Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung des chemischen und ökologischen Zustandes des Rangsdorfer Sees einschließlich Kanalsystem Klein Venedig - Phase 2

Auftraggeber: Gemeinde Rangsdorf
Seebadallee 30
15834 Rangsdorf

Auftragnehmer: HYDOR Consult GmbH
Am Borsigturm 31
13507 Berlin

Bearbeitung: M. Sc. Geow. Philipp Wolke
Dipl.Geol. Dr. rer.nat. Stephan Hannappel

Berlin, 01.10 2021

Dr. S. Hannappel
Geschäftsführer HYDOR Consult GmbH

Sitz der Gesellschaft
PHÖNIX-Gründerzentrum
Am Borsigturm 31
13507 Berlin

Telekommunikation
Tel.: 030 - 4372 6730
Fax: 030 - 4372 6731
Internet: www.hydor..de

Geschäftsführer
Dr. Stephan Hannappel
hannappel@hydor.de
USt-IdNr.: DE220435515

Amtsgericht
Berlin-Charlottenburg
HRB 83961 B
St.-Nr. 30/356/31494

GLS-Bank
BIC: GENO DE M1 GLS
IBAN: DE 23 4306 0967 1101 21 8900

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis 4

Abbildungsverzeichnis 4

Verzeichnis des Anhangs 8

Verzeichnis der Beilage (nur digital als PDF) 8

1. Veranlassung und Zielsetzung 9

2. Fachliche und gesetzliche Grundlagen 10

2.1 Die Rolle von Nährstoffen in Aquatischen Ökosystemen 10

2.2 Relevante physikalische und chemische Prozesse in Seen in Bezug auf deren Nährstoffdynamik 10

2.3 Rechliche Grundlagen und Anwendung der Wasserrahmenrichtlinie und Oberflächenwasserverordnung 11

3. Charakterisierung des Untersuchungsgebiet 15

3.1 Geologie und Hydrogeologie des Untersuchungsgebiet 15

3.2 Hydrologie des Untersuchungsgebiets 21

3.3 Limnologie des Rangsdorfer Sees 21

3.4 Potentielle und ehemalige Belastungsquellen im Bereich des Rangsdorfer Sees 22

3.5 Maßnahmen zur Zustandsverbesserung des Rangsdorfer Sees 24

4. Messdaten des Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU) 26

4.1 Wasserstands- und Beschaffenheitsdaten der Grundwassermessstellen des LfU 26

4.2 Oberflächenwassermessstellen des LfU 28

4.2.1 Rangdorfer See 28

4.2.2 Fließgewässer und Gräben 37

5. Messkampagne 42

5.1 Konzeptionierung und Planung 42

5.1.1 Grundwasser 42

5.1.2 Messung des Zu- und Abflusses des Rangsdorfer Sees 43

5.1.3 Oberflächenwasser und Seesediment 49

5.1.4 Wasserisotopen als Tracer für Grundwasser-Oberflächenwasser-Interaktionen 50

5.2 Durchführung der Messkampagne 52

5.2.1 Messstellenbau und Grundwasserbeprobung 52

5.2.2 Durchflussmessungen an den Zu- und Abläufen des Rangsdorfer Sees 56
5.2.3 Seewasser- und Sedimentbeprobung 57
5.2.4 Durchführung der Isotopenanalysen 60
5.2.5 Funktionskontrolle der Nährstofffalle in der Krummen Lanke 60
6. Darstellung und Diskussion der Ergebnisse der Messkampagne 61
6.1 Grundwasser 61
6.1.1 Hydraulik 61
6.1.2 Hydrochemie 68
6.2 Durchflussmessungen 86
6.3 Beprobung des Rangsdorfer Sees 89
6.3.1 Seewasser 89
6.3.2 Sediment 93
6.4 Wasserisotope 97
6.5 Berechnung des Wasserhaushalts und der Phosphorbilanz 101
6.5.1 Wasserhaushaltsbilanzierung 101
6.5.2 Phosphorfracht 102
6.6 Funktionskontrolle der Nährstofffalle in der Krummen Lanke 107
7. Maßnahmen zur Zustandsverbesserung des Rangsdorfer See 109
7.1 Externe Maßnahmen Rangsdorfer See 109
7.1.1 Einleitung von Regenwasser vom BER 109
7.1.2 Einleitung von geklärtem Wasser aus der Kläranlage Waßmannsdorf 110
7.1.3 Phosphoreliminierung am Glasowbach 110
7.2 Interne Maßnahmen 110
7.2.1 Biomanipulation 110
7.2.2 Weitere Maßnahmen 111
8. Zusammenfassung und Schlussfolgerung 112
9. Literaturverzeichnis 115

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Probennahmepunkte der Entnahmekampagne im März 2021 mit Bezeichnung, Position, Wassertiefe und Intervall der Sedimentmischproben. 59

Tab. 2: Wasserstände über NHN in den beprobten Grundwassermessstellen, Sondierungen der Grundwasseroberfläche und des Rangsdorfer Sees. Rot eingefärbte Wasserstände befinden sich zum Messzeitpunkt unterhalb des Seespiegels. 61

Tab. 3: Grundwasserbilanz für ein Jahr, basierend auf dem hydraulischen Gradient bzw. der Durchflussrate in 4 Quartalen (Stichtagsmessungen September 2020 bis Juli 2021). 67

Tab. 4: Berechnung der Grundwasserbialnz des Rangsdorfer Sees für ein Jahr, basierend auf dem mittleren hydraulischen Gradient bzw. der Durchflussrate von den Stichtagsmessungen von September 2020 bis Juli 2021. 68

Tab. 5: Durchflussmengen der durchgeführten Einzelmessungen und Gesamtphosphor- und o-Phosphatkonzentration in den entnommenen Proben sowie Messungen des LfU Brandenburg (grün markiert) an den selben Messpunkten. 87

Tab. 6: Berechneter mittlerer Jahresdurchfluss und Durchflussvolumen des Glasowbachs an der Autobahnbrücke der A10, basierend auf durchgeführten Durchflussmessungen. Ebenfalls angegeben ist der durch das Modell ArcEGMO berechnete mittlere Durchfluss. 89

Tab. 7: Berechnete Abflüsse des Rangsdorfer See basierend auf Durchflussmessungen. Zusätzlich dargestellt sind die Modellierungsergebnisse des ArcEGMO Modells. 89

Tab. 8: Ergebnisse der Isotopenanalytik, mit Klassifizierung der Wässer. 100

Tab. 9: Berechnete Phosphorfracht für die gemittelten Jahresabflüsse und den mittleren Abfluss des Modells ArcEGMO. 103

Tab. 10: Auf Stichtagsmessungen basierte Berechnungen der ortho-Phosphatphosphoreintragsmengen an den Bereichen mit angenommenen Grundwasseraustausch, aggregiert zu 90 Tagesintervallen. Die Jahressumme bezieht sich auf die vier aktuellsten Intervalle. 104

Tab. 11: Gegenüberstellung der Phosphoreintragsmengen verschiedener Szenarien, bezogen auf ein Jahr, ... 104

Tab. 12: Übersicht über die primären Eintragsquellen in den Rangsdorfer See 105

Tab. 13. Mit dem MONERIS-Modell modelierte Phosphoreinträge in den Rangsdorfer See 106

Tab. 14: Ablaufqualität des Klärwerks Waßmannsdorf. Kennwerte der Laborwerte von 24-Stunden-Mischproben aus der Klarwasserstation (Monatsblätter der Eigenkontrolle) für 2019 (UBB 2020). 110

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schematische Darstellung der saisonalen thermischen Schichtung in einem ausreichend tiefen See mit den Bezeichnungen der Wasserschichten. 11

Abb. 2: Anforderungen an Gesamtphosphor und Sichttiefe für den guten ökologischen Zustand von verschiedenen Seetypen. Der Rangsdorfer See weist als natürlichen Referenzzustand den Seetyp 11.2 auf. ***Im sehr flachen Tiefland-Seetyp 11.2 (mittlere Tiefe ≤ 3 m) können im Referenzzustand und in weitgehend unbelasteten Seen Phosphorrücklösungsprozesse zu einem Ausscheren der Konzentrationen aus den beschriebenen Regelbereichen führen. 13

Abb. 3: HYK 50, Karte des ersten Grundwasserleiterkomplexes mit Grundwassergleichen (Hydrogeologische Karte des Landes Brandenburg 1:50 000 (HYK50)). 17

Abb. 4: Hydrogeologischer West-Ost-Schnitt der HYK 50 im südlichen Bereich des Rangsdorfer Sees (Hydrogeologische Karte des Landes Brandenburg 1:50 000 (HYK50)). 18

Abb. 5: Seesedimentmächtigkeit im Seebecken des Rangsdorfer See (Konsortium Rangsdorfer See 1992). 19

Abb. 6: Feinkornanteil am Seesediment (Guder 2003). 20

Abb. 7: Bathymetrische Karte des Rangsdorfer Sees. Die Skala auf der rechten Seite gibt die Wassertiefe in Metern an. 21
Abb. 8: Phosphoreinträge aus dem LfU -Brandenburg Steckbrief 2016 23
Abb. 9: Berechnete und tatsächlich erreichte Wassertiefe (in Dezimeter) der in der Krummen Lanke errichteten Nährstofffalle. 25
Abb. 10: Lage der Grund- und Oberflächenmessstellen des LfU. 27
Abb. 11: Schichtenverzeichniss und Ausbauplan der Messstelle Jühnsdorf 1/98. 29
Abb. 12: Schichtenverzeichniss und Ausbauplan der Messstelle Rangsdorf. 29
Abb. 13: Zeitlicher Verlauf der Grundwasserstände in den vier Messstellen des LfU und die kummulierten monatlichen Niederschlagssummen in diesem Zeitraum. 30
Abb. 14:Zeitlicher Verlauf der Gesamtphosphor und o-Phosphat-P Konzentrationen in der Messstelle Rangsdorf. 31
Abb. 15:Zeitlicher Verlauf der Ammonium-N, Nitrat-N und Nitrit-N Konzentrationen in der Messstelle Rangsdorf. 31
Abb. 16: Zeitlicher Verlauf der Gesamtphosphor und o-Phosphat-P Konzentrationen in der Messstelle Jühnsdorf. Die rote Linie markiert den Grenzwert der Grundwasserverordnung für o-Phosphat. 32
Abb. 17: Zeitlicher Verlauf der Ammonium-N, Nitrat-N und Nitrit-N Konzentrationen in der Messstelle Rangsdorf. Die rote Linie markiert den Grenzwert der Grundwasserverordnung für Ammonium und Nitrit. 32
Abb. 18: Zeitlicher Verlauf des Wasserstandes im Rangsdorfer See mit den im gleichen Zeitraum gefallen monatlichen Niederschlägssummen. 33
Abb. 19: Darstellung des Saisonmittels von Gesamtphosphor und o-Phosphat-P für verschiedene Jahre. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung und die rote Linie den OGewV-Orientierungswert für Gesamtphosphor für den Seetyp des Rangsdorfer Sees. 35
Abb. 20: Darstellung des Saisonmittels der Konzentration von Chlorophyll A im Rangsdorfer See für verschiedene Jahre. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung. 35
Abb. 21: Darstellung der Sichttiefe im Rangsdorfer See im Saisonmittel für verschiedene Jahre. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung. 36
Abb. 22: Darstellung der Gesamtstickstoff-, Ammoniumstickstoff- und Nitratstickstoffkonzentration für verschiede Jahre im Rangsdorfer See. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung. 36
Abb. 23: Mittlerer Sauerstoffgehalt im Rangsdorfer See in vier beprobten Jahren. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung. 36
Abb. 24: Zeitlicher Verlauf der Gesamtphosphorkonzentration in Oberflächenwassermessstellen des LfU Brandenburg im Gebiet des Rangsdorfer Sees. 38
Abb. 25: Zeitlicher Verlauf der o-Phosphatphosphorkonzentration in Oberflächenwassermessstellen des LfU Brandenburg. 38
Abb. 26: Zeitlicher Verlauf der Gesamthosphorkonzentration in für den Nährstoffstatus des Rangsdorfer See besonders relevanten Oberflächenwassermessstellen des LfU-Brandenburg. Das langjährige Mittel der Messstellen ist in der Grafik als Linie dargestellt und beträgt jeweils 0,258 bzw. 0,349 mg/l. Die rote Linie stellt den Orientierungswert der OGewV von 0,055 mg/l für den Rangsdorfer See dar. 39
Abb. 27: Zeitlicher Verlauf der o-Phosphatphosphorkonzentration in für den Nährstoffstatus des Rangsdorfer See besonders relevanten Oberflächenwassermessstellen des LfU-Brandenburg. Das langjährige Mittel der Messstellen ist in der Grafik als Linie dargestellt und beträgt jeweils 0,110 bzw. 0,141 mg/l. 39
Abb. 28: Zeitlicher Verlauf der Gesamtstickstoffkonzentration in Oberflächenwassermessstellen des LfU Brandenburg. 40
Abb. 29: Zeitlicher Verlauf der Ammoniumstickstoffkonzentration in Oberflächenwassermessstellen des LfU Brandenburg. 40
Abb. 30: Zeitlicher Verlauf der Nitratstickstoffkonzentration in Oberflächenwassermessstellen des LfU Brandenburg. 41
Abb. 31: Zeitlicher Verlauf der Konzentration des gesamten organisch gebundenen Kohlenstoff bei den Messstellen im Glasowbach und Zülowkanal. 41
Abb. 32: Grundwasser- und Oberflächenwasserprobenahmenpunkte im Rangsdorfer See und dessen Umfeld. 44

Abb. 33: Tiefe der Filteroberkante unter GOK der für die Kampagne zu nutzenden Messstellen. Bei den Messstellen EÜ 2 ist der Unterpegel dargestellt. 45
Abb. 34: Ehemalige Verbindung der Gräben Jühnsdorf mit dem Rangsdorfer See. 46
Abb. 35: Neubau des Wehres am Auslauf des Rangsdorfer See in den Zülowkanal mit Spundwand, die ein Abfluss von Seewasser unterbindet. 47
Abb. 36: Rohrverbindung zwischen den zwei Umlaufgräben. 47
Abb. 37: Keine beobachtbare Wasserbewegung an der Kanalmündung Klein-Venedig. 48
Abb. 38: Einlass zum Drilling mit Absperrung zur Erreichung des Stauziels. 48
Abb. 39: Glasowbach bei Blankenfelde. 49
Abb. 40: Schematisch Darstellung der natürlichen thermischen Schichtung in stehenden Gewässern. 49
Abb. 41: Einfluss von Sulfat auf die Reduktion von Eisen III und die Freisetzung von Eisen II sowie Phosphat. Mit SRB als sulfat reduzierende Bakterien und FeRB als Eisen reduzierende Bakterien (modf. von Wetzel 2001). 50
Abb. 42: Darstellunng der Isotopenfraktionierungsvorgänge, welche die Isotopencharakteristik des betrachteten Wasser beeinflussen (DWA 2021 (unveröffentl.)). 51
Abb. 43: d2H (‰) (a) und Chloridkonzentration (b) im Grundwasser entlang einer Transekte im Bereich des Nowergup See in Westaustralien (Turner und Townley 2006). 52
Abb. 44:Links: Ansprache des geförderten Bohrguts; Rechts: Einbringen des PVC-Rohrs einer temporären Grundwassermessstelle in das Bohrloch. 54
Abb. 45: Exemplarisches Schichtenverzeichnis mit Ausbauplan einer der neu errichteten temporären Grundwassermessstellen. 54
Abb. 46: Klarpumpen einer temporären Grundwassermessstelle. 55
Abb. 47: Beprobung von Grundwassermessstellen, am Beispiel der Messstellen EÜ-1 und EÜ-2 des DNWAB. 55
Abb. 48: Messaufbau zur Ermittlung der Durchflussmenge im Glasowbach mithilfe eines Schwimmers. 56
Abb. 49: Durchflussmessung im Glasowbach bei der Autobahnbrücke der A10 kurz vor Einmündung in den Rangsdorfer See. 57
Abb. 50: Beispiel für Sechiescheiben zur Bestimmung der Sichttiefe. (Gemeinfrei, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2380065) 58
Abb. 51: Beprobung des Seesediments, mit deutlich sichtbarer Schichtgrenzen. 58
Abb. 52: Entnahme eines ungestörten Sedimentkerns aus dem Rangsdorfer See. 59
Abb. 53: Entnommene Sedimentkerne vor der Probenseparierung. 59
Abb. 54: Echolotaufnahme aus Rangsdorfer See über der Nährstofffalle. Die y-Achse zeigt die Tiefe und die x-Achse die Zeit. 60
Abb. 55: Darstellung der Grundwasserstände (m NHN) am 5.7.2021 und des daraus generierten hoch aufgelösten Grundwassergleichenplan. 62
Abb. 56: Darstellung der Grundwasserstände in den Grundwassermessstellen (m NHN) am 12.1.2021. 63
Abb. 57: Lage der sandigen Bereiche an denen bevorzugt Wechselwirkungen zwischen Grundwasserleiter und See zu erwarten sind. 66
Abb. 58: Anteil des organischen Kohlstenstoffs an der Feinkornfraktion <63µm (links) und Phosphors in g pro kg Feinmaterial (rechts) (Guder 2003). 67
Abb. 59: Mittelwert der Leitfähigkeit während des einjährigen Monitorings. 70
Abb. 60. Zeitliche Veränderung der Leitfähigkeit während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. 71
Abb. 61: Zeitliche Veränderung der Grundwassertemperatur während der Probennahmekampagne, diffe-renziert nach Grundwassermessstellen. 71
Abb. 62: Zeitliche Veränderung der Sauerstoffkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. 72
Abb. 63: Mittlere Konzentration des Parameter Gesamtphosphor während der einjährigen Monitoringkampagne. 73

Abb. 64: Zeitliche Veränderung der Gesamtphosphorkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. Die gepunktete rote Linie stellt den Orientierungswert der OGewV von 0,055 mg/l Gesamtphosphor für den guten ökologischen Zustand des Rangsdorfer dar (Seetyp 11). 74

Abb. 65: Mittlere Konzentration des Parameter ortho-Phosphatphosphor während der einjährigen Monitoringkampagne. 75

Abb. 66: Zeitliche Veränderung der ortho-Phosphatkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. 76

Abb. 67: Mittlere Konzentration des Parameter Gesamtstickstoff während der einjährigen Monitoringkampagne. 77

Abb. 68: Zeitliche Veränderung der Gesamtstickstoffkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. 78

Abb. 69: Zeitliche Veränderung der Nitratstickstoffkonzentration während der Probennahmekampagne, dif-ferenziert nach Grundwassermessstellen. Die gepunktete rote Linie stellt den Grenzwert der GrwV von 50 mg/l Nitrat dar (umgerechnet in Nitratstickstoff). 78

Abb. 70: Mittlere Konzentration des Parameter Ammoniumstickstoff während der einjährigen Monitoringkampagne. 79

Abb. 71: Zeitliche Veränderung der Ammoniumstickstoffkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. Die gepunktete rote Linie stellt den Grenzwert der GrwV von 0,5 mg/l Ammonium dar (umgerechnet in Ammoniumstickstoff). 80

Abb. 72: Mittlere Konzentration an gesamten organischen Kohlenstoff während der einjährigen Monitoringkampagne. 81

Abb. 73: Zeitliche Veränderung der Konzentration des gesamten organischen Kohlenstoffs während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. 82

Abb. 74: Zeitliche Veränderung der Chloridkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. 83

Abb. 75: Zeitliche Veränderung der Konzentration von Eisen-lll während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. Nicht dargestellt sind zwei Ausreißerwerte der Messstelle GWM 4/84. 84

Abb. 76: Zeitliche Veränderung der Konzentration von Eisen-ll während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. Nicht dargestellt sind zwei Ausreißerwerte der Messstelle GWM 4/84. 84

Abb. 77: Zeitliche Veränderung der Sulfatkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. Die gepunktete rote Linie stellt den Grenzwert der GrwV von 250 mg/l Sulfat dar. 85

Abb. 78: Darstellung der Messergebnisse der physico-chemischen Parameter und Chlorophyll A in der Wassersäule der Nährstofffalle in der Krummen Lanke, differenziert nach Messkampagne (blau: Juni 2020, grün: März 2021). 91

Abb. 79: Darstellung der Messergebnisse der physico-chemischen Parameter und Chlorophyll A in der Was-sersäule am Übergang der Krummen Lanke zum Hauptseebecken, differenziert nach Messkampagne (blau: Juni 2020, grün: März 2021). 92

Abb. 80: Darstellung der Messergebnisse der physico-chemischen Parameter und Chlorophyll A in der Was-sersäule im Hauptseebecken westlich von Klein-Venedig, differenziert nach Messkampagne (blau: Juni 2020, grün: März 2021). 92

Abb. 81: Darstellung der Messergebnisse der chemischen Parameter in der Wassersäule der Nährstofffalle in der Krummen Lanke, differenziert nach Messkampagne (blau: Juni 2020, grün: März 2021). 92

Abb. 82: Darstellung der Messergebnisse der chemischen Parameter in der Wassersäule am Übergang der Krummen Lanke zum Hauptseebecken, differenziert nach Messkampagne (blau: Juni 2020, grün: März 2021). 92

Abb. 83: Seesediment aus der Nährstofffalle in der Krummen Lanke. 94

Abb. 84: Seesediment aus dem Hauptbecken des Rangsdorfer Sees. 94

Abb. 85: Verlauf der Sedimenteigenschaften Trockengehalt, Glühverlust, Gesamtphosphor, Calcium und Eisen bis in 20cm Sedimenttiefe in Sedimenten der Nährstofffalle der Krummen Lanke. 96

Abb. 86: Verlauf der Sedimenteigenschaften Trockengehalt, Glühverlust, Gesamtphosphor, Calcium und Ei-sen bis in 20cm Sedimenttiefe in Sedimenten des Hauptseebeckens des Rangsdorfer Sees. 96

Abb. 87: Dargestellt ist der Gesamtphosphorgehalt und die Phosphorbindungsformen in verschiedenen Sedimenthorizonten des Stechlinsees und Feldberger Haussees (Casper et al. 2000). 96

Abb. 88: Dargestellung des Verhältnis von δ^2H und $\delta^{18}O$ (Bezogen auf den Vienna Standard Mean Ocean Water Standard) in den Proben, die globale meteorische Wasserlinie, die lokale meteorische Wasserlinie für Berlin und die Evaporationslinie für die Wässer des Rangsdorfer Sees. 98

Abb. 89: Räumliche Verteilung der verschiedenen Wassertypen. 99

Abb. 90: Bathymetrische Karte der Nährstofffalle in der nördlichen Krummen Lanke. 108

Verzeichnis des Anhangs

Anhang 1: Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne

Anhang 2: Messwerte der Grundwasseranalysen

Anhang 3: Protokolle der Durchflussmessungen

Anhang 4: Messwerte der Seewasseranalysen

Anhang 5: Messwerte der Seesedimentanalytik nach Brandenburgischer Baggergutrichtlinie

Anhang 6: Vermessungsdokumente zu den neu gebauten Grundwassermessstellen

Verzeichnis der Beilage (nur digital als PDF)

Beilage 1: Prüfberichte der Grundwasseranalysen

Beilage 2: Bericht der Isotopenanalysen

Beilage 3: Prüfberichte der Phosphoranalysen in Zu- und Abflüssen

Beilage 4: Prüfberichte und Protokolle zu den Seewasser und Sedimentanalysen

1. Veranlassung und Zielsetzung

Der südlich von Berlin gelegene Rangsdorfer See (internationale Kennung: DE_LW_ DEBB8000158286839) dient als Naherholungsgebiet und stellt ein Gewässer mit außerordentlicher Bedeutung für den Arten- und Naturschutz, insbesondere als Vogelrastplatz, in der Region dar. Momentan befindet sich der See, in Bezug auf die Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie, im schlechten ökologischen und chemischen Zustand.

In der ersten Projektphase fand eine Auswertung von Archivdaten bezüglich des Rangsdorfers Sees statt. Dabei wurde ersichtlich, dass viele Untersuchungen bereits zeitlich sehr weit zurückliegen und nicht mehr die aktuellen Verhältnisse im und um den See in Bezug auf vorhandene Belastungsquellen widerspiegeln. Ebenso wurden in bisherigen Studien keine systematischen und differenzierten Untersuchungen bezüglich des Grundwassers als potentielle Eintragsquelle von Nährstoffen in den Rangsdorfer See durchgeführt. Aktuell liegen nur von zwei Messstellen des Landesamtes für Umwelt Brandenburg Daten zu Nährstoffgehalten im Grundwasser vor, welche nicht dazu geeignet sind die Rolle des Grundwassers in ausreichendem Maße zu beurteilen.

Weiterhin wurden Informationsdefizite zu einer in den frühen 1990er Jahre errichteten Nährstofffalle im nördlichen Teilbecken des Rangsdorfer Sees - der Krummen Lanke - ersichtlich. Es handelt sich dabei um eine künstliche Vertiefung am Seegrund, die dem Nährstoffrückhalt im Hauptsee dient. Zum jetzigen Zeitpunkt liegen keine gesicherten Informationen über den Erhaltungszustand und die Funktionstüchtigkeit dieser Maßnahme vor. Ebenso liegen keine aktuellen Daten zu Durchflussmengen der Zu- und Abflüsse in den Rangsdorfer See vor.

Aufgrund der zuvor erläuterten Datendefizite, beinhaltet die 2. Phase zur Erarbeitung eines Sanierungskonzept für den Rangsdorfer See die Konzeption und Umsetzung eines einjährigen investigativen Monitorings zur Ermittlung von Belastungsursachen im Einzugsgebiet des Rangsdorfer Sees sowie deren Anteil an der Gesamtnährstofffracht in das Gewässer. Hauptbestandteil des Monitorings ist dabei die genaue Quantifizierung der Nährstoffeinträge durch das dem Rangsdorfer See zuströmenden Grund- und Oberflächenwasser.

Anhand der gewonnenen Erkenntnisse können Empfehlungen für die Umsetzung sinnvoller Maßnahmen zur Verringerung der Nährstoffbelastung des Rangsdorfers Sees abgeleitet werden. Dabei werden sowohl interne, im Gewässer, als auch externe, im Einzugsgebiet, durchzuführende Maßnahmen in erörtert.

2. Fachliche und gesetzliche Grundlagen

2.1 Die Rolle von Nährstoffen in Aquatischen Ökosystemen

Nährstoffe stellen, wie beispielsweise auch Licht, einen ökologischen Begrenzungsfaktor dar. Ohne Nährstoffe wäre kein Leben möglich. Ein Überangebot an Nährstoffen führt jedoch in aquatischen Ökosystemen zur sogenannten Eutrophierung. Dies kann äußerst negative Effekte für das entsprechende Gewässer haben. Beim Vorgang der Euthrophierung kommt es zur massenhaften Vermehrung von Phytoplankton, mikroskopisch kleinen Algen, die nach ihrem Absterben auf den Seegrund sinken. Die nach dem Absterben folgenden Zersetzungsprozesse entziehen dem Gewässer Sauerstoff, welcher für viele Lebewesen lebensnotwendig ist (Risiko eines Fischsterbens). Ein besonders problematischer Vertreter des Phytoplanktons stellen die Cyanobakterien, umgangssprachlich auch Blaualgen genannt, dar, weil sie für den Menschen und andere Lebewesen toxische Stoffe produzieren. Weiterhin führt die durch das Phytoplankton verursachte Eintrübung des Gewässers zu einer verringerten Eindringtiefe von Sonnenlicht, wodurch das Wachstum von anderen Wasserpflanzen, den Makrophyten, unterbunden wird. In Konsequenz, führt die Eutrophierung zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung (oftmals Verringerung) des Gewässers. Bei den kurz erläuterten Vorgängen handelt es sich ausschließlich um einen kurzen Abriss. Tatsächlich sind die mit der Eutrophierung eines Gewässers einhergehenden Prozesse in vielfältigster Weise verknüpft und durch komplexe Rückkopplungseffekte gekennzeichnet, welche weiterhin Gegenstand aktueller Forschung sind.

Der bedeutendste Nährstoff, welcher meist den limitierenden Faktor für die Produktivität von Süßwasserökosysteme darstellt, ist Phosphor. Jedoch können je nach Gewässertyp und örtlichen Gegebenheiten (Geologie etc.) andere gelöste Nährstoffe, wie beispielsweise Stickstoff, der limitierende Faktor für die Produktivität sein (Wetzel 2001).

2.2 Relevante physikalische und chemische Prozesse in Seen in Bezug auf deren Nährstoffdynamik

Seen unterliegen, wie andere terrestrische Ökosysteme (z.B. Wälder), in den mittleren Breiten deutlichen saisonalen Schwankungen. Die Bioaktivität steigt während der warmen Jahreszeit an und reduziert sich anschließend in der Kalten wieder. Dies liegt zum einen an geringeren Temperaturen, wodurch der Stoffwechsel von Organismen verlangsamt wird, aber auch an der reduzierten Sonneneinstrahlung, wodurch die Photosynthese der Makrophyten und des Phytoplanktons eingeschränkt wird. Weiterhin kommt es in Seen ab einer bestimmten seespezifschen Wassertiefe im Sommer, oder bei einer geschlossenen Eisdecke, zu einer Schichtung des Wasserkörpers (Abb. 1).

Dies resultiert aus der sogenannten Anomalie des Wassers, welches bei 4 °C seine höchste Dichte auf-weist. Im Sommer befindet sich also das leichtere, wärmere Wasser an der Oberfläche und das kältere, schwerere Wasser am Grund. Im Winter befindet sich das Wasser, welches kälter als 4 °C an der Oberfläche und das schwerere, etwas wärmere Wasser am Seegrund. Diese Schichtung stellt eine signifikante Bedeutung für den See dar. Während der saisonalen Schichtung findet nur ein äußerst limitierter Wasseraustausch zwischen den Wasserschichten statt. Dies hat zur Folge, dass Nährstoffe die durch natürliche Abbauprozesse, aufgrund von fehlendem Sauerstoff, am Seegrund freigesetzt werden nicht der oberflächlichen Wasserschicht, dem Epilimnion, zur Verfügung stehen.

Weiterhin findet während der saisonalen Schichtung ein stetiger Entzug von Nährstoffen des Epilimnions statt, da die abgestorbene Biomasse (z.B. Algen) zum Seegrund sinkt.

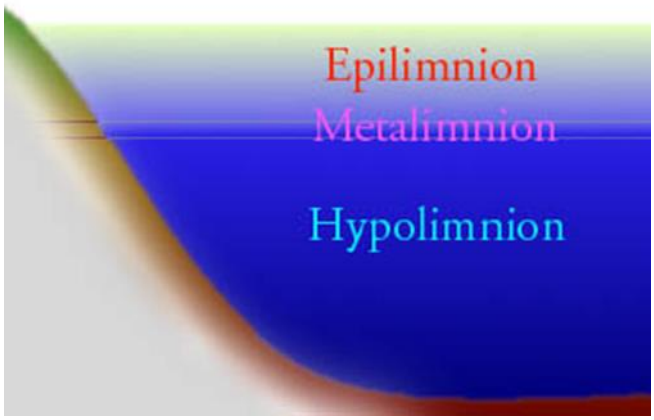


Abb. 1: Schematische Darstellung der saisonalen thermischen Schichtung in einem ausreichend tiefen See mit den Bezeichnungen der Wasserschichten.

Im Herbst und Frühjahr (auch während warmer Winter), wenn die Wassersäule eine nahezu konstante Temperatur von 4 °C aufweist, wird die saisonale Schichtung aufgelöst und es kommt einer Durchmischung des gesamten Wasserkörpers. Die Mischung wird primär durch windinduzierte Strömungen im See ausgelöst. Die im Tiefenwasser angereicherten Nährstoffen stehen nun wie-der den Organismen in der oberen Wasserschicht zur Verfügung was beispielsweise typische saisonale Algenblüten zur Folge haben kann (Frühjahrsalgenblüte).

Die zuvor erwähnte Freisetzung von Nährstoffen im sauerstofffreien Milieu bezieht sich konkret auf Phosphor. Phosphor bindet sich bevorzugt an schwer lösliche Eisenverbindungen. In diesen Verbindungen liegt Eisen in seiner oxidierten Form, Eisen III vor. Werden diese Verbindungen sauerstofffreien, reduzierenden Bedingungen ausgesetzt, wie sie im Hypolimnion während der thermischen Schichtung oder auch im Sediment vorkommen können, dann wird Eisen in seine lösliche Form Eisen II reduziert. Dies hat den Zerfall der schwerlöslichen Eisenverbindung zu Folge, in dessen Konsequenz Phosphat freigesetzt wird.

Eine bestimmte Tiefe ab der sich eine stabile Schichtung einstellen kann, ist hochgradig seespezifisch und von vielen Faktoren, wie z.B. der Geometrie des Seebeckens abhängig. In flachen Seen kommt es oftmals ganzjährig zu Durchmischung der Wassersäule. Dies hat zur Folge, dass keine Nährstoffverarmung des Epilimnion stattfindet und die Nährstoffe ganzjährig zur Biomasseproduktion zur Verfügung stehen (Wetzel 2001). Nichtsdestotrotz, können lokale Vertiefungen in diesen Seen durch einen geminderten Wasseraustausch gekennzeichnet sein, in denen ebenfalls die bereits erläuterten Prozesse die zur Rücklösung von Nährstoffen führen auftreten.

In Flachseen wie dem Rangsdorfer See existiert meist keine Schichtung und die in der Wassersäule befindlichen Nährstoffe stehen das ganze Jahr über zur Biomasseproduktion zur Verfügung, da sie permanent innerhalb der Wassersäule wiederverwertet werden.

2.3 Rechtliche Grundlagen und Anwendung der Wasserrahmenrichtlinie und Oberflächenwasserverordnung

i. Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Die Wasserrahmenrichtlinie, "Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000“, wurde im Jahr 2000 in Kraft von der Europäischen Union und ihrer Mitgliedsländer in Kraft gesetzt. Sie dient dem Zweck einen gemeinsamen Ordnungsrahmen im Bereich

der Wasserpolitik für alle Mitgliedsländer zu schaffen und stellt das rechtliche Fundament der Sanierung des Rangsdorfer Sees dar.

Das fundamentale Ziel der WRRL ist alle Gewässer (Oberflächenwasser, Grundwasser, Küstenübergangsgewässer) einen guten Zustand zu versetzen. Bezüglich Oberflächengewässer ist damit ein ökologisch und chemisch guter Zustand gemeint. Dieser Referenzzustand ist dabei an Zustand der Gewässer den sie ohne anthropogene Veränderungen aufweisen würden angelehnt. In Bezug auf Oberflächenwasser bedeutet dies zum einen, dass die Artzusammensetzung (Phytoplankton, Zooplankton, etc.) nur minimal von diesem natürlichen Zustand abweicht. Bezüglich des guten chemischen Zustands müssen die Qualitätsziele (festgelegt durch EU bzw. nationalem Recht) hinsichtlich von Schadstoffen erreicht werden.

Zur Umsetzung der WRRL wurden anfängliche Bestandsaufnahmen durchgeführt und anschließend Überwachungsprogramme installiert, die Veränderungen dokumentieren. War das Ziel nicht bereits erreicht wurden zusätzlich Maßnahmenprogramme zur Zielerreichung veranlasst, dessen Auswirkungen mit dem Überwachungsprogramm erfasst wird. Der Umsetzungsprozess ist dabei zeitlich in Bewirtschaftungszeiträume untergliedert und für die jeweils ein individueller Bewirtschaftungsplan erstellt wird. Die Erreichung dieses Ziels wurde bis 2015 angestrebt, da aber bereits recht schnell ersichtlich wurde, dass dieses Ziel nicht erreicht werden kann wurde eine Verlängerung der Zielerreichung bis 2027 veranlasst (Europäische Gemeinschaft 23.10.2000).

ii. Oberflächengewässerverordnung (OGewV) und LAWA-Leitfaden

Die OGewV dient der Umsetzung der WRRL in nationales Recht. In ihr sind konkrete Umweltqualitätsnormen zur Beurteilung des ökologischen und chemischen Zustands der Oberflächengewässer dokumentiert. Eine Umweltqualitätsnorm kann beispielsweise eine Konzentrationsangabe eines bestimmten Stoffes sein, aber auch genaue Angaben zu den im Gewässer vorzufindenden Artzusammensetzung (Bundesregierung 20.06.2016). Die Inhalte der OgewV wurden von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) in einen umfangreichen Leitfaden zur konkreten Umsetzung Gewässerbewertung überführt, auf dessen Inhalte jedoch nicht im Detail an dieser Stelle eingegangen wird (LAWA-AO 2015, 2016a, 2016b, 2017). Exemplarisch sind in Abb. 2 für den Schlüsselnährstoff Phosphor und die Sichttiefe die für den guten ökologischen Zustand einzuhaltenden Werte dargestellt. Der Rangsdorfer See ist dabei dem Seetyp 11.2 zuzuordnen.

i. Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben

Um Zuge der Umsetzung der WRRL wurden bis 2006 Grund- und Oberflächenwassermessnetzte installiert, die einen Überblick über den Zustand der Gewässer liefern. Die Messstellen unterliegen dabei entweder der „operativen Überwachung“, der „Überblickweisen Überwachung“, oder der „Überwachung zu Ermittlungszwecken“. Die „operative Überwachung“ dient dabei den Zustand von Gewässern zu überwachen, die die Bewirtschaftungsziele mutmaßlich nicht erreichen werden und den Erfolg von Maßnahmenprogrammen zu bewerten. Die „überblickweise Überwachung“ dient primär dazu langfristige Veränderungen des Zustands zu beurteilen und der effektiven Gestaltung von künftigen Überwachungsprogrammen. Die „Überwachung zu Ermittlungszwecken“, dient hingegen primär dem Zweck konkrete Gründe für Umweltqualitätsnormüberschreitungen zu identifi-

zieren. Dies beinhaltet ebenfalls die Bestimmung des Ausmaßes und der Auswirkungen von unbeabsichtigter Verschmutzungen zu identifizieren (Bundesregierung 20.06.2016). Die Planungseinheit des Rangsdorfer Sees besitzt den Code HAV_PE08. Zur Verbesserung des Zustandes der Zu- und Abflüsse des Rangsdorfer Sees wurden die in Tabelle 1 dokumentierten Maßnahmenvorschläge zur Verminderung von Belastungen erarbeitet (aus Terra Urbana (2016)):

LAWA Seetyp (Mathes et al 2002)	Seetyp Phyto-plankton	Maximaler Trophiestatus im Referenz-zustand LAWA-Index	Schwellenwerte für Gesamtphosphor Saisonmittel (µg/l)		Schwellenwerte für Sichttiefe Saisonmittel (m)	
			"sehr gut/gut" Bereich	"gut/mäßig" Bereich	"sehr gut/gut" Bereich	"gut/mäßig" Bereich
Alpen und Alpenvorland						
4	4 Alpen	(sehr) oligotroph 1,25	6-8	9-12	7,0-4,5	4,5-3
2, 3	2+3 Alpen-vorland	mesotroph 1 1,75	10-15	20-26	5,0-3,0	3,0-2,0
1	1 Alpen-vorland	(mesotroph 1 1,75)	(10-15)+	(20-26)	(5,0-3,0)	(3,0-2,0)
Mittelgebirge						
5,7,8, 9	7+9	oligotroph 1,50	8-12	14-20	6,0-4,5	4,5-3,0
5,7,8, 9	5+8	mesotroph 1 1,75	9-14	18-25	5,5-4,0	4,0-3,0
6	6.1	mesotroph 2 2,25	18-25	30-45	3,5-2,3	2,3-1,6
	6.2	mesotroph 2 2,50	25-35	35-50	3,0-2,0	2,0-1,5
	6.3	eutroph 1 2,75	30-40	45-70	2,5-1,6	1,6-1,2
Norddeutsches Tiefland						
13	13	mesotroph 1 1,75	15-22	25-35	5,5-3,5	3,5-2,5
10	10.1	mesotroph 1 2,00	17-25	25-40	5,0-3,5	3,5-2,0
	10.2	mesotroph 2 2,25	20-30	30-45	4,0-3,0	3,0-2,0
14	14	mesotroph 2 2,25	20-30	30-45	4,0-2,5	2,5-1,5
11	11.1	mesotroph 2 2,50	25-35	35-45	3,0-2,3	2,3-1,5
	11.2***	eutroph 1 2,75	28-35	35-55	3,0-2,0	2,0-1,3
12	12****	eutroph 1 3,00	40-50	60-90	2,5-1,5	1,2-0,8

Abb. 2: Anforderungen an Gesamtphosphor und Sichttiefe für den guten ökologischen Zustand von verschiedenen Seetypen. Der Rangsdorfer See weist als natürlichen Referenzzustand den Seetyp 11.2 auf. ***Im sehr flachen Tiefland-Seetyp 11.2 (mittlere Tiefe ≤ 3 m) können im Referenzzustand und in weitgehend unbelasteten Seen Phosphorrücklösungsprozesse zu einem Ausscheren der Konzentrationen aus den beschriebenen Regelbereichen führen.

Im Land Brandenburg werden Gewässerentwicklungskonzepte (GEK) und Nährstoffreduzierungskonzepte (NRK) erstellt um den Zustand der Gewässer im Land zu verbessern. Die GEK dienen prioritär der Verbesserung der Durchgängigkeit der Gewässer für Organismen sowie der Sohl- , Ufer- und Auenstrukturen.

Tabelle 1: Maßnahmenvorschläge für die Zu- und Abflüsse des Rangsdorfer Sees.

Belastung	Maßnahmentyp
Diffuse Quelle aufgrund landwirtschaftlicher Aktivitäten (durch Versickerung, Erosion. Ableitung, Drainagen, Änderung in der Bewirtschaftung, Aufforstung)	Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge durch Anlage von Gewässerschutzstreifen
Diffuse Quelle aufgrund landwirtschaftlicher Aktivitäten (durch Versickerung, Erosion. Ableitung, Drainagen, Änderung in der Bewirtschaftung, Aufforstung)	Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoff- und Feinmaterialeinträge durch Erosion und Abschwemmung in der Landschaft
Diffuse Quelle aufgrund landwirtschaftlicher Aktivitäten (durch Versickerung, Erosion. Ableitung, Drainagen, Änderung in der Bewirtschaftung, Aufforstung)	Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge durch Anlage von Gewässerschutzstreifen
Diffuse Quelle aufgrund landwirtschaftlicher Aktivitäten (durch Versickerung, Erosion. Ableitung, Drainagen, Änderung in der Bewirtschaftung, Aufforstung)	Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge durch Drainagen
Punktquelle durch Regenwasserentlastungen	Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen aus anderen diffusen Quellen
Wehre	Maßnahmen zur Herstellung/Verbesserung der linearen Durchgängigkeit an Staustufen/Flusssperren, Abstürzen, Durchlässen und sonstigen wasserbaulichen Anlagen
Gewässerbau	zur Habitatverbesserung im Gewässer durch Laufveränderung, Ufer oder Sohlgestaltung
Gewässerbau	Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen infolge Landentwässerung
Gewässerbau	Maßnahmen zur Habitatverbesserung durch Initiieren/Zulassen einer eigendynamischen Gewässerentwicklung

Die NRK dienen hingegen der Entwicklung von Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge (Phosphor und Stickstoff) in die Gewässer. Für das GEK-Gebiet, „Nottekanal (Gallun bis Dahme)“ (Dahme-NotteK2) in dem sich der Rangsdorfer See wurde aufgrund der geringen Priorisierung in Bezug die fischbiologische Bedeutung noch kein GEK entwickelt. Ein regionales NRK in Bezug auf den Rangsdorfer See liegt ebenfalls noch nicht vor.

3. Charakterisierung des Untersuchungsgebiet

3.1 Geologie und Hydrogeologie des Untersuchungsgebiet

Das gesamte Untersuchungsgebiet ist durch glaziale Prozesse während der letzten Eiszeit (Weichsel) entstanden (Abb. 3). Die Seebeckengenese des Rangsdorfer See geht auf eingeschlossenes Toteis und Schmelzwasserrinnen zurück. Im Anschluss fand eine stetige Füllung des Beckens mit organogenen Sedimenten statt. Das Gesamtvolumen des Sedimentkörpers wird auf ca. 15.300.000 m³ geschätzt mit einer Mächtigkeit von über 15m im zentralen Seebecken. Der obere Grundwasserleiter, in den der See eingebettet ist, besteht aus sandigen Folgen der Saale- und Weichsel-Kaltzeit (s.

Abb. 4).

Der obere Grundwasserleiter ist dabei primär unbedeckt. Dieser wird durch den sogenannten Paludinenton, vom zweiten darunter liegenden Grundwasserleiter getrennt. Der obere Grundwasserleiter ist sehr heterogen und spaltet sich teils in zwei jeweils eigenständige Grundwasserleiter (Konsortium Rangsdorfer See 1992). Im Nordwesten und Nordosten, wird der See durch Hochflächen begrenzt.

Das Fließen des Grundwassers wird ausschließlich durch die Schwerkraft verursacht. Die genaue Bewegung des Grundwassers kann anhand der Geometrie der Grundwasseroberfläche, bei ungespannten Verhältnissen (direkter Kontakt mit ungesättigter Zone des Untergrundes), oder anhand der Grundwasserdruckfläche, bei gespannten Verhältnissen, abgeleitet werden. Grundwassergleichenpläne bilden die großräumigen Fließrichtungen (senkrecht zu den Isolinien) und das Gefälle des Grundwassers (Abstand der Isolinien), den hydraulischen Gradienten, ab. Der hydraulische Gradient ist dabei eine Funktion der Landschaftstopographie, der Grundwasserneubildung und der Gesteinsdurchlässigkeit. Die Menge an Grundwasser, die in einer bestimmten Zeit durch einen definierten Querschnittsbereich (z.B. der Uferbereich eines Sees) berechnet sich dabei aus dem hydraulischen Gradienten und der Gesteinsdurchlässigkeit, welche umgekehrt proportional zueinander sind. Grundwassergleichenpläne werden aus den Grundwasserständen in Messstellen aus einem entsprechenden Grundwasserleiter erstellt.

Die in Abb. 3 abgebildeten Grundwassergleichen im Bereich des Rangsdorfer Sees entstammen der HYK 50. Diese bildet die Höhe des Grundwasserspiegels im obersten großflächig zusammenhängenden Grundwasserleiter zum Zeitpunkt einer Stichtagsmessung des Landesamtes für Umwelt Brandenburg (LfU) ab. Anhand dieser Grundwassergleichen wird die Grundwasserströmungrichtung ersichtlich. Das Grundwasser strömt dabei dem See im Norden von nordwestlicher und nordöstlicher Richtung an. Im zentralen Bereich, wird der See von Westen und Osten angeströmt. Im südlichen Seeteil findet eine Fließrichtungsänderung statt und das Grundwasser verlässt den Seebereich in das südlich gelegene Baruther Urstromtal.

Die Mächtigkeit und Struktur der Seesedimente hat entscheidenden Einfluss auf die Wechselwirkung des Sees mit dem Grundwasser. Das Seesediment besteht oftmals aus Mudden, einem sehr feinen Material mit hohem Anteil an organischen Anteil. Mudden weisen oftmals eine geringe hydraulische Leitfähigkeit auf, wodurch ein Austausch mit dem Grundwasserleiter behindert wird. Es ist

dabei auszugehen, dass bei sehr hohen Muddemächtigkeiten nahezu kein Wasseraustausch stattfindet. Bei eher geringen Mächtigkeiten der Muddeschicht kann jedoch ein gewisser Austausch, vergleichbar mit einer direkten Anbindung an den Grundwasserkörper bei sandig- kiesigem Material, nicht ausgeschlossen werden. In Abb. 5 sind die Mächtigkeiten der Seesedimentschichten in Dezimeter abgebildet. Im zentralen Becken des Sees und der Krummen Lanke sind dabei die Mächtigkeiten der Muddeauflage mit über 15 Metern bzw. über 9 Metern sehr groß. An den Randbereichen, insbesondere im Südosten und der Bucht im Südwesten, finden sich eher geringe Mächtigkeiten von unter 3 Metern. Teils ist bei sandigen Bereichen von einer direkten Anbindung an den Grundwasserkörper auszugehen.

Der in

Abb. 4 dargestellte hydrogeologische West-Ost Schnitt im südlichen Bereich des Sees zeigt die Lage des ersten Grundwasserkörpers in Bezug zum See auf. Bei geringer Mächtigkeit der Mudde ist an dieser Stelle davon auszugehen, dass es zu einem Austausch von See- und Grundwasser kommt. Aufgrund des Maßstabs ist jedoch die Muddeschicht nicht erkennbar. In der Studie von Guder (2003) zeigt sich, dass in der westlichen Bucht der Seegrund aus Sand besteht und nahezu kein Feinmaterial mit einer Korngröße <0,064 mm vorliegt (Abb. 6). Insbesondere in diesem Bereich ist von einer Wechselwirkung des Grundwasserkörpers mit dem See auszugehen.

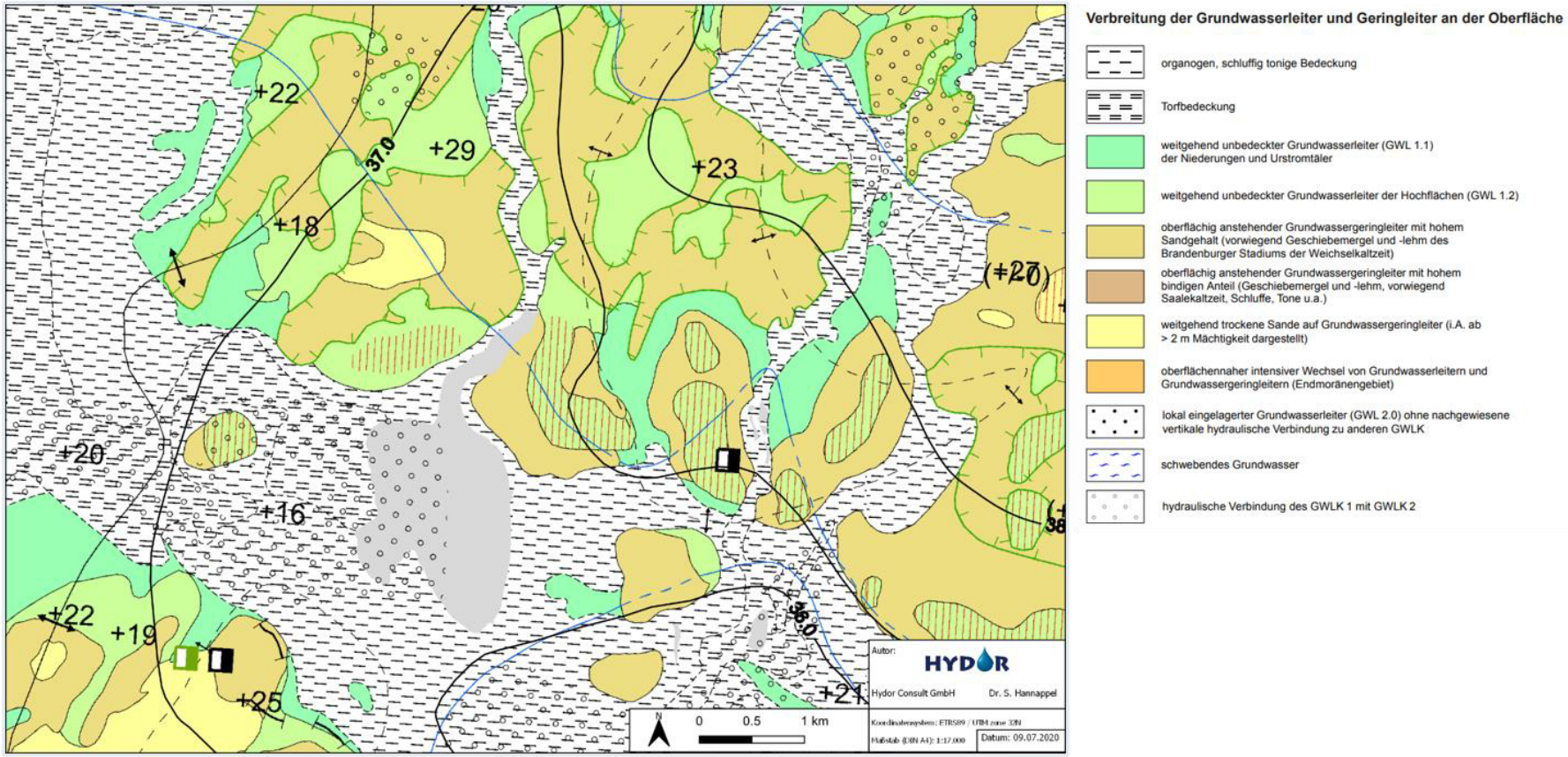


Abb. 3: HYK 50, Karte des ersten Grundwasserleiterkomplexes mit Grundwassergleichen (Hydrogeologische Karte des Landes Brandenburg 1:50 000 (HYK50)).

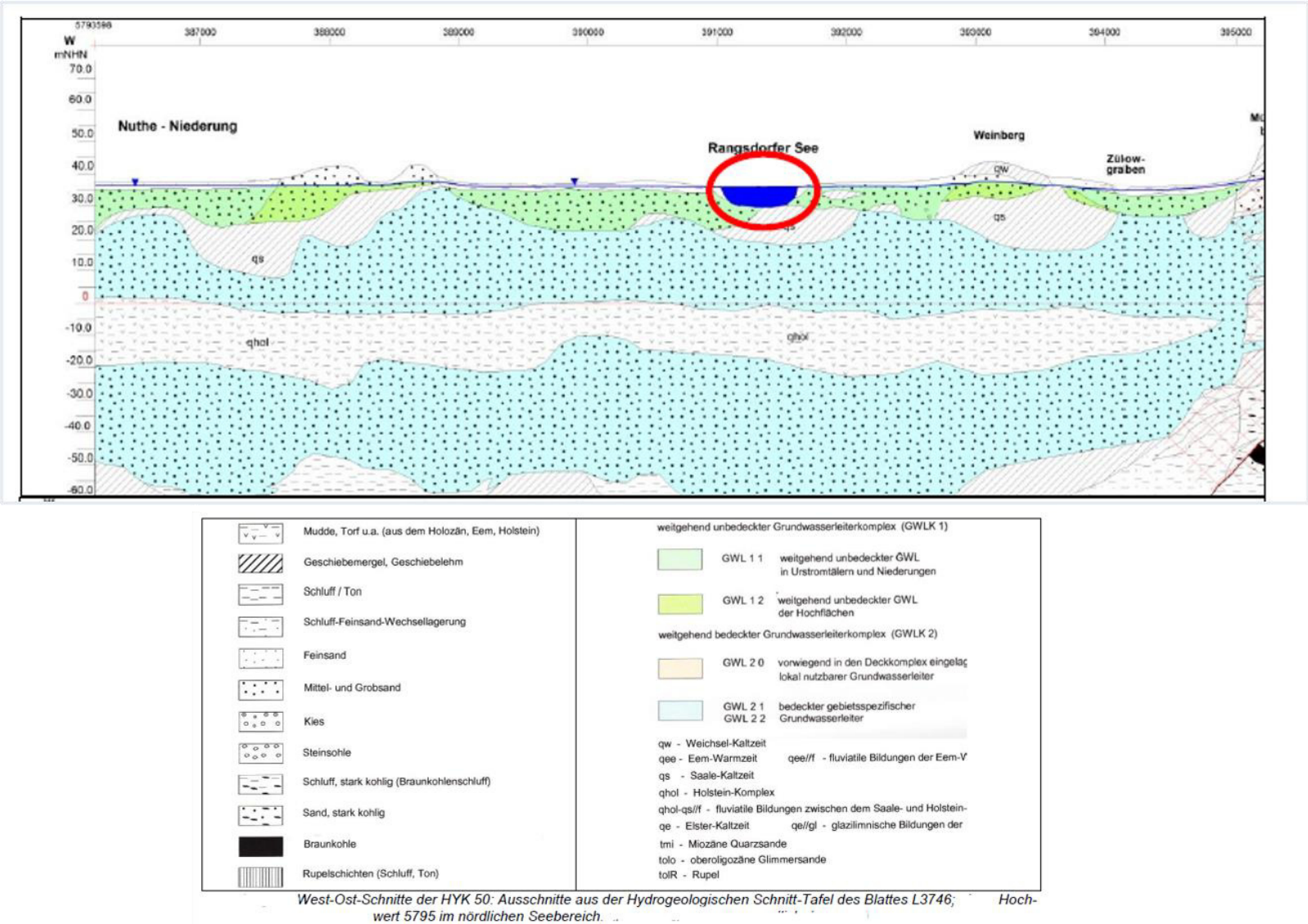


Abb. 4: Hydrogeologischer West-Ost-Schnitt der HYK 50 im südlichen Bereich des Rangsdorfer Sees (Hydrogeologische Karte des Landes Brandenburg 1:50 000 (HYK50)).

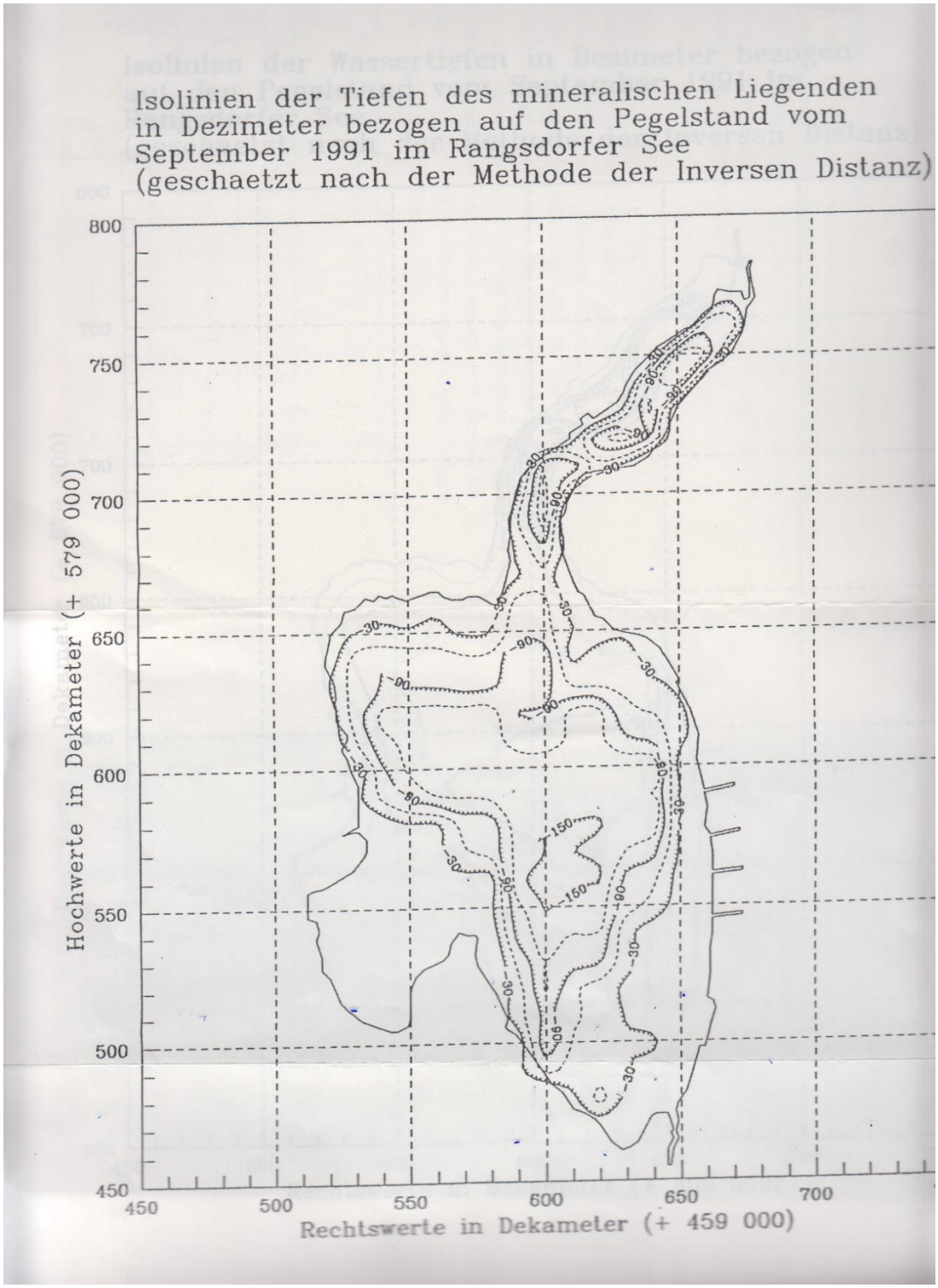


Abb. 5: Seesedimentmächtigkeit im Seebecken des Rangsdorfer See (Konsortium Rangsdorfer See 1992).

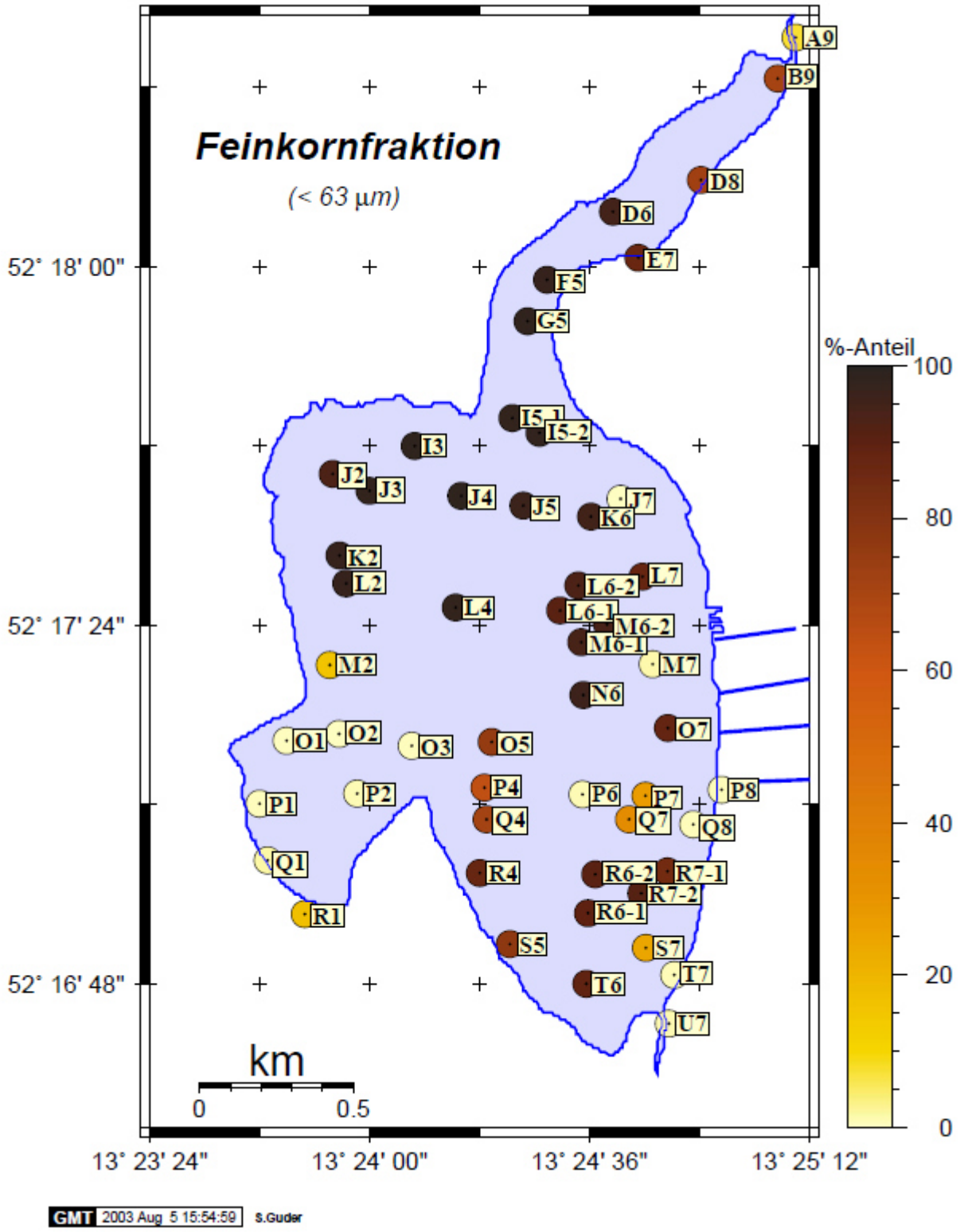


Abb. 6: Feinkornanteil am Seesediment (Guder 2003).

3.2 Hydrologie des Untersuchungsgebiets

Der Glasowbach stellt den einzigen natürlichen Zufluss des Rangsdorfer See dar. Sein Quellgebiet liegt bei der Gemeinde Selchow. Nach ungefähr 12 km mündet er in die Krumme Lanke, im Norden des Rangsdorfer Sees. Ehemals flossen auf der Westseite des Rangsdorfer See zwei Gräben (Graben 1401 und 1402) in den See. Der Rangsdorfer See entwässert über ein Wehr im Süden in den Zülowkanal. Dieser wurde 1856/57 zur Entwässerung der angrenzenden Flächen gebaut. Weiterhin befindet sich an der östlichen Seeseite das Kanalsystem Klein Venedig, welches im Südosten einen Drillingsableiter. Dieser Drilling dient dazu, zusätzlich Wasser in den Zülowkanal abzuleiten. Das Einzugsgebiet des Rangsdorfer See beträgt 38, 87km², wovon 31,31 km² auf drei Teileinzugsgebiete des Glasowbachs (ID: 4452, ID: 4529, ID: 4628) und 8,08 km² auf ein bachloses Abflussgebiet (ID: 4707) entfallen (Frauenstein 2017).

Am Wehr des Rangsdorfer See befindet sich ein Pegel welcher kontinuierlich den Wasserstand aufzeichnet. Der Sollwasserstand des Sees beträgt 36,5 m über NN und wird vom Wehr am Auslauf entsprechend reguliert. Limnologie des Rangsdorfer Sees

Der Rangsdorfer See wurde als Seetyp 11.2 nach LAWA klassifiziert. Es handelt sich dabei um einen polymiktischen Tieflandsee mit relativ großem Einzugsgebiet. Polymiktisch bedeutet, dass der See keiner saisonalen Schichtung unterliegt und die Wassersäule das ganze Jahr über durchmischt wird. Die Seefläche beträgt 2.44 km. Der See ist mit einer mittleren Tiefe von lediglich 1.7m sehr flach (Abb. 7).

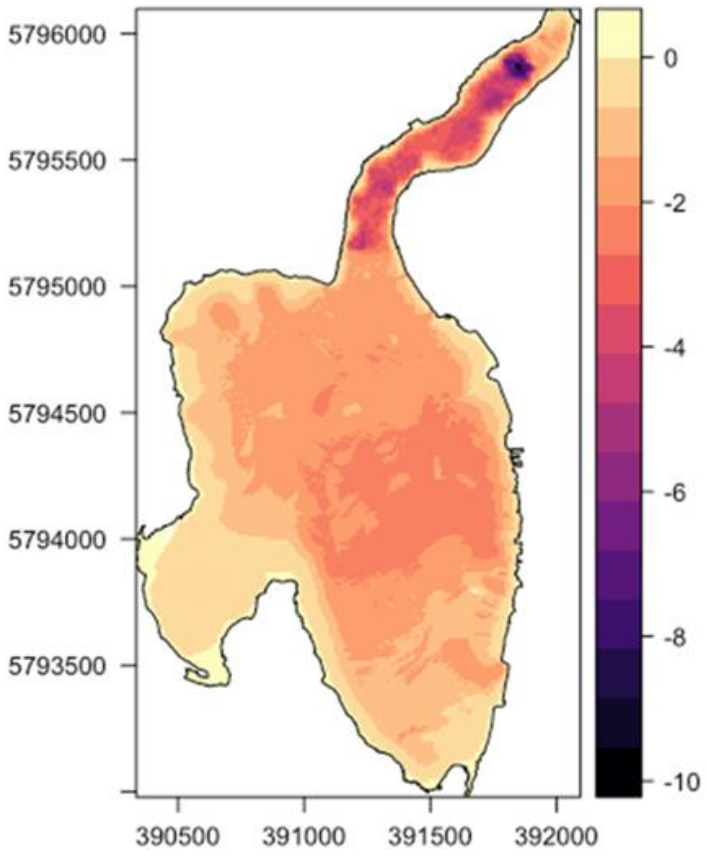


Abb. 7: Bathymetrische Karte des Rangsdorfer Sees. Die Skala auf der rechten Seite gibt die Wassertiefe in Metern an.

Die maximale Tiefe beträgt rund 8.5m, dabei handelt es sich aber um eine künstliche Vertiefung im nördlichen Bereich der Krummen Lanke, ein Teilbecken des Rangsdorfer Sees. Der aktuelle Trophiezustand des Sees ist hypertroph. Die Referenztrophie des Sees wäre jedoch, ohne bedeutenden anthropogenen Einfluss, euthroph.

Der Rangsdorfer See stellt einen typischen Flachsee dar. Diese sind durch hohe Verdunstungsraten in Trockenphasen und hohen Wasseraustausch in Feuchtphasen gekennzeichnet. Dies liegt am relativ geringen Wasservolumen im Verhältnis der oftmals sehr großen Seeoberfläche. Die nicht vorhandene thermische Schichtung hat zur Folge, dass im Sediment gebundene Nähr-

stoffe ständig für die Biomasseproduktion zur Verfügung stehen. Folglich sind die Nährstoffumsatzraten im Gewässer extrem hoch. Abgestorbene Biomasse, beispielsweise Phytoplankton, wird sehr zügig remineralisiert und gibt die gebundenen Nährstoffe wieder an die Wassersäule ab.

Historisch betrachtet, wurde der Rangsdorfer See durch extreme Nährstoffeinträge, obwohl er eine hohe Abbauleistung aufweist, stark eutrophiert. Diese Eutrophierung geht primär auf Phosphoreinträge zurück. Das historisch sehr hohe Verhältnis von Stickstoff zu Phosphor begünstigt die unterwünschte Entwicklung von Algen, insbesondere Cyanobakterien (Blaualgen).

Beginn der 1990er durchgeführte, äußerst detaillierte Untersuchungen, zur Planung einer Sanierung des Rangsdorfer Sees, konnten viele entscheidende seeinterne Prozesse aufdecken die einen Einfluss auf den Zustand des Sees haben. Seesedimentanalysen haben ergeben, dass, wie in anderen Seen, das oberflächennahe Sediment (1m) zentral für Nährstoffstatus des Sees haben. Besonders entscheidend sind jedoch die obersten Zentimeter. In den Seesedimentuntersuchungen wurde eine Schichtenfolge identifiziert. Sogenannte Treibmudde stellt das oberste Material dar (im Mittel 0-12 cm Sedimenttiefe), welches einen Übergangsbereich zum darunter befindlichen Faulschlamm darstellt (im Mittel 12-55 cm Sedimenttiefe). Die Faulschlammschicht wird anschließend von einer Schicht Kalkmudde (im Mittel >55 cm Sedimenttiefe) unterlagert. Die Treibmudde weist in den historischen Untersuchungen dabei mit Abstand die höchsten Phosphorkonzentrationen, mit 3.400mg/kg, auf (Faulschlamm 2.200mg/kg, Kalkmudde 1.850 mg/kg). Sie stellt außerdem für die Nährstoffdynamik des Sees eine äußerst wichtige Komponente dar. Die Treibmudde zeichnet sich durch einen extrem hohen Wassergehalt aus und in Konsequenz einen extrem geringen Scherwiederstand. Dies hat zur Folge, dass die Mudde durch Windinduzierte Strömungen und Wellengang im See verfrachtet werden kann (Konsortium Rangsdorfer See 1992, S. 102–106). Diese Erosionsprozesse haben einen weiteren entscheidenden Einfluss auf die Nährstoffdynamik im See. Durch die Abtragung von Material können potentiell sauerstofffreie Sedimente in unmittelbaren Kontakt der darüber liegenden Wassersäule kommen und gelöste Phosphorverbindungen aus ihrem Porenraum freigeben, welche zuvor durch ein Redoxsiegel abgeschirmt wurden.

3.3 Potentielle und ehemalige Belastungsquellen im Bereich des Rangsdorfer Sees

In früheren Studien, beispielsweise von Frauenstein (2017), der FU Berlin mit Guder (2003) oder Konsortium Rangsdorfer See (1992), wurde bereits ein ausführlicher Abriss historischer Belastungsquellen veröffentlicht. Aus diesem Grund wird ein kurzer Überblick gegeben und auf diese Studien verwiesen.

Abwasser und Fischzucht

Bis in die 90er Jahre fand eine Einleitung von ungenügend gereinigten Abwasser aus häuslichen und industriellen Quellen statt (Konsortium Rangsdorfer See 1992). Ursprung dieser Abwässer war die ehemalige Kläranlage Blankenfelde. Diese wurden in den Glasowbach geleitet. Später wurden diese in die Kläranlage Waßmannsdorf statt. Bis 1985 wurden Galvanikabwässer sowie Regenwasser von der ehemaligen sowjetischen Garnison in die Kanäle von Klein-Venedig abgeleitet. Weiterhin fand eine Einleitung vom Rieselfeldbezirk Klein-Ziethen/Selchow und Waßmannsdorf statt.

Der Rangsdorfer See wurde bis in die 1980er Jahre zur Karpfenintensivzucht genutzt. Hierfür wurden pro Jahr ungefähr 240 Tonnen Mais in das Gewässer gegeben. Dies entspricht einem Abwassereintrag von rund 1800 Einwohnern (Frauenstein 2017).

Kanäle von Klein Venedig

In den Kanälen von Klein Venedig von Frauenstein (2017) wurden Einlaufrohre und -bauwerke identifiziert, welche wahrscheinlich Dach- und Straßenflächen entwässern. Ebenfalls wurde ein Beitrag der Kanäle zu Einträgen häuslicher Abwässer vermutet (Konsortium Rangsdorfer See 1992).

Diffuse Austräge in das Einzugsgebiet und das Grundwasser

Phosphorausträge von Oberflächen sind primär mit deren Landnutzung verknüpft. Diffuse Phosphoreinträge in das Einzugsgebiet stammen dabei oftmals von landwirtschaftlich genutzten Flächen. Im Einzugsgebiet des Rangsdorfer See bzw. Glasowbach befinden sich einige landwirtschaftlich genutzte Flächen (Frauenstein 2017, S. 31). Typische landwirtschaftliche Eintragspfade stellen u.a. die Erosion, Abschwemmung und Dränagewässer dar. Dabei gelangt Phosphor, welcher an verschiedenste Partikel (z.B. Metalloxide) gebunden ist in das Oberflächengewässer.

Ebenso kann eine Verlagerung von Phosphor im Sickerwasser zum Zwischenabfluss und Grundwasser stattfinden. Dies kann vor allem bei sorptionsschwachen Böden wie Moor- und Sandböden auftreten, welcher einer intensiven Bewirtschaftung unterliegen. Nach Frauenstein (2017) kann nahezu das gesamte Einzugsgebiet des Rangsdorfer See als Austragsgefährdet erachtet werden. Eine Verlagerung von Phosphor wird dabei nicht nur in Niederungsbereichen, sondern auch in den Hochflächen für möglich erachtet.

Vom LfU Brandenburg wurde eine Modellierung zur Nährstoffeintragssituation in den Rangsdorfer See durchgeführt (Abb. 8). Grundwasser stellt dabei der überwiegende Eintragspfad dar. Dabei handelt es sich primär um Grundwasser, welches in den Glasowbach exfiltriert. Neben diesem unmittelbar in den oberflächlichen Zufluss eines Gewässers (exfiltrierendes Grundwasser) kann auch direkt den See anströmendes Grundwasser einen signifikanten Beitrag zu dessen Nährstoffstatus leisten. Dabei seien vor allem die Studien von Meinikmann et al. (2015) und Hannappel et al. (2018) genannt, die den Beitrag des Grundwassers zur Euthrophierung des Arendsee quantifizierten. Vergleichbare Untersuchungen zum Euthrophierungsbeitrag des Grundwassers wurden im Zuge der Seerestaurierung des Barleber See durchgeführt (Hannappel und Strom 2020).

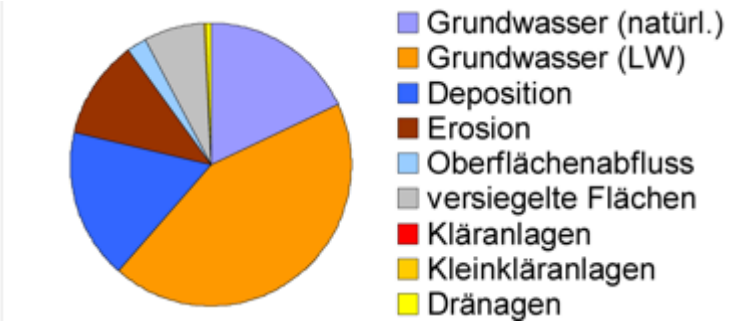


Abb. 8: Phosphoreinträge aus dem LfU -Brandenburg Steckbrief 2016

Obwohl der Pumpbetrieb in den Polderflächen zu Beginn der 1990er Jahre eingestellt wurde, dürfte die erfolgte Grundwasserabsenkung zu signifikanten Veränderungen der hydraulischen und physikalischen Eigenschaften der dortigen Böden geführt haben. Niedermoortorfe, stellen unter ungestörten Ver-

hältnissen wichtige Stoffsenken dar. Meliorationsmaßnahmen wie sie in den Niederungen im Westen des Rangsdorfer See durchgeführt wurden können dazu führen, dass bei einer Wiedervernässung eine Phosphorfreisetzung stattfindet (Frauenstein 2017, S. 32).

Wassergeflügel

Der Rangsdorfer See stellt ein bedeutendes Rastgebiet für Vögel dar. Insbesondere von Grau-, Saat- und Blässgänsen. Dabei sind Nährstoffpeaks beim Durchzug der Vögel zu beobachten (Konsortium Rangsdorfer See 1992). Ein Teil des Schwarms überwintert jedoch am Gewässer.

Die Gänse nutzen den Rangsdorfer See als Übernachtungsplatz, nachdem sie tagsüber in den umliegenden Bereich Nahrung zu sich genommen haben. Die Vögel verwehrten diese Nahrung schlecht, wodurch große Mengen Kot anfallen. Diese Kotmengen stellen eine bedeutende historische und rezente Phosphoreintragsquelle in den See dar (IfB 2013; Konsortium Rangsdorfer See 1992; Frauenstein 2017).

3.4 Maßnahmen zur Zustandsverbesserung des Rangsdorfer Sees

Zur Zustandsverbesserung des Rangsdorfer Sees waren bereits vielfältige Maßnahmen in der Diskussion, diese sind im Abschlussbericht der ersten Phase dokumentiert sind (Terra Urbana 2016). Nur einige wenige wurden tatsächlich umgesetzt. In diesem Abschnitt werden die durchgeführten Maßnahmen kurz erläutert.

Von 1985 bis 1990 fand eine Entschlammung der Krummen Lanke statt, dabei wurden rund 600.000m³ Seesediment entfernt, wodurch die maximale Wassertiefe von ehemals 3 Meter auf 4 – 4,5 Meter vergrößert werden sollte.

In den Jahren 1991-1992 wurde zusätzlich eine Nährstofffalle in der Krummen Lanke im Mündungsbereich des Glasowbachs ausgehoben, dabei wurden abermals 40.000 m³ Sediment entfernt. Die Nährstofffalle sollte eine Tiefe von 8-9 Metern erreichen. Laut historischen Bauplänen wurde eine Wassertiefe von mindestens 7 Metern erreicht (Abb. 9). Die Nährstofffalle hatte mehrere Ziele. Einerseits, sollte in ihr Feinmaterial, welches aus dem Glasowbach in den See gespült wird, sedimentieren und somit nicht den Hauptsee erreichen. Andererseits, sollte sich in ihr eine stabile saisonale Schichtung des Wasserkörpers einstellen. Diese Schichtung hat, wie bereits in Kapitel 2.2 erläutert, zur Folge, dass Nährstoffe effektiv der obersten Wasserschicht, dem Epilimnion, entzogen werden. Die in der untersten Wasserschicht, dem Hypolimnion, bei Sauerstoffentzug ablaufenden Rücklösungsprozesse von Phosphor, dem wichtigsten Nährstoff in Süßwasserökosystemen, sollten mit Tiefenwasserbelüftung unterbunden werden. Mit dieser Maßnahme, so die Idee, würden langfristig dem See Nährstoffe entzogen werden. Es fand keine Belüftung des Tiefenwassers statt, wodurch nie eine vollständige Funktionskontrolle der Maßnahme durchgeführt wurde. Nichtsdestotrotz, ist bei der sehr kleinen Dimensionierung der Falle nicht davon auszugehen, dass diese einen Bedeutenden Einfluss auf den Nährstoffstatus des Sees bei vollständiger Funktionalität hätte. Es ist jedoch zu erwähnen, dass die Nährstofffalle sich erst über die gesamte Krumme Lanke erstrecken sollte und aus Kostengründen nicht realisiert wurde.

Weiterhin wurde im Bereich des Strandbades eine Spundwand gesetzt. Durch Abtrennung eines Teilbeckens sollte im Bereich des Strandbades eine bessere Wasserqualität erzeugt werden.

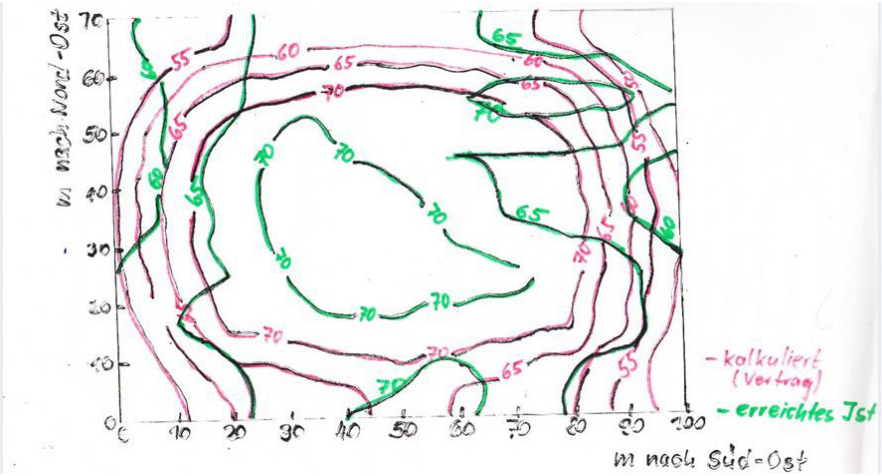


Abb. 9: Berechnete und tatsächlich erreichte Wassertiefe (in Dezimeter) der in der Krummen Lanke errichteten Nährstofffalle.

Zusätzlich wurde eine Spundwand zur Aufrechterhaltung des Badebetriebs im Strandbad Rangsdorf verbaut. Diese Spundwand hatte zum Ziel einen abgetrennten Seebreich zu schaffen, der nur einen minimalen Wasseraustausch mit dem Hauptsee aufweist. Für den Erfolg der Maßnahme müsste stetig ein Wasserüberschuss in diesem abgetrennten Kompartiment vorherrschen wodurch ein Einströmen von Wasser aus dem Hauptsee unterbunden werden würde. Diese Maßnahme hatte jedoch keinen Erfolg, da kein Wasserüberschuss im abgetrennten Bereich eingestellt wurde.

Eine sich in der Diskussion befindliche Maßnahme stellt die Einleitung von Regenwasser des Flughafen Schönefelds dar. Diese Maßnahme wurde noch nicht umgesetzt, jedoch fanden bereits Tests dazu stat. Diese Maßnahme kann sich positiv auf den Wasserhaushalt des Sees auswirken. Ebenfalls könnte durch die Verringerung der Wasseraufenthaltszeit im See und dem damit verbundenen schnelleren Wasseraustausch ein Auswaschen der Nährstoffe aus dem See begünstigt werden.

4. Messdaten des Landesamtes für Umwelt Brandenburg (LfU)

Das LfU hat im Zuge des WRRL-Monitorings von Oberflächen- und Grundwasser eine umfangreiche Sammlung an Messdaten angelegt. Diese Daten liefern einen Überblick über den ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer. Eine Datenabfrage für alle relevanten Messstellen und Parameter im Bereich des Rangsdorfer Sees wurde getätigt. Bei den Messstellen handelt es sich zum einen um operative Messstellen mit sehr hochauflösenden Zeitreihen und zum anderen investigative Messstellen, welche einen deutlich niedrigeren Beprobungsturnus aufweisen. Die Messstellen in den oberflächlichen Zu- und Abflüssen des Rangsdorfer Sees sind diesbezüglich aufgeschlüsselt in der Tabelle 2 dargestellt.

Messstellen (von Nord nach Süd)		Messnetztyp	Zeitraum / Messfrequenz
Bezeichnung	Lage		
BLFL_0040	Zufluss Glasowbach	operativ	Jan-2005 bis Dez-2015/ 12x jährlich
BLFL_0070	Mündung Glasowbach-Rangsdorfer See	operativ	Jan-2005 bis Dez-2015 / 12x jährlich
WP_Dahme_F052	Zufluss Graben Jühnsdorf	investigativ	Jul-2011 bis Mai 2012 / monatlich
WP_Dahme_F007	Zufluss Graben Jühnsdorf	investigativ	Jul-2011 bis Mai 2012 / monatlich
WP_Dahme_F008	Abfluss Klein Venedig (Kanal 3)	investigativ	Jul-2011 bis Mai 2012 / monatlich
WP-Dahme_F082	Abfluss Machnower See	investigativ	Jul-2011 bis Mai 2012 / monatlich
ZK_0040	Abfluss Zülowkanal	pperativ	Jan-2005 bis Nov-2015/ 12x jährlich
ZK_0050	Zülowkanal	operativ	Jan-2005 bis Dez-2015/ 12x jährlich
ZK_0060	Zülowkanal	operativ	Jan-2005 bis Dez-2015/ 12x jährlich

Tabelle 2: Messstellen der Zu- und Abflüsse in den Rangsdorfer See. Aufgeschlüsselt nach Messnetztyp und Messfrequenzen (Terra Urbana 2016).

Die Messstellenpositionen sind in der Karte in Abb. 10 dargestellt. Diese beinhaltet Zusätzlich die Lage der Grundwassermessstellen des LfU. Im Folgenden werden die Daten differenziert nach Grund- und Oberflächenwasser dargestellt.

4.1 Wasserstands- und Beschaffenheitsdaten der Grundwassermessstellen des LfU

Im Untersuchungsgebiet standen Daten von vier Grundwassermessstellen zu Verfügung (Messstelle Dabendorf nicht in Abb. 10 dargestellt). Bei zwei Messstellen, Rangsdorf (37461690) und Dabendorf (37461710) handelt es sich ausschließlich um Grundwasserstandsmessstellen, ohne Angaben zur Grundwasserbeschaffenheit. Für diese Messstellen liegt außerdem kein Schichtenverzeichniss und Ausbauplan vor. Bei den beiden anderen Messstellen Jühnsdorf 1/98 (37465066) und Rangsdorf (37465069) wird hingegen regelmäßig eine Analyse der Hauptkomponenten, Nährstoffe, sowie anorganischer und organischer Schadstoffe des Grundwassers durchgeführt. Die Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne dieser beiden Messstellen sind in Abb. 11 und Abb. 12 dargestellt. Die Messstelle in Jühnsdorf befindet sich in einer Niederung und ist in einem unbedeckten Grundwasserleiter, bestehnd aus Grobsand, ausgebaut. Die Messstelle repräsentiert relativ flaches Grundwasser (Filteroberkante ~6m unter der Grundwasseroberfläche), welches für die Euthrophierungsproblematik des Rangsdorfer Sees eine bedeutende Rolle spielen kann. Die Beschaffenheitsmessstelle in Rangsdorf hingegen befindet sich auf einer Hochflächeist und ist in einem bedeckten Grundwasserleiter, bestehend aus Mittelsand, ausgebaut. Die Deckschicht besteht aus Geschiebemergel, der zweimal von geringmächtigen Lagen aus Mittel- bis Grobkies unterbrochen wird. Die Messstelle repräsentiert eher tieferes Grundwasser, da ihre Filteroberkante sich rund 10 Meter unter der Grundwasseroberfläche und einer Deckschicht befindet.

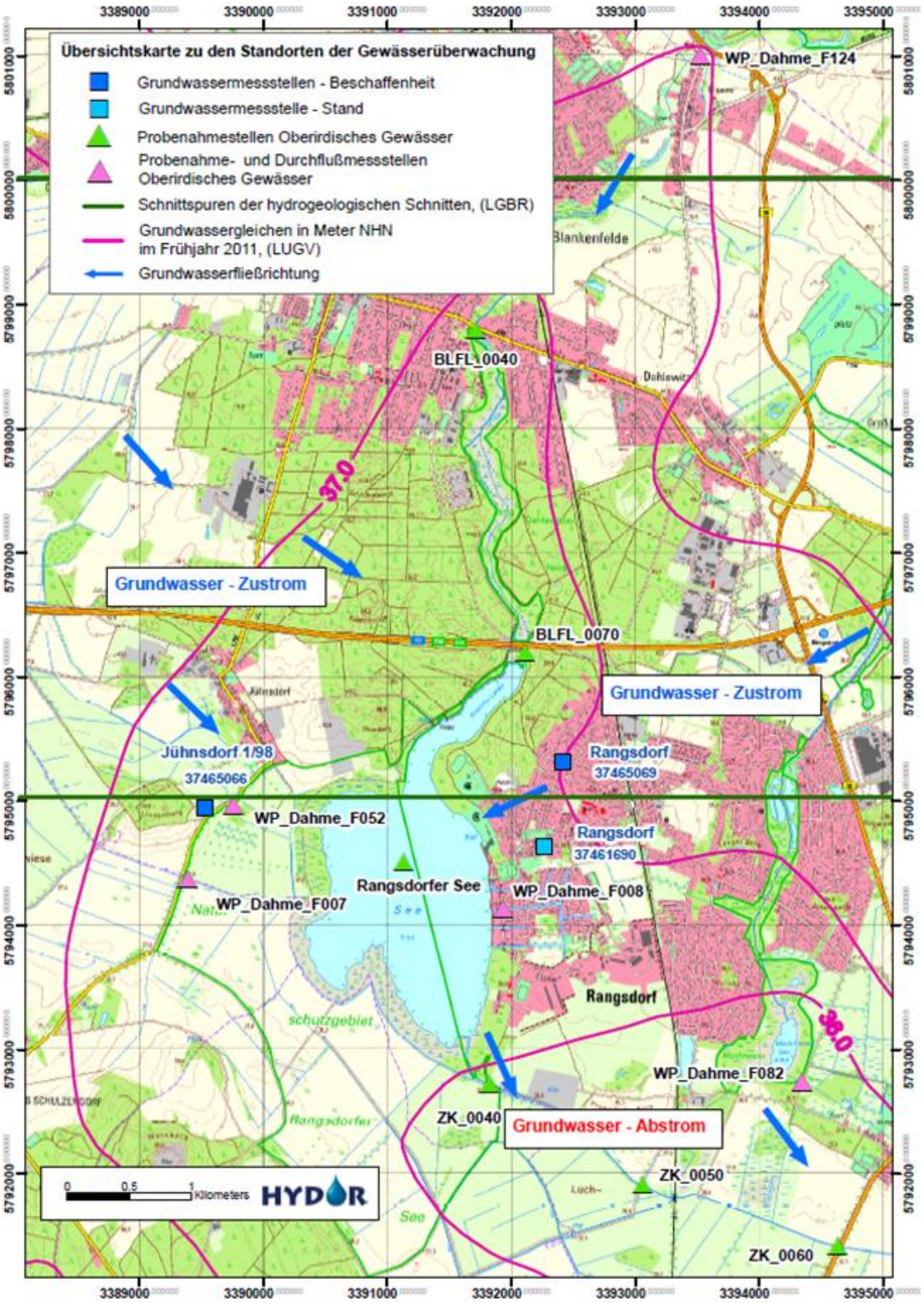


Abb. 10: Lage der Grund- und Oberflächenmessstellen des LfU.

Der zeitliche Verlauf der Grundwasserstände seit frühestens 1984 ist in Abb. 13 dokumentiert. In der Abbildung wird deutlich, dass es zum einen deutliche saisonale Schwankungen des Grundwasserspiegels der Messstellen auftreten, aber auch größer skalige Muster zu erkennen sind. Zu Beginn der 2010er Jahre fand eine stetige Abnahme des Grundwasserspiegels statt. Das sehr feuchte Jahr

2017 stellt diesbezüglich jedoch einen Ausreißer dar. Zusammenfassend, wird aus dieser Grafik der natürliche Zusammenhang von Niederschlagsmenge und Grundwasser ersichtlich.

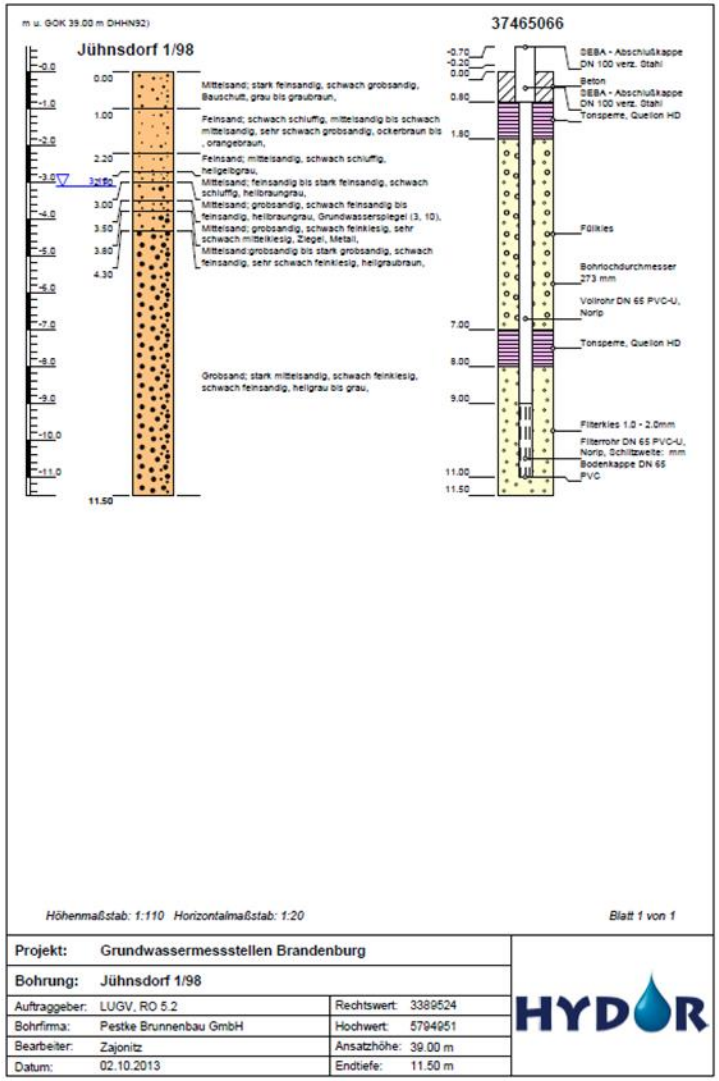
Für die zwei Beschaffenheitsmessstellen in Rangsdorf und Jühnsdorf ist der zeitliche Konzentrationsverlauf der Nährstoffe Phosphor- und Stickstoff sowie einiger Spezies in den Abbildungen Abb. 14, Abb. 15, Abb. 16 und Abb. 17 dargestellt. Es wird ersichtlich, dass das Grundwasser in beiden Messstellen sehr geringe Phosphorgehalte aufweist. Mit unter 0.1 mg/l liegen diese sogar unter den Konzentrationen des Rangsdorfer Sees. Vereinzelt treten kleinere Peaks der o-Phosphatgehalte in den Jahren 2004, 2011 und 2013 in der Messstelle Rangsdorf auf. Die Konzentrationen der Stickstoffspezies und deren Verbindungen weisen ebenfalls sehr geringe Konzentration. Nur in der Messstelle Jühnsdorf tritt eine Überschreitung des Ammoniumgrenzwerts auf. Dieser hat jedoch primär Bedeutung für die Trinkwasserversorgung. Der Beitrag des Grundwasser im Bereich der beiden Messstellen an der Nährstoffbelastung des Rangsdorfer Sees ist als gering zu beurteilen. Jedoch bilden diese Messstellen nicht zwangsläufig Grundwasser ab, welches potentiell dem See zuströmt. Ebenfalls ist auf die sehr geringe Datendichte der Messstelle Jühnsdorf hinzuweisen, bei der nur Messungen in zwei Jahren, 2012 und 2019, vorliegen.

4.2 Oberflächenwassermessstellen des LfU

4.2.1 Rangdorfer See

Wasserstand

In Abb. 18 ist der zeitliche Verlauf des Wasserstandes des Rangsdorfer See von 1975 bis 2020 mit den im gleichen Zeitraum gefallenen monatlichen Niederschlagssummen dargestellt. Der angestrebte Wasserstand im See, welcher durch das Wehr am Auslauf zum Zülowkanal reguliert wird, liegt bei 36,5 m über NN. Es wird ersichtlich, dass der Seewasserstand seit den 1980er Jahren oftmals deutlichen Schwankungen ausgesetzt ist und der angestrebte Pegelstand unterschritten wird. Eine Überschreitung des Sollwasserstandes findet, wenn sie denn überhaupt auftritt, um wenige Zentimeter statt. Insbesondere seit den 2000er Jahren hat sich dieser Trend zu einem niedrigeren Wasserstand nochmals verschärft. Dies liegt am verringerten Wasserdargebot aufgrund von zurückgehenden Niederschlagsmengen. Eine Ausnahme stellt hierbei der Zeitraum von 2010 bis 2015 dar. Das 2017 fällt ebenfalls aus diesem Trend, da in diesem Jahr außergewöhnlich starke sommerliche Starkregenereignisse verzeichnet wurden. Da es im Zuge des Klimawandels vermutlich zu einem weiteren Rückgang der Niederschläge kommt, sollten, um den Wasserstand zu stabilisieren, Maßnahmen zur Steigerung des Wasserdargebots ergriffen werden.



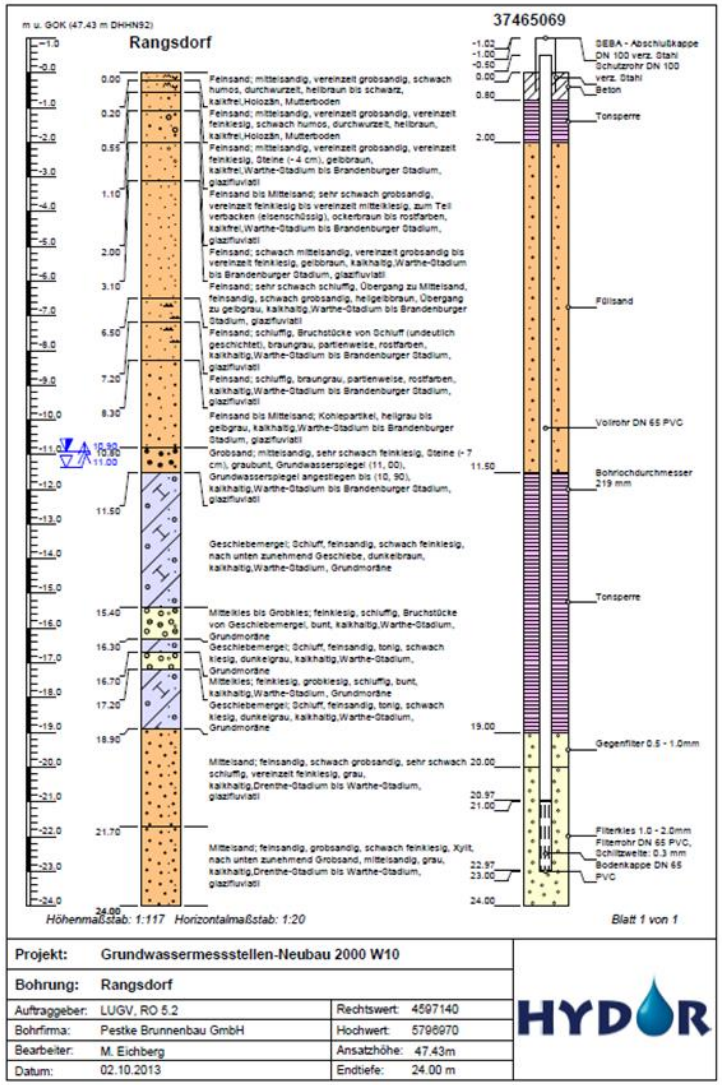


Abb. 11: Schichtenverzeichnisse und Ausbauplan der Messstelle Jühnsdorf 1/98. (links)

Abb. 12: Schichtenverzeichnisse und Ausbauplan der Messstelle Rangsdorf. (rechts)

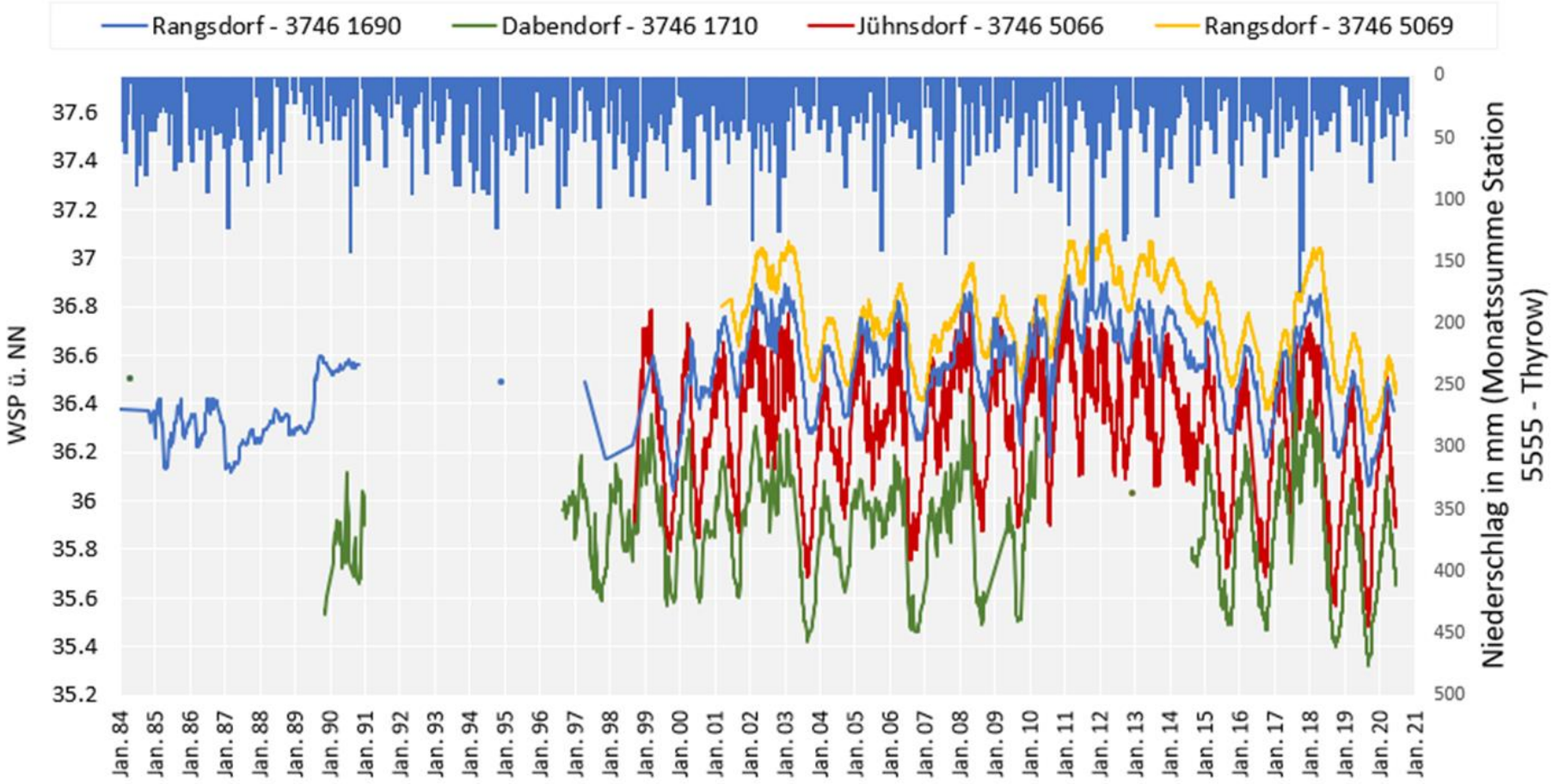


Abb. 13: Zeitlicher Verlauf der Grundwasserstände in den vier Messstellen des LfU und die kumulierten monatlichen Niederschlagssummen in diesem Zeitraum.

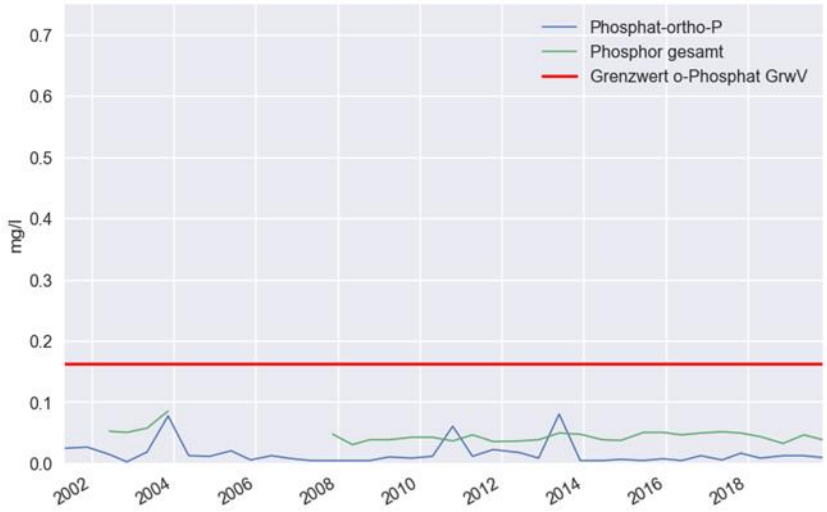


Abb. 14:Zeitlicher Verlauf der Gesamtphosphor und o-Phosphat-P Konzentrationen in der Messstelle Rangsdorf.

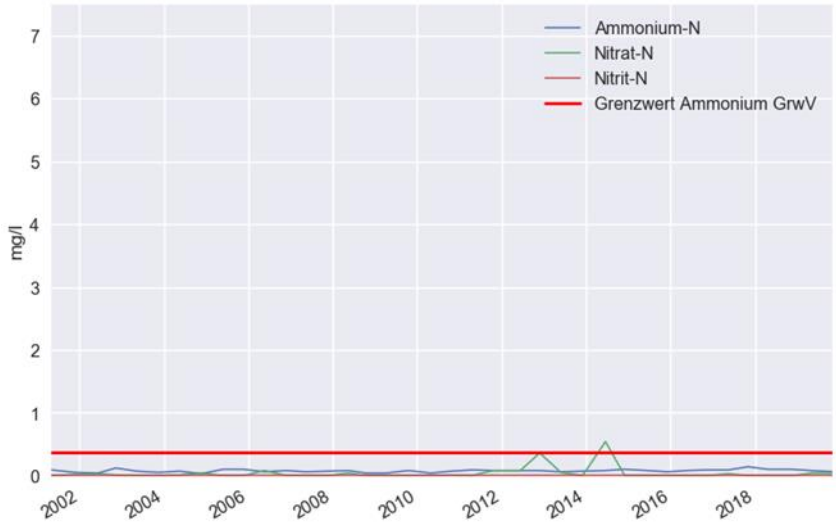


Abb. 15:Zeitlicher Verlauf der Ammonium-N, Nitrat-N und Nitrit-N Konzentrationen in der Messstelle Rangsdorf.

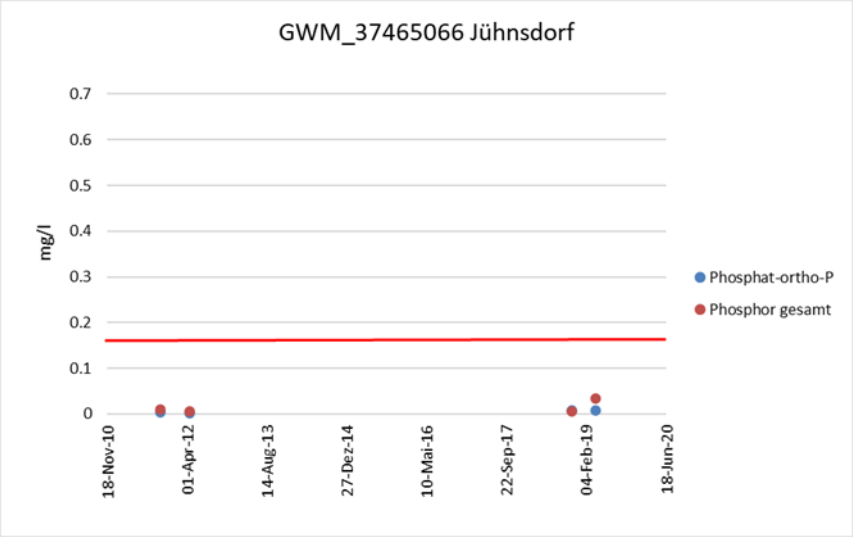


Abb. 16: Zeitlicher Verlauf der Gesamtphosphor und o-Phosphat-P Konzentrationen in der Messstelle Jühnsdorf. Die rote Linie markiert den Grenzwert der Grundwasserverordnung für o-Phosphat.

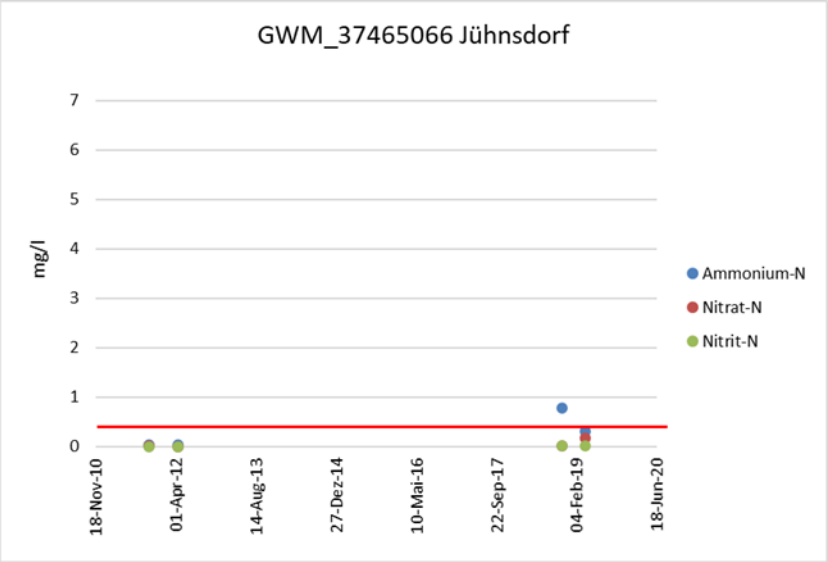


Abb. 17: Zeitlicher Verlauf der Ammonium-N, Nitrat-N und Nitrit-N Konzentrationen in der Messstelle Rangsdorf. Die rote Linie markiert den Grenzwert der Grundwasserverordnung für Ammonium und Nitrit.

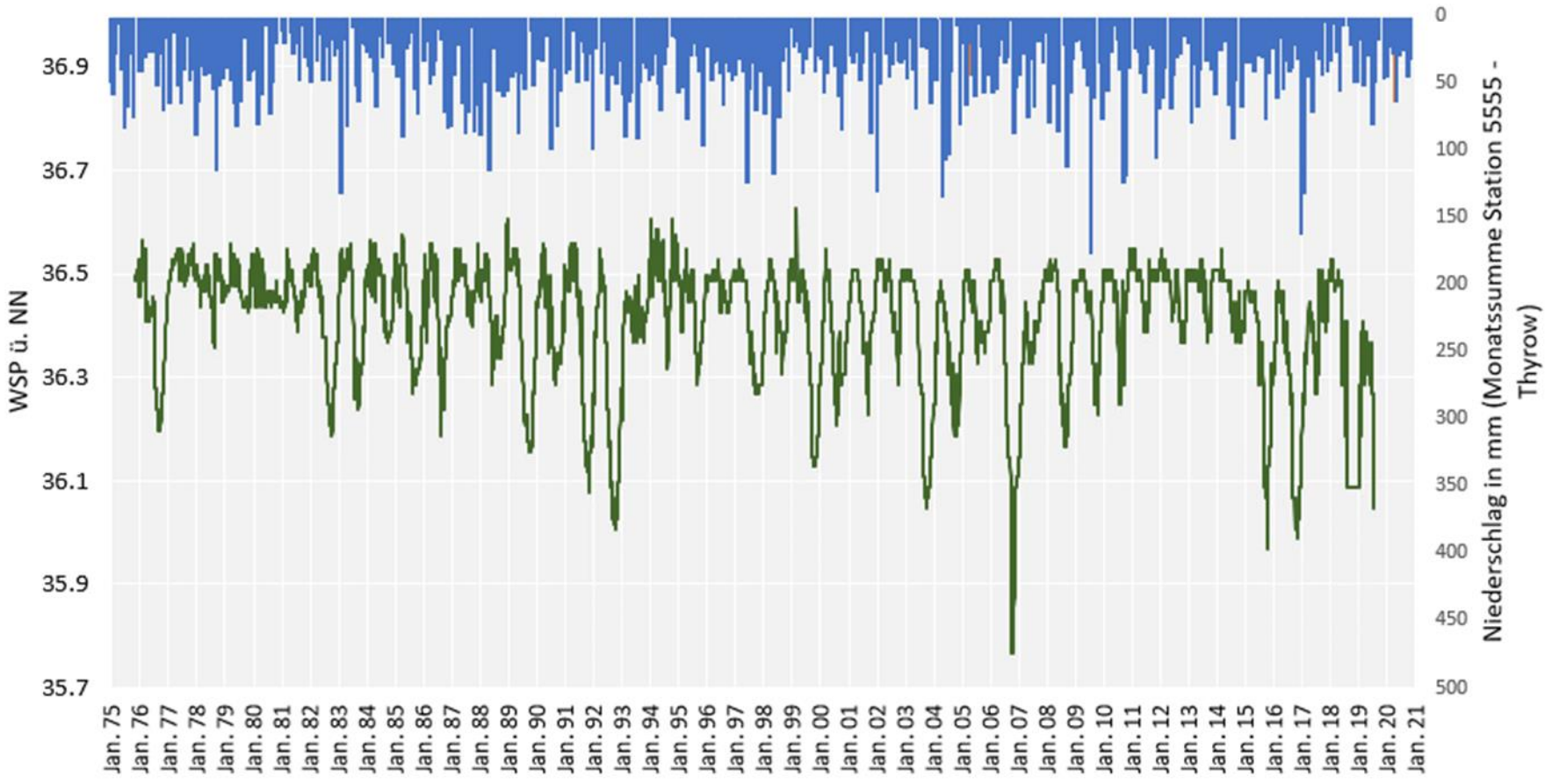


Abb. 18: Zeitlicher Verlauf des Wasserstandes im Rangsdorfer See mit den im gleichen Zeitraum gefallen monatlichen Niederschlägssummen.

Beschaffenheit

In unregelmäßigen Abständen (alle 2 bis 4 Jahre) wird vom LfU eine Beprobung des Rangsdorfer Sees über die gesamte Vegetationsperiode eines Jahres durchgeführt. Dabei wird eine Vielzahl von Parametern ermittelt, wie gelöster Kohlenstoff, die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor und deren Spezies, aber auch Hauptionen wie Kalium, Calcium, Chlorid, Hydrogencarbonat und Sulfat. Weiterhin werden typische physico-chemische Parameter wie Sauerstoff, Temperatur, Redoxpotential und Leitfähigkeit bestimmt. Auch wird der Chlorophyllgehalt analysiert um eine Aussage über die Menge an Phytoplankton im Wasser treffen zu können. Dies wirkt sich unmittelbar auf die ebenfalls dokumentierte Sichttiefe aus.

Der in den meisten Süßwasserökosysteme limitierende Nährstoff ist Phosphor. Die Konzentration von Gesamtphosphor und der Spezies ortho-Phosphat ist in Abb. 19 dargestellt. Es handelt sich dabei um die Mittelwerte der Proben die innerhalb der Vegetationsperiode des entsprechenden Jahres (~März bis Oktober) entnommen wurden. Die dargestellten Jahre weisen teils höchst unterschiedliche mittlere Gesamtphoshor- und o-Phosphatgehalte der Wassersäule auf, aber auch eine natürliche, durch seeinterne Prozesse verursachte, intrasaisonale Schwankung (ausgedrückt durch die hohe Standardabweichung. Besonders auffällig sind die Jahre 2010, 2014 und 2016. In diesen Jahren ist der direkt Pflanzenverfügbarer o-Phosphatgehalt in erheblichen Mengen im Freiwasser des Sees quantifizierbar. Für diese Beobachtung liegen zwei Erklärungen vor. Einerseits, kann es aufgrund von Sauerstoffmangel zu einer signifikanten Rücklösung von im Sediment des Sees gebundenen Phosphor kommen, anderseits, kann eine fehlende Aufnahme des Phosphors durch Pflanzen eine Anreicherung im Wasserkörper verursachen. Beide Annahmen sind vermutlich simultan aufgetreten. Im Jahr 2010 kam es aufgrund einer lange geschlossenen Eisdecke zu einem massiven Fischsterben im See. In dessen Folge konnte sich das Zooplankton stärker als üblich vermehren, da die natürlichen Fraßfeinde (verschiedene Friedfischarten) dezimiert wurden. Das Zooplankton wiederum übte einen signifikanten Fraßdruck auf das Phytoplankton aus, welches sich unter den typischerweise im See vorliegenden Bedingungen massiv vermehren würde.

Es bleibt somit eine bedeutende Menge des Pflanzenverfügbaren Nährstoffs „unverbraucht“ im Wasserkörper. Dieser geschilderte Vorgang spiegelt sich ebenfalls in dem Einbruch der gemessenen Chlorophyllmenge in

Abb. 20 wider. Dies hatte eine extreme Steigerung der Sichttiefe zur Folge (Abb. 21). Nachdem sich der Fischbestand mutmaßlich in den darauffolgenden Jahren wieder erholte, kam es auch wieder zu einer starken Vermehrung des Phytoplanktons und einer erneuten Reduktion starken Verminderung der Sichttiefe.

In Abb. 22 sind die Jahresmittelkonzentration des Gesamtstickstoffs, Ammonium- und Nitratstickstoff in der Wassersäule des Rangsdorfer Sees dargestellt. Für die Jahre 2005 und 2007 liegen nicht für alle drei Parameter Analyseergebnisse vor. Die Konzentration des Gesamtstickstoffs in der Wassersäule unterliegt deutlichen Schwankungen mit einem Maximum (~4,6 mg/l) in 2019 und einem Minimum 2014 (~1,7).Auch innerhalb eines Jahres kommt es signifikanten intrasaisonalen Unterschieden, welche durch die hohe Standardabweichung ausgedrückt werden. Im Jahr 2010 mit dem starken Fischsterben treten signifikant erhöhte Ammoniumkonzentrationen auf. Insbesondere im

2. und 3. Quartal sind diese hohen Konzentrationen zu verzeichnen. Ammoniumkonzentrationen über 1 mg/l gelten als fischereilich bedenklich. Da das ganze Jahr außergewöhnlich hohe Sichttiefen im See gemessen worden sind, ist die Ammoniumkonzentration vermutlich nicht auf Zersetzungsprozesse, die im Zuge einer absterbenden Algenblüte ablaufen, zurückzuführen. Der August 2010 war außergewöhnlich regenreich (Berlin-Tempelhof 234% der üblichen Menge)[1] und hat vermutlich zum Eintrag von größeren Mengen stickstoffhaltiger organischer Substanzen in den See geführt. Dies hatte eine verstärkte Sauerstoffzehrung und die Entstehung von größeren Mengen Ammonium, sowie die Rücklösung von Phosphor in Form von o-Phosphat aus dem Sediment (Abb. 19) zur Folge. In der Tat sank der Sauerstoffgehalt im Jahr 2010 (Abb. 23) an vielen Probenahmepunkten unter den für viele Fischarten kritischen Wert von 3-4 mg/l (manche Karpfenartige vertragen bis 2 mg/l). Auch in den anderen Jahren kam es vereinzelt an bestimmten Punkten zu fischkritischen Sauerstoffkonzentrationen, die sich aber nicht über den gesamten See erstreckten. Nichtsdestotrotz, liefert die in Abb. 23 dargestellte Sauerstoffkonzentration lediglich eine integrierte Information, da die Probenahmepunkte sich nicht nur an verschiedenen Orten im See befanden, sondern auch in verschiedenen Tiefen. Dadurch ist die natürliche Sauerstoffarmut in tieferen Gewässerabschnitten während des Sommers in diesen Werten aufgelöst.

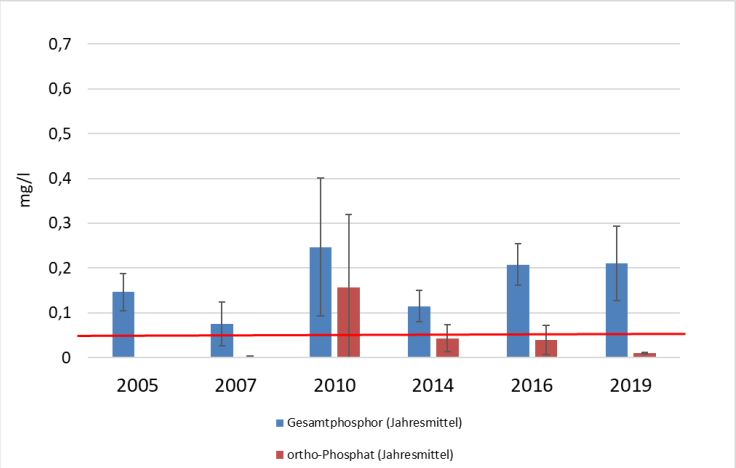


Abb. 19: Darstellung des Saisonmittels von Gesamtphosphor und o-Phosphat-P für verschiedene Jahre. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung und die rote Linie den OGewV-Orientierungswert für Gesamtphosphor für den Seetyp des Rangsdorfer Sees.

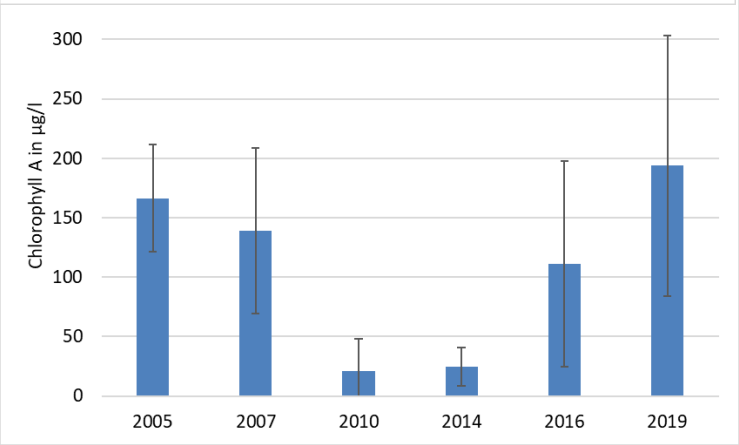


Abb. 20: Darstellung des Saisonmittels der Konzentration von Chlorophyll A im Rangsdorfer See für verschiedene Jahre. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung.

[1] http://www.unwetterzentrale.de/uwz/585.html

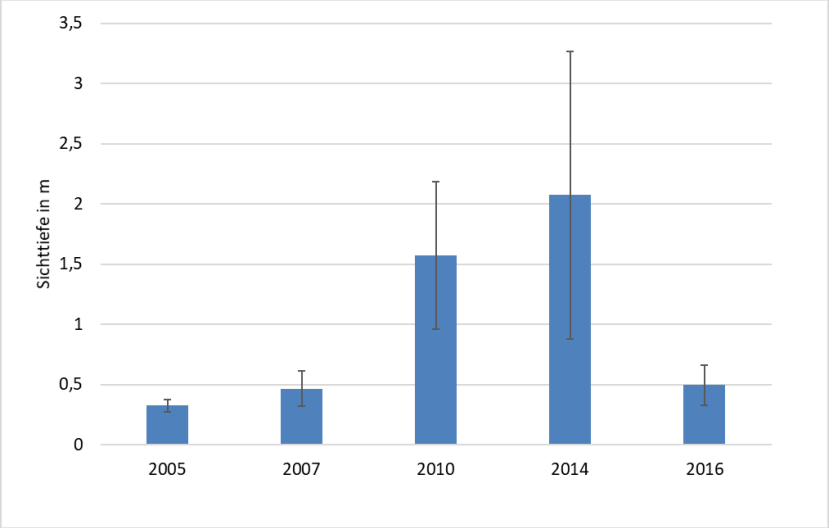


Abb. 21: Darstellung der Sichttiefe im Rangsdorfer See im Saisonmittel für verschiedene Jahre. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung.

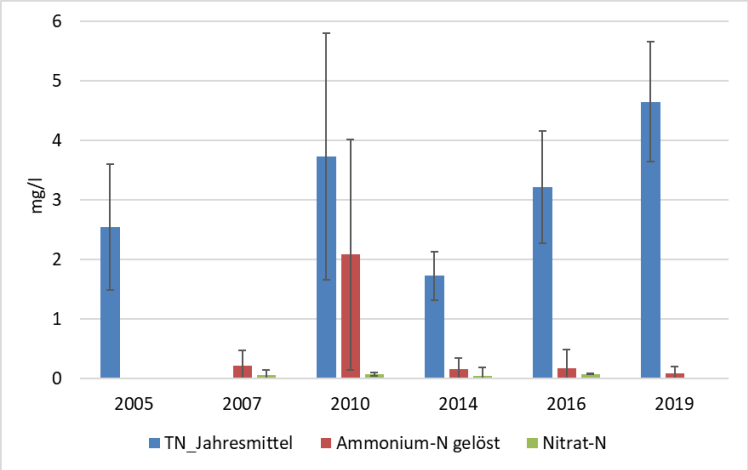


Abb. 22: Darstellung der Gesamtstickstoff-, Ammoniumstickstoff- und Nitratstickstoffkonzentration für verschiede Jahre im Rangsdorfer See. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung.

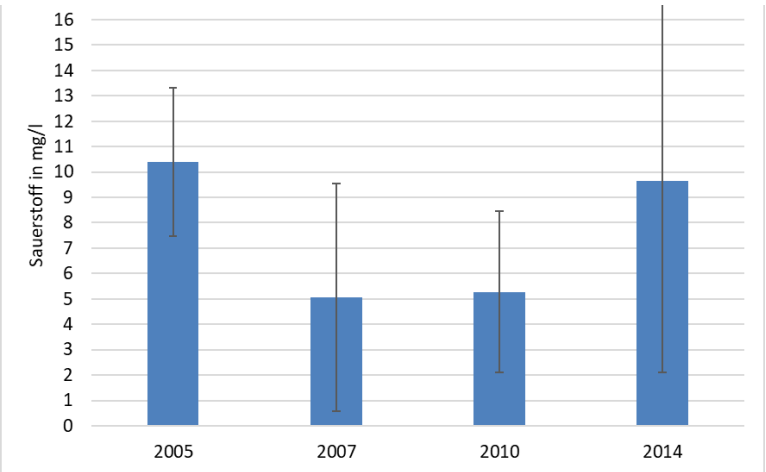


Abb. 23: Mittlerer Sauerstoffgehalt im Rangsdorfer See in vier beprobten Jahren. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung.

4.2.2 Fließgewässer und Gräben

Das LfU unterhllt einige Oberflächenwassermessstellen in Gräben, welche mit dem Rangsdorfer See verbunden sind oder waren, sowie im Zülowkanal und dem Glasowbach. Für diese liegen für die letzten Jahre bzw. Jahrzehnte Analysedaten zu verschiedenen Parametern vor. Diese liefern eine Information über die Entwicklung der Wasserqualität im Umfeld des Rangsdorfer Sees.

Der zeitliche Konzentrationsverlauf des Gesamtphosphors und des in o-Phosphat gebunden Phosphors ist für diese Messstellen in Abb. 24 und Abb. 25 dargestellt. Es wird dabei ersichtlich, dass insbesondere die Messstellen im Zülowkanal (vor allem ZK_0050 und ZK_0060) extreme Gesamt- und Phosphatphosphorgehalte aufweisen. Solche hohen Konzentrationen sind ausschließlich durch bedeutende externe Eintragsereignisse zu erklären. Vermutlich lagen Eintrag von beispielsweise Gülle oder Abwässern nach Starkregenereignissen im Sommerhalbjahr vor, die über einmündende Kanäle zugefügt wurden. Die meisten Messstellen weisen meist durchgehend Phosphatphosphorkonzentrationen unterhalb von 0,5 mg/l auf. Lediglich in wenigen Jahren liegenden diese darüber. Die Gesamtphosphorkonzentrationen liegen darüber, aber ebenfalls unterhalb von 0,5 mg/l. Die gemessenen Konzentrationen der beiden Parameter weisen an den Messstellen eine strikte Saisonalität auf, dabei treten Konzentrationsspitzen häufiger bei Gesamtphosphors als beim o-Phosphat auf. Insbesondere bei der Messstelle ZK_0040, welche am unmittelbaren Auslauf des Sees liegt und somit eine große Relevanz aufweist, ist die Gesamtphosphorkonzentration abgekoppelt vom o-Phosphat (Abb. 26 und Abb. 27). Extrem hohe Gesamtphosphorkonzentration von über 5 mg/l zeigen sich nicht in ebenfalls erhöhten o-Phosphatkonzentrationen. Die Messstelle an der Mündung des Glasowbachs in den Rangsdorfer See weist nicht diese Entkopplung auf. Die gemessenen Konzentrationen an den beiden Messstellen weisen eine ähnliche Größenordnung auf. Interessant ist, dass gemessene Konzentrationsspitzen in der einen Messstelle nicht immer mit der gemessenen Konzentration in der Anderen in Verbindung steht. Dies verdeutlicht den durch den See verursachten starken Retentionseffekt von Stoffen.

Weiterhin sind die o-Phosphatkkonzentrationen im Auslauf im Winterhalbjahr unterhalb denen des Glasowbachs. Vermutlich fungiert der Rangsdorfer See als Puffer bzw. Nährstoffsenke, wodurch ein Teil der eingeführten Nährstoffe im Seekörper verbleibt oder verzögert abgeführt wird. Weiterhin findet eine Transformation des gelösten o-Phosphat in primär organisch gebundenen Phosphor (aufgelöst im Gesamtphosphor) stattfand. Dies erklärt den höheren Gesamtphosphorgehalt des Wassers am Seeauslaufs im Vergleich zum Glasowbach. In diesem liegt für Fließgewässer typisch ein größerer Anteil des Phosphors als gelöstes ortho-Phosphat vor (Wetzel 2001, 242 ff.). In Beiden unmittelbar mit dem See assoziierten Messstellen findet konstant eine Überschreitung des Orientierungswert für Gesamtphosphor für den Seetyp 11.2 des Rangsdorfer Sees statt.

Die Beprobung der Gräben bei Jühnsdorf am Punkt WP_Dahme_F007 ergab teils sehr hohe Phosphorgehalte vom Spätsommer 2011 bis Spätwinter 2011/12, welche im Anschluss unter die der Messstelle in Kleinvenedig fielen. Die Phosphorgehalte am Punkt WP_Dahme_F052 waren konstant über diesen. Eine Einleitung des Grabenwasser könnte zu einer Stabilisierung des Seewasserstandes beitragen, jedoch auf Kosten eines verstärkten Phosphoreintrags.

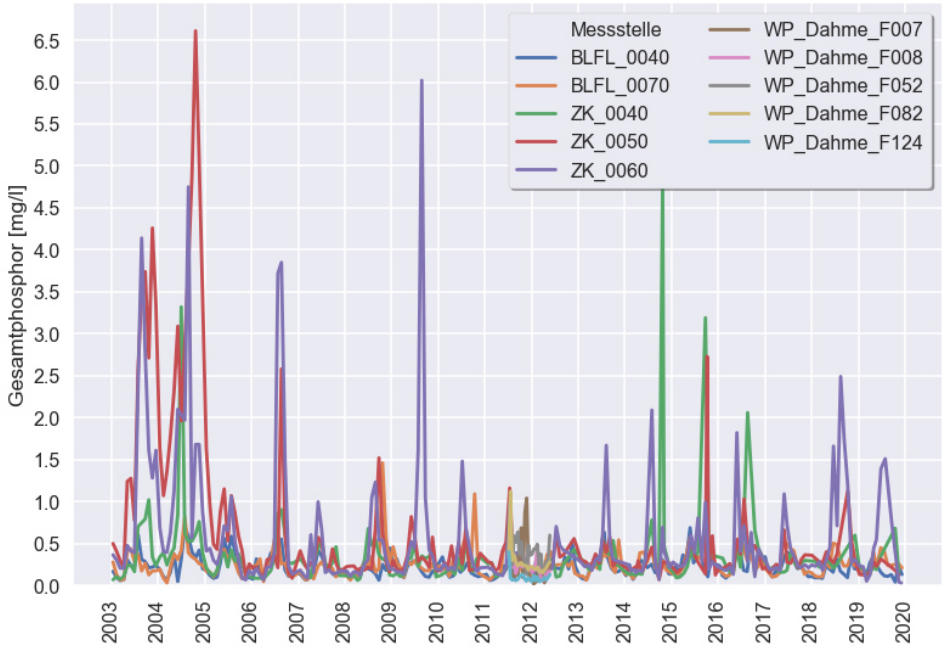


Abb. 24: Zeitlicher Verlauf der Gesamtphosphorkonzentration in Oberflächenwassermessstellen des LfU Brandenburg im Gebiet des Rangsdorfer Sees.

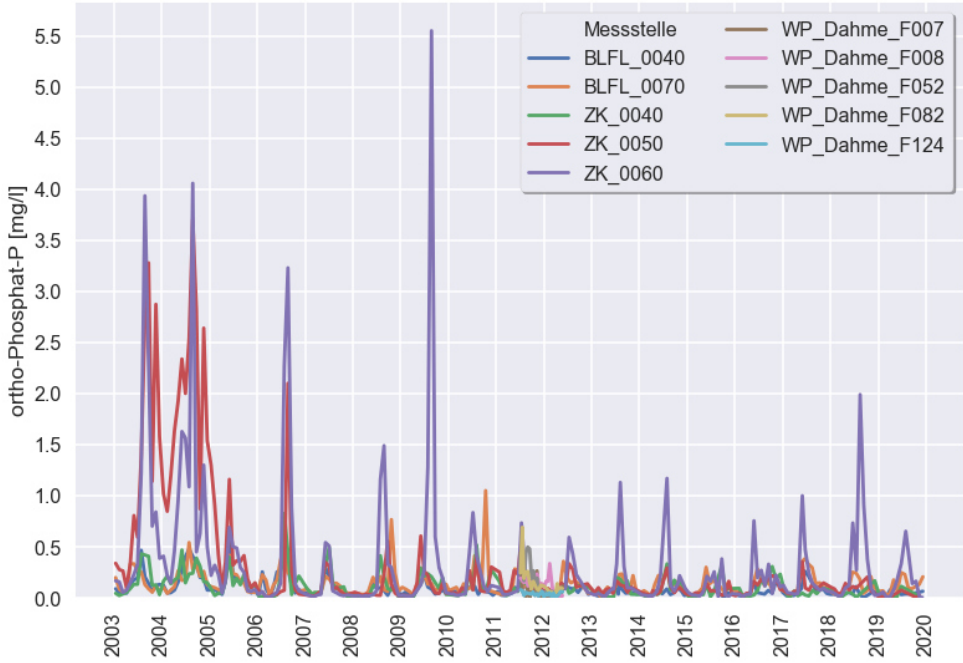


Abb. 25: Zeitlicher Verlauf der o-Phosphatphosphorkonzentration in Oberflächenwassermessstellen des LfU Brandenburg.

Der zeitliche Verlauf der Gesamtstickstoffkonzentration und die in den Spezies Ammonium und Nitrat gebundene Stickstoffkonzentration ist jeweils in Abb. 28, Abb. 29 und Abb. 30 dargestellt. Die Gesamtstickstoffkonzentration der Messstellen liegt meist recht konstant zwischen 1-4 mg/l vereinzelt treten bei den Messstellen ZK_0050 und ZK_0040 deutlich höhere Konzentrationen auf. Diese Konzentrationsspitzen korrelieren mit der Gesamtphosphorkonzentration in Abb. 24 und gehen auf dieselben Eintragsevents zurück.

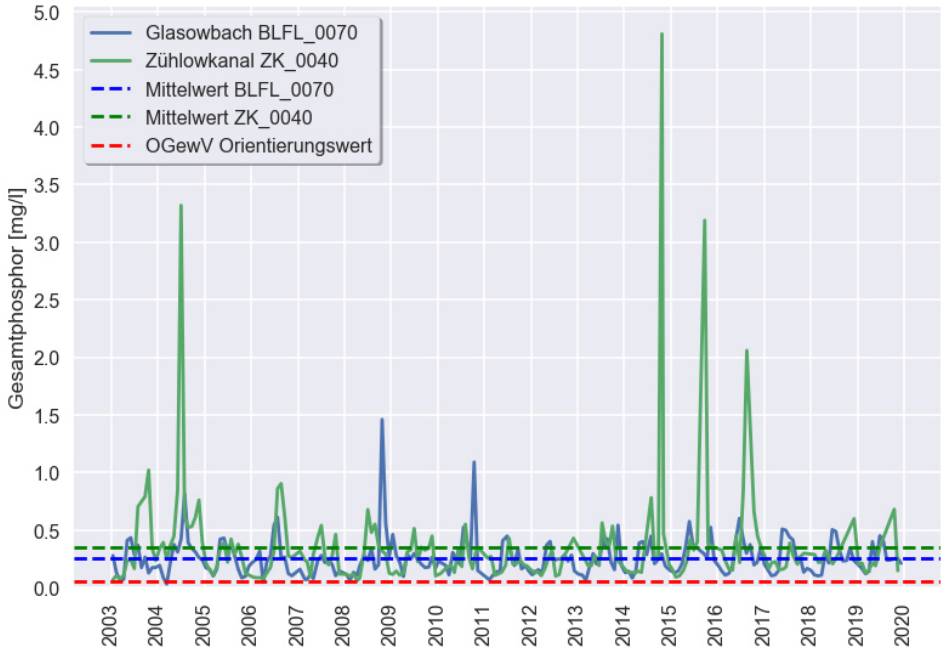


Abb. 26: Zeitlicher Verlauf der Gesamthosphorkonzentration in für den Nährstoffstatus des Rangsdorfer See besonders relevanten Oberflächenwassermessstellen des LfU-Brandenburg. Das langjährige Mittel der Messstellen ist in der Grafik als Linie dargestellt und beträgt jeweils 0,258 bzw. 0,349 mg/l. Die rote Linie stellt den Orientierungswert der OGewV von 0,055 mg/l für den Rangsdorfer See dar.

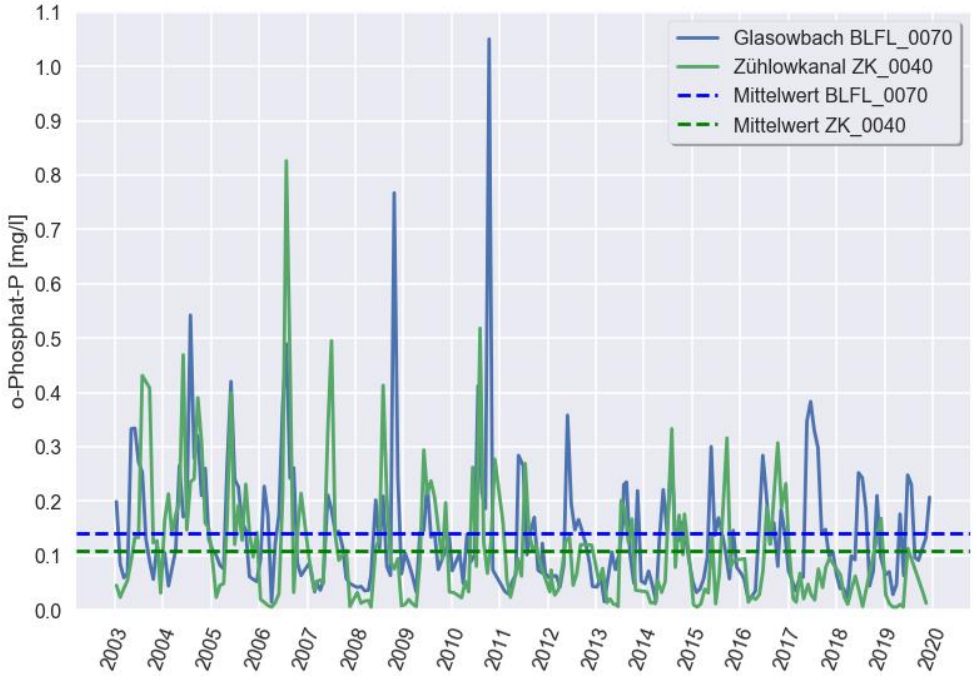


Abb. 27: Zeitlicher Verlauf der o-Phosphatphosphorkonzentration in für den Nährstoffstatus des Rangsdorfer See besonders relevanten Oberflächenwassermessstellen des LfU-Brandenburg. Das langjährige Mittel der Messstellen ist in der Grafik als Linie dargestellt und beträgt jeweils 0,110 bzw. 0,141 mg/l.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Ammoniumkonzentration in Abb. 29, welche in den Jahren 2003 bis 2006 im Zülowkanal extrem erhöht ist, in Bezug auf die ortho-Phosphatkonzentration. Solche Konzentrationen von fasst 50 mg/l in der Messstelle ZK_0050 können nur durch den Einfluss von

belastetem Abwasser oder direktem Eintrag von signifikanten Güllemengen. Nach 2006 sind die Ammoniumkonzentrationen vergleichsweise unauffällig. Die Nitratkonzenration ist an den meisten Messstellen unauffällig lediglich im Glasowbach nahe der Mündung in den Rangsdorfer See wurden vereinzelt erhöhte Nitratkonzentrationen gemessen, dies ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf diffuse landwirtschaftliche Einträge zurückzuführen. Gleiches gilt für die nur überblicksweise in den Jahren 2011/2012 beprobten Messstelle WP_Dahme_F007 in den Gräben bei Jühnsdorf.

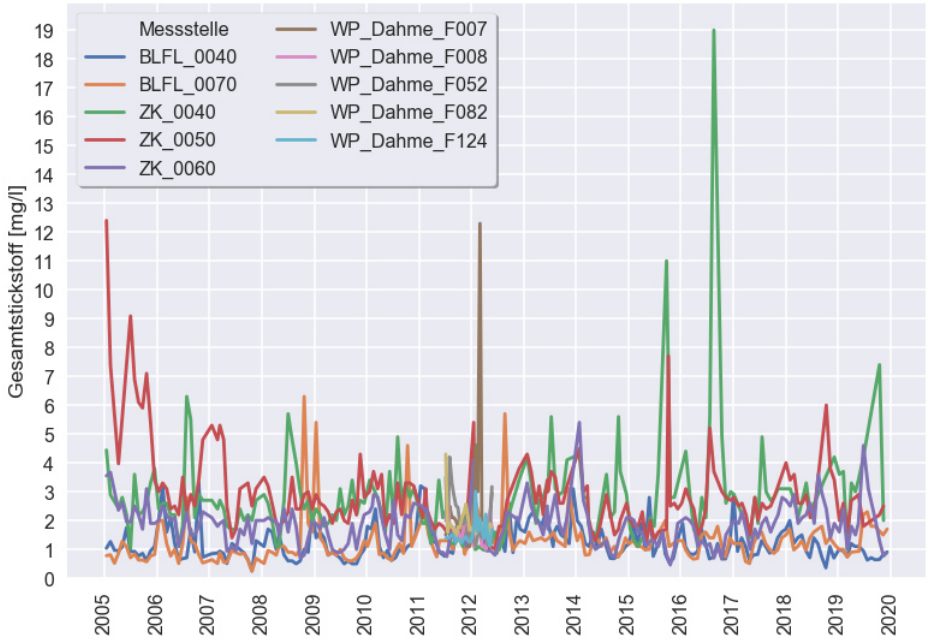


Abb. 28: Zeitlicher Verlauf der Gesamtstickstoffkonzentration in Oberflächenwassermessstellen des LfU Brandenburg.

Der zeitliche Verlauf der Konzentration des gesamten organischen gebundenen Kohlenstoffs (TOC) ist in Abb. 31 dargestellt. Es liegen dabei lediglich Messwerte aus dem Glasowbach und Zülowkanal vor. Dabei zeigt sich insbesondere bei der Messstelle ZK_0040 am Seeauslauf ein klarer Zusammenhang des TOC-Gehalts mit der Gesamtphosphorkonzentration. Dies deutet letztlich auf eine große Menge an organischem Material im Wasser hin. Diese können u.a. von Bodenpartikel oder Pflanzen stammen.

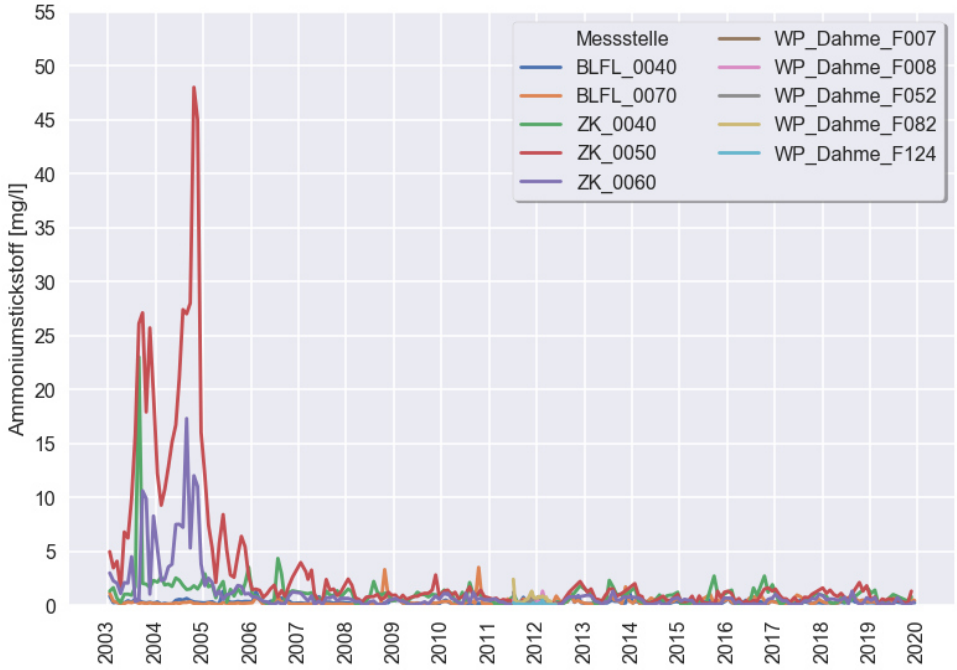


Abb. 29: Zeitlicher Verlauf der Ammoniumstickstoffkonzentration in Oberflächenwassermessstellen des LfU Brandenburg.

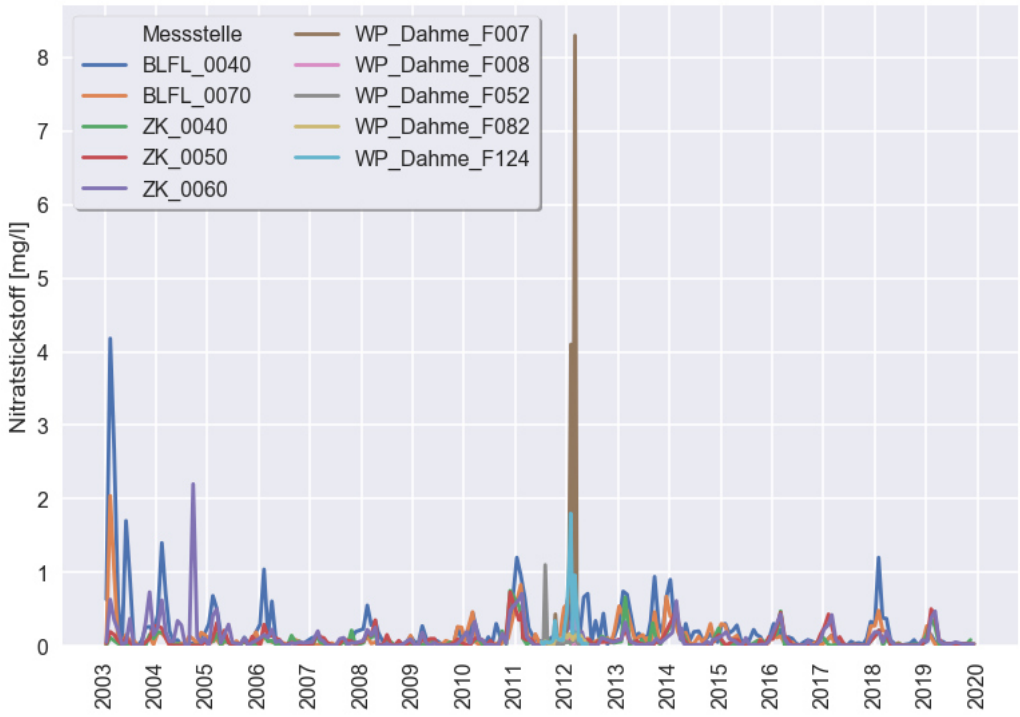


Abb. 30: Zeitlicher Verlauf der Nitratstickstoffkonzentration in Oberflächenwassermessstellen des LfU Brandenburg.

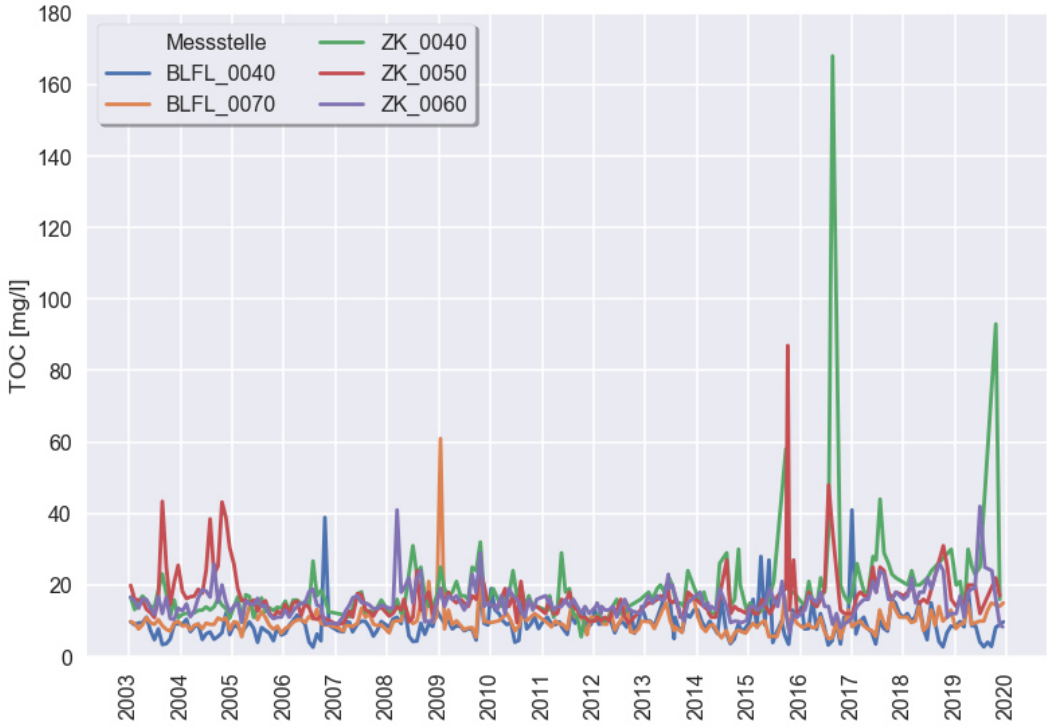


Abb. 31: Zeitlicher Verlauf der Konzentration des gesamten organisch gebundenen Kohlenstoff bei den Messstellen im Glasowbach und Zülowkanal.

5. Messkampagne

5.1 Konzeptionierung und Planung

Ausgangspunkt der entwickelten Messkampagne waren die von Terra Urbana (2016, 83 ff.) abgeleiteten Maßnahmen, um identifizierte Informationsdefizite aufzuarbeiten und das daraus erarbeitete Leistungsverzeichnis für die vorliegende Studie. Anschließend fand nach einer Vor-Ort-Begehung am 26. Mai 2020 eine Konkretisierung und Anpassung der notwendigen durchzuführenden Arbeiten statt.

5.1.1 Grundwasser

Die größte Unbekannte stellt das Grundwasser im Umfeld des Rangsdorfer Sees dar. Es liegen trotz der sehr vielen am Rangsdorfer See bereits durchgeführten Studien kaum differenzierte Informationen bezüglich des Grundwassereinflusses auf den See vor. Das Grundwasser kann einen bedeutenden Anteil an der Nährstofffracht eines Sees ausmachen (Meinikmann et al. 2015). Folglich sollte das Grundwasser immer mitberücksichtigt werden, wenn ein Grundwassereinfluss auf den See nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann. Beim Rangsdorfer See kann basieren auf den hydrogeologischen Schnitten und des Grundwassergleichenplans der HYK 50 mit einer hohen Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass ein Einströmen von Grundwasser in den See erfolgt. Ebenso zeigte Terra Urbana (2016, S. 67) anhand des WRRL-Wasserkörpersteckbrief des Rangsdorfer See, dass das LfU dem Grundwasser einen entscheidenden Anteil an den Phosphoreinträgen in den See zuschreibt. Jedoch zeigt sich dieses Bild nicht in den zwei vom LfU im Umfeld des Rangsdorfer Sees vorliegenden Messstellen. Diese weisen eine geringe Phosphorkonzentration auf (siehe 0). Um diesen Unsicherheitsfaktor bezüglich des Nährstoffstatus des Rangsdorfer Sees zu beleuchten wurde eine einjährige Grundwassermonitoringkampagne geplant. Anhand der gewonnenen Daten kann der Phosphorgehalt im Grundwasseran- und abstrom ermittelt werden und eine Berechnung der Phosphorfracht in den Rangsdorfer See erfolgen. Die Messstellen sollen möglichst Aufschluss über das oberflächennahe Grundwasser liefern, da dieses tendenziell mit höherer Wahrscheinlichkeit dem See zuströmt.

Nach sorgfältiger Sichtung von Bestandsunterlagen, welche aus Berichten bereits durchgeführter Arbeiten bestehen (Konsortium Rangsdorfer See 1992; Frauenstein 2017, diverse Arbeiten der FU Berlin) und hydrogeologischen Kartenwerken und Schnitte der HYK 50 bestanden, fand die festlegung der Messstellenstandorte statt. Der Bau von 12 in den Voruntersuchungen von Terra Urbana (2016) vorgeschlagenen temporären Messstellen war nicht notwendig, da im Untersuchungsgebiet bereits einige zweckdienliche Messstellen des DNWAB (DAHME-NUTHE Wasser-, Abwasserbetriebsgesellschaft mbH) bei der Vor-Ort-Begehung identifiziert wurden. Weiterhin konnte ebenfalls eine flach verfilterte Förderbohrung (8m) einer Privatperson und der Deponie Rangsdorf genutzt werden. Insgesamt war somit nach erfolgter Nutzungserlaubnis der Messstellen lediglich die Errichtung von sechs temporären Messstellen notwendig. Die Lage der für die Kampagne genutzten Grundwassermessstellen ist in Abb. 32 dargestellt. Es handelt sich dabei, mit einer Ausnahme, ausschließlich um Messstellen die eine Beprobung von oberflächennahem Grundwasser erlauben, da dieses potentiell dem See mit der größten Wahrscheinlichkeit zuströmt. Die Filteroberkannte dieser Messstellen befinden sich primär oberhalb von 8m unter der Geländeoberkante (Abb. 33). In Anschluss

fand die Einholung von Erlaubnissen zur Errichtung der temporären Messstellen und zur Befahrung des Naturschutzgebiets und von Waldwegen statt. Weiterhin wurde ergänzend im Juni 2021 eine ingenieurtechnische Einmessung der Grundwassermessstellen und die zusätzliche Sondierung der Grundwasseroberfläche durchgeführt. Dies ermöglicht die exakte Bestimmung der hydraulischen Gradienten im Untersuchungsgebiet und deren zeitliche Veränderung im Untersuchungszeitraum.

Das ursprünglich zu analysierende Parameterspektrum (Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit, Nitrat, Ammonium und Gesamtphosphor) des Grundwassers wurde um einige weitere Parameter ergänzt, welche einen noch tieferen Einblick in die im Grundwasser ablaufenden Prozesse erlauben. Es handelt sich dabei um Temperatur, gesamten organischen Kohlenstoff (TOC), Sulfat, Sulfid, Nitrit, Gesamtstickstoff, Eisen II und III, ortho-Phosphat und Chlorid. Begründet wird dies damit, dass die Temperatur meist sowieso bei der Probenahme gemessen wird. Der TOC in der Probe liefert eine Information, ob es sich bei dem entnommenen Grundwasser um eine stark durch organisches Material im Grundwasserleiter oder der darüber befindlichen ungesättigten Zone handelt. Nitrit stellt eine für aquatische Organismen toxische Stickstoffspezies dar, welche während der Umwandlung von Ammonium zu Nitrat entsteht. Der Gesamtstickstoff ist ein sehr bedeutender Summenparameter, da dieser eine Aussage über den Nährstoffgehalt des Wassers zulässt.

Dies ist von Bedeutung, da Stickstoff ein Schlüsselnährstoff zur Bildung von Eiweißen darstellt, welche Bestandteil von allen Organismen sind. Die Eisenspezies Eisen II und III haben eine außerordentliche Relevanz für die Mobilität von Phosphor. Da Phosphor eine hohe Bindungsaffinität an Eisen-III-Oxide aufweist. In diesem Kontext sind die Schwefelverbindungen Sulfat und Sulfid von großer Bedeutung, da insbesondere Sulfid ein Entzug von Eisen durch Bildung von Eisensulfiden verursachen kann und somit indirekt eine erhöhte Mobilität des Phosphors ermöglicht. Ortho-Phosphat ist die wichtigste Phosphorspezies, da sie einerseits mobil ist und andererseits direkt pflanzenverfügbar. Weiterhin ist es die dominierende Form des Phosphors in den meisten Grundwässern.

5.1.2 Messung des Zu- und Abflusses des Rangsdorfer Sees

Zur Quantifizierung der oberflächlichen Komponenten der Wasserbilanz des Rangsdorfer See sind im Rahmen der vorliegenden Studie umfangreiche Messungen des Zu- und Abflusses in den See angedacht. Dies beinhaltet dabei den Zufluss in den See durch den Glasowbach und die Gräben Jühnsdorf, sowie den Abfluss aus dem See in den Zülowkanal und die Kanäle von Klein Venedig.

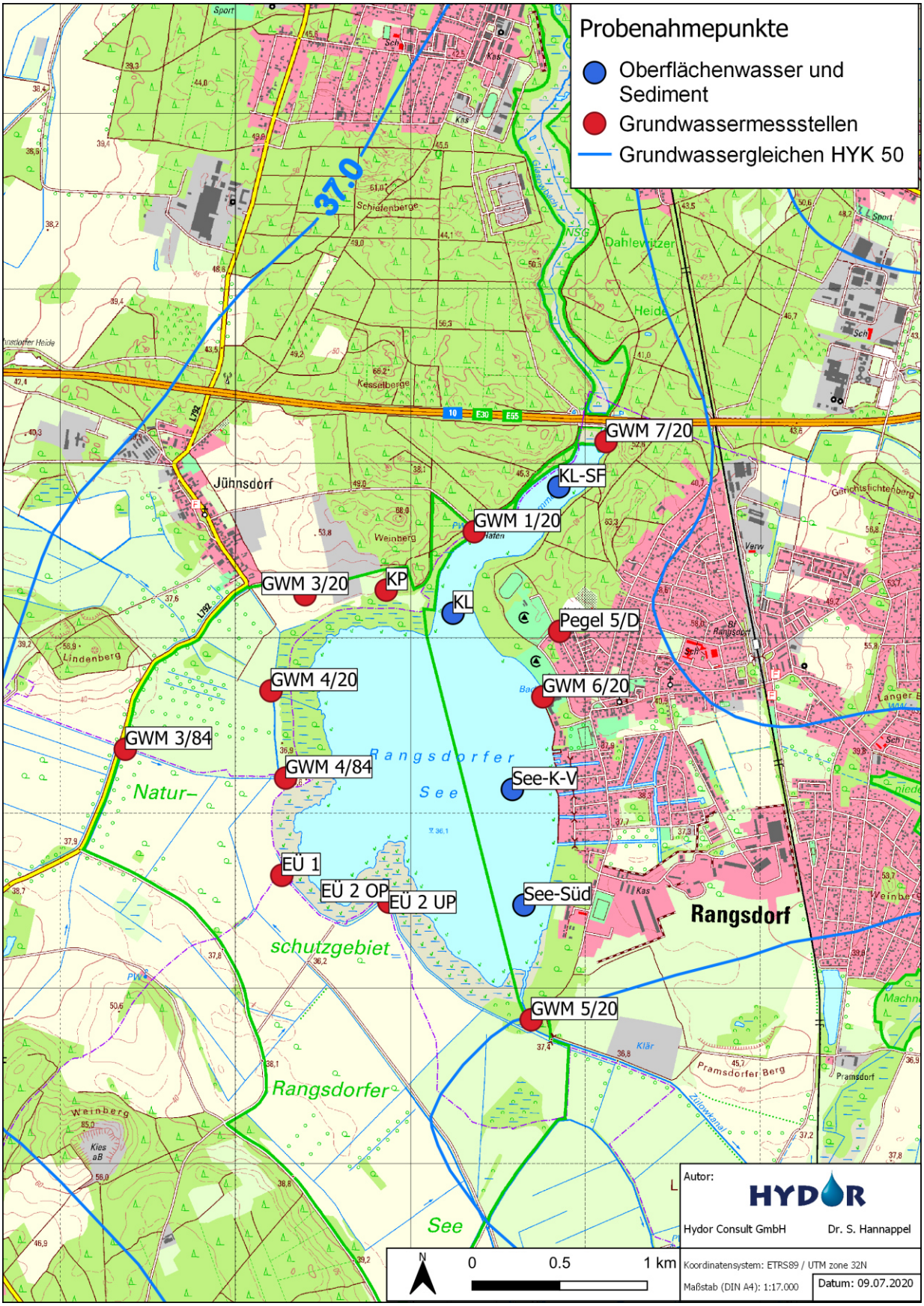


Abb. 32: Grundwasser- und Oberflächenwasserprobenahmenpunkte im Rangsdorfer See und dessen Umfeld.

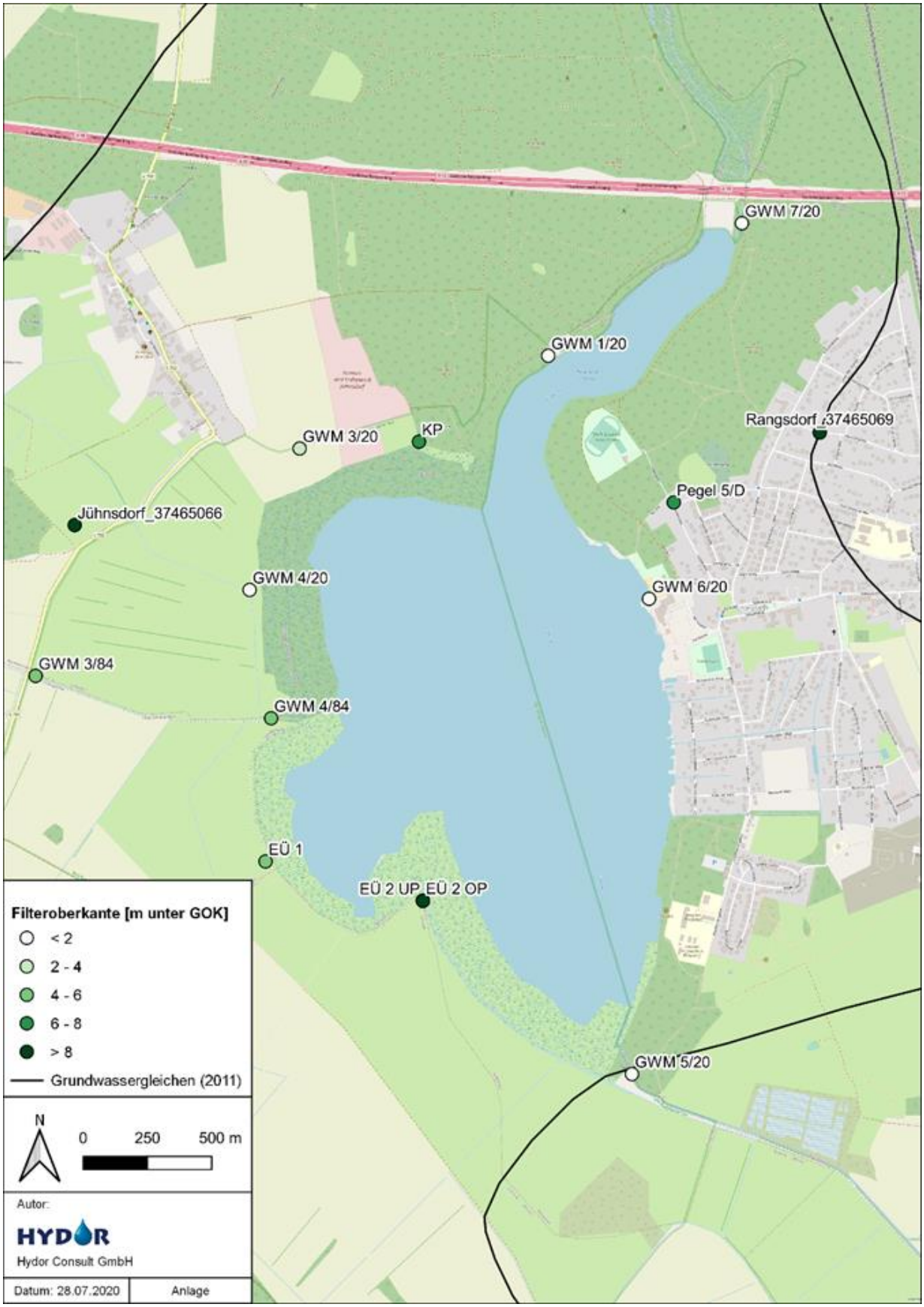


Abb. 33: Tiefe der Filteroberkante unter GOK der für die Kampagne zu nutzenden Messstellen. Bei den Messstellen EÜ 2 ist der Unterpegel dargestellt.

Nach der Vor-Ort-Begehung der Messpunkte konnte festgestellt werden, dass nicht überall eine Messung möglich, beziehungsweise notwendig ist. Zwischen den Gräben Jühnsdorf und dem Rangsdorfer See besteht keine Verbindung mehr. Die Verbindung wurde mithilfe einer Sohlschwelle blockiert. In Abb. 34 ist die ehemalige Verbindung dargestellt, welche nun kein Wasser mehr führt. Diese Beobachtungen wurden mit den übereinstimmenden Aussagen des Wasser- und Bodenverband „Dahme-Notte“ validiert.

Abb. 34: Ehemalige Verbindung der Gräben Jühnsdorf mit dem Rangsdorfer See.

Zu Beginn der Kampagne fand der Neubau des Wehres am Auslauf des Rangsdorfer See in den Zülowkanal statt, dabei war kein Abfluss an diesem Punkt zu beobachten. Dies ist in Abb. 35 dokumentiert. Nichts-destotrotz, wurde sowohl im Sommer-, als auch im Winterhalbjahr kein Abfluss am Wehr identifiziert. Dies liegt zum einen an der Trockenheit der letzten Jahre und andererseits am potentielle diffusen Wasserverlust des Sees in den Umlaufgraben an der Westseite des Sees. Der angestrebte maximale Stauziel des Sees liegt am Wehr bei einem Pegelstand von 1,05 m, welches einer Geländehöhe von 36,5 m NHN entspricht. Das Überlaufen des Sees beginnt ab einem Pegelstand von ca. 80 cm, was einer Geländehöhe von 36,29 m entspricht. Eine kurzfristige temporäre Absperrung zur Prüfung der Auswirkungen auf den See wurde vom Wasser- und Bodenverband „Dahme-Notte“ durchgeführt, eine dauerhafte Lösung stellte dies jedoch nicht dar, da eine Vernässung der umliegenden landwirtschaftlichen Flächen die Folge wäre. Als langfristige Lösung wird die Errichtung einer Spundwand an der Übertrittsstelle diskutiert. Andere Maßnahmen wären ein Erdwall, oder in Abstimmung der Eigentümer ein Verschluss des Randgrabens, wodurch eine Vernässung der angrenzenden Flächen auftreten würde. Um die Menge des diffusen Ab-flusses aus dem Rangsdorfer See pauschal zu quantifizieren, wurden alternativ am westliche Randgraben an der Abzweigung Messungen durchgeführt. Da die exakte Herkunft des Wassers jedoch nur schwer zu rekonstruierend ist, ist diese Abflussmessung mit einer Unsicherheit behaftet. Weiterhin wurden im Winter und Frühjahr, als ein Wasserfluss zu beobachten war, Abflussmessungen an der Fischtreppe, die den Rangsdorfer See mit dem Zülowkanal verbindet, durchgeführt.

In den vier mit dem See in Verbindung stehenden Kanälen von Klein Venedig war jeweils pro Kanal eine Abflussmessung eingeplant. Dies erwies sich als unplausibel, da es sich bei zwei Kanälen (1. und 3. Kanal von Norden) um Stichkanäle handelt, die keinen Abfluss aufweisen. Die einzige Wasserbewegung in diesen Kanälen kann durch geringfügige lokale Regenwassereinleitung von Privatgrundstücken oder durch Windstau verursacht werden. Die beiden anderen Kanäle verbinden sich zu einem Kanal, welches über einen Drillingsableiter Wasser in den Zülowkanal aus dem See ableitet. Es erschien somit sinnvoll lediglich eine Messung vor dem Drillingsableiter zu tätigen, da dieser den

Abfluss aus Klein Venedig repräsentiert. Nichtsdestotrotz, wurde bei der Begehung kein Abfluss beobachtet und somit auf eine Messung verzichtet (Abb. 38). Lediglich am Auslauf konnte eine geringe, vernachlässigbare Abflussmenge indentizifiziert werden, welche vermutlich auf geringfügige Undichtigkeiten des Wehrs zurückzuführen sind. Auch in diesen Kanälen war die minimal beobachtete Wasserbewegung auf Windstau zurückzuführen, da keine eindeutig identifizierbare präferierte Fließrichtung beobachtbar war.

Abb. 35: Neubau des Wehres am Auslauf des Rangsdorfer See in den Zülowkanal mit Spundwand, die ein Abfluss von Seewasser unterbindet.

Abb. 36: Rohrverbindung zwischen den zwei Umlaufgräben.

Lediglich am Auslauf konnte eine geringe, vernachlässigbare Abflussmenge identifiziert werden, welche vermutlich auf geringfügige Undichtigkeiten des Wehrs zurückzuführen sind. Auch in diesen Kanälen war die minimal Beobachtete Wasserbewegung auf Windstau zurückzuführen, da keine eindeutig identifizierbare präferierte Fließrichtung beobachtbar war.

Abb. 37: Keine beobachtbare Wasserbewegung an der Kanalmündung Klein-Venedig.

Abb. 38: Einlass zum Drilling mit Absperrung zur Erreichung des Stauziels.

Der Einzige eindeutig ermittelbare Zufluss in den Rangsdorfer See stellt der Glasowbach dar. Zu jeder Zeit finden sichtbare, quantifizierbare Zuflüsse in den See statt (Abb. 39 und Abb. 49). Aus diesem Grund fand eine Anpassung der Zu- und Abflussmesskampagne statt. Es wurde dabei eine zeitlich höher aufgelöste Messstrategie im abflussreichen Zeitraum im Winter verfolgt, um exaktere Aussagen über die mit Oberflächenwasser in den See eingetragenen Phosphorfrachten zu erlangen. Es wurde dabei insbesondere geplant im feuchten Winterhalbjahr wöchentlich bzw. alle zwei Wochen eine Messung des Abflusses und der Phosphorkonzentration durchzuführen. Die anderen Bereiche rückten diesbezüglich in den Hintergrund.

Abb. 39: Glasowbach bei Blankenfelde.

5.1.3 Oberflächenwasser und Seesediment

In Hinblick auf eine mögliche Entfernung von Seesediment galt es eine Voruntersuchung bezüglich dessen Verwertbarkeit durchzuführen. Dies hat den Hintergrund, dass in früheren Untersuchungen erhöhte Schadstoffgehalte im Sediment nachgewiesen wurde. Es handelt sich dabei insbesondere um Schwermetalle. Weiterhin ist für eine landwirtschaftliche Aufbringung des Materials der Gehalt an Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor von Interesse. Zu diesem Zweck wurden vier Entnahmepunkte im See festgelegt, an denen das Sediment entnommen und nach dem Untersuchungsspektrum der Brandenburgischen Baggergutrichtlinie bzw. LAGA TR Boden analysiert wurde. Die Entnahmepunkte spiegeln bestimmte Bereiche des Sees repräsentativ wider (Abb. 32). Im Norden wurde die Nährstofffalle als Entnahmepunkt ausgewählt, da sie einerseits den tiefsten Punkt des gesamten Gewässers darstellt und andererseits in direkter räumlicher Nähe zur Mündung des Glasowbachs liegt. Eingetragene Partikel, an denen Schadstoffe adsorbiert sein können, lagern sich

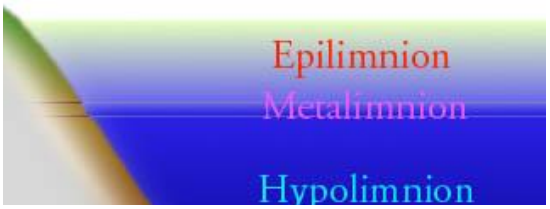


Abb. 40: Schematisch Darstellung der natürlichen thermischen Schichtung in stehenden Gewässern.

an dieser Stelle mit hoher Wahrscheinlichkeit bevorzugt ab. Die zweite Entnahmestelle liegt am Übergangsbereich des Hauptbeckens des Rangsdorfer Sees zur Krummen Lanke. An dieser Stelle kommt es zu einer deutlichen Tiefenänderung von rund 4 Metern in der Krummen Lanke auf 2 im Rangsdorfer See. An dieser Position kann es ebenfalls zu einem bevorzugten sedimentieren von Partikeln kommen. Der dritte Entnahmepunkt liegt am Übergangsbereich der Kanäle von Klein-Venedig in den See. Dabei wurde der Entnahmepunkt bewusst etwas weiter in den See versetzt, da sich dort die tiefsten Gewässerbereiche des Hauptbeckens befinden und dort tendenziell das meiste Material abgelagert wird. Der vierte Punkt befindet sich in der Nähe des Auslaufs im südlichen Seebereichs.

Die Beprobung des Wassers des Rangsdorfer See fand an denselben Positionen wie die Sedimententnahme statt. Es wurden hinsichtlich des zu analysierenden Parameterspektrum und der Anzahl der Proben eine Erweiterung vorgenommen. Einerseits war lediglich der Parameter Gesamtphosphor eingeplant, dieser liefert aber nur bedingt eine Aussage über potentiell am Seegrund ablaufenden Remobilisierungsprozessen. Aus diesem Grund wurde zusätzlich o-Phosphat bestimmt. Weiterhin wurden Sulfid, Eisen gesamt, Eisen II und Eisen III mit in das zu analysierende Parameterspektrum aufgenommen. Sulfid bzw. Schwefelwasserstoff liefert eine direkte Angabe, ob unter ggf. vorhandenen stark reduzierenden Bedingungen, eine Sulfatreduktion abläuft. Erzeugtes Sulfid kann, wie bereits zuvor erläutert, schwer lösliche, schwarze Eisensulfide bilden. Dies hat zur Folge, dass potentiell weniger Phosphor an Eisenoxiden im Sediment und der Wassersäule gebunden werden kann. Neben der Anpassung des Parameterspektrum wurden zusätzliche Proben aus verschiedenen Tiefen in der, im Vergleich zum Hauptsee tieferen, Krummen Lanke an den beiden Entnahmepunkten eingeplant. Insbesondere die Wasserproben aus verschiedenen Wassertiefen in der Nährstofffalle, erlauben Rückschlüsse ob diese Funktionstüchtig ist. Das heist ob in ihr eine Schichtung des Wasserkörpers auftritt und somit temporär Nährstoffe der obersten Wasserschicht, dem Epilimnion, entzogen werden. Insgesamt wurden 7 Wasserproben eingeplant: vier in einem Meter Wassertiefe, zwei unmittelbar über dem Grund in der Krummen Lanke und der Nährstofffalle, sowie eine im Mittelwasser der Nährstofffalle. Insbesondere die Messungen in der Nährstofffalle dienen zusätzlich dem Zweck die Funktion dieser Maßnahme zu überprüfen.

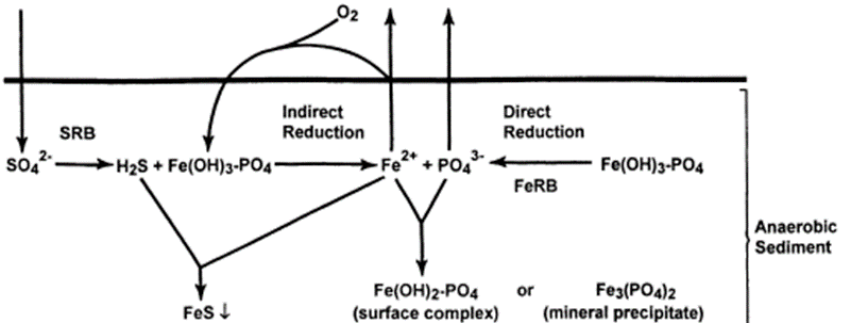


Abb. 41: Einfluss von Sulfat auf die Reduktion von Eisen III und die Freisetzung von Eisen II sowie Phosphat. Mit SRB als sulfat reduzierende Bakterien und FeRB als Eisen reduzierende Bakterien (modf. von Wetzel 2001).

Um eine differenziertere Aussage hinsichtlich der saisonalen Variabilität des Seewassers und Sediments zu erlangen wurde eine Beprobung im Sommer- und Winterhalbjahr durchgeführt.

5.1.4 Wasserisotopen als Tracer für Grundwasser-Oberflächenwasser-Interaktionen

Isotope sind Variationen eines Elements, die sich in ihrer Masse unterscheiden. Aufgrund dieser Masseunterschiede weisen unterschiedliche Isotope eines Elements veränderte physikalisch-che-

mische Eigenschaften auf. Für hydrologische Fragestellungen sind die Isotopen O-18 des Sauerstoffs und D (Deuterium) des Wasserstoffs von Interesse, da sie jeweils das zweithäufigste Isotop des jeweiligen Elements darstellen. Anhand der Isotopenzusammensetzung des Wassers kann auf dessen Herkunft geschlossen werden. Die Isotopenzusammensetzung des Wassers wird dabei von verschiedenen Parametern wie der Temperatur, oder Luftfeuchtigkeit bestimmt. Der Niederschlag an jedem Ort auf der Erde weist dabei im jährlichen Mittel ein typisches Verhältnis der beiden Isotopen auf, welche in Form der GMWL (Global Meteoric Water Line) dargestellt werden kann. Konkret weist dabei jedoch jeder Ort oftmals eine für ihn typische LMWL (Local Meteoric Water Line) auf, die die Isotopenverhältnisse im Jahresverlauf darstellen. Weiterhin können verschiedene Prozesse wie die Evaporation zur Fraktionierung der Isotope im Wasser führen, in dessen Folge diese auf einer Evaporationslinie verlaufen (Abb. 42).

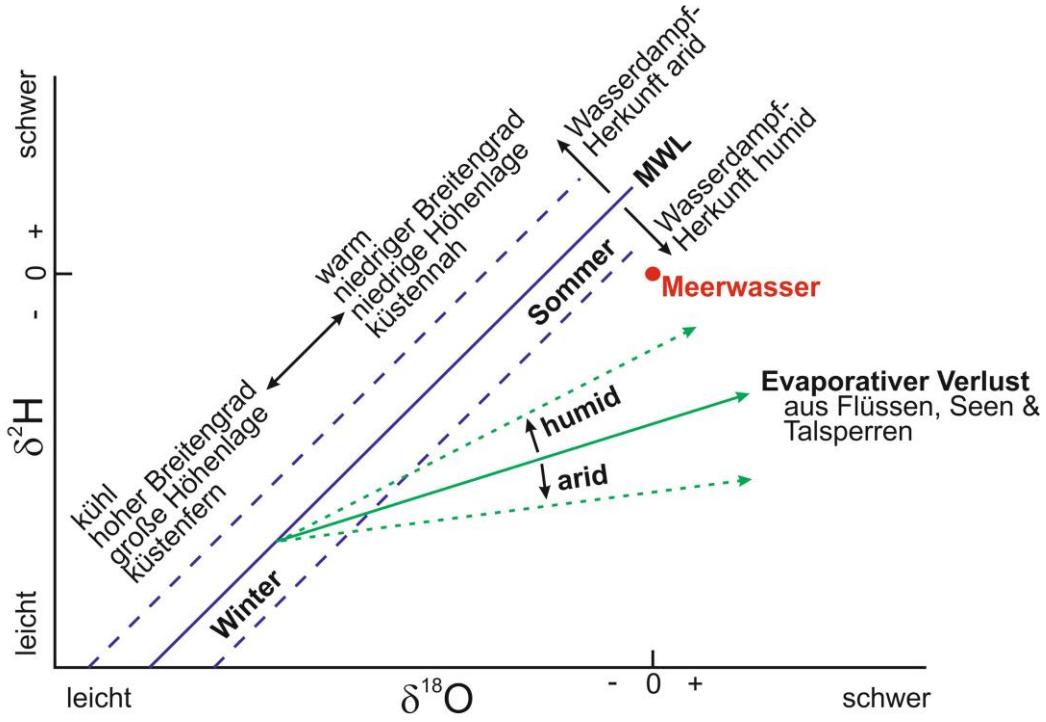


Abb. 42: Darstellung der Isotopenfraktionierungsvorgänge, welche die Isotopencharakteristik des betrachteten Wasser beeinflussen (DWA 2021 (unveröffentl.)).

Im Fall von Grundwasser und Oberflächenwasser von Seen weisen diese sehr Unterschiedliche Isotopenzusammensetzungen auf. Grundwasser weist typischerweise die Zusammensetzung von Regenwasser auf, währenddessen die Isotopenzusammensetzung von Seewasser durch Verdunstungsprozesse verändert wurde. Durch Messungen des Isotopenverhältnis der Grund- und Seewasserproben kann eine Aussage darüber getroffen werden, dass Grundwasser an dieser Stelle in den See übertritt oder im umgekehrten Fall Seewasser in den Grundwasserleiter infiltriert. Schematisch is dies in Abb. 43 dargestellt. Dies hat im Fall des Rangsdorfer Sees eine außerordentliche Bedeutung, da das Grundwasser im Westlichen Uferbereich stark erhöhte Phosphor- und Stickstoffgehalte auf-

weist und einen entscheidenden Beitrag zur Euthrophierung des Sees leisten könnte. Diese erweiterte Untersuchungskampagne ermöglicht es, ein tiefgreifendes Verständnis einer für die Eutrophierung des Sees äußerst entscheidenden Prozess zu erlangen.

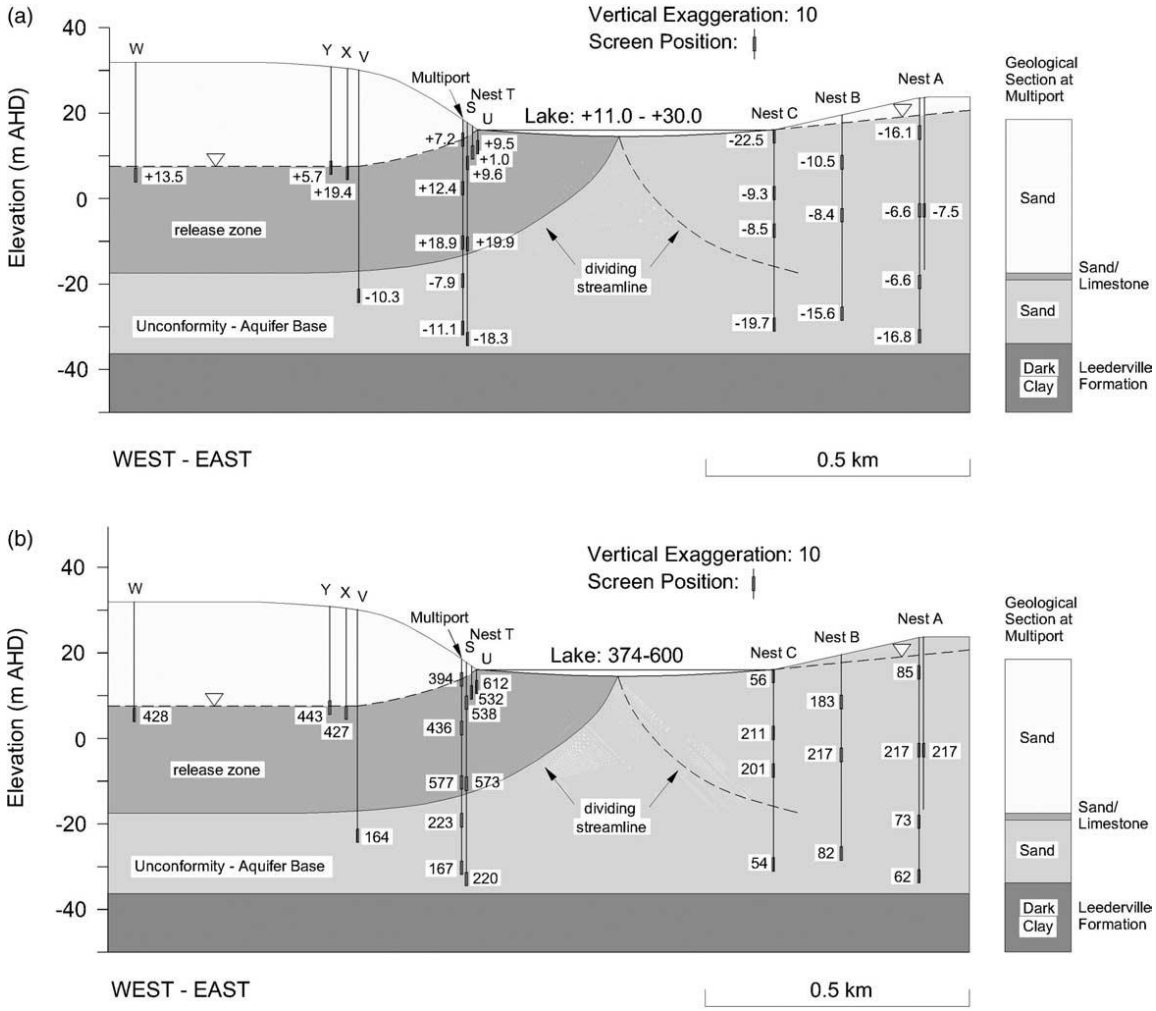


Abb. 43: d2H (‰) (a) und Chloridkonzentration (b) im Grundwasser entlang einer Transsekte im Bereich des Nowergup See in Westaustralien (Turner und Townley 2006).

5.2 Durchführung der Messkampagne

Die Messkampagne begann nach Einholung aller notwendigen Erlaubnisse von Naturschutz- und unterer Wasserbehörde, sowie Anliegern im Juni 2020.

5.2.1 Messstellenbau und Grundwasserbeprobung

Die ersten Arbeiten bestanden aus dem Bau von 6 temporären Grundwassermessstellen im Juni 2020, durchgeführt von der Firma GEO TECH Servicegesellschaft mbH. Hierfür wird mit einer Rammkernsondierung nach DIN EN ISO 22475-1 ein Bohrloch erzeugt. Im Anschluss findet die Ansprache des geförderten Bohrguts statt (Abb. 44). Aus den gewonnenen Informationen wurde darauffolgend das Schichtenverzeichnis für die Messstellen erstellt (Abb. 45 und Anhang 1). Die errichteten Messstellen befinden sich ausnahmslos in einem sandigen Horizont in dem primär Mittel- bis Feinsande

angesprochen wurden. Diese Sondierungen wurden dann zu temporären Grundwassermessstellen ausgebaut, indem ein PVC-Filterrohr (Durchmesser DN 50 mm) mit einem Meter Filterstrecke und einer Spitze als unteren Abschluss eingesetzt wurde, darüber folgten PVC-Vollrohre (DN 50 mm) mit Sebakappen als oberirdischer Abschluss. Auf eine Filterkiesschüttung wurde verzichtet, sodass das Filterrohr im unmittelbaren Kontakt mit dem Aquifermaterial stand. Hintergrund dieser - von den sonst üblichen Methoden des Messstellenbaus abweichenden Methode - war die Gewährung einer Möglichkeit der unmittelbaren Probennahme des Grundwassers auch komplett ohne eine Filtration durch die Schüttung im Ringraumbereich. Somit können Proben ohne und mit (nachträglicher) Filtration im Labor analysiert werden. Für den Phosphor ist das aufgrund der potentiellen Sorptionsmöglichkeiten in den feinkörnigen Sedimenten der Ringraumschüttung von Bedeutung. Der letzte Teil der Baumaßnahme stellt das sogenannte Klarpumpen dar, welches in Abb. 46 dargestellt ist. Dies dient dem Zweck, überschüssiges Feinmaterial aus dem unmittelbaren Porenraum zu entfernen und somit die Ergiebigkeit der Messstelle zu erhöhen. Weiterhin würden bei der ersten Probennahme überschüssiger Sand gefördert werden, welcher eine nicht repräsentative Probe zur Folge hätte.

Die Rohroberkanten der Grundwassermessstellen wurden geodätisch vermessen (s. Anhang 6), um den absoluten Wasserspiegel über NN bestimmen zu können. Weiterhin wurden zur räumlich hochaufgelösten Kartierung der Grundwasseroberfläche im Juli 2021 an acht Positionen eine Sondierung zur vertikalen Lagebestimmung durchgeführt. Die Bohrgutansprache dieser Sondierungen befindet sich ebenfalls in Anhang 1. Der komplette Rückbau aller unterirdischen Einbauten erfolgte wie geplant und bei den Behörden angezeigt nach den Grundwasserprobennahmen.

Die Probennahme der temporären und Bestandsmessstellen ist exemplarisch in Abb. 47 dargestellt. Zu Beginn der Probennahme wird eine definierte Menge an Wasser aus der Messstelle entfernt, da dieses von der Luft im Rohr beeinflusst wurde. Dies dient dem Zweck, um auch tatsächlich Wasser zu beproben, welches dem Grundwasser im verfilterten Horizont entspricht. Die genaue Entnahmemenge, auch hydraulisches Kriterium der Probennahme genannt, wurde Messstellenspezifisch nach AK GWB (2003) beziehungsweise DVGW (2011) berechnet. Meist wurde deutlich mehr als das 3-fache des Rohrinhalts entnommen. Weiterhin werden während der Probennahme die physico-chemischen Parameter Temperatur, pH, Leitfähigkeit, Redoxpotential und der Sauerstoffgehalt gemessen und überprüft, ob sich eine Konstanz dieser Werte einstellt. Zusätzlich wird der Wasserstand während des gesamten Prozesses gemessen. Abschließend wurde die Probe entnommen und unmittelbar gekühlt zur Bestimmung der Inhaltsstoffe in das Labor der Azba GmbH mit Sitz in Berlin Adlershof geliefert. Es wurden im Zeitraum vom Juni 2020 bis Juli 2021 insgesamt fünf Beprobungskampagnen in ungefähr gleichen zeitlichen Abständen durchgeführt. Dabei fand eine dynamische Anpassung der Probenahmeparameter statt, falls nach mehrmaliger Beprobung keine signifikanten Veränderungen (Messwerte konstant unter Bestimmungsgrenze) zu beobachten war.

Die Entnahme der Proben zur Bestimmung der Sauerstoff- und Wasserstoffisotopie fand bei den Grundwasserbeprobungen im März und Juli 2021 statt. Die Isotopenanalytik wurde von der Firma Isodetect Úmweltmonitoring GmbH in Leipzig durchgeführt. Alle Protokolle zur Probennahme sowie Prüfberichte zu den Grundwasseranalysen befinden sich in der Beilage 1. Das Analyseprotokoll der Isotopenanalytik befinden sich in der Beilage 2.

Abb. 44:Links: Ansprache des geförderten Bohrguts; Rechts: Einbringen des PVC-Rohrs einer temporären Grundwassermessstelle in das Bohrloch.

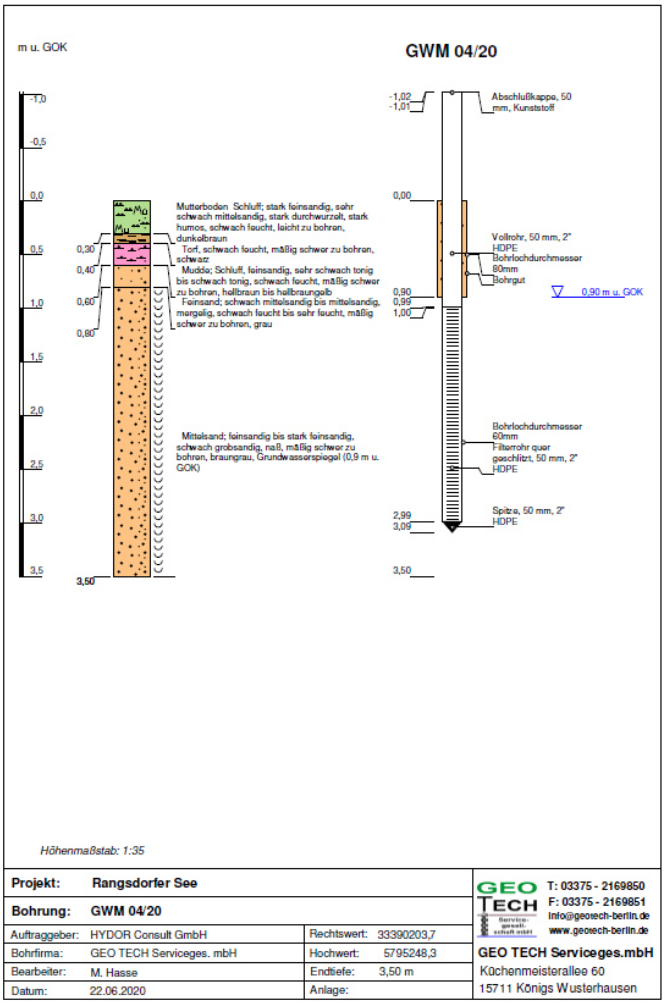


Abb. 45: Exemplarisches Schichtenverzeichnis mit Ausbauplan einer der neu errichteten temporären Grundwassermessstellen.

Abb. 46: Klarpumpen einer temporären Grundwassermessstelle.

Abb. 47: Beprobung von Grundwassermessstellen, am Beispiel der Messstellen EÜ-1 und EÜ-2 des DNWAB.

5.2.2 Durchflussmessungen an den Zu- und Abläufen des Rangsdorfer Sees

Die erste Durchflussmessung erfolgte Anfang Juli und wurde mithilfe eines Schwimmers durchgeführt. Da der Schwimmer jedoch insbesondere bei geringen Geschwindigkeiten anfällig gegenüber Windbeeinflussung ist, wurde bei den im Glasowbach festgestellten sehr geringen Fließgeschwindigkeiten anschließend auf einen hydrologischen Messflügel der Firma OTT ausgewichen. In diesem Szenario sind mithilfe des Geräts Messungen mit einer geringeren Abweichung durchführbar sind. Die Messverfahren erfolgten dabei an Anlehnung an DIN EN ISO 748.

Bei der Durchflussmessung mithilfe eines Schwimmers, wird die Zeit gemessen die ein Schwimmkörper für eine definierte Strecke in einem definierten Querprofil benötigt in. Aus der Geschwindigkeit, Profilbreite und der Wassertiefe lässt sich die Durchflussmenge berechnen. Der Messaufbau ist in Abb. 48 dargestellt.

Bei den Durchflussmessungen mithilfe des hydrologischen Flügels, wurde zuerst ein Maßband über eine möglichst enge Stelle des Gewässers gespannt und die Breite gemessen (Abb. 49). Anschließend wurde, basierend auf der Gesamtbreite des jeweiligen Gerinnes, in definierten Abständen (10 – 30 cm) eine Messung der Fließgeschwindigkeit durchgeführt. Es wurde dabei die Ein-Punkt-Methode nach DIN EN ISO 748 genutzt, bei der eine Messung in 60% der Wassertiefe durchgeführt wird. In tieferen Gerinnen bieten sich auch Messungen in mehreren Tiefen an. Diese Methode wurde jedoch gewählt, da oftmals die Wassertiefe in den untersuchten Gerinnen sehr gering war (~10 – ~55cm). Bei den Messungen an der Fischtreppe und dem Umlaufgraben wurde die Messung entsprechend an die vorgefundene Geometrie der Auslässe angepasst. Bei sehr geringen Fließgeschwindigkeiten, welche nicht mehr mithilfe des Messflügels detektierbar waren, wurde die Geschwindigkeit von im Wasser befindlichen Partikeln ermittelt. Dies geschah durch Messung der Zeit, die das Partikel über eine definierte Fließstrecke transportiert wurde. Im Anschluss an die Durchflussmessung wurde eine Wasserprobe entnommen, in der, in den Laboren der Azba GmbH die Konzentration von o-Phosphat und Gesamtphosphor analysiert wurde. Die Prüfberichte befinden sich in Beilage 3. Dies erlaubt die Bestimmung der Phosphorfracht zum Messzeitpunkt.

Abb. 48: Messaufbau zur Ermittlung der Durchflussmenge im Glasowbach mithilfe eines Schwimmers.

Abb. 49: Durchflussmessung im Glasowbach bei der Autobahnbrücke der A10 kurz vor Einmündung in den Rangsdorfer See.

5.2.3 Seewasser- und Sedimentbeprobung

Die Beprobung des Wassers des Rangsdorfer Sees und des Seesediments fand Ende Juni 2020 statt und wurde von der Firma GEO TECH Servicegesellschaft mbH durchgeführt. Für die Entnahme der Oberflächenwasserproben wurde ein dafür entwickelter Wasserschöpfer mit einem Volumen von ca. 6,5l genutzt. Dieser wurde in die gewünschte Tiefe abgelassen und dort verschlossen. An den beiden Probenahmepunkten im Hauptsee war dies in einer Wassertiefe von 1m, was der mittleren Wassertiefe an diesen Punkten entspricht. An den beiden Probenahmepunkten in der tieferen Krummen Lanke wurde jeweils eine Probe aus 1m entnommen, dies entspricht der obersten Wasserschicht. Weiterhin wurde im südlichen Messpunkt eine Probe kurz über dem Gewässergrund, der bei 3,65m lag, aus 3m Wassertiefe entnommen. An der tiefsten Stelle des Sees in der Nährstofffalle wurde jeweils eine Probe aus dem Mittelwasser in 4m und in 8m Tiefe 30 cm über dem Gewässergrund entnommen. Im Anschluss an die jeweilige Probennahme wurde das Seewasser im Boot in Probegefäße abgefüllt. Es wurden dabei ebenfalls die physico-chemischen und organoleptischen Parameter bestimmt. Zur Bestimmung der Sichtiefe wurde eine Secchi-Scheibe verwendet, exemplarisch in Abb. 50 dargestellt. Diese Scheibe wird in den See abgelassen, bis diese gerade nicht mehr sichtbar ist. Anschließend wird die entsprechende Tiefe vom daran befindlichen Maßband abgelesen. Die Probennahmedaten und die Prüfberichte zu den Analysen befinden sich in Beilage 4.

Die Beprobung des Seesediments erfolgte mithilfe eines Sedimentstechers an den vier Probennahmepunkten im See. Dieses Gerät wird in das Seesediment eingeführt und durch eine anschließende Drehung verschließt sich die daran befindliche Sonde. Die Sonde erlaubt die Entnahme einer Probe die 50 cm Sedimentmächtigkeit entspricht. Das in der Sonde enthaltene Sediment wurde im Boot angesprochen und anschließend in ein Behältnis gegeben (Abb. 51). Insgesamt wurde eine Mischprobe aus dem obersten Meter des Seesediments erzeugt. Anschließend wurde die Probe gekühlt zum Labor der Azba GmbH transportiert und das vorgeschriebene Parameterspektrum der Brandenburgischen Baggergutrichtlinie analysiert.

Am 10. März 2021 wurde eine erneute Beprobung des Wasserkörpers bei einer Temperatur von rund 4 C° durch die limnologische Spezialfirma Firma „enviteam“ durchgeführt. Zusätzlich wurden dabei im Wasserkörper ergänzend die Parameter Chlorophyll A gemessen, welcher eine Aussage

über die Menge an Phytoplankton im Gewässer zulässt. Weiterhin wurden bei dieser Beprobungskampagne Wasserproben aus einem Meter Tiefe für die Bestimmung der Isotopenzusammensetzung des Rangsdorfer Sees in der Krummen Lanke und aus dem zentralen Seebecken entnommen.

Ebenfalls fand eine wiederholte Beprobung des Sedimentkörpers in der Nährstofffalle und im Hauptbecken westlich von Klein-Venedig statt. Da bei der Entnahme mithilfe des Sedimentstechers oftmals die sehr dünnflüssige oberste Sedimentlage verloren ging, welche für den Nährstoffstatus des Gewässers aber eine entscheidende Rolle spielt, wurde ein anderer Sedimentstecher verwendet. Dabei werden Plexiglasröhren in eine Vorrichtung gespannt und in das Gewässer abgelassen. Dabei drückt sich das Rohr durch das Eigengewicht in das Seesediment. Anschließend wird ein Schließmechanismus aktiviert, der das Rohr von unten verschließt. So wird ein ungestörter Sedimentkern gezogen (Abb. 52), der die Generierung eines zentimeterscharfen Profils der oberflächennahen Sedimente erlaubt. Hierfür werden mithilfe eines Schneideplättchen die zu beprobenden Bereiche abgetrennt und eine Mischprobe erzeugt. In Tab. 1 sind die Intervalle der Sedimentmischproben aufgelistet. Im oberflächennahen Bereich wurde mit 2,5 cm ein kleineres Intervall gewählt als in den tieferen Bereichen des Sediments, da die oberflächennahe Sedimentschicht am aktivsten an den chemischen Prozessen im Gewässer beteiligt ist. Es wurden an jeder Entnahmestelle mehrere Sedimentkerne gezogen, um ausreichend Probematerial zu erhalten Abb. 53. Im Juli 2021 fand im Zuge der letzten Grundwasserbeprobung ebenfalls eine erneute Entnahme von Oberflächenwasserproben aus dem Rangsdorfer See für die Isotopenanalytik statt. Diese Proben wurden an der Mündung des Glasowbachs und beim Strandhotel in Rangsdorf entnommen.

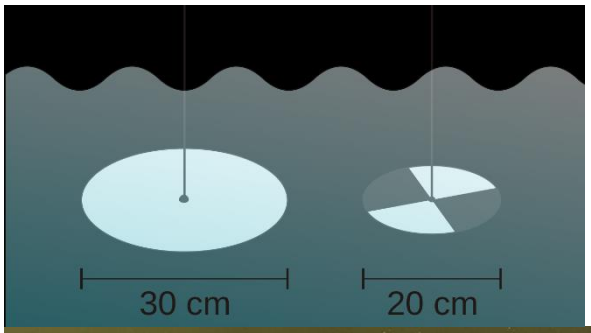


Abb. 50: Beispiel für Secchi-Scheiben zur Bestimmung der Sichttiefe. (Gemeinfrei, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2380065)

Abb. 51: Beprobung des Seesediments, mit deutlich sichtbarer Schichtgrenzen.

Abb. 52: Entnahme eines ungestörten Sedimentkerns aus dem Rangsdorfer See.

Tab. 1: Probennahmepunkte der Entnahmekampagne im März 2021 mit Bezeichnung, Position, Wassertiefe und Intervall der Sedimentmischproben.

Bezeichnung	Position	Wassertiefe	Wasserproben		Sedimentproben	
KL-SF	33 U 391842 5795873	8,7 m	KL-SF 1 KL-SF 4 KL-SF 8	1 m 4 m 8 m	RS-11 RS-12 RS-13 RS-14 RS-15 RS-16	0 – 2,5 cm 2,5 – 5 cm 5 – 7,5 cm 7,5 – 10 cm 10 – 15 cm 15 – 20 cm
KL	33 U 391240 5795147	4,3 m	KL-1 KL-3	1 m 3 m	-	-
See K-V	33 U 391582 5794136	2,3 m	See K-V 1	1 m	RS-31 RS-32 RS-33 RS-34	0 – 2,5 cm 2,5 – 5 cm 5 – 10 cm 10 – 20 cm
See Süd	33 U 391623 5793356	0,7 m	See Süd 1	0,5 m	-	-

Abb. 53: Entnommene Sedimentkerne vor der Probenseparierung.

5.2.4 Durchführung der Isotopenanalysen

Die bei der Beprobung des Grund- und Oberflächenwasser für die Bestimmung der Isotopenverhältnisse (δD_{H2O}, $\delta 18O_{H2O}$) entnommenen Wasserproben wurden von der Firma Isodetect Umweltmonitorung GmbH analysiert. Die Analyse erfolgt mittels Elementaranalyse-Pyrolyse-Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (EA-P-IRMS). Die generierten Messwerte wurden anschließend mit internationalen Referenzmaterialien (SLAP2, VSMOW2, GISP2) kalibriert. Die Wasserstoff- und Sauerstoffisotopenverhältnisse sind in der δ-Notation relativ zu dem internationalen Standard V-SMOW (Vienna-Standard-Mean-Ocean-Water mit 2H/1H = 0,0015576 und mit 18O/16O = 0,0020052) entsprechend der folgenden Gleichung aufgeführt:

$$\delta D\ bzw. \delta^{18}O = \frac{R_{Probe}}{R_{Standard}} - 1$$

dabei ist R das Isotopenverhältnis des schweren Isotops zum leichten Isotop ($D/_1H$, $_{18}O/_{16}O$) in einer Probe relativ zum internationalen Standard. Aufgrund der geringen D/1H- bzw.18O/16O-Unterschiede zwischen Probe und Standard werden die δD- und δ18O-Werte in Promille (‰) angegeben. Die Reproduzierbarkeit der Messungen betrug ≤ 2,1 ‰ für Wasserstoff und ≤ 0,15 ‰ für Sauerstoff.

5.2.5 Funktionskontrolle der Nährstofffalle in der Krummen Lanke

Die 1992 ausgehobene Nährstofffalle im nördlichen Bereich der Krummen Lanke wurde mithilfe eines Echolots im Juni 2020 kartiert, um ihre Ausmaße zu erfassen und in Kombination mit den entnomment Sediment- und Wasserproben (siehe Kapitel 5.2.3) eine Beurteilung der Funktionstüchtigkeit durchzuführen. Die Nährstofffalle wurde mehrfach mit dem an einem Boot befestigtem Echolot überfahren, bis ausreichend Daten vorlagen um eine vollständige Karte zur generieren. Die erzeugten Daten wurden anschließend mithilfe der GIS-Software „Qgis“ und einem darin implementierten Interpolationsalgorithmus zu einer Karte zusammengefügt. Diese Karte liefert einen Überblick über die Tiefe und Ausdehnung der Nährstofffalle. Im Anschluss wird diese Information in Kombination mit der Beprobung der Wassersäule interpretiert,

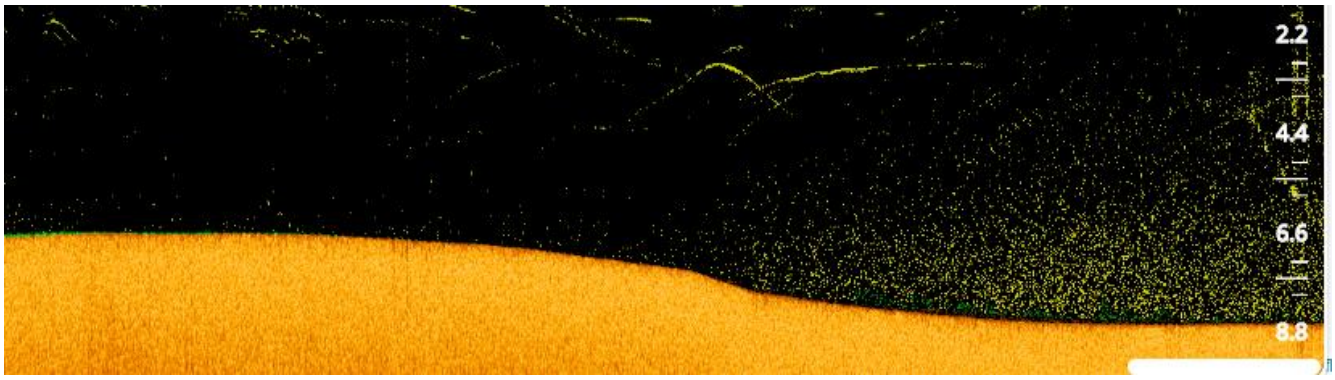


Abb. 54: Echolotaufnahme aus Rangsdorfer See über der Nährstofffalle. Die y-Achse zeigt die Tiefe und die x-Achse die Zeit.

6. Darstellung und Diskussion der Ergebnisse der Messkampagne

6.1 Grundwasser

6.1.1 Hydraulik

Die an den Messstellen im Verlauf der Probennahmekampagne gemessenen Grundwasserstände und die Sondierung der Grundwasseroberfläche am Stichtag des 5.07.2021 sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Wasserstände über NHN in den beprobten Grundwassermessstellen, Sondierungen der Grundwasseroberfläche und des Rangsdorfer Sees. Rot eingefärbte Wasserstände befinden sich zum Messzeitpunkt unterhalb des Seespiegels.

Messpunkt	WSP am 25.06.2020	WSP am 21.09.2020	WSP am 12.01.2021	WSP am 10.03.2021	WSP am 05.07.2021	Mittelwert WSP
	m NHN	m NHN	m NHN	m NHN	m NHN	m NHN
P 01	-	-	-	-	35.995	-
P 02	-	-	-	-	36.357	-
P 03	-	-	-	-	37.059	-
P 04	-	-	-	-	36.153	-
P 05	-	-	-	-	35.932	-
P 06	-	-	-	-	35.872	-
P 07	-	-	-	-	35.911	-
P 08	-	-	-	-	35.893	-
GWM 01/20	36.083	35.933	36.133	36.253	36.163	36.113
GWM 03/20	36.247	36.032	36.377	36.492	36.287	36.2753333
GWM 04/20	35.901	35.661	36.321	36.361	36.061	36.0101667
GWM 05/20	35.518	35.268	35.818	35.868	35.658	35.626
GWM 06/20	36.09	35.865	36.116	36.28	36.15	36.1002
GWM 07/20	36.091	35.916	36.111	36.271	36.141	36.106
GWM 3/84	35.621	35.316	36.286	36.271	35.846	35.7985
GWM 4/84	35.843	35.613	36.183	36.263	35.983	35.9355
Pegel 5/D	36.299	36.184	36.219	36.374	36.329	36.281
Eü-1	35.777	35.497	36.147	36.262	35.957	35.8911667
Eü-2 OP	35.728	35.448	36.123	36.243	35.908	35.8522484
Eü-2 UP	35.792	35.502	36.165	36.282	35.932	35.8974575
See	36.098	35.838	36.098	36.308	36.158	36.0996667

Ebenfalls wird der Seewasserstand am jeweiligen Tag der Messung angegeben und der Grundwasserstand in Bezug dazu farblich gekennzeichnet. Dabei wird die zeitliche Grundwasserdynamik besonders ersichtlich. Die Grundwasserstände der Grundwassermessstellen GWM 03/20 und Pegel

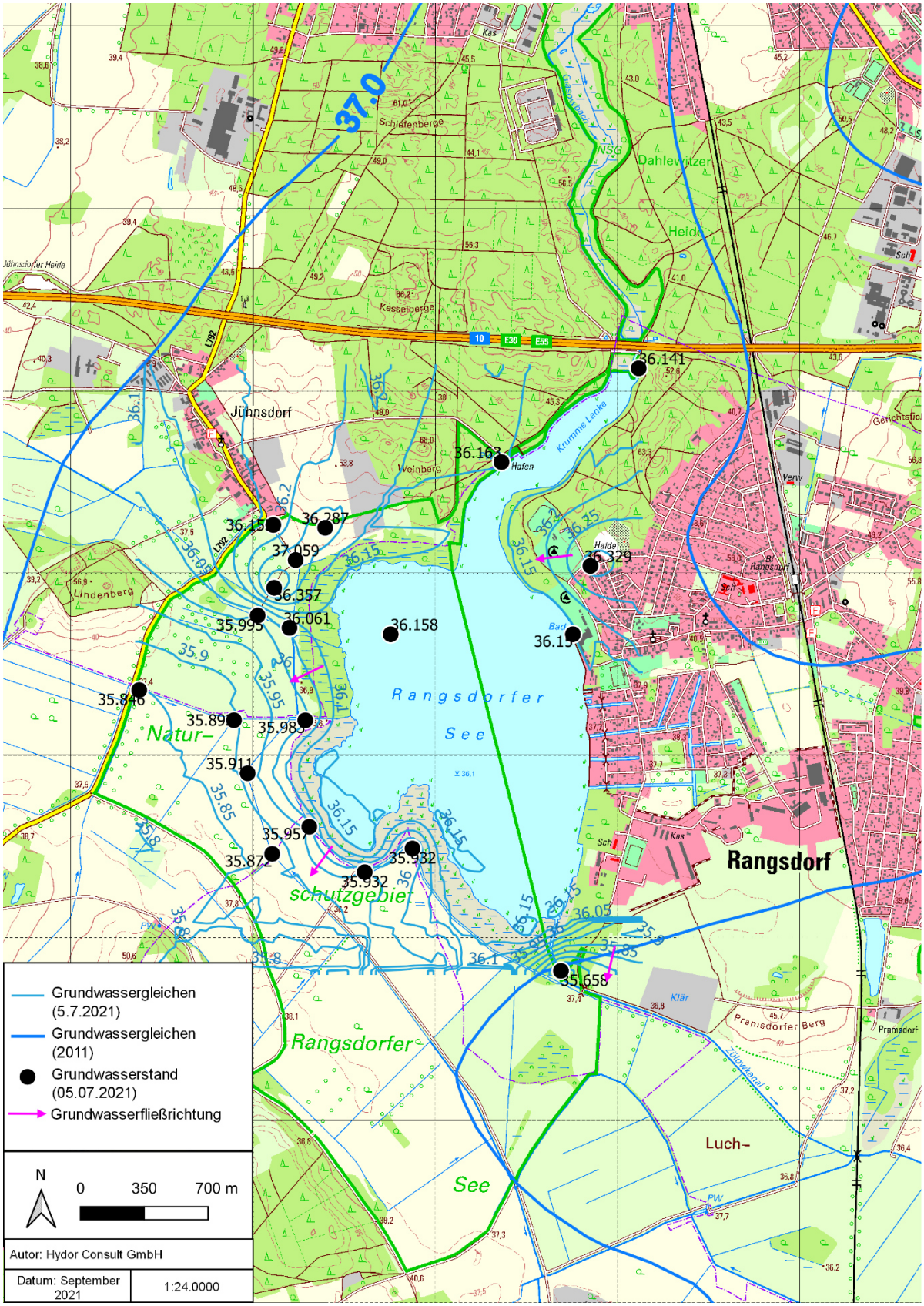


Abb. 55: Darstellung der Grundwasserstände (m NHN) am 5.7.2021 und des daraus generierten hoch aufgelösten Grundwassergleichenplan.

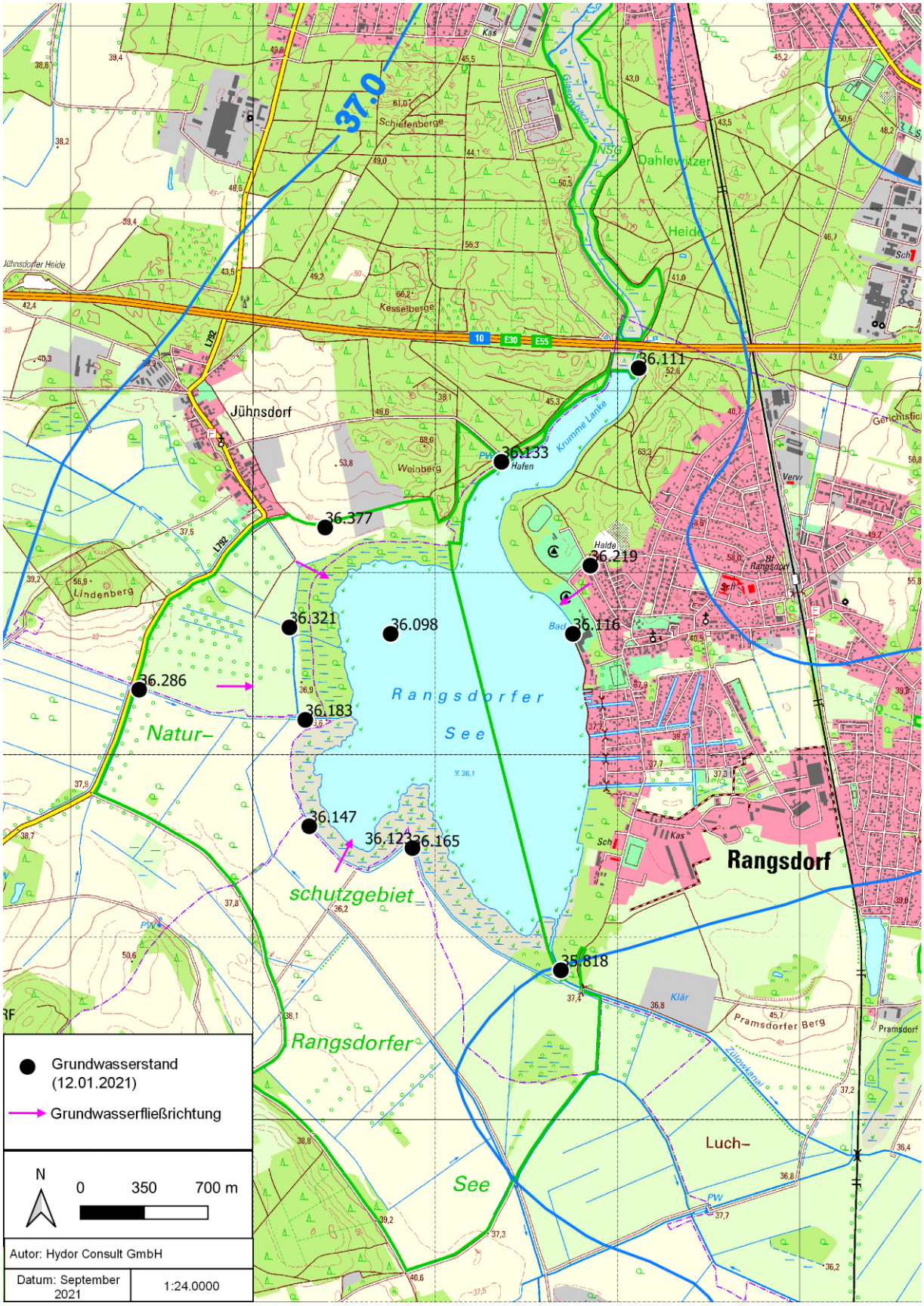


Abb. 56: Darstellung der Grundwasserstände in den Grundwassermessstellen (m NHN) am 12.1.2021.

5/D liegen als einzige konstant, über den gesamten Verlauf der Messkampagne, oberhalb des Seewasserspiegel. Dem steht der Grundwasserstand in der Messstelle GWM 05/20 gegenüber, der durchgehend unterhalb des Seewasserstandes liegt. Alle anderen Messstellen zeigen in Bezug zum Seewasserstand alternierende Gradienten. Exemplarisch werden hierfür zwei Zustände in Abb. 55 und Abb. 56 dargestellt. Im Juli 2021 zeigt sich, dass in der Mehrzahl der Messstellen der Wasserstand unterhalb des Seeniveau liegt. Dies bedeutet, dass primär ein Einströmen von Seewasser in den Grundwasserleiter zu erwarten ist. Das Gegenteil ist im Januar 2021 zu beobachten. Alle Messstellen weisen einen umgekehrten Gradienten zum See hin auf und deuten auf ein Einströmen von Grundwasser in den See hin. In beiden Abbildungen ist die Grundwasserfließrichtung durch Pfeile gekennzeichnet worden. Die zwei Messstellen GWM 1/20 und GWM 6/20, welche nur wenige Meter vom Seeufer entfernt liegen, weisen an zwei beziehungsweise drei Zeitpunkten einen Grundwasserspiegel der geringfügig unterhalb des Seewasserstands liegt, auf. Es handelt sich dabei mit großer Sicherheit nur um kurze Effekte die durch einen schnellen Anstieg des Seewasserstandes verursacht wurden und nur lokal innerhalb des Uferbereichs auftritt. Bei einer makroskaligeren Betrachtung der Grundwasseroberfläche, unter Berücksichtigung der Grundwassergleichen von 2011 und beispielsweise der Wasserstände der Messstelle Pegel 5/D, ist von einem Zustrom zum See in diesem Bereich auszugehen. Der mittlere Wasserstand liegt bei 5 der 13 Messstellen oberhalb des Seewasserspiegels. Es handelt sich dabei um die Messstellen im nördlichen Bereich.

Weiterhin ist hinsichtlich der ingenieurtechnischen Einmessung der Sondierungen P 01, P 02, P 03 und GWM 04/20 Unplausbilitäten der eingemessenen Höhe anhand des DGM 1 von Brandenburg identifiziert und anschließend korrigiert worden.

Zur Identifizierung von Bereichen, an denen bevorzugt Grundwasser in den See übertreten kann, wurden die Sedimentanalysen aus dem Gutachten des Konsortium Rangsdorfer See (1992) genutzt. In dieser Untersuchung wurde in einem 200m Raster Sedimentkerne entnommen. Die Kerne die ausschließlich eine sandige Lithologie aufwiesen wurden zu den in Abb. 57 dargestellten Flächen zusammengefügt. Die größten Bereiche in denen bevorzugt Austauschvorgänge stattfinden könnten finden sich in der westlichen Bucht und im südöstlichen Uferbereich des Sees. Kleinere Bereiche finden sich ebenfalls unmittelbar östlich des Übergangsbereich des Hauptsees zur Krummen Lanke und im Bereich des Strandbades. Da die Lithologie des durch die Messstellen aufgeschlossenen oberflächennahen Grundwasserleiters recht homogen ist (hauptsächlich Fein- bis Mittelsande und schluffigen Beimengungen) wurde ein kf-Wert von $1*10^{-4}$ angesetzt. In der Arbeit von Guder (2003) wurde ebenfalls eine Beprobung des Seesediments durchgeführt und insbesondere in der westlichen, sandigen Bucht abgelagertes Feinmaterial wies dabei sehr hohe Anteile an organischen Kohlenstoff und Phosphor auf. Dies deutet mutmaßlich auf einen Infiltrationsbereich hin, bei dem Nährstoffhaltiges Material aus dem See im Sand herausgefiltert und dort im Porenraum abgelagert wird. Dieser Bereich wurde als alternative Austauschfläche auskartiert und für die Berechnung des Grundwasseraustausches verwendet.

Weiterhin wurde bereits in der Arbeit von Frauenstein (2017) die Annahme getätigt, dass in der Krummen Lanke aufgrund des verhältnismäßig steilen Uferbereichs ein Einströmen von Grundwasser zu erwarten ist, da in diesem Bereich der sandige GWL 1.2 ansteht. In den Bohrungen des Konsortium Rangsdorfer See (1992) konnten keine sandigen Sedimente am Gewässergrund der

Krummen Lanke identifiziert werden. Diese weisen jedoch einen Mindestabstand von 50m zum Ufer auf und befinden sich somit in dem Bereich des Gewässers in dem eher Feinmaterial abgelagert wird. Es ist somit durchaus plausibel, einen sandigen Uferbereich anzunehmen. In diesem Gutachten wurde ein 10m breiter Uferbereich mit erhöhter hydraulischer Durchlässigkeit angenommen. Hierfür wurde ebenfalls ein kf-Wert von $1*10^{-4}$ angesetzt (basierend auf der in den dortigen Messstellen aufgeschlossenen Lithologie).

Die zur Berechnung der mit dem Seewasserkörper interagierenden Grundwassermengen benötigten hydraulischen Gradienten wurden mithilfe der Software „Qgis“ durchgeführt. Hierfür wurde kürzeste Distanz der jeweiligen Messstelle zum See ermittelt und anschließend die Wasserstandsdifferenz durch diesen Wert dividiert. Zur Berechnung der ein- und ausströmenden Grundwassermenge wurde für die definierten Austauschbereiche jeweils der mittlere Gradient aus den naheliegenden Grundwassermessstellen verwendet.

Die für den jeweiligen Messzeitraum und Einströmungsbereich repräsentativen Grundwasserflüsse sind in Tab. 3 dargestellt. Daraus wurde für den Gesamten Rangsdorfer See die Grundwasserbilanz für den jeweiligen Messzeitraum berechnet. Anschließend fand die Berechnung der Grundwasserbilanz für ein Jahr statt. Hierfür wurden die vier Messungen von September 2020 bis Juli 2021 verwendet und jeweils als repräsentativ für ein Quartal des Jahres angesehen. In Tab. 4 sind Berechnungen dargestellt die auf Verwendung des mittleren Gradienten der Messungen von September 2020 bis Juli 2021 basieren.

Die erste Messung vom 25.06.2020 wurde nicht für die Jahresberechnung hinzugezogen, da sonst der Sommer doppelt in die Berechnungen einfließen würde. Bei beiden Berechnungsansätzen zeigt sich, dass der See Netto rund 300.000 m³ durch den Grundwasserpfad verliert. Die aufgeführten Grundwasserflüsse werden für die Phosphorbilanzierung des Sees Kapitel 6.5 genutzt. Dabei sind insbesondere für den Nährstoffgehalt die einzelnen Flüsse in den Einströmungsbereich zu gegebenen Zeitpunkten von entscheidender Bedeutung. Am 25.06.2020 herschen nahezu überall influente Verhältnisse in den Grundwasserleiter.

Im September 2020 tritt, bezogen auf die definierten Austauschbereiche nurnoch in der westlichen Bucht ein Verlust von Seewasser in den Grundwasserkörper statt. Bezogen auf das südöstliche Seeufer ist zwar netto der Zustrom zu diesem Zeitpunkt größer als der Abstrom, jedoch ist im südlichen Bereich ein Verlust an Seewasser in den Grundwasserleiter anzunehmen. Dies ist aber bei der recht großskaligen Betrachtung hier nicht aufgelöst. Bei der Stichtagsmessung am 12. Januar 2021, welcher für den zweiten drei Monatszeitraum als repräsentativ angenommen wird, findet an allen Austauschbereichen ein Einströmen von Grundwasser in den See statt.

Dies ändert sich erneut in den beiden weiteren betrachteten Zeiträumen. Insbesondere im Märzzeitraum findet fasst überall ein Verlust von Seewasser in den Grundwasserleiter statt, dies ist auf den recht zügigen Anstieg des Seewasserspiegels gegenüber dem Grundwasserstand zurückzuführen. Bei Annahme des mittleren Gradienten über den Betrachtungszeitraum in Tab. 4 findet netto über die westliche Bucht und das südöstliche Seeufer ein Verlust von Seewasser in den Grundwasserleiter und in den sandigen Bereichen im Norden des Sees sowie des Uferbereichs der Krummen Lanke ein Zustrom von Grundwasser in den See statt.

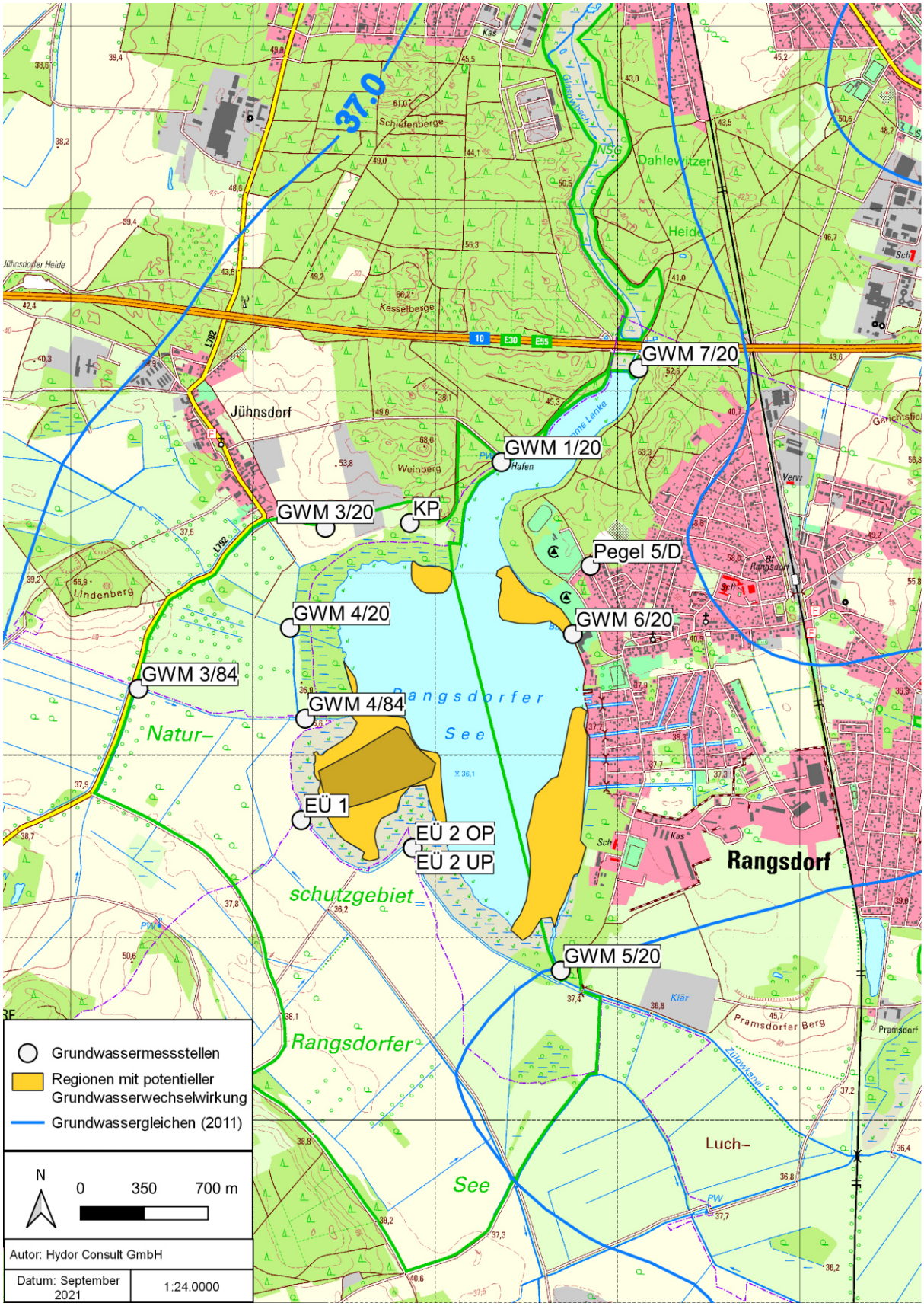


Abb. 57: Lage der sandigen Bereiche an denen bevorzugt Wechselwirkungen zwischen Grundwasserleiter und See zu erwarten sind.

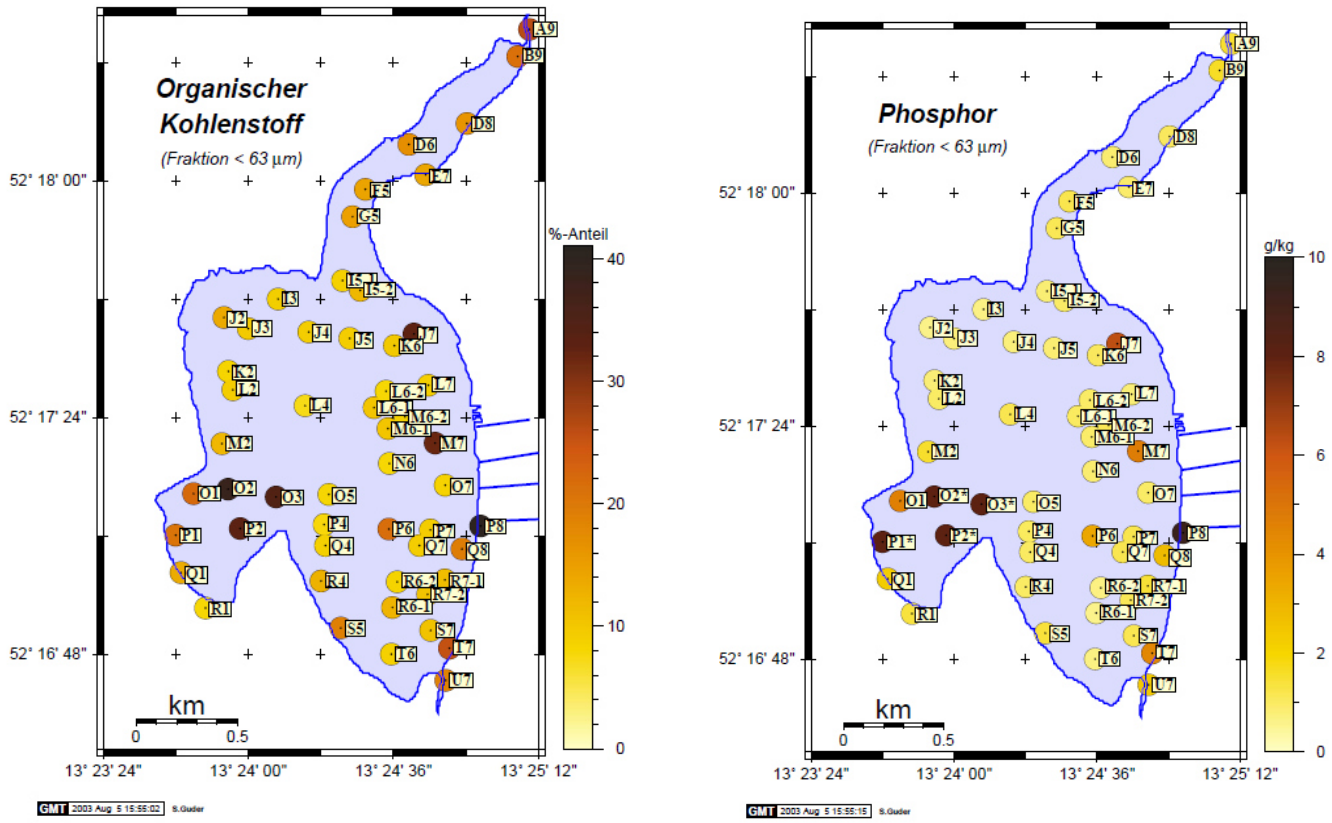


Abb. 58: Anteil des organischen Kohlstenstoffs an der Feinkornfraktion <63µm (links) und Phosphors in g pro kg Feinmaterial (rechts) (Guder 2003).

Tab. 3: Grundwasserbilanz für ein Jahr, basierend auf dem hydraulischen Gradient bzw. der Durchflussrate in 4 Quartalen (Stichtagsmessungen September 2020 bis Juli 2021).

	WSP 25.06.2020	**WSP 21.09.2020**	**WSP 12.01.2021**	**WSP 10.03.2021**	**WSP 05.07.2021**
	Q [m³/s]	Q [m³/s]	Q [m³/s]	Q [m³/s]	Q [m³/s]
Südöstliches Seeufer	-0.0235	0.0258	0.0172	-0.0484	-0.0218
Nordosten/Strandbad	0.0049	0.0085	0.0030	0.0016	0.0042
Nordwesten Übergang KL	-0.0002	0.0076	0.0039	-0.0028	0.0010
Westliche Bucht	-0.0266	-0.0273	0.0042	-0.0043	-0.0174
Krumme Lanke	-0.0002	0.0078	0.0024	-0.0033	0.0004
Gesamtsee	-0.0456	0.0223	0.0308	-0.0572	-0.0336
Bilanz See [m³/ Quartal]	- 359,852.10	176,000.95	242,550.11	- 451,008.31	- 264,767.25
			Bilanz Jahr [m³/a]		- 297,224.50

Tab. 4: Berechnung der Grundwasserbialnz des Rangsdorfer Sees für ein Jahr, basierend auf dem mittleren hydraulischen Gradient bzw. der Durchflussrate von den Stichtagsmessungen von September 2020 bis Juli 2021.

	MW WSP
	Q [m³/s]
Südöstliches Seeufer	-0.0068
Nordosten/Strandbad	0.0043
Nordwesten Übergang KL	0.0024
Westliche Bucht	-0.0116
Krumme Lanke	0.0018
Bilanz Jahr [m³/a]	- 309,053.22

6.1.2 Hydrochemie

Die während des einjährigen Monitorings generierten Messwerte für alle bestimmten Parameter der 13 beprobten Grundwassermessstellen ist tabellarisch in Anhang 2 dargestellt. Bei Messwerten unterhalb der Nachweisgrenzen wurde die halbe Nachweisgrenze angesetzt. Die zugehörigen Prüfberichte der Analysen befinden sich in der Digitalen Beilage 1. In diesem Kapitel werden die umfangreich Analyseergebnisse von ausgewählten Parametern vorgestellt. Es ist dabei darauf hinzuweisen, dass in der Probenahmekampagne im Januar keine Beprobung der Messstellen EÜ-2 OP und UP stattfand, da eine Befahrung des Geländes aufgrund der herrschenden Witterungsbedingungen nicht möglich war.

Leitfähigkeit

In der Karte Abb. 59 ist die Mittlere gemessene Leitfähigkeit des Grundwassers dargestellt. Dieser Parameter liefert Auskunft über die Gesamtmineralisation des Wassers. Überschlagsweise lässt sich durch Multiplikation der Leitfähigkeit mit dem Faktor 0,725 der Gesamtlösungsinhalt (TDS) ableiten. Dabei weisen die Messstellen eine heterogene Leitfähigkeitsverteilung auf. Die Messstellen GWM 1/20 und GWM 4/20 sind mit unter 500 µS/cm am geringsten mineralisiert. Dem stehen die Messstellen GWM 7/20 und GWM 3/84 mit über 1000 µS/cm gegenüber.

Der erhöhte Lösungsinhalt der Messstelle GWM 7/20 ist mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit auf Streusalzeinträge durch die in unmittelbarer Nähe befindliche Autobahn zurückzuführen. In der Messstelle GWM 3/84 wurden gipsartige Ausfällungen identifiziert, welche eine Folge der recht hohen Mineralisierung sind. Der Ursprung bleibt jedoch unklar. Weiterhin ist bei dieser Messstelle im Verlauf der Messkampagne ein deutlicher Anstieg der Leitfähigkeit und des damit verknüpften Gesamtlösungsinhalt zu verzeichnen (Abb. 60).

Ein solcher Anstieg im Verlauf der Kampagne ist ebenfalls bei den Messstellen GWM 4/84, GWM 5/20, GWM 6/20 und Pegel 5/D zu beobachten. Leichte saisonale Schwankungen sind bei der Leitfähigkeit nur an den Messstellen Pegel 5/D, GWM 1/20, GWM 3/20, GWM 4/20 und bei der Koppelpumpe ersichtlich.

Temperatur

Anders ist dies bei der in Abb. 62 dargestellten Grundwassertemperatur. Nahezu alle Messstellen, außer EÜ-1 und Pegel 5/D weisen einen eindeutigen saisonalen Temperaturverlauf auf. Das Temperaturmaximum ist im September und das Temperaturminimum im März zu verzeichnen. Die höchsten Temperaturen mit über 14 °C wurden in der Messstelle GWM 6/20 und die niedrigsten in der Koppelpumpe mit knapp unter 7 °C gemessen. Die gering ausgeprägten Temperaturschwankungen in der Messstelle EÜ-1 könnten auf einströmendes Seewasser hindeuten, welches einen dämpfenden Effekt ausüben kann.

Sauerstoff

Der gemessene Sauerstoffgehalt des Grundwassers in den 13 Messstellen ist für die fünf Stichtagsmessungen der Probenahmekampagne in Abb. 61 dargestellt. Es kann dabei grundsätzlich zwischen Messstellen mit dauerhaft nahezu sauerstofffreiem Grundwasser und Messstellen mit gelöstem Sauerstoff unterschieden werden. Lediglich die Messstellen GWM 1/20, Koppelpumpe, GWM 7/20 und GWM 3/84 wiesen relevante Mengen an gelösten Sauerstoff auf. Dabei konnte außer bei der Messstelle GWM 1/20 bei allen eine abnehmende Konzentration beobachtet werden. Bei GWM 4/84 war das Grundwasser am Ende der Messkampagne sogar nahezu sauerstofffrei. Es herrschen somit primär reduzierende Verhältnisse im Grundwasser im Bereich des Rangsdorfer Sees.

Gesamtphosphor

In Abb. 63 ist die mittlere Gesamtphosphorkonzentration im Grundwasser der 13 beprobten Messstellen während des einjährigen investigativen Monitorings kartografisch dargestellt. Es wird ersichtlich, dass insbesondere die Messstellen im nördlichen Bereich des Sees sehr geringe Phosphorkonzentrationen von unter 0,055 mg/l aufweisen. Dies ist unterhalb des Orientierungswerts der Oberflächengewässerverordnung. Lediglich die Messstelle GWM 1/20 lässt sich der Konzentrationsklasse zuordnen, welche der Konzentrationsspannweite des Rangsdorfer Sees entspricht. Dies ist vermutlich auf den Standort der temporären Grundwassermessstelle zurückzuführen, welcher sich in einer kleinen sumpfige Senke unmittelbar neben dem Rangsdorfer Hafen befindet. Weiterhin weisen die Messstellen GWM 3/20 und GWM 3/84, welche etwas weiter vom See entfernt liegen, ebenfalls Phosphorkonzentrationen im Schwankungsbereich des Sees auf. Alle westlichen Messstellen die an den Schilfgürtel des Sees angrenzen und die südliche Messstelle GWM 5/20 weisen deutlich erhöhte Phosphorkonzentrationen, welche im Mittel über 300 mg/l liegen.

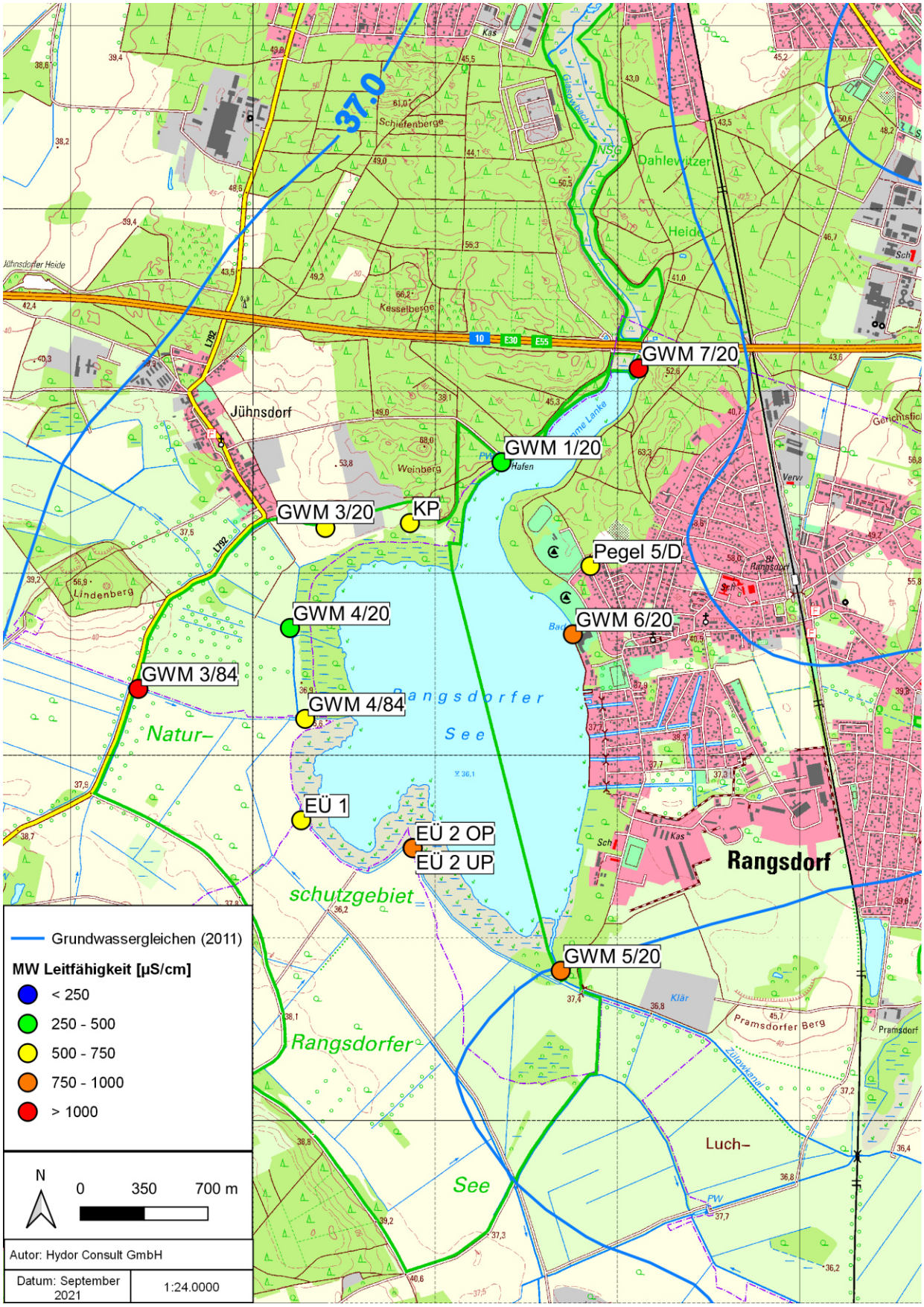


Abb. 59: Mittelwert der Leitfähigkeit während des einjährigen Monitorings.

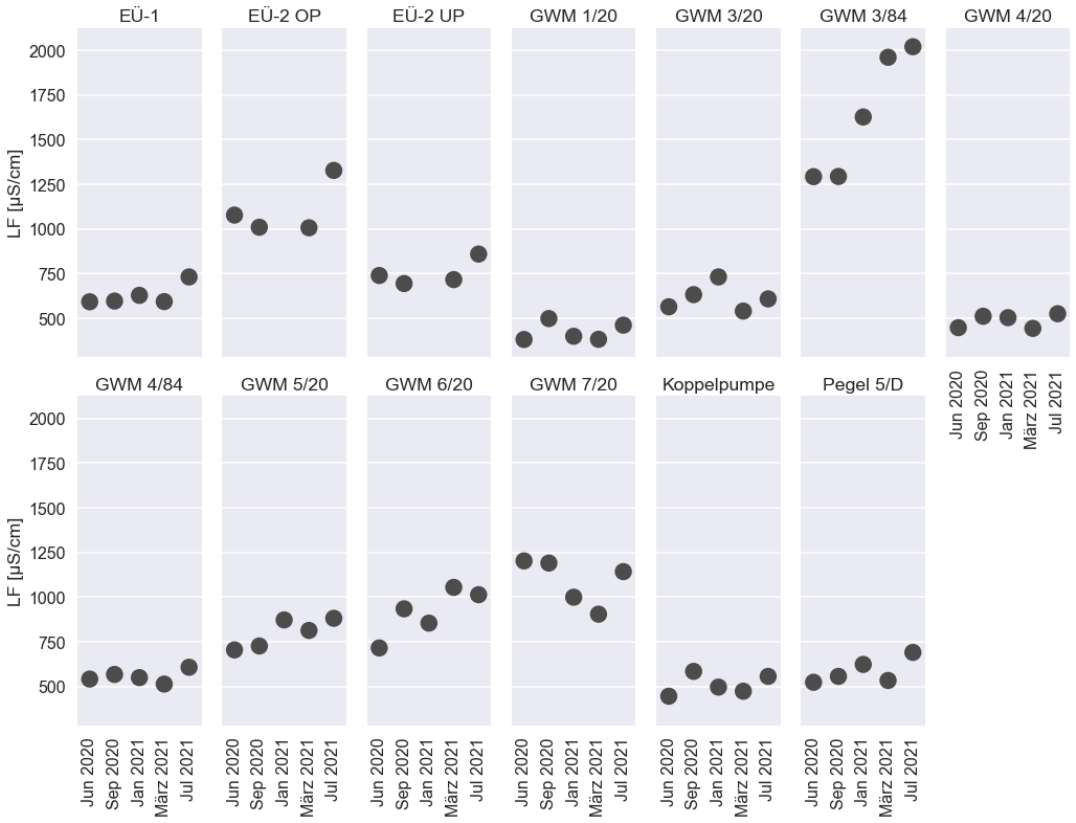


Abb. 60. Zeitliche Veränderung der Leitfähigkeit während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen.

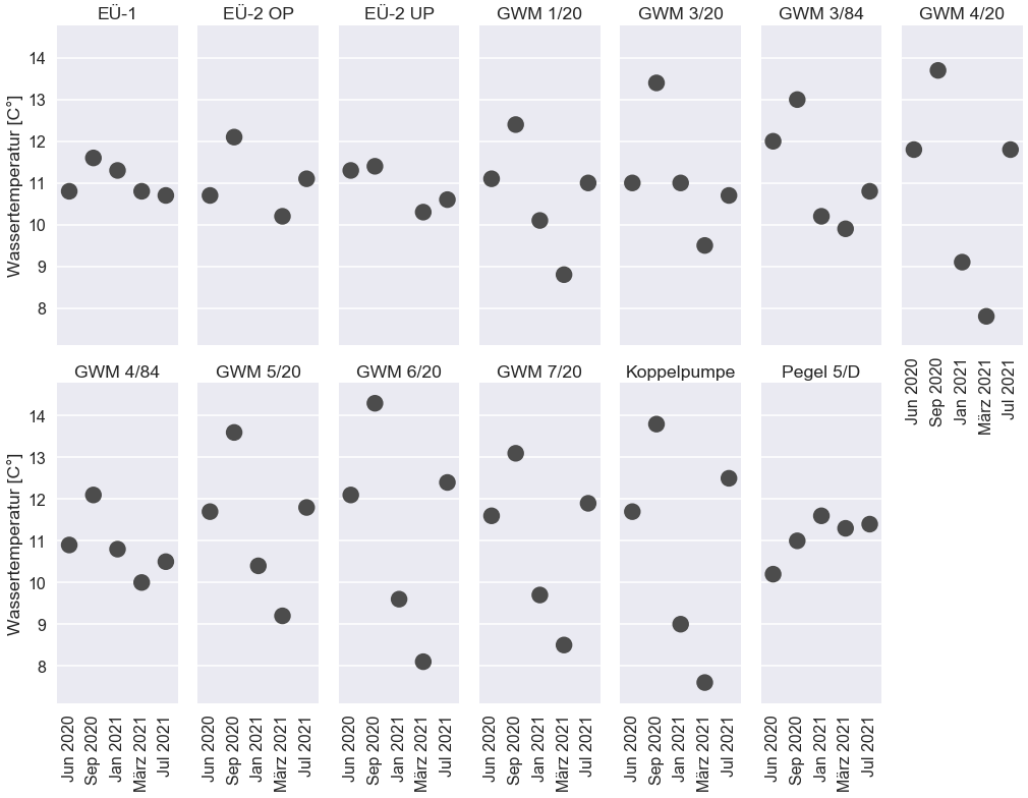


Abb. 61: Zeitliche Veränderung der Grundwassertemperatur während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen.

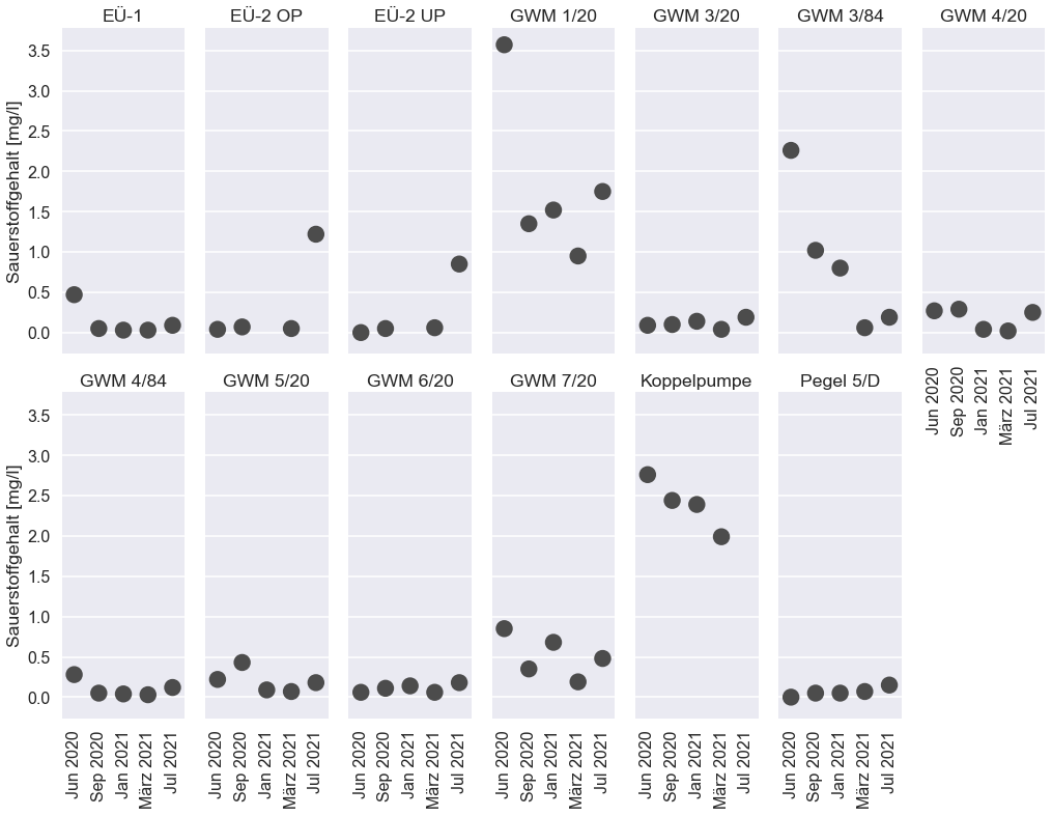


Abb. 62: Zeitliche Veränderung der Sauerstoffkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen.

Bei differenzierter Betrachtung, unter Berücksichtigung der zeitlichen Dynamik in Abb. 64, zeigt sich ein teils ein sehr heterogenes Bild der Gesamtphosphorkonzentrationen im Grundwasser. Die vier Messstellen mit sehr geringen mittleren Konzentrationen weisen auch keine Ausreißer im Jahresverlauf auf. Gleiches gilt für die Messstellen mit leicht erhöhten Konzentrationen GWM 1/20 und 3/20. Die Messstellen mit hohen Konzentrationen EÜ-1, GWM 4/20 und 5/20 zeigen eine geringe Streuung der Messwerte und weisen ein U-förmigen Konzentrationsverlauf während der Messkampagne auf. Dies könnte auf Verdünnungseffekte durch zuvor eingeströmtes Seewasser zurückzuführen sein. Die Messwerte in den drei Messstellen GWM 4/84, EÜ-2 OP und UP weisen eine sehr starke Streuung auf. Dies ist besonders bei der Messstelle GWM 4/84 ausgeprägt. Diese weist im März 2021 mit 1 mg/l Phosphor den höchsten aller Messwerte auf, obwohl im September 2020 nur 0,04 mg/l gemessen wurden. Dies könnte potentiell auf eine Funktionsbeeinträchtigung der Messstelle zurück zuführen sein, da bei der Messung mit geringer Phosphorkonzentration extrem hohe Eisenkonzentrationen gemessen wurden. Dieses Eisen könnte von der Verrohrung der Messstelle stammen und zu einem Entzug von Phosphor geführt haben. Jedoch ist diese Erklärung nicht auf die Streuung der anderen beiden genannten Messstellen anwendbar, obwohl diese ein vergleichbares, jedoch nicht so stark ausgeprägtes Konzentrationsmuster aufweisen.

Ortho-Phosphat

In Abb. 65 ist kartografisch die mittlere gemessene ortho-Phosphatphosphorkonzentration in den Messstellen während des einjährigen Monitorings dargestellt. Dabei zeigt sich ein vergleichbares Muster wie bei der Gesamtphosphorkonzentration.

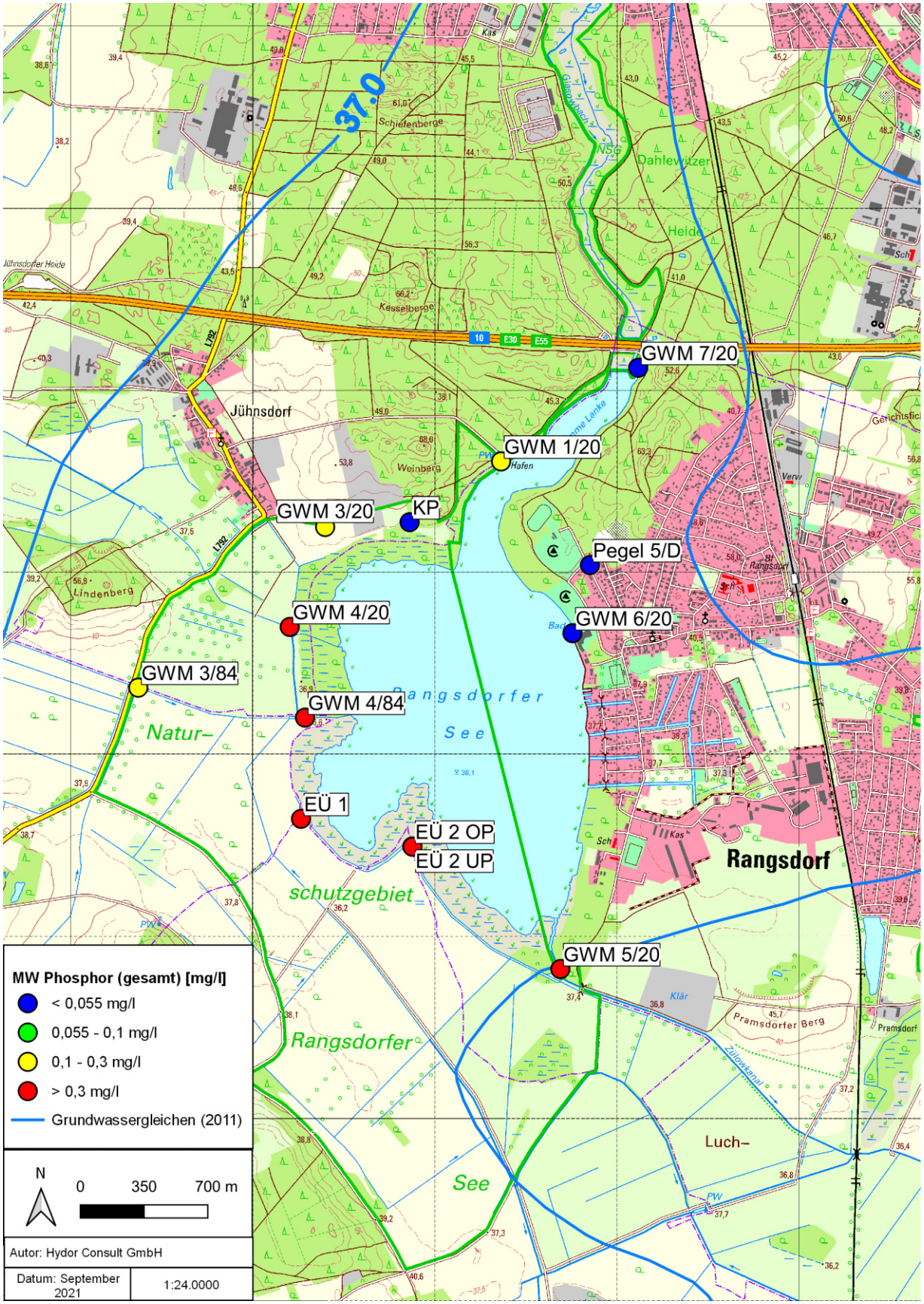


Abb. 63: Mittlere Konzentration des Parameter Gesamtphosphor während der einjährigen Monitoringkampagne.

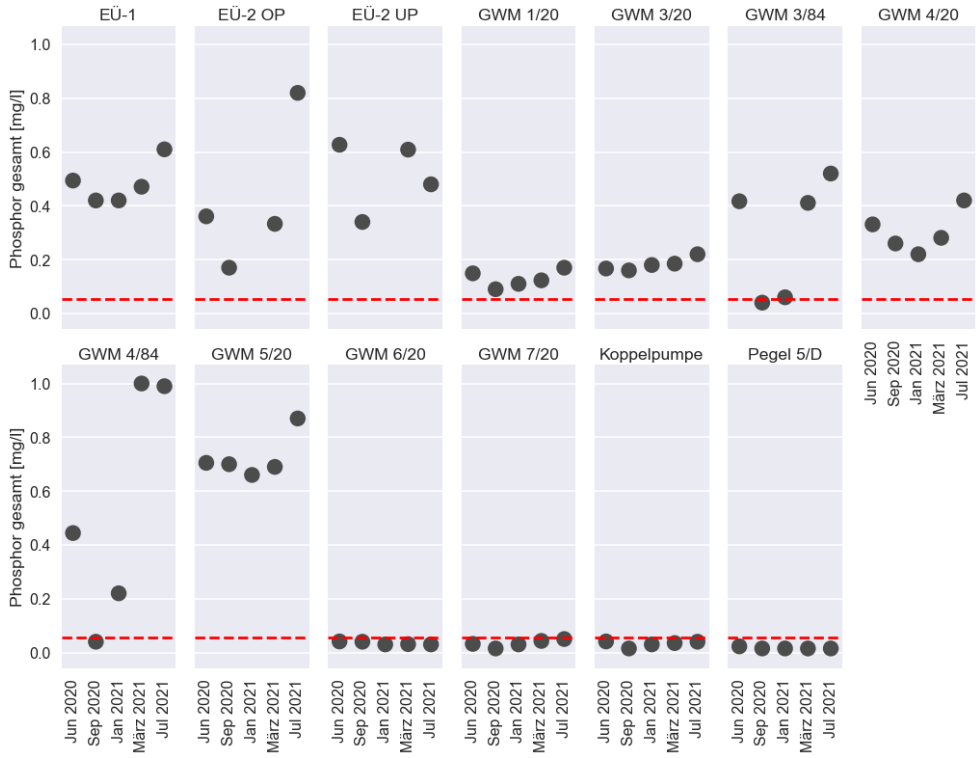


Abb. 64: Zeitliche Veränderung der Gesamt-P-Werte während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. Die gepunktete rote Linie zeigt den Orientierungswert der OGewV von 0,055 mg/l Gesamt-P für den guten ökologischen Zustand des Rangsdorfer Sees (Seetyp 11).

Abgesehen von der Messstelle GWM 1/20, weisen die im nördlichen und östlichen Bereich des Sees befindlichen Messstellen geringe Konzentrationen auf. In den Messstellen auf der westlichen Seeseite zeigt sich zum Südwesten und Süden eine Erhöhung der mittleren Konzentration. Dabei weist die Messstelle GWM 5/20 mit über 0,6 mg/l die höchsten Konzentrationen auf. Der zeitlichen Konzentrationsverlauf in den Messstellen weist insgesamt deutlich geringe Schwankungen als beim Parameter Gesamtphosphor auf.

Typischerweise liegt Phosphor im Grundwasser als gelöstes o-Phosphat vor und die gemessenen Konzentrationen sind nahezu identisch. Dies ist bei den Messstellen mit den höchsten Konzentrationen, EÜ-1, EÜ-2 OP/UP, GWM 3/84, GWM 4/84 und GWM 5/20 nicht der Fall. Die Diskrepanz lässt sich durch einen hohen Anteil anderweitig gebundenen Phosphor erklären. Diese Erklärung erscheint hinsichtlich der organoleptischen Auffälligkeiten Wässer plausibel. Andererseits kann dies aber auch ein Hinweis auf Messungenauigkeiten der Laboranalytik sein.

Gesamtstickstoff, Ammobiumstickstoff und Nitratstickstoff.

In der Karte in Abb. 67 ist die mittlere Gesamtstickstoffkonzentration im Untersuchungszeitraum dargestellt. Es zeigt sich ein recht heterogenes Konzentrationsverteilungsmuster für den Parameter Gesamtstickstoff. Die meisten Messstellen weisen eine unauffällige Stickstoffkonzentration auf, lediglich die Messstelle GWM 3/20 und die drei Messstellen im Südwesten und Süden des Rangsdorfer See zeigen Konzentrationswerte oberhalb von 2,8 mg/l. Dabei handelt es sich jedoch lediglich um den Orientierungswert der OGewV für Flüsse die in die Nordsee münden (Rangsdorfer See liegt im Flusseinzugsgebiet Elbe).

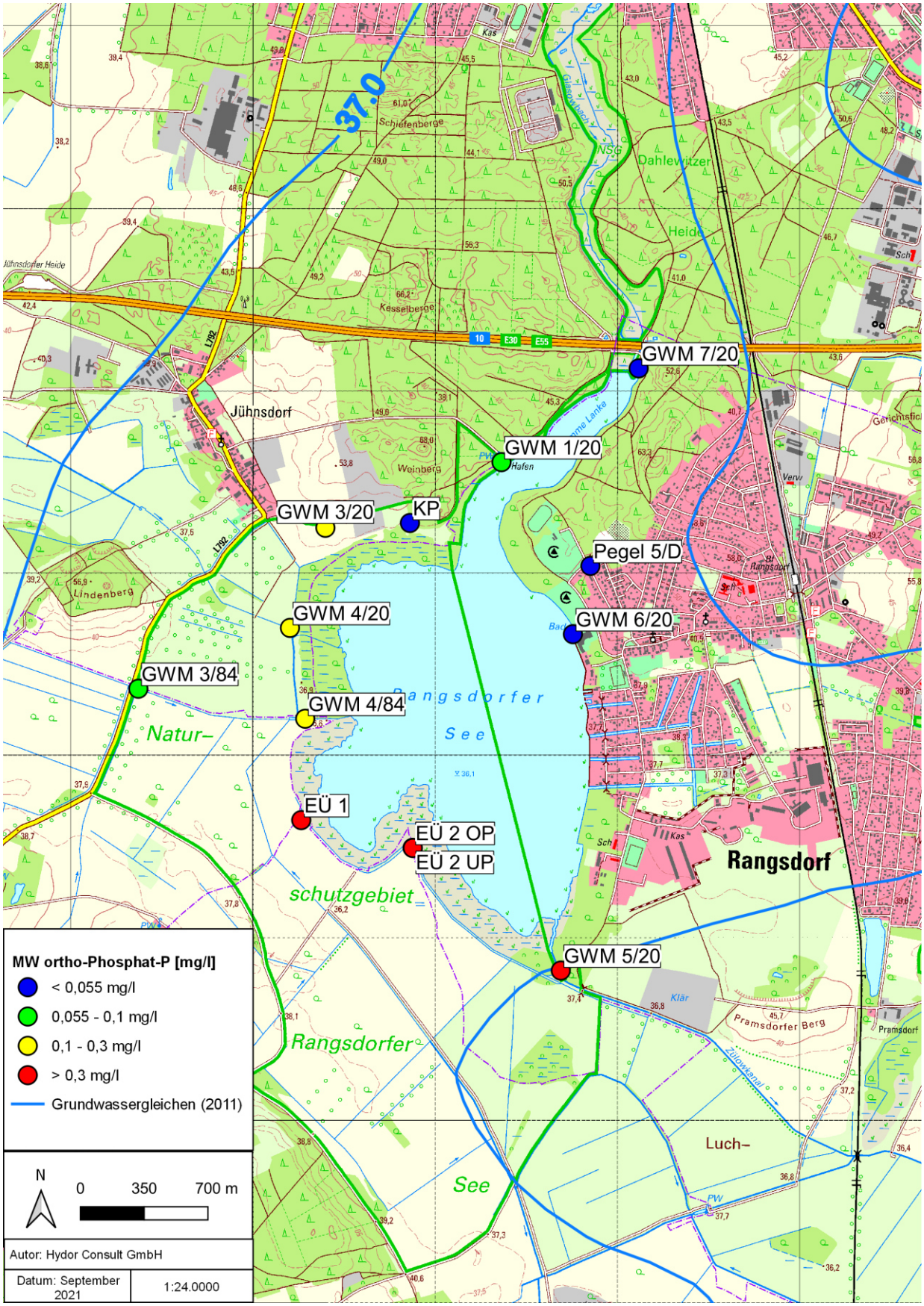


Abb. 65: Mittlere Konzentration des Parameters ortho-Phosphat-P während der Monitoringkampagne.

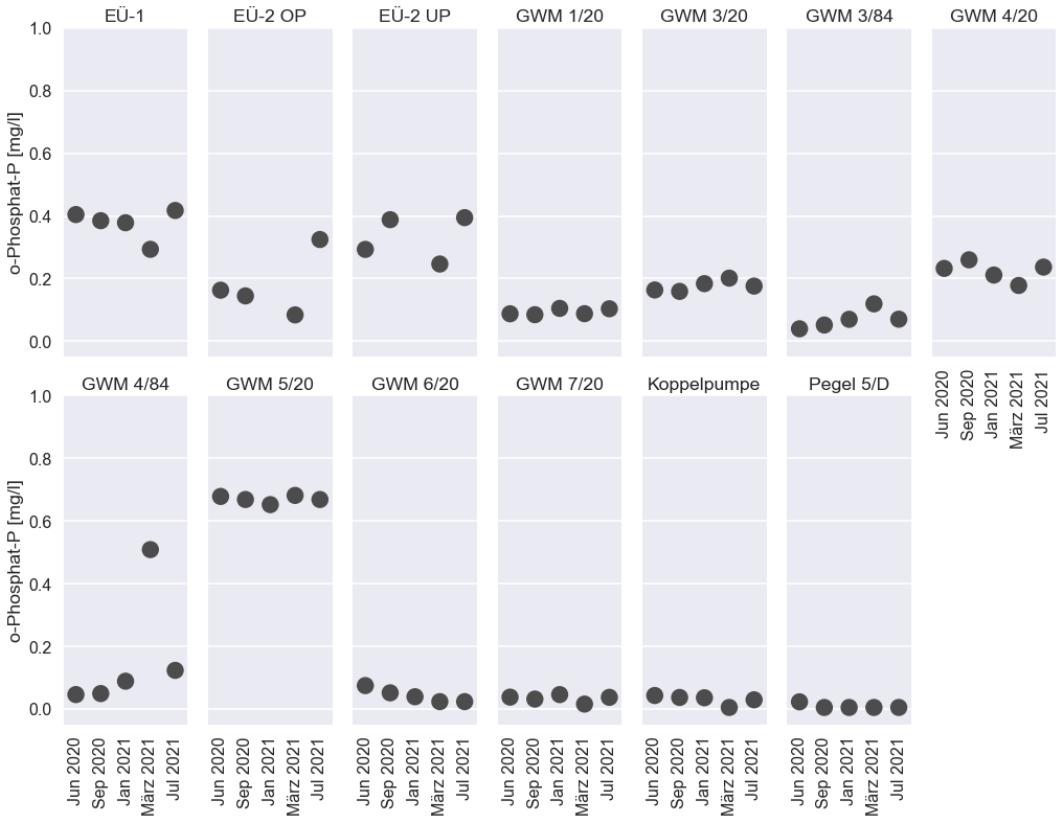


Abb. 66: Zeitliche Veränderung der ortho-Phosphatkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen.

Für Grundwasser liegt somit nur bedingt eine Relevanz vor. Die zeitliche Konzentrationsveränderung des Parameters wird in Abb. 68 ersichtlich. Hier weisen bis auf die Messstelle GWM 3/20 im Verlauf der Probennahmekampagne nahezu konstante Konzentrationen auf. Die erhöhten Gesamtstickstoffkonzentrationen der Messstelle stammen nahezu vollständig aus Nitrat, wie in Abb. 69 ersichtlich wird. Da die Messstelle unmittelbar an eine aktiv genutzte landwirtschaftliche Fläche angrenzt ist davon auszugehen, dass das Nitrat aus Dünger stammt. Diese erhöhten Nitratkonzentrationen weisen nur eine untergeordnete Relevanz für den Rangsdorfer See auf, da davon auszugehen ist, dass das Nitrat auf der Untergrundpassage zum See aufgrund der reduzierenden Bedingungen im Grundwasser zu elementarem Stickstoff reduziert wird. Die anderen Messstellen sind fast durchgehend unterhalb der Nachweisgrenze des Parameters.

Weitaus heterogener ist im Untersuchungsgebiet die Konzentrationsverteilung des Parameters Ammoniumstickstoff. Die mittlere Konzentration während der Probennahmekampagne ist in Abb. 70 und der zeitliche Verlauf in Abb. 71 dargestellt. Im mittel weisen die Messstellen im Norden, Nordosten und Nordwesten geringe Ammoniumstickstoffkonzentrationen unterhalb des Schwellenwerts auf. Dies unterscheidet den Bereich westlich und südlich des Sees, bei dem teils sehr hohe Ammoniumstickstoffkonzentrationen auftreten. Dies betrifft insbesondere die Messstellen EÜ-2 OP/UP und GWM 5/20 mit bis zu 6 mg/l Ammoniumstickstoff. Diese Proben weisen in Form von fauligem Geruch organoleptische Auffälligkeiten auf. Ammonium tritt typischerweise in Grundwasserleiter auf, die organisches Material wie Torf enthalten. Dies ist eindeutig laut HYK 50 im westlichen Bereich des Rangsdorfer See gegeben.

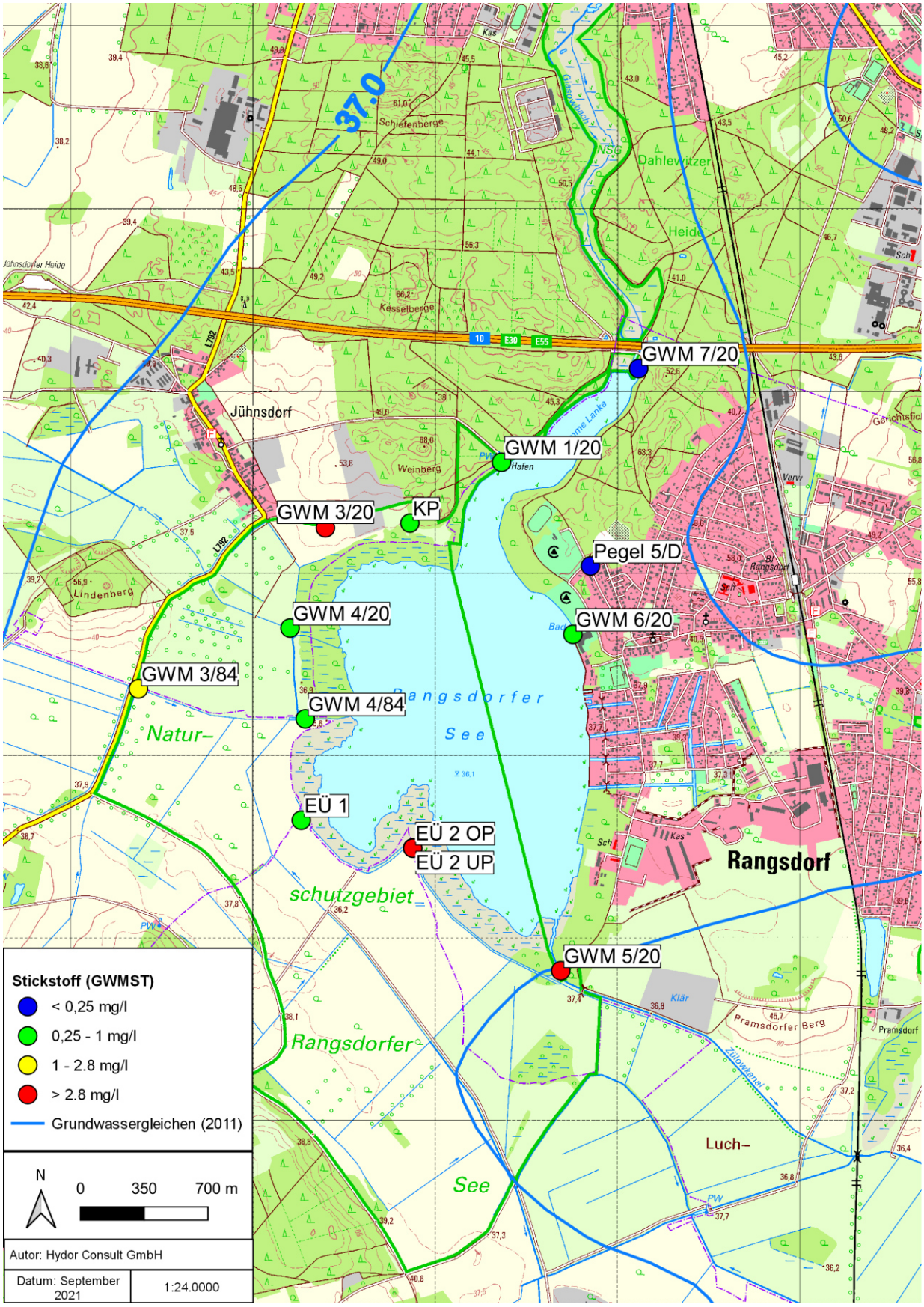


Abb. 67: Mittlere Konzentration des Parameter Gesamtstickstoff während der Monitoringkampagne.

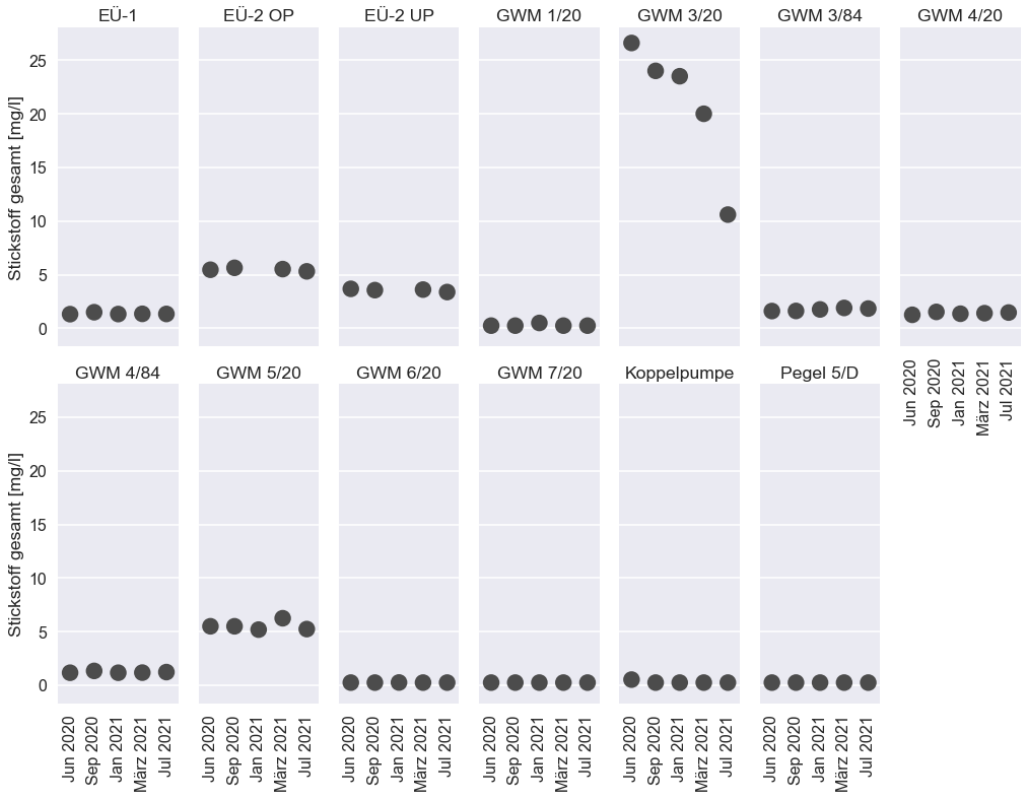


Abb. 68: Zeitliche Veränderung der Gesamtstickstoffkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen.

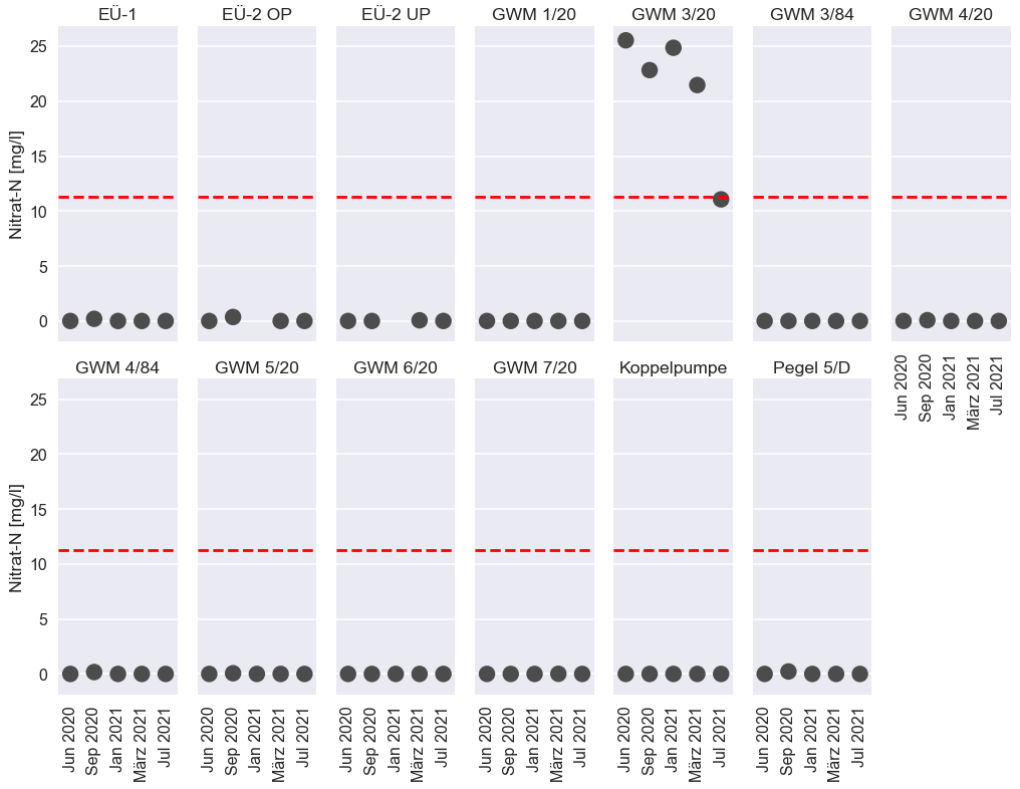


Abb. 69: Zeitliche Veränderung der Nitratstickstoffkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. Die gepunktete rote Linie stellt den Grenzwert der GrwV von 50 mg/l Nitrat dar (umgerechnet in Nitratstickstoff).

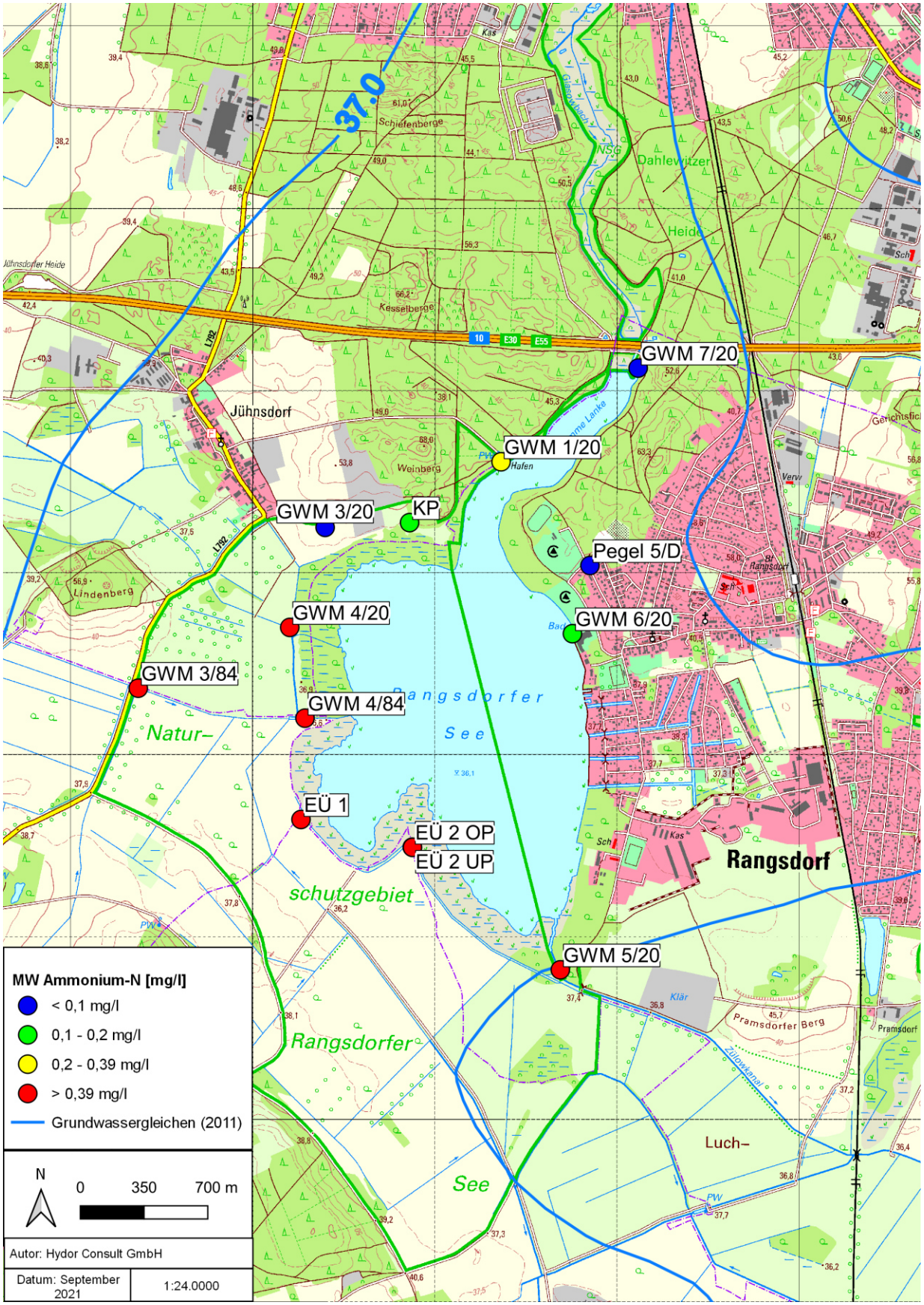


Abb. 70: Mittlere Konzentration des Parameter Ammoniumstickstoff während der Monitoringkampagne.

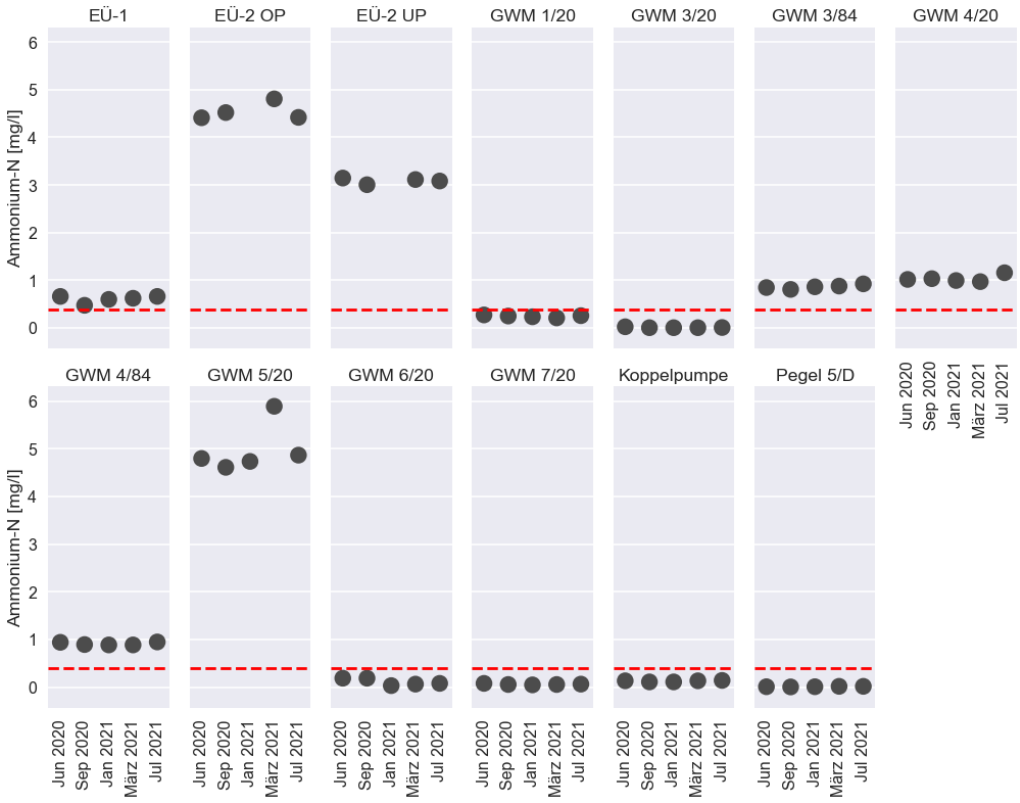


Abb. 71: Zeitliche Veränderung der Ammoniumstickstoffkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. Die gepunktete rote Linie stellt den Grenzwert der GrwV von 0,5 mg/l Ammonium dar (umgerechnet in Ammoniumstickstoff).

Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)

Die Menge an organischen Kohlenstoff liefert eine Information über die Belastung mit organischen Substanzen, welche aus lebender und toter Biomasse stammen. Die räumliche Verteilung der mittleren Konzentration während der Untersuchungskampagne des Parameters „gesamter organischer Kohlenstoff“ (TOC) ist in Abb. 73 dargestellt. Es zeigt sich eine klare Konzentrationszunahme von unter 2 mg/l im Nordosten bis über 10 mg/l im Südwesten. Hohe TOC-Konzentrationen sind oftmals typisch für Niederungsbereiche wie sie im Westen des Rangsdorfer Sees zu finden sind. Die dortigen erhöhten Konzentrationen können einerseits aus dem dort befindlichen Torf oder ehemals aufgebrachten organischem Dünger stammen. In der Abb. 73 ist der zeitliche Verlauf der TOC-Konzentration dargestellt. Es ist keine stark ausgeprägte zeitliche Dynamik im Grundwasser ersichtlich. Bei den Messstellen GWM 4/20, 1/20, 3/20 und der Koppelpumpe wurde bei der ersten Probe eine leicht erhöhte Konzentration gemessen. Dies ist vermutlich auf erhöhten Feinstoffeintrag bei der ersten Probennahme zurückzuführen. Die Probe vom März 2021 an der Messstelle GWM 5/20 stellt mit 36 mg/l einen deutlichen Ausreißer dar. Eine eindeutige Erklärung liegt nicht vor, jedoch könnte es auf Unregelmäßigkeiten bei der Probenahme oder Analyse hindeuten.

Chlorid

Der zeitliche Konzentrationsverlauf des ergänzenden ab Januar 2021 analysierte Parameter Chlorid ist in Abb. 74 dargestellt. Chlorid stellt einen konservativen Tracer dar, der nicht durch hydrochemische Reaktionen verändert wird.

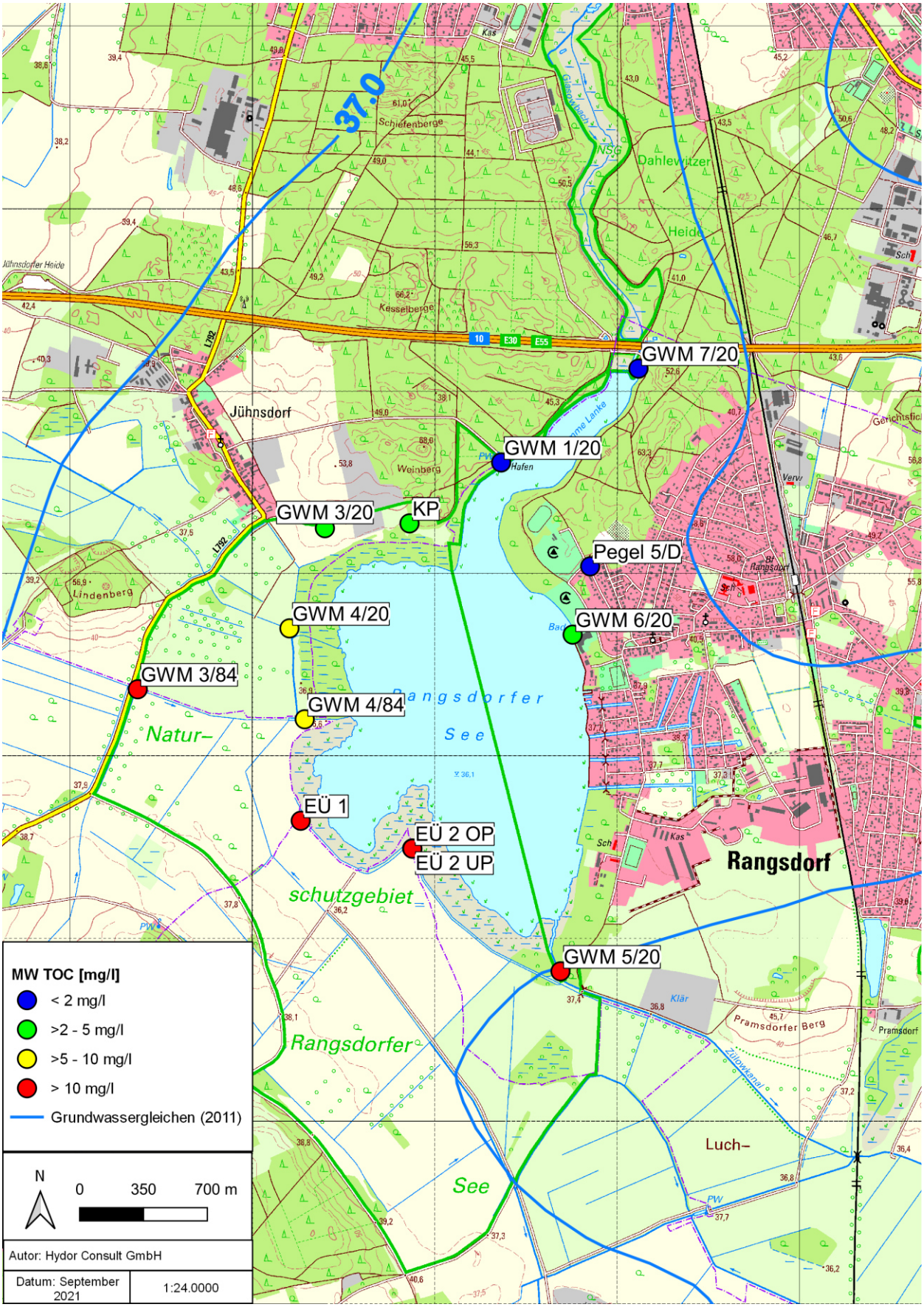


Abb. 72: Mittlere Konzentration an gesamten organischen Kohlenstoff während der Monitoringkampagne.

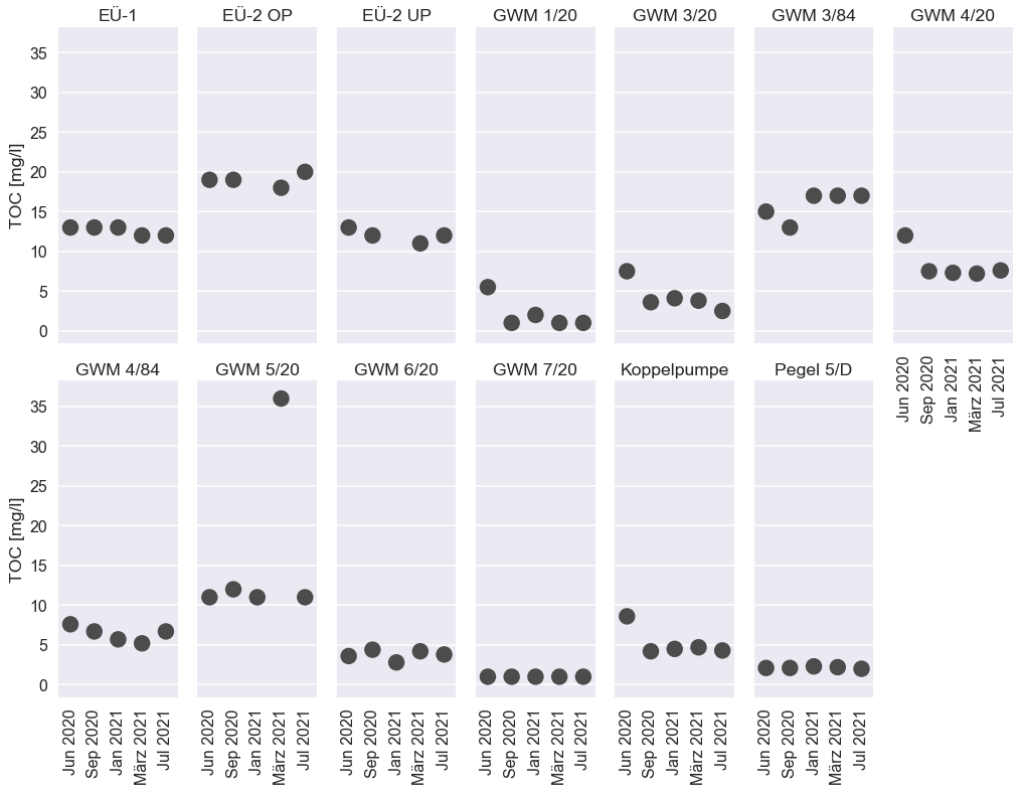


Abb. 73: Zeitliche Veränderung der Konzentration des gesamten organischen Kohlenstoffs während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen.

Lediglich Verdünnung oder Aufkonzentration wirken sich auf die Konzentration aus. Die Chloridkonzentration des Rangsdorfer Sees betrug während der im März durchgeführten Messung rund 70 mg/l. In diesem Konzentrationsbereich befinden sich die aus den Messstellen EÜ-1, EÜ-2 UP, GWM 5/20, GWM 6/20 entnommenen Proben. Dies kann auf eine Interaktion mit dem Wasser des Rangsdorfer See hindeuten. Die Messstellen GWM 7/20 und GWM 3/83 weisen mit bis zu 340 mg/l die höchsten Konzentrationen auf. Vorallem bei der Messstelle GWM 7/20, welche sich in unmittelbarer Nähe zur Autobahn A10 befindet, ist dies mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Streusalzeinträge zurückzuführen.

Eisen ll und Eisen lll

Der hydrochemische Parameter Eisen ist von außerordentlicher Bedeutung hinsichtlich der Mobilität von Phosphor. Mit der oxidierten Redoxspezies Eisen lll bildet Phosphor schwer lösliche Komplexe, die zur Fixierung im Grundwasserleiter führen. Wird Eisen lll in die reduzierte Redoxspezies Eisen ll umgewandelt führt dies zum Zerfall dieser Komplexe und und zur Freisetzung von Phosphor. Eisen ll ist gut wasserlöslich und somit im Grundwasser mobil. In Abb. 75 und Abb. 76 ist der zeitliche Konzentrationsverlauf der zwei Spezies während der Messkampagne dargestellt. Hinsichtlich Eisen lll zeigt sich, dass die Messstellen mit den höchsten gemessenen Konzentrationen zusätzlich eine enorme Variabilität zwischen den Stichtagsmessungen aufweisen. Ein unmittelbarer Zusammenhang mit der Sauerstoffkonzentration im Grundwasser (siehe Abb. 62) ist dabei nicht erkennbar.

Zumindest bei den Messstellen GWM 3/84 und 4/84 ist bei einigen Probennahmen ein Bodensatz im Probenbehältnis beobachtet worden, der auf Rückstände potentieller Eisenverrohrung der Messstellen zurückzuführen sein könnte.

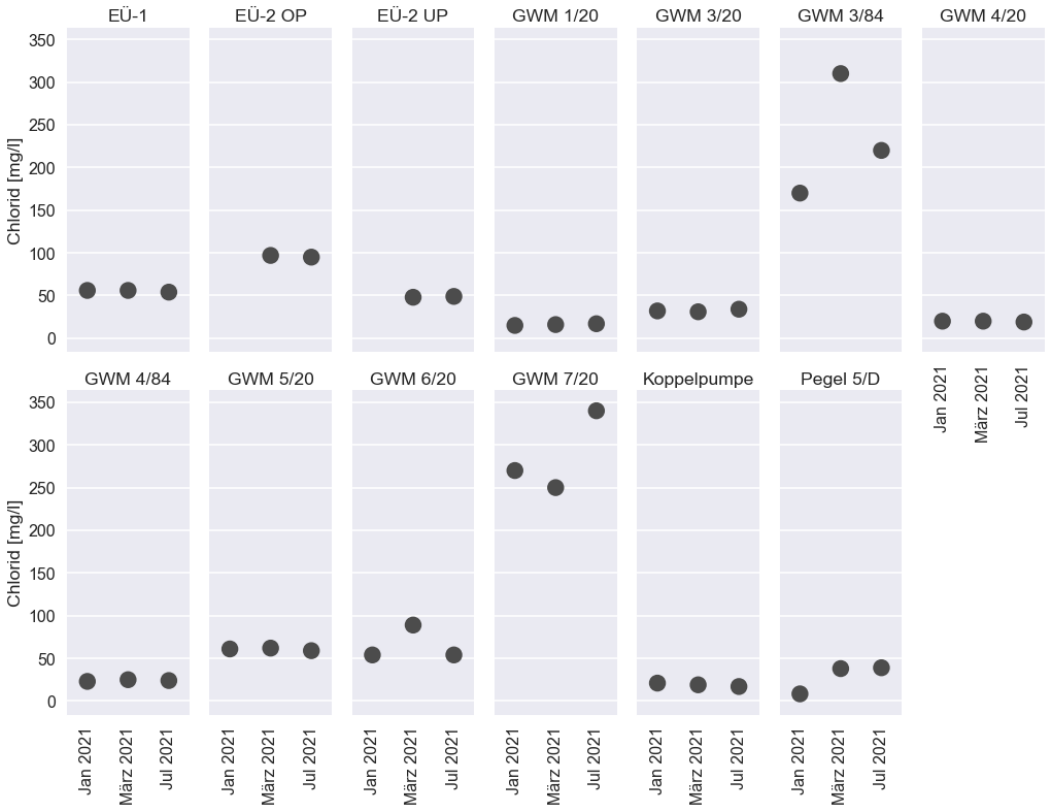


Abb. 74: Zeitliche Veränderung der Chloridkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen.

Ein Ausbauplan für diese zwei Bestandsmessstellen lag leider nicht vor. Die Messstellen EÜ-2 OP weist einen deutlich abnehmenden Konzentrationstrend auf, während der am gleichen Standort befindliche Unterpegel EÜ-2 UP einen U-förmigen Konzentrationsverlauf zeigt.

Auch bei diesen Messstellen ist kein klarer Zusammenhang mit der Sauerstoffkonzentration ersichtlich Die restlichen Messstellen weißen nahezu durchgehend geringe Eisen lll Gehalte auf, die sich nahe bzw. unterhalb der Nachweisgrenze befinden. Ein etwas differenziertes Bild ergiebt sich bei Betrachtung des Parameters Eisen ll. Abgesehen von den Messstellen GWM 3/20, GWM 5/20 und Pegel 5/D, weisen alle Messstellen Eisen ll oberhalb der Nachweisgrenze auf. Abgesehen von den Messungen an den Messstellen GWM 3/84 und 4/84 ist die Veränderung während der gesamten Messkampagne eher gering und weist keinen klaren Trend auf.

Sulfat

Sulfat ist das Anion der Schwefelsäure und kommt in der Natur beispielsweise als Calciumsulfat vor (Gips). Typische weitere Sulfatquellen stellen die Oxidation von in organischem Material gebundenen Schwefel und Pyrit dar. Typische anthropogene Eintragsquellen von Sulfat sind oftmals Dünger und Ab- und Deponiewässer.

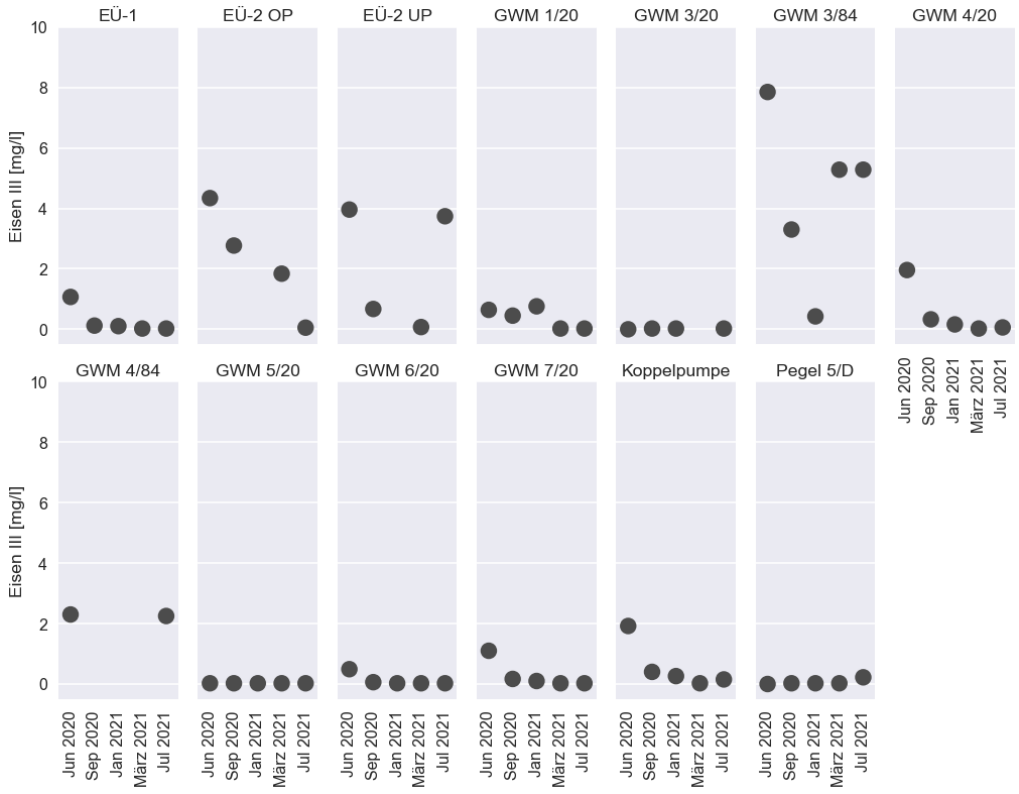


Abb. 75: Zeitliche Veränderung der Konzentration von Eisen-lll während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. Nicht dargestellt sind zwei Ausreisserwerte der Messstelle GWM 4/84.

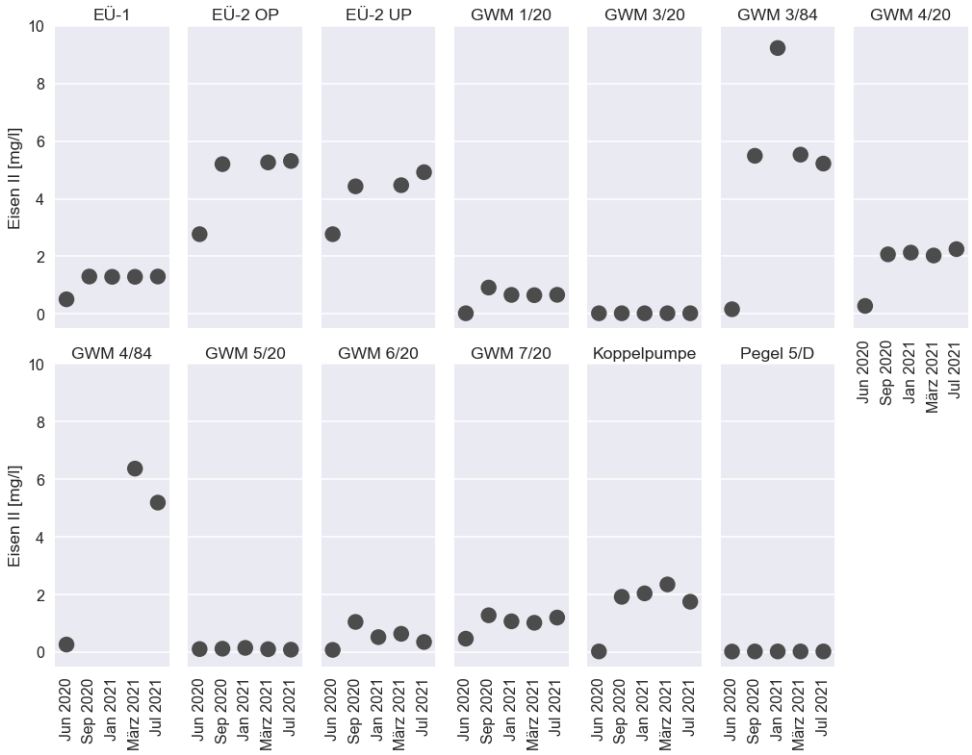


Abb. 76: Zeitliche Veränderung der Konzentration von Eisen-ll während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. Nicht dargestellt sind zwei Ausreißerwerte der Messstelle GWM 4/84.

Die zeitliche Konzentrationsveränderung des Parameter Sulfat im Grundwasser der untersuchten Messstellen ist in Abb. 77 dargestellt. Dabei fällt insbesondere die Messstelle GWM 3/84 durch deutlich erhöhte Konzentrationen auf, welche oberhalb des Schwellenwerts der Grundwasserverordnung liegen. Diese Messstelle befindet sich unmittelbar an der Grenze der Landstraße L792 und einer landwirtschaftlichen Fläche. Vermutlich sind die erhöhten Sulfatkonzentrationen auf historische Düngereinträge zurückzuführen. Weiterhin weisen die Messstellen EÜ-2 OP und GWM 6/20 gegenüber den anderen beprobten Messstellen erhöhte Konzentrationen auf. Bei der Messstelle GWM 6/20 könnte dies aus Baustoffen stammen und bei EÜ-2 OP aus dem in dem Bereich vorhandenen Torfen.

Es wurde nach der Messung im Januar 2021 keine weiteren Sulfatanalysen durchgeführt, da keine neuen Erkenntnisse aus den Ergebnissen erwartet wurden.

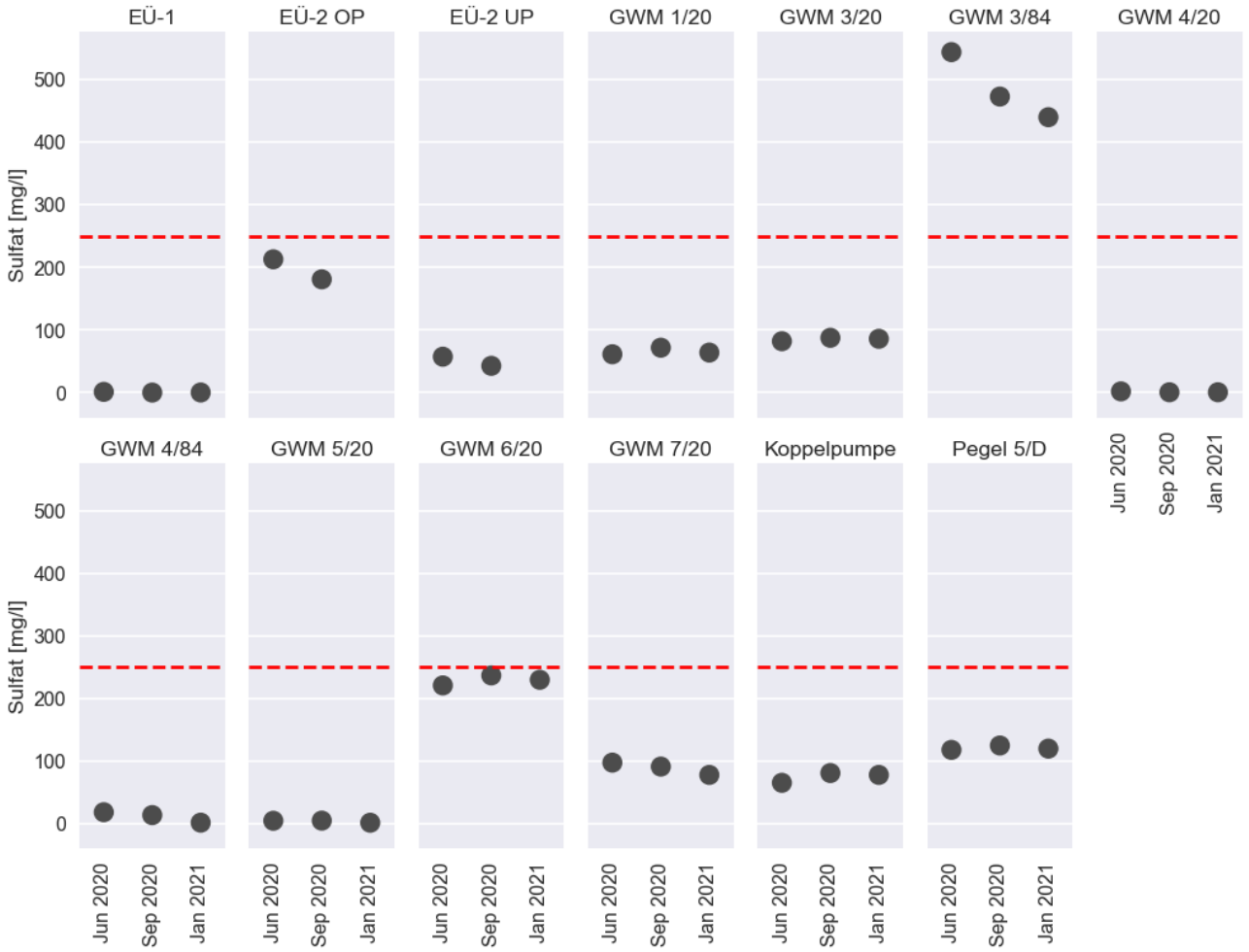


Abb. 77: Zeitliche Veränderung der Sulfatkonzentration während der Probennahmekampagne, differenziert nach Grundwassermessstellen. Die gepunktete rote Linie stellt den Grenzwert der GrwV von 250 mg/l Sulfat dar.

6.2 Durchflussmessungen

Im Verlauf des Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 22 Durchflussmessungen durchgeführt, 16 davon im Glasowbach an zwei verschiedenen Positionen und 6 am Auslauf des Sees. Die Protokolle der einzelnen Durchflussmessungen sind in Anhang 3 aufgeführt. Die Prüfberichte der parallel durchgeführten Beprobungen zur Bestimmung der Phosphorkonzentration befinden sich in der digitalen Beilage 3. Die Durchflussmessungen dienen zur Bestimmung der Phosphoreinträge in den See und des Phosphorverlust des Sees oberirdischen Zu- und Abfluss im Untersuchungszeitraum.

In Tab. 5 sind die Ergebnisse Durchflussmessungen und gemessene Gesamtphosphor und o-Phosphatphosphorkonzentrationen von durchgeführten Messungen dargestellt. Alternativ wurde teils auf Messungen des LfU Brandenburg aus dem Zeitraum ausgewichen, falls keine Probennahme stattfand, da diese an den gleichen Messpunkten Proben entnehmen. Nach der Geländebegehung wurde der Glasowbach als einziger oberirdischer Zufluss identifiziert, da die Gräben Jühnsdorf keine Verbindung mehr zum Rangsdorfer See aufweisen. Es wurden dabei sowohl im Mündungsbereich, als auch weiter flussaufwärts Messungen durchgeführt, um einen Vergleich der Durchflussmengen und Phosphorkonzentrationen an verschiedenen Punkten des Fließgewässers zu erhalten. Im Verlauf der Untersuchungskampagne wurden starke Schwankungen des Durchflusses detektiert.

Die geringsten Durchflüsse wurden im Juli und September 2020 mit 7 bzw. 6 l/s detektiert. Die höchsten Durchflüsse wurden in den Monaten Januar, Februar und März mit bis zu knapp 100 l/s gemessen. Ab März war die die Fließgeschwindigkeit beim Messpunkt an der Autobahnbrücke sehr gering und meist unterhalb des Detektionslimit von 2,5 cm/s, weshalb es zu einer Überschätzung der angegebenen Durchflussmengen kommen kann. Als Fließgeschwindigkeit zur Berechnung des Durchflusses wurde in diesen Fällen das Detektionslimit angesetzt und anschließend mit der Messung in Blankenfelde Dahlewitz plausibilisiert. Dies war möglich da meist ein Verhältnis des Durchflusses von rund 0,4 bis 0,55 an den Tagen bestand, an denen die Fließgeschwindigkeit an beiden Messpunkten oberhalb des Detektionslimit war.

Hinsichtlich der Phosphorkonzentration besteht ein Zusammenhang zwischen Durchflussmenge und Gesamtphosphorkonzentration. Im Zeitraum mit sehr hohen Abflüssen befindet sich die Konzentration im Bereich von rund 0,250 mg/l. Durch die erhöhte Fließgeschwindigkeit werden vermehrt Partikel mobilisiert, an denen Phosphor adsorbiert ist. Bei darauffolgender Abnahme der Fließgeschwindigkeit sedimentieren diese Partikel oder werden in der hyporheischen Zone des sandigen Bachbetts des Glasowbach herausgefiltert. Bei nahezu stagnierenden Bedingungen und trockener Witterung kommt es erneut zu einem Konzentrationsanstieg, der durch Phosphorrücklösung aus dem Sediment und Aufkonzentration verursacht wird.

Die Messung des Ablaufes des Rangsdorfer See war hingegen schwieriger zu realisieren, da kein relevanter Abfluss über das Wehr des Rangsdorfer See in den Zülowkanal stattfand (lediglich geringfügige, unbedeutende Wassermengen fließen durch Undichtigkeiten am Wehrbauwerk in den Kanal). Über den gesamten Messzeitraum wurde kein signifikanter Ablauf über den Drilling bzw. Klein Venedig detektiert. Im Auslauf des Drillings wurde ein geringfügiger Abfluss von geschätzt 1 l/s beobachtet, der vermutlich auf leichte Undichtigkeiten des Wehrbauwerks am Drilling zurückzuführen ist.

Tab. 5: Durchflussmengen der durchgeführten Einzelmessungen und Gesamtphosphor- und o-Phosphatkonzentration in den entnommenen Proben sowie Messungen des LfU Brandenburg (grün markiert) an denselben Messpunkten.

Ort	Datum	Durchfluss in m³/s	Gesamtphosphor in mg/L	o-Phosphat-P in mg/L
Seezulauf				
Glasowbach Autobahnbrücke	09.07.2020	0.007	0.250	0.078
Glasowbach Autobahnbrücke	09.09.2020	0.006	0.310	0.039
Glasowbach Autobahnbrücke	14.01.2021	0.062	0.305	0.303
Glasowbach Autobahnbrücke	20.01.2021	0.084	0.265	0.260
Glasowbach Autobahnbrücke	04.02.2021	0.099	0.241	0.200
Glasowbach Autobahnbrücke	22.02.2021	0.051	0.188	0.186
Glasowbach Autobahnbrücke	10.03.2021	0.038	0.195	0.166
Glasowbach Autobahnbrücke	24.03.2021	0.038	0.110	0.019
Glasowbach Autobahnbrücke	11.05.2021	0.039	0.340	0.049
Glasowbach Autobahnbrücke	05.07.2021	0.015	0.578	0.541
Glasowbach Dahlewitz	09.07.2020	0.004	0.130	0.016
Glasowbach Dahlewitz	20.01.2021	0.032	0.226	0.210
Glasowbach Dahlewitz	04.02.2021	0.043	0.220	0.129
Glasowbach Dahlewitz	22.02.2021	0.030	0.138	0.135
Glasowbach Dahlewitz	11.05.2021	0.021	0.256	0.223
Glasowbach Dahlewitz	05.07.2021	0.008	0.320	0.290
Seeablauf				
ZK_Umlaufgraben	14.01.2021	0.008	0.042	0.020
ZK_Umlaufgraben Rohr	10.03.2021	0.017	0.137	0.121
ZK_Fischtreppe	10.03.2021	0.008	0.137	0.121
ZK_Fischtreppe	24.03.2021	0.005	0.186	0.108
ZK_Fischtreppe	11.05.2021	0.010	0.235	0.096
ZK_Fischtreppe	05.07.2021	0.000	-	-

Mehrere Abflussmessungen wurden an der Fischtreppe durchgeführt, welche im Winter und Frühjahr Wasser führte. Es wurde dabei im Mai sogar ein Fischaufstieg in den Rangsdorfer See beobachtet. Der gemessene Abfluss schwankte zwischen 5 bis 10 l/s. Bei der Messung im Juli 2021, sowie der Begehung im Sommer 2020 wurde kein Abfluss detektiert. Die Abflussmessungen zur Quantifizierung des Übertritts ergaben zwischen 8 und 17 l/s. Diese sind mit einer hohen Messungenauigkeit behaftet, da nur sehr geringe Fließgeschwindigkeiten im Graben beobachtet wurden und der Durchmesser des entdeckten Rohres nur geschätzt werden konnte. Letztlich bleibt unklar wieviel dieses gemessenen Abflusses diffuses Sickerwasser darstellt.

In Tab. 6 und Tab. 7 sind die aus den Durchflussmessungen berechneten mittleren Jahresdurchflüsse bzw. Volumen dargestellt. Die verschiedene Berechnungsgebnisse basierend dabei auf unterschiedlichen Annahmen und Aggregierungen.

Die in Tab. 6 dargestellten Jahresmittelwerte für den Glasowbach beziehen sich auf die Fußgängerbrücke an der Autobahn A10 als Bezugspunkt. Die Jahresmittelwerte wurden aus unterschiedlich aggregierten Quartalsmittelwerten berechnet. Diese wiederum wurden aus den Monatsmittelwerten berechnet. Die Quartalsmittelwerte wurden zuvor gebildet, da die Datendichte teils sehr heterogen ist, mit vielen Messungen im Winter und weniger im Sommer bzw. Herbst. Würde ein einfacher Jahresmittelwert aus den Monatsmittelwerten gebildet werden, wäre eine Überrepräsentanz der Zeiträume mit einer höheren Anzahl an Messungen die Folge.

Beim ersten Berechnungsansatz beginnt das erste Quartal zum Anfang des hydrologischen Jahres. Dies startet am 1. November und endet am 31.Oktober eines Kalenderjahres und hat zur Folge, dass eine Trennung der Zeiträume mit hohem und geringem Abfluss stattfindet. Der Mittelwert aller Monatsmittelwerte innerhalb eines Quartals stellt den Quartalsmittelwert dar. Bei diesem Berechnungsansatz weist der Glasowbach einen mittleren Abfluss von 39 l/s auf. Das zweite berechnete Abflussszenario, mit einem Jahresmittelwert von 34 l/s, basiert auf einer Korrekturrechnung des ersten Quartalmittelwertes. Da nur Messungen für den Januar vorlagen und die Monate November und Dezember mit geringerem, angenommenen Durchfluss somit nicht in den Quartalsmittelwert mit einfließen, wurde als Korrekturkomponente der im September gemessene Durchfluss in die Mittelwertberechnung mit einbezogen.

Vergleichend zur Jahresmittelwertberechnung basierend auf dem hydrologischen Jahr, wurde der mittlere Durchfluss aus dem für Brandenburg vorliegenden ARCEGMO-Modell gegenübergestellt.

Als plausibelster Durchflusswert wird der mittlere Durchfluss von 34 l/s angesehen. Da aufgrund der sehr geringen Fließgeschwindigkeiten, unterhalb des Detektionslimit des genutzten hydrologischen Flügels, geringfügigen Überschätzung der Durchflusswerte ab März angenommen werden. Um diese Überschätzung zu minimieren wurde für die weitere Phosphorfrachtberechnung der geringste der aufgeführten Mittelwerte genutzt. Insbesondere der durch das ArcEGMO-Modell berechnete Mittelwert ist für das Jahr, in dem diese Studie durchgeführt wurde mit 82 l/s unplausibel hoch. Aus diesem Grund ist er nur zu Vergleichszwecken aufgeführt ist. Gleiches gilt für den Abfluss von 179 l/s vom Rangsdorfer See in den Zülowkanal, bei dem aktuell gar kein Abfluss beobachtet wurde.

Da der Abfluss über die Fischtreppe nur temporär stattfindet, wurde das Durchflussvolumen nur aus der Anzahl an Tagen (123) berechnet, an denen, aufgrund des ausreichenden Seewasserstands

(36,213 m), ein Abfluss über die Fischtreppe anzunehmen war. Bei den Messungen am Umlaufgraben wird aufgrund der innewohnenden Messungenauigkeit ein mittlerer Pauschaler Abfluss aus dem Rangsdorfer See von 12 l/s angenommen. Dies ist natürlich abhängig vom Seewasserstand und der Morphodynamik des westlichen Seeufers. Bei einer Begehung im März 2021 wurde keine Stelle identifizier an der unmittelbar ein Abfluss beobachtet wurde. Stattdessen wurden viele moorige Bereiche mit vernässten Bereichen identifiziert. Es ist vermutlich davon auszugehen, dass der Abfluss sehr diffus abläuft und das Seewasser sich in diesem moorigen Bereich in verschiedene Komponenten, Oberflächenwasser, Zwischenabfluss und sehr flaches Grundwasser aufspreizt und dann dem Umlaufgraben zuströmt.

Tab. 6: Berechneter mittlerer Jahresdurchfluss und Durchflussvolumen des Glasowbachs an der Autobahnbrücke der A10, basierend auf durchgeführten Durchflussmessungen. Ebenfalls angegeben ist der durch das Modell ArcEGMO berechnete mittlere Durchfluss.

Zufluss	Q [m³/s]	Durchflussvolumen [m³/a]
MQ (hydrl. Jahr)	0,039	1.218.406
MQ (hydrl. Jahr) korr. Q4	0,034	1.086.034
MQ ArcEGMO	0,082	2.587.150

Tab. 7: Berechnete Abflüsse des Rangsdorfer See basierend auf Durchflussmessungen. Zusätzlich dargestellt sind die Modellierungsergebnisse des ArcEGMO Modells.

Abfluss	Q [m³/s]	Durchflussvolumen [m³/a]
MQ Fischtreppe ZK	0,008	81.059
MQ Umlaufgraben	0,012	386.316
MQ ArcEGMO Zülowkanal	0,179	5.649.201

6.3 Beprobung des Rangsdorfer Sees

6.3.1 Seewasser

Die gesamten Analyseergebnisse der Oberflächenwasserbeprobung des Rangsdorfer See finden sich in tabellarischer Form sowie die zugrundeliegenden Prüfberichte in Anhang 4 und Beilage 4.

In Abb. 78, Abb. 79, und Abb. 80 sind die physico-chemischen Parameter und der Chlorophyllgehalt in der Wassersäule der Nährstofffalle in der Krummen Lanke, dem Übergangbereich der Krummen Lanke zum Hauptsee und dem Hauptseebecken westlich von Klein Venedig. In Abb. 81 und Abb. 82 sind die analysierten chemischen Parameter in der Wassersäule der Nährstofffalle in der Krummen Lanke und dem Übergangsbereich der Krummen Lanke zum Hauptsee dargestellt. Auf eine separate Visualisierung der physico-chemischen Parameter der Entnahmestelle im südlichen Seebereich wurde verzichtet. Ebenso wie auf eine visuelle Darstellung der chemischen Parameter im Hauptseebecken und dem südlichen Seebereich verzichtet, da lediglich eine Probe entnommen wurde und somit keine tiefendifferenzierte Aussage getroffen wird. Weiterhin wiesen diese nur geringfügige chemische Unterschiede zu den oberflächennächsten Proben der dargestellten Entnahmepunkte auf, weshalb diese Messwerte im Text erläutert werden. Für die Einzelanalysen wird auf den Anhang 4 verwiesen

In der Nährstofffalle ist eine klare Unterteilung der Wassersäule in zwei unterschiedliche Schichten zu erkennen (Abb. 78). Dies ist sowohl in der Sommer- als auch während der Frühjahrsbeprobung zu beobachten. Zwischen 3 und 4 Metern Wassertiefe findet ein starke Änderung aller Parameter, mit Ausnahme der Temperatur im Frühjahr statt. Interessant ist dabei, dass die Temperatur im Tiefenwasser während der Frühjahrszirkulation leicht unterhalb von 4°C liegt. Dies ist mit einem starken Anstieg der Leitfähigkeit von rund 750 µS/cm auf deutlich über 1000 µS/Cm assoziiert. Vermutlich findet eine Einschichtung von salzhaltigerem Wasser des Glasowbachs, welches wahrscheinlich durch die winterliche Ausbringung von Streusalz einen höheren Anteil an gelösten Stoffen aufweist. Dies erklärt ebenfalls den beobachtbaren Anstieg der Chloridkonzentration. In der Wassersäule der anderen Probennahmepunkte finden sich während der Beprobung im März keine deutlichen Veränderungen der untersuchten Parameter. Lediglich der Chlorophyllgehalt weist eine Variabilität mit der Wassertiefe auf. Der Chlorophyllgehalt gibt eine Auskunft über die Phytoplanktondichte im Wasser. Dabei gibt es an allen Probennahmepunkten ein Phytoplanktonmaximum zwischen 1 bis 2,5 m. In der Nährstofffalle befindet sich ab 4m kein Chlorophyll mehr, da vermutlich in dieser Wassertiefe bereits kein Licht mehr vorhanden ist.

Bei der Sommerbeprobung zeigt sich, dass abgesehen von der Wassersäule in der Nährstofffalle, auch im Übergangsbereich der Krummen Lanke zum Hauptsee ebenfalls ein leichter geringfügiger Unterschied zwischen oberflächennächster und grundnächster Wasserprobe vorliegt, der auf die mikrobiellen Umsatzprozesse an der Sediment-Wasser-Grenze zurückzuführen sind. Interessanterweise, gibt es bezüglich der Sauerstoffkonzentration im Hauptsee und der Krummen Lanke gewisse Unterschiede. Insbesondere im Hauptsee ist eine starke Übersättigung zu verzeichnen, welches auf die hohe photosynthetische Aktivität des in großer Menge auftretenden Phytoplankton zurückzuführen ist. Die geringeren Konzentrationen im oberflächennahen Wasser der Krummen Lanke könnten durch die etwas stärkere Verschattung des Gewässerabschnitts verursacht werden. Die geringsten Konzentrationen im oberflächennahen Seewasser wurden über der Nährstofffalle gemessen. Das Tiefenwasser in der Nährstofffalle war unterhalb von 4m sogar an beiden Beprobungstagen quasi sauerstofffrei. Hierfür gibt es zwei verschiedene Erklärungen. Einerseits, kann die Sauerstoffzehrung so stark sein, dass der während der Durchmischung der Wassersäule gelieferte Sauerstoff nicht ausreicht, um ein sauerstoffhaltiges Tiefenwasser zu generieren. Andererseits, könnte es sein, dass bei der Beprobung im März, obwohl die Wassersäule überall fasst die gleiche Temperatur aufwies, die Frühjahrszirkulation noch nicht stattfand.

Die Konzentration von Gesamtphosphor in den im Juni 2020 und März 2021 entnommenen Wasserproben liegt bei allen über dem Orientierungswert der OGewV vom 20.06.2016 für den guten ökologischen Zustand des Seetyp 11.2 des Rangsdorfer See von 0,055 mg/l Gesamtphosphor. . Die Proben des Seewassers zeigen lateral betrachtet nur eine geringe Konzentrationsvariation in den oberflächennahen, in 1m Wassertiefe entnommenen Proben. Dabei wurden im Sommer die höchsten Gesamtphosphorkonzentrationen im Hauptsee, westlich von Klein Venedig, mit 0,138 mg/l gemessen. In den anderen Proben lag die Konzentration bei 0,11 mg/l. Im März 2021 wurden etwas niedrige Gesamtphosphorkonzentrationen gemessen, welche zwischen 0,113 mg/l an der Nährstofffalle und 0,087 mg/l im Übergangsbereich der Krummen Lanke zum Hauptsee lagen. Ein abweichendes Bild ergibt sich hingegen hinsichtlich der horizontalen Konzentrationsverteilung. In der

Nährstofffalle der Krummen Lanke nehmen im Sommer bereits ab 4m Wassertiefe die Konzentrationen von o-Phosphat und der Gesamtphosphor um das rund dreifache bzw. doppelte (~0,10 bzw. 0,23 mg/l) zu. Das gemessene Konzentrationsmaximum der beiden Parameter befindet sich in 8m Wassertiefe unmittelbar über dem Gewässergrund. Im März wurden dort sogar fasst 1 mg/l Gesamtphosphor, wovon rund ein die Spezies o-Phosphat darstellt. Die sehr hohen Phosphorgehalte zeigen zweifelsfrei, dass in der Nährstofffalle an beiden Zeitpunkten eine sehr starke Phosphorrücklösung stattfand.

Ein vergleichbares Muster zeigt sich auch bei Ammonium und Gesamtstickstoff. Die Ammoniumgehalte in den tieferen Bereichen der Nährstofffalle sind deutlich erhöht. Noch deutlicher ist bei diesem Parameter die saisonale Variation. Im März 2021 liegen die Konzentrationen in der gesamten Wassersäule erheblich über den im Sommer gemessenen. Auch das stark fischtoxische Nitrit wurde nachgewiesen, jedoch noch in unbedenklichen Konzentrationen (<0,5mg/l). Ammonium zeigt ablaufende Mineralisierungsprozesse von organischer Substanz auf. Verdeutlich wird dies durch die Abnahme des organischem Kohlenstoff (vertikal in der Nährstofffalle und saisonal zwischen den Messungen). Die dabei erzeugten Reaktionsprodukte führen dabei zu einem erhöhten biologischen und chemischen Sauerstoffbedarf von diesem Wasser.

Die Gesamteisenkonzentration zeigt während der Sommermessung ein heterogenes Bild. Es liegt eine Zweiteilung des Sees vor. Im Hauptsee wurden die höchsten Konzentrationen im oberflächennahen Wasser gemessen mit rund 0,07 mg/l, währenddessen in der Krummen Lanke in diesem Tiefenbereich lediglich rund die Hälfte dessen vorliegt. Die Wasserproben aus der Nährstofffalle in der Krummen Lanke weisen einen interessanten Konzentrationsverlauf auf, mit den geringsten Konzentrationen im oberflächennahen Wasser (1m) einem Maximum bei 4m und anschließend wieder geringeren Konzentrationen im Tiefenwasser aus 8m Tiefe. Dies könnte auf zwei Prozesse zurückzuführen sein. Einerseits könnten sich eisenhaltige Partikel an der Sprungschicht sammeln, welche sich vermutlich ca. in der Tiefe von 4m befindet. Oder andererseits kann der entstandene Schwefelwasserstoff, welcher in der Tiefenwasserprobe nachgewiesen wurde, zur Bildung schwerlöslicher Eisensulfide führen und somit Eisen effektiv aus der Wassersäule entfernen. Bei der Wintermessung wurden lediglich im Tiefenwasser in 8m mit rund 0,4 mg/l erhöhte Eisenkonzentrationen gemessen. Diese stammen mit hoher Sicherheit aus reduzierten Eisenverbindungen, welche ebenfalls den potentiell daran gebundenen Phosphor freisetzten.

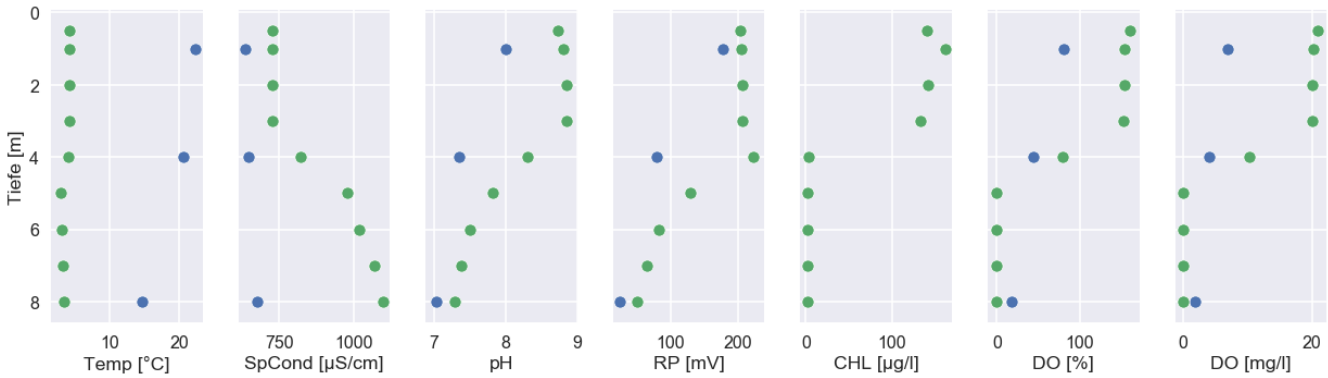


Abb. 78: Darstellung der Messergebnisse der physico-chemischen Parameter und Chlorophyll A in der Wassersäule der Nährstofffalle in der Krummen Lanke, differenziert nach Messkampagne (blau: Juni 2020, grün: März 2021).

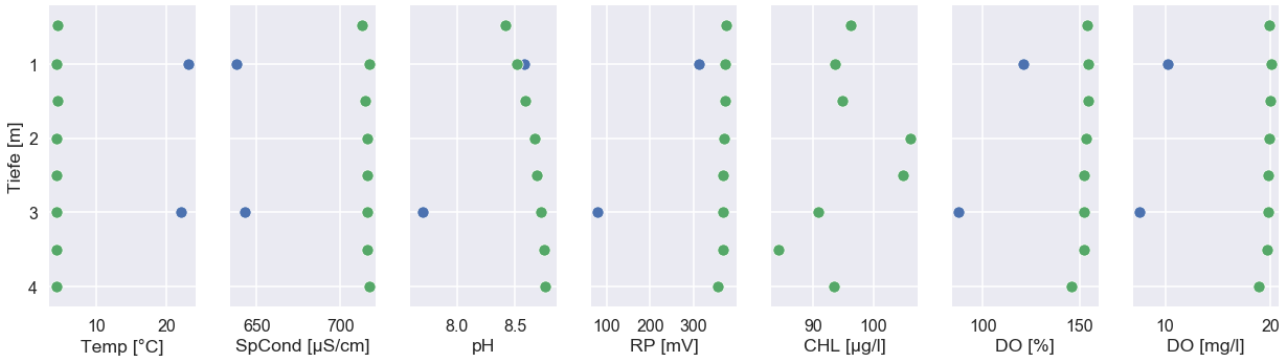


Abb. 79: Darstellung der Messergebnisse der physico-chemischen Parameter und Chlorophyll A in der Wassersäule am Übergang der Krummen Lanke zum Hauptseebecken, differenziert nach Messkampagne (blau: Juni 2020, grün: März 2021).

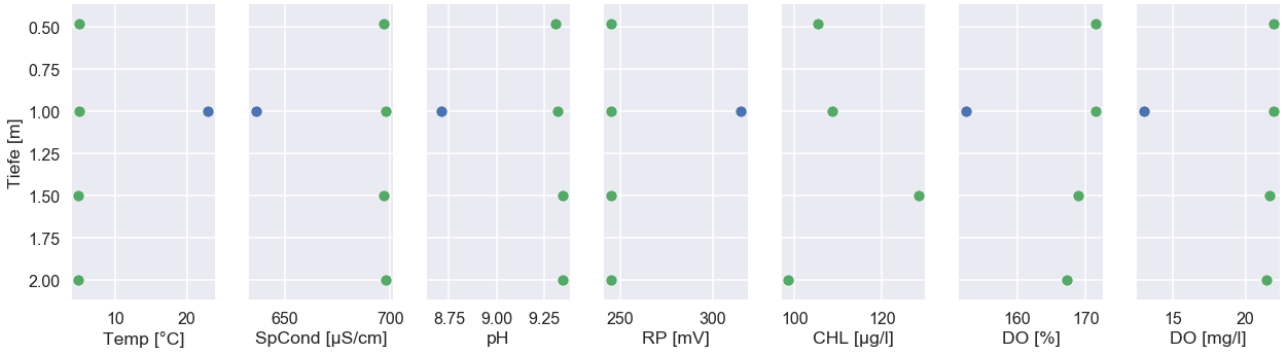


Abb. 80: Darstellung der Messergebnisse der physico-chemischen Parameter und Chlorophyll A in der Wassersäule im Hauptseebecken westlich von Klein-Venedig, differenziert nach Messkampagne (blau: Juni 2020, grün: März 2021).

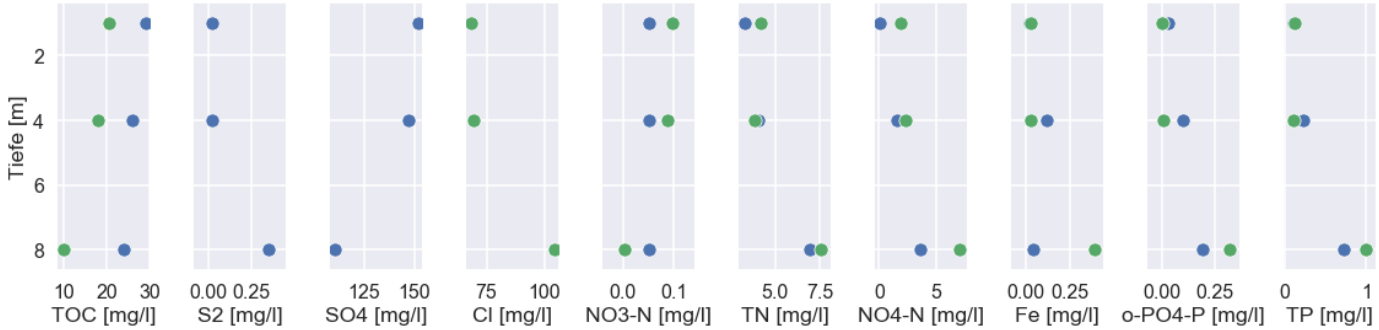


Abb. 81: Darstellung der Messergebnisse der chemischen Parameter in der Wassersäule der Nährstofffalle in der Krummen Lanke, differenziert nach Messkampagne (blau: Juni 2020, grün: März 2021).

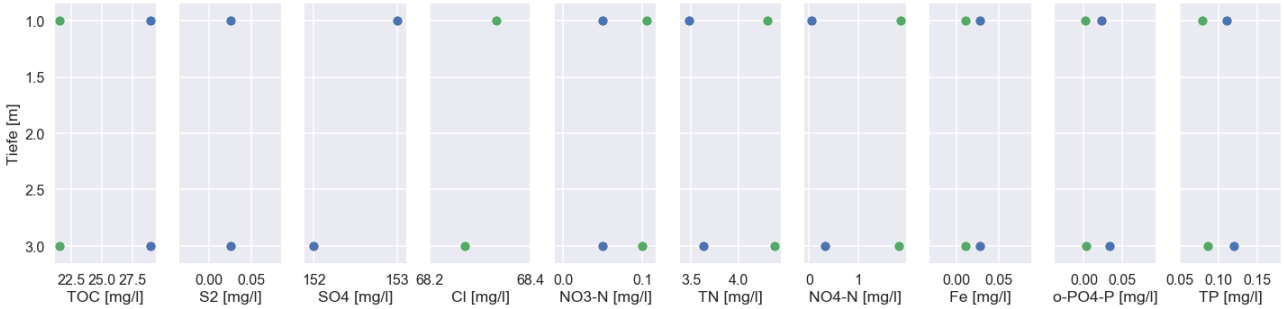


Abb. 82: Darstellung der Messergebnisse der chemischen Parameter in der Wassersäule am Übergang der Krummen Lanke zum Hauptseebecken, differenziert nach Messkampagne (blau: Juni 2020, grün: März 2021).

6.3.2 Sediment

Sedimentanalytik nach brandenburgischer Baggergutrichtlinie im Juni 2020

Die Analyse der Sedimentmischproben von den vier Probennahmepunkten nach der Brandenburgischen Baggergutrichtlinie ist in Anhang 5 dargestellt. Die vier Sedimentproben unterscheiden sich bei vielen Parameter signifikant voneinander. Sehr auffällig ist der Trockenrückstand, dass ist der Feststoffgehalt nach Entzug des Wassers. Beim südlichsten Messpunkt („See-Süd“) weist das Sediment einen Trockenrückstand von 42,1% vom Gesamtgewicht auf. Die anderen drei Proben zeichnen sich lediglich durch einen Rückstand von 14,2 bis 12,5% am Ursprungsgewicht aus. Ihr Wassergehalt ist folglich signifikant höher. Diese Proben haben auch im Vergleich zum südlichen Probenahmepunkt (5,87 Ma.-% TS) einen deutlich größeren Glühverlust mit 53,3 bis 83,4 Ma.-% TS in der Nährstofffalle zu verzeichnen. Dies ist primär durch den deutlich höheren Anteil an organischer Substanz zu erklären, wie in Abb. 83 anhand der dunklen Farbe ebenfalls ersichtlich wird. Das Sediment vom Probennahmepunkt „See-Süd“ weist hingegen mit 28,3 Ma. -% TS basisch wirksamen Bestandteilen (CaO) gegenüber 7,96- 12,7% bei den anderen Sedimentproben einen deutlich carbonatische Bestandteile dominierten Charakter auf. Dies wird auch anhand der grauen Farbe in Abb. 51 ersichtlich. Bei diesem Sediment handelt es sich hauptsächlich im sogenannte Seekreide. Bezüglich der analysierten Nährstoffe zeigt sich ein ähnliches Bild. Das Sediment im südlichen Seebereich ist deutlich Nährstoffärmer als an den drei weiteren Probennahmepunkten. Dies äußert sich in den höheren Gehalten an Phosphaten, Stickstoffverbindungen, Kalium und Magnesium.

Das Parameterspektrum der brandenburgischen Baggergutrichtlinie beinhaltet die Analyse einer Vielzahl von organischen Schadstoffen. In den Sedimenten des Rangsdorfer See wurde nur beim Parameter EOX (Extrahierbare organisch gebundene Halogene) in den beiden Proben aus der Krummen Lanke eine leichte Grenzwertüberschreitung (1 mg/kg TS) mit jeweils 2,19 (Probe „Krumme Lanke“) und 2,62 mg/kg TS („Krumme Lanke Nährstofffalle“) identifiziert. Dieser zum Hauptsee abnehmende Konzentrationsverlauf deutet auf einen Eintrag durch den Glasowbach hin. Die gemessenen EOX-Werte würden tendenziell zu einer Einstufung der Schlämme in die LAGA Stufe Z1 führen. Hierfür wären aber noch für die endgültige Einstufung die erweiterten Eluatuntersuchungen nach LAGA notwendig. Die Konzentrationen der anderen analysierten organischen Schadstoffe befinden sich unterhalb der spezifischen instrumentellen Nachweisgrenze.

Weiterhin befinden sich im Parameterspektrum der brandenburgischen Baggergutrichtlinie eine Auswahl von anorganischen Schadstoffen insbesondere Schwermetallen. Abgesehen von Arsen und Thallium, liegen alle dieser Parameter über ihrer spezifischen analytischen Nachweisgrenze. Nichtsdestotrotz, weist keine Probe eine Grenzwertüberschreitung auf.

Limnologische Sedimentuntersuchung 2021

Die Analyseergebnisse der erneuten hochaufgelösten Sedimentbeprobung sind für die beiden Probennahmepunkte (Nährstofffalle Krumme Lanke, Becken des Hauptsees) in den Abb. 85 und Abb. 86 für alle untersuchten Parameter tiefendifferenziert dargestellt.

Im ersten Diagramm der beiden Abbildungen ist der Anteil der Trockenmasse an der ursprünglichen Sedimentmasse dargestellt. In der Nährstofffalle der Krummen Lanke ist dieser mit rund 2,5% in den

obersten 2,5cm deutlich geringer als im Hauptbecken, westlich von Klein Venedig, wo der Trockenmasseanteil bei fasst 7% liegt. Typischerweise nimmt mit zunehmder Tiefe der Anteil der Trockenmasse durch Kompaktion graduell zu. Dieses Verhalten wird an beiden Probenahmepunkten beobachtet. Sedimente der Nährstofffalle weisen in 20cm Tiefe rund 7,6 % Trockenmasse auf. Die Sedimente des Hauptsees weisen in dieser Tiefe rund 13% Trockenmasse auf. Diese lässt sich teils auf den Anteil von organischem Material zurückführen, welcher sich in Form des Summenparameter Glühverlust ausdrückt. Dieser ist wie erwartet im Sediment der Nährstofffalle höher. In der obersten Schicht, beträgt dieser fasst 50% der Trockenmasse. Im Hauptsee ist der Anteil mit knapp 30% erheblich geringer. Dies wird ebenfalls anhand der Färbung des Seesediments in den Abb. 83 und Abb. 84 deutlich und deutet auf einen stärkeren Abbau von organischem Material hin.

Abb. 83: Seesediment aus der Nährstofffalle in der Krummen Lanke.

Abb. 84: Seesediment aus dem Hauptbecken des Rangsdorfer Sees.

Wie zu erwarten ist auch der Phosphorgehalt mit 3,65 mg/g TM in den obersten 2,5 cm des Sediments der Nährstofffalle mehr als dreimal so hoch wie im Sediment des Hauptbeckens, welches knapp 1,2 mg/g TM aufweist. Mit Blick auf die Phosphorgehalte im Sediment des Stechlinsees (oligotroph) und Feldberger Haussee (euthroph) fällt auf, dass diese kaum geringer als die im beprobten Sediment des Rangsdorfer Sees (Abb. 87). Eine Entnahme des Sediments, rein unter dem Gesichtspunkt der Reduktion des Phosphorgehalts, ist als nicht zielführend zu beurteilen.

Der Gehalt an Calcium ist an beiden Entnahmepunkten relativ ähnlich und gibt einen Aufschluss über die ausgefallene Menge an Calciumkarbonat. Dies geschieht durch Unterschreitung des Löslichkeitsprodukts Calciumkarbonats aufgrund des Entzugs von CO_2 aus der Wassersäule durch die photosynthetische Aktivität des Phytoplanktons. Das Ausfällen des Calciumkarbonats kann eine Copräzipitations von Phosphor verursachen und somit effektiv Phosphor aus der Wassersäule entfernen. Typischerweise ist in Nährstoffreichen Seen auch ein großer Anteil des Phosphor am calciumkarbonat gebunden (Casper et al. 2000). Alternierende Konzentrationen des Calciumgehalts im Sediment ist vermutlich auf saisonale Effekte der Photosytheseaktivität des Phytoplanktons zurückzuführen.

Der Eisengehalt der Sedimentproben zeigt in beiden Proben ein Minimum in der obersten beprobten Sedimentlage und anschließend einen geringfügigen Konzentrationsanstieg. Insgesamt ist der Eisengehalt im Sediment der Nährstofffalle deutlich höher (7-8 mg/g Tm gegenüber 4-5 mg/g TM). Der geringere Eisengehalt in der obersten Sedimentlage könnte auf Rücklösungsprozesse zurückzuführen sein und abgabe der reduzierten Eisenspezies in die Wassersäule.

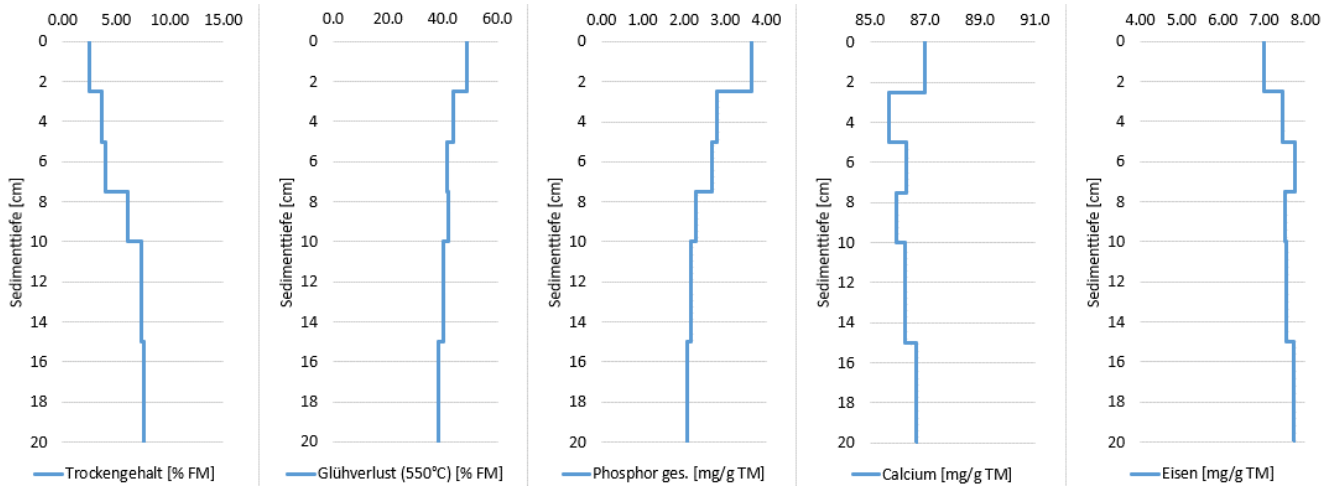


Abb. 85: Verlauf der Sedimenteigenschaften Trockengehalt, Glühverlust, Gesamtphosphor, Calcium und Eisen bis in 20cm Sedimenttiefe in Sedimenten der Nährstofffalle der Krummen Lanke.

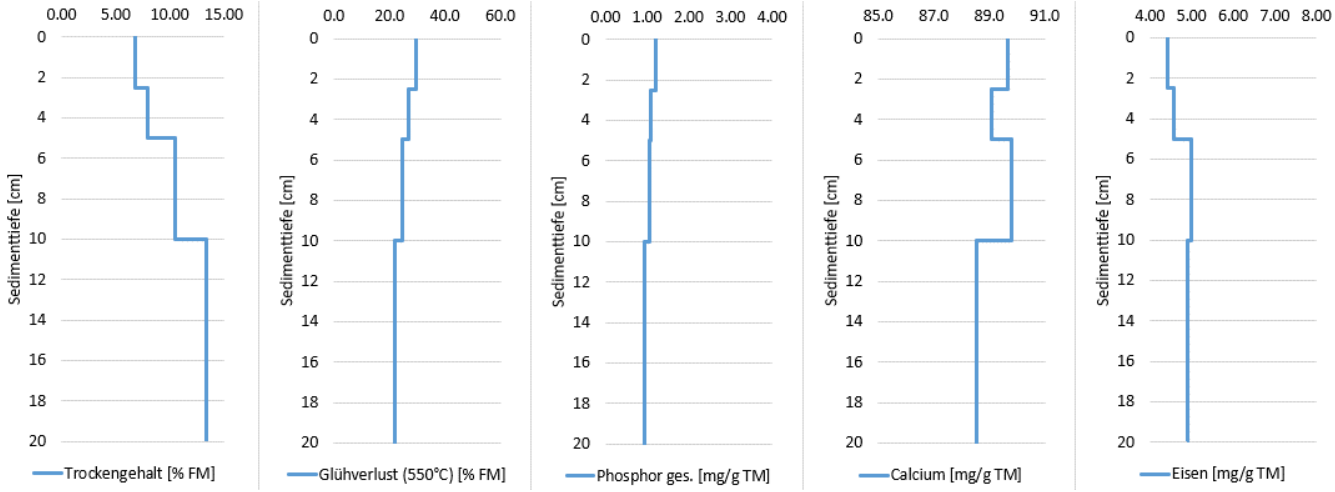


Abb. 86: Verlauf der Sedimenteigenschaften Trockengehalt, Glühverlust, Gesamtphosphor, Calcium und Eisen bis in 20cm Sedimenttiefe in Sedimenten des Hauptseebeckens des Rangsdorfer Sees.

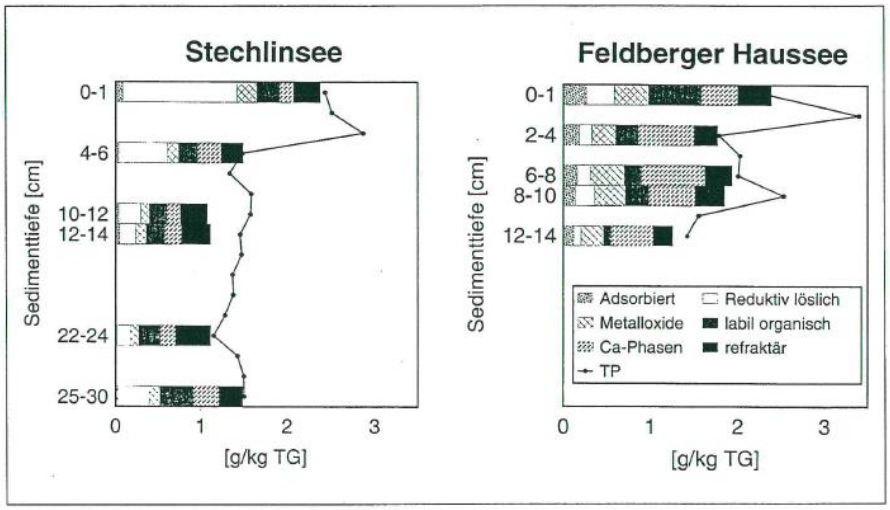


Abb. 87: Dargestellt ist der Gesamtphosphorgehalt und die Phosphorbindungsformen in verschiedenen Sedimenthorizonten des Stechlinsees und Feldberger Haussees (Casper et al. 2000).

6.4 Wasserisotope

Die ermittelten Isotopenverhältnisse sind in tabellarisch in Tab. 8 aufgeführt. Die $\delta^{18}O$-Verhältnisse weisen dabei eine große Spannweite von isotopisch relativ schweren -1,57‰ in der Oberflächenwasserprobe vom 5.7.2021 beim Seehotel Rangsdorf, bis leichte -9,19‰ in der Probe aus der GWM 1/20 vom 10.3.2021 auf. Die $\delta^{2}H$-Verhältnisse in den Proben erstrecken sich von -24‰ in der Oberflächenwasserprobe vom 5.7.2021 beim Seehotel Rangsdorf, bis -64‰ in der Probe aus der GWM 1/20 vom 10.3.2021. Weiterhin ist bei den meisten Messstellen ein relativ deutlicher saisonaler Effekt erkennbar. Die Proben vom 10.März sind dabei außer an der Messstelle „Pegel 5/D“ bei der Deponie Rangsdorf und „GWM 3/20“ hinsichtlich $\delta^{2}H$ isotopisch leichter als die am 5.7.2021 entnommenen Wässer. Beim $\delta^{18}O$-Verhältniss ist dies nicht ganz so eindeutig, die Messstellen „EÜ-2 OP“, „GWM 6/20“ und „Koppelpumpe“ sind, neben den bereits zuvor Genannten, im Sommer isotopisch schwerer. Jedoch ist es wichtig darauf zu verweisen, dass sich die Abweichung teils im Bereich der Standardabweichung befindet. Dieses saisonale Muster ist ein Indikator, dass die leichteren Wässer aus Niederschlag bei kühleren Temperaturen stammen. Ein solch klarer saisonaler Effekt deutet dabei oftmals auf jüngere (Grund-) Wässer hin, die vor kurzem neugebildet wurden. Bei älteren Grundwässern haben Mischungseffekte zur Folge, dass der saisonale Effekt verschwimmt.

In Abb. 88 ist das Verhältnis von $\delta^{2}H$ zu $\delta^{18}O$ dargestellt. Darin wird ersichtlich, dass sich die Wässer zu drei deutlich unterschiedlichen Gruppen zuordnen lassen. Die größte Gruppe besteht aus Wässern die eine leichte isotopische Zusammensetzung aufweisen (stark negative Werte). Diese Wässer befinden sich genau auf der globalen meteorischen Wasserlinie bzw. der lokalen meteorischen Wasserlinie von Berlin. Bei diesen handelt es sich um meteorische Wässer, die keinen bzw. nur einem geringen evaporativen Einfluss unterlagen. Der zuvor erläuterte saisonale Zusammenhang, deutet zusätzlich auf eher junge Wässer hin.

Das gegenüberliegende Endglied besteht aus isotopisch schweren Wässern. Diese unterlagen zweifelfrei einer Isotopenfraktionierung durch Evaporation. Bei dieser Fraktionierung geht bevorzugt das leichtere ^{16}O-Isotop in die Gasphase, wodurch im zurückbleibenden Residuum relativ das ^{18}O-Isotop angereichert wird. Die Proben mit dieser Signatur stammen dabei aus den Grundwassermessstellen EÜ-1 und GWM 5/20 sowie aus dem Rangsdorfer See.

Die dritte Gruppe besteht ausschließlich aus den Wässern, welche aus den Messstellen EÜ-2 OP und UP entnommen wurden. Diese stellen Mischwässer dar, welche sich aus meteorischen und evaporativ beeinflussten Wässern zusammensetzen. Da sie jedoch nur geringfügig unterhalb der lokalen meteorischen Wasserlinie plotten ist nicht vollständig auszuschließen, dass es sich um meteorische Wässer handelt. Diese wären jedoch deutlich älter als die Wässer der ersten Gruppe, da 2012 das letzte Mal Niederschläge mit einem vergleichbaren Isotopenverhältnis fielen. Insbesondere im Hinblick auf die beobachtbare leichte Saisonalität ist die Erklärung, dass es sich um Mischwässer handelt plausibler.

Die Isotopensignatur der Oberflächenwasserproben folgt einem klaren Muster, dass Wasser mit der leichtesten Signatur stammt unmittelbar von der Glasowbach-Mündung. Das Glasowbachwasser ist somit meteorischen Ursprungs und unterlag keiner Fraktionierung durch Evaporation. Anschließend

findet über die Krumme Lanke hin zum Hauptsee eine progressive Anreicherung des schwereren Sauerstoffisotops statt.

Abschließend lässt sich mit hoher Sicherheit sagen, dass die Wässer in den Grundwassermessstellen EÜ-1, EÜ-2 OP/UP und GWM 5/20 aus dem Rangsdorfer See stammen (Abb. 89). Mit Blick auf die in Kapitel 6.1.1 erläuterten Grundwasserfließmuster, findet im Bereich der Messstellen die meiste Zeit im Jahr eine Infiltration aus dem See in den Grundwasserkörper statt. Jedoch wurde dargelegt, dass die Grundwasserstände an diesen Messstellen (außer GWM 5/20) auch oberhalb des Seewasserspiegels sein können und somit eine Umkehr des Gradienten bzw. der Fließrichtung stattfindet. Es fließt somit zu bestimmten Zeiten stark mit Phosphor angereichertes ehemaliges Seewasser zurück in den Rangsdorfer See und trägt somit zu dessen hohen Nährstoffkonzentrationen bei.

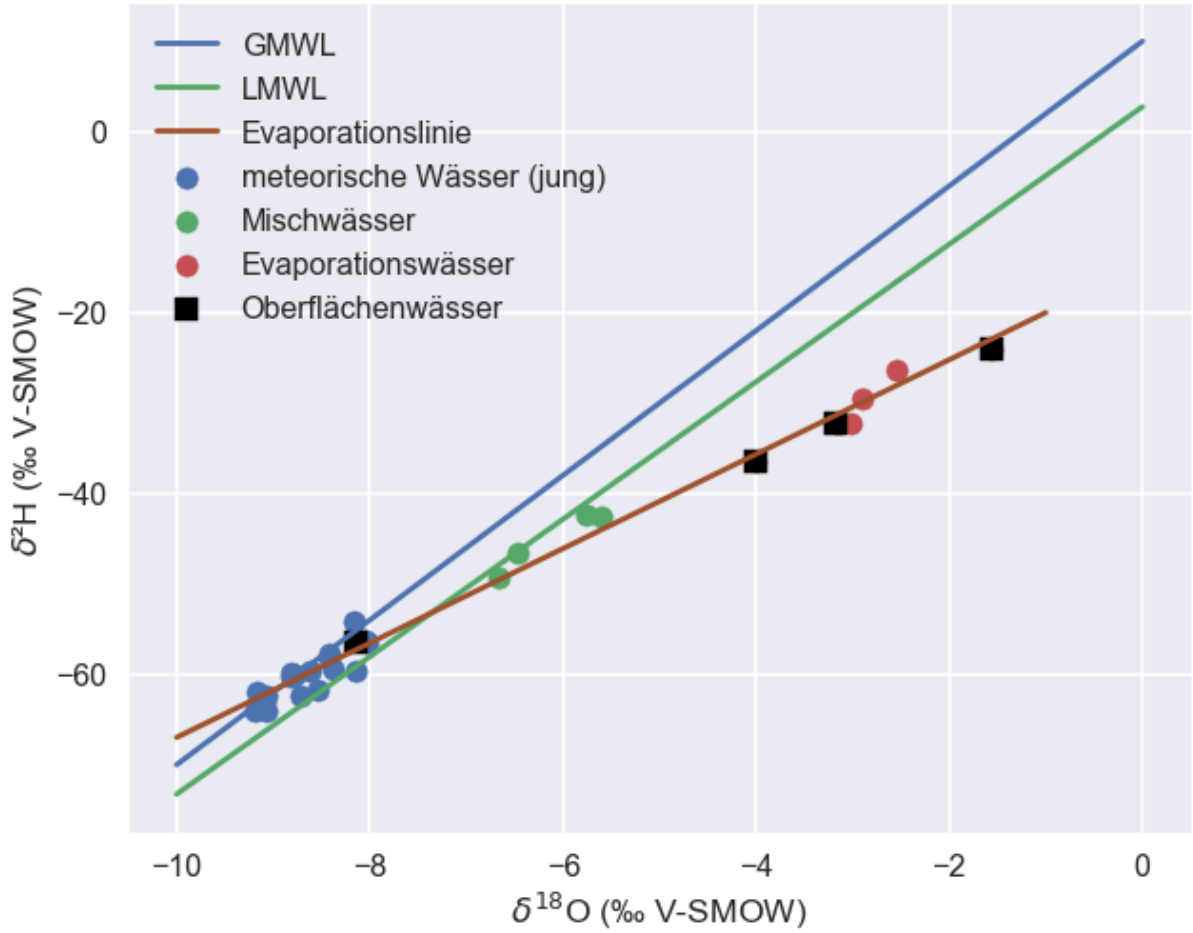


Abb. 88: Darstellung des Verhältnisses von δ^2H und $\delta^{18}O$ (Bezogen auf den Vienna Standard Mean Ocean Water Standard) in den Proben, die globale meteorische Wasserlinie, die lokale meteorische Wasserlinie für Berlin und die Evaporationslinie für die Wässer des Rangsdorfer Sees.

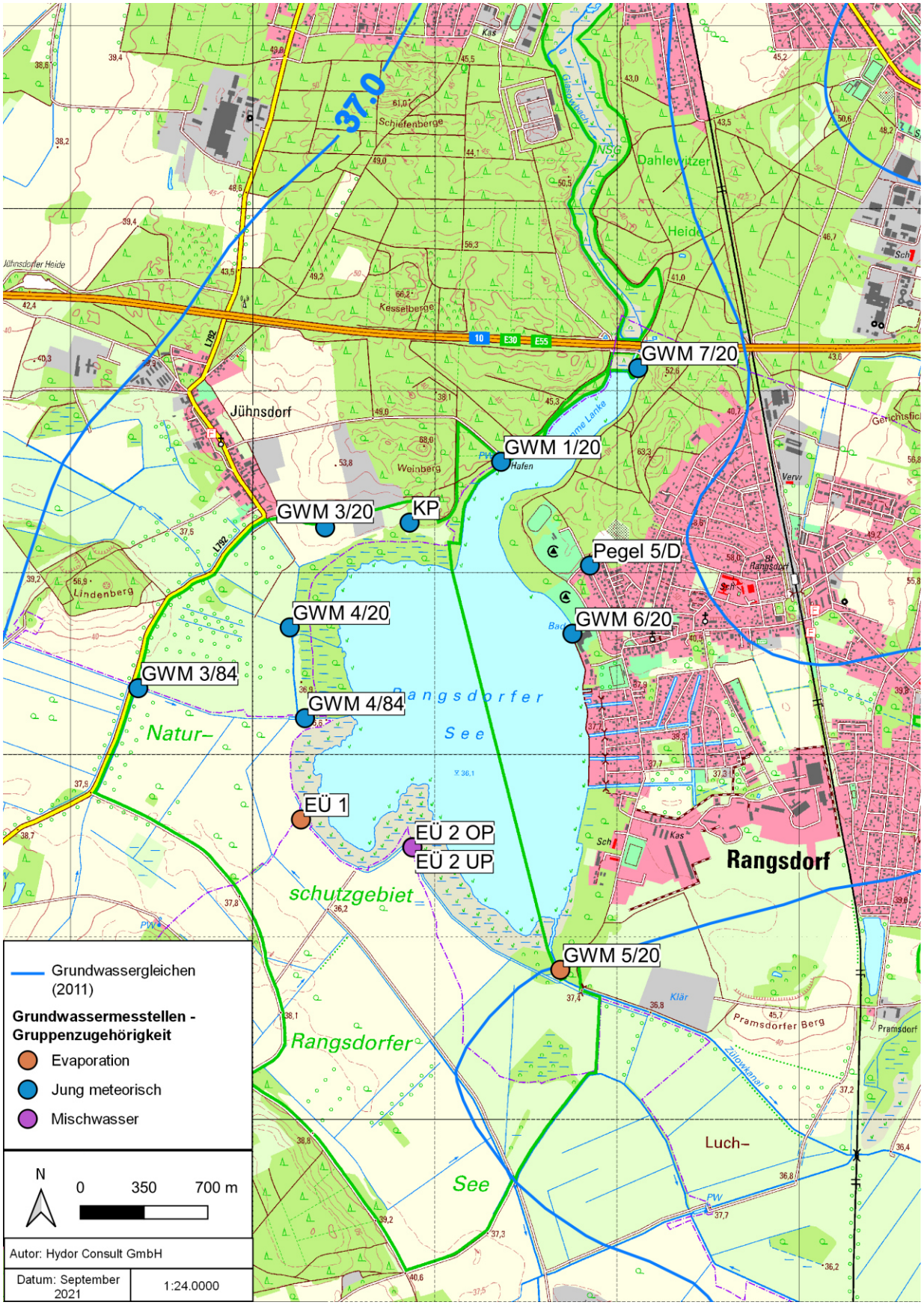


Abb. 89: Räumliche Verteilung der verschiedenen Wassertypen.

Tab. 8: Ergebnisse der Isotopenanalytik, mit Klassifizierung der Wässer.

Messstelle	Datum	δ^2H ‰ VSMOW	δ^2H ‰ VSMOW sd	$\delta^{18}O$ ‰ VSMOW	$\delta^{18}O$ ‰ VSMOW sd	Gruppe	Wassertyp
Eue-1	10.03.2021	**-32.2**	2.0	**-3.01**	0.02	Evaporation	Grundwasser
Eue-1	05.07.2021	**-29.4**	1.3	**-2.90**	0.09	Evaporation	Grundwasser
Eue-2 OP	10.03.2021	**-42.6**	1.2	**-5.60**	0.07	Mischwässer	Grundwasser
Eue-2 OP	05.07.2021	**-42.3**	1.7	**-5.75**	0.01	Mischwässer	Grundwasser
Eue-2 UP	10.03.2021	**-49.3**	1.2	**-6.68**	0.04	Mischwässer	Grundwasser
Eue-2 UP	05.07.2021	**-46.7**	1.3	**-6.46**	0.04	Mischwässer	Grundwasser
GWM 1/20	10.03.2021	**-64.0**	1.9	**-9.19**	0.03	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 1/20	05.07.2021	**-61.9**	1.7	**-9.17**	0.10	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 3/20	10.03.2021	**-59.5**	1.9	**-8.38**	0.07	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 3/20	05.07.2021	**-59.9**	1.4	**-8.82**	0.15	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 3/84	10.03.2021	**-61.7**	1.4	**-8.54**	0.06	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 3/84	05.07.2021	**-57.7**	1.4	**-8.42**	0.09	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 4/20	10.03.2021	**-59.6**	1.5	**-8.62**	0.06	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 4/20	05.07.2021	**-58.1**	2.0	**-8.42**	0.03	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 4/84	10.03.2021	**-59.6**	0.9	**-8.14**	0.06	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 4/84	05.07.2021	**-56.5**	1.8	**-8.02**	0.05	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 5/20	10.03.2021	**-32.3**	1.8	**-3.13**	0.06	Evaporation	Grundwasser
GWM 5/20	05.07.2021	**-26.4**	1.4	**-2.55**	0.09	Evaporation	Grundwasser
GWM 6/20	10.03.2021	**-62.4**	1.4	**-8.72**	0.05	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 6/20	05.07.2021	**-60.0**	1.3	**-8.77**	0.04	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 7/20	10.03.2021	**-64.0**	2.1	**-9.07**	0.09	Jung meteorisch	Grundwasser
GWM 7/20	05.07.2021	**-62.3**	1.5	**-9.07**	0.04	Jung meteorisch	Grundwasser
Klein Venedig	10.03.2021	**-32.2**	1.4	**-3.17**	0.07	Evaporation	Oberflächenwasser
Koppelpumpe	10.03.2021	**-56.3**	1.4	**-8.05**	0.05	Jung meteorisch	Grundwasser
Koppelpumpe	05.07.2021	**-54.2**	1.6	**-8.16**	0.08	Jung meteorisch	Grundwasser
Krumme Lanke	10.03.2021	**-36.5**	1.3	**-4.01**	0.06	Evaporation	Oberflächenwasser
OW Fliess-Norde	05.07.2021	**-56.4**	1.9	**-8.14**	0.08	Jung meteorisch	Oberflächenwasser
OW Hotel	05.07.2021	**-24.0**	1.5	**-1.57**	0.09	Evaporation	Oberflächenwasser
Pegel 5/D	10.03.2021	**-60.2**	2.1	**-8.81**	0.06	Jung meteorisch	Grundwasser
Pegel 5/D	05.07.2021	**-63.1**	1.2	**-9.09**	0.05	Jung meteorisch	Grundwasser

6.5 Berechnung des Wasserhaushalts und der Phosphorbilanz

6.5.1 Wasserhaushaltsbilanzierung

In der Arbeit von Frauenstein (2017) wurde eine Wasserhaushaltsberechnung und darauf basierend umfangreiche Phosphorbilanzierung des Rangsdorfer See durchgeführt. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Studie ein Hauptfokus auf die Anpassung bzw. Aktualisierung der bestimmter Bilanzterme liegen, bei denen bestimmte Unschärfen vorliegen. Dabei handelt es sich primär um den oberirdischen Zu- und Abfluss und vor allem die Grundwasserkomponente. Dies liefert eine aktualisierte Phosphorbilanz.

In diesem Gutachten wurden zwei verschiedene Ansätze genutzt um das mit dem Rangsdorfer See wechselwirkenden Grundwasser zu quantifizieren. Die erste Methode nutzt die Seewasserbilanz:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} + R = N + OW_{zu} + GW_{ex} - ET - OW_{ab} - GW_{in}$$

Dabei stellt $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ die Volumenänderung des Sees für einen definierten Zeitraum dar. R ist ein Residualterm, der für nicht berücksichtigte Komponenten steht. Weiterhin fließen der Niederschlag N, der Oberflächenzufluss OW_{zu}, der Oberflächenabfluss OW_{ab}, die Grundwasserexfiltration in den See GW_{ex}, die Grundwasserinfiltration aus dem See in den Grundwasserleiter GW_{in} und die Evapotranspiration ET in die Wasserhaushaltsbilanz ein. Da die meisten Terme einfacher zu messen sind, kann die Gleichung zur unbekannten Grundwasserkomponente umgestellt werden, wie in der nachfolgenden Gleichung dargestellt:

$$GW_{ex} - GW_{in} - R = \frac{\Delta V}{\Delta t} + ET + OW_{ab} - P - OW_{zu}$$

Dabei wird die Annahme zugrunde gelegt, dass die fehlenden Terme für Zwischenabfluss und Abfluss von Oberflächen vernachlässigbar ist oder in R enthalten sind. Als Ergebnis erhält man einen Nettoterm, bei dem die genaue Menge an Grundwasserzu- und abstrom leider unbekannt bleibt. Der Betrachtungszeitraum für die hier durchgeführte Wasserbilanzberechnung ist vom 25.Juni 2020 bis 5. Juli 2021.

Seevolumenänderung

Die Nettoseevolumenänderung im Zeitraum vom Juni 2020 bis Juli 2021 wurde anhand der Wasserstandsdaten des LfU Brandenburgs am Pegel des Rangsdorfer See und der Seefläche, welche als Shape vorlag,[2] berechnet. Die Wasserstandsänderung vom 30. Juni 2021 gegenüber dem 1. Juli 2020 betrug +5cm und die zur Berechnung genutzte Seefläche des 2.450.441m². Daraus ergibt sich eine positive Volumenänderung von 122.522 m³.

Niederschlag

https://www.wasserblick.net/servlet/is/20090/?title=STANDINGWATER_DEBBnull=104192[2]

Die für den Betrachtungszeitraum genutzten Niederschlagsdaten stammen vom Deutschen Wetterdienst (DWD) und wurden an der Messstation des Flughafen BER erhoben. Die kummulierte Niederschlagssumme für den Zeitraum betrug rund 522mm, welches bezogen auf die Seefläche einem Wasservolumen von 1.166.655.m³ entspricht. 476.1

Oberflächenwasserzufluss

Der als am wahrscheinlichsten angenommene Wert für den Oberflächenzufluss aus dem Glasowbach beträgt 1.086.034 m³. Durch andere Berechnungsansätze wird eine höhere Abflussmenge von 1.286.641 m³ erlangt. Die Herleitung dieser Werte wurde in Kapitel 0 erläutert. Weitere Oberflächenzuflüsse bestehen nicht zum See. Es wurde der Annahme von Frauenstein (2017, S. 62) gefolgt, dass Zwischenabfluss und Abfluss von Oberflächen im Untersuchungsgebiet zu vernachlässigen ist und diese Komponente in den andere Abflusskomponenten enthalten ist.

Evapotranspiration

Für die Evapotranspiration wurde von Frauenstein (2017) bereits ein Wert von 1.661.160 m³ berechnet. Dieser wurde aber als zu gering angenommen, da der See sehr Windexponiert ist und somit die tatsächliche Evapotranspiration höher ist. Nach dem Wasserhaushaltsmodell ArcEGMO liegt die potentielle Evapotranspiration im Gebiet bei 730mm, welches sich bezogen auf die Fläche des Rangsdorfer See in ein Volumen von 1.788.822 m³ übersetzt. Dieser Wert erscheint plausibel, da aufgrund der exponierten Lage des Sees anzunehmen ist das die reale Evapotranspiration der potentiellen entspricht.

Oberflächenwasserabfluss

Der Oberflächenwasserabfluss aus dem See beträgt bezogen auf den Untersuchungszeitraum über die Fischtreppe 81.059 m³ und der diffuse Ablauf im Westen 386.316 m³.

<u>Nettogrundwasserfluss</u>

Aus der umgestellten Wasserbilanzgleichung ergiebt sich ein Nettogrundwasserüberschuss von 126,030 m³. Dabei bleibt wie bereits erläutert der genaue Grundwasserzufluss und Abfluss unbekannt. Unter der Annahme, dass es sich bei dem Wasser welches dem Umlaufgraben zusickert in gewisserweise um hybrides Grundwasser handelt könnte dies als Grundwasserverlustterm interpretiert werden. Die Wasserbilanz würde sich dann dahingegen verändern, dass Netto ein Wasserverlust über den Grundwasserpfad aus dem Rangsdorfer See von 260,285 m³ auftreten würde. Dies würde in der Größenordnung des mithilfe der Grundwassergradienten berechneten Wasserverlusts durch den Grundwasserpfad von 297.224 m³ bzw. 309.053 m³ liegen.

Es zeigt sich in der durchgeführten Studie, dass die Grundwasserflüsse gegenüber den Studien von Frauenstein (2017) und des Konsortium Rangsdorfer See (1992) ca. um den Faktor 10 erhöht sind.

6.5.2 Phosphorfracht

Glasowbach

Basierend auf den Durchfluss-und Phosphormessungen des Glasowbachs wurde die Phosphorjahresfracht berechnet. Hierfür wurde analog wie zur bereits beschriebenen Berechnung des mittleren

Jahresdurchflusses vorgegangen. Die mittleren Monatskonzentrationen des Parameters Gesamtphosphor, welche aus eigenen Messungen und denen des LfU-Brandenburg bestanden, wurden zu mittleren Quartalskonzentrationen aggregiert und daraus Quartalsfrachten berechnet. Diese wurden zur Jahresfracht aufsummiert. Zur Berechnung der Fracht, unter Annahme des mittleren Abflusses des Modells ArcEGMO, wurde der Konzentrationsmittelwert aus den Quartalskonzentrationen verwendet.

Abhängig vom Berechnungsansatz beträgt die Phosphormenge die der Glasowbachs in den Rangsdorfer See transportiert 313 bis 351 kg/a. Beim unplausibel hohen Abfluss von ArcEGMO wäre die in den Rangsdorfer See transportierte Phosphormenge mit 814 kg mehr als doppelt so hoch.

Tab. 9: Berechnete Phosphorfracht für die gemittelten Jahresabflüsse und den mittleren Abfluss des Modells ArcEGMO.

Zufluss	Q [m³/s]	kg P/a
MQ (hydrl. Jahr)	0,039	351
MQ (hydrl. Jahr) korr. Q4	0,034	313
MQ ArcEGMO	0,082	814

Gänseexkremte

Die Einträge durch Gänse werden von verschiedenen Authoren diskutiert. Insbesondere die Studie von IfB (2013) geht von einem Mindesteintrag von 360 kg P/a durch Gänse aus. Der darin befindliche lösliche Anteil beträgt 180 kg/a. Maximalwerte der Studie gehen von bis zu 770 kg P/a aus, welches einen löslichen Anteil von 385 kg entspricht. In der Studie von Frauenstein (2017) wurde der Zeitraum von 2010 -2014 betrachtet und anhand von Gänsezählungen und verschiedene Literaturwerten kommt diese Studie auf einen Eintrag von 130,31 ± 23,96 kg Phosphor pro Saison durch Gänse. In der vorliegenden Studie wurde die Spannweite von 130-360 kg P/a aus diesen Studien als Eintragsmenge verwendet.

Atmosphärische Deposition

Durch Frauenstein (2017, S. 96) wurden verschiedene Literaturwerte ermittelt, welche sich erheblich unterscheiden. Dabei wird im Mittel von einem Eintrag von 158,93 ± 109,80 kg P/a ausgegangen. Die aktuellsten zitierten Werte in dieser Studie stammen vom LUGV (2011) mit 94,7 kg/a, welche mit dem MONERIS-Emmissionsmodell berechnet wurden und 157 kg/a (Frauenstein 2017, S. 41–42). In der vorliegenden Studie wurden als Spannweite für die Atmosphärische Deposition die Werte 94,7 bis 157 kg/a angenommen.

Grundwasser

Hinsichtlich der durch das Grundwasser anzunehmenden Phosphoreinträge wurden verschiedene Ansätze verfolgt, um mehrere mögliche Eintragsszenarien zu diskutieren. In Tab. 10 sind die Phosphorfrachten dargestellt, die durch die definierten Grundwasseraustauschbereiche in den Rangsdorfer See gelangen. Diese basieren auf den Messungen des hydraulischen Gradienten und der o-Phosphatphosphorkonzentrationen an den Stichtagsmessungen. Die dargestellten Phosphormen-

gen akkumulieren in einem Zeitraum von 90 Tagen. Dies basiert auf der Annahme, dass die durchgeführte Stichtagsmessung repräsentativ für einen sie umgebenen 90 Tage Zeitraum ist. Als Jahresfracht für den Grundwasserpfad ergiebt sich schließlich aus der Summe der letzten vier Quartale eine Phosphormenge von 32,22 kg. Es wurde dabei angenommen, dass ausschließlich o-Phosphat mobil im Grundwasser ist. Unter der Annahme, dass auch andere Phosphorspezies mobil sind würde sich sich eine Jahresfracht von 43,94 kg pro Jahr ergeben (Tab. 11). Bei diesem auf der Darcygleichung basierenden Ansatz ist von entscheidender Bedeutung, dass große Unsicherheiten hinsichtlichd es kf-Werts des Grundwasserleiters bestehen. Anhand der homogenen Lithologie Bohrprofile der Messstellen wurde, unter Annahme einer etwas herabgesetzten Leitfähigkeit nahe der Sediment-Wasser-Grenze, ein kf-Wert von 1*10^-4 m/s angenommen. Bereits geringe Schwankungen des kf-Werts kann zu einer starken Über- bzw. Unterschätzung der eingetragenen Phosphormenge führen. So sind beispielsweise bei der angesprochenen Lithologie kf-Werte von 4*10^-4 m/s oder sogar 6*10^-4 m/s denkbar. Dies würde zu einer Erhöhung der Phosphorfracht um den Faktor 4 bzw. 6 führen. So würde die Fracht von 32,22 kg/a auf rund 129 kg bzw 193 kg führen.

Tab. 10: Auf Stichtagsmessungen basierte Berechnungen der ortho-Phosphatphosphoreintragsmengen an den Bereichen mit angenommenen Grundwasseraustausch, aggregiert zu 90 Tagesintervallen. Die Jahressumme bezieht sich auf die vier aktuellsten Intervalle.

Kilogramm ortho-Phosphat-P je 90 Tage						
Stichtagsmessung	25.06.2020	21.09.2020	12.01.2021	10.03.2021	05.07.2021	
Südöstliches Seeufer		5.65	2.95			
Nordosten/Strandbad	1.87	1.86	0.51	0.18	0.46	
Nordwesten Übergang KL		5.50	3.29		0.84	
Westliche Bucht			7.41			
Krumme Lanke		2.44	0.98		0.15	**Jahres-summe**
Summe	1.87	15.46	15.13	0.18	1.45	32.22

Tab. 11: Gegenüberstellung der Phosphoreintragsmengen verschiedener Szenarien, bezogen auf ein Jahr,

	kg P/a
Grundwasserwechselwirkungsbereich o-Phosphat-P	32.22
Grundwasserwechselwirkungsbereich TP	43.94
Wasserhaushaltsberechnung Szenario 1	6.56
Wasserhaushaltsberechnung Szenario 2	33.03

Ebenfalls sind anhand des Nettogrundwasserfluss Eintragsberechnungen durchgeführt. Hierfür wurde im ersten Szenario angenommen, dass Grundwasser primär vom Norden über die Krumme Lanke zuströmt. Das dortige Grundwasser weist geringe Phosphorkonzentrationen auf, weshalb die Jahresfracht unter Annahme dieses Szenarios mit lediglich 6,56 kg sehr gering wäre. Dem gegenüber

steht die Annahme, dass aufgrund des großen Ausstauschbereichs im Westen potentiell höher mit Nährstoffen angereichertes Wasser zuströmt. Hierfür wurde der Mittelwert der o-Phosphatphosphorkonzentration der Messstellen GWM 4/84, EÜ-1, EÜ-2 OP/UP verwendet. Dabei würde sich eine Jahresfracht von rund 33 kg ergeben.

Zusammenfassung

In Tab. 12 ist eine Gegenüberstellung der relevanten Eintragspfade dargestellt. Dabei werden minimal und maximal Werte angeben, um die gewissen Unsicherheiten die jeder Berechnung innewonnen zu berücksichtigen. Der reale Phosphoreintrag befindet sich dabei mit hoher Wahrscheinlichkeit innerhalb der angegebenen Spannweite. Es zeigt sich, dass der Glasowbach mit 313 bis 351 kg/a die wichtigste Eintragsquelle in den Rangsdorfer See darstellt. Vorallem unter feuchteren Bedingungen als im Messzeitraum dieser Studie mit einem noch höheren Eintrag durch den Glasowbach zu rechnen ist. Ähnlich bedeutsam ist auch der Phosphoreintrag durch Wasservögel, welche im Gebiet des Sees rasten. Abhängig davon, wieviele Vögel im Bereich des Sees rasten, unterliegt diese Eintragskomponente potentiell erheblichen jährlichen Schwankungen. Das Grundwasser stellt tendenziell eher eine untergeordnete Phosphoreintragsquelle dar, jedoch kann unter bestimmten hydraulischen Bedingungen ein Einströmen von hochkonzentriertem Grundwasser auf der Westseiten des Sees stattfinden. Dies ist der Fall, wenn die Grundwasserstände in der westlichen Niederung oberhalb des Seewasserstandes liegen. Ebenfalls von nicht unerheblicher Bedeutung ist der Eintrag von Phosphor durch Atmosphärische Deposition. Letzlich ergiebt sich eine Gesamtfracht des Sees von rund 570 bis 1061 kg P/a. Die Maximalfracht entspricht ungefähr der vom LUGV (2011, S. 122) mit dem MONERIS-Modell berechneten Fracht von 1105,9 kg P/a (s. Tab. 13).

Der naheliegenste Ansatzpunkt für Verbesserungen des Seezustandes stellt dabei der Glasowbach dar. Da die Wasservögel und Atmosphärische Deposition als natürlich gegeben anzunehmen sind.

Tab. 12: Übersicht über die primären Eintragsquellen in den Rangsdorfer See

Eintragspfad	kg p/a	% min.-Wert	% max. -Wert
Glasowbach	313 - 351	55	33
Grundwasser	32,2 - 193,3	6	18
Wassergefügel	130 - 360	23	34
Atmosphärische Deposition	94,7- 157	17	15
Summe	569,9- 1061,3	100	100

Tab. 13. Mit dem MONERIS-Modell modelierte Phosphoreinträge in den Rangsdorfer See

Tab. 5-5: Stoffbilanzen (Emissionen) für die prioritär mit Maßnahmen zu belegenden Seen und Reduzierungsanforderungen (Stand: 2005)
(DEP = Deposition, EROS = Erosion, GW = Grundwasser, KA = Kläranlagen, KKA = Kleinkläranlagen, OBERFL = Oberflächenabfluss, Rücklösung = P-Rücklösung aus dem Seesediment, Urban = oberirdischer Abfluss von versiegelten Flächen)

See	Typ	P_ Defizit [mg/l]	Prio-rität	P_ DEP [kg TP/a]	Input aktuell [kg TP/a]							Input Ziel [kg TP/a]							Rück-lösung [kg TP/a]
					KKA	KA	EROS	OBERFL	Urban	GW	Gesamt (einschl. P_DEP)	KKA	KA	EROS	OBERFL	Urban	GW	Gesamt (einschl. P_DEP)	
Beutelsee	11	0,096	2	32,1				3,2	40,1	178,0	**253,4**				0	0	79	**111,1**	16,0
Felchowsee	11	0,743	2	5,4			112,6	1,4	15,6	95,7	**230,7**				0	0	30,7	**36,1**	60,0
Glindower See	10	0,098	1	66,9				6,1	358,6	404,2	**835,8**				1,4	83,1	93,6	**245,0**	
Grimnitzsee	14	0,011	1	37,6	65,5	30,0		10,3	290,5	133,3	**567,2**	29,1	15,7		4,5	128,9	133,3	**349,1**	
Groß Leuthener See	11	0,008	2	79,3				10,9	35,5	229,6	**355,3**				9,3	30,2	195,2	**314,0**	
Großer See bei Fürstenwerder	10	0,061	1	17,6			131,0	2,0	47,9	106,5	**305,0**			131,0	2,0	47,9	106,5	**305,0**	
Heiliger See bei Kirchmöser	14	0,149	1	3,0		3186,0		0,5	39,3	27,9	**3256,7**		627,2		0,1	7,7	10,5	**648,5**	
Heinersdorfer See	10	0,035	1	3,9				2,6	52,5	115,4	**174,4**				0,6	12,1	83,4	**100,0**	
Hohennauener See	11	0,136	2	373,7	371,1	3550,7		110,8	2255,2	5416,4	**12077,9**	101,1	1138,3		30,2	614,5	2042,8	**4300,6**	
Klein Köriser See	10	0,011	1	329,8		101,7		23,6	188,4	294,4	**937,9**		86,5		17,0	136,1	250,3	**819,7**	
Kleßener See	11	0,013	2	2,2				0,4	5,7	29,1	**37,4**				0,4	4,9	24,7	**32,2**	
Kossenblatter See	11	0,035	2	11,9	19,1			7,2	31,0	324,3	**393,5**	11,7			4,4	19,0	199,2	**246,2**	
Krampnitzsee	11	0,104	2	55,3			14,5	2,6	338,2	82,9	**493,5**			1,7	0,3	40,9	50,9	**149,1**	
Mahlgastsee	13	0,019	1	7,6				0,8	9,5	42,4	**60,3**				0,4	5,0	26	**39,0**	
Moderfitzsee	11	0,024	2	21,9				2,2	27,3	121,3	**172,7**				0,3	3,3	63,3	**88,8**	
Plessower See	13	0,022	1	38,7				3,5	207,4	233,7	**483,3**				1,6	92,0	103,7	**236,0**	
Potzlowsee	14	0,019	1	16,2			120,3	1,8	44,0	97,9	**280,2**			62,8	0,9	23,0	51,1	**154,0**	
Prüßnicksee, Kl.	13	0,034	1	5,1			50,6	0,7	6,1	32,4	**94,9**			16,2	0,3	2,3	16,9	**40,8**	
Rangsdorfer See	11	0,009	2	94,7	5,4			17,1	602,0	386,7	**1105,9**	5,4			17,1	602,0	386,7	**1105,9**	

6.6 Funktionskontrolle der Nährstofffalle in der Krummen Lanke

Die Nährstofffalle in der nördlich Krummen Lanke, in der Nähe des Glasowbacheinlaufs, wurde zu Beginn der 1990er Jahre ausgehoben. Damit diese ihren angedachten Zweck erfüllt, muss die Wassertiefe ausreichend groß sein damit sich eine stabile thermische Wasserschichtung in den Sommer und Wintermonaten ausbildet. Dies hat zur Folge, dass Nährstoffe während dieser Zeit in er tiefsten Wasserschicht, dem Hypolimnion gefangen sind und nicht der unmittelbaren Primärproduktion in der obersten Wasserschicht zur Verfügung stehen. Anschließend war geplant das Tiefenwasser der Falle zu belüften, um das darin gelöste Phosphat zu Binden und letztlich dem Wasserkörper permanent zu entziehen.

Am Anfang der Funktionsprüfung stand eine genaue Kartierung der Nährstofffalle um dessen Ausmaße und Tiefe zu ermitteln. Die genaue Vorgehensweise ist in Kapitel 5.2.5 dargelegt. Die aus den Daten der Echolotkartierung generierte bathymetrische Karte befindet sich in Abb. 90. Die darin ersichtliche Ausdehnung der Nährstofffalle stimmt weitestgehend mit denen aus den historischen Unterlagen überein. Ihre Form ähnelt einem Parallelogramm, bei dem die Seitenlängen jeweils ca. 115 und 100 m betragen. Die Ausdehnung der Nährstofffalle beträgt ca. 10.700 m². Die maximal gemessene Tiefe beträgt ca. 8,3 m und liegt bei den Koordinaten 3391838.943,5795867.198 dies stellt auch das Zentrum der Nährstofffalle dar.

Die potentiell vorhandene Schichtung lässt sich durch typische chemische Veränderungen des Wassers mithilfe der Wasserproben aus verschiedenen Tiefen nachweisen. Die in Kapitel 6.3.1 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass eine Schichtung des Wasserkörpers in der Nährstofffalle vorliegt. Dies wird anhand der deutlich erhöhten Phosphatkonzentration und dem Fehlen von Sauerstoff ersichtlich. Insbesondere die Produktion von Schwefelwasserstoff in der tiefsten Wasserprobe aus 8m zeigt an, dass bereits eine längere Zeit keine Durchmischung der Wassersäule stattgefunden hat. Nichtsdestotrotz, ist der Temperaturgradient von 7-8 °C im Sommer 2020 nicht sehr groß, wodurch die Schichtung vermutlich instabil sein kann.

Dies hat zur Folge, dass die im Wasser des Hypolimnion der Nährstofffalle gelösten Stoffe dem restlichen See zugeführt werden. Ebenfalls ist erstaunlich, dass das Wasser selbst im März 2021 bei einer Wassertemperatur von nahezu 4 °C weiterhin keinen Sauerstoff enthält. Dies lässt zweierlei Schlüsse zu. Einerseits könnte die Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser so stark sein, dass trotz vorhandener Mischung die Transportrate des Sauerstoffs nicht ausreicht, dass dieser den Gewässergrund erreicht. Andererseits, könnte es sein, dass die Frühjahrzirkulation noch nicht stattgefunden hat und erst nach der Beprobung Sauerstoff bis zum Gewässergrund gelangte. Eine Belüftung des Tiefenwassers könnte dies unterbinden. Es ist aber davon auszugehen, da die Nährstofffalle nur ein geringer Anteil am Gesamtwasservolumen des Sees ausmacht, dass Aerationsmaßnahmen nur einen zu vernachlässigbaren Effekt auf den Rangsdorfer See haben.

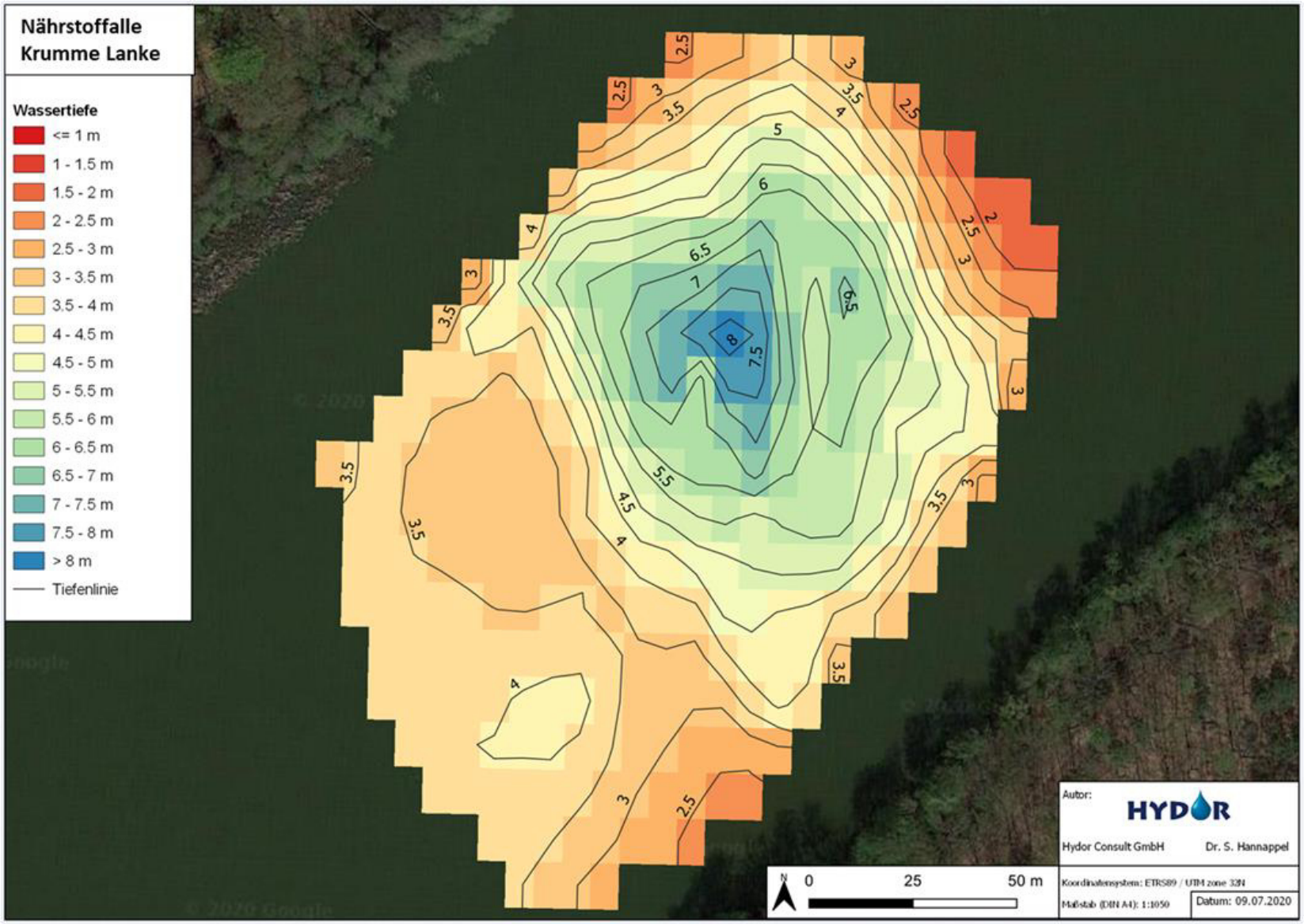


Abb. 90: Bathymetrische Karte der Nährstofffalle in der nördlichen Krummen Lanke.

7. Maßnahmen zur Zustandsverbesserung des Rangsdorfer See

7.1 Externe Maßnahmen Rangsdorfer See

Da das Seesediment nicht außergewöhnlich viel Phosphor enthält sollten Maßnahmen zur trophischen Zustandsverbesserung primär auf die Phosphorkonzentration der Wassersäule des Sees abzielen. Dies kann mit Erhöhung des Wasserdargebots des Gewässers verknüpft werden. Ziel ist es, dass der See möglichst die meiste Zeit des Jahres seinen Sollwasserstand aufweist und ein natürlicher Abfluss stattfindet, wodurch ein Phosphorexport stattfindet. Durch die Stützung des Seewasserstandes wird weiterhin gewährleistet, dass konstant ein hydraulischer Gradient vom See zu den Niederungen im Westen vorliegt. In dessen Konsequenz wird unterbunden, dass zeitweise Grundwasser mit hohen Nährstoffkonzentrationen in den See gelangen kann und den See zusätzlich belastet. Das zur Stützung des Wasserhaushalts verwendete Wasser sollte möglichst nährstoffarm sein und dem Glasowbach zugeführt werden. Dies hat zur Folge der See einmal komplett durchströmt werden kann. Nährstoffarmes Wasser würde zusätzlich zu einer Verdünnung des nährstoffreichen Glasowbachwasser führen. Diese Maßnahme würde die Wasseraufenthaltszeit im See verringern und das nährstoffreiche Wasser des Sees verdünnen, wodurch sich ein neuer Gleichgewichtszustand einstellen kann. Im Folgenden werden Maßnahmen vorgeschlagen, um dieses Ziel zu erreichen.

7.1.1 Einleitung von Regenwasser vom BER

Nach Auskunft des Wasser- und Bodenverband-Dahme-Notte wurde bereits testweise wurde Regenwasser vom Flughafen BER in den Glasowbach eingeleitet. Bei diesem Testbetrieb erreichte das eingeleitete Wasser lediglich die Selchower Seen im Oberlauf des Glasowbachs. Nichtsdestotrotz, führt diese künstliche Vergrößerung des Einzugsgebietes des Glasowbachs zur Stützung des Landschaftswasserhaushalts und kann einen wichtigen Beitrag zu einem größeren Wasserdargebot auch im Rangsdorfer See leisten. Insbesondere die Arbeit *„WITTWER (2001), Diplomarbeit: Die Glasowbachniederung – Auswirkungen einer möglichen Klarwasser- bzw. Regenwasserbezuschussung und Folgerungen für die Entwicklung des zukünftigen Naturschutzgebietes. Universität Potsdam, Institut für Geoökologie.“* beschäftigt sich mit dieser Thematik. Dabei wurde jedoch die Menge von bis 1 m^3/s kritisch betrachtet, da durch unregelmäßig auftretenden „Hochwasserwellen“ Flora und Fauna immer wieder beeinträchtigen bzw. vernichten werden können. Weiterhin als problematisch wird erachtete, dass ein Wasserentzug im Nahbereich des Glasowbaches in Zeiten des Wassermangels, also v. a. in den Sommermonaten, aufgrund höherer Drainwirkung nach Herstellung der erforderlichen Abflusskapazität auftreten kann (planland GbR 2019, S. 28). Diese Abflussmenge erscheint äußerst hoch und tritt vermutlich nur in Ausnahmesituationen auf. Insbesondere im Hinblick auf den Testbetrieb sind andere Abflussmengen zu erwarten. Zur Verhinderung einer solchen Flutwelle könnte das Regenwasser bei einem Starkregenereignis ggf. zwischengespeichert und im Anschluss kontinuierlich abgegeben werden. Potentiell problematisch bei der Einleitung des Regenwassers können von den Flächen des Flughafens abgeschwemmte Schadstoffe sein. Die ausreichende Qualität des einzuleitenden Wassers muss gewährleistet sein (Frauenstein 2017, S. 118). Da das Regenwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit eher geringe Phosphorkonzentrationen aufweist, ist davon auszugehen, dass es einen positiven Verdünnungseffekt im Glasowbach verursacht. Die Einleitung des Regenwassers wird vermutlich nicht als alleine Maßnahme ausreichend sein, kann jedoch unterstützend einen Beitrag leisten.

7.1.2 Einleitung von geklärtem Wasser aus der Kläranlage Waßmannsdorf

Die Kläranlage Waßmannsdorf leitet aktuell ihr Abwasser in zwei Oberflächengewässer ab. Einerseits den Rudower Randgraben, der in den Teltowkanal mündet und andererseits in den Bewässerungsüberleiter (BÜL), welcher in den Mahlower Seegraben und letztlich in die Nuthe mündet. Im Jahr 2019 wurden in den Rudower Graben 16.375.643 m³ (0,519 m³/s) und in den BÜL 9.647.630 m³ (0,306 m³/s) abgeleitet (UBB 2020). Davon könnte zumindest ein Teil in den Glasowbach und anschließend in den Rangsdorfer See geleitet werden. Nach Auskunft des Wasser- und Bodenverband-Dahme-Notte würde das Wasser mit wenig hydraulisch Aufwand dem Gewässer zugeführt werden können. Problematisch hinsichtlich der Einleitung sind die hohen mittleren Gesamtphosphorkonzentrationen von 0,37 mg/l (s. Tab. 14). Da jedoch eine 4. Reinigungsstufe gebaut wird (voraussichtliche Fertigstellung 2024), ist davon auszugehen, dass eine Reduktion der Phosphorkonzentrationen im Abwasser stattfindet. Laut Berliner Wasserbetriebe wird eine Gesamtphosphorkonzentration von ≤ 0,1 mg/L angestrebt. Dieses anfallende Wasser wäre ideal um den Wasserhaushalt zu stützen und letztlich im sich entwickelten Gleichgewichtszustand den Nährstoffgehalt des Sees zu reduzieren. Obwohl es potentiell oberhalb des Orientierungswertes des Rangsdorfer See liegt würde den WRRL-Zielerreichung begünstigen, da das aktuell deutlich höher mit Phosphor belastete Wasser des Glasowbachs verdünnt würde. Auch der Zustand des Glasowbachs und der umgebenden Niedermoorbereiche würde dadurch verbessert (planland GbR 2019, S. 28). Im Hinblick auf den Klimawandel ist zu begrüßen, diese Landschaftskompartimente als natürliche Stoffsenke CO_2 speichern.

Parameter	Einheit	Mittel 2018	Mittel 2019	80-Perzentil 2019	Maximum 2019	Überwachungswerte KW Waßmannsdorf
BSB_5	mg/l O_2-Verbr.	5,00	5,09	6,20	13,00	10*
CSB	mg/l O_2-Verbr.	49,46	49,33	52,00	69,00	65*
NH_4-N	mg/l	0,23	0,21	0,24	3,80	5
$N_{anorg.ges.}$	mg/l	11,77	10,50	12,05	14,08	13
P_{ges}	mg/l	0,40	0,37	0,43	0,66	0,5
AOX	µg/l	40,39	43,45	49,20	55,00	100
abf. Stoffe	mg/l	6,54	7,50	9,00	30,00	20
*Anm.: ab 19.Okt. 2014 Ü-Wert für BSB5 10 mg/l und CSB 65 mg/l - 9. Nachtrag vom 19.09.2014						

Tab. 14: Ablaufqualität des Klärwerks Waßmannsdorf. Kennwerte der Laborwerte von 24-Stunden-Mischproben aus der Klarwasserstation (Monatsblätter der Eigenkontrolle) für 2019 (UBB 2020).

7.1.3 Phosphoreliminierung am Glasowbach

Falls trotz der oben genannten Maßnahmen die Nährstoffkonzentration im Wasser des Glasowbachs nicht ausreicht, um die WRRL-Ziele des Rangsdorfer See zu erreichen, könnte eine Phosphoreliminierung in mündungsnähe zum Rangsdorfer See durchgeführt werden. Dies hätte zur Konsequenz, dass nur noch sehr nährstoffarmes Wasser in den Rangsdorfer See einströmt. Am Tegeler See befindet sich solch eine Phosphoreliminierungsanlage, welche den Phosphorgehalt des einströmenden Wassers auf unter 0,02 mg/l reduziert[3].

7.2 Interne Maßnahmen

7.2.1 Biomanipulation

Biomanipulation ist die gezielte Beeinflussung des Nahrungsnetz des Gewässers. Durch Verringerung des Bestands an Friedfischen wird der Fraßdruck auf filtrierende Zooplankter verringert, wodurch wiederum der Fraßdruck auf das Phytoplankton im Gewässer verstärkt wird. Dies hat zur

Folge, dass die Lichtverhältnisse im Gewässer verbessert werden und Makrophyten gefördert werden. Daraus wiederum resultiert die Fixierung des erstrebenswerten Klarwasserzustands. Praktisch umgesetzt wird dies durch bevorzugte Entnahme von Friedfischen und Besatz von Raubfischen wie Zander, Hecht und Wels. Als Wirkschwelle werden eine Phosphorkonzentration von 0,1 mg/l genannt. Als Nebeneffekt kann die massenhafte Vermehrung von hochwachsenden Makrophyten auftreten, die die freizeitliche Nutzung des Gewässers beeinträchtigen können. Dies war bereits beim Rangsdorfer See nach dem Fischsterben 2010. Der makrophytendominierte Klarwasserzustand der Rangsdorfer See blieb jedoch nur für wenige Jahre erhalten. Vermutlich aufgrund der weiterhin starken externen Phosphoreinträge. Eine Biomanipulation sollte immer in Verbindung mit Maßnahmen die den Nährstoffeintrag in das Gewässer reduzieren kombiniert werden (FAO 2001; Wetzel 2001; Frauenstein 2017, S. 120). Eine Biomanipulation könnte zur Verbesserung des ökologischen Zustands des Rangsdorfer See mit den erläuterten Maßnahmen des Glasowbachs kombiniert werden.

7.2.2 Weitere Maßnahmen

Sedimententfernung

Stellt bei einem Gewässer das Sediment eine deutliche Phosphorquelle dar, kann es sinnvoll sein die phosphorreichen Lagen zu entfernen. Dies reduziert die interne Belastung des Gewässers durch Phosphorrücklösungsprozesse. Da im Rangsdorfer See das Sediment keine erhebliche Phosphorquelle darstellt (siehe Kap.6.3.2), ist solch eine Maßnahme nicht erfolgsversprechend. Unabhängig vom Erfolg der Maßnahme bezüglich der jeweiligen Euthrophierungsproblematik hat eine Sedimententnahme signifikante negative ökologische Auswirkungen, durch Sedimentresuspension und Zerstörung des Benthos. In den Kanälen von Klein Venedig kann wiederum eine Entschlammung sinnvoll sein um eine Verlandung zu verhindern. Es findet aufgrund fehlendem konstanten Abfluss zum Drilling die Sedimentation von Feinmaterial und Pflanzenteile in den Kanälen statt (Terra Urbana 2020). In den Stichkanälen findet, abgesehen von windinduzierten Wasserbewegung, gar kein Wasserfluss statt. . Es ist somit zu erwarten, dass die Kanäle langfristig verlanden werden. Im Falle einer Sedimententnahme gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass dies keine langfristige Maßnahme ist und nach einigen Jahren bzw. Jahrzehnten erneut Sediment entfernt werden muss, fall sich nichts an den externen Bedingungen ändert (Laubfall in die Kanäle etc.)

Belüftung

Eine Belüftung des Rangsdorfer See wird nicht als sinnvoll erachtet, da die Sauerstoffgehalte meist ausreichend hoch sind. Verringerte Sauerstoffgehalte treten nur über kurze Zeiträume auf. Weiterhin ist der See sehr flach und windexponiert, wodurch Sauerstoff zügig in der gesamten Wassersäule verteilt wird. Eine Ausnahme stellt hier die Nährstofffalle in der Krummen Lanke dar. Jedoch ist der technische Aufwand in Bezug auf den geringfügigen zu erwartenden Nutzen auf den Gesamtsee unverhältnismäßig groß.

Phosphorfällung

Eine Phosphorfällung ist nicht sinnvoll, da der im Rangsdorfer See befindliche Phosphor primär durch externe Quellen in den See importiert wird. Der Effekt einer Fällung wäre nur kurzfristig und nach wenigen Jahren wäre der See wieder in seinem vorherigen Zustand (Frauenstein 2017, S. 132).

8. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Diese Studie hatte zum Ziel rezente Eintragsquellen in den Rangsdorfer See mit einem einjährigen investigativen Monitoring zu quantifizieren und konkrete Maßnahmenvorschläge zur Verbesserung des Seezustands darzulegen.

Zuvor wurde eine Charakterisierung des Untersuchungsgebiet, eine Auswertung von Bestandsunterlagen hinsichtlich aktueller und historischer Belastungsquellen und bereits realisierten Maßnahmen durchgeführt. Weiterhin fand eine aktualisierte Auswertung von Daten des Landesamts für Umwelt Brandenburg statt. Es handelt sich dabei um Daten von Oberflächenwasser- und Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet, die die oftmals sehr hohen Nährstoffkonzentrationen im Untersuchungsgebiet dokumentieren.

Beim Rangsdorfer See handelt es sich bereits vor den signifikanten anthropogenen Einflüssen um ein euthrophes Oberflächengewässer. Dies wurde anhand der Referenz-Trophie der Seebeckenmorphometrie und anhand von paläolimnologischen Studien festgestellt (Nixdorf und Mischke 2003). Dabei zeigte sich, dass - obwohl ein Makrophytenbewuchs in Zeiten mit geringem anthropogenem Einfluss nachgewiesen wurde - der natürliche Nährstoffeintrag in einer Größenordnung lag, welche einen natürlichen phytoplanktondominierten Zustand erlaubte. Eine Veränderung des Seetyps ist letztlich nicht zu erwarten.

Kern der Studie war eine Untersuchung des Grundwassers im Nahbereich des Sees. Hierfür wurden im Verlauf eines Jahres 13 um den See verteile Messstellen jeweils an fünf verschiedenen Zeitpunkten beprobt und eine Vielzahl hydrochemischer Parameter analysiert. Bei dem für die Euthrophierung eines Sees meist relevantesten Stoff Phosphor zeigte sich, sowohl beim Parameter Gesamtphosphor als auch ortho-Phosphat, dass von Nordosten den See anströmendes Grundwasser sehr geringe Konzentrationen aufweist. teils in der Nähe und unterhalb der Nachweisgrenze von 0,03 mg/l lag.

Das gegenteilige Bild zeigt sich in der südwestlich und südlich an den See angrenzenden Niederung mit sehr hohen Phosphorgehalten von teils bis zu 1 mg/l. Dieser Phosphor stammt aus historischen landwirtschaftlichen Einträgen oder aus im Untergrund befindlichen Torfen. Durch ortskonkrete Messungen im Grundwasser konnte ein relevanter Nährstoffeintrag (P-Konz. 0,03 mg/l) durch die Kompostieranlage Jühnsdorf in den See sicher ausgeschlossen werden. Neben der hydrochemischen Charakterisierung des Grundwassers wurde Dynamik intensiv untersucht.

Dabei ergaben sich grundsätzlich zwei verschiedene hydraulische Zustände. In dem einen Zustand wird der See lediglich von nährstoffarmem Grundwasser aus dem Norden angeströmt. Dies ist der Fall, wenn der Seewasserstand ausreichend hoch ist. Im anderen Fall, wenn der Seewasserstand unterhalb des Grundwasserstands in den westlichen Niederungen liegt, erfolgt an dieser Stelle zusätzlich ein Einströmen dieses nährstoffreichen Grundwassers in den See. Insbesondere durch Isotopenuntersuchungen konnten die sandige Bucht im Südwesten des Sees als ein Grundwasseraustauschbereich zweifelsfrei identifiziert werden. Das Grundwasser weist hinsichtlich des Nährstoffeintrags in den See eher eine untergeordnete Rolle auf. Nichtsdestotrotz, kann dieses Umweltkompartiment unter bestimmten hydraulischen Bedingungen einen relevanten Beitrag leisten.

Weiterhin wurden im Zuge dieser Studie Messungen des Durchflusses durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass der Glasowbach aktuell der einzige oberirdische Zufluss des Sees ist und eine früher bestehende Verbindung von Gräben auf der Jühnsdorfer Seeseite nicht mehr besteht. Das Wasser des Glasowbachs weist sehr hohe Phosphorkonzentrationen auf. Insbesondere in Phasen mit hohem Abfluss, was eine hohe Phosphorfracht zur Folge hat. Der Glasowbach wurde als Haupteintragsquelle in das Gewässer identifiziert. An den Seeauslässen am Wehr zum Zülowkanal und dem Drillingsableiter konnte während der gesamten Kampagne kein relevanter Abfluss festgestellt werden. Lediglich an der Fischtreppe zum Zülowkanal fand temporär ein Abfluss statt. Dabei wurde auch ein Fischaufstieg beobachtet.

Ein punktueller Seewasserübertritt in den westlichen Randgraben konnte bei einer Begehung im März 2021 nicht identifiziert werden, stattdessen handelt es sich um einen sumpfigen Bereich, in den diffus verteilt Wasser aus dem See sickert. Im Rangdgraben fanden daher Messung des Durchflusses statt, welche jedoch mit Unsicherheiten hinsichtlich der genauen Wasserherkunft behaftet sind. Insgesamt liegt die Summe der gemessenen Abflüsse deutlich unterhalb des quantifizierbaren Zuflusses.

Neben diesen externen Untersuchungen fand jeweils eine Beprobung des Seewassers und des Sedimentes im Sommer und während der Frühjahrszirkulation statt. Dabei zeigte sich, dass das Seewasser zu beiden Zeitpunkten durchmischt war. Die Gesamtphosphorkonzentrationen lagen lateral und saisonal im Bereich von 0,086 mg/l im März 2021 bis 0,138 mg/l im Juni 2020 und somit deutlich oberhalb des Orientierungswerts der OGewV von 0,055 mg/l für den guten ökologischen Zustand für den Seetyp 11.2 des Rangsdorfer See. In der Nährstofffalle in der Krumme Lanke wurde an beiden Messzeitpunkten eine Schichtung festgestellt. Ab ca. vier Meter war die Wassersäule sauerstofffrei und wies sehr hohe Phosphorkonzentrationen bis knapp 1 mg/l, welche auf Rücklösungsprozesse zurückzuführen ist. Vor der Beprobung wurde die Nährstofffalle mit einem Echolot kartiert und auf ihren bautechnischen Zustand überprüft. Es konnte dabei bestätigt werden, dass diese den historischen Bauplänen entspricht. Ebenso würde sie die gewünschte Funktion als Stoffsenke aufweisen, falls eine Belüftung des Tiefenwassers stattfinden würde. Jedoch wäre der Nutzen für den gesamten See nur begrenzt, da das Volumen der Nährstofffalle im Vergleich zum Seevolumen gering ist.

Die Sedimentuntersuchungen im Juni 2020 nach Brandenburgischer Baggergutrichtlinie ergaben, dass die Sedimente des Hauptseebeckens unbedenklich sind. In der Krummen Lanke wären sie nach weitergehenden Untersuchungen als Z1 einzustufen. Tiefergehende limnologische Sedimentuntersuchungen ergaben, dass das Sediment des Rangsdorfer See geringe Gesamtphosphorgehalte aufweist, die beispielsweise im Bereich des Stechlinsees oder des Feldberger Haussees liegen (Abb. 87).

Neben dem Glasowbach sind vor allem Phosphoreinträge durch Wasservögel von hoher Relevanz. Diese stellen die zweitwichtigste Eintragsquelle in den See dar. Jedoch unterliegt dieser Eintrag natürlichen Schwankungen. Ebenso von Bedeutung ist die atmosphärische Deposition auf den See.

Maßnahmen zur Verbesserung des Seezustandes müssen auf den Glasowbach abzielen, da dieser die Haupteintragsquelle darstellt. Dies kann mit einer Erhöhung des Wasserdargebots kombiniert werden. Ziel sollte es sein, dass möglichst viel nährstoffarmes Wasser in den See gelangt und nach

Erreichen des Sollwasserstands, wieder ein natürlicher Abfluss stattfindet. So findet ein verstärkter Phosphorexport aus dem See statt und letztlich stellt sich mit der Zeit eine neue, geringere Gleichgewichtskonzentration ein. Zusätzlich entstehen durch die Stabilisierung des Seewasserstandes Synergien hinsichtlich eines potentiellen Eintrags von stark mit Phosphor angereichertem Grundwasser auf der Westseite des Sees. Befindet sich der Seewasserspiegel im Bereich des Sollwasserstandes ist der hydraulische Gradient immer vom See zum Grundwasserleiter gerichtet. Um den Sollwasserstand zu erreichen sollte neben der Erhöhung des Wasserdargebots auch ein diffuser Übertritt des Seewassers in den westlichen Randgraben vermieden werden. Dies könnte beispielsweise durch einen Erdwall oder dem Verschluss des Randgrabens er-reicht werden. Jedoch wäre eine Vernässung der umliegenden Flächen die Folge.

Zur Erhöhung des Wasserdargebots würde sich die Einleitung von gereinigtem Klärwerkswasser aus dem Klärwerk Waßmannsdorf in den Glasowbach anbieten. Zuvor müsste jedoch die 4. Reinigungstufe fertig-gestellt werden, die die Phosphorkonzentration auf ≤ 0,1 mg/l verringert. Ebenso sollte Regenwasser des Flughafen BER in den Glasowbach eingeleitet werden. Jedoch ist davon auszugehen, dass dies als alleinstehende Maßnahme nicht ausreichend ist und nur einen unterstützenden Beitrag leisten kann. Ein Test-betrieb zeigte, dass das Regenwasser lediglich bis zu den Selchower Seen gelangte. Nichtsdestotrotz ist ein „hallten“ des Wassers in der Landschafts zu erstreben. Beide Maßnahmen hätten einen verdünnen-den Effekt auf das höher aufkonzentrierte Wasser des Glasowbachs. Falls der Verdünnende Effekt nicht ausreichend ist, könnte eine Phosphoreliminierungsanlage im Mündungsbereich in Erwägung gezogen werden. Diese würde zu einer starken Phosphorreduktion im einströmenden Wasser führen (vgl. PEA Tegel <0,02 mg/l).

Als interne Maßnahme könnte unterstützend eine Biomanipulation in Erwägung gezogen werden. Dabei wird eine Reduktion des Friedfischbestandes und eine Erhöhung des Raubfischbestandes angestrebt, um den Fraßdruck auf das Zooplankton im See zu verringern.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird es aus fachlichen Gründen als noch nicht zielführend erachtet, Kostenschätzungen für die vorgeschlagenen externen und internen Maßnahmen zu erarbeiten. Hierfür müsste zunächst die Datenbasis einer ggf. favorisierten und breit akzeptierten Maßnahme nach entsprechender Diskussion in den zuständigen auf eine solidere Grundlage gestellt werden bzw. Voraussetzungen --wie z. B. die Etablierung einer 4. Reinigungsstufe beim Klärwerk Waßmannsdorf der BWB - vorhanden sein.

Als nicht zielführende interne Maßnahmen werden einmalige Phosphorfällungen, Sedimententnahmen und Belüftungen erachtet. Insbesondere eine Phosphorfällung wäre bei gleichbleibendem Phosphorinput nur für kurze Zeit wirksam.

9. Literaturverzeichnis

AK GWB (Hg.) (2003): Grundwasserprobennahme. Stand: Mai 2003. Arbeitskreis Grundwasserbeobachtung (AK GWB) (Handbuch Grundwasserbeobachtung, 5). Online verfügbar unter https://lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.418968.de, zuletzt geprüft am 05.03.2020.

Bundesregierung (20.06.2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer. OGewV, vom 20.06.2016. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/ogewv_2016/BJNR137310016.html, zuletzt geprüft am 27.05.2020.

BWB (2019): online-Dokumentation: http://wrrl-info.de/docs/seminar61_Vortrag_BerlinerWasserbetriebe_22.03.19.pdf

Casper, Peter; Gonsiorczyk, Thomas; Koschel, Rainer (2000): CASPER, P., GONSIORCZYK, T., KOSCHEL, R. (2000): Der Einfluß mikrobieller Prozesse auf die P-Freisetzung aus den Sedimenten oligo- bis eutropher Seen im Stechlinsee- und Feldberger Seengebiet. Beiträge angew. Gewässerökol. Norddeutschl., 4, 139-146. In: *Beiträge angew. Gewässerökol. Norddeutschl.* 4, S. 139–146.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW) (Hg.) (2011): Arbeitsblatt W 112 (A). Grundsätze der Grundwasserprobennahme aus Grundwasssermesstellen. Bonn.

DWA (2021 (unveröffentl.)): Merkblatt DWA-M 641. Methoden zur Charakterisierung von Grundwasser-See Interaktionen. Unter Mitarbeit von Ulrich LANG, Jörg Lewandowski, Michael FAIßT, Stephan Hannappel, Antje SCHWALB, Thomas WOLF und Kim Jasmin KRAHN.

Europäische Gemeinschaft (23.10.2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. WRRL. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32000L0060, zuletzt geprüft am 10.02.2020.

FAO (2001): CONSEQUENCES OF BIOMANIPULATION FOR FISH AND FISHERIES. Unter Mitarbeit von Eddy H.R.R. Lammens. Hg. v. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment. Rome.

Frauenstein, Andrea (2017): Erarbeitung einer P-Bilanz im Rahmen eines Konzeptes zur Sanierung und Restaurierung des Rangsdorfer Sees. Masterarbeit. Universität Potsdam, Potsdam. Institut für Erd- und Umweltwissenschaften.

Guder, Sylvia (2003): Qualitative Analysen von Oberflächensedimenten des Rangsdorfer Sees, Brandenburg. Diplomarbeit. Freie Universität Berlin. Geographisches Institut der Freien Universität.

Hannappel, Stephan; Köpp, Claudia; Rejman-Rasinska, Elzbieta (2018): Aufklärung der Ursachen zur Phosphorbelastung des oberflächennahen Grundwassers im hydraulischen Zustrom zum Arendsee in der Altmark. Clarification regarding the causes of high phosphor concentrations in shallow groundwater in hydraulic influx to the Arendsee (Altmark). In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* (HW 62. 2018, H.1), S. 25–38.

Hannappel, Stephan; Strom, Alexander (2020): Methode zur Ermittlung des Phosphoreintrags über das Grund-wasser in den Barleber See bei Magdeburg. In: *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* (2020 (13) · Nr. 1).

Hydrogeologische Karte des Landes Brandenburg 1:50 000 (HYK50): Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR).

IfB (2013): Nährstoffeintrag durch Gänse in Seen und mögliche Folgen für Gewässertrophie und Fischbestand. Literaturstudie mit Anwendungsbeispiel. Unter Mitarbeit von David Ritterbusch. Hg. v. Institut für Binnenfischerei e.V. (IfB).

Konsortium Rangsdorfer See (1992): Konzept zur Komplexsanierung Rangsdorfer See. im Auftrag der Gemeindeverwaltung Rangsdorf. von Konsortium Rangsdorfer See. Berlin.

LAWA-AO (2015): RaKon Monitoring Teil B. Arbeitspapier II: Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend EG-WRRL (Stand 09.01.2015).

LAWA-AO (2016a): RaKon Monitoring Teil B. Arbeitspapier I: Gewässertypen und Referenzbedingungen (Stand 02.02.2016).

LAWA-AO (2016b): RaKon Monitoring Teil B. Arbeitspapier III: Untersuchungsverfahren für biologische Qualitätskomponenten. (Stand 16.03.2016).

LAWA-AO (2017): RaKon Teil A: Rahmenkonzeption zur Aufstellung von Monitoringprogrammen und zur Bewertung des Zustands von Oberflächengewässern. (Stand: 17. Oktober 2017).

LUGV (2011): Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Beiträge des Landes Brandenburg zu den Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen der Flussgebietseinheiten Elbe und Oder. Hg. v. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz.

Meinikmann, Karin; Hupfer, Michael; Lewandowski, Jörg (2015): Phosphorus in groundwater discharge – A potential source for lake eutrophication. In: *Journal of Hydrology* 524, S. 214–226. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2015.02.031.

Nixdorf, B.; Mischke, U. (2003): Untersuchungen zu Leitbild-Biozönosen in Gewässern des Landes Brandenburg anhand der Merkmalskomponente Phytoplankton. Teilbericht 3: Paläolimnologische Untersuchungen in brandenburgischen Flachseen zur Ableitung eines Leitbildes. Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung Brandenburg.

planland GbR (2019): Managementplan für das Gebiet „Torfbusch – Glasowbachniederung“. Unter Mitarbeit von planland GbR – Planungsgruppe Landschaftsentwicklung und Ralf Schwarz. Hg. v. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg.

Terra Urbana (2016): SANIERUNGSMAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DES CHEMISCHEN UND ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDES DES RANGSDORFER SEES -EINSCHLIEßLICH KANALSYSTEM KLEIN VENEDIG. KONZEPTIONELLE VORARBEITEN – PHASE 1. Hg. v. TERRA URBANA Umlandentwicklungsgesellschaft mbH.

Terra Urbana (2020): Gemeinde Rangsdorf – Klein Venedig – Renaturierung Kanal 2. LP2 – Vorplanung, Stand: 02/2020.

Turner, Jeffrey V.; Townley, Lloyd R. (2006): Determination of groundwater flow-through regimes of shallow lakes and wetlands from numerical analysis of stable isotope and chloride tracer distribution patterns. In: *Journal of Hydrology* 320 (3-4), S. 451–483. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2005.07.050.

UBB (2020): Klärwerk Waßmannsdorf. Betrieb des Südableiters mit Ableitung über den Bewässerungsüberleiter und den Rudower Graben. Unter Mitarbeit von Nils Kade. Hg. v. Berliner Wasserbetriebe.

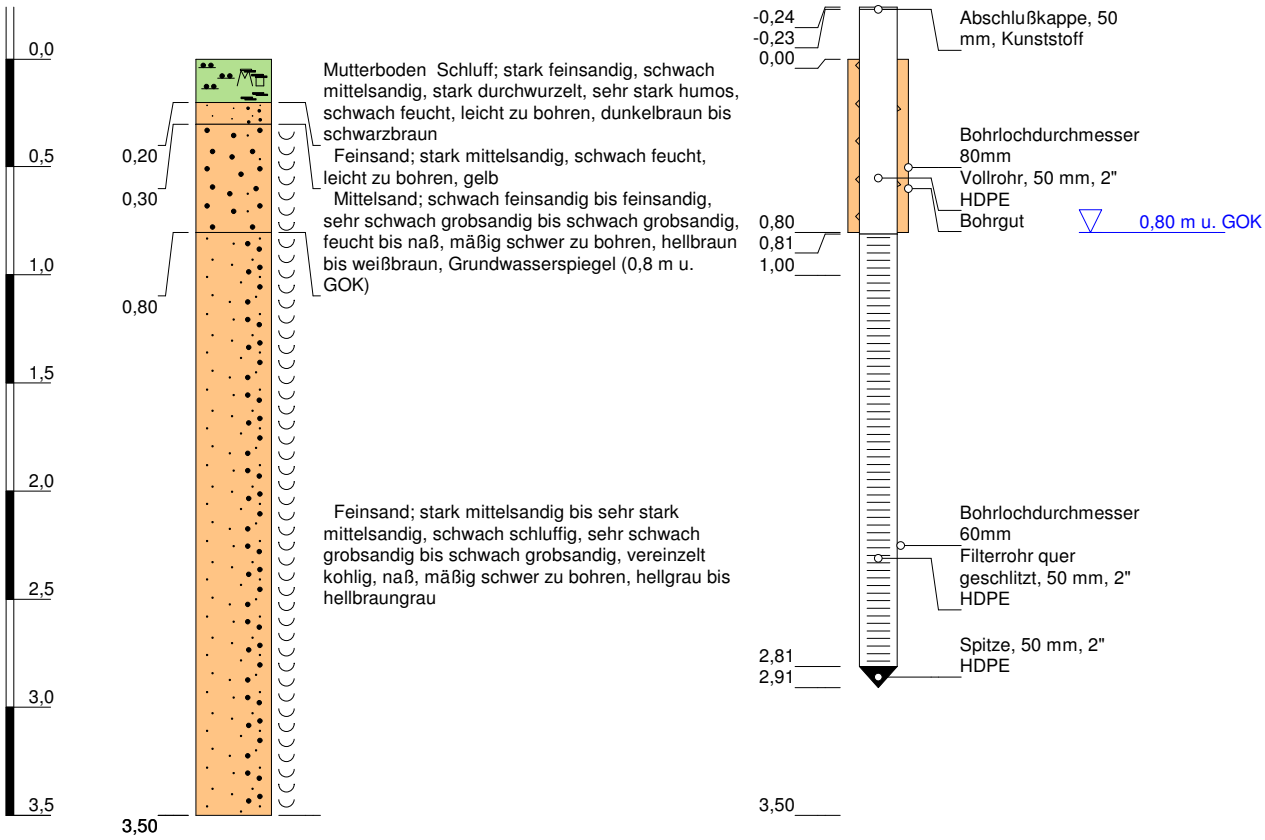
Wetzel, Robert G. (2001): Limnology. Lake and river ecosystems. 3rd ed. San Diego: Academic Press.

Anhang 1:

Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne

m u. GOK

GWM 01/20

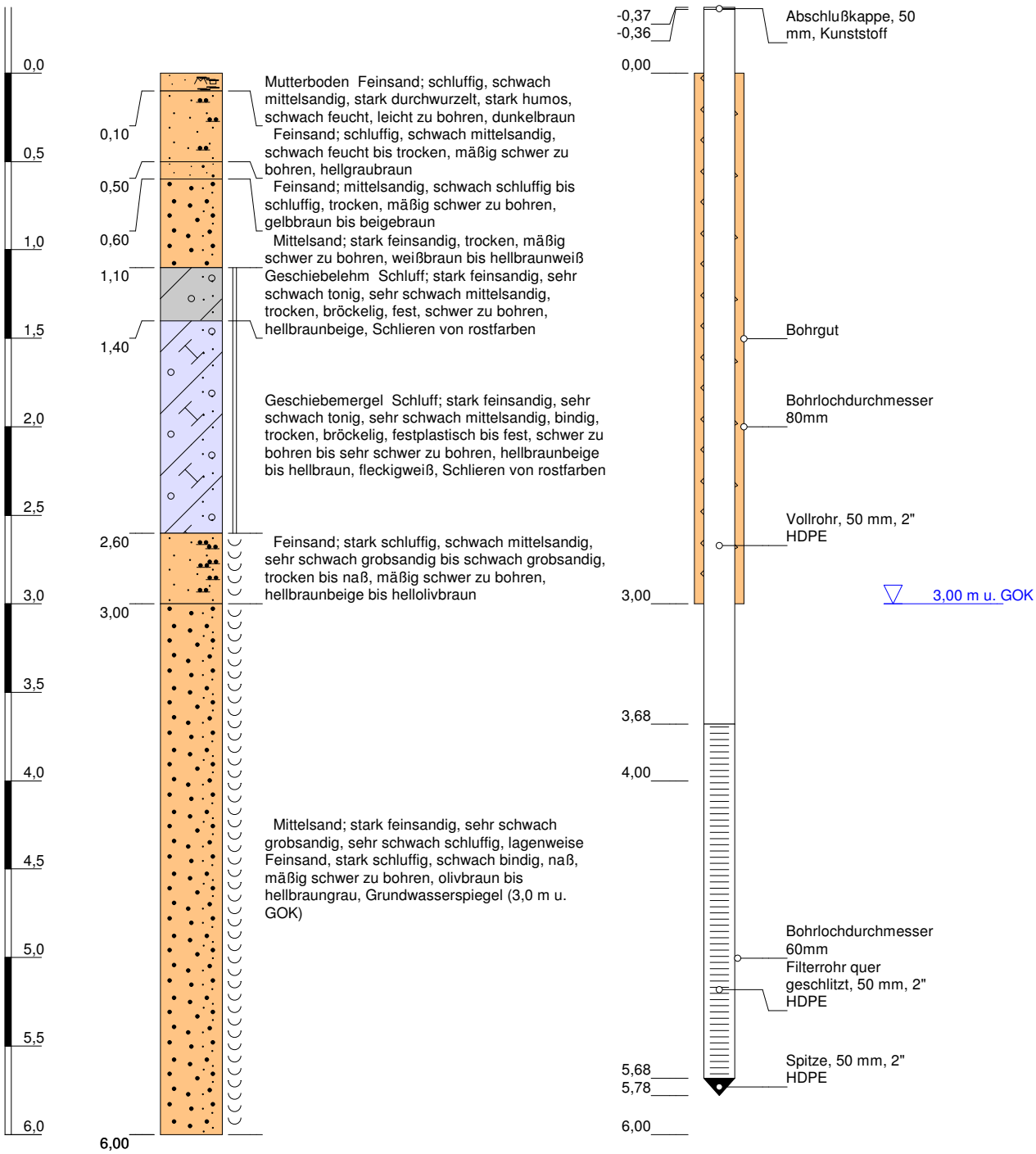


Höhenmaßstab: 1:35

Projekt:	**Rangsdorfer See**		
Bohrung:	**GWM 01/20**		
Auftraggeber:	HYDOR Consult GmbH	Rechtswert:	33391364,6
Bohrfirma:	GEO TECH Serviceges. mbH	Hochwert:	5795609,5
Bearbeiter:	M. Hasse	Endtiefe:	3,50 m
Datum:	22.06.2020	Anlage:	

GEO TECH Service-gesell-schaft mbH
T: 03375 - 2169850
F: 03375 - 2169851
info@geotech-berlin.de
www.geotech-berlin.de
GEO TECH Serviceges.mbH
Küchenmeisterallee 60
15711 Königs Wusterhausen

GWM 03/20



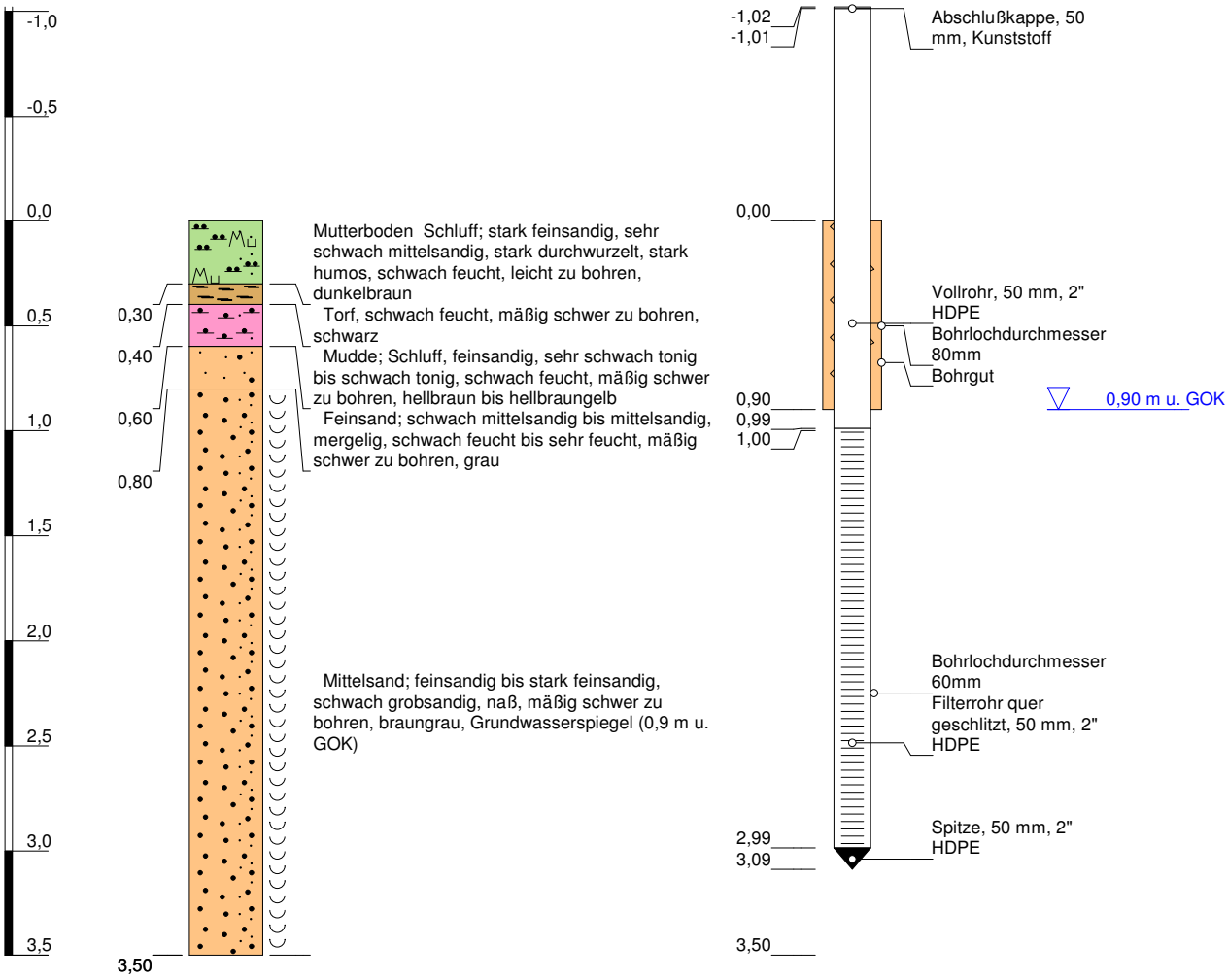
Höhenmaßstab: 1:35

Projekt:	**Rangsdorfer See**		
Bohrung:	**GWM 03/20**		
Auftraggeber:	HYDOR Consult GmbH	Rechtswert:	33390397,4
Bohrfirma:	GEO TECH Serviceges. mbH	Hochwert:	5795248,3
Bearbeiter:	M. Hasse	Endtiefe:	6,00 m
Datum:	22.06.2020	Anlage:	

GEO TECH Service-gesellschaft mbH
T: 03375 - 2169850
F: 03375 - 2169851
info@geotech-berlin.de
www.geotech-berlin.de
GEO TECH Serviceges.mbH
Küchenmeisterallee 60
15711 Königs Wusterhausen

m u. GOK

GWM 04/20



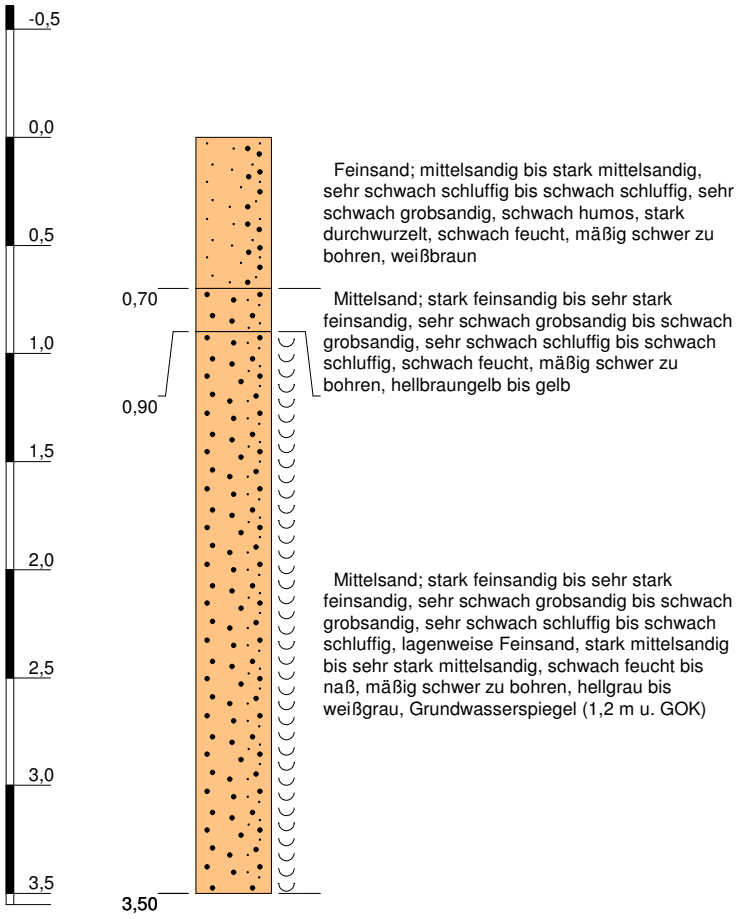
Höhenmaßstab: 1:35

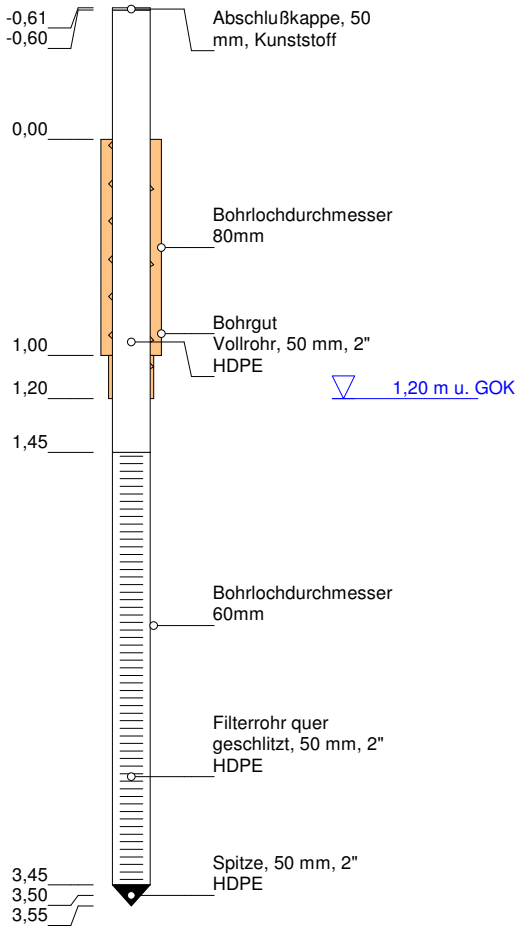
Projekt:	**Rangsdorfer See**		
Bohrung:	**GWM 04/20**		
Auftraggeber:	HYDOR Consult GmbH	Rechtswert:	33390203,7
Bohrfirma:	GEO TECH Serviceges. mbH	Hochwert:	5795248,3
Bearbeiter:	M. Hasse	Endtiefe:	3,50 m
Datum:	22.06.2020	Anlage:	

GEO TECH Service-gesell-schaft mbH
T: 03375 - 2169850
F: 03375 - 2169851
info@geotech-berlin.de
www.geotech-berlin.de
GEO TECH Serviceges.mbH
Küchenmeisterallee 60
15711 Königs Wusterhausen

m u. GOK

GWM 05/20





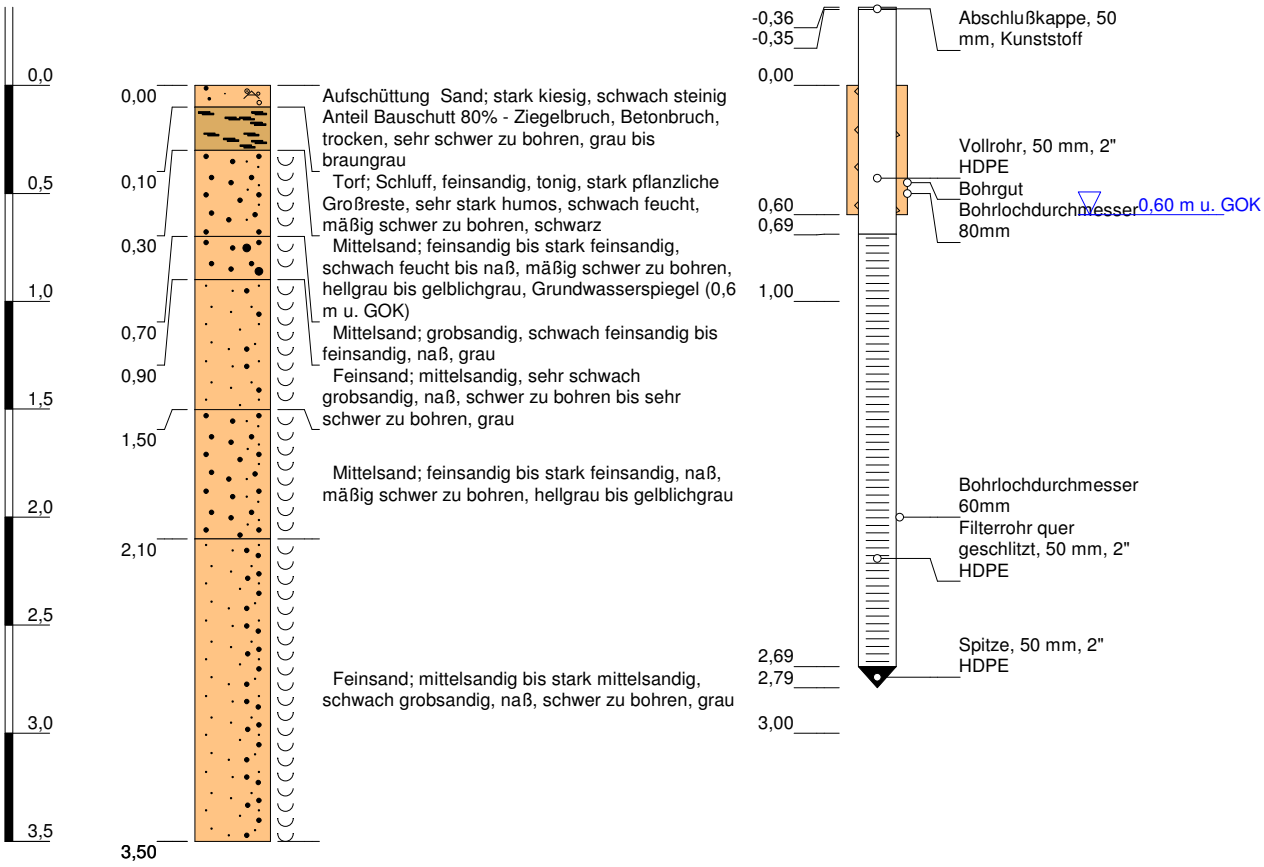
Höhenmaßstab: 1:35

Projekt:	**Rangsdorfer See**		
Bohrung:	**GWM 05/20**		
Auftraggeber:	HYDOR Consult GmbH	Rechtswert:	33391690,8
Bohrfirma:	GEO TECH Serviceges. mbH	Hochwert:	5792819,3
Bearbeiter:	M. Hasse	Endtiefe:	3,50 m
Datum:	22.06.2020	Anlage:	

GEO TECH Service-gesell-schaft mbH
T: 03375 - 2169850
F: 03375 - 2169851
info@geotech-berlin.de
www.geotech-berlin.de
GEO TECH Serviceges.mbH
Küchenmeisterallee 60
15711 Königs Wusterhausen

m u. GOK

GWM 06/20



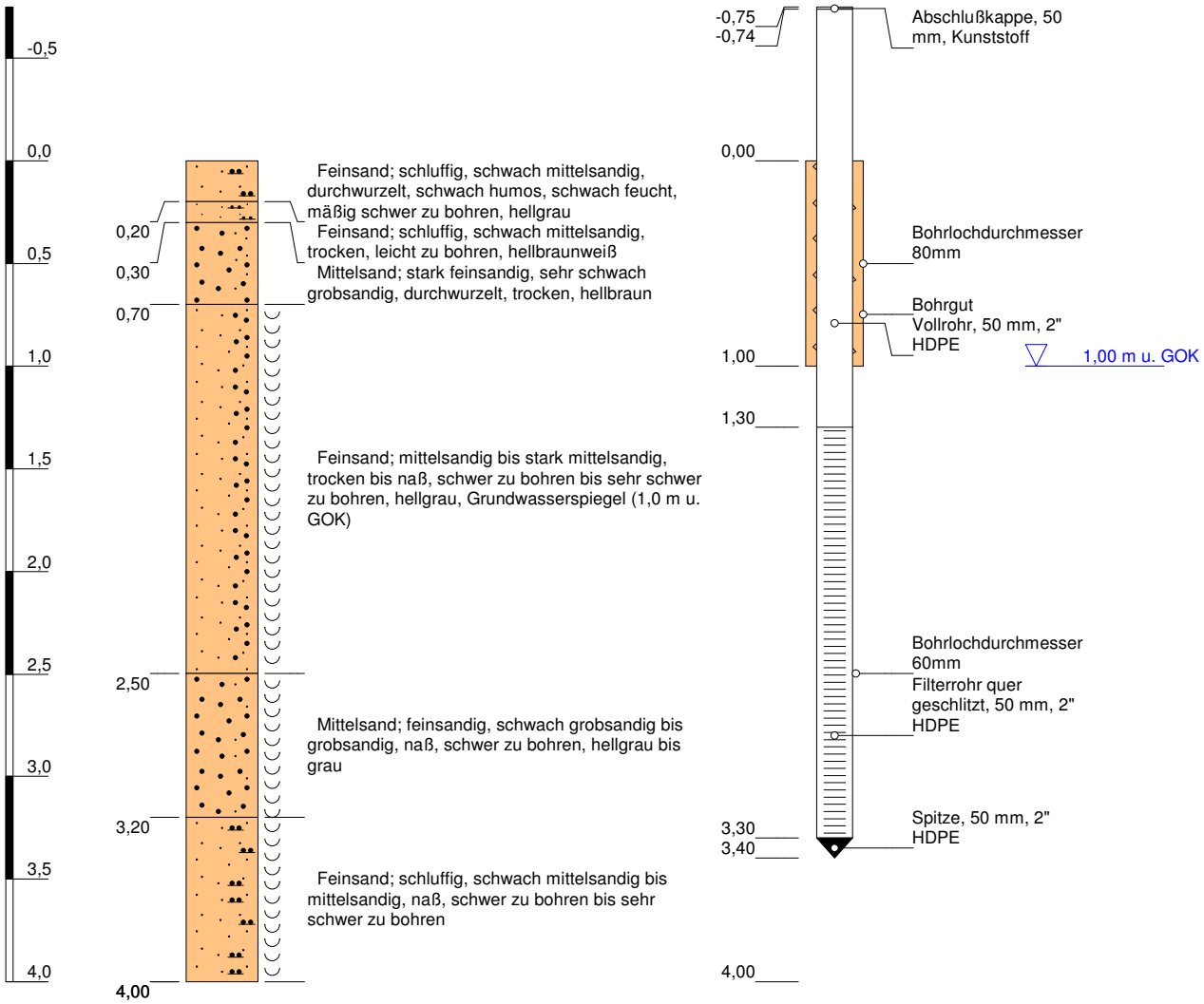
Höhenmaßstab: 1:35

Projekt:	**Rangsdorfer See**		
Bohrung:	**GWM 06/20**		
Auftraggeber:	HYDOR Consult GmbH	Rechtswert:	33391756,6
Bohrfirma:	GEO TECH Serviceges. mbH	Hochwert:	5794665,5
Bearbeiter:	M. Hasse	Endtiefe:	3,50 m
Datum:	23.06.2020	Anlage:	

GEO TECH Service-gesellschaft mbH
T: 03375 - 2169850
F: 03375 - 2169851
info@geotech-berlin.de
www.geotech-berlin.de
GEO TECH Serviceges.mbH
Küchenmeisterallee 60
15711 Königs Wusterhausen

m u. GOK

GWM 07/20



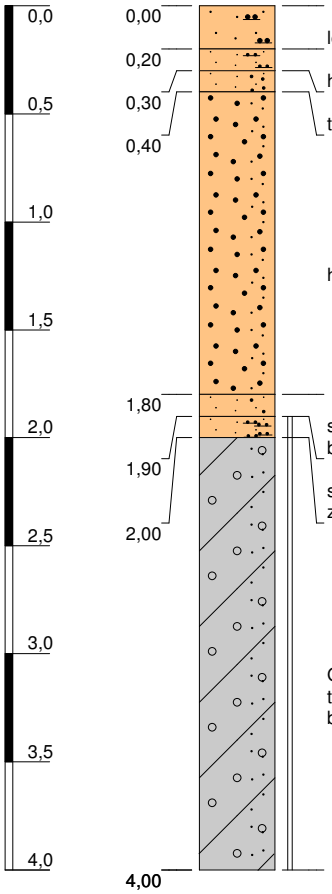
Höhenmaßstab: 1:35

Projekt:	**Rangsdorfer See**		
Bohrung:	**GWM 07/20**		
Auftraggeber:	HYDOR Consult GmbH	Rechtswert:	33392117,6
Bohrfirma:	GEO TECH Serviceges. mbH	Hochwert:	5796123,7
Bearbeiter:	M. Hasse	Endtiefe:	4,00 m
Datum:	23.06.2020	Anlage:	

GEO TECH Service-gesell-schaft mbH
T: 03375 - 2169850
F: 03375 - 2169851
info@geotech-berlin.de
www.geotech-berlin.de
GEO TECH Serviceges.mbH
Küchenmeisterallee 60
15711 Königs Wusterhausen

m u. GOK

RKS 02/20



Feinsand; schluffig, schwach mittelsandig, durchwurzelt, humos, trocken, sehr leicht zu bohren, braun

Feinsand; schluffig, schwach mittelsandig, schwach durchwurzelt, schwach humos, trocken, sehr leicht zu bohren, hellgraubraun

Feinsand; schwach mittelsandig bis stark mittelsandig, schwach schluffig, trocken, leicht zu bohren, gelbbraun

Mittelsand; feinsandig bis stark feinsandig, trocken, mäßig schwer zu bohren, hellbraun bis hellbeige

Feinsand; sehr schwach mittelsandig bis schwach mittelsandig, sehr schwach schluffig bis schwach schluffig, trocken bis schwach feucht, mäßig schwer zu bohren, weiß

Feinsand; stark schluffig, sehr schwach mittelsandig bis schwach mittelsandig, schwach bindig, lehmig, trocken bis schwach feucht, bröckelig bis fest, schwer zu bohren, dunkelocker

Geschiebelehm Schluff; stark feinsandig, schwach mittelsandig, sehr schwach tonig, im Liegenden kiesig, trocken, fest, schwer zu bohren bis sehr schwer zu bohren, hellbraunbeige bis beige

Höhenmaßstab: 1:35

Projekt:	**Rangsdorfer See**		
Bohrung:	**RKS 02/20**		
Auftraggeber:	HYDOR Consult GmbH	Rechtswert:	33390837,7
Bohrfirma:	GEO TECH Serviceges. mbH	Hochwert:	5795405,5
Bearbeiter:	M. Hasse	Endtiefe:	4,00 m
Datum:	22.06.2020	Anlage:	

GEO TECH Service-gesell-schaft mbH
T: 03375 - 2169850
F: 03375 - 2169851
info@geotech-berlin.de
www.geotech-berlin.de
GEO TECH Serviceges.mbH
Küchenmeisterallee 60
15711 Königs Wusterhausen

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite: 1

Projekt: Rangsdorfer See

Bohrung: GWM 01/20

Bohrzeit:
von: 22.06.2020
bis: 22.06.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	**a) Benennung der Bodenart und Beimengungen**				**Bemerkungen** Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	**Entnommene Proben**		
	b) Ergänzende Bemerkungen					**Art**	**Nr**	**Tiefe in m (Unterkante)**
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	**d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang**	**e) Farbe**					
	f) Übliche Benennung	**g) Geologische Benennung**	**h) Gruppe**	**i) Kalkgehalt**				
0,20	**a)** Schluff; stark feinsandig, schwach mittelsandig, stark durchwurzelt, sehr stark humos							
	b)							
	c) schwach feucht	**d)** leicht zu bohren	**e)** dunkelbraun bis schwarzbraun					
	f) Mutterboden	**g)**	**h)**	**i)**				
0,30	**a)** Feinsand; stark mittelsandig							
	b)							
	c) schwach feucht	**d)** leicht zu bohren	**e)** gelb					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
0,80	**a)** Mittelsand; schwach feinsandig bis feinsandig, sehr schwach grobsandig bis schwach grobsandig				Grundwasserspiegel 0.80m (m u. GOK)			
	b)							
	c) feucht bis naß	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** hellbraun bis weißbraun					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
3,50	**a)** Feinsand; stark mittelsandig bis sehr stark mittelsandig, schwach schluffig, sehr schwach grobsandig bis schwach grobsandig, vereinzelt kohlig							
	b)							
	c) naß	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** hellgrau bis hellbraungrau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Projekt: Rangsdorfer See

Bohrung: GWM 03/20

Bohrzeit:
von: 22.06.2020
bis: 22.06.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	**a) Benennung der Bodenart und Beimengungen**				**Bemerkungen** Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	**Entnommene Proben**		
	b) Ergänzende Bemerkungen					**Art**	**Nr**	**Tiefe in m (Unterkante)**
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	**d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang**	**e) Farbe**					
	f) Übliche Benennung	**g) Geologische Benennung**	**h) Gruppe**	**i) Kalkgehalt**				
0,10	**a)** Feinsand; schluffig, schwach mittelsandig, stark durchwurzelt, stark humos							
	b)							
	c) schwach feucht	**d)** leicht zu bohren	**e)** dunkelbraun					
	f) Mutterboden	**g)**	**h)**	**i)**				
0,50	**a)** Feinsand; schluffig, schwach mittelsandig							
	b)							
	c) schwach feucht bis trocken	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** hellgraubraun					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
0,60	**a)** Feinsand; mittelsandig, schwach schluffig bis schluffig							
	b)							
	c) trocken	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** gelbbraun bis beigebraun					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
1,10	**a)** Mittelsand; stark feinsandig							
	b)							
	c) trocken	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** weißbraun bis hellbraunweiß					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
1,40	**a)** Schluff; stark feinsandig, sehr schwach tonig, sehr schwach mittelsandig							
	b)							
	c) trocken, bröckelig, fest	**d)** schwer zu bohren	**e)** hellbraunbeige, Schlieren von					
	f) Geschiebelehm	**g)**	**h)**	**i)** 0				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Projekt: Rangsdorfer See

Bohrung: GWM 03/20

Bohrzeit:
von: 22.06.2020
bis: 22.06.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	**a) Benennung der Bodenart und Beimengungen**				**Bemerkungen** Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	**Entnommene Proben**		
	b) Ergänzende Bemerkungen					**Art**	**Nr**	**Tiefe in m (Unterkante)**
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	**d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang**	**e) Farbe**					
	f) Übliche Benennung	**g) Geologische Benennung**	**h) Gruppe**	**i) Kalkgehalt**				
2,60	**a)** Schluff; stark feinsandig, sehr schwach tonig, sehr schwach mittelsandig, bindig							
	b)							
	c) trocken, bröckelig, festplastisch bis fest	**d)** schwer zu bohren bis sehr schwer zu bohren	**e)** hellbraunbeige bis hellbraun,					
	f) Geschiebemergel	**g)**	**h)**	**i)** ++				
3,00	**a)** Feinsand; stark schluffig, schwach mittelsandig, sehr schwach grobsandig bis schwach grobsandig				Grundwasserspiegel 3.00m (m u. GOK)			
	b)							
	c) trocken bis naß	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** hellbraunbeige bis hellolivbraun					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
6,00	**a)** Mittelsand; stark feinsandig, sehr schwach grobsandig, sehr schwach schluffig, lagenweise Feinsand, stark schluffig, schwach bindig							
	b)							
	c) naß	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** olivbraun bis hellbraungrau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite: 1

Projekt: Rangsdorfer See

Bohrung: GWM 04/20

Bohrzeit:
von: 22.06.2020
bis: 22.06.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	**a) Benennung der Bodenart und Beimengungen**				**Bemerkungen** **Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges**	**Entnommene Proben**		
	b) Ergänzende Bemerkungen					**Art**	**Nr**	**Tiefe in m (Unterkante)**
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	**d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang**	**e) Farbe**					
	f) Übliche Benennung	**g) Geologische Benennung**	**h) Gruppe**	**i) Kalkgehalt**				
0,30	**a)** Schluff; stark feinsandig, sehr schwach mittelsandig, stark durchwurzelt, stark humos							
	b)							
	c) schwach feucht	**d)** leicht zu bohren	**e)** dunkelbraun					
	f) Mutterboden	**g)**	**h)**	**i)**				
0,40	**a)** Torf							
	b)							
	c) schwach feucht	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** schwarz					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
0,60	**a)** Mudde; Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig bis schwach tonig							
	b)							
	c) schwach feucht	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** hellbraun bis hellbraungelb					
	f)	**g)**	**h)**	**i)** 0				
0,80	**a)** Feinsand; schwach mittelsandig bis mittelsandig, mergelig							
	b)							
	c) schwach feucht bis sehr feucht	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** grau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
3,50	**a)** Mittelsand; feinsandig bis stark feinsandig, schwach grobsandig				Grundwasserspiegel 0.90m (m u. GOK)			
	b)							
	c) naß	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** braungrau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite: 1

Projekt: Rangsdorfer See

Bohrung: GWM 05/20

Bohrzeit:
von: 22.06.2020
bis: 22.06.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	**a) Benennung der Bodenart und Beimengungen**				**Bemerkungen** Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	**Entnommene Proben**		
	b) Ergänzende Bemerkungen					**Art**	**Nr**	**Tiefe in m (Unterkante)**
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	**d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang**	**e) Farbe**					
	f) Übliche Benennung	**g) Geologische Benennung**	**h) Gruppe**	**i) Kalkgehalt**				
0,70	**a)** Feinsand; mittelsandig bis stark mittelsandig, sehr schwach schluffig bis schwach schluffig, sehr schwach grobsandig, schwach humos, stark durchwurzelt							
	b)							
	c) schwach feucht	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** weißbraun					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
0,90	**a)** Mittelsand; stark feinsandig bis sehr stark feinsandig, sehr schwach grobsandig bis schwach grobsandig, sehr schwach schluffig bis schwach schluffig							
	b)							
	c) schwach feucht	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** hellbraungelb bis gelb					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
3,50	**a)** Mittelsand; stark feinsandig bis sehr stark feinsandig, sehr schwach grobsandig bis schwach grobsandig, sehr schwach schluffig bis schwach schluffig, lagenweise				Grundwasserspiegel 1.20m (m u. GOK)			
	b) Feinsand, stark mittelsandig bis sehr stark mittelsandig							
	c) schwach feucht bis naß	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** hellgrau bis weißgrau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite: 1

Projekt: Rangsdorfer See

Bohrung: GWM 06/20

Bohrzeit:
von: 23.06.2020
bis: 23.06.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	**a) Benennung der Bodenart und Beimengungen**				**Bemerkungen** Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	**Entnommene Proben**		
	b) Ergänzende Bemerkungen					**Art**	**Nr**	**Tiefe in m (Unterkante)**
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	**d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang**	**e) Farbe**					
	f) Übliche Benennung	**g) Geologische Benennung**	**h) Gruppe**	**i) Kalkgehalt**				
0,10	**a)** Sand; stark kiesig, schwach steinig							
	b) Anteil Bauschutt 80% - Ziegelbruch, Betonbruch							
	c) trocken	**d)** sehr schwer zu bohren	**e)** grau bis braungrau					
	f) Aufschüttung	**g)**	**h)**	**i)** ++				
0,30	**a)** Torf; Schluff, feinsandig, tonig, stark pflanzliche Großreste, sehr stark humos							
	b)							
	c) schwach feucht	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** schwarz					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
0,70	**a)** Mittelsand; feinsandig bis stark feinsandig				Grundwasserspiegel 0.60m (m u. GOK)			
	b)							
	c) schwach feucht bis naß	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** hellgrau bis gelblichgrau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
0,90	**a)** Mittelsand; grobsandig, schwach feinsandig bis feinsandig							
	b)							
	c) naß	**d)**	**e)** grau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
1,50	**a)** Feinsand; mittelsandig, sehr schwach grobsandig							
	b)							
	c) naß	**d)** schwer zu bohren bis sehr schwer zu bohren	**e)** grau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite: 2

Projekt: Rangsdorfer See

Bohrung: GWM 06/20

Bohrzeit:
von: 23.06.2020
bis: 23.06.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	**a) Benennung der Bodenart und Beimengungen**				**Bemerkungen** **Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges**	**Entnommene Proben**		
	b) Ergänzende Bemerkungen					**Art**	**Nr**	**Tiefe in m (Unterkante)**
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	**d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang**	**e) Farbe**					
	f) Übliche Benennung	**g) Geologische Benennung**	**h) Gruppe**	**i) Kalkgehalt**				
2,10	**a)** Mittelsand; feinsandig bis stark feinsandig							
	b)							
	c) naß	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** hellgrau bis gelblichgrau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
3,50	**a)** Feinsand; mittelsandig bis stark mittelsandig, schwach grobsandig							
	b)							
	c) naß	**d)** schwer zu bohren	**e)** grau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite: 1

Projekt: Rangsdorfer See

Bohrung: GWM 07/20

Bohrzeit:
von: 23.06.2020
bis: 23.06.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	**a) Benennung der Bodenart und Beimengungen**				**Bemerkungen** **Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges**	**Entnommene Proben**		
	b) Ergänzende Bemerkungen					**Art**	**Nr**	**Tiefe in m (Unterkante)**
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	**d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang**	**e) Farbe**					
	f) Übliche Benennung	**g) Geologische Benennung**	**h) Gruppe**	**i) Kalkgehalt**				
0,20	**a)** Feinsand; schluffig, schwach mittelsandig, durchwurzelt, schwach humos							
	b)							
	c) schwach feucht	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** hellgrau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
0,30	**a)** Feinsand; schluffig, schwach mittelsandig							
	b)							
	c) trocken	**d)** leicht zu bohren	**e)** hellbraunweiß					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
0,70	**a)** Mittelsand; stark feinsandig, sehr schwach grobsandig, durchwurzelt							
	b)							
	c) trocken	**d)**	**e)** hellbraun					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
2,50	**a)** Feinsand; mittelsandig bis stark mittelsandig				Grundwasserspiegel 1.00m (m u. GOK)			
	b)							
	c) trocken bis naß	**d)** schwer zu bohren bis sehr schwer zu bohren	**e)** hellgrau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
3,20	**a)** Mittelsand; feinsandig, schwach grobsandig bis grobsandig							
	b)							
	c) naß	**d)** schwer zu bohren	**e)** hellgrau bis grau					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Projekt: Rangsdorfer See

Bohrung: GWM 07/20

Bohrzeit:
von: 23.06.2020
bis: 23.06.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	**a) Benennung der Bodenart und Beimengungen**				**Bemerkungen** **Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges**	**Entnommene Proben**		
	b) Ergänzende Bemerkungen					**Art**	**Nr**	**Tiefe in m (Unterkante)**
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	**d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang**	**e) Farbe**					
	f) Übliche Benennung	**g) Geologische Benennung**	**h) Gruppe**	**i) Kalkgehalt**				
4,00	**a)** Feinsand; schluffig, schwach mittelsandig bis mittelsandig							
	b)							
	c) naß	**d)** schwer zu bohren bis sehr schwer zu bohren	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite: 1

Projekt: Rangsdorfer See

Bohrung: RKS 02/20

Bohrzeit:
von: 22.06.2020
bis: 22.06.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	**a) Benennung der Bodenart und Beimengungen**				**Bemerkungen** **Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges**	**Entnommene Proben**		
	b) Ergänzende Bemerkungen					**Art**	**Nr**	**Tiefe in m (Unterkante)**
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	**d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang**	**e) Farbe**					
	f) Übliche Benennung	**g) Geologische Benennung**	**h) Gruppe**	**i) Kalkgehalt**				
0,20	**a)** Feinsand; schluffig, schwach mittelsandig, durchwurzelt, humos							
	b)							
	c) trocken	**d)** sehr leicht zu bohren	**e)** braun					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
0,30	**a)** Feinsand; schluffig, schwach mittelsandig, schwach durchwurzelt, schwach humos							
	b)							
	c) trocken	**d)** sehr leicht zu bohren	**e)** hellgraubraun					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
0,40	**a)** Feinsand; schwach mittelsandig bis stark mittelsandig, schwach schluffig							
	b)							
	c) trocken	**d)** leicht zu bohren	**e)** gelbbraun					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
1,80	**a)** Mittelsand; feinsandig bis stark feinsandig							
	b)							
	c) trocken	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** hellbraun bis hellbeige					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
1,90	**a)** Feinsand; sehr schwach mittelsandig bis schwach mittelsandig, sehr schwach schluffig bis schwach schluffig							
	b)							
	c) trocken bis schwach feucht	**d)** mäßig schwer zu bohren	**e)** weiß					
	f)	**g)**	**h)**	**i)** 0				

Schichtenverzeichnis

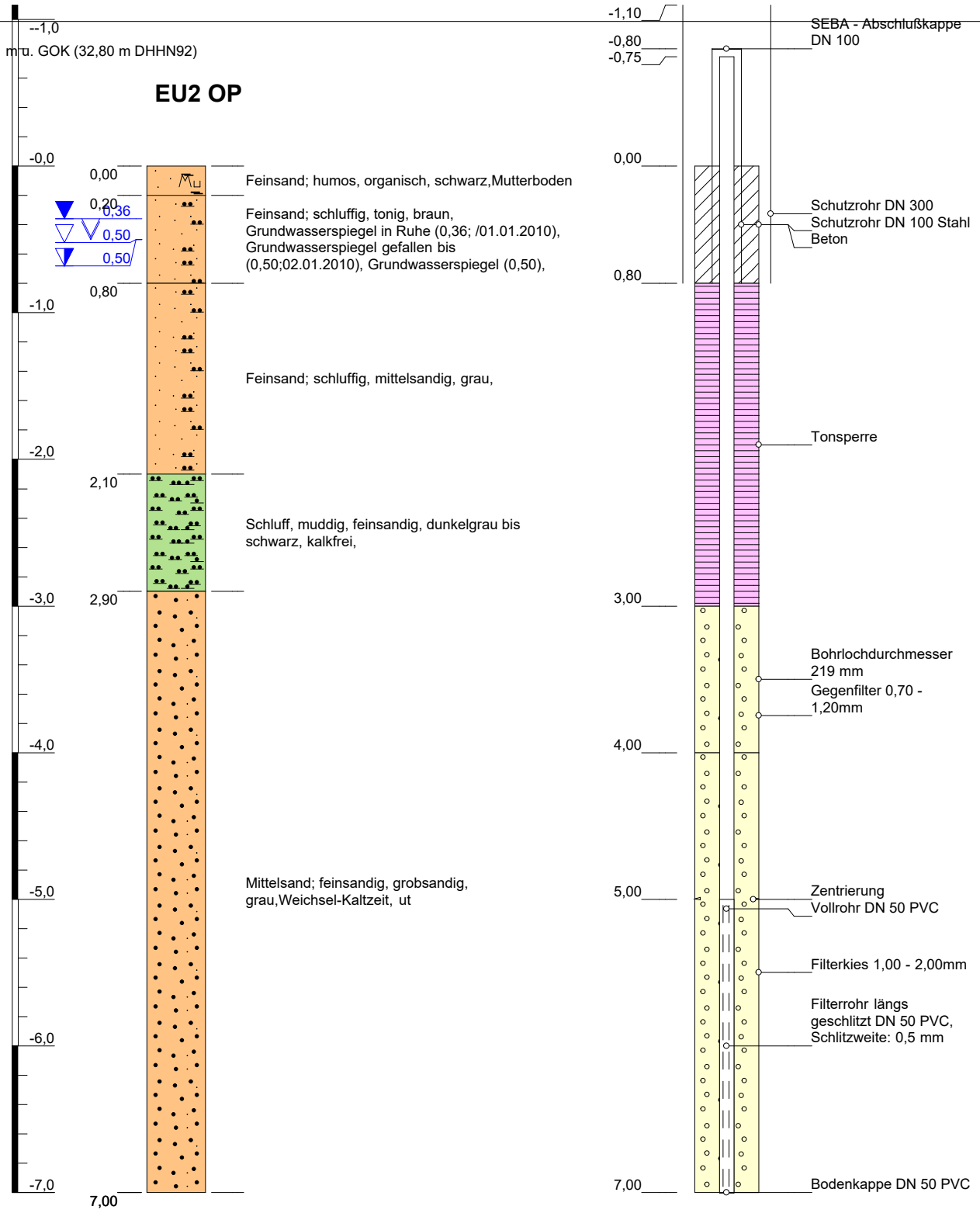
für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Projekt: Rangsdorfer See

Bohrung: RKS 02/20

Bohrzeit:
von: 22.06.2020
bis: 22.06.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	**a) Benennung der Bodenart und Beimengungen**				**Bemerkungen** Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	**Entnommene Proben**		
	b) Ergänzende Bemerkungen					**Art**	**Nr**	**Tiefe in m (Unterkante)**
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	**d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang**	**e) Farbe**					
	f) Übliche Benennung	**g) Geologische Benennung**	**h) Gruppe**	**i) Kalkgehalt**				
2,00	**a)** Feinsand; stark schluffig, sehr schwach mittelsandig bis schwach mittelsandig, schwach bindig, lehmig							
	b)							
	c) trocken bis schwach feucht, bröckelig bis fest	**d)** schwer zu bohren	**e)** dunkelocker					
	f)	**g)**	**h)**	**i)** 0				
4,00	**a)** Schluff; stark feinsandig, schwach mittelsandig, sehr schwach tonig, im Liegenden kiesig							
	b)							
	c) trocken, fest	**d)** schwer zu bohren bis sehr schwer zu bohren	**e)** hellbraunbeige bis beige					
	f) Geschiebelehm	**g)**	**h)**	**i)** 0				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				
	a)							
	b)							
	c)	**d)**	**e)**					
	f)	**g)**	**h)**	**i)**				



Höhenmaßstab: 1:40 Horizontalmaßstab: 1:20

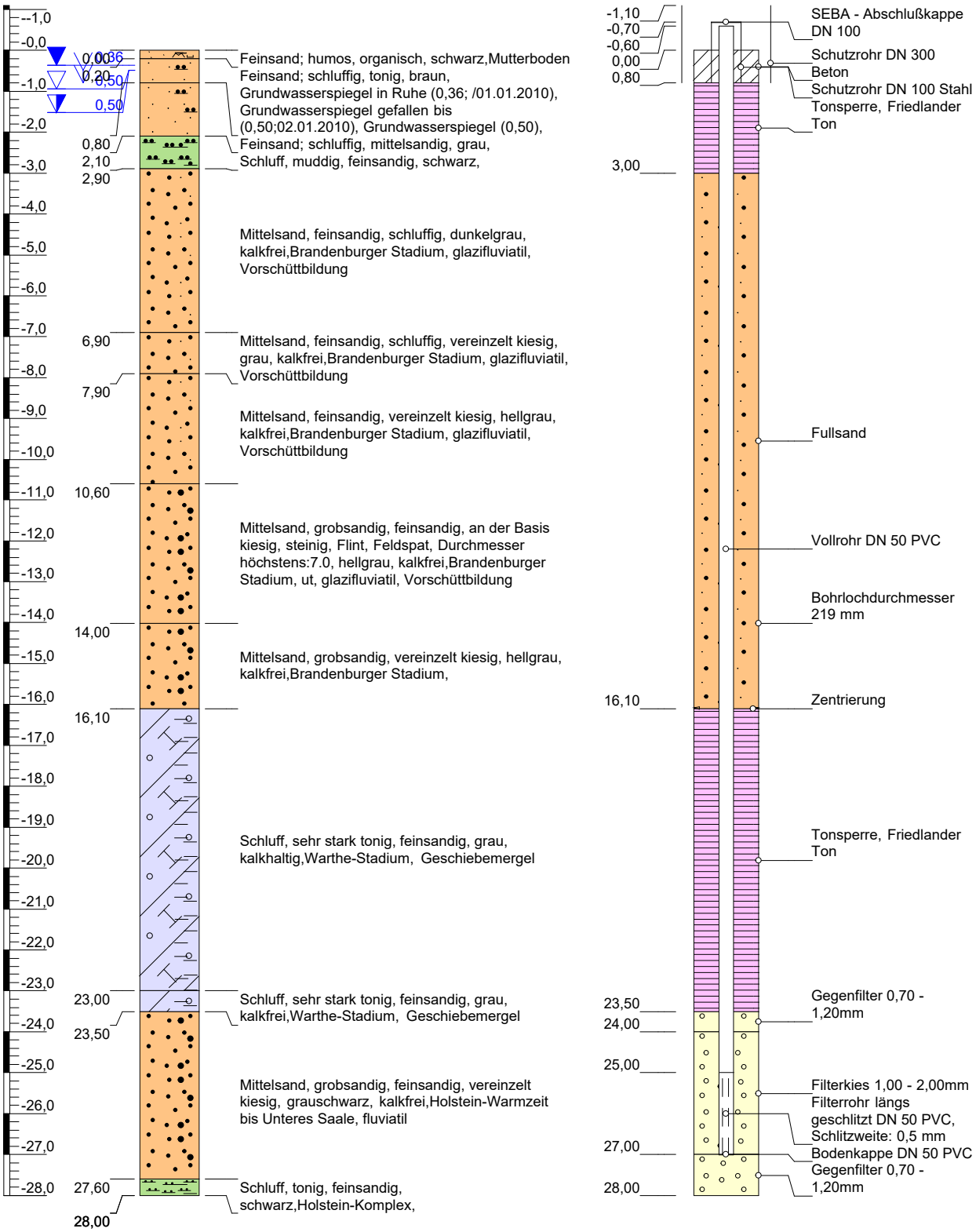
Blatt 1 von 1

Projekt:	**Erganzung des Grundwassermessstellennetz**		
Bohrung:	**EU2 OP**		
Auftraggeber:		Rechtswert:	390874,9
Bohrfirma:		Hochwert:	5793491,2
Bearbeiter:	M.Remus	Ansatzhöhe:	32.80
Datum:	25.08.2010	Endtiefe:	7,00 m

HYDOR

m u. GOK (32,80 m DHHN92)

EU2 UP

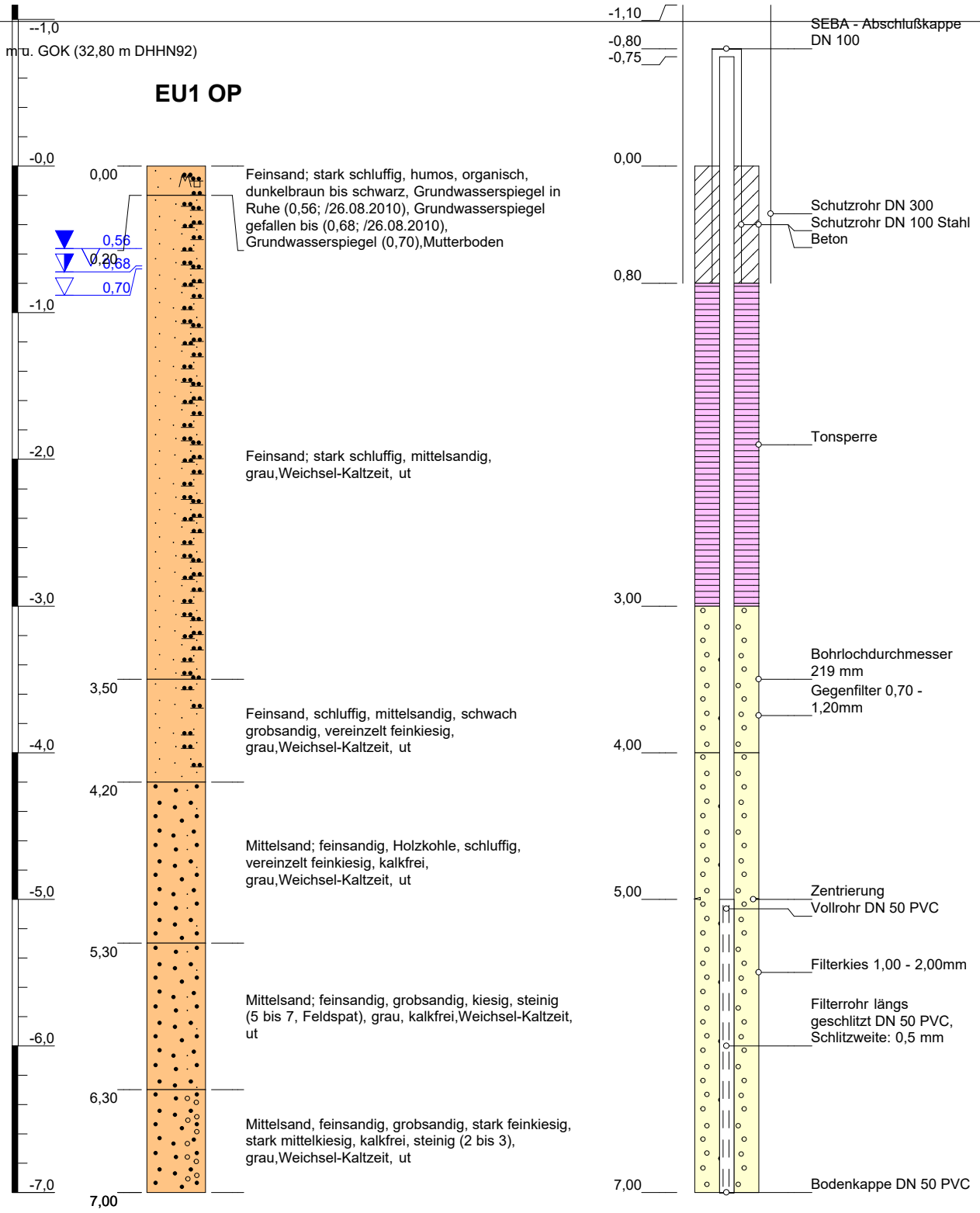


Höhenmaßstab: 1:145 Horizontalmaßstab: 1:20

Blatt 1 von 1

Projekt:	**Erganzung des GW-Messstellennetzes**		
Bohrung:	**EU2 UP**		
Auftraggeber:		Rechtswert:	390875,7
Bohrfirma:		Hochwert:	5793489,6
Bearbeiter:	M.Remus	Ansatzhöhe:	32.80
Datum:	25.08.2010	Endtiefe:	28,00 m

HYDOR



Höhenmaßstab: 1:40 Horizontalmaßstab: 1:20

Blatt 1 von 1

Projekt:	**Erganzung des Grundwassermessstellennetz**		
Bohrung:	**EU1 OP**		
Auftraggeber:		Rechtswert:	390300,6
Bohrfirma:		Hochwert:	5793623,0
Bearbeiter:	M.Remus	Ansatzhöhe:	32.80
Datum:	08.09.2010	Endtiefe:	7,00 m

HYDOR

Anhang 2:
Messwerte der Grundwasseranalysen

Probennummer	Probenbezeichnung	Datum	Wasserspiegel vor Entnahme [m u. ROK]	FOK [m u. GOK]	Färbung	Trübung	Bodensatz	Geruch	Wassertemperatur [C°]	pH	LF [µS/cm]	Redox [mV]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	TOC [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Sulfid gesamt pH<2 [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Nitrat [mg/l]	Nitrat-N [mg/l]	Stickstoff gesamt [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Nitrit-N [mg/l]	Ammonium [mg/l]	Ammonium-N [mg/l]	Eisen gesamt [mg/l]	Eisen II [mg/l]	Eisen III [mg/l]	o-Phosphat [mg/l]	o-Phosphat-P [mg/l]	Phosphor gesamt [mg/l]
20-08318-007	EÜ-1	25.06.2020	1.77	5	farblos	keine	ohne	H2S	10.8	6.88	593	136	0.47	13		0.025	1.19	0.05	0.01	1.32	0.01	0.00	0.85	0.66	1.58	0.51	1.07	1.24	0.40	0.49
20-12037-007	EÜ-1	21.09.2020	2.05		farblos	keine	ohne	H2S	11.6	6.81	597	118	0.05	13			0.05	0.911	0.21	1.50	0.01	0.00	0.61	0.47	1.43	1.30	0.12	1.18	0.38	0.42
21-00334-007	EÜ-1	12.01.2021	1.4		farblos	keine	ohne	H2S	11.3	6.85	629	64	0.03	13	56.00		0.19	0.05	0.01	1.33	0.01	0.00	0.77	0.60	1.39	1.29	0.10	1.16	0.38	0.42
21-02880-009	EÜ-1	10.03.2021	1.285		farblos	keine	ohne	H2S	10.8	6.89	594	55	0.03	12	56.00			0.05	0.01	1.35		0.00	0.80	0.62	1.33	1.29	0.03	0.90	0.29	0.47
21-08550-009	EÜ-1	05.07.2021	1.59		farblos	keine	ohne	H2S	10.7	6.85	732	134	0.09	12	54.00			0.05	0.01	1.34		0.00	0.85	0.66	1.31	1.30	0.03	1.28	0.42	0.61
20-08318-012	EÜ-2 OP	25.06.2020	1.57	5	farblos	keine	ohne	faulig	10.7	6.78	1078	144	0.04	19		0.025	213	0.05	0.01	5.46	0.01	0.00	5.68	4.41	7.11	2.77	4.34	0.50	0.16	0.36
20-12037-012	EÜ-2 OP	21.09.2020	1.85		farblos	keine	ohne	faulig	12.1	6.75	1010	115	0.07	19			181	1.65	0.37	5.64	0.01	0.00	5.82	4.52	7.97	5.20	2.77	0.44	0.14	0.17
	EÜ-2 OP	12.01.2021																												
21-02880-010	EÜ-2 OP	10.03.2021	1.055		farblos	keine	ohne	ohne	10.2	6.84	1007	59	0.05	18	97.00			0.05	0.01	5.52		0.00	6.19	4.81	7.10	5.26	1.84	0.26	0.08	0.33
21-08550-010	EÜ-2 OP	05.07.2021	1.39		farblos	keine	ohne	ohne	11.1	6.82	1328	134	1.22	20	95.00			0.05	0.01	5.31		0.00	5.69	4.42	5.36	5.31	0.05	1.00	0.32	0.82
	EÜ-2 OP	12.01.2021																												
20-08318-013	EÜ-2 UP	25.06.2020	1.44	25	farblos	keine	ohne	ohne	11.3	7.01	740	114	0	13		0.025	57.4	0.05	0.01	3.68	0.01	0.00	4.05	3.14	5.38	2.77	3.96	0.90	0.29	0.63
20-12037-013	EÜ-2 UP	21.09.2020	1.73		farblos	keine	ohne	ohne	11.4	6.94	695	93	0.05	12			42.8	0.05	0.01	3.56	0.01	0.00	3.87	3.01	5.10	4.43	0.67	1.19	0.39	0.34
	EÜ-2 UP	12.01.2021																												
21-02880-011	EÜ-2 UP	10.03.2021	0.95		farblos	keine	ohne	ohne	10.3	7.1	717	57	0.06	11	48.00			0.32	0.07	3.61		0.00	4.01	3.11	4.55	4.47	0.07	0.76	0.25	0.61
21-08550-011	EÜ-2 UP	05.07.2021	1.3		farblos	keine	ohne	ohne	10.6	7.03	860	102	0.85	12	49.00			0.05	0.01	3.38		0.00	3.97	3.08	8.65	4.92	3.74	1.21	0.39	0.48
	EÜ-2 UP	12.01.2021																												
20-08318-001	GWM 1/20	25.06.2020	0.95	0.81	farblos	keine	ohne	ohne	11.1	7.51	382	125	3.57	5.5		0.025	61.3	0.05	0.01	0.25	0.01	0.00	0.35	0.27	0.64	0.03	0.64	0.27	0.09	0.15
20-12037-001	GWM 1/20	21.09.2020	1.1		farblos	keine	ohne	ohne	12.4	7.53	499	122	1.35	1			71.8	0.05	0.01	0.25	0.01	0.00	0.32	0.25	1.37	0.92	0.45	0.26	0.08	0.09
21-00334-001	GWM 1/20	12.01.2021	0.9		farblos	keine	ohne	ohne	10.1	7.49	400	110	1.52	2	15.00		64	0.05	0.01	0.50	0.01	0.00	0.30	0.23	0.74	0.66	0.76	0.32	0.11	0.11
21-02880-001	GWM 1/20	10.03.2021	0.78		farblos	keine	ohne	ohne	8.8	7.5	383	127	0.95	1	16.00			0.05	0.01	0.25		0.00	0.27	0.21	0.67	0.65	0.03	0.27	0.09	0.12
21-08550-001	GWM 1/20	05.07.2021	0.87		farblos	keine	ohne	ohne	11	7.52	462	128	1.75	1	17.00			0.05	0.01	0.25		0.00	0.33	0.26	0.71	0.67	0.03	0.32	0.10	0.17
20-08318-003	GWM 3/20	25.06.2020	3.39	3.7	farblos	keine	ohne	ohne	11	7.2	565	304	0.09	7.5		0.025	82.1	113	25.53	26.60	0.34	0.10	0.03	0.02	0.07	0.03	0.00	0.50	0.16	0.17
20-12037-003	GWM 3/20	21.09.2020	3.605		farblos	keine	ohne	ohne	13.4	7.1	633	264	0.1	3.6			87.6	101	22.82	24.00	0.32	0.10	0.01	0.00	0.05	0.03	0.03	0.49	0.16	0.16

Anhang 2:
Messwerte der Grundwasseranalysen

Probennummer	Probenbezeichnung	Datum	Wasserspiegel vor Entnahme [m u. ROK]	FOK [m u. GOK]	Färbung	Trübung	Bodensatz	Geruch	Wassertemperatur [C°]	pH	LF [µS/cm]	Redox [mV]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	TOC [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Sulfid gesamt pH<2 [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Nitrat [mg/l]	Nitrat-N [mg/l]	Stickstoff gesamt [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Nitrit-N [mg/l]	Ammonium [mg/l]	Ammonium-N [mg/l]	Eisen gesamt [mg/l]	Eisen II [mg/l]	Eisen III [mg/l]	o-Phosphat [mg/l]	o-Phosphat-P [mg/l]	Phosphor gesamt [mg/l]
21-00334-003	GWM 3/20	12.01.2021	3.26		farblos	keine	ohne	ohne	11	7.05	732	367	0.14	4.1	32.00		86	110	24.85	23.50	0.33	0.10	0.01	0.00	0.04	0.03	0.03	0.56	0.18	0.18
21-02880-002	GWM 3/20	10.03.2021	3.145		farblos	keine	ohne	ohne	9.5	7.15	541	133	0.04	3.8	31.00			95	21.46	20.00		0.00	0.01	0.00	0.02	0.03		0.62	0.20	0.19
21-08550-002	GWM 3/20	05.07.2021	3.35		farblos	keine	ohne	ohne	10.7	7.2	609	245	0.19	2.5	34.00			49	11.07	10.60		0.00	0.01	0.01	0.04	0.03	0.03	0.54	0.18	0.22
20-08318-005	GWM 3/84	25.06.2020	2.265	5	farblos	keine	gering-fügig	faulig	12	6.97	1293	132	2.26	15		0.025	544	0.05	0.01	1.61	0.01	0.00	1.09	0.85	8.01	0.17	7.85	0.12	0.04	0.42
20-12037-005	GWM 3/84	21.09.2020	2.57		farblos	keine	gering-fügig	ohne	13	6.97	1294	122	1.02	13			473	0.05	0.01	1.62	0.01	0.00	1.04	0.81	8.79	5.49	3.30	0.16	0.05	0.04
21-00334-005	GWM 3/84	12.01.2021	1.6		farblos	keine	gering-fügig	ohne	10.2	6.91	1627	36	0.8	17	170.00		440	0.05	0.01	1.76	0.01	0.00	1.11	0.86	9.65	9.23	0.43	0.22	0.07	0.06
21-02880-003	GWM 3/84	10.03.2021	1.615		farblos	keine	Spu-ren	faulig	9.9	6.92	1961	78	0.06	17	310.00			0.05	0.01	1.90		0.00	1.13	0.88	10.80	5.53	5.28	0.37	0.12	0.41
21-08550-003	GWM 3/84	05.07.2021	2.04		farblos	keine	ohne	faulig	10.8	7	2020	165	0.19	17	220.00			0.05	0.01	1.84		0.00	1.19	0.92	10.50	5.22	5.28	0.22	0.07	0.52
20-08318-004	GWM 4/20	25.06.2020	1.92	1	farblos	keine	ohne	faulig	11.8	6.99	448	147	0.27	12		0.025	1.99	0.05	0.01	1.26	0.01	0.00	1.31	1.02	2.24	0.28	1.96	0.71	0.23	0.33
20-12037-004	GWM 4/20	21.09.2020	2.16		farblos	keine	ohne	faulig	13.7	6.93	512	143	0.29	7.5			0.549	0.372	0.08	1.53	0.01	0.00	1.33	1.03	2.40	2.07	0.33	0.80	0.260	0.260
21-00334-004	GWM 4/20	12.01.2021	1.5		farblos	keine	ohne	faulig	9.1	6.9	504	73	0.04	7.3	20.00		0.56	0.05	0.01	1.36	0.01	0.00	1.28	0.99	2.29	2.13	0.16	0.65	0.21	0.22
21-02880-004	GWM 4/20	10.03.2021	1.46		farblos	keine	ohne	faulig	7.8	4.99	444	68	0.02	7.2	20.00			0.05	0.01	1.41		0.00	1.25	0.97	2.04	2.03	0.03	0.55	0.18	0.281
21-08550-004	GWM 4/20	05.07.2021	1.76		farblos	keine	ohne	faulig	11.8	6.96	526	162	0.25	7.6	19.00			0.05	0.01	1.47		0.00	1.49	1.16	2.31	2.25	0.06	0.73	0.24	0.42
20-08318-006	GWM 4/84	25.06.2020	1.75	5	braun	stark	spu-ren	faulig	10.9	7	542	90	0.28	7.6		0.025	18.4	0.05	0.01	1.17	0.02	0.01	1.21	0.94	2.56	0.26	2.30	0.14	0.05	0.44
20-12037-006	GWM 4/84	21.09.2020	1.98		gelb	schwach	spu-ren	faulig	12.1	6.97	568	82	0.05	6.7			13.8	0.796	0.18	1.34	0.02	0.01	1.15	0.89	92.50	37.10	55.40	0.15	0.05	0.04
21-00334-006	GWM 4/84	12.01.2021	1.41		gelb	schwach	spu-ren	faulig	10.8	6.99	550	45	0.04	5.7	23.00		1.7	0.05	0.01	1.17	0.01	0.00	1.14	0.89	28.30	13.10	15.10	0.27	0.09	0.22
21-02880-005	GWM 4/84	10.03.2021	1.33		gelb	schwach	spu-ren	faulig	10	7.03	514	35	0.03	5.2	25.00			0.05	0.01	1.18		0.00	1.14	0.89	22.60	6.37	16.20	1.56	0.51	1.00
21-08550-005	GWM 4/84	05.07.2021	1.61		gelb	schwach	spu-ren	faulig	10.5	7.02	608	180	0.12	6.7	24.00			0.05	0.01	1.23		0.00	1.22	0.95	7.44	5.19	2.25	0.38	0.12	0.99
20-08318-008	GWM 5/20	25.06.2020	1.8	1.45	farblos	keine	ohne	faulig	11.7	7.02	705	139	0.22	11		0.025	4.76	0.05	0.01	5.50	0.01	0.00	6.18	4.80	0.14	0.11	0.03	2.08	0.68	0.71
20-12037-008	GWM 5/20	21.09.2020	2.05		farblos	keine	ohne	faulig	13.6	6.89	727	132	0.43	12			4.98	0.321	0.07	5.50	0.01	0.00	5.94	4.61	0.14	0.12	0.03	2.05	0.67	0.70
21-00334-008	GWM 5/20	12.01.2021	1.5		farblos	keine	ohne	faulig	10.4	6.93	873	74	0.09	11	61.00		1.6	0.05	0.01	5.19	0.01	0.00	6.10	4.74	0.16	0.15	0.03	2.00	0.65	0.66
21-02880-006	GWM 5/20	10.03.2021	1.45		farblos	keine	ohne	H2S	9.2	6.96	814	15	0.07	36	62.00			0.05	0.01	6.25		0.00	7.59	5.89	0.13	0.10	0.03	2.09	0.68	0.69

Anhang 2:
Messwerte der Grundwasseranalysen

Probennummer	Probenbezeichnung	Datum	Wasserspiegel vor Entnahme [m u. ROK]	FOK [m u. GOK]	Färbung	Trübung	Bodensatz	Geruch	Wassertemperatur [C°]	pH	LF [µS/cm]	Redox [mV]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	TOC [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Sulfid gesamt pH<2 [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Nitrat [mg/l]	Nitrat-N [mg/l]	Stickstoff gesamt [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Nitrit-N [mg/l]	Ammonium [mg/l]	Ammonium-N [mg/l]	Eisen gesamt [mg/l]	Eisen II [mg/l]	Eisen III [mg/l]	o-Phosphat [mg/l]	o-Phosphat-P [mg/l]	Phosphor gesamt [mg/l]
21-08550-006	GWM 5/20	05.07.2021	1.66		farblos	keine	ohne	H2S	11.8	6.97	882	62	0.18	11	59.00			0.05	0.01	5.24		0.00	6.27	4.87	0.12	0.09	0.03	2.05	0.67	0.87
20-08318-009	GWM 6/20	25.06.2020	0.9	0.69	farblos	keine	ohne	faulig	12.1	6.88	716	196	0.06	3.6		0.025	221	0.05	0.01	0.25	0.01	0.00	0.24	0.19	0.57	0.08	0.49	0.23	0.07	0.04
20-12037-009	GWM 6/20	21.09.2020	1.125		farblos	keine	ohne	ohne	14.3	6.85	935	167	0.11	4.4			237	0.05	0.01	0.25	0.01	0.00	0.24	0.19	1.11	1.05	0.06	0.16	0.05	0.04
21-00334-009	GWM 6/20	12.01.2021	0.874		farblos	keine	ohne	ohne	9.6	6.79	855	99	0.14	2.8	54.00		230	0.05	0.01	0.26	0.01	0.00	0.04	0.03	0.54	0.52	0.03	0.12	0.04	0.03
21-02880-007	GWM 6/20	10.03.2021	0.71		farblos	keine	ohne	ohne	8.1	6.66	1055	140	0.06	4.2	89.00			0.05	0.01	0.25		0.00	0.08	0.06	0.65	0.64	0.03	0.07	0.02	0.03
21-08550-007	GWM 6/20	05.07.2021	0.84		farblos	keine	ohne	ohne	12.4	6.83	1014	145	0.18	3.8	54.00			0.05	0.01	0.25		0.00	0.10	0.08	0.36	0.35	0.03	0.07	0.02	0.03
20-08318-010	GWM 7/20	25.06.2020	1.68	1.3	farblos	keine	ohne	ohne	11.6	7.06	1203	161	0.85	1		0.025	97.6	0.05	0.01	0.25	0.01	0.00	0.10	0.08	1.57	0.47	1.10	0.12	0.04	0.03
20-12037-010	GWM 7/20	21.09.2020	1.855		farblos	keine	ohne	ohne	13.1	6.96	1191	207	0.35	1			91.3	0.05	0.01	0.25	0.01	0.00	0.07	0.05	1.45	1.28	0.17	0.10	0.03	0.02
21-00334-010	GWM 7/20	12.01.2021	1.66		farblos	keine	ohne	ohne	9.7	7.09	1000	151	0.68	1	270.00		78	0.05	0.01	0.25	0.01	0.00	0.06	0.05	1.17	1.07	0.10	0.14	0.05	0.03
21-02880-008	GWM 7/20	10.03.2021	1.5		farblos	keine	ohne	ohne	8.5	7.13	905	121	0.19	1	250.00			0.1	0.02	0.25		0.00	0.07	0.05	1.06	1.02	0.03	0.05	0.02	0.04
21-08550-008	GWM 7/20	05.07.2021	1.63		farblos	keine	ohne	ohne	11.9	7.06	1143	129	0.48	1	340.00			0.05	0.01	0.25		0.00	0.08	0.06	1.23	1.20	0.03	0.11	0.04	0.05
20-08318-002	Koppelpumpe	25.06.2020		8	farblos	keine	ohne	faulig	11.7	7.33	446	161	2.76	8.6		0.025	65.4	0.05	0.01	0.53	0.01	0.00	0.17	0.13	1.92	0.03	1.92	0.13	0.04	0.04
20-12037-002	Koppelpumpe	21.09.2020			farblos	keine	ohne	faulig	13.8	7.23	585	160	2.44	4.2			81	0.05	0.01	0.25	0.01	0.00	0.14	0.11	2.32	1.92	0.40	0.11	0.04	0.02
21-00334-002	Koppelpumpe	12.01.2021			farblos	keine	ohne	faulig	9	7.17	497	155	2.39	4.5	21.00		78	0.05	0.01	0.25	0.01	0.00	0.14	0.11	2.30	2.04	0.26	0.11	0.04	0.03
21-02880-013	Koppelpumpe	10.03.2021			farblos	keine	ohne	faulig	7.6	7.22	474	177	1.99	4.7	19.00			0.05	0.01	0.25		0.00	0.17	0.13	2.36	2.35	0.03	0.02	0.00	0.04
21-08550-013	Koppelpumpe	05.07.2021			farblos	keine	ohne	faulig	12.5	7.23	557	195		4.3	17.00			0.05	0.01	0.25		0.00	0.18	0.14	1.90	1.75	0.15	0.09	0.03	0.04
20-08318-011	Pegel 5/D	25.06.2020	5.19	7	farblos	keine	ohne	ohne	10.2	7.08	524	329	0	2.1		0.025	118	0.05	0.01	0.25	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.07	0.02	0.02
20-12037-011	Pegel 5/D	21.09.2020	5.305		farblos	keine	ohne	ohne	11	7.06	557	282	0.05	2.1			125	1.04	0.23	0.25	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.00	0.02
21-00334-011	Pegel 5/D	12.01.2021	5.27		farblos	keine	ohne	ohne	11.6	7.02	624	195	0.05	2.3	8.40		120	0.05	0.01	0.25	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.015	0.0048915	0.015
21-02880-012	Pegel 5/D	10.03.2021	5.115		farblos	keine	ohne	ohne	11.3	7.7	534	188	0.07	2.2	38.00			0.05	0.01	0.25		0.00	0.02	0.02	1.01	0.03	0.03	0.02	0.00	0.02
21-08550-012	Pegel 5/D	05.07.2021	5.16		farblos	keine	ohne	ohne	11.4	7.02	691	233	0.15	2	39.00			0.05	0.01	0.25		0.00	0.02	0.02	0.03	0.03	0.22	0.02	0.00	0.02

Anhang 3:
Protokolle der Durchflussmessungen

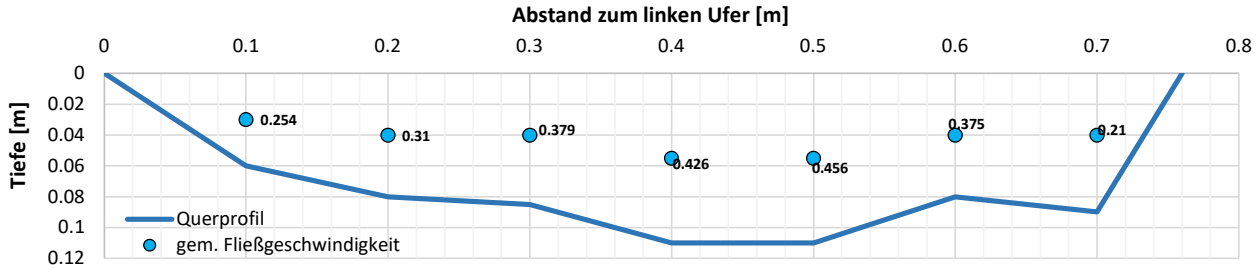
Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	Glasowbach bei Autobrücke Dahlewitz
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	11.05.2021; 12:30	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Rangsdorf Autobahnbrücke	**Bauform/Profil**	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Witterung	Sonnig ,24°C	**Breite**	0,76 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	vereinzelt größere Steine im Bachbett
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[s]	[m/s]	[m^3/s]
Anfang	0	0	-				-	0	
1	0.1	0.06	0.03	0.03	0.1	0.0030	30	0.254	0.0004
2	0.2	0.08	0.04	0.07	0.1	0.0070	30	0.31	0.0020
3	0.3	0.09	0.04	0.08	0.1	0.0083	30	0.379	0.0028
4	0.4	0.11	0.06	0.10	0.1	0.0098	30	0.426	0.0039
5	0.5	0.11	0.06	0.11	0.1	0.0110	30	0.456	0.0049
6	0.6	0.08	0.04	0.10	0.1	0.0095	30	0.375	0.0039
7	0.7	0.09	0.04	0.09	0.1	0.0085	30	0.21	0.0025
Ende	0.76	0	-	0.05	0.06	0.0027	-	0	0.0003



Benetzte Fläche gesamt [m^2]	0.06				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.344	**Min:**	0.21	**Max:**	0.456
Gesamtdurchfluss min [m^3/s]	0.021	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

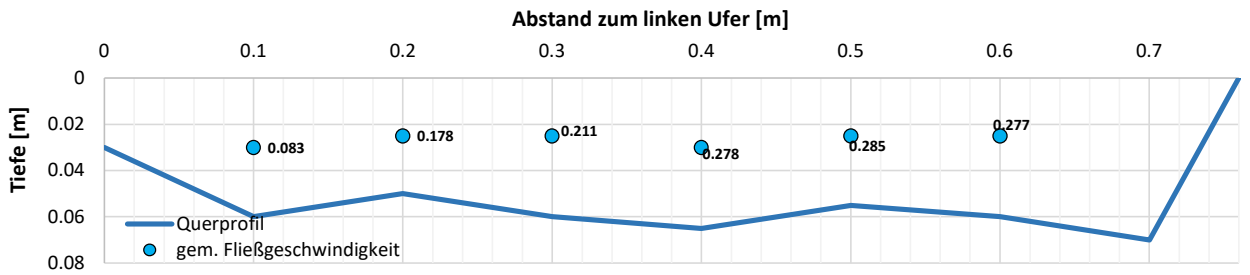
Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	Glasowbach bei Autobrücke Dahlewitz
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	06.07.2021; 12:30	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Glasowbach Blankenfelde-Dahlewitz	**Bauform/Profil**	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Witterung	Sonnig ,29°C	**Breite**	0,76 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	vereinzelt größere Steine im Bachbett
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[s]	[m/s]	[m³/s]
Anfang	0	0.03	-				-	0	
1	0.1	0.06	0.03	0.05	0.1	0.0045	30	0.083	0.0002
2	0.2	0.05	0.03	0.06	0.1	0.0055	30	0.178	0.0007
3	0.3	0.06	0.03	0.06	0.1	0.0055	30	0.211	0.0011
4	0.4	0.07	0.03	0.06	0.1	0.0063	30	0.278	0.0015
5	0.5	0.06	0.03	0.06	0.1	0.0060	30	0.285	0.0017
6	0.6	0.06	0.03	0.06	0.1	0.0058	30	0.277	0.0016
7	0.7	0.07	0.03	0.07	0.1	0.0070	30	0.124	0.0014
Ende	0.76	0	0	0.00	0.06	0.0000	-	0	0.0000



Benetzte Fläche gesamt [m²]	0.04				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.219	**Min:**	0.083	**Max:**	0.285
Gesamtdurchfluss min [m³/s]	0.008	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

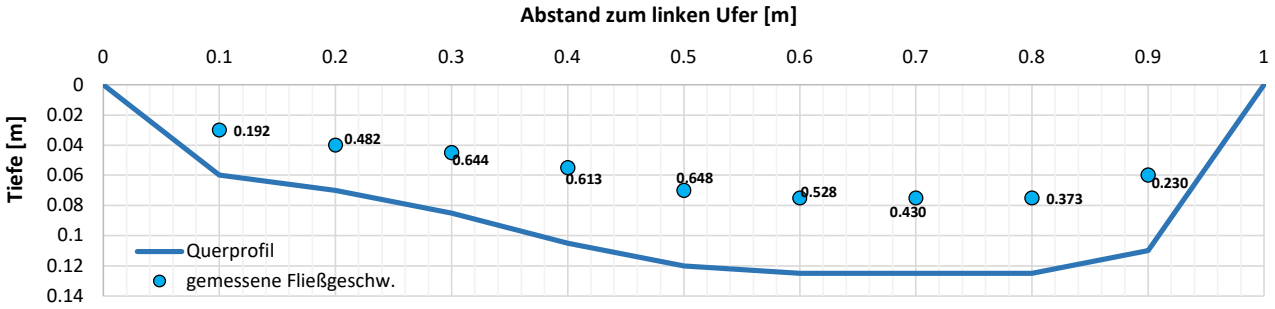
Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach Blankenfelde Autobrücke L40
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	04.02.2021; 12:00	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Blankenfelde - Dahlewitz	**Bauform/Profil**	künstlich, Steinaufschüttung
Witterung	Nieselregen , 1°C	**Breite**	1 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[s]	[m/s]	[m^3/s]
Anfang	0	0	-				-	0.000	
1	0.1	0.06	0.03	0.030	0.1	0.0030	30	0.192	0.0003
2	0.2	0.07	0.04	0.065	0.1	0.0065	30	0.482	0.0022
3	0.3	0.085	0.05	0.078	0.1	0.0078	30	0.644	0.0044
4	0.4	0.105	0.06	0.095	0.1	0.0095	30	0.613	0.0060
5	0.5	0.12	0.07	0.113	0.1	0.0113	30	0.648	0.0071
6	0.6	0.125	0.08	0.123	0.1	0.0123	30	0.528	0.0072
7	0.7	0.125	0.08	0.125	0.1	0.0125	30	0.430	0.0060
8	0.8	0.125	0.08	0.125	0.1	0.0125	30	0.373	0.0050
9	0.9	0.11	0.06	0.120	0.1	0.0120	30	0.230	0.0040
Ende	1	0	-	0.055	0.1	0.0055	-	0.000	0.0006



Benetzte Fläche gesamt [m^2]	0.09				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.460	**Min:**	0.192	**Max:**	0.648
Gesamtdurchfluss [m^3/s]	0.043	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

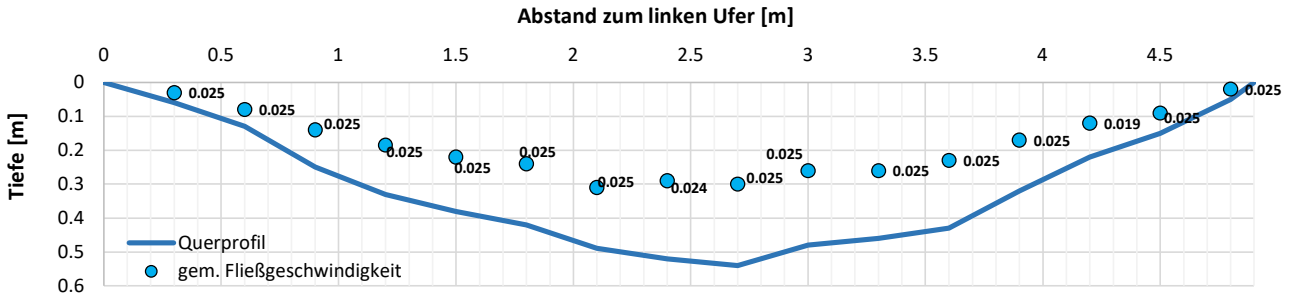
Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach bei Autobahnbrücke,
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	unter Fußgängerbrücke
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	24.03.2021; 14:30	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Rangsdorf Autobahnbrücke	**Bauform/Profil**	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Witterung	Sonnig ,9°C	**Breite**	4,90 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	vereinzelt größere Steine im Bachbett, teils deutlich windbeeinflusst
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Annahme Detektionslimit (0,025m/s) bei beobachtbarem Wasserfluss

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[s]	[m/s]	[m³/s]
Anfang	0	0	-				-	0	
1	0.3	0.06	0.03	0.03	0.3	0.0090	keine Schaufelbew.	0.025	0.0001
2	0.6	0.13	0.08	0.10	0.3	0.0285	keine Schaufelbew.	0.025	0.0007
3	0.9	0.25	0.14	0.19	0.3	0.0570	keine Schaufelbew.	0.025	0.0014
4	1.2	0.33	0.19	0.29	0.3	0.0870	keine Schaufelbew.	0.025	0.0022
5	1.5	0.38	0.22	0.36	0.3	0.1065	keine Schaufelbew.	0.025	0.0027
6	1.8	0.42	0.24	0.40	0.3	0.1200	keine Schaufelbew.	0.025	0.0030
7	2.1	0.49	0.31	0.46	0.3	0.1365	keine Schaufelbew.	0.025	0.0034
8	2.4	0.52	0.29	0.51	0.3	0.1515	30	0.024	0.0037
9	2.7	0.54	0.30	0.53	0.3	0.1590	keine Schaufelbew.	0.025	0.0039
10	3	0.48	0.26	0.51	0.3	0.1530	keine Schaufelbew.	0.025	0.0038
11	3.3	0.46	0.26	0.47	0.3	0.1410	keine Schaufelbew.	0.025	0.0035
12	3.6	0.43	0.23	0.45	0.3	0.1335	keine Schaufelbew.	0.025	0.0033
13	3.9	0.32	0.17	0.38	0.3	0.1125	keine Schaufelbew.	0.025	0.0028
14	4.2	0.22	0.12	0.27	0.3	0.0810	keine Schaufelbew.	0.019	0.0018
15	4.5	0.15	0.09	0.19	0.3	0.0555	keine Schaufelbew.	0.025	0.0012
16	4.8	0.05	0.02	0.10	0.3	0.0300	keine Schaufelbew.	0.025	0.0008
Ende	4.9	0	-	0.03	0.1	0.0025	-	0	0.0000



Benetzte Fläche gesamt [m²]	1.56				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.025	**Min:**	0.019	**Max:**	0.025
Geschätzter max. Gesamtdurchfluss [m	0.038	(aus Teilsummen Q Lamelle bei halben Detektionslimit)			

Bemerkungen

Geschätzter Abfluss bei Annahme halbes Detektionslimit (0,0125 m/s)

0,022 m³/s

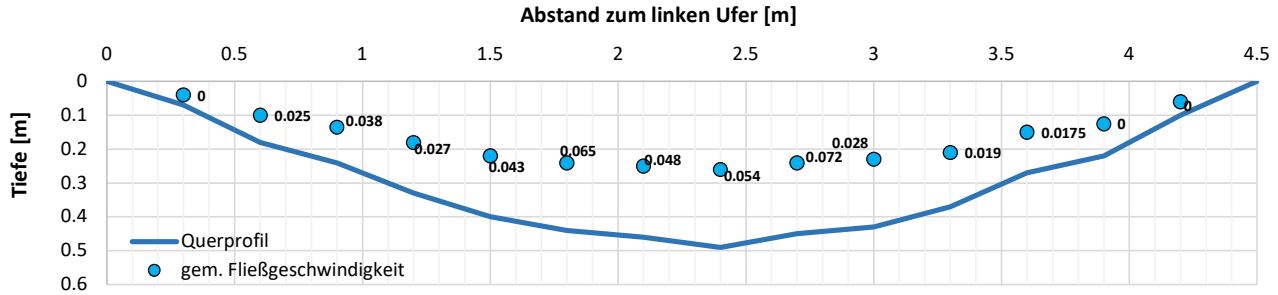
Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach bei Autobahnbrücke,
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	unter Fußgängerbrücke
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	22.02.2021; 10:00	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Rangsdorf Autobahnbrücke	**Bauform/Profil**	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Witterung	Sonnig , 6°C	**Breite**	4,5 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	vereinzelt größere Steine im Bachbett, teils geschlossenene Eisdecke
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[s]	[m/s]	[m³/s]
Anfang	0	0	-				-	0	
1	0.3	0.07	0.04	0.04	0.3	0.0105	keine Schaufelbew.	0	0.0000
2	0.6	0.18	0.10	0.13	0.3	0.0375	30	0.025	0.0005
3	0.9	0.24	0.14	0.21	0.3	0.0630	30	0.038	0.0020
4	1.2	0.33	0.18	0.29	0.3	0.0855	30	0.027	0.0028
5	1.5	0.40	0.22	0.37	0.3	0.1095	30	0.043	0.0038
6	1.8	0.44	0.24	0.42	0.3	0.1260	30	0.065	0.0068
7	2.1	0.46	0.25	0.45	0.3	0.1350	30	0.048	0.0076
8	2.4	0.49	0.26	0.48	0.3	0.1425	30	0.054	0.0073
9	2.7	0.45	0.24	0.47	0.3	0.1410	30	0.072	0.0089
10	3	0.43	0.23	0.44	0.3	0.1320	30	0.028	0.0066
11	3.3	0.37	0.21	0.40	0.3	0.1200	30	0.019	0.0028
12	3.6	0.27	0.15	0.32	0.3	0.0960	30	0.0175	0.0018
13	3.9	0.22	0.13	0.25	0.3	0.0735	keine Schaufelbew.	0	0.0006
14	4.2	0.10	0.06	0.16	0.3	0.0480	keine Schaufelbew.	0	0.0000
Ende	4.5	0	-	0.05	0.3	0.0150	-	0	0.0000



Benetzte Fläche gesamt [m²]	1.34				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.031	**Min:**	0	**Max:**	0.072
Gesamtdurchfluss [m³/s]	0.051	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

Teils befindet sich Geäst und größere Steine im Bachbett, welche das Strömungsregime beeinflussen. Kurzzeitige Zwischenspeicherung von Wasser am Rand des Bachbetts.

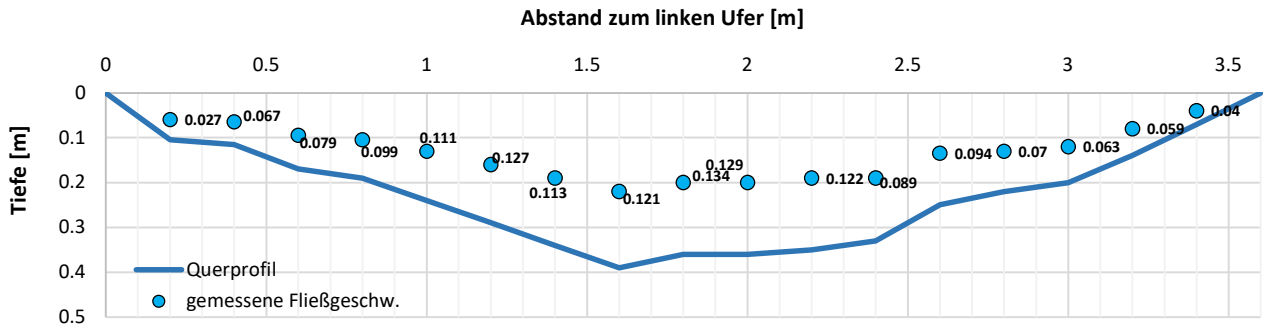
Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach bei Autobahnbrücke,
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	unter Fußgängerbrücke
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	20.01.2021, 10:30	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Rangsdorf Autobahnbrücke	**Bauform/Profil**	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Witterung	Heiter, 8°C	**Breite**	3,6 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	vereinzelt größere Steine im Bachbett
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[s]	[m/s]	[m³/s]
Anfang	0	0	-				-	0	
1	0.2	0.11	0.06	0.053	0.2	0.0105	60	0.027	0.00014
2	0.4	0.12	0.07	0.110	0.2	0.0220	60	0.067	0.00103
3	0.6	0.17	0.10	0.143	0.2	0.0285	60	0.079	0.00208
4	0.8	0.19	0.11	0.180	0.2	0.0360	60	0.099	0.00320
5	1	0.24	0.13	0.215	0.2	0.0430	60	0.111	0.00452
6	1.2	0.29	0.16	0.265	0.2	0.0530	60	0.127	0.00631
7	1.4	0.34	0.19	0.315	0.2	0.0630	60	0.113	0.00756
8	1.6	0.39	0.22	0.365	0.2	0.0730	60	0.121	0.00854
9	1.8	0.36	0.20	0.375	0.2	0.0750	60	0.134	0.00956
10	2	0.36	0.20	0.360	0.2	0.0720	60	0.129	0.00947
11	2.2	0.35	0.19	0.355	0.2	0.0710	60	0.122	0.00891
12	2.4	0.33	0.19	0.347	0.2	0.0693	60	0.089	0.00731
13	2.6	0.25	0.14	0.290	0.2	0.0580	60	0.094	0.00531
14	2.8	0.22	0.13	0.235	0.2	0.0470	60	0.07	0.00385
15	3	0.20	0.12	0.210	0.2	0.0420	60	0.063	0.00279
16	3.2	0.14	0.08	0.170	0.2	0.0340	60	0.059	0.00207
17	3.4	0.07	0.04	0.105	0.2	0.0210	60	0.04	0.00104
Ende	3.6	0	-	0.035	0.2	0.0070	-	0	0.00014



Benetzte Fläche gesamt [m²]	0.83				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.091	**Min:**	0.027	**Max:**	0.134
Gesamtdurchfluss [m³/s]	0.084	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

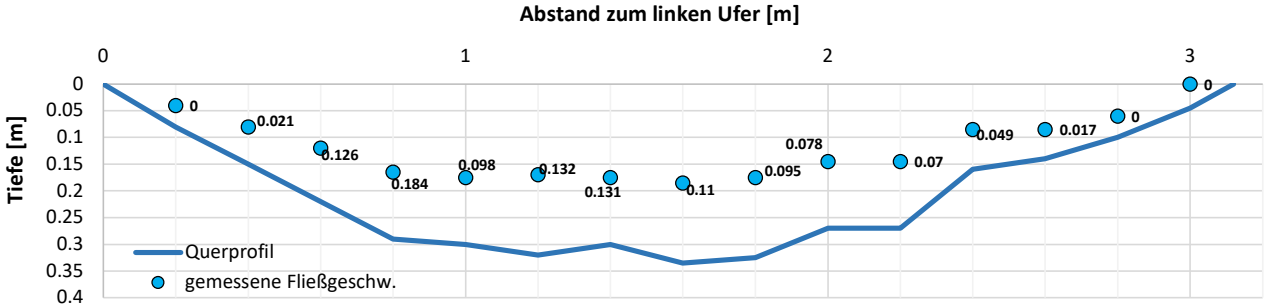
Teils befindet sich Geäst und größere Steine im Bachbett, welche das Strömungsregime beeinflussen. Kurzzeitige Zwischenspeicherung von Wasser am Rand des Bachbetts.

Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach bei Autobahnbrücke,
Auftraggeber	StALU Vorpommern	**Lagebeschreibung**	unter Fußgängerbrücke
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	14.01.2021, 10:00	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Rangsdorf Autobahnbrücke	**Bauform/Profil**	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Witterung	Heiter, 1°C	**Breite**	3,12 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	vereinzelt größere Steine im Bachbett
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde
Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[s]	[m/s]	[m³/s]
Anfang	0	0	-				-	0	
1	0.2	0.080	0.040	0.04	0.2	0.0080	keine Schaufelbew.	0	0.00000
2	0.4	0.150	0.080	0.115	0.2	0.0230	30	0.021	0.00024
3	0.6	0.220	0.120	0.185	0.2	0.0370	30	0.126	0.00272
4	0.8	0.290	0.165	0.255	0.2	0.0510	30	0.184	0.00791
5	1	0.300	0.175	0.295	0.2	0.0590	30	0.098	0.00832
6	1.2	0.320	0.170	0.31	0.2	0.0620	30	0.132	0.00713
7	1.4	0.300	0.175	0.31	0.2	0.0620	30	0.131	0.00815
8	1.6	0.335	0.185	0.3175	0.2	0.0635	30	0.11	0.00765
9	1.8	0.325	0.175	0.33	0.2	0.0660	30	0.095	0.00677
10	2	0.270	0.145	0.2975	0.2	0.0595	30	0.078	0.00515
11	2.2	0.270	0.145	0.27	0.2	0.0540	30	0.07	0.00400
12	2.4	0.160	0.085	0.215	0.2	0.0430	30	0.049	0.00256
13	2.6	0.140	0.085	0.15	0.2	0.0300	30	0.017	0.00099
14	2.8	0.100	0.060	0.12	0.2	0.0240	keine Schaufelbew.	0	0.00020
15	3	0.045	-	0.0725	0.2	0.0145	keine Schaufelbew.	0	0.00000
Ende	3.12	0	-	0.0225	0.12	0.0027	-	0	0.00000



Benetzte Fläche gesamt [m²]	0.66				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.074	**Min:**	0	**Max:**	0.184
Gesamtdurchfluss [m³/s]	0.062	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen
Teils befindet sich Geäst und größere Steine im Bachbett, welche das Strömungsregime beeinflussen. Kurzzeitige Zwischenspeicherung von Wasser am Rand des Bachbetts.

Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

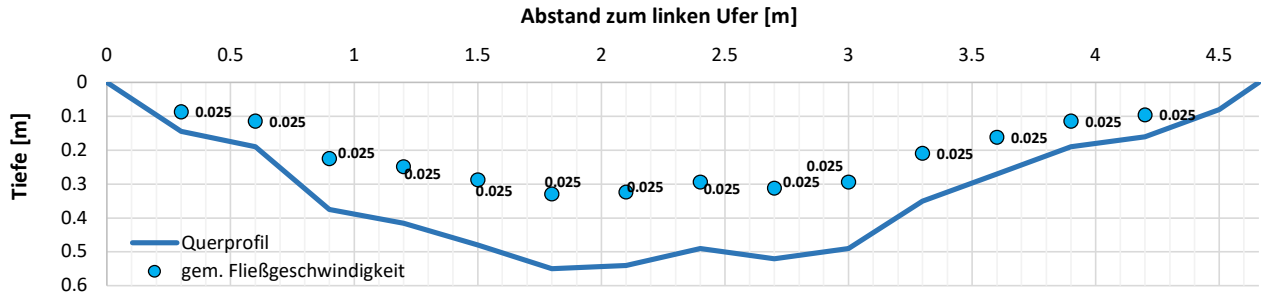
Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach bei Autobahnbrücke,
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	unter Fußgängerbrücke
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	11.05.2021; 10:00	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Rangsdorf Autobahnbrücke	**Bauform/Profil**	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Witterung	Sonnig ,24°C	**Breite**	4,66 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	vereinzelt größere Steine im Bachbett, teils deutlich windbeeinflusst
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Annahme Detektionslimit (0,025m/s) bei beobachtbarem Wasserfluss

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[s]	[m/s]	[m³/s]
Anfang	0	0	-				-	0	
1	0.3	0.15	0.09	0.07	0.3	0.0218	keine Schaufelbew.	0.025	0.0003
2	0.6	0.19	0.11	0.17	0.3	0.0503	keine Schaufelbew.	0.025	0.0013
3	0.9	0.38	0.23	0.28	0.3	0.0848	keine Schaufelbew.	0.025	0.0021
4	1.2	0.42	0.25	0.40	0.3	0.1185	keine Schaufelbew.	0.025	0.0030
5	1.5	0.48	0.29	0.45	0.3	0.1343	keine Schaufelbew.	0.025	0.0034
6	1.8	0.55	0.33	0.52	0.3	0.1545	keine Schaufelbew.	0.025	0.0039
7	2.1	0.54	0.32	0.55	0.3	0.1635	keine Schaufelbew.	0.025	0.0041
8	2.4	0.49	0.29	0.52	0.3	0.1545	keine Schaufelbew.	0.025	0.0039
9	2.7	0.52	0.31	0.51	0.3	0.1515	keine Schaufelbew.	0.025	0.0038
10	3	0.49	0.29	0.51	0.3	0.1515	keine Schaufelbew.	0.025	0.0038
11	3.3	0.35	0.21	0.42	0.3	0.1260	keine Schaufelbew.	0.025	0.0032
12	3.6	0.27	0.16	0.31	0.3	0.0930	keine Schaufelbew.	0.025	0.0023
13	3.9	0.19	0.11	0.23	0.3	0.0690	keine Schaufelbew.	0.025	0.0017
14	4.2	0.16	0.10	0.18	0.3	0.0525	keine Schaufelbew.	0.025	0.0013
15	4.5	0.08	0.03	0.12	0.3	0.0360	keine Schaufelbew.	0.025	0.0009
Ende	4.66	0	-	0.04	0.16	0.0064	-	0	0.0001



Benetzte Fläche gesamt [m²]	1.57				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.025	**Min:**	0	**Max:**	0.025
Geschätzter max. Gesamtdurchfluss [m	0.039	(aus Teilsummen Q Lamelle bei Detektionslimit)			

Bemerkungen

Geschätzter Abfluss bei Annahme halbes Detektionslimit (0,0125 m/s)

0,019 m³/s

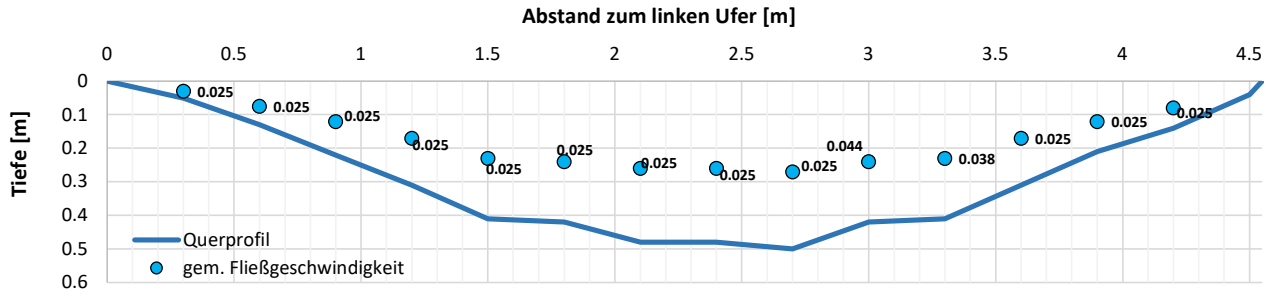
Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach bei Autobahnbrücke,
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	unter Fußgängerbrücke
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	10.03.2021; 14:30	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Rangsdorf Autobahnbrücke	**Bauform/Profil**	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Witterung	Sonnig ,9°C	**Breite**	4,55 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	vereinzelt größere Steine im Bachbett
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748,
Annahme Detektionslimit (0,025m/s) bei beobachtbarem Wasserfluss

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[s]	[m/s]	[m³/s]
Anfang	0	0	-				-	0	
1	0.3	0.05	0.03	0.03	0.3	0.0075	keine Schaufelbew.	0.025	0.0001
2	0.6	0.13	0.08	0.09	0.3	0.0270	keine Schaufelbew.	0.025	0.0007
3	0.9	0.22	0.12	0.18	0.3	0.0525	keine Schaufelbew.	0.025	0.0013
4	1.2	0.31	0.17	0.27	0.3	0.0795	keine Schaufelbew.	0.025	0.0020
5	1.5	0.41	0.23	0.36	0.3	0.1080	keine Schaufelbew.	0.025	0.0027
6	1.8	0.42	0.24	0.42	0.3	0.1245	keine Schaufelbew.	0.025	0.0031
7	2.1	0.48	0.26	0.45	0.3	0.1350	keine Schaufelbew.	0.025	0.0034
8	2.4	0.48	0.26	0.48	0.3	0.1440	keine Schaufelbew.	0.025	0.0036
9	2.7	0.50	0.27	0.49	0.3	0.1470	keine Schaufelbew.	0.025	0.0037
10	3	0.42	0.24	0.46	0.3	0.1380	30	0.044	0.0048
11	3.3	0.41	0.23	0.42	0.3	0.1245	30	0.038	0.0051
12	3.6	0.31	0.17	0.36	0.3	0.1080	keine Schaufelbew.	0.025	0.0034
13	3.9	0.21	0.12	0.26	0.3	0.0780	keine Schaufelbew.	0.025	0.0020
14	4.2	0.14	0.08	0.18	0.3	0.0525	keine Schaufelbew.	0.025	0.0013
15	4.5	0.04	-	0.09	0.3	0.0270	keine Schaufelbew.	0.025	0.0007
Ende	4.55	0	-	0.02	0.05	0.0010	-	0	0.0000



Benetzte Fläche gesamt [m²]	1.35				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.027	**Min:**	0.025	**Max:**	0.044352941
Geschätzter max. Gesamtdurchfluss [m	0.038	(aus Teilsummen Q Lamelle bei Detektionslimit)			

Bemerkungen

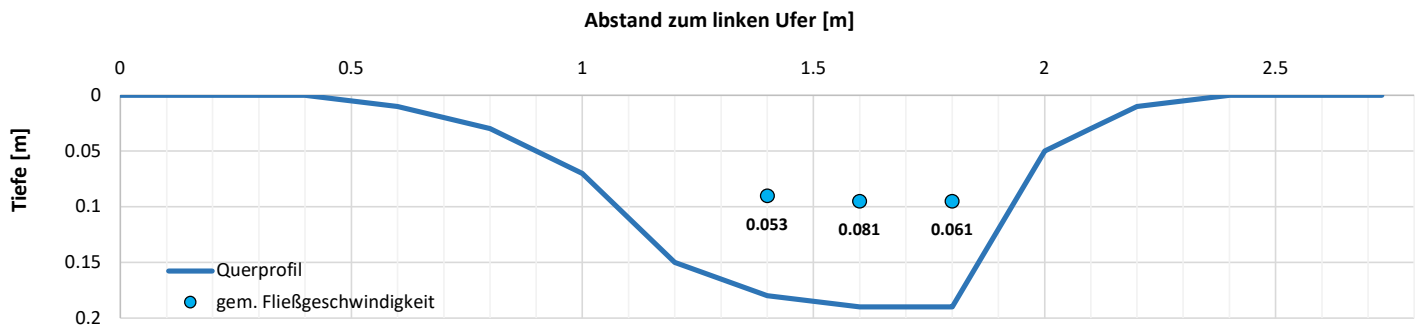
Geschätzter Abfluss bei Annahme halbes Detektionslimit (0,0125 m/s)
0,024 m³/s

Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach Blankenfelde Autobrücke, südlich der Fußgängerbrücke
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	
Bearbeiter	Jana Rosenkranz, Terra Urbana		
Datum/Uhrzeit	09.09.2020; 11:30-12:15	**Gewässer**	Glasowbach
		Bauform/Profil	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Ort/Koordinaten			
Witterung	Sonnig	**Breite**	2,73 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748, Interpolation der Fließgeschwindigkeit in zu flachen Bereichen ohne Messung

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[s]	[m/s]	[m^3/s]
Anfang	0	0	-				-	0.000	
1	0.2	0		0	0.2	0	50	0.000	0.00000
2	0.4	0		0	0.2	0	-	0.000	0.00000
3	0.6	0.01		0.005	0.2	0.001	-	0.000	0.00000
4	0.8	0.03		0.02	0.2	0.004	-	0.000	0.00000
5	1	0.07		0.05	0.2	0.01	-	0.000	0.00000
6	1.2	0.15		0.11	0.2	0.022	-	0.025	0.00028
7	1.4	0.18	0.09	0.165	0.2	0.033	50	0.053	0.00129
8	1.6	0.19	0.10	0.185	0.2	0.037	50	0.081	0.00248
9	1.8	0.19	0.10	0.19	0.2	0.038	50	0.061	0.00270
10	2	0.05		0.12	0.2	0.024	-	0.031	0.00110
11	2.1	0.03		0.04	0.1	0.004	-	0.000	0.00006
12	2.2	0.01		0.02	0.1	0.002		0.000	0.00000
12	2.4	0		0.005	0.2	0.001		0.000	0.00000
Ende	2.73	0	-	0	0.33	0	-	0.000	0.00000



Benetzte Fläche gesamt [m^2]	0.18				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.018	**Min:**	0	**Max:**	0.081
Gesamtdurchfluss [m^3/s]	0.008	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

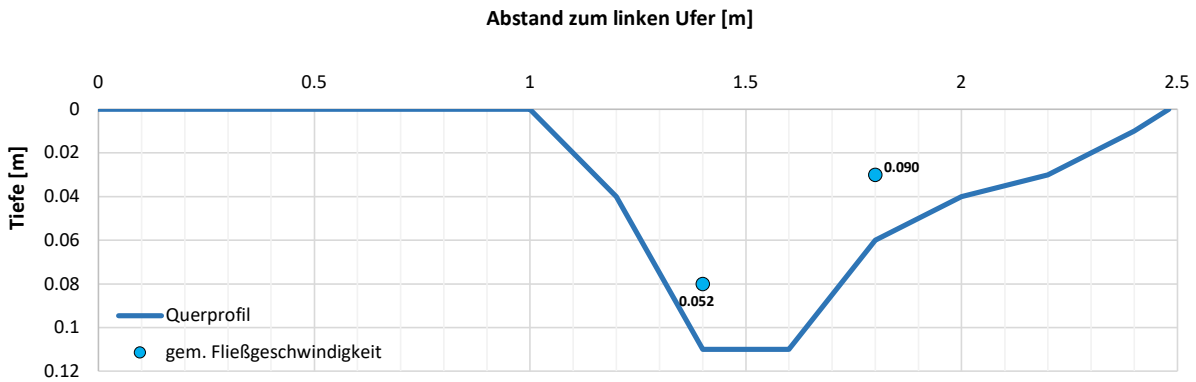
Sehr geringe Fließgeschwindigkeit, in Bereichen mit geringerer Wassertiefe instrumentenbedingt keine Messung möglich. Ggf. Überschätzung des Durchflusses

Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach Blankenfelde Autobrücke, nördlich der
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	Fußgängerbrücke
Bearbeiter	Jana Rosenkranz, Terra Urbana		
Datum/Uhrzeit	09.09.2020; 10:30-11:30	**Gewässer**	Glasowbach
		Bauform/Profil	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Ort/Koordinaten			
Witterung	Sonnig	**Breite**	2,48 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748,
Interpolation der Fließgeschwindigkeit in zu flachen Bereichen ohne Messung

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[s]	[m/s]	[m^3/s]
Anfang	0	0	-				-	0.000	
1	0.2	0		0	0.2	0	-	0.000	0.0000000
2	0.4	0		0	0.2	0	-	0.000	0.0000000
3	0.6	0		0	0.2	0	-	0.000	0.0000000
4	0.8	0		0	0.2	0	-	0.000	0.0000000
5	1	0		0	0.2	0	-	0.000	0.0000000
6	1.2	0.04		0.02	0.2	0.004	-	0.000	0.0000000
7	1.4	0.11	0.08	0.075	0.2	0.015	50	0.052	0.0003900
8	1.6	0.11		0.11	0.2	0.022	-	0.071	0.0013530
9	1.8	0.06	0.03	0.085	0.2	0.017	50	0.090	0.0013685
10	2	0.04		0.05	0.2	0.01	-	0.045	0.0006750
11	2.2	0.03		0.035	0.2	0.007	-	0.000	0.0001575
12	2.4	0.01		0.02	0.2	0.004		0.000	0.0000000
Ende	2.48	0	-	0.005	0.08	0.0004	-	0.000	0.0000000



Benetzte Fläche gesamt [m^2]	0.08				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.020	**Min:**	0	**Max:**	0.09
Gesamtdurchfluss [m^3/s]	0.004	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

Sehr geringe Fließgeschwindigkeit, in Bereichen mit geringerer Wassertiefe
instrumentenbedingt keine Messung möglich. Ggf. Überschätzung des Durchflusses

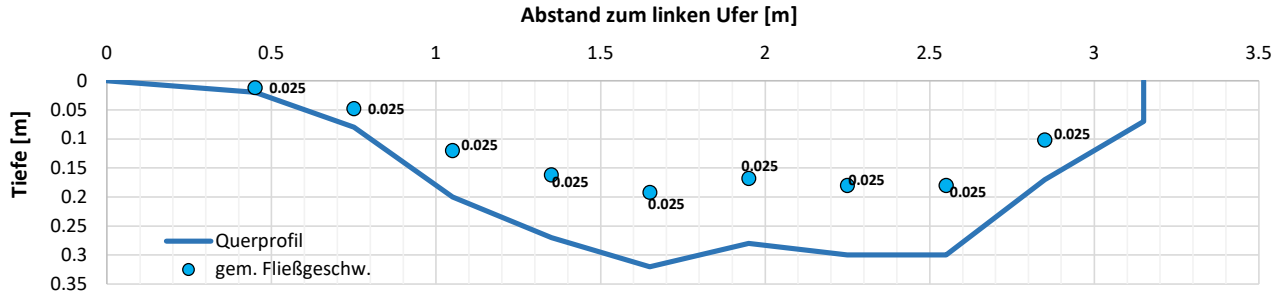
Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach bei Autobahnbrücke,
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	unter Fußgängerbrücke
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	6.07.2021; 10:30	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Rangsdorf Autobahnbrücke	**Bauform/Profil**	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Witterung	Sonnig ,24°C	**Breite**	3,15 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	vereinzelt größere Steine im Bachbett, sichtbar period schwankende Fließgeschwindigkeit
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748
Annahme Detektionslimit (0,025m/s) bei beobachtbarem Wasserfluss

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[s]	[m/s]	[m³/s]
Anfang	0	0	-				-	0	
1	0.45	0.02	0.01	0.01	0.45	0.0045	keine Schaufelbew.	0.025	0.0001
2	0.75	0.08	0.05	0.05	0.3	0.0150	keine Schaufelbew.	0.025	0.0004
3	1.05	0.20	0.12	0.14	0.3	0.0420	keine Schaufelbew.	0.025	0.0011
4	1.35	0.27	0.16	0.24	0.3	0.0705	keine Schaufelbew.	0.025	0.0018
5	1.65	0.32	0.19	0.30	0.3	0.0885	keine Schaufelbew.	0.025	0.0022
6	1.95	0.28	0.17	0.30	0.3	0.0900	keine Schaufelbew.	0.025	0.0023
7	2.25	0.30	0.18	0.29	0.3	0.0870	keine Schaufelbew.	0.025	0.0022
8	2.55	0.30	0.18	0.30	0.3	0.0900	keine Schaufelbew.	0.025	0.0023
9	2.85	0.17	0.10	0.24	0.3	0.0705	keine Schaufelbew.	0.025	0.0018
Ende	3.15	0.07	-	0.12	0.3	0.0360	-	0.025	0.0009



Benetzte Fläche gesamt [m²]	0.59				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.025	**Min:**	0	**Max:**	0.025
Gesamtdurchfluss max [m³/s]	0.015	(aus Teilsummen Q Lamelle bei Detektionslimit)			

Bemerkungen

Geschätzter Abfluss bei Annahme halbes Detektionslimit (0,0125 m/s) 0,007 m³/s

Partikelgeschwindigkeit v=0,0625 m/s vermutlich nur
oberflächlichenächste Wasserschicht durch Wind beeinflusst

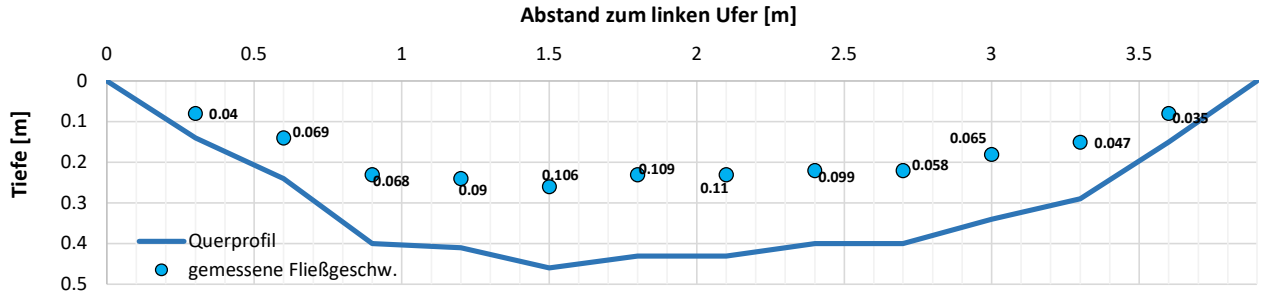
Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach bei Autobahnbrücke,
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	unter Fußgängerbrücke
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	04.02.2021; 10:15	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Rangsdorf Autobahnbrücke	**Bauform/Profil**	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Witterung	Nieselregen , 1°C	**Breite**	3,9 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	vereinzelt größere Steine im Bachbett
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[s]	[m/s]	[m³/s]
Anfang	0	0	-				-	0	
1	0.3	0.14	0.08	0.07	0.3	0.0210	60	0.04	0.0004
2	0.6	0.24	0.14	0.19	0.3	0.0570	60	0.069	0.0031
3	0.9	0.40	0.23	0.32	0.3	0.0960	60	0.068	0.0066
4	1.2	0.41	0.24	0.41	0.3	0.1215	60	0.09	0.0096
5	1.5	0.46	0.26	0.44	0.3	0.1305	60	0.106	0.0128
6	1.8	0.43	0.23	0.45	0.3	0.1335	60	0.109	0.0144
7	2.1	0.43	0.23	0.43	0.3	0.1290	60	0.11	0.0141
8	2.4	0.40	0.22	0.42	0.3	0.1245	60	0.099	0.0130
9	2.7	0.40	0.22	0.40	0.3	0.1200	60	0.058	0.0094
10	3	0.34	0.18	0.37	0.3	0.1110	60	0.065	0.0068
11	3.3	0.29	0.15	0.32	0.3	0.0945	60	0.047	0.0053
12	3.6	0.15	0.08	0.22	0.3	0.0660	60	0.035	0.0027
Ende	3.9	0	-	0.08	0.3	0.0225	-	0	0.0004



Benetzte Fläche gesamt [m²]	1.23				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.075	**Min:**	0.035	**Max:**	0.11
Gesamtdurchfluss [m³/s]	0.099	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

Teils befindet sich Geäst und größere Steine im Bachbett, welche das Strömungsregime beeinflussen. Kurzzeitige Zwischenspeicherung von Wasser am Rand des Bachbetts.

GEO TECH Servicegesellschaft mbH
Küchenmeisterallee 60 15711
Königs Wusterhausen
T: 03375 2169850 F: 03375 2169851
Email: info@geotech-berlin.de

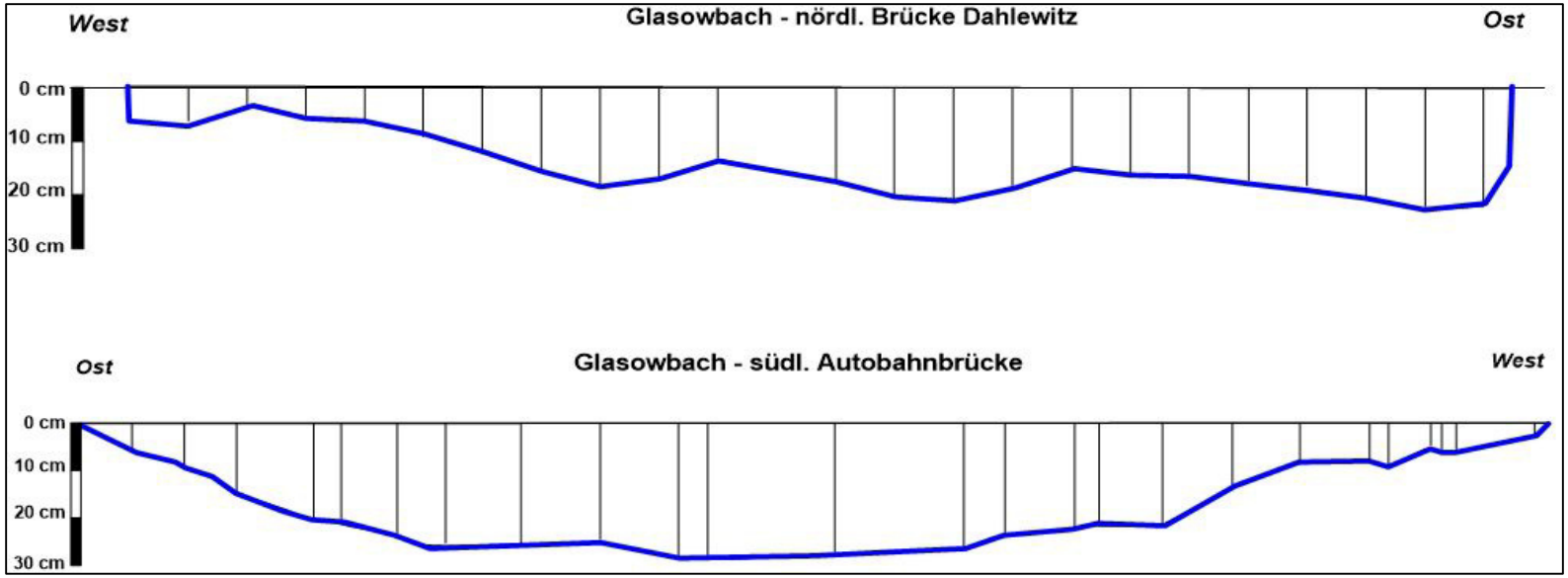
Rangsdorfer See - Ermittlung Zufluß Glasowbach - Fließgeschwindigkeit/ Durchflussmenge

09.07.2020, 8:00 - 10:00

Lage	Messvor-gang Nr.	Zeit [Sek.]	Strecke [m]	Breite Gerinne [m] Beginn Messstrecke	Breite Gerinne [m] Ende Messstrecke	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Fließgeschwindigkeit [cm/s]	benetzter Umfang [m]	Querschnittsfläche [m²]	Durchfluss** [m³/s]	Bemerkungen
nördl. Brücke Dahlewitz	Messung 1	50,88	5,0	3,70	2,35*	**0,0983**	9,83	2,65	3,513	0,345	
	Messung 2	50,57	5,0			**0,0989**	9,89			0,347	
	Messung 3	49,24	5,0			**0,1015**	10,15			0,357	
	Messung 4	57,76	5,0			**0,0866**	8,66			0,304	
	Messung 5	56,77	5,0			**0,0881**	8,81			0,309	
südl. Autobahn-brücke	Messung 1	223	5,0	2,80*	3,20	**0,0224**	2,24	2,92	5,185	0,116	Wert unsicher, evtl. Auswirkung von Frischwasserzugabe aus TW-Leitung in Dahlewitz (Brücke) ca. 30 Minuten vorher / ca. 1m³
	Messung 2	243	5,0			**0,0206**	2,06			0,107	
	Messung 3	877	5,0			**0,0057**	0,57			0,030	zeitweise Stillstand/Rückfluss, kaum Windbewegung

**** = Ort der Querschnittsermittlung***

**** Die Durchflussmenge Q (Einheit: m³/s) ist das Produkt aus Fließquerschnitt q (Einheit: m²) und mittlerer Fließgeschwindigkeit v (Einheit: m/s): Q = q*v**



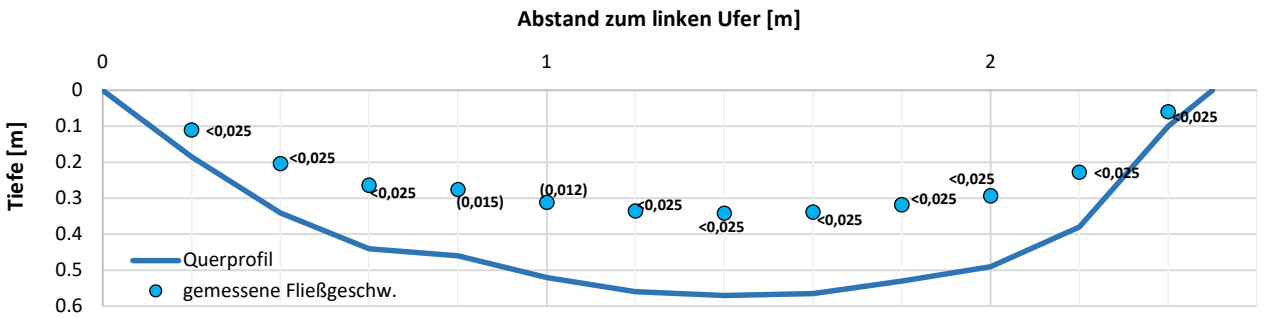
Protokoll zur Durchflussmessung

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	Graben bei Seeübertritt im Südwesten
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	14.01.2021, 13:20	**Gewässer**	Graben bei Zühlowkanal
Ort/Koordinaten	Nahe Zühlowkanal	**Bauform/Profil**	weitgehend natürlich, kein Ufer-/Sohlverbau
Witterung	Bewölkt, 1°C	**Breite**	2,5 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	Grabenrand teils durch Vegetation überdeckt.
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde, Messung der Geschwindigkeit des Treibguts

Berechnungsmethode: abschätzende Berechnung mit angenommener mittlerer Geschwindigkeit

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[s]	[m/s]	[m³/s]
Anfang	0	0	-				-	0	
1	0.2	0.185	0.11	0.093	0.2	0.0185	keine Schaufelbew.	<0,025	0.00046
2	0.4	0.340	0.20	0.263	0.2	0.0525	keine Schaufelbew.	<0,025	0.00131
3	0.6	0.440	0.26	0.390	0.2	0.0780	keine Schaufelbew.	<0,025	0.00195
4	0.8	0.460	0.28	0.450	0.2	0.0900	30	(0,015)	0.00135
5	1	0.520	0.31	0.490	0.2	0.0980	30	(0,012)	0.00118
6	1.2	0.560	0.34	0.540	0.2	0.1080	keine Schaufelbew.	<0,025	0.00270
7	1.4	0.570	0.34	0.565	0.2	0.1130	keine Schaufelbew.	<0,025	0.00283
8	1.6	0.565	0.34	0.568	0.2	0.1135	keine Schaufelbew.	<0,025	0.00284
9	1.8	0.530	0.32	0.548	0.2	0.1095	keine Schaufelbew.	<0,025	0.00274
10	2	0.490	0.29	0.510	0.2	0.1020	keine Schaufelbew.	<0,025	0.00255
11	2.2	0.380	0.23	0.435	0.2	0.0870	keine Schaufelbew.	<0,025	0.00218
12	2.4	0.100	0.06	0.240	0.2	0.0480	keine Schaufelbew.	<0,025	0.00120
Ende	2.5	0	-	0.050	0.1	0.0050	-	0	0.00013



Benetzte Fläche gesamt [m²]	1.02				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.000	**Min:**	0	**Max:**	0
Gesamtdurchfluss [m³/s]	0.023	(aus Teilsummen Q Lamelle bei Annahme Detektionslimit (0.025 m/s))			

Bemerkungen

Geschwindigkeitsschätzung von Partikeln im Wasser 0,005-0,01 m/s. Ggf. durch Winddrift

- Schätzung für Durchfluss: Q = v*A = 5 - 10 l/s

Protokoll zur Durchflussmessung

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Zusammenfluss südwestlicher Umlaufgraben
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebschreibung**	Koord.: 52.27550460, 13.40833059
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	11.03.2021 14:00 Uhr	**Gewässer**	Umlaufgraben Rangsdorfer See
Ort/Koordinaten		**Bauform/Profil**	künstlich
Witterung	heiter, ca. 8°C	**Breite**	-
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	Messung am Rohrauslass, Rohrdurchmesser DN 500 oder DN 600
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Messung der Strömungsgeschwindigkeit nahe Rohrauslass, Mehre Messungen

Berechnungsmethode: Durchfluss im Rohrquerschnitt anhand mittlerer Geschwindigkeit

	Messtiefe	Messdauer	v	Kommentar
Nr.	[m]	[s]	[m/s]	
1	ca. 50 cm	30	0.059	V min
2	ca. 50 cm	30	0.083	V max

Rohrquerschnitt [m²]	0.20				
Rohrquerschnitt [m²]	0.28				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.071	**Min:**	0.059	**Max:**	0.083
Gesamtdurchfluss DN 500 [m³/s]	**0.014**				
Gesamtdurchfluss DN 600 [m³/s]	**0.020**				

Bemerkungen
- Lage des Rohres in ca. 0,60 cm Tiefe
- hydraulische Aufwallungen am Rohrauslass
- Nur abschätzende Messung: Q = 0,014 - 0,02 m³/s

Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

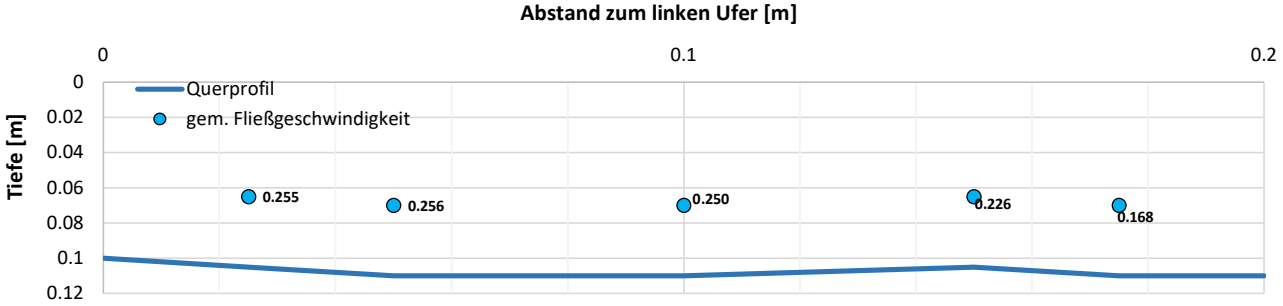
Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Fischtreppe bei Auslauf Rangsdorfer See
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	24.03.2021; 10:50	**Gewässer**	Zühlowkanal
Ort/Koordinaten	Nahe Wehr Rangsdorfer See	**Bauform/Profil**	künstlich, Fischtreppe
Witterung	Bewölkt , 9°C	**Breite**	0,2 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748,

Annahme Fließgeschwindigkeit an Rändern identisch mit angrenzender Messung

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[s]	[m/s]	[m^3/s]
Anfang	0	0.1	-				-	0.255	
1	0.025	0.105	0.07	0.103	0.025	0.0026	30	0.255	0.0007
2	0.05	0.11	0.07	0.108	0.025	0.0027	30	0.256	0.0007
3	0.1	0.11	0.07	0.110	0.05	0.0055	30	0.250	0.0014
4	0.15	0.105	0.07	0.108	0.05	0.0054	30	0.226	0.0013
5	0.175	0.11	0.07	0.108	0.025	0.0027	30	0.168	0.0005
Ende	0.2	0.11	-	0.110	0.025	0.0028	-	0.168	0.0005



Benetzte Fläche gesamt [m^2]	0.02				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.215	**Min:**	0.168	**Max:**	0.250
Gesamtdurchfluss [m^3/s]	0.005	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

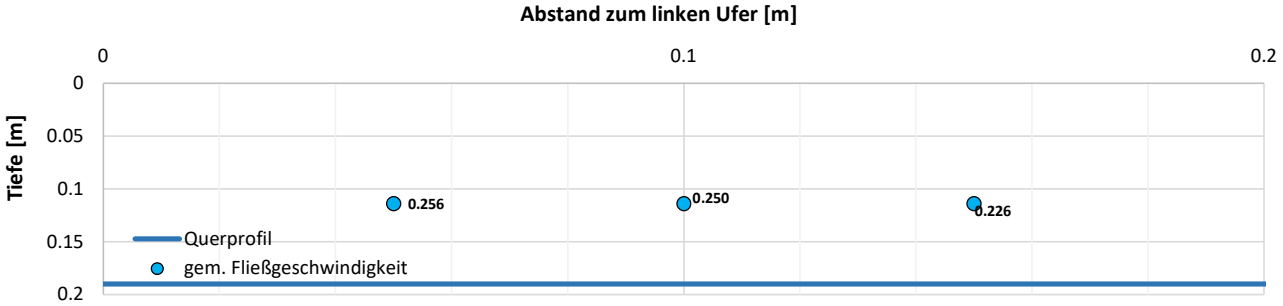
Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Fischtreppe bei Auslauf Rangsdorfer See
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	11.05.2021; 10:50	**Gewässer**	Zühlowkanal
Ort/Koordinaten	Nahe Wehr Rangsdorfer See	**Bauform/Profil**	künstlich, Fischtreppe
Witterung	Sonnig ,24°C	**Breite**	0,21 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Annahme Fließgeschwindigkeit an Rändern identisch mit angrenzender Messung

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[s]	[m/s]	[m^3/s]
Anfang	0	0.19	-				-	0.256	
2	0.05	0.19	0.11	0.190	0.05	0.0095	30	0.256	0.0024
3	0.1	0.19	0.11	0.190	0.05	0.0095	30	0.250	0.0024
4	0.15	0.19	0.11	0.190	0.05	0.0095	30	0.226	0.0023
Ende	0.21	0.19	-	0.190	0.06	0.0114	-	0.226	0.0026



Benetzte Fläche gesamt [m^2]	0.04				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.238	**Min:**	0.226	**Max:**	0.250
Gesamtdurchfluss [m^3/s]	0.010	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

Fischaufstieg wurde beobachtet

Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

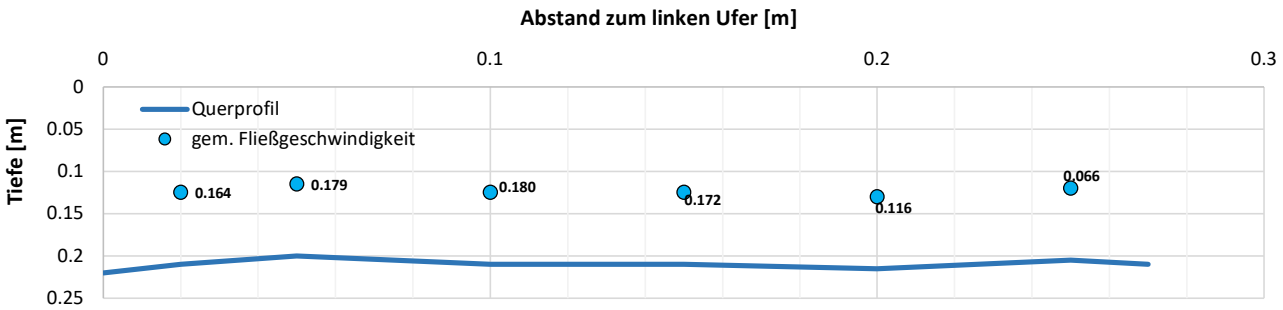
Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Fischtreppe bei Auslauf Rangsdorfer See
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	10.03.2021; 12:00	**Gewässer**	Zühlowkanal
Ort/Koordinaten	Nahe Wehr Rangsdorfer See	**Bauform/Profil**	künstlich, Fischtreppe
Witterung	Heiter , 7°C	**Breite**	0,27 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748,

Annahme Fließgeschwindigkeit an Rändern identisch mit angrenzender Messung

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[s]	[m/s]	[m^3/s]
Anfang	0	0.22	-				-	0.164	
1	0.02	0.21	0.13	0.215	0.02	0.0043	30	0.164	0.0007
2	0.05	0.2	0.12	0.205	0.03	0.0062	30	0.179	0.0011
3	0.1	0.21	0.13	0.205	0.05	0.0103	30	0.180	0.0018
4	0.15	0.21	0.13	0.210	0.05	0.0105	30	0.172	0.0018
5	0.2	0.215	0.13	0.213	0.05	0.0106	30	0.116	0.0015
6	0.25	0.205	0.12	0.210	0.05	0.0105	30	0.066	0.0010
Ende	0.27	0.21	-	0.208	0.02	0.0042	-	0.066	0.0003



Benetzte Fläche gesamt [m^2]	0.05				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.134	**Min:**	0.066	**Max:**	0.180
Gesamtdurchfluss [m^3/s]	0.008	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

Da kein Abfluss über das Wehr in den Zühlowkanal stattfand, wurde alternativ der Abfluss über die Fischtreppe gemessen.

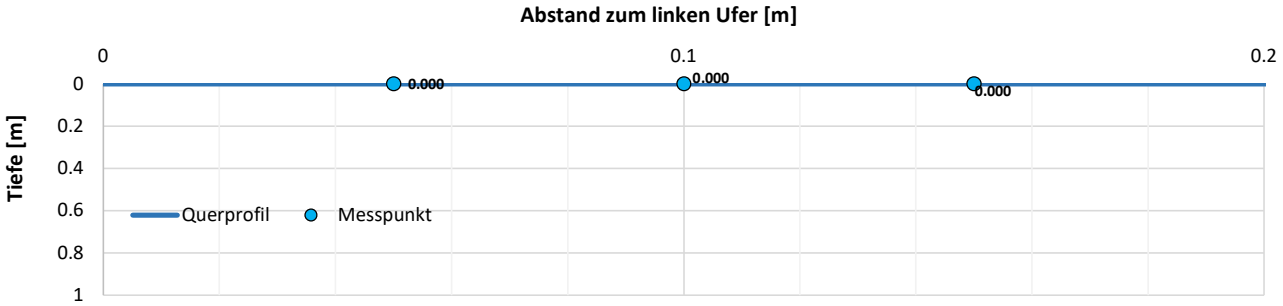
Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Fischtreppe bei Auslauf Rangsdorfer See
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	06.07.2021; 11:30	**Gewässer**	Zühlowkanal
Ort/Koordinaten	Nahe Wehr Rangsdorfer See	**Bauform/Profil**	künstlich, Fischtreppe
Witterung	Sonnig ,24°C	**Breite**	0,21 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	Fischtreppe ist vollständig trockengefallen
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[s]	[m/s]	[m^3/s]
Anfang	0	0	-				-		
2	0.05	0	-	0.000	0.05	0.0000	-	0.000	0.0000
3	0.1	0	-	0.000	0.05	0.0000	-	0.000	0.0000
4	0.15	0	-	0.000	0.05	0.0000	-	0.000	0.0000
Ende	0.21	0	-	0.000	0.06	0.0000	-	0.000	0.0000



Benetzte Fläche gesamt [m^2]	0.00				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.000	**Min:**	0.000	**Max:**	0.000
Gesamtdurchfluss [m^3/s]	0.000	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

Die Fischtreppe ist vollständig trockengefallen. Ein Abfluss über das Wehr in den Zühlowkanal fand ebenfalls nicht statt.

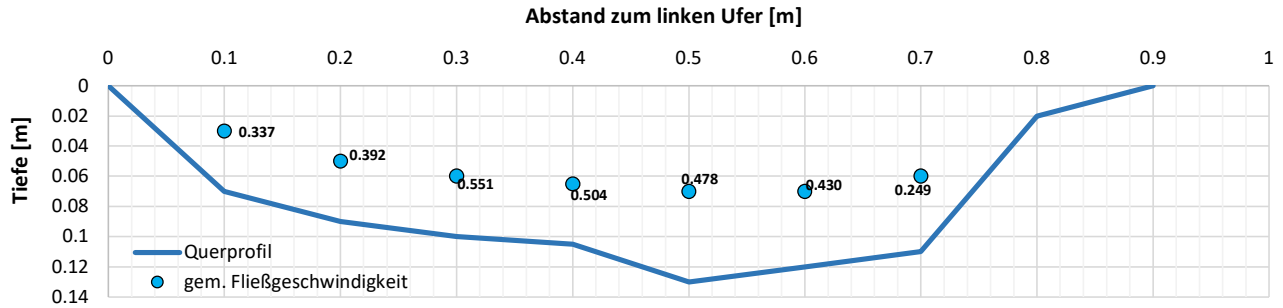
Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach Blankenfelde Autobrücke L40
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	22.02.2021; 11:00	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Blankenfelde - Dahlewitz	**Bauform/Profil**	künstlich, Steinaufschüttung
Witterung	Sonnig , 6°C	**Breite**	0,9 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	Abwassergeruch
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode: Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Lot-rechte	Abstand zu linkem Ufer	Wasser-tiefe	Messtiefe	Mittlere Höhe Lamelle	Breite Lamelle	Fläche	Messdauer	v	Q Lamelle
Nr.	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[s]	[m/s]	[m^3/s]
Anfang	0	0	-				-	0.000	
1	0.1	0.07	0.03	0.035	0.1	0.0035	30	0.337	0.0006
2	0.2	0.09	0.05	0.080	0.1	0.0080	30	0.392	0.0029
3	0.3	0.1	0.06	0.095	0.1	0.0095	30	0.551	0.0045
4	0.4	0.105	0.07	0.103	0.1	0.0103	30	0.504	0.0054
5	0.5	0.13	0.07	0.118	0.1	0.0118	30	0.478	0.0058
6	0.6	0.12	0.07	0.125	0.1	0.0125	30	0.430	0.0057
7	0.7	0.11	0.06	0.115	0.1	0.0115	30	0.249	0.0039
8	0.8	0.02	-	0.065	0.1	0.0065	-	-	0.0000
Ende	0.9	0	-	0.010	0.1	0.0010	-	0.000	0.0009



Benetzte Fläche gesamt [m^2]	0.07				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.420	**Min:**	0.249	**Max:**	0.551
Gesamtdurchfluss [m^3/s]	0.030	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen

Fläche der letzten Lamelle spannt von Lotrechte 7 bis Ende

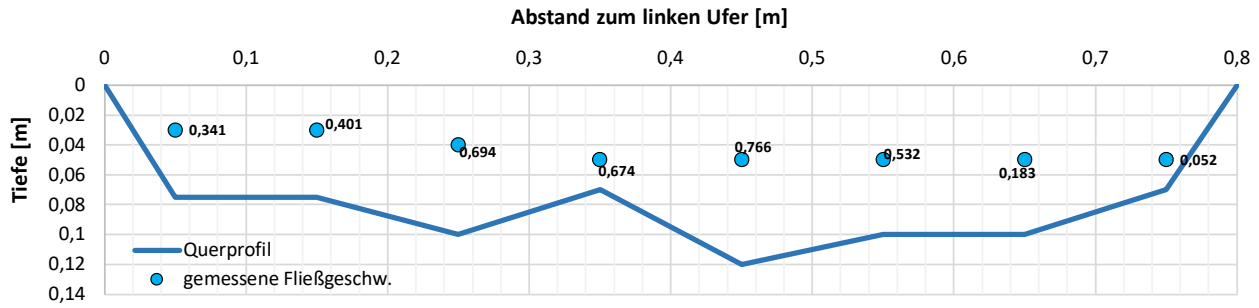
Protokoll zur Durchflussmessung in Anlehnung an DIN EN ISO 748

Projekt	Rangsdorfer See	**Messpunkt**	Glasowbach Blankenfelde Autobrücke L40
Auftraggeber	Gemeinde Rangsdorf	**Lagebeschreibung**	
Bearbeiter	P.Wolke		
Datum/Uhrzeit	20.01.2021; 13:15	**Gewässer**	Glasowbach
Ort/Koordinaten	Blankenfelde - Dahlewitz	**Bauform/Profil**	künstlich, Steinaufschüttung
Witterung	Heiter, 8°C	**Breite**	0,80 m
Messverfahren	mechanisch (Flügelsonde)	**Kommentar**	
Messgerät	OTT C2 10.150		
Zusätzl. Angaben	Schaufel 1 (Nr. 203395)		

Messanordnung: Einzelne Geschwindigkeitsmessungen mittels Flügelsonde

Berechnungsmethode : Verfahren des mittleren Querschnitts nach DIN EN ISO 748

Lot-rechte Nr.	Abstand zu linkem Ufer [m]	Wasser-tiefe [m]	Messtiefe [m]	Mittlere Höhe Lamelle [m]	Breite Lamelle [m]	Fläche [m²]	Messdauer [s]	v [m/s]	Q Lamelle [m³/s]
Anfang	0	0	-				-	0,000	
1	0,05	0,075	0,03	0,038	0,05	0,0019	60	0,341	0,00032
2	0,15	0,075	0,03	0,075	0,1	0,0075	60	0,401	0,00278
3	0,25	0,1	0,04	0,088	0,1	0,0088	60	0,694	0,00479
4	0,35	0,07	0,05	0,085	0,1	0,0085	60	0,674	0,00581
5	0,45	0,12	0,05	0,095	0,1	0,0095	60	0,766	0,00684
6	0,55	0,1	0,05	0,110	0,1	0,0110	60	0,532	0,00714
7	0,65	0,1	0,05	0,100	0,1	0,0100	60	0,183	0,00358
8	0,75	0,07	0,05	0,085	0,1	0,0085	60	0,052	0,00100
Ende	0,8	0	-	0,035	0,05	0,0018	-	0,000	0,00005

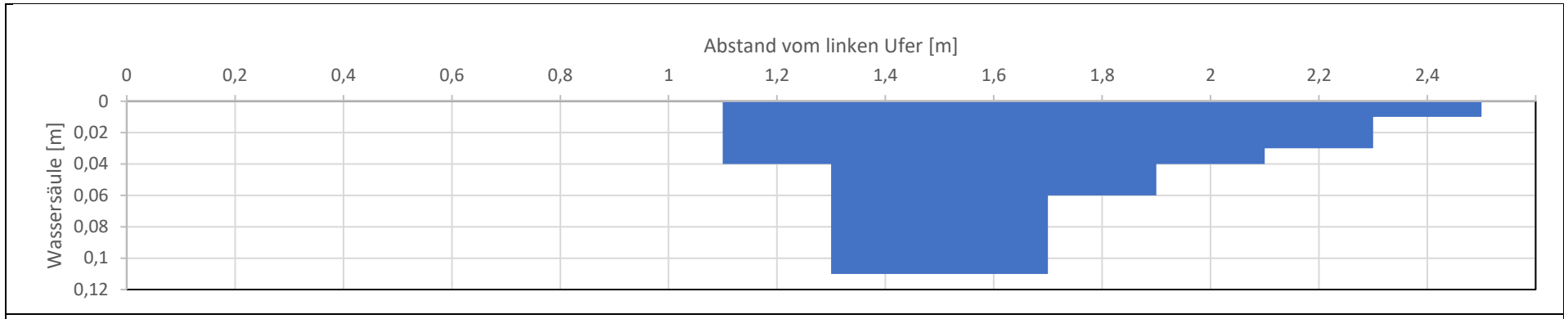


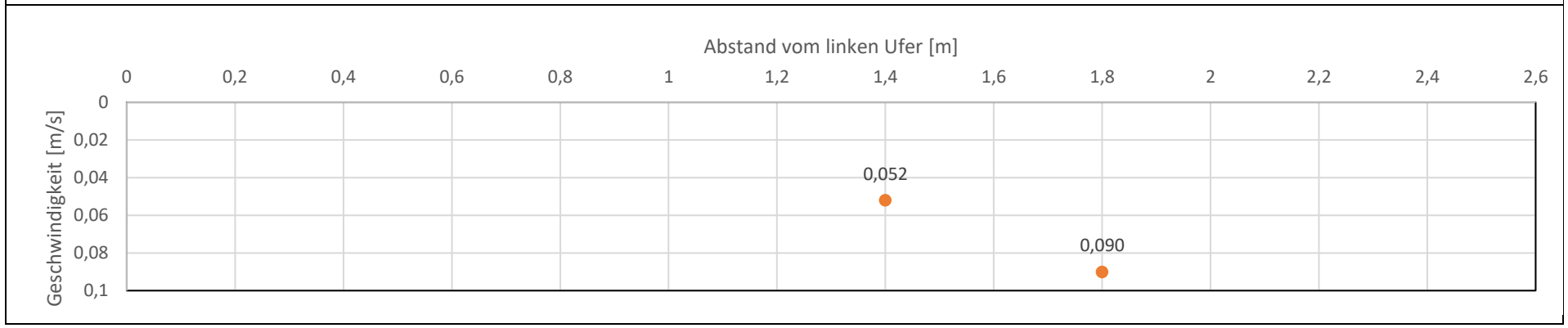
Benetzte Fläche gesamt [m²]	0,07				
Mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	0,455	**Min:**	0,052	**Max:**	0,766
Gesamtdurchfluss [m³/s]	0,032	(aus Teilsummen Q Lamelle)			

Bemerkungen
Wasseroberfläche turbulent, Beeinträchtigung des Ergebnisses durch ungleichförmige Wasseroberfläche

Pegel- bzw. Durchflussmessstelle: Messpunkt 1 *südlich der Autobahnbrücke südlicher Berliner Ring, nördlich der Fußgängerbrücke*			**Gewässer:** *Glasowbach*		**Anmerkungen:** *sonnig*			**Beobachter:** *Jana Rosenkranz*	
Flügel: *1*	**Durchmesser [mm]:**	**Steigung [m]:**	**Messzeit [s]:**	**Wasserspiegelbreite [m]:**	**Datum:**	**Beginn [hh:mm]**	**Wasserstand:**	**Ende: [hh:mm]**	**Wasserstand:**
Nr.: *211980*	*50*	*0,050*	*50*	*2,48*	*09.09.2020*	*10:30*	*-*	*11:30*	*-*

Lotrechte Nr.	Abst. vom li. Ufer	Wassertiefe	**1. Messpunkt**			**2. Messpunkt**			**3. Messpunkt**			**4. Messpunkt**			**5. Messpunkt**			**6. Messpunkt**		
			Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit	Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit	Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit	Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit	Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit	Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit
	[m]	[m]	[m]	[-]	[m/s]	[m]	[-]	[m/s]	[m]	[-]	[m/s]	[m]	[-]	[m/s]	[m]	[-]	[m/s]	[m]	[-]	[m/s]
1	*0,2*	*0*																		
2	*0,4*	*0*																		
3	*0,6*	*0*																		
4	*0,8*	*0*																		
5	*1*	*0*																		
6	*1,2*	*0,04*																		
7	*1,4*	*0,11*	*0,03*		*0,052*															
8	*1,6*	*0,11*																		
9	*1,8*	*0,06*	*0,03*		*0,090*															
10	*2*	*0,04*																		
11	*2,2*	*0,03*																		
12	*2,4*	*0,01*																		

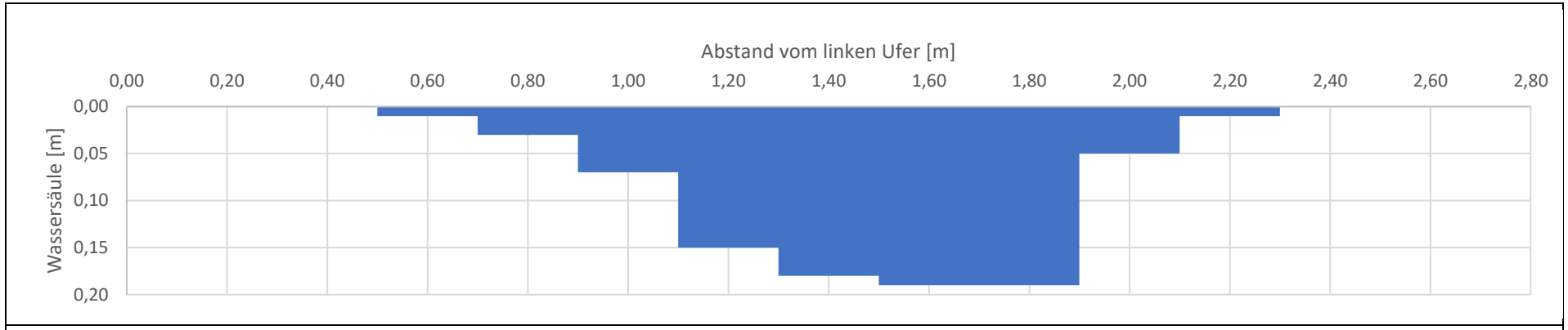

Abstand vom linken Ufer [m]
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
1,4
1,6
1,8
2
2,2
2,4
Wassersäule [m]
0
0,02
0,04
0,06
0,08
0,1
0,12

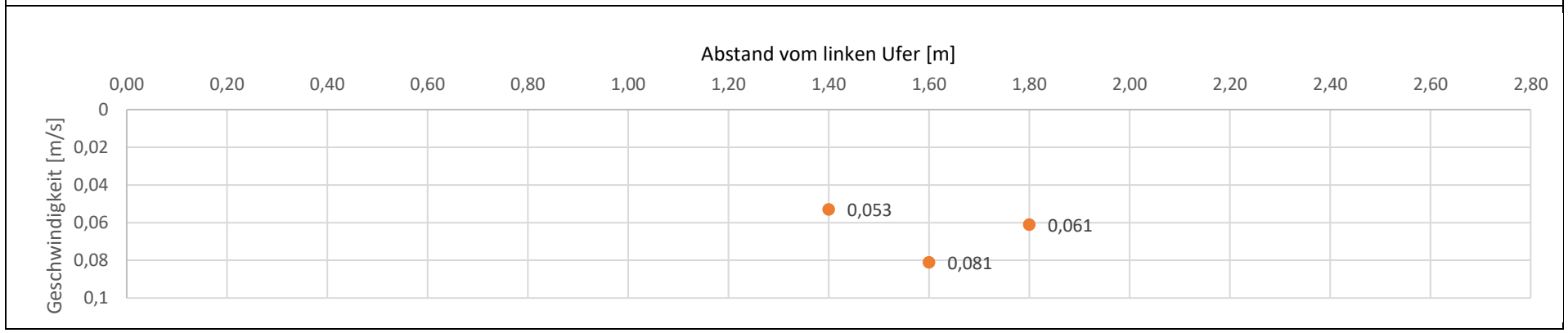

Abstand vom linken Ufer [m]
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
1,4
1,6
1,8
2
2,2
2,4
2,6
Geschwindigkeit [m/s]
0
0,02
0,04
0,06
0,08
0,1
0,052
0,090

Pegel- bzw. Durchflussmessstelle: Messpunkt 2			**Gewässer:**		**Anmerkungen:**			**Beobachter:**	
südlich der Autobahnbrücke südlicher Berliner Ring, südlich der Fußgängerbrücke			*Glasowbach*		*sonnig*			*Jana Rosenkranz*	
Flügel: *1*	**Durchmesser [mm]:**	**Steigung [m]:**	**Messzeit [s]:**	**Wasserspiegelbreite [m]:**	**Datum:**	**Beginn [hh:mm]**	**Wasserstand:**	**Ende: [hh:mm]**	**Wasserstand:**
Nr.: *211980*	*50*	*0,050*	*50*	*2,73*	*09.09.2020*	*11:30*	*-*	*12:15*	*-*

Lotrechte Nr.	Abst. vom li. Ufer	Wassertiefe	1. Messpunkt			2. Messpunkt			3. Messpunkt			4. Messpunkt			5. Messpunkt			6. Messpunkt		
			Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit	Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit	Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit	Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit	Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit	Abst. von der Sohle	Umdrehungen	Geschwindigkeit
	[m]	[m]	[m]	[-]	[m/s]	[m]	[-]	[m/s]	[m]	[-]	[m/s]	[m]	[-]	[m/s]	[m]	[-]	[m/s]	[m]	[-]	[m/s]
	0,0	0																		
1	0,2	0																		
2	0,4	0																		
3	0,6	0,01																		
4	0,8	0,03																		
5	1,0	0,07																		
6	1,2	0,15																		
7	1,4	0,18			0,053															
8	1,6	0,19			0,081															
9	1,8	0,19			0,061															
10	2,0	0,05																		
11	2,1	0,03																		
12	2,2	0,01																		
13	2,4	0																		

14	2,6	0																		
15	2,7	0																		


Abstand vom linken Ufer [m]
0,00
0,20
0,40
0,60
0,80
1,00
1,20
1,40
1,60
1,80
2,00
2,20
2,40
2,60
2,80
Wassersäule [m]
0,00
0,05
0,10
0,15
0,20


Abstand vom linken Ufer [m]
0,00
0,20
0,40
0,60
0,80
1,00
1,20
1,40
1,60
1,80
2,00
2,20
2,40
2,60
2,80
Geschwindigkeit [m/s]
0
0,02
0,04
0,06
0,08
0,1
0,053
0,081
0,061

Anhang 4:
Messwerte der Seewasseranalysen

Physico-chemische Parameter und Chlorophyll

Messstelle	Datum	Tiefe [m]	Temp [°C]	SpCond [µS/cm]	pH	RP [mV]	CHL [µg/l]	DO [%]	DO [mg/l]
KL-NF	24.06.2020	1.0	22.4	638	8.00	178		81	7.0
KL-NF	24.06.2020	4.0	20.7	647	7.36	79		44	4.0
KL-NF	24.06.2020	8.0	14.7	678	7.03	25		18	1.8
KL-NF	10.03.2021	0.5	4.2	727	8.73	204	141	161	21.0
KL-NF	10.03.2021	1.0	4.2	728	8.81	205	161	155	20.2
KL-NF	10.03.2021	2.0	4.1	728	8.85	207	141	154	20.1
KL-NF	10.03.2021	3.0	4.1	728	8.86	207	133	153	20.0
KL-NF	10.03.2021	4.0	4.1	822	8.31	223	3	79	10.3
KL-NF	10.03.2021	5.0	2.9	978	7.82	130	2	0	0.0
KL-NF	10.03.2021	6.0	3.0	1,016	7.51	82	2	0	0.0
KL-NF	10.03.2021	7.0	3.2	1,068	7.38	65	2	0	0.0
KL-NF	10.03.2021	8.0	3.3	1,094	7.29	50	2	0	0.0
Krumme Lanke	24.06.2020	1.0	23.1	638	8.58	313		121	10.3
Krumme Lanke	24.06.2020	3.0	22.1	643	7.70	80		88	7.6
Krumme Lanke	10.03.2021	0.5	4.5	713	8.42	374	96	154	19.9
Krumme Lanke	10.03.2021	1.0	4.4	717	8.52	372	94	155	20.1
Krumme Lanke	10.03.2021	1.5	4.4	715	8.59	371	95	155	20.0
Krumme Lanke	10.03.2021	2.0	4.3	716	8.67	369	106	153	19.9
Krumme Lanke	10.03.2021	2.5	4.3	716	8.69	368	105	153	19.8
Krumme Lanke	10.03.2021	3.0	4.3	716	8.73	368	91	152	19.8
Krumme Lanke	10.03.2021	3.5	4.3	716	8.75	367	84	152	19.7
Krumme Lanke	10.03.2021	4.0	4.3	717	8.76	355	93	146	18.9
See-Klein Venedig	24.06.2020	1.0	23.0	636	8.71	315		153	13.0
See-Klein Venedig	10.03.2021	0.5	4.9	697	9.31	245	105	172	21.9
See-Klein Venedig	10.03.2021	1.0	4.8	698	9.32	245	109	171	21.9
See-Klein Venedig	10.03.2021	1.5	4.8	697	9.35	245	128	169	21.6
See-Klein Venedig	10.03.2021	2.0	4.7	698	9.35	245	99	167	21.5
See-Süd	24.06.2020	0.9	23.2	644	8.65	338		148	12.6
See-Süd	10.03.2021	0.5	5.7	676	9.16	239	66	210	26.3

Chemische Parameter

Probenbe-zeichnung	Datum	Tiefe [m]	TOC [mg/l]	Sulfid gesamt pH<2 [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Nitrat-N [mg/l]	Stickstoff gesamt [mg/l]	Nitrit-N [mg/l]	Ammo-nium-N [mg/l]	Eisen gesamt [mg/l]	Eisen II [mg/l]	o-Phos-phat-P [mg/l]	Phosphor gesamt [mg/l]	CSB [mg/l]	BSB5 [mg/l]
KL-NF-1	24.06.2020	1	29	0.025	152	-	0.05	3.26	0.005	0.070	0.022	<0.05	0.032	0.110	77	7
KL-NF-1	10.03.2021	1.0	20.6	-	-	68.2	0.10	4.190	0.005	1.944	0.031	-	0.003	0.113	-	-
KL-NF-2	24.06.2020	4	26	0.025	147	-	0.05	4.08	0.005	1.553	0.118	<0.05	0.100	0.230	78	10
KL-NF-2	10.03.2021	4.0	18.0	-	-	69.5	0.09	3.840	0.011	2.319	0.029	-	0.005	0.105	-	-
KL-NF-3	24.06.2020	8	24	0.349	110	-	0.05	6.95	0.005	3.618	0.044	<0.05	0.194	0.730	100	15
KL-NF-3	10.03.2021	8.0	9.93	-	-	104.0	0.00	7.560	0.028	7.073	0.394	-	0.322	0.996	-	-
Krumme Lanke 1	24.06.2020	1	29	0.025	153	-	0.05	3.48	0.005	0.054	0.028	<0.05	0.023	0.110	87	8
Krumme Lanke 1	10.03.2021	1.0	21.5	-	-	68.3	0.11	4.310	0.005	1.849	0.010	-	0.002	0.079	-	-
Krumme Lanke 2	24.06.2020	3	29	0.025	152	-	0.05	3.63	0.005	0.318	0.028	<0.05	0.033	0.120	80	7
Krumme Lanke 2	10.03.2021	3.0	21.5	-	-	68.3	0.10	4.390	0.005	1.818	0.010	-	0.003	0.086	-	-
See-Klein Venedig	24.06.2020	1	30	0.025	148	-	0.05	3.75	0.005	0.116	0.07	<0.05	0.033	0.138	94	10
See-Klein Venedig	10.03.2021	1.0	23.1	-	-	69.8	0.11	4.530	0.005	1.792	0.010	-	0.003	0.088	-	-
See-Süd	24.06.2020	0.9	30	0.025	154	-	0.05	3.48	0.005	0.047	0.076	<0.05	0.025	0.110	88	9
See-Süd	10.03.2021	0.5	30.6	-	-	69.6	0.16	6.000	0.005	1.374	0.046	-	0.003	0.087	-	-

Anhang 5:
Messwerte der Seesedimentanalytik nach Brandenburgischer Bagger-gutrichtlinie

Probebezeichnung			20-08241-001: See-Süd	20-08241-002: See-Klein Venedig	20-08241-003: Krumme Lanke	20-08241-004: KL-SF
Datum			14.07.2020	14.07.2020	14.07.2020	14.07.2020
Parameter	Einheit	BG	Messwert	Messwert	Messwert	Messwert
Feststoff						
Aussehen			Seeboden	Seeboden	Seeboden	Seeboden
Farbe			graubraun	braun	braun	braun
Geruch			unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
Trockenrückstand	Ma.-%	0,3	42,1	14,2	14,1	12,5
basisch wirksame Bestandteile (CaO)	Ma.-%TS	-	28,3	7,96	12,7	8,37
Glühverlust	Ma.-%TS	0,3	5,87	53,3	62,2	83,4
EOX	mg/kg TS	0,5	<0.5	<0.5	2,19	2,62
MKW	mg/kg TS	10	<10	61	20,2	62,9
"mobiler" Anteil C_{10}-C_{22}	mg/kg TS	10	<10	25,7	<10	33,6
Naphthalin	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Acenaphthen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluoren	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Phenanthren	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Anthracen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluoranthen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Pyren	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Chrysen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Summe PAK	mg/kg TS		k.E.	k.E.	k.E.	k.E.
Benzen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Toluen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ethylbenzen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
p.m-Xylen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
o-Xylen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Summe BTEX	mg/kg TS		k.E.	k.E.	k.E.	k.E.
Dichlormethan	mg/kg TS	0,05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Trichloromethan	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tetrachlormethan	mg/kg TS	0,005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
1,2-Dichlorethan	mg/kg TS	0,05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

Trichlorethen	mg/kg TS	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tetrachlorethen	mg/kg TS	0,005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Summe LCKW	mg/kg TS		k.E.	k.E.	k.E.	k.E.
PCB 28	mg/kg TS	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PCB 52	mg/kg TS	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PCB 101	mg/kg TS	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PCB 153	mg/kg TS	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PCB 138	mg/kg TS	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PCB 180	mg/kg TS	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Summe PCB	mg/kg TS		k.E.	k.E.	k.E.	k.E.
Cyanid gesamt	mg/kg TS	0,05	<0.5	<0.05	<0.05	<0.05
Aufschluss nach DIN EN 13657:2003-01						
Arsen	mg/kg TS	10	<10	<10	<10	<10
Blei	mg/kg TS	4	6,66	21,9	21,7	13,2
Cadmium	mg/kg TS	0,1	0,13	0,4	0,31	0,14
Chrom gesamt	mg/kg TS	1	6,08	10,2	10,2	12,2
Kupfer	mg/kg TS	2	4,13	8,58	9,98	11
Nickel	mg/kg TS	1	2,59	7,22	6,08	8,55
Quecksilber	mg/kg TS	0,05	<0.05	0,06	0,06	<0.05
Zink	mg/kg TS	3	16,9	33,4	42,1	32,9
Thallium	mg/kg TS	0,1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nährstoffe						
pH fest	-		6,69	7,45	7,53	7,59
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		176	187	177	193
Salzgehalt (feucht)	g/l		0,976	1,04	0,98	1,07
Phosphat als P_2O_5	mg/100 g	1	26,8	63,6	96,1	73,6
NH_4^+ -N	mg/100 g	0,01	0,45	3,42	5,84	5,03
NO_3^- -N	mg/100 g	0,02	0,21	0,1	0,2	0,45
* Nmin-Gehalt = NH_4^+ - N + NO_3^- - N (berechnet)	mg/100 g		0,66	3,52	6,04	
Kalium als K_2O	mg/100 g	0,006	8,35	9,39	18,1	20,1
Magnesium	mg/100 g	0,003	17	74,4	78,5	87
Ausfschluss nach DIN EN 13657:2003-01						
Phosphor gesamt	mg/100 g	0,0005	25,9	63,4	85,8	85,1
Kalium	mg/100 g	0,0003	33	37,3	39,1	43,3
Aufschluss i. A. DIN EN ISO 11905-1:1998						
Stickstoff gesamt	mg/100 g	0,015	93,6	414	465	716
Wasserauszug						
wasserlösliches Kalium	mg/100 g	0,0001	1,69	2,28	6,17	1,86

Anhang 6:
Vermessungsdokumente

GEO TECH Servicegesellschaft mbH
Küchenmeisterallee 60
15711 Königs Wusterhausen
T: 0176 49129924
info@geotech-berlin.de

Vermessungsergebnisse Rangsdorfer See

Bohrung Nr.	Rechtswert ETRS89	Hochwert ETRS89	GOK m NHN	ROK m NHN	Wsp. 29.06.2021 m u. ROK	Wsp. 29.06.2021 m NHN	Wsp. 05.07.021 m u. ROK	Wsp. 05.07.2021 m NHN
P 01	33390026,6	5794768,1	37,95	38,390	1,700	36,69	1,330	37,060
P 02	33390117,1	5794920,1	37,90	38,181	1,395	36,786	1,110	37,071
P 03	33390235,0	5795072,6	37,30	38,381	2,540	35,841	1,290	37,091
P 04	33390112,5	5795264,8	37,02	37,943	2,675	35,268	1,790	36,153
P 05	33390613,9	5793360,7	36,77	37,172	1,520	35,652	1,240	35,932
P 06	33390106,1	5793460,9	36,85	37,212			1,340	35,872
P 07	33389971,6	5793903,1	36,92	37,221	1,650	35,571	1,310	35,911
P 08	33389896,5	5794194,1	36,78	37,163	1,690	35,473	1,270	35,893
GWM 01/20	33391364,6	5795609,5	36,82	37,033			0,870	36,163
GWM 03/20	33390397,1	5795249,3	39,38	39,637	3,420	36,217	3,350	36,287
GWM 04/20	33390201,1	5794700,7	38,20	39,269	2,065	37,204	1,760	37,509
GWM 05/20	33391690,8	5792819,3	36,75	37,318			1,660	35,658
GWM 06/20	33391756,6	5794665,5	36,67	36,990			0,840	36,150
GWM 07/20	33392117,6	5796123,7	37,05	37,771			1,630	36,141
GWM 03/84	33389376,4	5794359,2	37,04	37,886	2,435	35,451	2,040	35,846
GWM 04/84	33390288,2	5794193,5	36,75	37,593	1,865	35,728	1,610	35,983
Pegel 5/D	33391852,4	5795040,2	40,56	41,489			5,160	36,329
EÜ 1	33390309,9	5793609,7	36,89	37,547	1,840	35,707	1,590	35,957
EÜ 2 OP	33390875,5	5793491,6	36,58	37,298	1,635	35,663	1,390	35,908
EÜ 2 UP	33390876,3	5793490,1	36,575	37,232	1,520	35,712	1,300	35,932

Zajontz