (Cl>1g/l)		n.a.	n.a.	35	n.a.	n.a.
VO_CSB_Küvettest	mg/l	26	24,6	18	11,2	16,8
Ammonium NH4+	mg/l	1,39	4,38	13,98	0,98	1,02
Ammonium N	mg/l	1,08	3,41	10,87	0,76	0,79
Nitrit	mg/l	<0,05	<0,05	0,43	0,09	<0,05
Nitrit berechnet als Stickstoff	mg/l	<0,02	<0,02	0,13	0,03	<0,02
Nitrat	mg/l	0,22	0,25	2,25	0,66	0,14
Nitrat berechnet als Stickstoff	mg/l	0,05	0,06	0,51	0,15	0,03
Stickstoff gebunden (TNb)	mg/l	1,2	3,4	8,9	1,1	<1,0
Gesamt-Stickstoff	mg/l	< 1,12	< 3,45	11,4	0,88	0,79
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	n.a.	<0,021	n.n.	n.n.	n.n.
Phosphor P_photom	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Aluminium Al	µg/l	19,54	141,72	8,06	41,12	9,23
Antimon Sb	µg/l	<0,11	<0,11	0,68	0,7	<0,11
Arsen As, gesamt	µg/l	0,77	4,95	4,92	3,03	0,99
Barium Ba	mg/l	0,15	0,25	5,78	0,08	0,24
Blei Pb	µg/l	<0,10	<0,10	0,24	<0,10	0,17
Bor B	µg/l	894	896	1822	882	831
Cadmium Cd	µg/l	<0,05	0,13	0,31	<0,05	<0,05
Calcium Ca Kalzium	mg/l	81,9	127	1680	137	82,6
Chrom Cr	µg/l	0,47	0,93	0,76	1,28	1,34
Cobalt Co	µg/l	0,22	0,08	12,86	0,25	0,27
Eisen Fe	mg/l	0,690	0,072	39,800	0,086	0,401
Kalium K	mg/l	18,1	40,5	66,6	36,9	27
Kupfer Cu	µg/l	1,51	1,48	15,73	3,42	1,76
Magnesium Mg	mg/l	63,1	146	4620	250	139
Mangan Mn	mg/l	0,53	0,103	6,097	0,871	1,577
Molybdän Mo	µg/l	0,16	0,63	9,68	0,27	0,10

Tab. 5-4 (fortgesetzt)

Parameter	Einheit	Reden	Camphausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria Püttl.
Natrium Na	mg/l	304	1120	5930	668	316
Nickel Ni	µg/l	3,26	1,50	9,44	3,19	2,21
Quecksilber Hg	ng/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Selen Se	µg/l	16,21	70,6	38,04	56,84	20,55
Silber Ag	µg/l	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Silicium Si	mg/l	7,02	8,54	5,65	4,80	5,82
Strontium Sr	mg/l	0,71	3,46	41,13	0,94	0,58
Tellur Te	µg/l	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Thallium Tl	µg/l	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Titan Ti	µg/l	52,02	77,14	695,96	86,25	54,4
Uran U	µg/l	0,46	0,08	1,28	0,24	0,16
Vanadium V	µg/l	0,16	0,4	0,48	0,32	0,25
Zink Zn	mg/l	0,039	0,023	0,241	0,058	0,020
Zinn Sn	µg/l	3,22	0,97	0,56	<0,25	<0,25
Bromid-Ion Br1-	mg/l	3,23	19,03	198,34	11,37	3,63
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	229	2990	12937	882	304
Fluorid-Ion F-	mg/l	1,01	0,40	0,54	0,20	0,61
Sulfat	mg/l	190,8	395,4	520,2	767,9	263,9
Sulfid-Ion S2-	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Benzol	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansäure (PFHxA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansäure (PFOA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tetrachlorethen	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Trichlorethen	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Trichlormethan Chloroform	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Anthracen	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo(ghi)perylen	µg/l	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoranthren	µg/l	0,01	0,05	0,03	<0,01	0,02
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Naphthalin	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Anionen-Äquivalente	mval/l	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Kationen-Äquivalente	mval/l	22,3	68	34,4	53,2	30
VO_Redox-Spannung (+218)	mV	453	-86	281	478	-30

5.2 Oberflächengewässer: Vom Grubenwasser beaufschlagte Gewässer

5.2.1 Bäche: Jahresmittelwerte 2016

Tab. 5-5: Analytik der Oberflächengewässer: Jahresmittelwerte 2016, je 3-4 Messungen

Parameter (Methode)	Einheit	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	1901	1528	483
pH-Wert		8,19	7,54	7,56
Sauerstoff O ₂	mg/l	7,9	8,75	8,69
VO_ Sauerstoffsättigungsindex	%	97,8	90,9	84,2
Temperatur	°C	24,7	16,6	13,1
Färbung		farblos	schwach	schwach
Geruch		ohne	ohne	ohne
VO_ Trübung quantitativ	NTU	7,8	52,1	80,4
Säurekapazität bei pH 4.3	mmol/l	11,08	4,81	2,09
Basenkapazität bei pH 8.2	mmol/l	n.a.	0,82	0,22
DOC dissolved organic carbon	mg/l	2,43	3,6	7,17
TOC total organic carbon	mg/l	2,43	4,8	12,63
VO_ CSB_ Kuvettentest	mg/l	6,9	13,4	42,2
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0,49	0,83	1,11
Ammonium N	mg/l	0,38	0,65	0,86
Nitrit	mg/l	0,3	0,07	0,25
Nitrit berechnet als Stickstoff	mg/l	0,09	0,02	0,07
Nitrat	mg/l	4,61	4,53	15,2
Nitrat berechnet als Stickstoff	mg/l	1,04	1,02	3,42
Stickstoff gebunden (TNb)	mg/l	1,6	2,1	5,7
Gesamt-Stickstoff	mg/l	1,51	1,54	4,36
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	n.n.	0,082	0,338
Phosphor P _{photom}	mg/l	<0,02	0,165	0,74
Aluminium Al	µg/l	15,66	25,3	44,05
Antimon Sb	µg/l	<0,13	0,18	0,28
Arsen As, gesamt	µg/l	0,34	0,31	1,5
Barium Ba	mg/l	0,18	0,05	0,05
Blei Pb	µg/l	<0,09	<0,09	0,155
Bor B	µg/l	596,7	582,5	84,1
Cadmium Cd	µg/l	<0,13	<0,13	<0,13
Calcium Ca Kalzium	mg/l	78,9	66,9	35,1
Chrom Cr	µg/l	0,37	0,49	0,55
Cobalt Co	µg/l	<0,11	0,68	0,37
Eisen Fe	mg/l	0,043	0,048	0,08
Kalium K	mg/l	15,3	10,9	9,1
Kupfer Cu	µg/l	2,02	2,29	2,8
Magnesium Mg	mg/l	78,1	52,5	15,1

Tab. 5-5: (fortgesetzt)

Parameter	Einheit	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Mangan Mn	mg/l	0,17	0,188	0,138
Molybdän Mo	µg/l	0,36	0,75	0,45
Natrium Na	mg/l	231	169	32,8
Nickel Ni	µg/l	0,81	6,19	2,74
Nickel Ni bioverfügbar berechnet			1,72	
Quecksilber Hg	ng/l	<5,00	<5,00	8,33
Selen Se	µg/l	4,13	7,55	0,59
Silber Ag	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
Silicium Si	mg/l	6,23	5,64	4,03
Strontium Sr	mg/l	0,6	0,51	0,1
Tellur Te	µg/l	<0,17	<0,17	<0,17
Thallium Tl	µg/l	<0,09	<0,09	<0,09
Titan Ti	µg/l	48,31	40,25	21,86
Uran U	µg/l	0,54	0,37	0,54
Vanadium V	µg/l	0,31	0,68	1,68
Zink Zn	mg/l	0,009	0,025	0,016
Zinn Sn	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
Bromid-Ion Br1-	mg/l	1,91	2,87	<0,20
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	147	242	44,1
Fluorid-Ion F-	mg/l	0,43	0,26	0,15
Sulfat	mg/l	267	196	55,8
Sulfid-Ion S2-	mg/l	0,0	0,0	0,0
Benzol	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansäure (PFHxA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansäure (PFOA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Tetrachlorethen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlorethen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlormethan Chloroform	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0
Anthracen	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	<0,01	<0,01	0,017
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	0,019
Benzo(ghi)perylene	µg/l	<0,002	0,002	0,014
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	0,009
Fluoranthren	µg/l	<0,01	0,01	0,04
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0,001	0,0015	0,013
Naphthalin	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	4,8	14,9	143
Anionen-Äquivalente	mval/l	20,86	< 15,81	4,71
Kationen-Äquivalente	mval/l	20,86	15,37	4,72
VO_Redox-Spannung (+218)	mV	401,3	338	445

5.2.2 Bäche: Jahresmittelwerte 2017

Tab. 5-6: Analytik der Oberflächengewässer: Jahresmittelwerte 2017, je 3-4 Messungen

Parameter	Einheit	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	1962	3940	1035
pH-Wert		8,24	7,7	7,99
Sauerstoff O O2	mg/l	7,69	6,31	8,3
VO_Sauerstoffsättigungsindex	%	90,9	78,7	84,4
Temperatur	°C	23	25,9	16,1
Färbung		farblos	stark	ohne
Geruch		ohne	ohne	ohne
VO_Trübung quantitativ	NTU	5,66	118,27	8,48
Säurekapazität bei pH 4.3	mmol/l	n.a.	n.a.	n.a.
Basenkapazität bei pH 8.2	mmol/l	n.a.	n.a.	n.a.
DOC dissolved organic carbon	mg/l	2,4	3,6	5,3
TOC total organic carbon	mg/l	2,8	4,3	5,7
VO_CSB_Abw (Cl>1g/l)		n.a.	n.a.	n.a.
VO_CSB_Küvettentest	mg/l	8,8	16,4	18,9
Ammonium NH4+	mg/l	0,48	2,52	0,1
Ammonium N	mg/l	0,37	1,96	0,08
Nitrit	mg/l	0,41	0,12	0,18
Nitrit berechnet als Stickstoff	mg/l	0,13	0,04	0,06
Nitrat	mg/l	5,23	2,01	16,83
Nitrat berechnet als Stickstoff	mg/l	1,18	0,45	3,8
Stickstoff gebunden (TNb)	mg/l	1,8	2,4	4,5
Gesamt-Stickstoff	mg/l	1,68	<2,45	3,07
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	<0,021	0,128	0,415
Phosphor P_photom	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Aluminium Al	µg/l	16,42	17,85	36,51
Antimon Sb	µg/l	<0,11	<0,11	0,23
Arsen As, gesamt	µg/l	0,82	2,54	1,5
Barium Ba	mg/l	0,42	0,11	0,07
Blei Pb	µg/l	0,1	<0,10	<0,10
Bor B	µg/l	701	548	247
Cadmium Cd	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05
Calcium Ca Kalzium	mg/l	64,1	88,9	55,3
Chrom Cr	µg/l	0,34	0,52	0,45
Cobalt Co	µg/l	0,16	0,25	0,3
Eisen Fe	mg/l	0,029	0,045	0,045
Kalium K	mg/l	20,5	24,8	15,2
Kupfer Cu	µg/l	1,45	1,25	1,82
Magnesium Mg	mg/l	78,8	100,6	41,4
Mangan Mn	mg/l	0,129	0,151	0,136

Tab. 5-6: (fortgesetzt)

Parameter	Einheit	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Molybdän Mo	µg/l	0,37	0,51	0,65
Natrium Na	mg/l	263	576	92
Nickel Ni	µg/l	1,14	4,19	3,09
Nickel Ni bioverfügbar berechnet			1,16	
Quecksilber Hg	ng/l	n.a.	n.a.	n.a.
Selen Se	µg/l	7,86	22,78	2,94
Silber Ag	µg/l	<0,16	<0,16	<0,16
Silicium Si	mg/l	6,26	6,91	4,66
Strontium Sr	mg/l	0,57	1,33	0,23
Tellur Te	µg/l	0,12	<0,16	<0,16
Thallium Tl	µg/l	<0,07	<0,07	<0,07
Titan Ti	µg/l	37,65	50,54	31,06
Uran U	µg/l	0,46	0,2	0,77
Vanadium V	µg/l	0,4	0,56	1,26
Zink Zn	mg/l	0,019	0,024	0,024
Zinn Sn	µg/l	<0,25	2,18	0,7
Bromid-Ion Br1-	mg/l	2,16	9,63	0,71
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	160	782	100
Fluorid-Ion F-	mg/l	0,44	0,22	0,15
Sulfat	mg/l	250,6	263,3	113,5
Sulfid-Ion S2-	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Benzol	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansäure (PFHxA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansäure (PFOA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Tetrachlorethen	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Trichlorethen	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Trichlormethan Chloroform	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Anthracen	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo(ghi)perylen	µg/l	<0,002	0,002	0,002
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoranthren	µg/l	<0,01	0,02	<0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0,002	<0,002	0,002
Naphthalin	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Anionen-Äquivalente	mval/l	n.b.	n.b.	n.b.
Kationen-Äquivalente	mval/l	18,8	n.b.	n.b.
VO_Redox-Spannung (+218)	mV	457,8	424,3	482,5

5.2.3 Bäche: Maximalwerte im Jahr 2016

Tab. 5-7: Analytik der Oberflächengewässer: Jahresmaxima 2016, je 3-4 Messungen

Parameter	Einheit	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	2091	2190	737
pH-Wert		8,23	7,71	7,87
Sauerstoff O O2	mg/l	8,3	9,41	9,57
VO_Sauerstoffsättigungsindex	%	100,8	95,5	89,1
Temperatur	°C	25,5	19,6	15,6
Färbung		farblos	stark	stark
Geruch		schwach	ohne	ohne
VO_Trübung quantitativ	NTU	9,57	70,8	190,1
Säurekapazität bei pH 4.3	mmol/l	12,23	7,8	2,75
Basenkapazität bei pH 8.2	mmol/l	0,08	1,05	0,37
DOC dissolved organic carbon	mg/l	2,6	4,4	6
TOC total organic carbon	mg/l	2,6	6,5	21,6
VO_CSB_Küvettest	mg/l	7,4	19,6	64
Ammonium NH4+	mg/l	0,56	0,94	2,5
Ammonium N	mg/l	0,43	0,73	1,94
Nitrit	mg/l	0,32	0,13	0,42
Nitrit berechnet als Stickstoff	mg/l	0,1	0,04	0,13
Nitrat	mg/l	5,34	7,4	25,7
Nitrat berechnet als Stickstoff	mg/l	1,21	1,67	5,81
Stickstoff gebunden (TNb)	mg/l	1,8	3,1	5,8
Gesamt-Stickstoff	mg/l	1,67	2,3	5,87
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	n.n.	0,106	0,462
Phosphor P_photom	mg/l	<0,02	0,21	1,12
Aluminium Al	µg/l	24,09	47	96,82
Antimon Sb	µg/l	<0,13	0,25	0,32
Arsen As, gesamt	µg/l	0,38	0,6	1,77
Barium Ba	mg/l	0,27	0,07	0,06
Blei Pb	µg/l	0,11	0,22	0,29
Bor B	µg/l	681,82	1212,4	131,1
Cadmium Cd	µg/l	<0,13	<0,13	<0,13
Calcium Ca Kalzium	mg/l	89,2	118	54,1
Chrom Cr	µg/l	0,45	0,63	0,8
Cobalt Co	µg/l	0,21	1,31	0,38
Eisen Fe	mg/l	0,076	0,068	0,127
Kalium K	mg/l	16,6	14,8	14,9
Kupfer Cu	µg/l	3,84	3,88	4,57
Magnesium Mg	mg/l	88,4	92,2	22,9
Mangan Mn	mg/l	0,27	0,281	0,209

Tab. 5-7: (fortgesetzt)

Parameter	Einheit	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Molybdän Mo	µg/l	0,45	1,05	0,51
Natrium Na	mg/l	258	223	52,1
Nickel Ni	µg/l	1,32	9,81	4,09
Quecksilber Hg	ng/l	<5,00	5,4	20
Selen Se	µg/l	4,48	11,48	0,93
Silber Ag	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
Silicium Si	mg/l	6,35	5,85	6,03
Strontium Sr	mg/l	0,67	0,75	0,15
<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17
<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Titan Ti	µg/l	59,23	58,76	28,03
Uran U	µg/l	0,72	0,83	0,99
Vanadium V	µg/l	0,41	1,25	2,59
Zink Zn	mg/l	0,01	0,038	0,026
Zinn Sn	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
Bromid-Ion Br1-	mg/l	2,05	4,04	<0,20
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	158	322	71,7
Fluorid-Ion F-	mg/l	0,46	0,39	0,21
Sulfat	mg/l	316	379	99,3
Sulfid-Ion S2-	mg/l	0,0	0,0	0,0
Benzol	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansäure (PFHxA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansäure (PFOA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Tetrachlorethen	µg/l	<0,5	0,5	<0,5
Trichlorethen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlormethan Chloroform	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0
Anthracen	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	<0,01	<0,01	0,04
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	0,046
Benzo(ghi)perylene	µg/l	<0,002	0,003	0,033
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0,005	<0,005	0,022
Fluoranthren	µg/l	<0,01	0,02	0,1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0,001	0,003	0,03
Naphthalin	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	5,4	39,6	379
Anionen-Äquivalente	mval/l	23,33	<24,76	7,22
Kationen-Äquivalente	mval/l	23,13	23,11	7,25
VO_Redox-Spannung (+218)	mV	465	405	473

5.2.4 Bäche: Maximalwerte im Jahr 2017

Tab. 5-8: Analytik der Oberflächengewässer: Jahresmaxima 2017, je 3-4 Messungen

Parameter	Einheit	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	2230	4170	1257
pH-Wert		8,33	7,72	8,09
Sauerstoff O O ₂	mg/l	9,44	7,39	9,46
VO_Sauerstoffsättigungsindex	%	98,1	85,4	86,8
Temperatur	°C	26,1	29,8	19,2
Färbung		farblos	stark	schwach
Geruch		ohne	schwach	ohne
VO_Trübung quantitativ	NTU	8,65	164,6	12,8
Säurekapazität bei pH 4.3	mmol/l	n.a.	n.a.	n.a.
Basenkapazität bei pH 8.2	mmol/l	n.a.	n.a.	n.a.
DOC dissolved organic carbon	mg/l	3,3	3,8	5,6
TOC total organic carbon	mg/l	4,5	4,7	6,6
VO_CSB_Küvettest	mg/l	13,9	17,9	30
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0,77	2,75	0,18
Ammonium N	mg/l	0,6	2,14	0,14
Nitrit	mg/l	0,59	0,19	0,3
Nitrit berechnet als Stickstoff	mg/l	0,18	0,06	0,09
Nitrat	mg/l	7,77	3,06	20,4
Nitrat berechnet als Stickstoff	mg/l	1,76	0,69	4,61
Stickstoff gebunden (TNb)	mg/l	2,2	2,7	5,6
Gesamt-Stickstoff	mg/l	2,1	2,7	4,69
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	0,077	0,208	0,638
Phosphor P _{photom}	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Aluminium Al	µg/l	22,91	22,03	95,96
Phosphor P _{photom}	mg/l	<0,11	0,12	0,34
Arsen As, gesamt	µg/l	0,94	2,84	1,67
Barium Ba	mg/l	0,48	0,12	0,08
Blei Pb	µg/l	0,25	0,16	0,1
Bor B	µg/l	863	625	340
Cadmium Cd	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05
Calcium Ca Kalzium	mg/l	71,2	106	61,3
Chrom Cr	µg/l	0,47	0,72	0,65
Cobalt Co	µg/l	0,29	0,3	0,38
Eisen Fe	mg/l	0,039	0,047	0,06
Kalium K	mg/l	27,5	29,5	15,9
Kupfer Cu	µg/l	2,13	1,56	2,4
Magnesium Mg	mg/l	103	116	52,2
Mangan Mn	mg/l	0,204	0,191	0,206

Tab. 5-8: (fortgesetzt)

Parameter	Einheit	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Molybdän Mo	µg/l	0,62	0,72	0,94
Natrium Na	mg/l	297	608	122
Nickel Ni	µg/l	1,49	7,84	3,85
Quecksilber Hg	ng/l	n.a.	n.a.	n.a.
Selen Se	µg/l	12,5	38,33	6,6
Silber Ag	µg/l	<0,16	<0,16	<0,16
Silicium Si	mg/l	6,6	7,61	5,48
Strontium Sr	mg/l	0,67	1,47	0,27
<0,17	<0,17	0,24	<0,16	<0,16
<0,09	<0,09	<0,07	<0,07	<0,07
Titan Ti	µg/l	45,39	61,39	32,33
Uran U	µg/l	0,51	0,23	1,04
Vanadium V	µg/l	0,7	0,83	1,63
Zink Zn	mg/l	0,026	0,027	0,027
Zinn Sn	µg/l	<0,25	6,5	2,42
Bromid-Ion Br1-	mg/l	2,6	11,1	1,21
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	189	850	127
Fluorid-Ion F-	mg/l	0,47	0,26	0,17
Sulfat	mg/l	365,7	334,6	137,7
Sulfid-Ion S2-	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Benzol	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansäure (PFHxA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansäure (PFOA)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Tetrachlorethen	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Trichlorethen	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Trichlormethan Chloroform	µg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Anthracen	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthen	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo(ghi)perylene	µg/l	0,002	0,003	0,003
Benzo(k)fluoranthen	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoranthen	µg/l	0,01	0,02	0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0,002	0,003	0,003
Naphthalin	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	n.a.	n.a.	n.a.
Anionen-Äquivalente	mval/l	n.b.	n.b.	n.b.
Kationen-Äquivalente	mval/l	21,5	39,6	12,94
VO_Redox-Spannung (+218)	mV	481	441	489

6 Oberflächengewässer

Das Grubenwasser wird in Oberflächengewässer abgeleitet, die ihrerseits bereits Beeinträchtigungen aus ihren Einzugsgebieten zeigen können. Um eine Interpretationshilfe darüber zu erhalten, ob diese Beeinträchtigungen auf das Grubenwasser zurückzuführen sind, müssen die Grubenwasserdaten ebenfalls vor dem Hintergrund der Oberflächengewässernormen analysiert werden. Überschreitungen der Oberflächengewässernormen dienen dabei lediglich der Verdeutlichung der Zusammenhänge.

Nachfolgende Tabelle 6-1 fasst die in saarländischen Fließgewässern anwendbaren Umweltqualitätsnormen nebst ihrer gesetzlichen Herleitung bzw. ihrer sonstigen Herleitung zusammen. Im Regelfall gehen diese auf die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) zurück. Da zahlreiche bergbautypische Stoffe im Oberflächengewässerbereich aber nicht gesetzlich geregelt sind, werden weitere UQN (-Vorschläge), hauptsächlich des Umweltbundesamtes (UBA) und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) herangezogen. In Einzelfällen wird auf UQN verschiedener Bundesländer oder der internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) zurückgegriffen. Diese UQN (-Vorschläge) sind jedoch *gesetzlich ungeregt* und werden hier nur informativ hinzugezogen.

Tab. 6-1: Umweltqualitätsnormen für Oberflächengewässer

Parameter	Einheit	JD-UQN	ZHK	Gesetz/ Quelle	Gesetz_Spez	Anmerkung
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	1000				MUV, 2015
pH-Wert		6,51-8,49		OGewV	Anlage 7	6,5 < UQN < 8,5
Sauerstoff O ₂	mg/l	7		OGewV	Anlage 7	O ₂ > 7,0 mg/l
TOC total organic carbon	mg/l	7		OGewV	Anlage 7	
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0,1288		OGewV	Anlage 7	NH ₄ -N ≤ 0,1
Ammonium N	mg/l	0,1		OGewV	Anlage 7	
Nitrit berechnet als Stickstoff	mg/l	0,03		OGewV	Anlage 7	Typspez. bis 0,050
Nitrat	mg/l	50		OGewV	Anlage 8	
Phosphat Gesamt- berechnet als Phosphor	mg/l	0,07		OGewV	Anlage 7	
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	0,07		OGewV	Anlage 7	
Phosphor P (Pgesamt)	mg/l	0,1		OGewV	Anlage 7	
Aluminium Al	µg/l	50	250	LAWA, 2010		Stoffdatenblatt Aluminium
Antimon Sb	µg/l	20		UBA, 2003		Stoffdatenblatt Antimon
Arsen As, gesamt	µg/l	1,3		UBA, 2015	UQN-Vorschlag	Stoffdatenblatt Arsen

Tab. 6-1: (fortgesetzt)

Parameter	Einheit	JD-UQN	ZHK	Gesetz/ Quelle	Gesetz_Spez	Anmerkung
Barium Ba	mg/l	0,06		MUV, 2018 UBA, 2003	UQN- Vorschlag	Stoffdatenblatt Barium
Blei Pb	µg/l	1,2	14	OGewV	Anlage 8	JD bioverfügbar
Bor B	µg/l	100		MUV, 2018	UQN- Vorschlag	bergbautypisch
Cadmium Cd	µg/l	0,08	0,45	OGewV	Anlage 8	Abh. von Härteklasse
Chrom Cr	µg/l	3,4		UBA, 2015	UQN- Vorschlag	Stoffdatenblatt Chrom
Cobalt Co	µg/l	0,9		UBA, 2003	UQN- Vorschlag	+ Hintergrundwert, Stoffdatenblatt Kobalt
Eisen Fe	mg/l	0,7		OgewV	Anlage 7	LAWA-Typspezifisch.
Kupfer Cu	µg/l	2,8	4	IKSR, 2016	UQN- Vorschlag	Stoffdatenblatt Kupfer
Mangan Mn	mg/l	0,5		DVWK, 1996	ZV	Merkblätter 228
Molybdän Mo	µg/l	2,5		UBA, 2003		+ Hintergrundwert, UQN unsicher!
Nickel Ni	µg/l	4	34	OGewV	Anlage 8	JD bioverfügbar
Selen Se	µg/l	3		OGewV	Anlage 6	
Silber Ag	µg/l	0,02		OGewV	Anlage 6	
Tellur Te	µg/l	20		UBA, 2003		UQN unsicher!
Thallium Tl	µg/l	0,2		OGewV	Anlage 6	
Titan Ti	µg/l	15		UBA, 2003		UQN unsicher!
Uran U	µg/l	0,44		UBA, 2015	UQN- Vorschlag	+Hintergrundwert (0,33 µg/l)
Vanadium V	µg/l	2,4		UBA, 2003		+ Hintergrundwert
Zink Zn	mg/l	0,014		LAWA	OW, ZV	
Zinn Sn	µg/l	3,5		UBA, 2003		
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	200		OGewV	Anlage 7	
Sulfat	mg/l	75		OGewV	Anlage 7	LAWA Typspezifisch Große Bäche und Flüsse >= 220 mg/l
Benzol	µg/l	10	50	OGewV	Anlage 8	
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	0,00065	36	OGewV	Anlage 8	
Tetrachlorethen	µg/l	12				Tetrachlorkohlenstoffe
Anthracen	µg/l	0,1	0,1	OGewV	Anlage 8	
Benzo(a)pyren	µg/l	0,00017	0,27	OGewV	Anlage 8	
Fluoranthren	µg/l	0,0063	0,12	OGewV	Anlage 8	
Naphthalin	µg/l	2	130	OGewV	Anlage 8	

Legende: + Hintergrundwert bedeutet, dass der geogen bedingte Hintergrundwert bei Überschreitungen zu berücksichtigen ist. Bioverfügbar bedeutet, dass nur der bioverfügbare Anteil der Konzentration bei Überschreitungen des Grenzwertes zu berücksichtigen ist.

6.1 Grubenwasser im Vergleich zu Oberflächengewässernormen

Das Grubenwasser wird nachfolgend anhand der in Tab. 6-1 genannten Parameter bewertet. Zunächst erfolgt der Vergleich mit den Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnormen (JD-UQN), dann mit den zulässigen Höchstkonzentrationen (ZHK).

6.1.1 Vergleich der Jahresmittelwerte des Grubenwassers mit JD-UQN

Tab. 6-2: Vergleich der Grubenwässer 2016 mit Oberflächengewässernormen (vgl. Tab. 6-1)

Jahr: 2016			Jahresmittelwerte				
Parameter	Einheit	JD-UQN	Reden	Camp-hausen	Duhamel Ensdorf	Luisen-thal	Victoria Püttlingen
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	1000	2188	4923	3421	4480	2219
pH-Wert		6,51-8,49	7,13	7,39	7,05	7,44	6,83
Sauerstoff O ₂	mg/l	>7	3,05	2,55	6,93	5,37	3,04
TOC total organic carbon	mg/l	7	1,73	2,28	1,61	2,95	5,02
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0,1288	1,08	3,58	0,65	1,03	0,87
Ammonium N	mg/l	0,1	0,84	2,78	0,5	0,8	0,68
Nitrit berechnet als N	mg/l	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrat	mg/l	50	0,15	<0,10	0,75	0,39	0,11
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	0,07	n.n	<0,023	n.n.	n.n.	n.a.
Phosphor P (P gesamt)	mg/l	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Aluminium Al	µg/l	50	7,45	13,88	8,07	23,18	4,83
Antimon Sb	µg/l	20	<0,13	<0,13	0,14	<0,13	<0,13
Arsen As, gesamt	µg/l	1,3	<0,28	<0,28	2,65	<0,28	<0,28
Barium Ba	mg/l	0,06	0,15	0,16	0,10	0,065	0,20
Blei Pb	µg/l	1,2	< 0,09	<0,09	<0,09	0,17	<0,09
Bor B	µg/l	100	728,3	680,8	1207	651,5	702,6
Cadmium Cd	µg/l	0,08	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13
Chrom Cr	µg/l	3,4	0,25	0,54	0,44	0,44	0,38
Cobalt Co	µg/l	0,9	0,25	<0,11	10,68	0,17	0,56
Eisen Fe	mg/l	0,7	0,33	0,06	0,23	0,11	1,98
Kupfer Cu	µg/l	2,8	0,89	0,86	1,06	2,71	0,67
Mangan Mn	mg/l	0,5	0,49	0,13	1,79	1,05	1,17
Molybdän Mo	µg/l	2,5	0,16	<0,14	0,88	0,42	<0,14
Nickel Ni	µg/l	4	2,48	0,25	13,06	2,29	1,97
Selen Se	µg/l	3	9,72	29,55	18,74	20,59	7,38
Silber Ag	µg/l	0,02	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Tellur Te	µg/l	20	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17
Thallium Tl	µg/l	0,2	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Titan Ti	µg/l	15	49,9	69,7	88,6	80,5	47,7
Uran U	µg/l	0,44	0,39	<0,09	1,32	0,25	0,13
Vanadium V	µg/l	2,4	<0,13	0,32	<0,13	0,19	0,19
Zink Zn	mg/l	0,014	0,02	0,009	0,072	0,036	0,033

Tab. 6-2: (fortgesetzt)

Jahr: 2016			Jahresmittelwerte				
Parameter	Einheit	JD-UQN	Reden	Camp-hausen	Duhamel Ens Dorf	Luisen-thal	Victoria Püttlingen
Zinn Sn	µg/l	3,5	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	200	232	956	617	697	212
Sulfat	mg/l	75	209	391	349	795	268
Benzol	µg/l	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Perfluorooctansulf. (PFOS)	µg/l	0,00065	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Tetrachlorethen	µg/l	12	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Anthracen	µg/l	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	0,00017	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranthen	µg/l	0,0063	<0,01	0,0175	<0,01	<0,01	<0,01
Naphthalin	µg/l	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Legende Überschreitungen der Norm rot, Unterschreitungen blau, sonst. schwarz

Tab. 6-3: Vergleich der Grubenwässer 2017 mit Oberflächengewässernormen (vgl. Tab. 6-1)

Jahr: 2017			Jahresmittelwerte				
Parameter	Einheit	JD-UQN	Reden	Camp-hausen	Duhamel Ens Dorf	Luisen-thal	Victoria Püttlingen
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	1000	2081	6113	18252	4853	2178
pH-Wert		6,51-8,49	7,21	7,40	6,92	7,44	6,80
Sauerstoff O O2	mg/l	>7	3,60	2,00	5,27	4,06	2,90
TOC total organic carbon	mg/l	7	1,7	2,4	1,6	3,3	2
Ammonium NH4+	mg/l	0,1288	1,08	4,07	6,63	0,89	0,81
Ammonium N	mg/l	0,1	0,84	3,16	5,15	0,70	0,63
Nitrit berechnet als N	mg/l	0,03	<0,02	<0,02	0,03	0,02	<0,02
Nitrat	mg/l	50	<0,10	<0,10	1	0,48	<0,10
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	0,07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Phosphor P (P gesamt)	mg/l	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Aluminium Al	µg/l	50	10,64	36,50	4,28	29,19	4,90
Antimon Sb	µg/l	20	<0,11	<0,11	0,26	0,32	<0,11
Arsen As, gesamt	µg/l	1,3	0,58	2,69	1,37	1,33	0,46
Barium Ba	mg/l	0,06	0,13	0,18	1,34	0,08	0,20
Blei Pb	µg/l	1,2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Bor B	µg/l	100	781	803	1401	760	787
Cadmium Cd	µg/l	0,08	<0,05	<0,05	0,14	<0,05	<0,05
Chrom Cr	µg/l	3,4	0,42	0,65	0,48	0,62	0,81
Cobalt Co	µg/l	0,9	0,14	0,07	7,27	0,16	0,14
Eisen Fe	mg/l	0,7	0,230	0,046	16,540	0,034	0,215
Kupfer Cu	µg/l	2,8	0,75	0,61	4,89	1,96	0,79
Mangan Mn	mg/l	0,5	0,47	0,093	3,751	0,786	1,211
Molybdän Mo	µg/l	2,5	<0,09	0,18	2,71	0,12	<0,09
Nickel Ni	µg/l	4	2,31	1,01	7,31	2,08	1,71
Selen Se	µg/l	3	8,52	32,51	12,13	18,85	6,54

Tab. 6-3: (fortgesetzt)

Jahr: 2017			Jahresmittelwerte				
Parameter	Einheit	JD-UQN	Reden	Camp-hausen	Duhamel Ensdorf	Luisen-thal	Victoria Püttlingen
Silber Ag	µg/l	0,02	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Tellur Te	µg/l	20	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Thallium Tl	µg/l	0,2	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Titan Ti	µg/l	15	44,93	69,27	224,08	80,88	47,17
Uran U	µg/l	0,44	0,41	<0,07	1,03	0,23	0,12
Vanadium V	µg/l	2,4	0,15	0,35	0,25	0,24	0,24
Zink Zn	mg/l	0,014	0,030	0,018	0,118	0,044	0,017
Zinn Sn	µg/l	3,5	0,64	0,34	<0,25	<0,25	<0,25
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	200	200	1530	6161	819	209
Sulfat	mg/l	75	170,2	310,8	375,5	701,7	214,5
Benzol	µg/l	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluoroctan-sulfonsäure (PFOS)	µg/l	0,00065	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tetrachlorethen	µg/l	12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Anthracen	µg/l	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	0,00017	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranthen	µg/l	0,0063	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01
Naphthalin	µg/l	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Legende Überschreitungen der Norm rot, Unterschreitungen blau, sonst. schwarz

Einige Parameter (Phosphor, Benzol, PFOS, Tetrachlorethen) wurden 2017 aus dem Messprogramm genommen, da diese Parameter analytisch aufwändig sind und 2016 im Grubenwasser entweder gar nicht oder nur in sehr geringen Konzentrationen nachweisbar waren. Für Nickel hat nur der bioverfügbare Anteil eine UQN, der aber bei Grubenwasser nicht sinnvoll zu berechnen ist.

Der Vergleich mit den ZHK der Oberflächengewässernormen in den folgenden Tab. 6-4 und Tab. 6-5 zeigen, dass es v.a. Probleme bei höheren Einleittemperaturen in Oberflächengewässer geben kann, zudem ist der Parameter Kupfer bei den Gruben Duhamel Ensdorf und Luisenthal oberhalb der angegebenen Norm.

6.1.2 Vergleich der Maximalwerte des Grubenwassers mit ZHK

Tab. 6-4: Vergleich der Maximalwerte des Grubenwassers 2016 mit der ZHK gemäß Tab. 6-1

Jahr 2016 Parameter	Einheit	ZHK	Reden	Camp- hausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria Püttl.
Temperatur	°C	20	25,2	34,8	20,7	19,3	19,7
Aluminium Al	µg/l	250	8,31	17,31	40,39	36,45	12,55
Blei Pb	µg/l	14	0,17	<0,09	<0,09	0,68	0,09
Cadmium Cd	µg/l	0,45	<0,13	<0,13	0,17	<0,13	<0,13
Kupfer Cu	µg/l	4	2,37	2,85	4,23	11,01	2,32
Nickel Ni	µg/l	34	6,34	0,60	16,35	6,8	3,49
Quecksilber Hg	ng/l	70	8,2	9,4	7,7	<5,00	<5,00
Benzol	µg/l	50	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Perfluorooctan- sulfonsäure (PFOS)	µg/l	36	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Anthracen	µg/l	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	0,27	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	0,017	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo(ghi)perylene	µg/l	0,0082	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	0,017	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoranthren	µg/l	0,12	0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,01
Naphthalin	µg/l	130	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tab. 6-5: Vergleich der Maximalwerte des Grubenwassers 2017 mit der ZHK gemäß Tab. 6-1

Jahr 2017 Parameter	Einheit	ZHK	Reden	Camp- hausen	Duhamel	Luisenthal	Victoria Püttl.
Temperatur	°C	20	27,1	35,9	23,3	21,1	21,4
Aluminium Al	µg/l	250	19,54	141,72	8,06	41,12	9,23
Blei Pb	µg/l	14	<0,10	<0,10	0,24	<0,10	0,17
Cadmium Cd	µg/l	0,45	<0,05	0,13	0,31	<0,05	<0,05
Kupfer Cu	µg/l	4	1,51	1,48	15,73	3,42	1,76
Nickel Ni	µg/l	34	3,26	1,5	9,44	3,19	2,21
Quecksilber Hg	ng/l	70	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Benzol	µg/l	50	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorooctan- sulfonsäure (PFOS)	µg/l	36	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Anthracen	µg/l	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	0,27	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	0,017	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo(ghi)perylene	µg/l	0,0082	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	0,017	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoranthren	µg/l	0,12	0,01	0,05	0,03	<0,01	0,02
Naphthalin	µg/l	130	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

6.3 Vom Grubenwasser beaufschlagte Bäche

6.3.1 Vergleich der Jahresmittelwerte mit JD-UQN

Tab. 6-6: Vergleich der Jahresmittelwerte 2016 (3 Messungen) mit Umweltqualitätsnormen für Oberflächengewässer (JD-UQN) gemäß Tab. 6-1

			2016	2016	2016
Parameter	Einheit	JD-UQN	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	1000	1901	1528	483
pH-Wert	dimensionslos	8,5	8,19	7,54	7,56
Sauerstoff O ₂	mg/l	>7,00	7,90	8,75	8,69
TOC total organic carbon	mg/l	7	2,43	4,8	12,63
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0,1288	0,49	0,83	1,11
Ammonium N	mg/l	0,1	0,38	0,65	0,86
Nitrit berechnet als Stickstoff	mg/l	0,03	0,09	0,02	0,07
Nitrat	mg/l	50	4,61	4,53	15,2
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	0,07	n.n.	0,082	0,338
Phosphor P (P gesamt)	mg/l	0,1	<0,02	0,165	0,74
Aluminium Al	µg/l	50	15,66	25,3	44,05
Antimon Sb	µg/l	20	<0,13	0,18	0,28
Arsen As, gesamt	µg/l	1,3	0,34	0,31	1,5
Barium Ba	mg/l	0,06	0,18	0,05	0,05
Blei Pb	µg/l	1,2	<0,09	<0,09	0,155
Bor B	µg/l	100	596,7	582,5	84,1
Cadmium Cd	µg/l	0,08	<0,13	<0,13	<0,13
Chrom Cr	µg/l	3,4	0,37	0,49	0,55
Cobalt Co	µg/l	0,9	<0,11	0,68	0,37
Eisen Fe	mg/l	0,7	0,043	0,048	0,08
Kupfer Cu	µg/l	2,8	2,02	2,29	2,8
Mangan Mn	mg/l	0,5	0,17	0,188	0,138
Molybdän Mo	µg/l	2,5	0,36	0,75	0,45
Nickel Ni	µg/l	4	0,81	6,19 (1,72)	2,74
Selen Se	µg/l	3	4,13	7,55	0,59
Silber Ag	µg/l	0,02	<0,10	<0,10	<0,10
Tellur Te	µg/l	20	<0,17	<0,17	<0,17
Thallium Tl	µg/l	0,2	<0,09	<0,09	<0,09
Titan Ti	µg/l	15	48,31	40,25	21,86
Uran U	µg/l	0,44 + 0,33	0,54	0,37	0,54
Vanadium V	µg/l	2,4	0,31	0,68	1,68
Zink Zn	mg/l	0,014	0,009	0,025	0,016
Zinn Sn	µg/l	3,5	<0,10	<0,10	<0,10
Chlorid-Ion Cl ⁻	mg/l	200	147	242	44,1

Tab. 6-6: (fortgesetzt)

			2016	2016	2016
Parameter	Einheit	JD-UQN	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Sulfat	mg/l	75	267	196	55,8
Benzol	µg/l	10	<1,0	<1,0	<1,0
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	0,00065	n.a.	n.a.	n.a.
Tetrachlorethen	µg/l	12	<0,5	<0,5	<0,5
Anthracen	µg/l	0,1	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	0,00017	<0,01	<0,01	0,017
Fluoranthren	µg/l	0,0063	<0,01	0,01	0,04
Naphthalin	µg/l	2	<0,1	<0,1	<0,1

Legende: Überschreitungen der Norm **rot**, Unterschreitungen **blau**, sonst. schwarz. Wert in Klammern, bioverfügbarer Anteil, + Wert = + geogener Hintergrundwert

Tab. 6-7: Vergleich der Jahresmittelwerte 2017 (3 Messungen) mit der Umweltqualitätsnormen für Oberflächengewässer (JD-UQN) gemäß Tab. 6-1

			2017	2017	2017
Parameter	Einheit	JD-UQN	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Leitfähigkeit elektrische	µS/cm	1000	1962	3940	1035
pH-Wert	dimensionslos	<8,5	8,24	7,7	7,99
Sauerstoff O ₂	mg/l	>7	7,69	6,31	8,3
TOC total organic carbon	mg/l	7	2,8	4,3	5,7
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0,1288	0,48	2,52	0,1
Ammonium N	mg/l	0,1	0,37	1,96	0,08
Nitrit berechnet als Stickstoff	mg/l	0,03	0,13	0,04	0,06
Nitrat	mg/l	50	5,23	2,01	16,83
Phosphor P (ortho-P)	mg/l	0,07	<0,021	0,128	0,415
Phosphor P (P gesamt)	mg/l	0,1	n.a.	n.a.	n.a.
Aluminium Al	µg/l	50	16,42	17,85	36,51
Antimon Sb	µg/l	20	<0,11	<0,11	0,23
Arsen As, gesamt	µg/l	1,3	0,82	2,54	1,5
Barium Ba	mg/l	0,06	0,42	0,11	0,07
Blei Pb	µg/l	1,2	0,1	<0,10	<0,10
Bor B	µg/l	100	701	548	247
Cadmium Cd	µg/l	0,08	<0,05	<0,05	<0,05
Chrom Cr	µg/l	3,4	0,34	0,52	0,45
Cobalt Co	µg/l	0,9	0,16	0,25	0,3
Eisen Fe	mg/l	0,7	0,029	0,045	0,045
Kupfer Cu	µg/l	2,8	1,45	1,25	1,82
Mangan Mn	mg/l	0,5	0,129	0,151	0,136
Molybdän Mo	µg/l	2,5	0,37	0,51	0,65
Nickel Ni	µg/l	4	1,14	4,19 (1,16)	3,09
Selen Se	µg/l	3	7,86	22,78	2,94
Silber Ag	µg/l	0,02	<0,16	<0,16	<0,16

Tab. 6-7: (fortgesetzt)

			2017	2017	2017
Parameter	Einheit	JD-UQN	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Tellur Te	µg/l	20	0,12	<0,16	<0,16
Thallium Tl	µg/l	0,2	<0,07	<0,07	<0,07
Titan Ti	µg/l	15	37,65	50,54	31,06
Uran U	µg/l	0,44 + 0,33	0,46	0,20	0,77
Vanadium V	µg/l	2,4	0,40	0,56	1,26
Zink Zn	mg/l	0,014	0,019	0,024	0,024
Zinn Sn	µg/l	3,5	<0,25	2,18	0,7
Chlorid-Ion Cl1-	mg/l	200	160	782	100
Sulfat	mg/l	75	250,6	263,3	113,5
Benzol	µg/l	10	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	0,00065	n.a.	n.a.	n.a.
Tetrachlorethen	µg/l	12	n.a.	n.a.	n.a.
Anthracen	µg/l	0,1	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	0,00017	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranthren	µg/l	0,0063	<0,01	0,02	<0,01
Naphthalin	µg/l	2	<0,1	<0,1	<0,1

Legende: Überschreitungen der Norm **rot**, Unterschreitungen **blau**, sonst. schwarz. Wert in Klammern, bioverfügbarer Anteil, + Wert = + geogener Hintergrundwert

6.3.2 Vergleich der Maximalwerte der beaufschlagten Bäche mit ZHK

Tab. 6-8: Vergleich der Maximalwerte der mit Grubenwasser beaufschlagten Bäche 2016 mit der ZHK gemäß Tab. 6-1

Jahr 2016 Parameter	Einheit	ZHK	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Temperatur	°C	20	25,5	19,6	15,6
Aluminium Al	µg/l	250	24,09	47	96,82
Blei Pb	µg/l	14	0,11	0,22	0,29
Cadmium Cd	µg/l	0,45	<0,13	<0,13	<0,13
Kupfer Cu	µg/l	4	3,84	3,88	4,57
Nickel Ni	µg/l	34	1,32	9,81	4,09
Quecksilber Hg	ng/l	70	<5,00	5,4	20
Benzol	µg/l	50	<1,0	<1,0	<1,0
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	36	n.a.	n.a.	n.a.
Anthracen	µg/l	0,1	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	0,27	<0,01	<0,01	0,04
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	0,017	<0,005	<0,005	0,046
Benzo(ghi)perylene	µg/l	0,0082	<0,002	0,003	0,033
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	0,017	<0,005	<0,005	0,022
Fluoranthren	µg/l	0,12	<0,01	0,02	0,1
Naphthalin	µg/l	130	<0,1	<0,1	<0,1

Legende: Überschreitungen der Norm **rot**, Unterschreitungen **blau**, sonst. schwarz.

Tab. 6-9: Vergleich der Maximalwerte der mit Grubenwasser beaufschlagten Bäche 2016 mit der ZHK gemäß Tab. 6-1

Jahr 2017 Parameter	Einheit	ZHK	Sinnerbach	Fischbach	Köllerbach
Temperatur	°C	20	26,1	29,8	19,2
Aluminium Al	µg/l	250	22,91	22,03	95,96
Blei Pb	µg/l	14	0,25	0,16	0,1
Cadmium Cd	µg/l	0,45	<0,05	<0,05	<0,05
Kupfer Cu	µg/l	4	2,13	1,56	2,4
Nickel Ni	µg/l	34	1,49	7,84	3,85
Quecksilber Hg	ng/l	70	n.a.	n.a.	n.a.
Benzol	µg/l	50	n.a.	n.a.	n.a.
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)	µg/l	36	n.a.	n.a.	n.a.
Anthracen	µg/l	0,1	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyren	µg/l	0,27	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	0,017	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo(ghi)perylen	µg/l	0,0082	0,002	0,003	0,003
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	0,017	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoranthren	µg/l	0,12	0,01	0,02	0,01
Naphthalin	µg/l	130	<0,1	<0,1	<0,1

Legende: Überschreitungen der Norm **rot**, Unterschreitungen **blau**, sonst. schwarz.

Kurze Interpretation der Daten aus Oberflächengewässern

Der **Sinnerbach** bei Neunkirchen wird zu wesentlichen Teilen aus der Grubenwasserhaltung Reden gespeist. Er zeigt 9 bis 10 Überschreitungen der Oberflächengewässernormen, darunter sind die Temperatur, die Leitfähigkeit, Barium, Bor, Selen, Titan, Zink und das Sulfat sicher direkt auf die Grubenwassereinleitung zurückführbar. Das Uran zeigt zwar eine leichte Überschreitung der UQN des UBA, jedoch sind hier die natürlichen Hintergrundgehalte zu berücksichtigen und abzuziehen, die bundesweit nach Angaben des UBA mit durchschnittlich 0,33 µg/l bereits sehr nahe an den Messwerten liegen. Unter Berücksichtigung dieser Werte liegen in den Bächen daher auch keine Überschreitungen vor.

Der **Fischbach** weist durch das Kraftwerk Weiher und durch die Kläranlage Fischbach an der Einleitstelle bereits eine wesentliche Vorbelastung auf. Trotzdem dürften die Überschreitungen der JD-UQN der für den bergbautypischen Stoffe wie Barium, Bor, Selen, Zink und Titan aber auch die Chloride und Sulfate zu wesentlichen Teilen auf die Einleitung durch die Grube Camphausen zurückzuführen sein. In früheren Untersuchungen des LUA wurde jedoch auch eine bedeutende Vorbelastung mit den meisten dieser Stoffe durch das Kraftwerk Weiher festgestellt, auch die Überschreitung der UQN beim Phosphor ist sicherlich nicht auf die Grube zurückzuführen. Als ökologisch bedenklich sind die hohen Spitzentemperaturen zu sehen.

Der **Köllerbach** im Mündungsbereich hat bereits ein großes Einzugsgebiet mit mehreren Kläranlagen entwässert. Bei Völklingen erfolgt die Einleitung durch die Grube Victoria Püttlingen. Die Überschreitungen der JD-UQN bei den bereits genannten bergbautypischen Stoffen dürften zu wesentlichen Teilen auf die Grube zurückgehen wie der Vergleich mit den Werten der Grube zeigt. Wiederrum lassen sich die Überschreitungen bei den Nährstoffen (N- und P-Parameter, auch TOC) nicht der Grube zuordnen, und das gleiche gilt für die in Oberflächengewässern annähernd ubiquitär vorkommenden PAK.

Teil C – Ökotoxikologie

7 Toxizitätsklassen

Die Klassifizierung der Toxizität im Grubenwasser ist in Anlehnung an die Toxizitätsklassen von Porenwasser und Eluate für die Sedimentbewertung nach Krebs (2011) in Tab. 7-1 wiedergegeben.

Tab. 7-1: Toxizitätsklassen der Eluate für die Sedimentbewertung nach KREBS (2011)

Höchste Verdünnungsstufe ohne Effekt	Toxizitätsklassen für Daphnien	Toxizitätsklassen für Leuchtbakterien und Fischeier
Originalprobe	Toxizität nicht nachweisbar	---
$G \leq 2$	sehr gering toxisch belastet	Toxizität nicht nachweisbar
$G \leq 4$	gering toxisch belastet	gering toxisch belastet
$G \leq 8$	mäßig toxisch belastet	mäßig toxisch belastet
$G \leq 16$	erhöht toxisch belastet	erhöht toxisch belastet
$G \leq 32$	hoch toxisch belastet	hoch toxisch belastet
$G > 32$	sehr hoch toxisch belastet	sehr hoch toxisch belastet

Die einzelnen Messergebnisse sind im Anlagenband Teil C zusammengestellt.

8 Ökotoxikologische Ergebnisse

8.1 Bergwerk Camphausen

Das Grubenwasser des Bergwerks Camphausen zeigte im Leuchtbakterientest 3-mal eine sehr hohe, einmal eine hoch toxische, 5-mal eine erhöht toxische und einmal keine toxische Wirkung. Im Fischeitest und im Daphnientest konnte keine toxische Wirkung gegenüber den Testorganismen festgestellt werden.

Die hohen Toxizitäten sind im ersten Jahr der Untersuchung aufgetreten. Die Ergebnisse sind in Abb. 8.1 dargestellt.

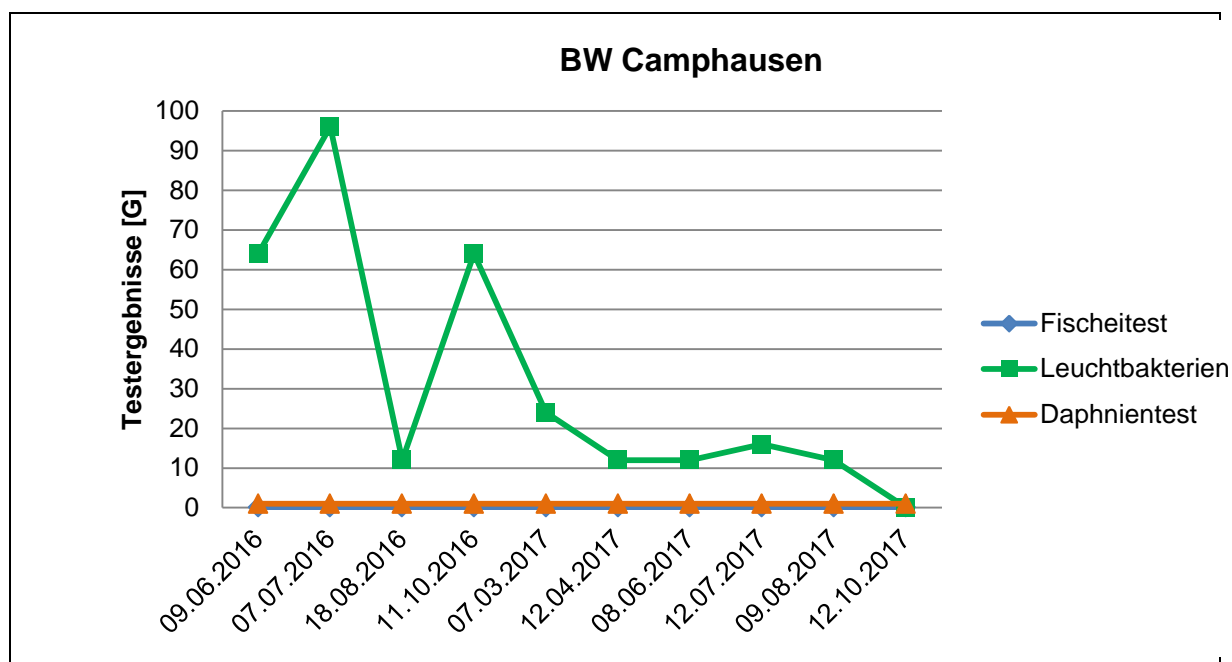


Abb. 8.1: Toxizitätsergebnisse vom Grubenwasser des Bergwerks Camphausen (G=Verdünnungsstufen)

8.2 Bergwerk Duhamel

Das Grubenwasser des Bergwerks Duhamel zeigte im Daphnientest einmal eine mäßig toxische, 2-mal eine gering toxische, einmal eine sehr gering toxische und 6-mal keine toxische Wirkung. Im Fischeitest konnte 2-mal eine gering toxische nachgewiesen werden. Im Leuchtbakterientest ist bei keiner Probe eine toxische Wirkung nachgewiesen worden. Auffällig ist, dass 2016 keine toxische Wirkung in allen drei Tests festgestellt werden konnte, jedoch 2017 im Daphnien- und Fischeitest deutliche toxische Wirkungen vorgekommen sind. Ergebnisse sind in Abb. 8.2 dargestellt.

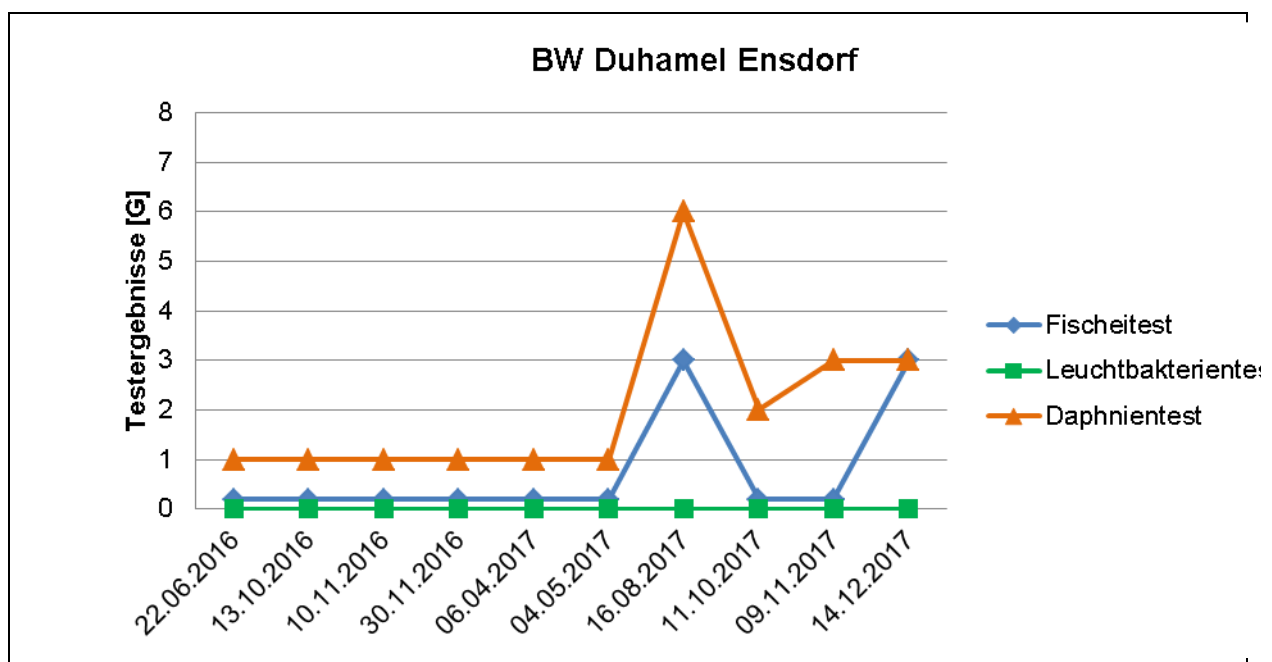


Abb. 9.2: Toxizitätsergebnisse vom Grubenwasser des Bergwerks Duhamel (G=Verdünnungsstufen)

8.3 Bergwerk Luisenthal

Das Grubenwasser des Bergwerks Luisenthal zeigte im Leuchtbakterientest 3-mal eine gering toxische und 6-mal keine toxische Wirkung. Im Fischeitest konnte einmal eine gering toxische Wirkung nachgewiesen werden. Im Daphnientest ist bei keiner der Proben eine toxische Wirkung nachgewiesen worden.

Auffällig ist, dass erst die letzte Probe eine kritisch toxische Wirkung gegenüber Fischeiern festgestellt worden ist. Die Ergebnisse sind in Abb. 8.3 dargestellt.

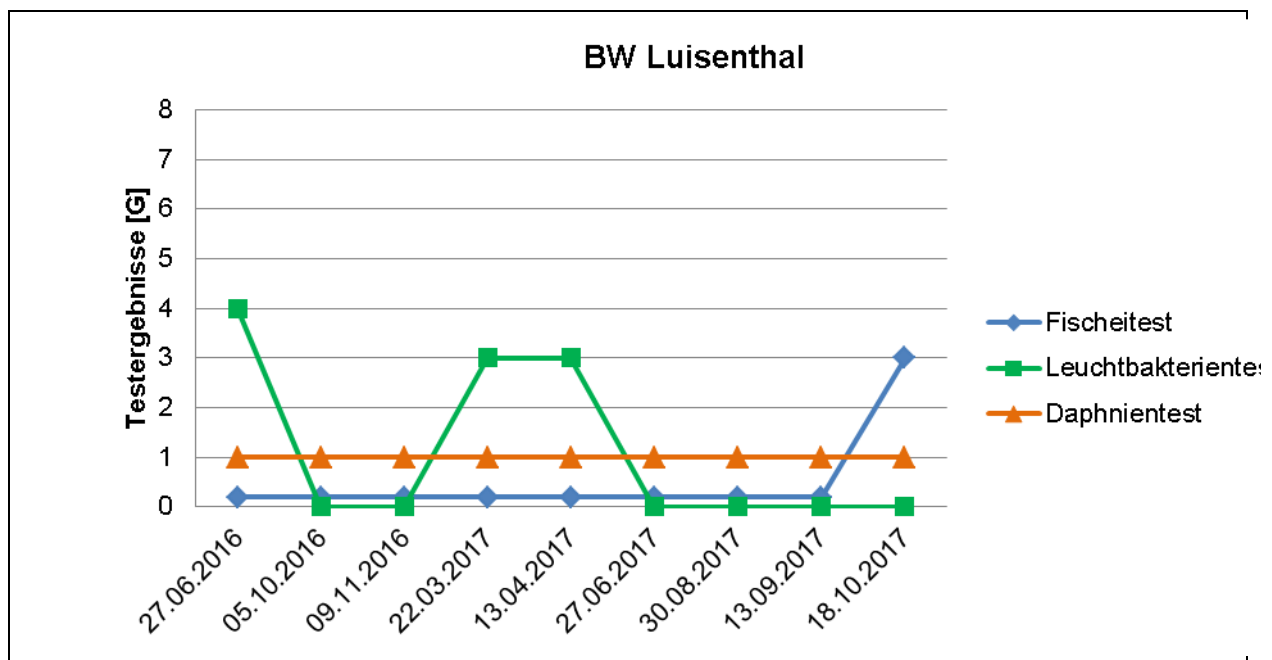


Abb. 8.3: Toxizitätsergebnisse vom Grubenwasser des Bergwerks Luisenthal (G=Verdünnungsstufen)

8.4 Bergwerk Reden

Das Grubenwasser des Bergwerks Reden zeigte im Leuchtbakterientest einmal eine mäßig toxische, 5-mal eine gering toxische und 4-mal keine toxische Wirkung. Im Fischeitest und im Daphnientest konnte keine toxische Wirkung gegenüber den Testorganismen festgestellt werden. Die Ergebnisse sind in Abb. 8.4 dargestellt.

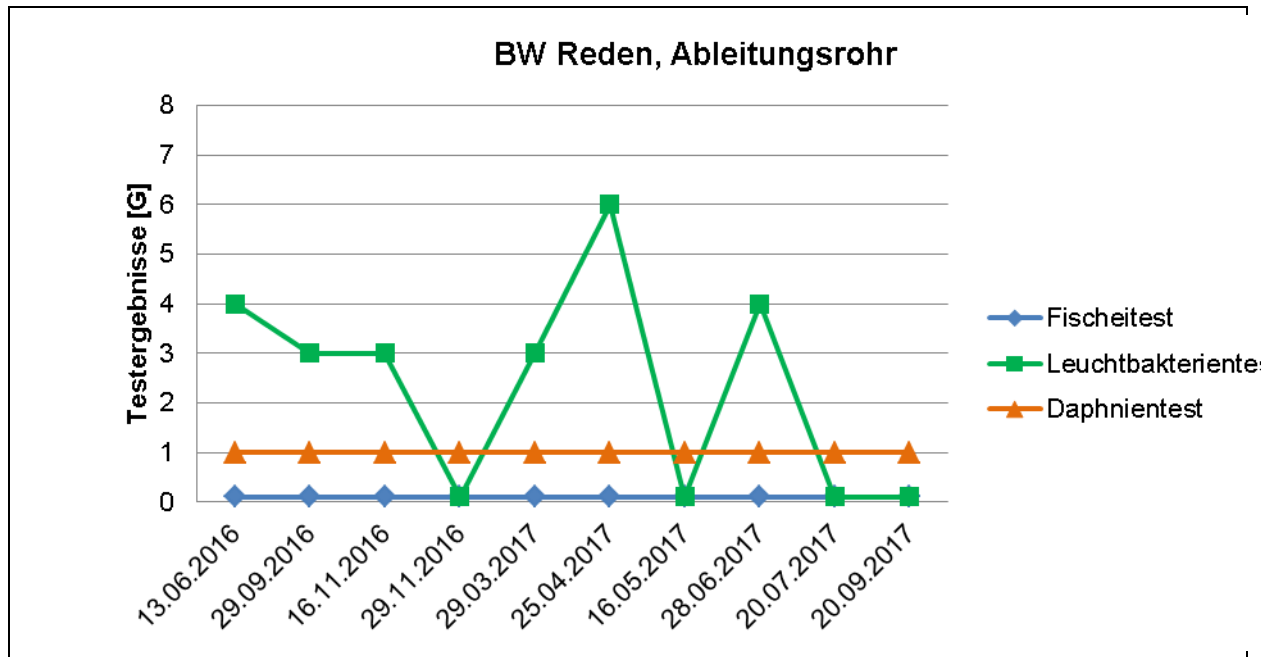


Abb. 8.4: Toxizitätsergebnisse vom Grubenwasser des Bergwerks Reden (G=Verdünnungsstufen)

8.5 Bergwerk Victoria

Das Grubenwasser des Bergwerks Victoria zeigte im Leuchtbakterientest 5-mal eine erhöht toxische, einmal eine mäßig toxische und 3-mal keine toxische Wirkung gegenüber dem Testorganismus. Im Daphnientest ist nur einmal eine sehr gering toxische Wirkung nachgewiesen worden. Die Ergebnisse sind in Abb. 8.5 dargestellt.

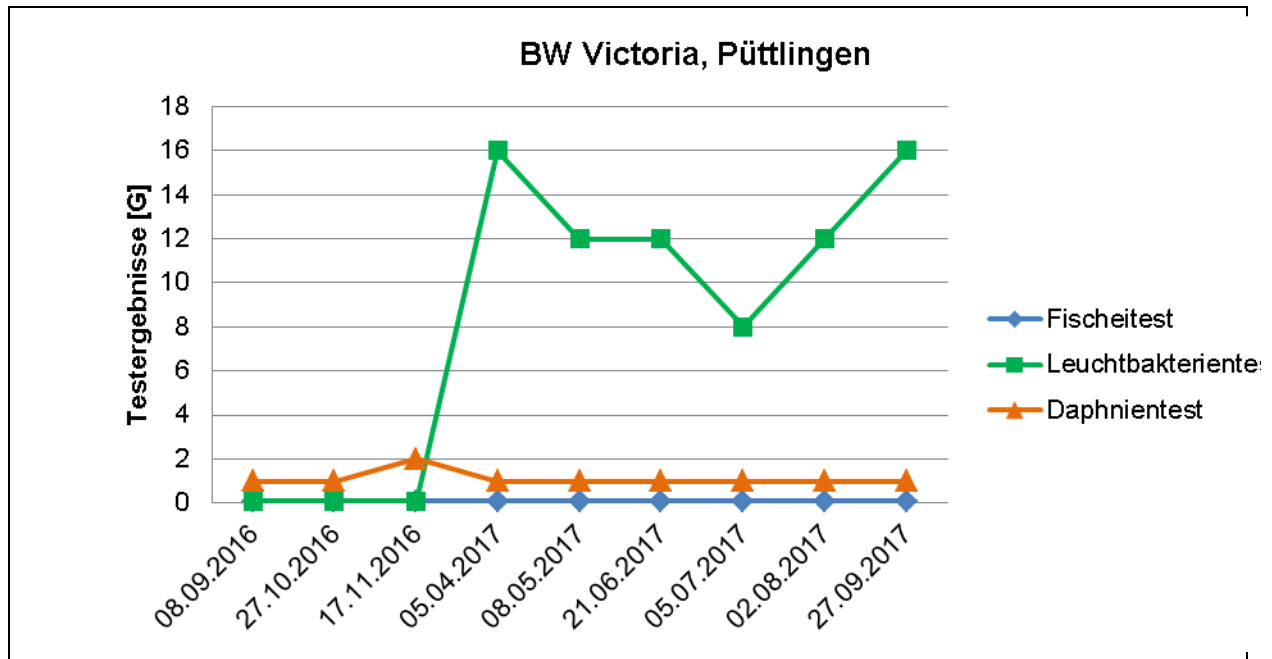


Abb. 8.5: Toxizitätsergebnisse vom Grubenwasser des Bergwerks Victoria (G=Verdünnungsstufen)

8.6 Gewässer Fischbach

Das Wasser des Oberflächengewässers Fischbach in der Ortschaft Fischbach zeigte im Leuchtbakterientest 3-mal eine mäßig toxische, 2-mal eine gering toxische und einmal keine toxische Wirkung gegenüber dem Testorganismus. Im Fischeitest und im Daphnientest konnte keine toxische Wirkung gegenüber den Testorganismen festgestellt werden. Die Ergebnisse sind in Abb. 8.6 dargestellt.

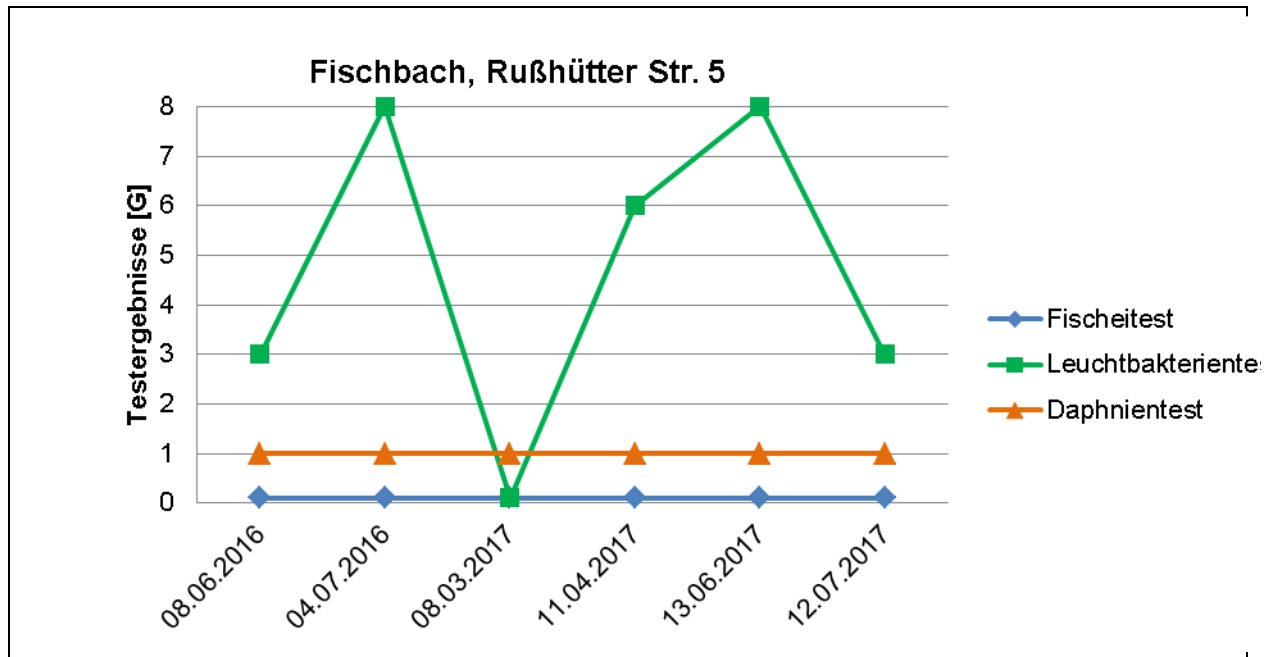


Abb. 8.6: Toxizitätsergebnisse des Oberflächengewässers Fischbach im Ort Fischbach (G=Verdünnungsstufen)

8.7 Gewässer Köllerbach

Das Wasser des Oberflächengewässers Köllerbach in der Ortschaft Völklingen zeigte im Leuchtbakterientest einmal eine gering toxische und 5-mal keine toxische Wirkung gegenüber dem Testorganismus. Im Fischeitest und im Daphnientest konnte keine toxische Wirkung gegenüber den Testorganismen festgestellt werden. Die Ergebnisse sind in Abb. 8.7 dargestellt.

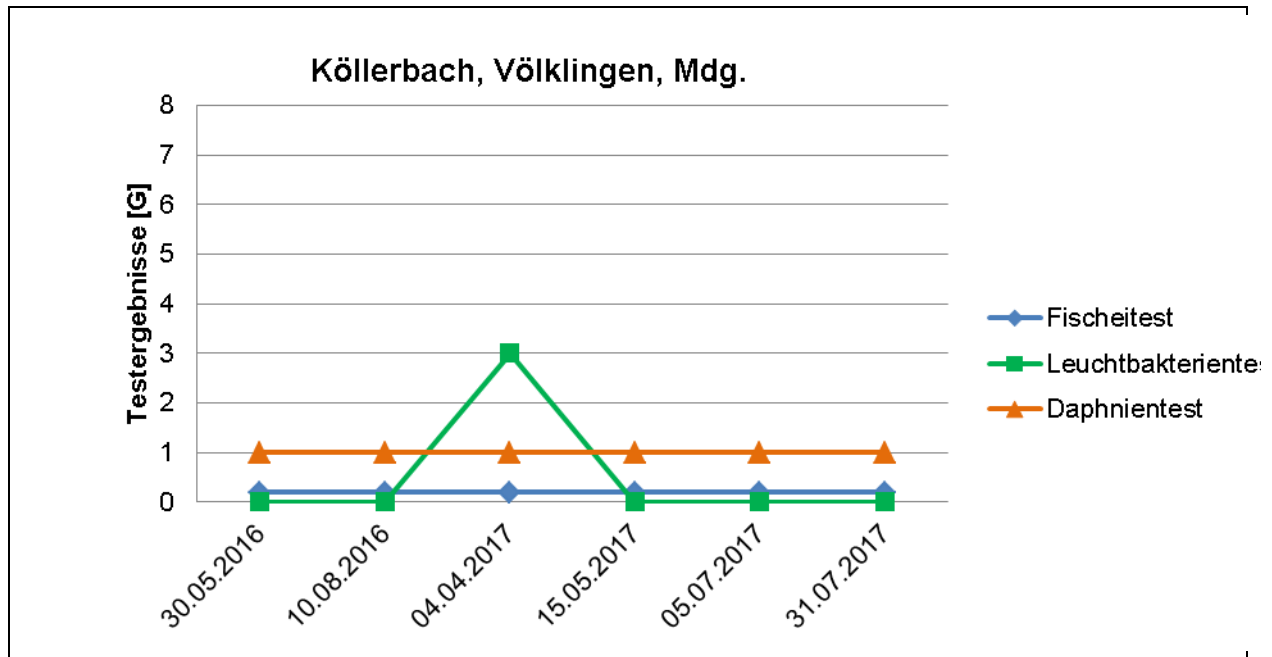


Abb. 8.7: Toxizitätsergebnisse des Oberflächengewässers Köllerbach in Völklingen (G=Verdünnungsstufen)

8.8 Gewässer Sinnerbach

Das Wasser des Oberflächengewässers Sinnerbach in der Ortschaft Sinnerbach, unterhalb der Grube Reden zeigte in keinem Biotest eine toxische Wirkung. Die Ergebnisse sind in Abb. 8.8 dargestellt.

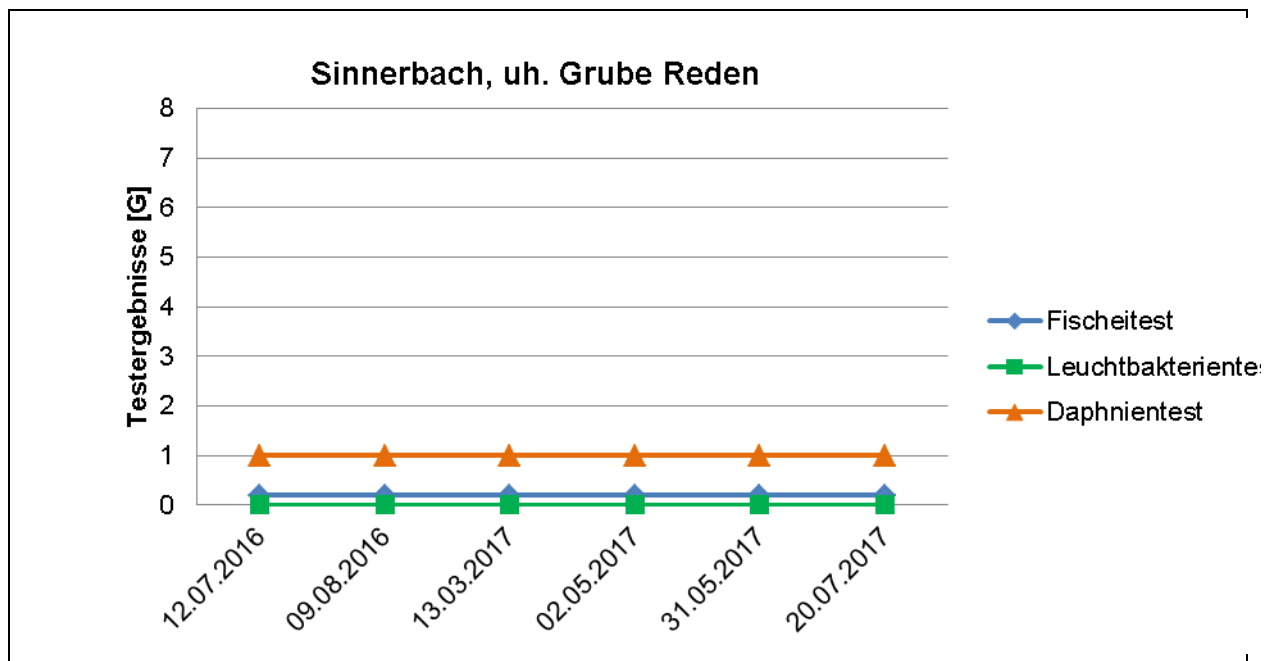


Abb. 8.8: Toxizitätsergebnisse des Oberflächengewässers Sinnerbach unterhalb der Grube Reden (G=Verdünnungsstufen)

Vorbemerkungen

KARL FENT (2013) erklärt die Toxizität wie folgt: „Grundsätzlich ist die Wirkung von Umweltchemikalien abhängig von der Dosis resp. Konzentration.“ Tritt im Test eine negative Veränderung beim Organismus auf, spricht man von Toxizität oder toxischer Reaktion. Akute Wirkungen treten innerhalb kurzer Zeit auf, chronische erst nach einer längeren Periode.“ Die akute Toxizität wird in allen drei hier vom LUA angewandten genormten Biotests gemessen. Dies bedeutet, dass nach kurzer Expositionszeit gemessen wird; beim Leuchtbakterientest beträgt die Expositionszeit 30 Minuten, beim Daphnientest 24 Stunden und beim Fischeitest 48 Stunden. Diese Biotests zeigen die Gesamtheit der toxikologischen Auswirkungen aller Inhaltsstoffe einer Probe. Proben können durch Summationseffekte selbst dann toxisch sein, wenn die Konzentrationen einzelner Inhaltsstoffe völlig unkritisch unterhalb der NOEC-Werte (No Observed Effect Concentration) liegen. Aus diesem Grunde ist es im Regelfall auch nicht möglich, durch Analytik von Einzelsubstanzen zweifelsfrei die Ursache der Toxizität der Gesamtprobe, die immer ein Stoffgemisch darstellt, zu identifizieren.

Nach FENT geben wirkungsbezogene Biotests auch Hinweise darauf, dass analytisch nicht erfasste Substanzen (wegen des limitierten analytischen Fensters) toxikologische Wirkungen haben. Die Wirkungen verschiedener Inhaltsstoffe können sich addieren, aber es können auch synergistische und antagonistische Wechselwirkungen auftreten, sodass die Kombinationseffekte kleiner, aber auch deutlich größer sein können als nur beim additiven Verhalten.

Da im **Grubenwasser** eine Chemikalienmischung von organischen Verbindungen, hohen Konzentrationen an Salzen, verschiedenen Schwermetallen und teilweise auch freien Sulfiden vorliegt, ist davon auszugehen, dass additive Wirkungen oder synergistische Wechselwirkungen auftreten.

Die Ergebnisse unserer Biotests zeigen, dass die Toxizität der in den jeweiligen Bergwerken gehobenen Grubenwässer unterschiedlicher Natur sein dürfte. So wird in Camphausen eine durchgehend erhöhte bis sehr hohe Toxizität gegenüber den Leuchtbakterien festgestellt, während die beiden anderen Biotests kein toxisches Ergebnis zeigen. Dahingegen wird im Bergwerk Duhamel Ens Dorf nach monatelangen unkritischen Ergebnissen plötzlich ein Anstieg der Toxizität beim Daphnien- und Fischeitest nachgewiesen, während der Leuchtbakterientest keine Toxizität anzeigt. Grundsätzlich ist von unseren akuten Biotests der Leuchtbakterientest etwas sensibler. So zeigt er neben Camphausen auch in den Bergwerken Luisenthal, Victoria Püttlingen und Reden, wenn auch unre-

gelmäßig, erhöhte Toxizitätswerte, während nur bei Luisenthal einmalig eine toxische Wirkung durch den Fischeitest nachgewiesen wird, und der Daphnientest im Regelfall bei allen genannten Bergwerken unkritische Ergebnisse zeigt.

Aus der Unregelmäßigkeit der Ergebnisse ist zunächst einmal zu folgern, dass toxische Gemische im Grubenwasser unvorhersehbar auftreten und deshalb negative Einzelproben keinerlei Aussagekraft haben. Zusätzlich kann sich auch der Grad der Toxizität innerhalb eines Bergwerkes kurzfristig sehr stark unterscheiden. Wahrscheinliche Ursache beider Effekte könnten unterschiedliche Stoffgemische aufgrund andersartiger Zuströme der Grubenwässer in den unterschiedlichen Bergwerken sein.

Vergleicht man die Ergebnisse der Toxizitätstests der Grubenwässer mit denen der von ihnen beaufschlagten kleineren Vorflutern Fischbach, Köllerbach und Sinnerbach, so kann folgendes festgehalten werden:

Die höchsten Toxizitäten im **Oberflächenwasser** werden am Fischbach unterhalb der Einleitung des Grubenwassers des Bergwerks Camphausen durch den Leuchtbakterientest angezeigt. Dieser Test hatte bereits im Grubenwasser deutlich angeschlagen. Hier wird das Grubenwasser, nachdem es eine Ozonierung erfahren hat, direkt in den Fischbach eingeleitet, und die Messstelle im Fischbach befindet sich unmittelbar unterhalb der Einleitung nach Durchmischung mit dem Bachwasser.

Das Bergwerk Reden entwässert hingegen über eine Teichkette (Wassergärten Reden) in den Sinnerbach (Klinkenbach). Die Messung im Bachwasser unterhalb der Einleitung zeigt trotz zeitweise mäßiger Toxizität des Grubenwassers durchgehend keine toxischen Ergebnisse.

Ähnlich ist es am Köllerbach, welcher Wasser der Grube Viktoria aufnimmt. Hier ist die Messstelle im Bach allerdings zur Mündung verschoben. Im Köllerbach wurde jedoch am 04.04.2017 eine mäßige Toxizität, die mit der im gleichen Zeitraum erhöhten Toxizität im Grubenwasser des Bergwerkes Victoria korrespondiert, festgestellt.

Aus diesen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass im unmittelbaren Einleitungsbereich von Grubenwasser sich ggf. vorhandene toxische Effekte, abgeschwächt durch die Verdünnung durch den Vorfluter, auch im Oberflächengewässer zeigen (Fischbach, Köllerbach). Werden Grubenwässer über Teichketten (Bsp.: Reden -> Sinnerbach) eingeleitet, so werden in den beaufschlagten Vorflutern auch keine Toxizitäten gemessen.

Im Rahmen eines Sondermessprogramms des LUA wurden in den Jahren 2016 und 2017 die saarländischen Gruben Reden, Camphausen, Duhamel Ensdorf, Luisenthal und Victoria Püttlingen sowie die vom Grubenwasser beaufschlagten kleineren Bäche Sinnerbach, Fischbach und Köllerbach intensiv chemisch und ökotoxikologisch untersucht. Insgesamt wurden gut 6.800 Einzelmessungen in der Wasserphase durchgeführt, die zusammen mit den etwa 4.200 Schwebstoffanalysen in einem gesonderten Anlagenband dokumentiert sind.

Der vorliegende Bericht fasst im **Teil A** die Ergebnisse der **Schwebstoffmessungen** mit **Schwerpunkt PCB** zusammen.

In den Jahren 2016-2017 wurden summarisch 33.422.755 m³ Grubenwasser abgepumpt und in die Vorfluter eingeleitet. Den weitaus größten Anteil hat Reden mit etwa 72%, gefolgt von Victoria Püttlingen (10%), Camphausen (9,3%), Duhamel Ensdorf (6,8%) und Luisenthal (1,4%).

Die Grubenwässer der Gruben Reden und Camphausen sind am stärksten mit den für den bergbautypischen niederchlorierten PCB 28 und 52 belastet. Maximal werden Schwebstoffbelastungen bis etwa 310 µg/kg S bei PCB 28 (Reden: 2016) bzw. etwa 460 µg/kg S beim PCB 52 (Camphausen 2017) im Jahresmittel gemessen. Bei den übrigen untersuchten Gruben Duhamel, Victoria Püttlingen und Luisenthal sind die PCB-Belastungen der Schwebstoffe des Grubenwasser deutlich geringer, sie übersteigen selbst unverdünnt die Umweltqualitätsnorm der OGewV von 20 µg/kg S im Oberflächengewässerbereich nur leicht oder gar nicht. In Luisenthal steigen nach einem unkritischen Jahr 2016 die PCB-Gehalte der höherchlorierten PCB 138 bis 180 auf über 80 µg/kg S an. Von den durch den Bergbau beaufschlagten kleineren Bächen weisen der Sinnerbach (Wasser der Grube Reden) und der Fischbach (Wasser der Grube Camphausen) in beiden Jahren deutliche Überschreitungen der UQN zumindest beim bergbautypischen PCB 52 um den Faktor 3,5 bis 7 auf. Diese Überschreitungen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit dem Bergbau zuzuordnen.

Die Schwebstoffgehalte sind in den Grubenwässern im Vergleich zu Oberflächengewässern gering, wobei die Gruben große Unterschiede zeigen.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Schwebstoffgehalte sind die Frachten, der an die Schwebstoffe gebundenen Stoffe trotz der großen Wassermengen ebenfalls eher gering. Es werden summarisch von allen Bergwerken im Jahr

2016 etwa 17,5 g Indikator-PCB, im Jahr 2017 etwa 11 g Indikator-PCB aus den Gruben in Oberflächengewässer des Saarlandes abgeleitet. Die Frachtberechnungen sind dabei mit großen Unsicherheiten behaftet und daher als Schätzungen zu verstehen. Neben den PCB binden auch die PAK gut an Schwebstoffe. In Anlehnung an vergleichbare Auswertungen in Hessen und Rheinland-Pfalz wurden die Schwebstoffbelastungen deshalb in Wasserphase umgerechnet und mit der UQN verglichen. Es zeigt sich, dass beim Benzo(a)pyren im Wasser der Gruben Reden bzw. Camphausen um maximal den Faktor 3 überschritten werden. Die beaufschlagten kleineren Vorfluter zeigen durchgehend Überschreitungen beim Benzo(a)pyren, teils auch Fluoranthen. Diese Überschreitungen sind nicht sicher dem Bergbau zuzuordnen, da PAK im Oberflächengewässerbereich annähernd ubiquitär vorkommen. Die PAK-Frachten sind ebenfalls sehr gering und liegen summarisch bei etwa 49 g im Jahr 2016 und etwa 17 g im Jahr 2017.

Von den gesetzlich in der OGewV geregelten Schwermetallen überschreitet Zink in allen Grubenwässern die Schwebstoffnorm für Oberflächengewässer, Kupfer im Regelfall (Ausnahme Duhamel) und Arsen nur bei Duhamel. Von den durch Grubenwasser beaufschlagten kleineren Vorfluter wird die UQN für Zink im Sinnerbach überschritten, die übrigen Vorfluter Fischbach und Köllerbach zeigen beim Zink signifikante Belastungen ($> \frac{1}{2}$ UQN). Für Arsen zeigt auch der Sinnerbach im Jahr 2016 eine signifikante Belastungen, der Fischbach beim Kupfer im gleichen Jahr, die übrigen Werte liegen unterhalb $\frac{1}{2}$ UQN.

Es gibt weitere an Schwebstoffen gebundene aber nicht gesetzlich geregelte Schwermetalle, die jedoch entweder in der Wasserphase als prioritäre Schadstoffe gelten, wie Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber und ihre Verbindungen, oder als bergbautypisch gelten, wie Barium. Für diese Stoffe wurden ersatzweise UQN oder Zielvorgaben (ZV) der LAWA oder aus dem Hintergrundpapier Steinkohle des Saarlandes und NRW herangezogen, die jedoch ebenfalls nur im Oberflächengewässerbereich Gültigkeit haben. Außer in Camphausen zeigen die Schwebstoffe aller Gruben Überschreitungen der genannten UQN bzw. ZV für Cadmium. Blei wird in Luisenthal und Victoria Püttlingen mindestens in einem Jahr überschritten, Nickel in Reden und Victoria Püttlingen in beiden Jahren. Barium und Quecksilber zeigen keine Überschreitungen dieser Umweltnormen. Von den vom Grubenwasser beaufschlagten kleineren Vorflutern werden alle UQN bzw. ZV eingehalten. Sinnerbach und Köllerbach zeigen signifikante Belastungen bei Barium, Fischbach und Köllerbach mindestens in einem Jahr bei Blei, der Fischbach auch bei Nickel. Ein direkter Zusammenhang zwi-

schen diesen Belastungen im Oberflächengewässerbereich und den Schwebstoffbelastungen im Grubenwasser kann nicht in jedem Fall abgeleitet werden.

Für alle Parameter der **Wasseranalysen** wurden im vorliegenden Bericht im Teil B die jeweiligen Jahresmittelwerte und die Maximalwerte berechnet. Diese bilden die Grundlage für den Vergleich mit verschiedenen Wasser-Qualitätsnormen. Der Vergleich der Gruben untereinander zeigt, dass Reden prinzipiell die niedrigsten und Duhamel Ens Dorf prinzipiell die höchsten Belastungen aufweist.

Die von den Gruben Reden, Camphausen und Victoria Püttlingen direkt beaufschlagten Bäche Sinnerbach, Fischbach und Köllerbach zeigen vor dem Hintergrund der Oberflächengewässerverordnung und weiteren Umweltqualitätsnormen zahlreiche Überschreitungen. Diese sind bei den bergbautypischen Stoffen überwiegend bis wesentlich durch die Grubenwassereinleitungen verursacht. Die Verhältnisse am Sinnerbach sind am deutlichsten, während der Fischbach und der Köllerbach noch weitere Beeinträchtigungen aus den jeweiligen Einzugsgebieten aufweisen, wobei das Kraftwerk Weiher und die Kläranlagen als Emittenten an erster Stelle zu beachten sind. Aus diesem Grunde sind auch die Überschreitungen der UQN bei den Nährstoffen im Regelfall nicht auf die Grubenwassereinleitungen zurück zu führen.

Ökotoxikologische Untersuchungen: Einzelne Grubenwässer zeigen sehr hohe bis hoch toxische Wirkungen im Leuchtbakterientest, andere mäßig toxische bzw. gering toxische Wirkungen im Daphnien- oder Fischeitest. Die Intensität der toxischen Wirkung ist nicht gleichbleibend und schwankt im Untersuchungsverlauf stark. Unauffällige Messergebnisse über etwa ein Jahr können von deutlich toxischen Ergebnissen gefolgt werden. Offenbar ändert sich die Toxizität mit der Zusammensetzung des Grubenwassers und ist deshalb aufgrund der vielfältigen Mischungsmöglichkeiten im Bergwerk aus Sicht des LUA zunächst einmal unvorhersehbar.

Die Proben aus Oberflächengewässern zeigen im Fischbach mäßig toxische Wirkung und im Köllerbach gering toxische Wirkung. Die anderen durch Grubenwasser beaufschlagten Oberflächengewässer zeigen keine toxische Wirkung. Diese Ergebnisse lassen sich aus unserer Sicht einerseits auf Verdünnungseffekte durch das beaufschlagte Bachwasser, andererseits durch ein Absetzen toxischer Stoffe oberhalb der Einleitung zurückführen.

11 Referenzen

- Bericht 2.4-2011-07 (2011): Aktuelle PCB-Belastungen von Schwebstoffen und Fischen in Saarländischen Fließgewässern.- unveröff. Bericht am LUA des Saarlandes, Fachbereich 2.4, Saarbrücken.- (Erstelldatum: 22.11.2011): 37 S. + 3 Anl.
- DVWK - Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (1996): Aussagekraft von Gewässergüteparametern in Fließgewässern - Teil II: Summenparameter für Kohlenstoffverbindungen und sauerstoffverbrauchende Substanzen, Mineralstoffe, Organische Schadstoffe, Hygienische Kennwerte Teil III: Hinweise zur Probenahme für physikalisch-chemische Untersuchungen.- Merkblätter zur Wasserwirtschaft 228: 70 S.
- Fent, K. (2013): Ökotoxikologie, 4. Auflage, Stuttgart
- HLNUG (2018): Operatives Monitoring von Gewässerschwebstoffen Monitoring von Metallen, PCBs, Zinnorganika und PAK in Schwebstoffen.- <online>
<https://www.hlnug.de/themen/wasser/fliessgewaesser/fliessgewaesser-chemie/spurenstoffe/operatives-monitoring-von-gewaesserschwebstoffen.html>
- IKSR - Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2016): Stoffdatenblatt - Kupfer.- IKSR-Bericht 234d: 66 S., Koblenz.
- Krebs, F. (2011): BfG-Merkblatt „Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung“ Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 11 S.
- LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1998): Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer. Ableitung und Erprobung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Quecksilber und Zink, Stand: 1997.- Oberirdische Gewässer - Konzepte und Strategien **Band II**: 23 S. + 2 Anl., Berlin.
- LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1999): Fließgewässer der Bundesrepublik Deutschland - Schwebstoffuntersuchungen Bestandsaufnahme Stand 1996.- Oberirdische Gewässer - Empfehlungen 88 S. + Anl. (Karte), Schwerin.
- LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2002): AQS-Merkblatt P-8/4 "Probenahme von Schwebstoffen und Sedimenten" (Mai 2002) zu den Rahmenempfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für die Qualitätssicherung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen.- 19 S., Berlin.
- LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2003): Ermittlung von Stofffrachten in Fließgewässern - Probenahmestrategien und Berechnungsverfahren.- 62 S. + Anl.
- LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser - Expertenkreis Stoffe (2010): Stoffdatenblatt Aluminium-Kation (14903-36-7) Stand: 15.03.2010.- 15 S.
- LfU - Landesamt für Umwelt (2017): Schwebstoffe 2015 - Vergleich der Untersuchungen an Schwebstoffen an den Probenahmestellen Mainz/Rhein, Palzem/Mosel, Kanzem/Saar, Grolsheim/Nahe, Lahnstein/Lahn und Ingelheim/Selz sowie den Probenahmestellen Freusburger Mühle und Fürthen (beide an der Sieg) sowie Bobenheim-Roxheim/Isenach und Kleinniedesheim /Eckbach im Jahr 2015.- 32 S., Mainz.
- LUA - Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz (2015): Bericht der AG „PCB-Monitoring“ Stand November 2015.- 29 S., Saarbrücken.
- LUA - Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz (2017a): Bericht der AG „PCB-Monitoring“ Stand

- Dezember 2016 - 1. Fortführung des Berichtes vom November 2015 (Erstelldatum: 03.03.2017).- 13 S., Saarbrücken.
- LUA - Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz (2017b): Bericht der AG „PCB-Monitoring“ Stand Dezember 2016 - 1. Nachtrag (Erstelldatum: 05.10.2017).- 15 S., Saarbrücken.
- MKUNLV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2015): Hintergrundpapier Steinkohle zum Bewirtschaftungsplan 2016-2021 für die nordrhein-westfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems und Maas.- 57 S., Düsseldorf.
- MUV – Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz & LUA – Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz (2015): Methodenhandbuch für das Saarland Vers. 2: Anhang VI zum 2. Bewirtschaftungsplan des Saarlandes.-125 S., Saarbrücken
- MUV - Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2018): Hintergrundpapier Bergbau zum 2. Bewirtschaftungsplan 2016-2021 zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) im Saarland Stand: 07.12.2017 -ENTWURF.- 53 S. + 1 Anl., Saarbrücken.
- StUA Hagen (2003): Leitfaden zur Schwebstoffgewinnung mittels Durchlaufzentrifuge (Entwurf).- 23 S., Hagen
- UBA - Förderkennzeichen (UFOPLAN) 202 24 276 (2003): Entwicklung von Umweltqualitätsnormen zum Schutz aquatischer Biota in Oberflächengewässern.- Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 293 S., Berlin.
- UBA (2005): Richtlinie zur Probenahme und Probenbearbeitung Schwebstoff (Entwurf).- Verfahrensrichtlinien für Probenahme, Transport, Lagerung und chemische Charakterisierung von Umwelt- und Humanorganproben Stand: November 2005 12 S. + Anl.
- UBA - Umweltbundesamt (2015): Revision der Umweltqualitätsnormen der Bundes-Oberflächengewässerverordnung nach Ende der Übergangsfrist für Richtlinie 2006/11/EG und Fortschreibung der europäischen Umweltqualitätsziele für prioritäre Stoffe.- Texte 47/2015: 197 S., Berlin.

Normen, Verordnungen und Gesetze

- AQS (2000): Merkblatt zu den Rahmenempfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für die Qualitätssicherung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen - Bestimmung der nicht akut giftigen Toxizität von Abwasser gegenüber Daphnien über Verdünnungsstufen (DIN 38412 – L30) P-9/2 - (02/00): 13 S.
- AQS (2010): Merkblatt zu den Rahmenempfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für die Qualitätssicherung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen - Bestimmung der Hemmwirkung von Wasserproben auf die Lichtemission von *Vibrio fischeri* – (Leuchtbakterientest) Verfahren mit flüssig getrockneten Bakterien (DIN EN ISO 11438-2: 2009-05) P-9/8 - (04/10): 9 S.
- AQS (2016): Merkblatt zu den Rahmenempfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für die Qualitätssicherung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen - Bestimmung der akuten Toxizität von Abwasser auf Zebrafisch-Eier (*Danio rerio*) (DIN EN ISO 15088: 2009-06)“ P-9/10 - (01/16): 16 S.

- DIN 38402-24 Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Allgemeine Angaben (Gruppe A) - Teil 24: Anleitung zur Probenahme von Schwebstoffen (A 24) .- Beuth Verlag
- DIN 38 412 – L 11: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L) - Bestimmung der Wirkung von Wasserinhaltsstoffen auf Krebstiere (Daphnien-Kurzzeittest) (L 11), Ausgabedatum: 1982, 10 S.
- DIN 38 412 – L 30: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L) - Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Daphnien über Verdünnungsstufen (L 30), Ausgabedatum: 1989-03, 9 S.
- DIN EN ISO 11348-2-L 52: Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der Hemmwirkung von Wasserproben auf die Lichtemission von *Vibrio fischeri* (Leuchtbakterientest) – Teil 2: Verfahren mit flüssig getrockneten Bakterien (ISO 11348-2:2007); Deutsche Fassung EN ISO 11348-2:2008.- Beuth Verlag, Mai 2009, 32 S.
- DIN EN ISO 15088-T6: Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der akuten Toxizität von Abwasser auf Zebrafisch-Eier (*Danio rerio*) (ISO 15088:2007); Deutsche Fassung EN ISO 15088:2008.- Beuth Verlag, Juni 2009, 16 S.
- EG (2001): Liste prioritärer Stoffe - Anhang X "ENTSCHEIDUNG Nr. 2455/2001/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 20. November 2001 zur Festlegung der Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG.- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 331: 5 S.
- ISO 5667-17; 2000 Wasserbeschaffenheit - Probennahme - Teil 17: Anleitung zur Probennahme suspendierter Stoffe, Beuth Verlag
- RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABL. L 327 vom 22.12.2000, S. 1).- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327: 1-72
- RICHTLINIE 2006/11/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 15. Februar 2006 betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer der Gemeinschaft (kodifizierte Fassung)
- RICHTLINIE 2008/105/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG
- RICHTLINIE 2013/39/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik
- Saarland (2015): 2. Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 der Richtlinien 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000.-: 195 S. + Anh. I, II, IV
- Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV) - Ausfertigungsdatum: 20.06.2016 (BGBl. I S. 1373).- Bundesgesetzblatt 28(Teil 1): 1373-1443