

INHALTSVERZEICHNIS

I	Einleitung	4	3	Vorgehensweise	10
1	Das Projekt	4	4	Abfluss.....	10
1.1	Generelle Rahmenbedingungen	4	4.1	Abflussdaten und Pegelstandorte	10
1.2	Zielsetzung	5	4.2	Abfluss-Bilanzierung	10
1.3	Themenverwandte Vorarbeiten	5	5	Geländearbeit	11
2	Das Arbeitsgebiet.....	6	5.1	Probenentnahme: Ort und Zeitrahmen	11
2.1	Allgemeine Gliederung des Rheineinzugsgebietes.....	6	5.2	Probenentnahme: Vorgehensweise und Konservierung	12
2.2	Entstehung des Rheinsystems.....	6	5.3	Erfassung der Rahmenparameter	12
2.3	Dimensionen.....	6	6	Labor.....	13
2.4	Gebietsbeschreibung (Quellgebiet, Längsprofil und Teil-Einzugsgebiete).....	6	6.1	ICP-MS-Analyse	13
2.4.1	Quellgebiet.....	6	6.1.1	Konzentrationsangaben.....	13
2.4.2	Längsprofil.....	6	6.2	Stabile Isotope.....	13
2.4.3	Teil-Einzugsgebiete	8	6.2.1	Sauerstoff-Isotopie ($\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$).....	13
2.4.3.1	Wichtige Nebenflüsse und der Bodensee.....	9	6.2.2	Kohlenstoff-Isotopie ($\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$).....	13
2.5	Klima	10	7	Berechnungsmethoden.....	13
II	Methodik	10	7.1	Berechnung des $\delta^{13}\text{C}$ -Wertes für gasförmiges CO_2 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2\text{g}}$)	13
			7.2	Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	14
			7.2.1	Berechnung der Stoffmengen- Konzentrationen	14

7.2.2	Berechnung des CO ₂ -Gehaltes nach dem Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht.....	15	11.4	Das aquatische Kohlenstoff-Budget des Bodensee-Systems.....	47
7.2.3	Berechnung des pH-Gleichgewichtes.....	15	11.4.1	Gelöster anorganischer Kohlenstoff.....	47
7.2.4	CO ₂ -Sättigung und Kalziumkarbonat-Sättigungsindex (SI CaCO ₃).....	15	11.4.1.1	Alpinen Zuflüsse.....	47
7.2.5	Berechnung des aquatischen CO ₂ -Partialdruckes (pCO ₂).....	16	11.4.1.2	Der Bodensee: Obersee, Profil „Seemitte“.....	48
III	Ergebnisse und Diskussion.....	16	11.4.1.3	Der Hochrhein (Bodensee-Abfluss).....	50
8	Abfluss-Budget des Rheinsystems.....	16	11.4.2	Kohlenstoff-Quellen und Umsatz.....	51
8.1	Abflussmenge und Schüttungsraten des Rheins.....	16	11.5	Das aquatische Kohlenstoff-Budget des oberen Niederrheins.....	53
8.2	Hochwassersituation.....	16	11.5.1	Gelöster anorganischer Kohlenstoff des oberen Niederrheins.....	53
8.3	Aktuelle Abfluss-Entwicklung des oberen Niederrhein.....	17	11.5.1.1	HCO ₃ ⁻ Konzentration.....	53
8.4	Die alpine Abflusskomponente.....	17	11.5.1.2	CO ₃ ²⁻ -Konzentrationen des Rheinwassers.....	54
8.5	Die nicht-alpine Abflusskomponente.....	18	11.5.1.3	CO ₂ -Partialdruck (pCO ₂).....	54
8.6	Der Niederrhein als Mischsystem seiner Abfluss-Komponenten.....	19	11.5.1.4	pH-Wert / CaCO ₃ -Sättigungsindex.....	54
9	Lösungsfracht („Total Dissolved Solids“).....	20	11.5.1.5	δ ¹³ C _{DIC} Variationen.....	54
9.1	Lösungsfracht des Rheinsystems (Oberer Niederrhein, Mosel, Bodensee).....	20	11.5.2	Kohlenstoff-Quellen und Umsatz.....	54
9.2	Hauptelemente (Na, Mg, K, Ca).....	21	11.5.3	Saisonale Variationen des DIC am oberen Niederrhein.....	57
9.3	Spurenelemente.....	22	IV	Schlussbetrachtung und Synthese.....	58
9.3.1	Spurenelemente der Alkali-Reihe.....	23	12	Schlussbetrachtung.....	58
9.3.2	Spurenelemente der Erdalkali-Reihe.....	23	12.1	Das Mosel-System.....	59
9.3.3	Aluminium und Schwermetalle.....	24	12.2	Das Bodensee-System.....	59
9.3.4	Metalloide.....	26	12.3	Das Niederrhein-System.....	60
9.4	Korrelation liefergebietsspezifischer Elementkonzentrationen.....	26	13	Synthese.....	61
9.5	Abfluss- und ereignisbezogene Konz.-Verläufe gelöster Elemente.....	29	14	Dank.....	67
10	Sauerstoff-Isotopenverhältnisse (δ ¹⁸ O _{H2O}).....	32	V	Literatur und Anhang.....	68
10.1	Grundlagen zu Isotopenfraktionierungen meteorischer Wässer.....	32	15	Literatur.....	68
10.2	δ ¹⁸ O-Verteilung der Niederschlagswässer Mitteleuropas.....	33	16	Anhang.....	71
10.3	Die Temperatur als Steuerungsfaktor für Isotopenfraktionierungen.....	35			
10.4	δ ¹⁸ O-Verteilung in Oberflächengewässern des Rheineinzugsgebietes.....	35			
10.5	δ ¹⁸ O-Verhältnisse ausgewählter Oberflächengewässer des Rheingebietes.....	36			
10.5.1	Saisonale δ ¹⁸ O-Entwicklung des Moselwassers.....	36			
10.5.2	δ ¹⁸ O-Verhältnisse des Bodensees und seiner alpinen Zuflüsse.....	37			
10.6	δ ¹⁸ O-Werte des oberen Niederrhein.....	38			
10.7	Der oberer Niederrhein: δ ¹⁸ O vs. Abfluss.....	39			
11	Gelöster anorganischer Kohlenstoff (DIC).....	39			
11.1	Kohlenstoff-Transfer in offenen und geschlossenen Systemen.....	40			
11.2	Kohlenstoff-Quellen.....	41			
11.3	Das aquatische Kohlenstoff-Budget der Mosel.....	43			
11.3.1	Gelöster anorganischer Kohlenstoff.....	43			
11.3.1.1	HCO ₃ ⁻ Konzentration.....	43			
11.3.1.2	CO ₃ ²⁻ -Konzentration des Moselwassers.....	43			
11.3.1.3	CO ₂ -Partialdruck des Moselwassers (pCO ₂).....	43			
11.3.1.4	pH-Wert / CaCO ₃ -Sättigungsindex.....	44			
11.3.1.5	δ ¹³ C _{DIC} - Variationen der Mosel.....	44			
11.3.2	Kohlenstoff-Quellen und Umsatz.....	45			