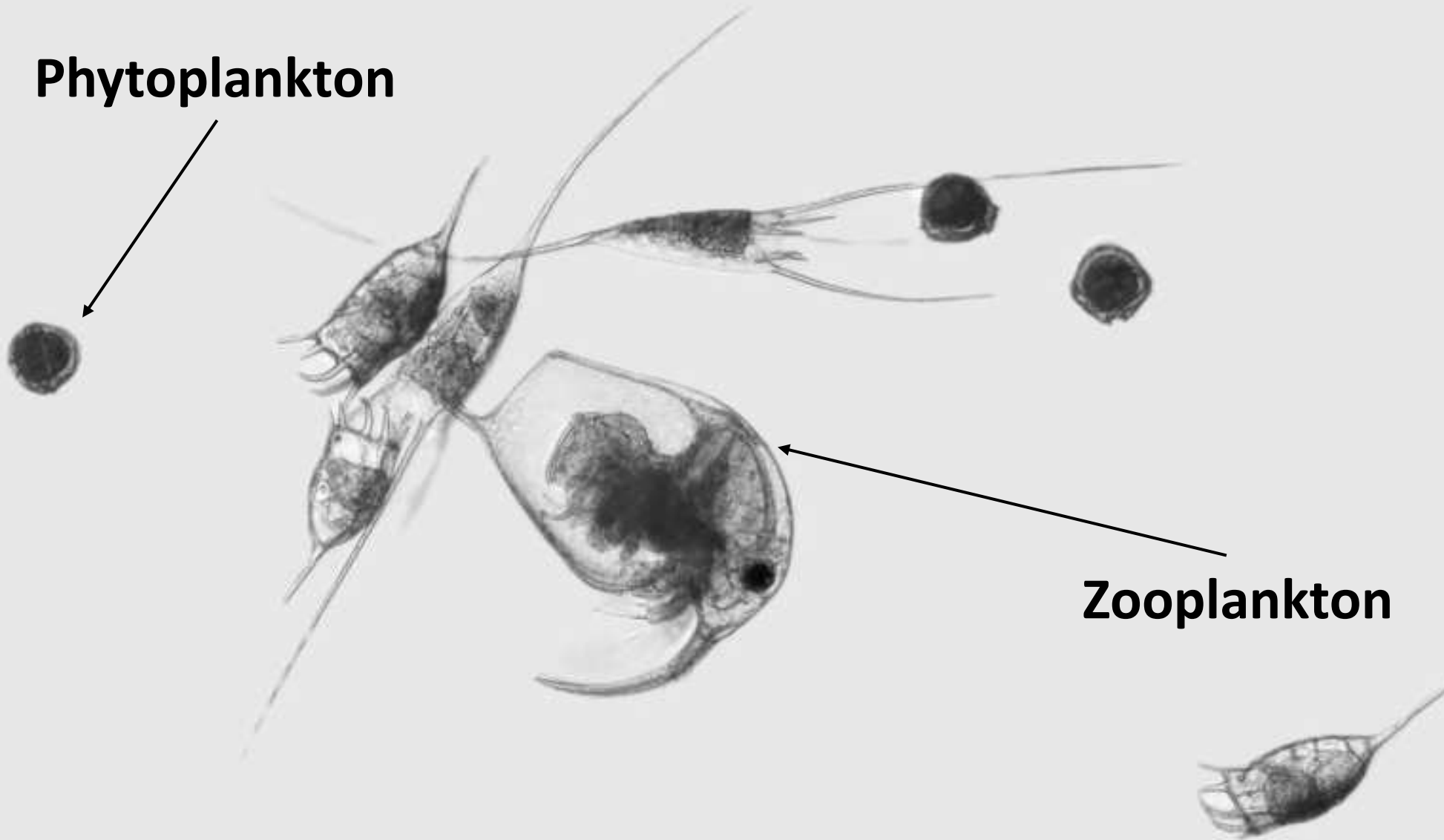


Plankton im Freiwasser in Badegewässern mit Schnellfiltern



Phytoplankton



Zooplankton

Naturfreibad Biberstein



Naturfreibad mit einem Schnellfilter-System

System hat sich in kleineren Naturpools gut bewährt

Biberstein erstmalig Filter in einem größeren, öffentlichen Naturfreibad

1. Zooplankton

- 1.1 Einführung zum Zooplankton
- 1.2 Untersuchungsmethoden
- 1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2. Phytoplankton

- 2.1 Einführung zum Phytoplankton
- 2.2 Untersuchungsmethoden
- 2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein
 - 2.3.1 Artenzusammensetzung und Biomasse
 - 2.3.2 Zusammenspiel Phyto- und Zooplankton
 - 2.3.3 Reduktion des Phytoplanktons durch den Schnellfilter

3. Fazit

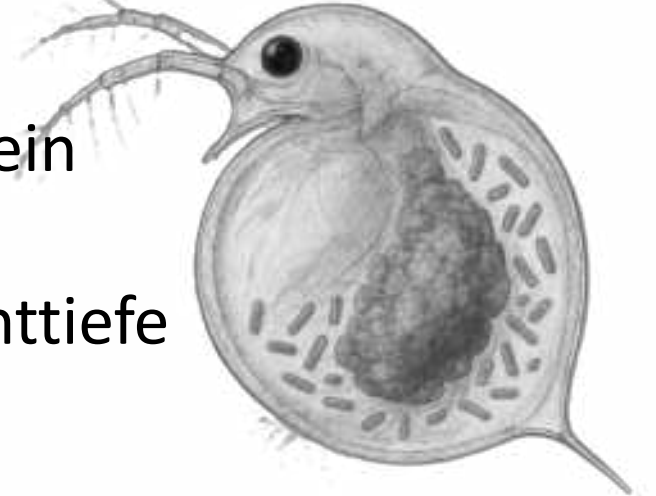
Zooplankton

- Gesamtheit tierischer, heterotropher Organismen, die sich in der Freiwasserzone schwebend oder schwimmend halten können, deren Eigenbewegung aber nicht ausreicht, um sich von der Wasserbewegung unabhängig zu machen
- häufigsten Gruppen im Süßwasser
 - Kleinkrebse (Crustacea)
 - Rädertiere (Rotifera)
 - Wimperntierchen (Ciliaten)
 - Geißeltierchen (Flagellaten)
 - Insektenlarven (z.B. Mückenlarven)

1.1 Einführung zum Zooplankton

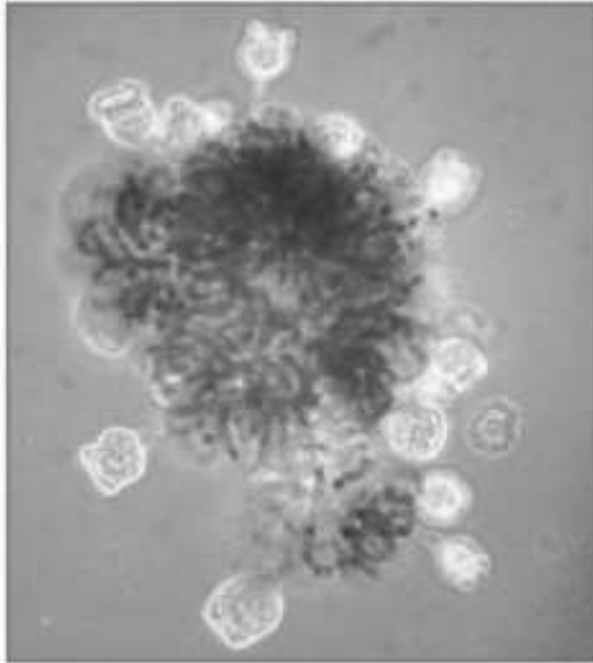
Zooplankton

- Mehrzahl der Zooplankter ernährt sich von Bakterien (bakterivor) und Phytoplankton (herbivor) → starker Fraßdruck auf diese Lebensgemeinschaften
- bakterivore und herbivore Zooplankter sind ein wichtiger Teil der Wasseraufbereitung
 - Fraß von Schwebalgen verbessert die Sichttiefe
 - Fraß von Bakterien = *in situ* - Entkeimung

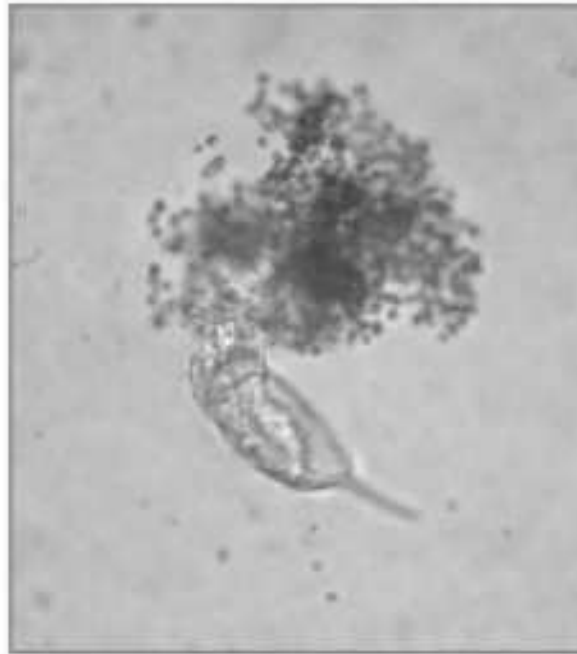


1.1 Einführung zum Zooplankton

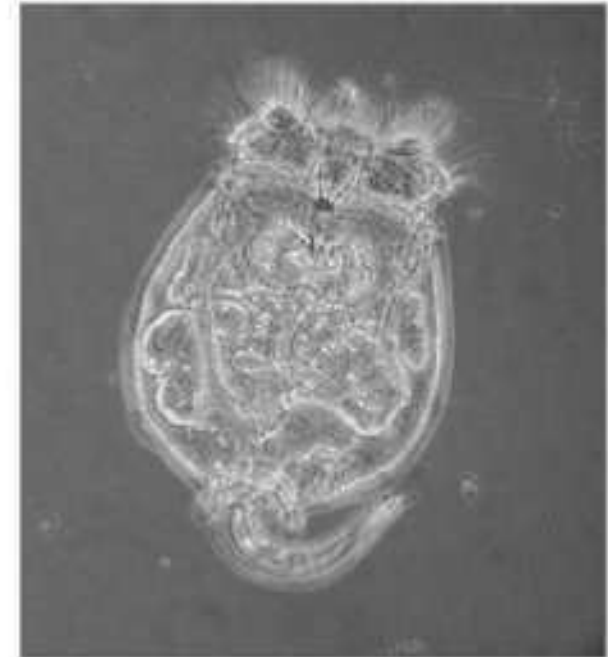
STRUDLER: CILIATA (WIMPERTIERCHEN) UND ROTATORIA (RÄDERTIERE)



CILIATA: VORTICELLA AUF EINER ALGENKOLONIE IM FREIWASSER SIEDELND, STRUDELN BAKTERIEN EIN.



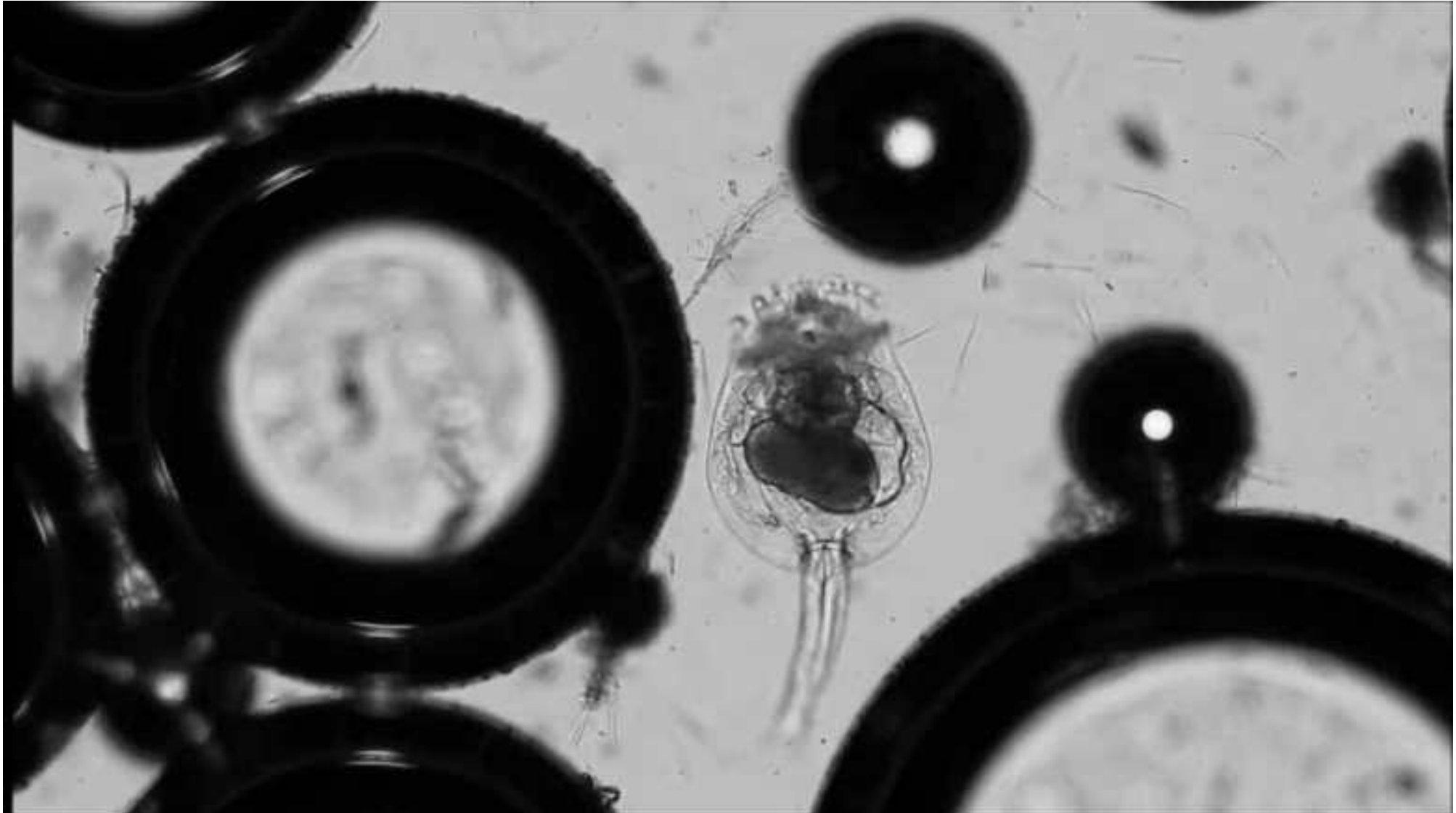
ROTATORIA: KERATELLA BEIM FRESSEN COCCALER CYANOBAKTERIEN



ROTATORIA: BRACHIONUS BEIM VERDAUEN VON BAKTERIEN

Strudler → strudeln durch Cilien oder Wimpern Nahrung in den Mund

1.1 Einführung zum Zooplankton



1.1 Einführung zum Zooplankton

FILTRIERER: CIADOCERA (WASSERFLÖHE)



CLADOCERA: BOSMINA



CIADOCERA: CERIODAPHNIA



CIADOCERA: DAPHNIA

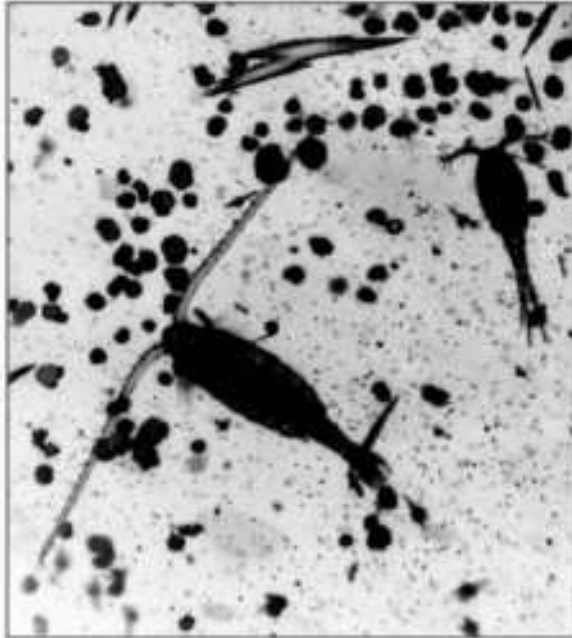
Filtrierer → pressen einen Wasserstrom durch siebartige Strukturen und filtern die Nahrung heraus

1.1 Einführung zum Zooplankton

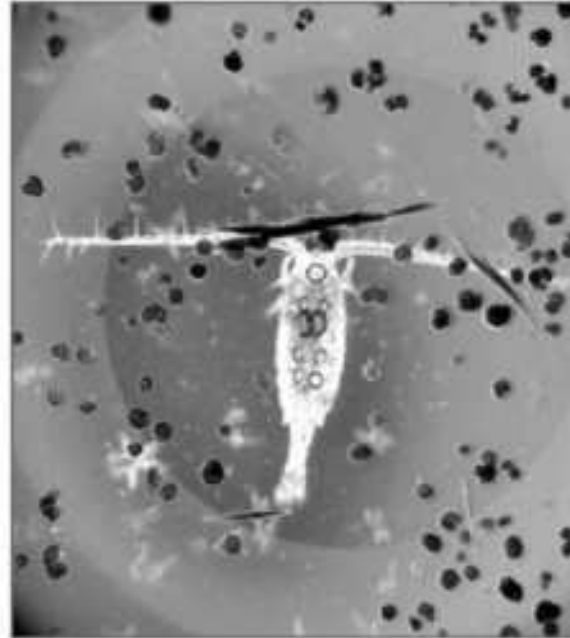


1.1 Einführung zum Zooplankton

GREIFER: COPEPODA (HÜPFERLINGE)



CALANOIDE UND CYCLOPOIDE: COPEPODA



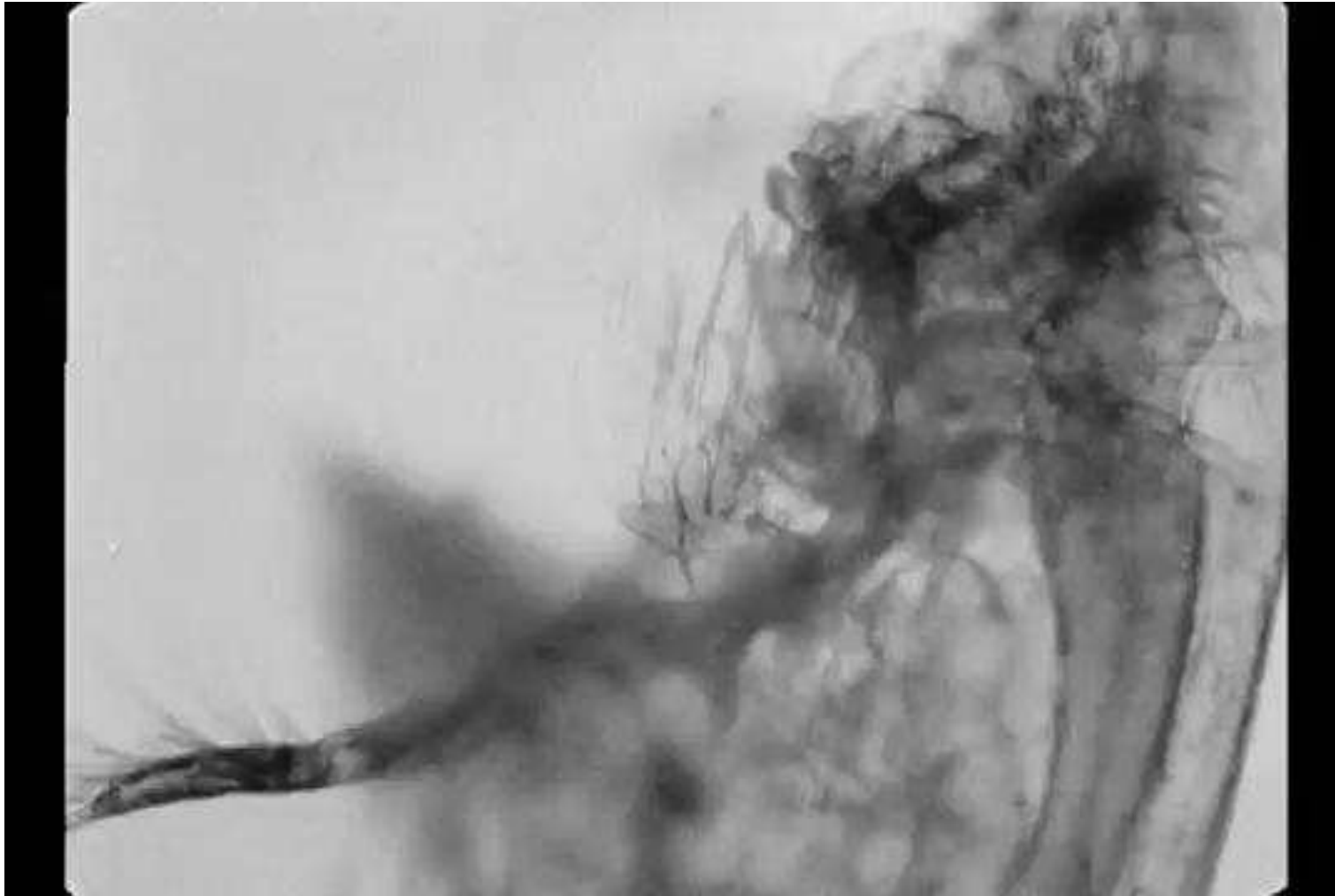
CALANOIDER COPEPOD: EUDIAPTOMUS



CYCLOPOIDE COPEPODA: CYCLOPS

Greifer → ergreifen gezielt ihre Nahrung

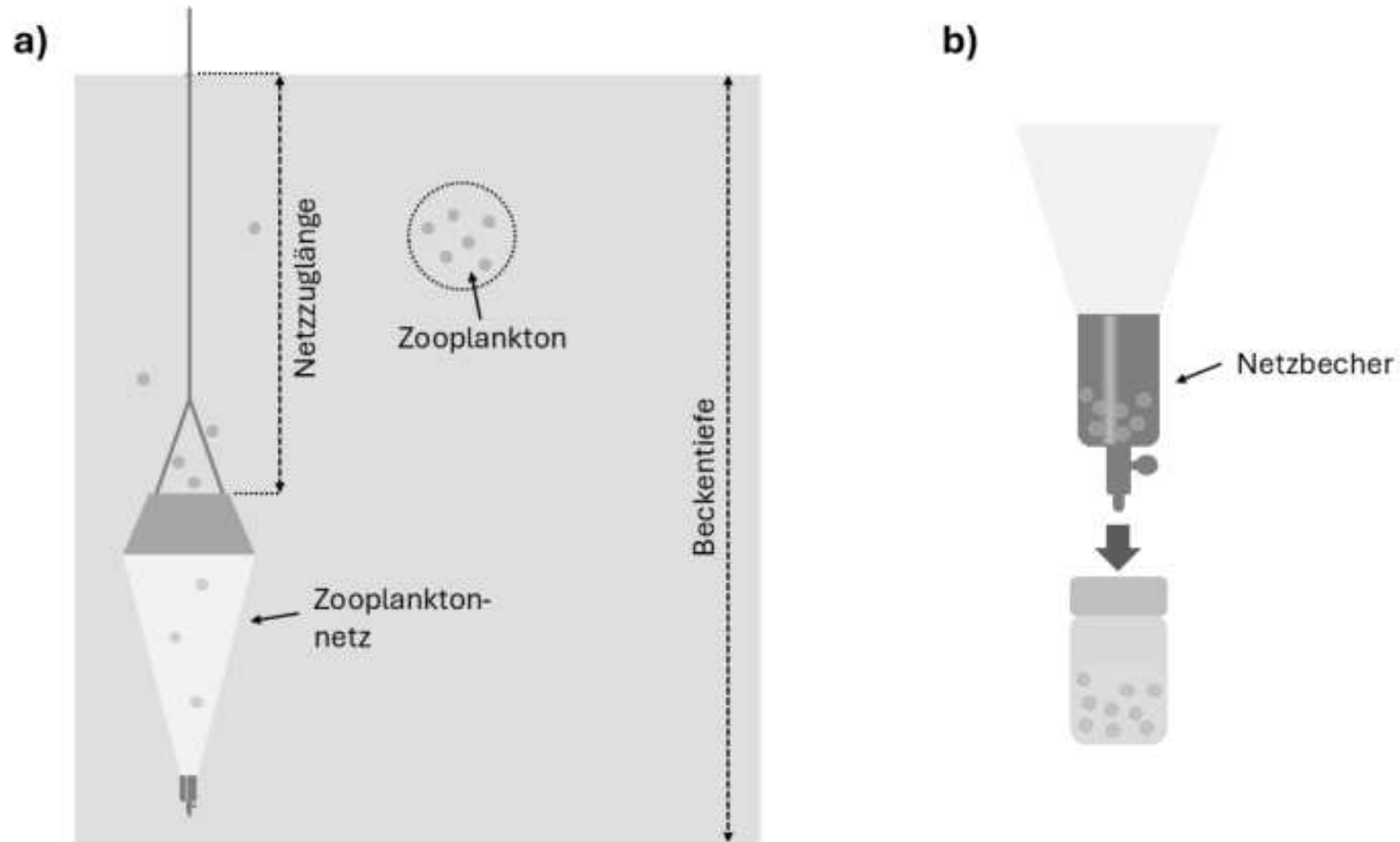
1.1 Einführung zum Zooplankton



1.2 Untersuchungsmethoden



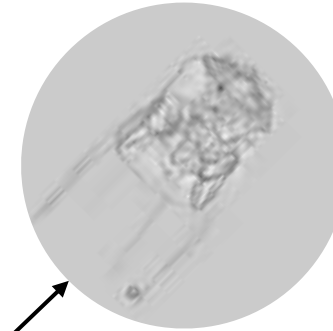
1.2 Untersuchungsmethoden



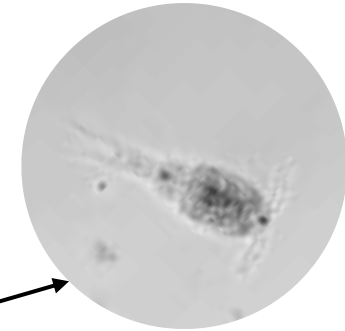
1.2 Untersuchungsmethoden



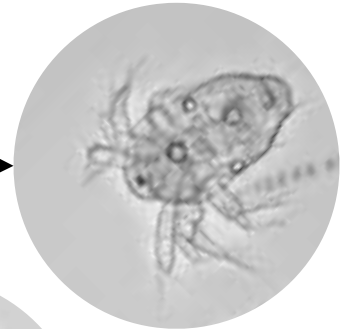
Polyarthra



Cyclopoider Copepodid



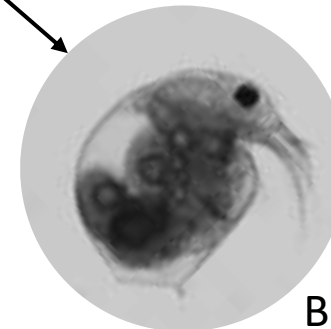
Nauplie



Daphnia rosea



Bosmina longirostris



1.2 Untersuchungsmethoden



Zooplankton Art / Gattung	Individuen / m ³				
	23.05.23	Termin 2	Termin 3	Termin 4	Termin 5
Rotatoria (Rädertiere)	566.879				
Aplanchna sp.	++				
Brachionus angularis	++				
Brachionus calyciflorus	++				
Euchlanis c.f. dilatata	+				
Filinia longiseta	++				
Hexarthra mira	+				
Keratella cochlearis	+				
Keratella quadrata	+				
Lecane cf. luna	+				
Polyarthra sp.	+++				
Synchaeta sp.	++				
Testudinella patina	+				
Copepoda (Ruderfußkrebse)	140.127				
Nauplien	135.881				
Cyclopoide Copepodide	+++				
Calanoide Copepodide	+				
Eudiaptomus gracilis	+				
Cladocera (Wasserflöhe)	27.601				
Bosmina longirostris	+++				
Ceriodaphnia pulchella	+				
Summe	734.607				
Anteil einer Art an der Gesamt-Individuenzahl der jeweiligen Gruppe (bei den Copepoda ohne Nauplien): + = geringer Anteil ++ = größerer Anteil +++ = sehr großer Anteil					

1.2 Untersuchungsmethoden



Zooplankton-Gruppe	Mittlere Filtrationsrate [$\text{m}^3/\text{m}^3/\text{d}$]				
	23.05.2023	Termin 2	Termin 3	Termin 4	Termin 5
Rotatoria (Rädertiere)	4,818				
Copepoda (Ruderfußkrebse)	9,084				
Cladocera (Wasserflöhe)	0,919				
Summe	14,821				

Beckenwasser wird theoretisch 14-mal pro Tag durchgefiltert !

1. Zooplankton

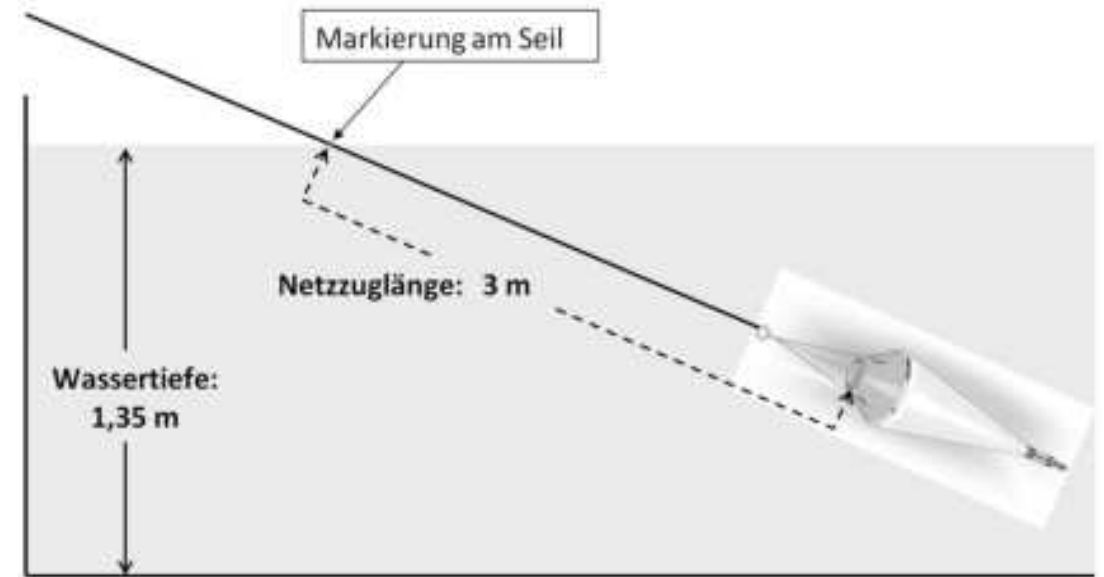
- 1.1 Einführung zum Zooplankton
- 1.2 Untersuchungsmethoden
- 1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2. Phytoplankton

- 2.1 Einführung zum Phytoplankton
- 2.2 Untersuchungsmethoden
- 2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein
 - 2.3.1 Artenzusammensetzung und Biomasse
 - 2.3.2 Zusammenspiel Phyto- und Zooplankton
 - 2.3.3 Reduktion des Phytoplanktons durch den Schnellfilter

3. Fazit

1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein



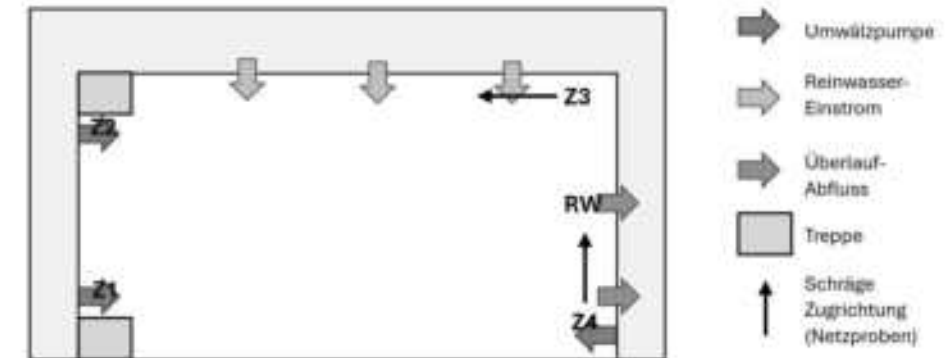
3 Probenahmen an 2 Terminen:

21.08.2024 12:30

21.08.2024 18:00

18.09.2024 14:00

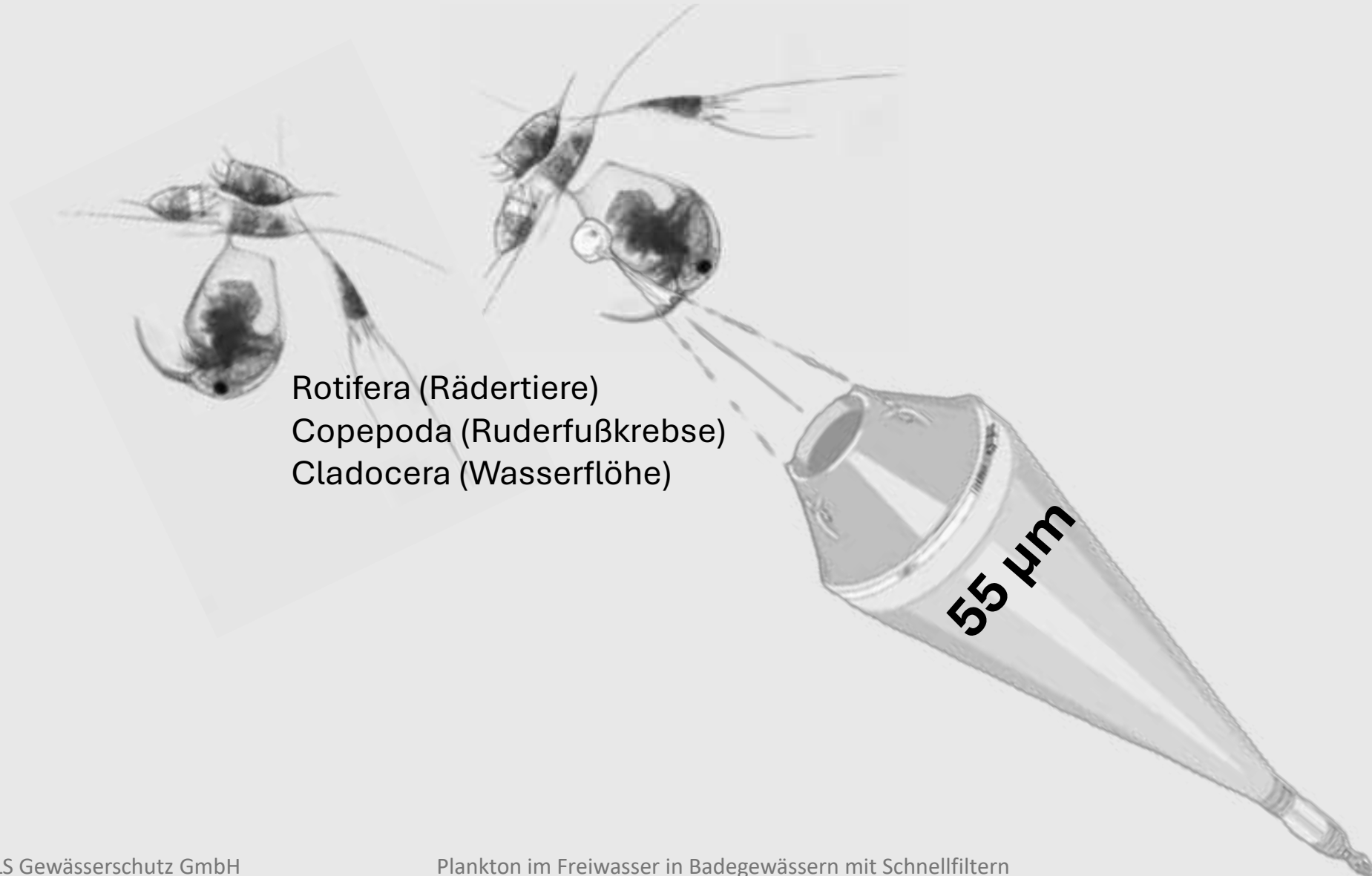
1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein



Probenahmestellen für Beckenwasser Mischproben:

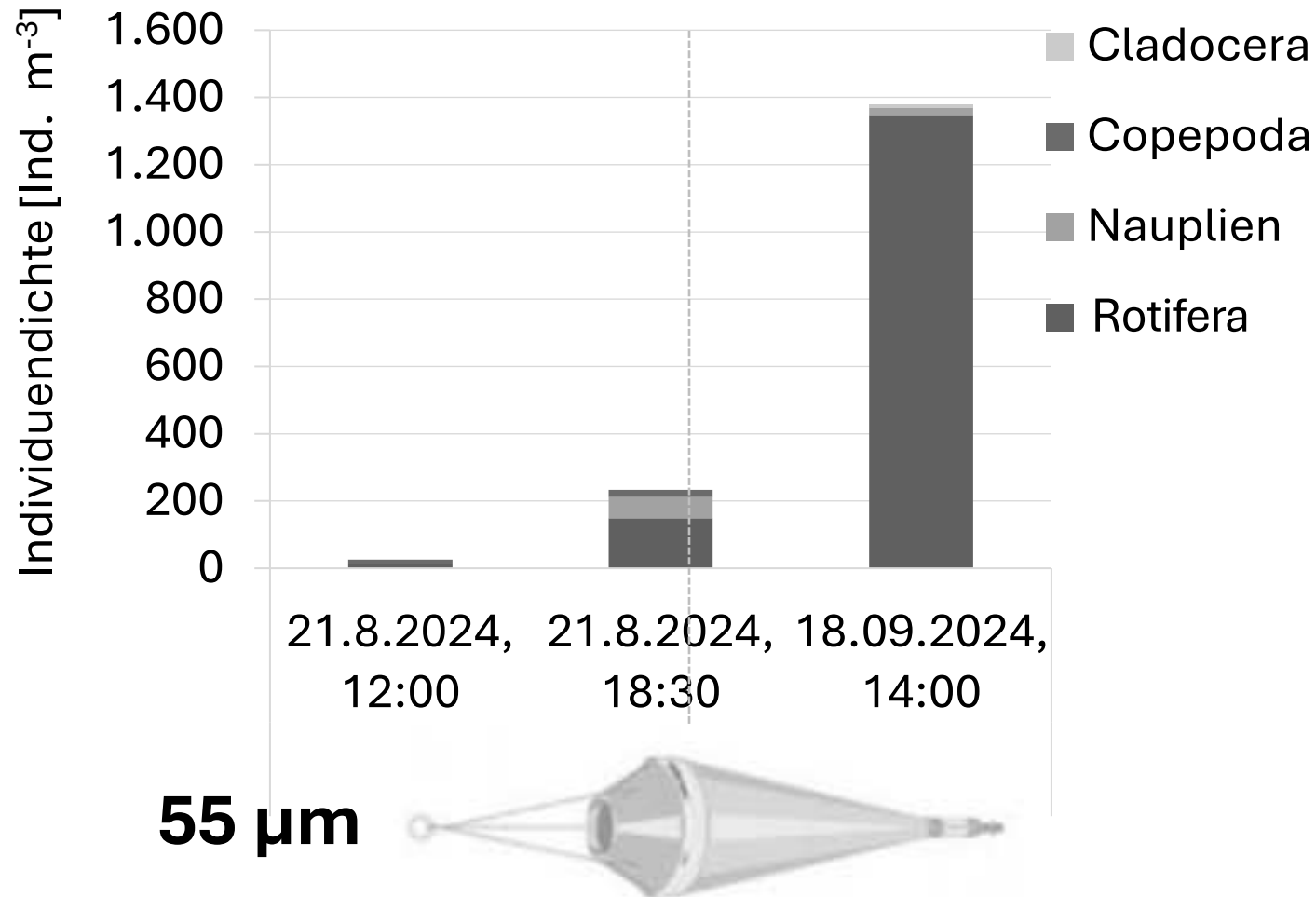
Phytoplankton + HNF : Z1, Z2, Z3, Z4

Zooplankton: Z3 (2m schräg) + Z4 (2m schräg) / je 3 mal



1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

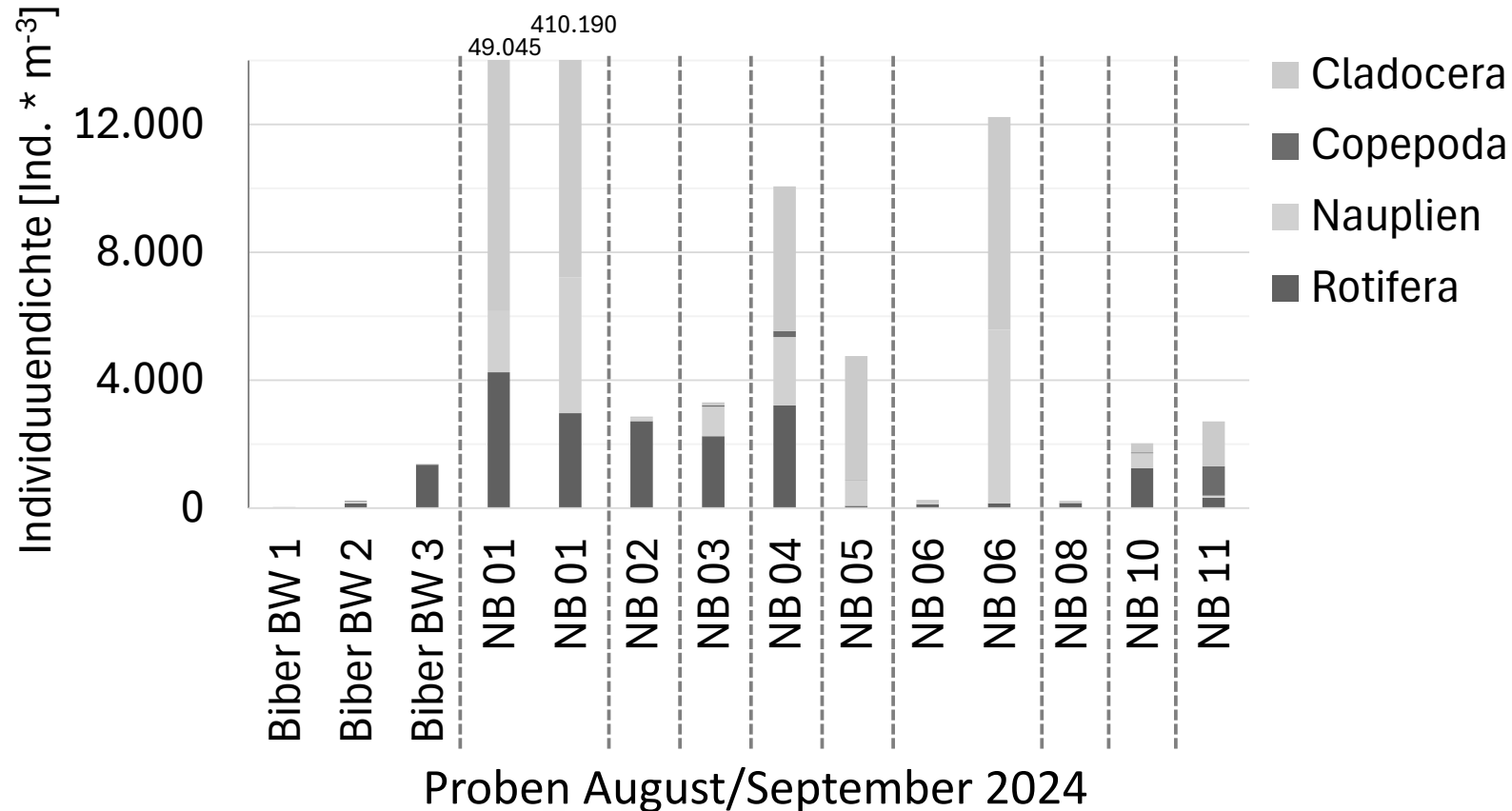
Zooplankton-Zusammensetzung



- Zooplanktondichte war bei 55 µm - Netz sehr gering
- Dominanz von Rotifera (Rädertiere)
- Cladocera (Wasserflöhe) und Copepoda (Ruderfußkrebse) kaum vertreten
- Auffällige Unterschiede zwischen den Probenahmetagen

1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

Naturfreibäder-Vergleich



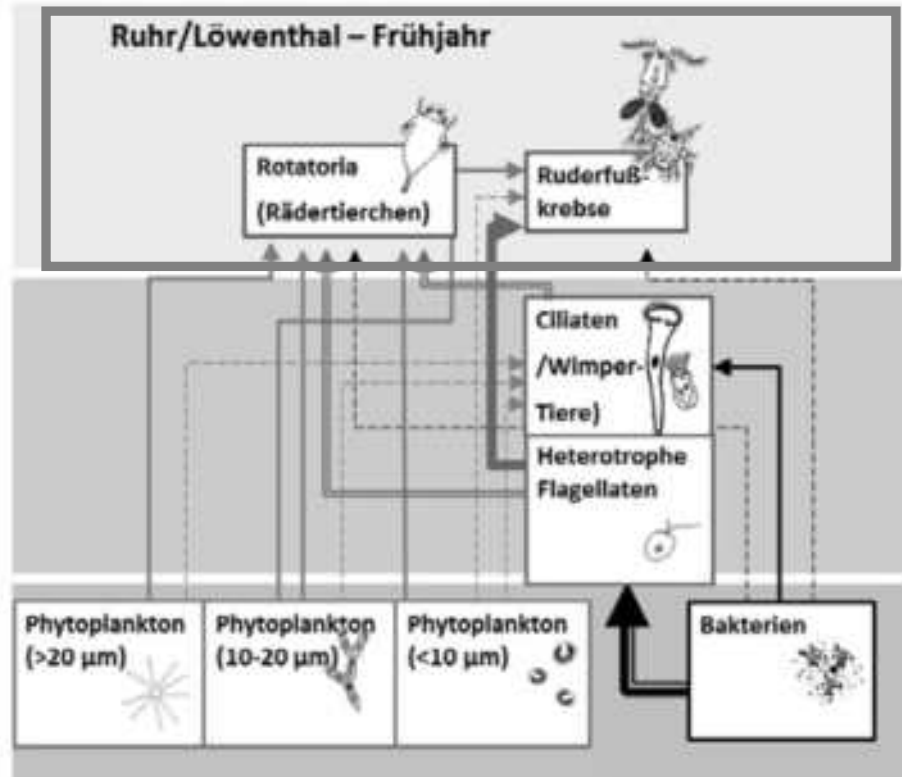
- Individuendichte liegt im NB Biberstein im unteren Bereich im Vergleich zu anderen Naturfreibädern
- Ausgeprägte Dominanz der Rotifera im NB Biberstein

55 µm



1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

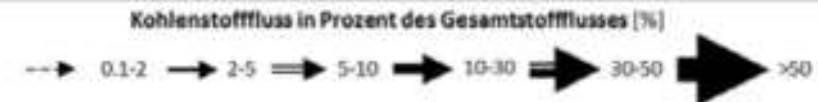
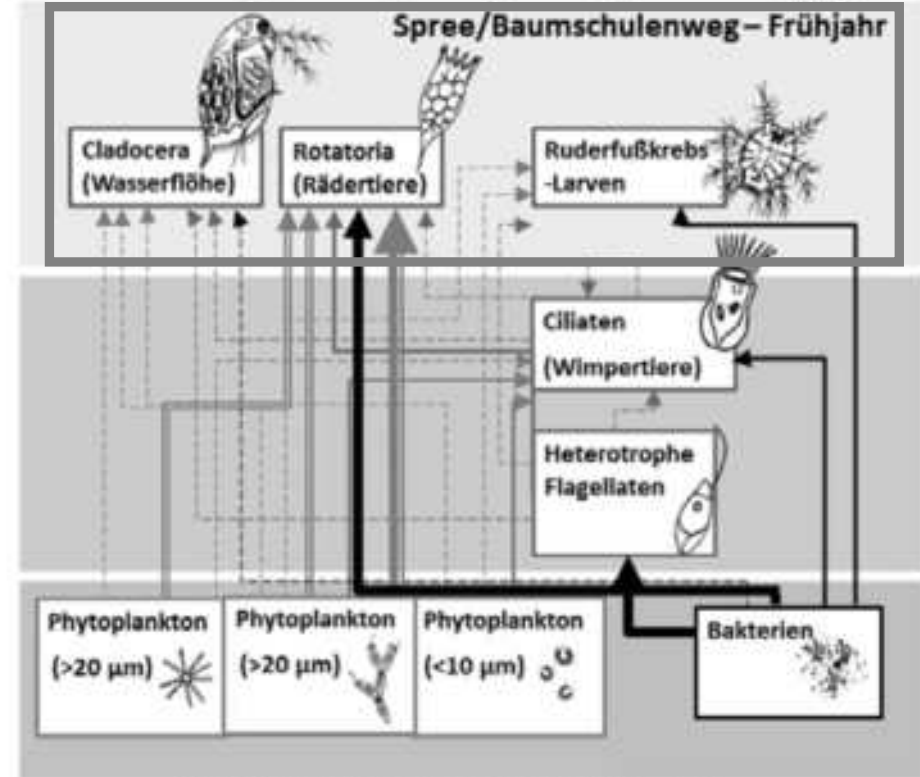
Abbildung 5a: Kohlenstofffluss an der Ruhr



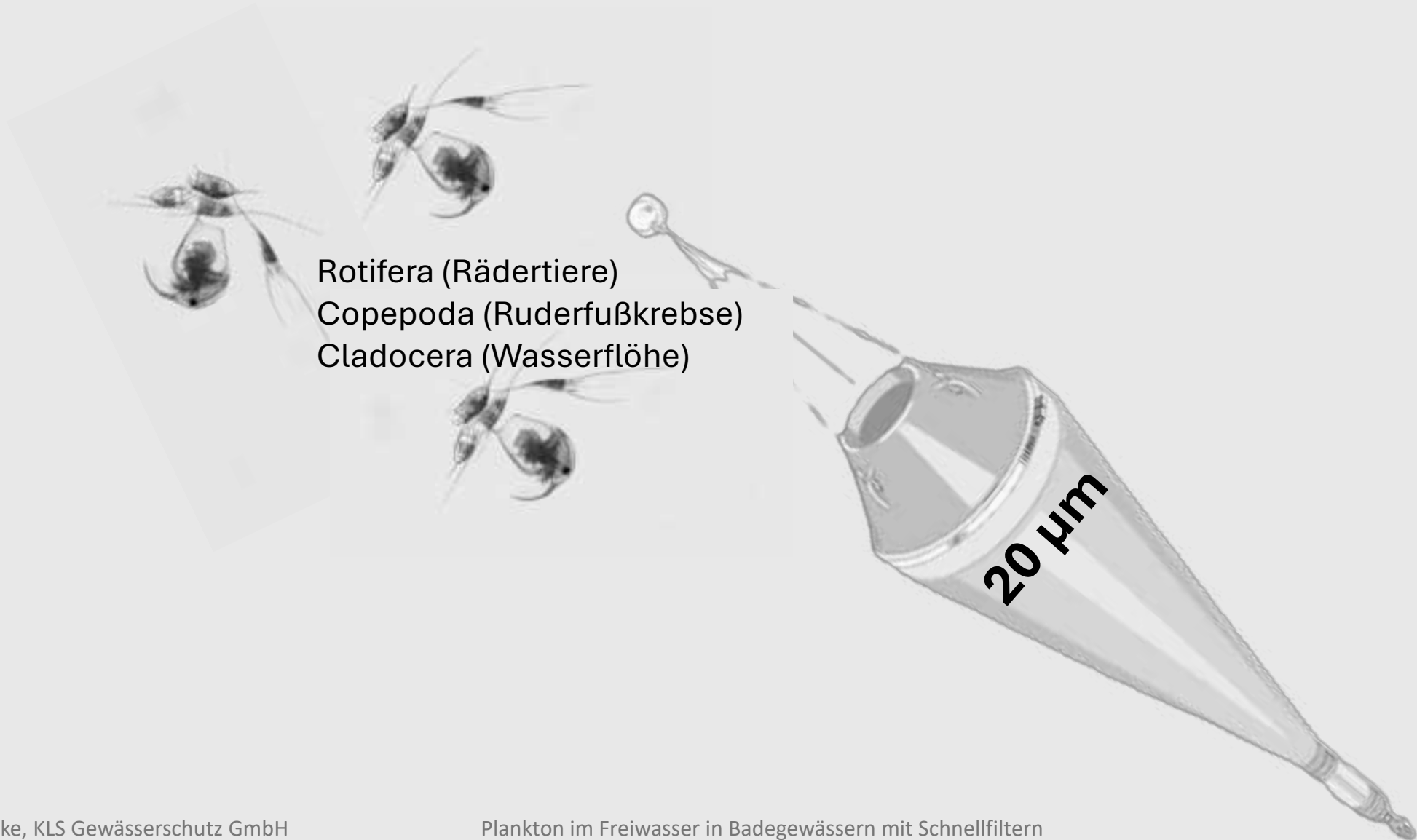
Quelle: Hartmut Arndt, Universität zu Köln

Schnellere Strömung

Abbildung 5b: Kohlenstofffluss an der Spree

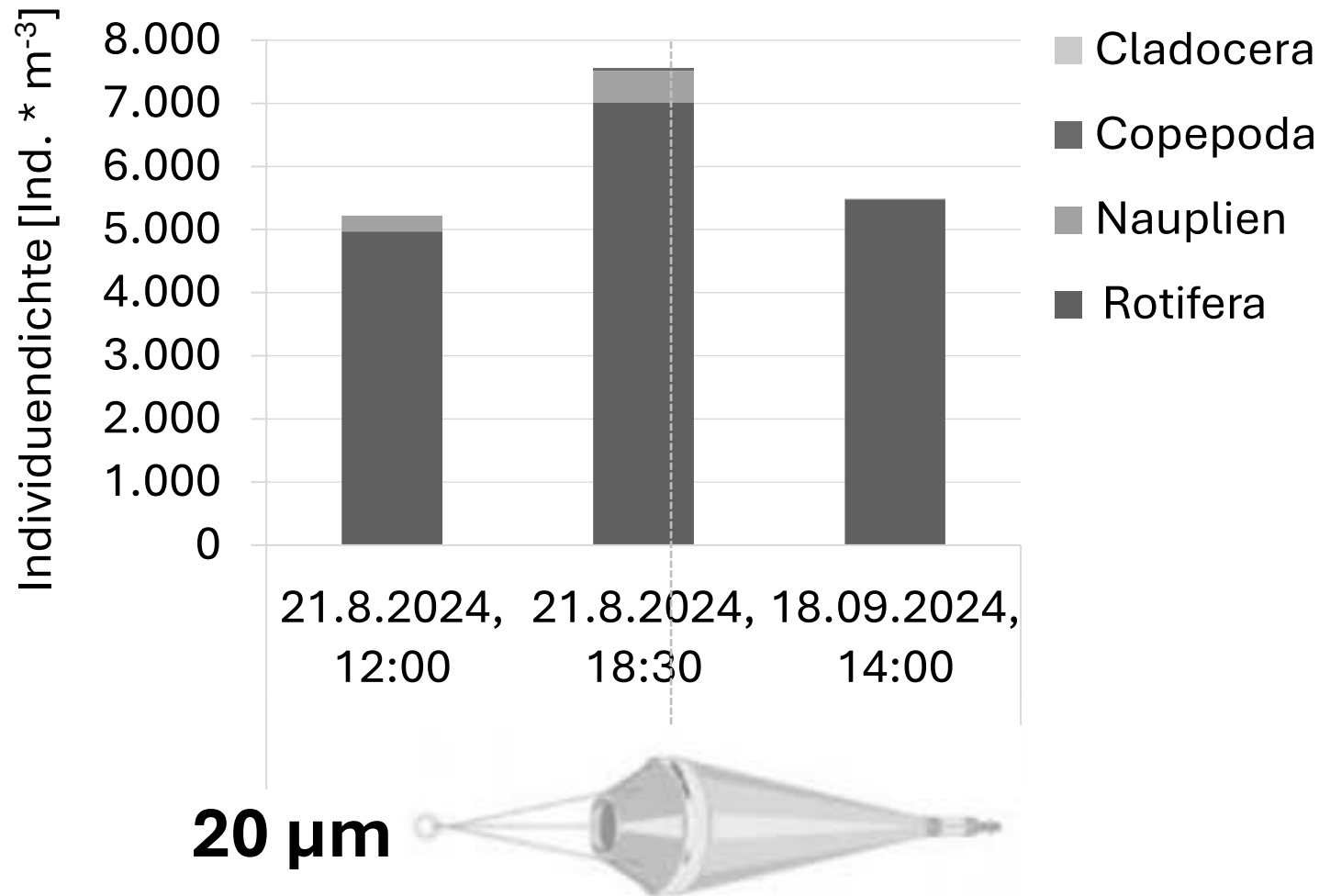


Langsamere Strömung



1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

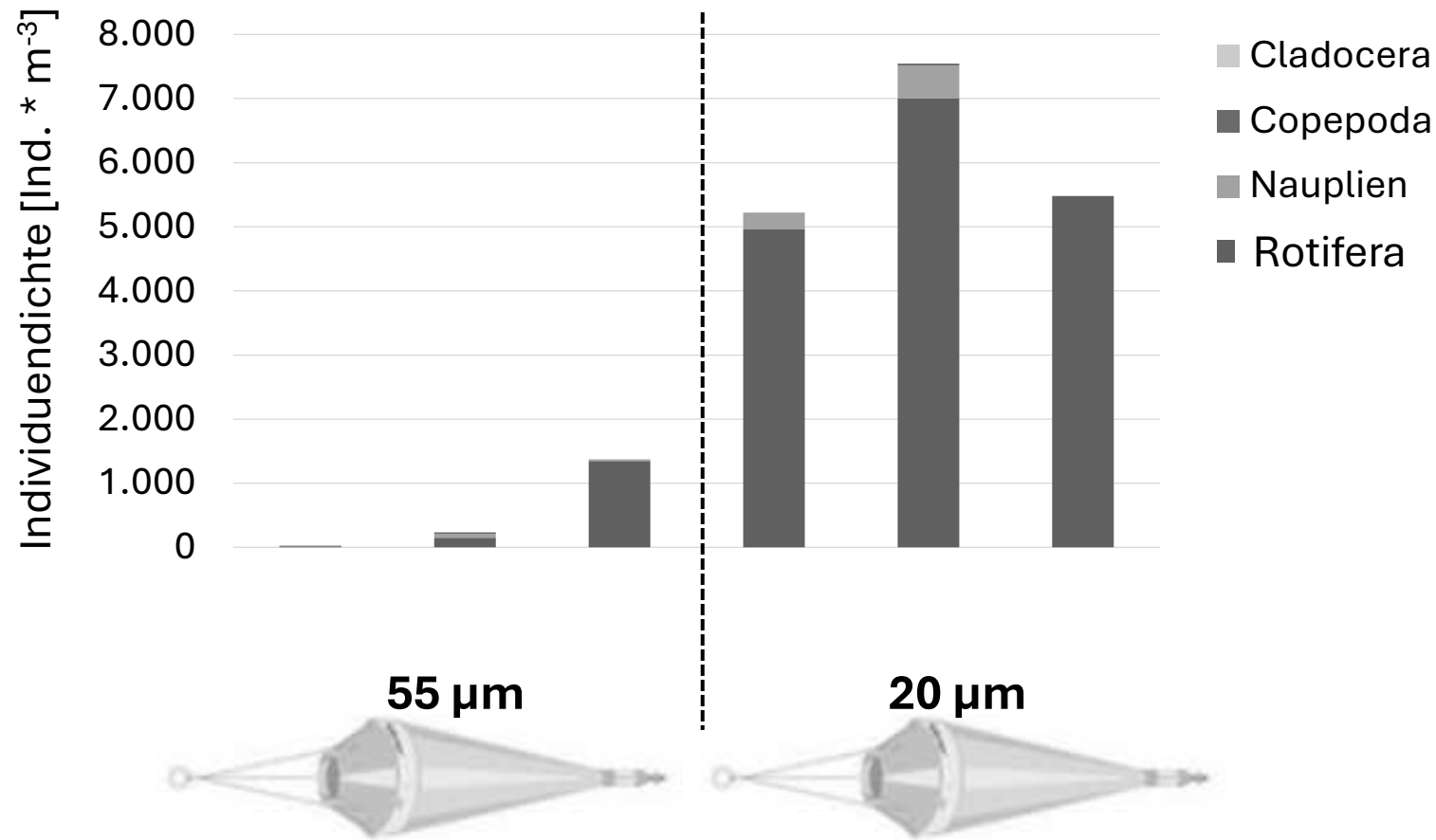
Zooplankton-Zusammensetzung



- Zooplanktondichte ist bei Netz mit geringeren Maschenweite vielfach höher
- Insbesondere höhere Individuenzahlen von **Rotifera mit geringer Körpergröße** (*Lecane cf. flexis*, *Lecane cf. lunaris*, *Lepadella patella*)

1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

Zooplanktonnetze-Vergleich



- Zooplanktondichte ist bei Netz mit geringeren Maschenweite vielfach höher
- Insbesondere höhere Individuenzahlen von **Rotifera mit geringer Körpergröße** (*Lecane cf. flexis*, *Lecane cf. lunaris*, *Lepadella patella*)

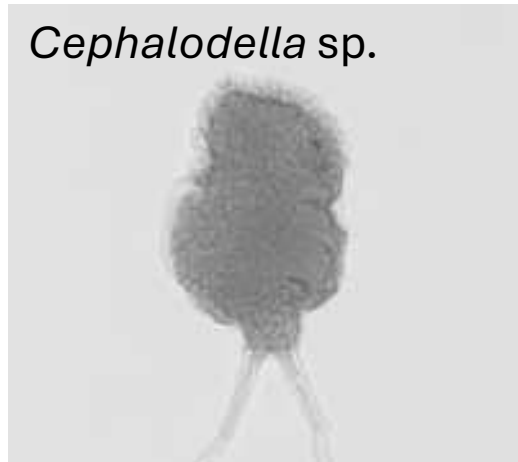
1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

Rotifera

Lecane cf. flexis



Cephalodella sp.



Lepadella patella

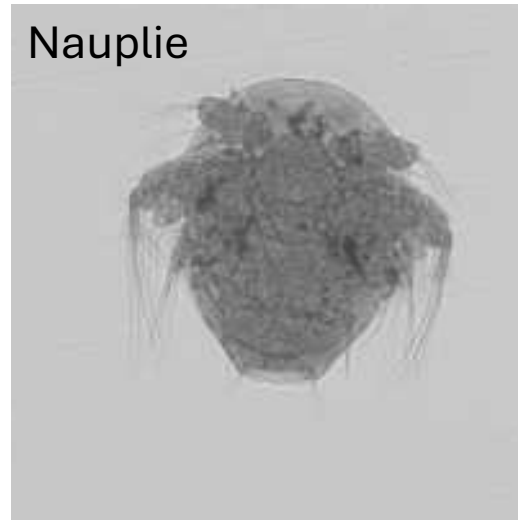


Copepoden

Cyclopoider
Copepodid

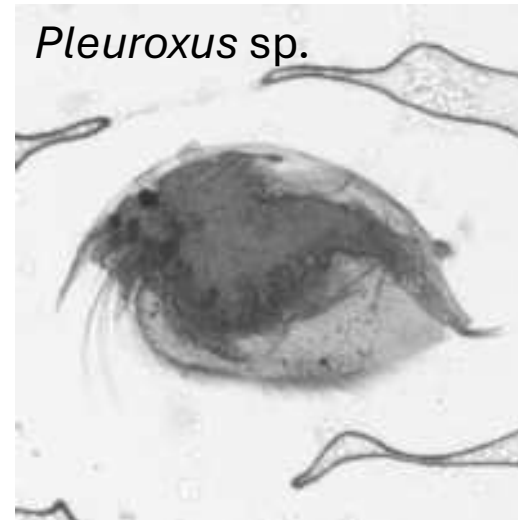


Nauplie



Cladoceren

Pleuroxus sp.

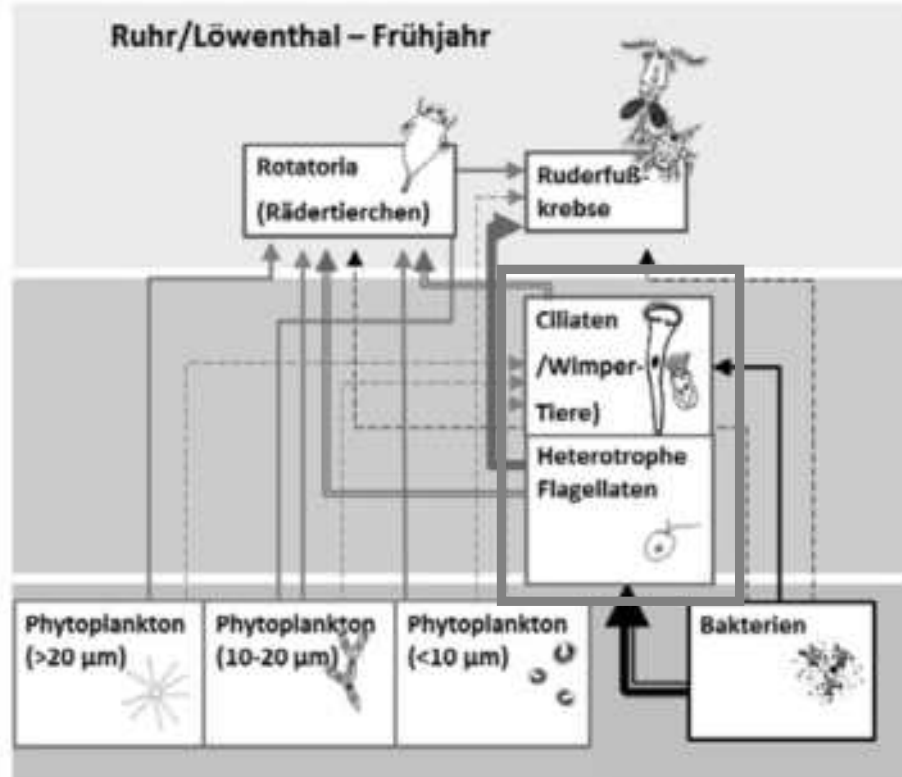


Chydorus sp.



1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

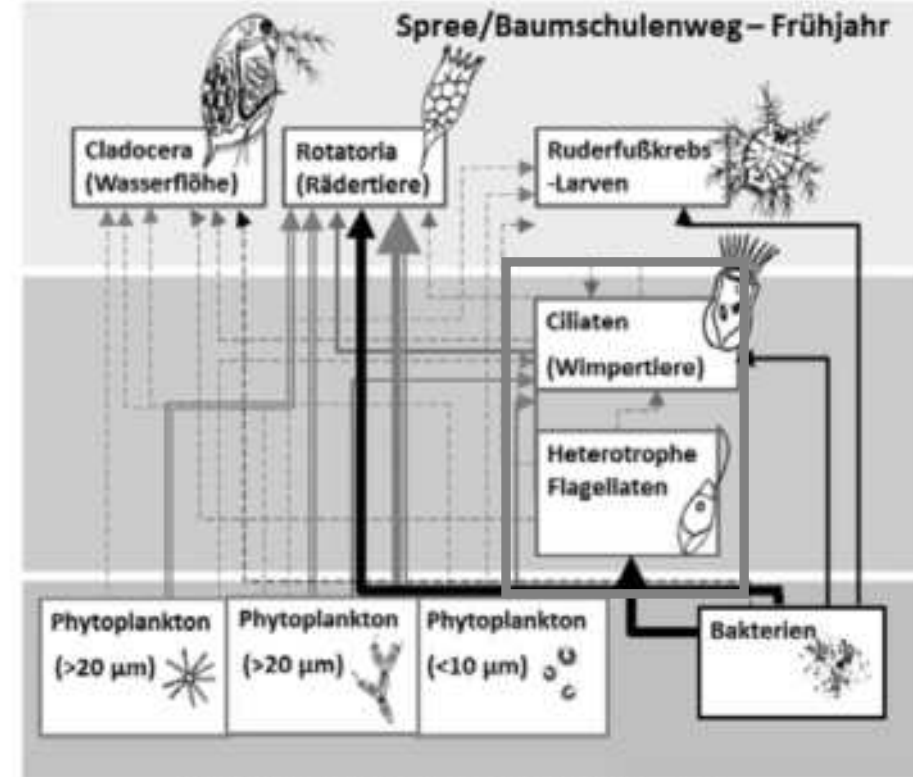
Abbildung 5a: Kohlenstofffluss an der Ruhr



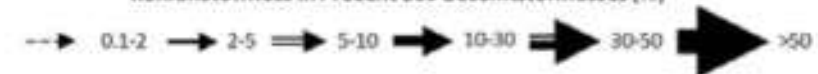
Quelle: Hartmut Arndt, Universität zu Köln

Schnellere Strömung

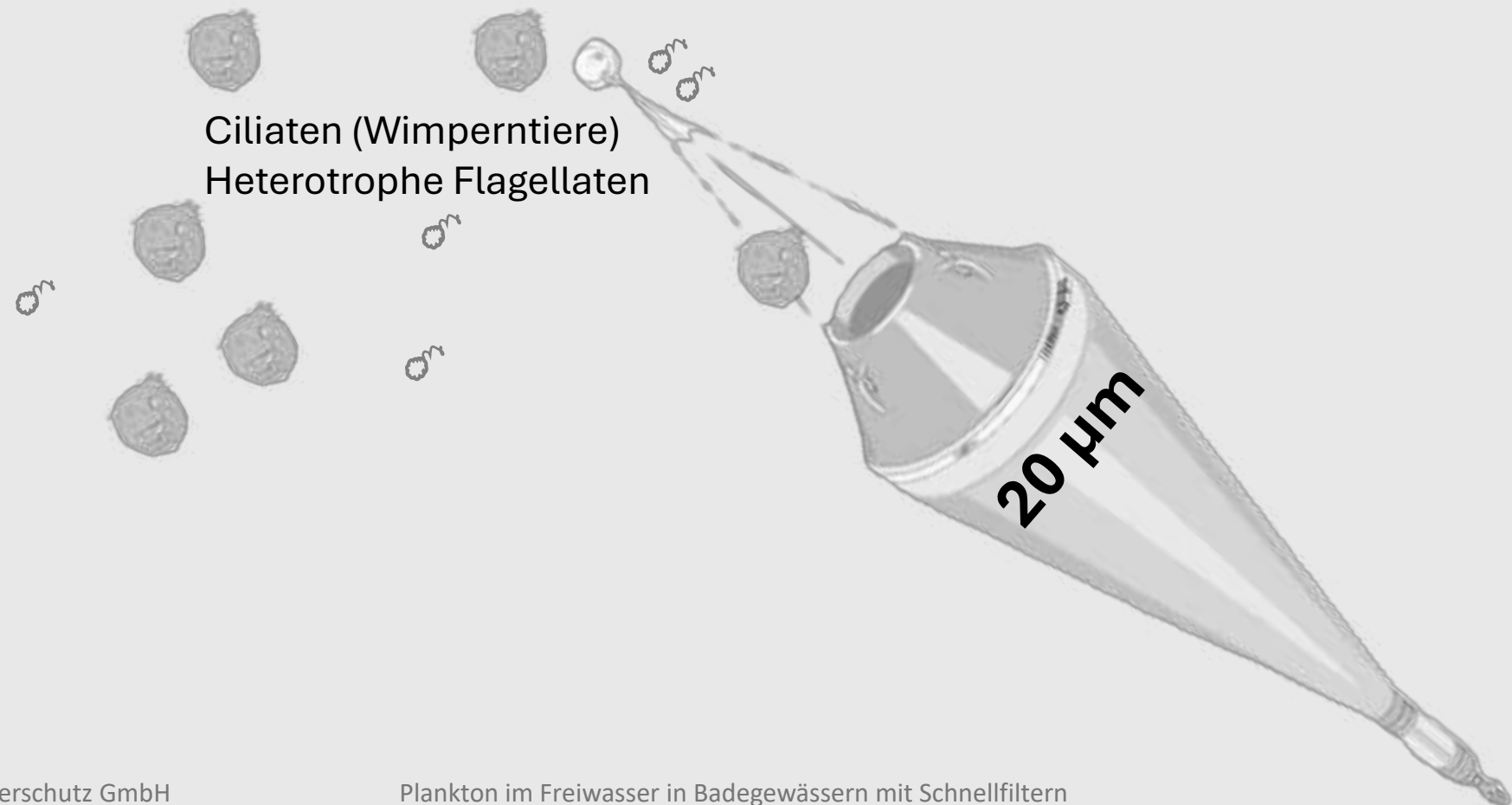
Abbildung 5b: Kohlenstofffluss an der Spree



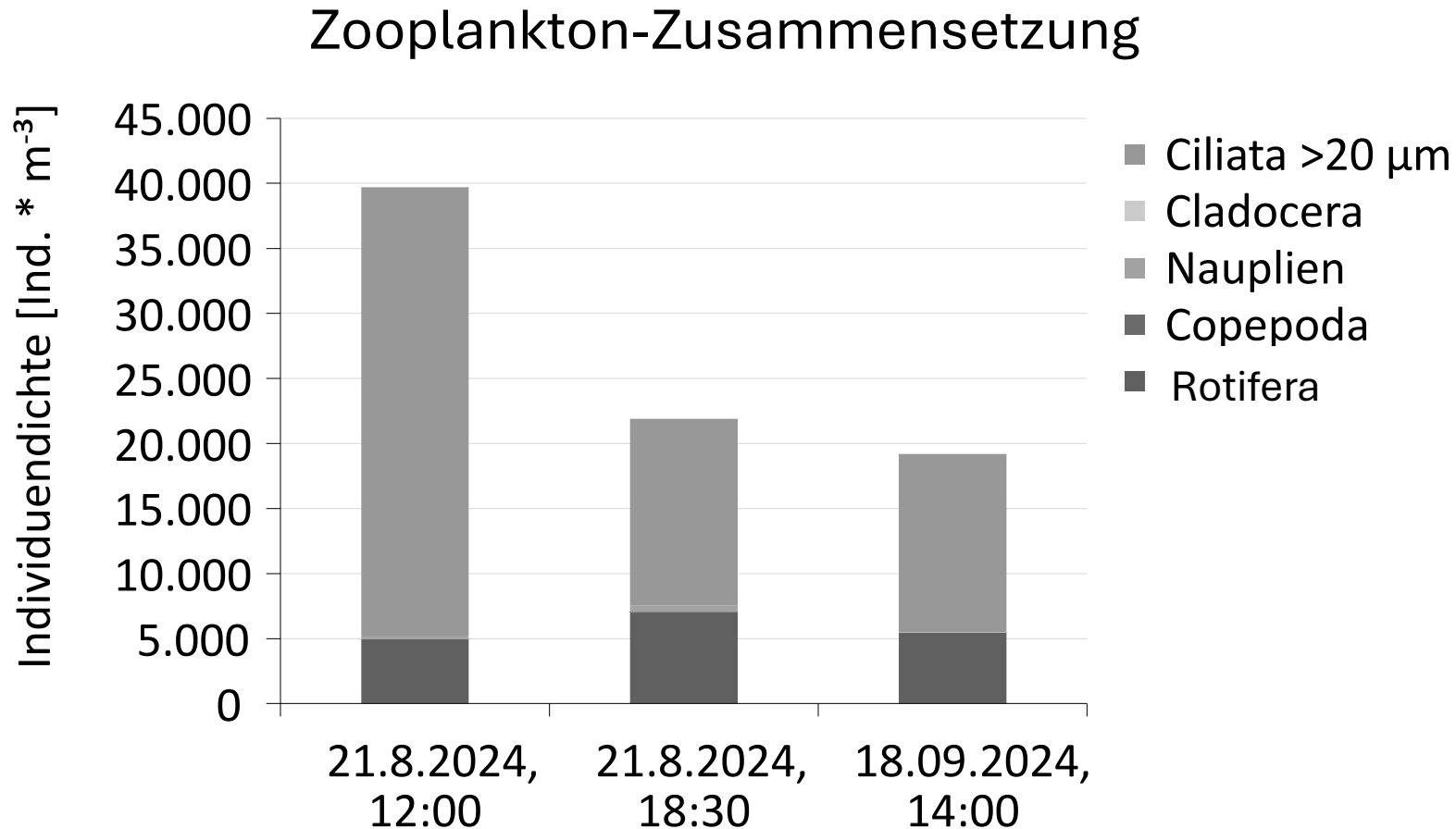
Kohlenstofffluss in Prozent des Gesamtstoffflusses [%]



Langsamere Strömung



1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein



20 µm

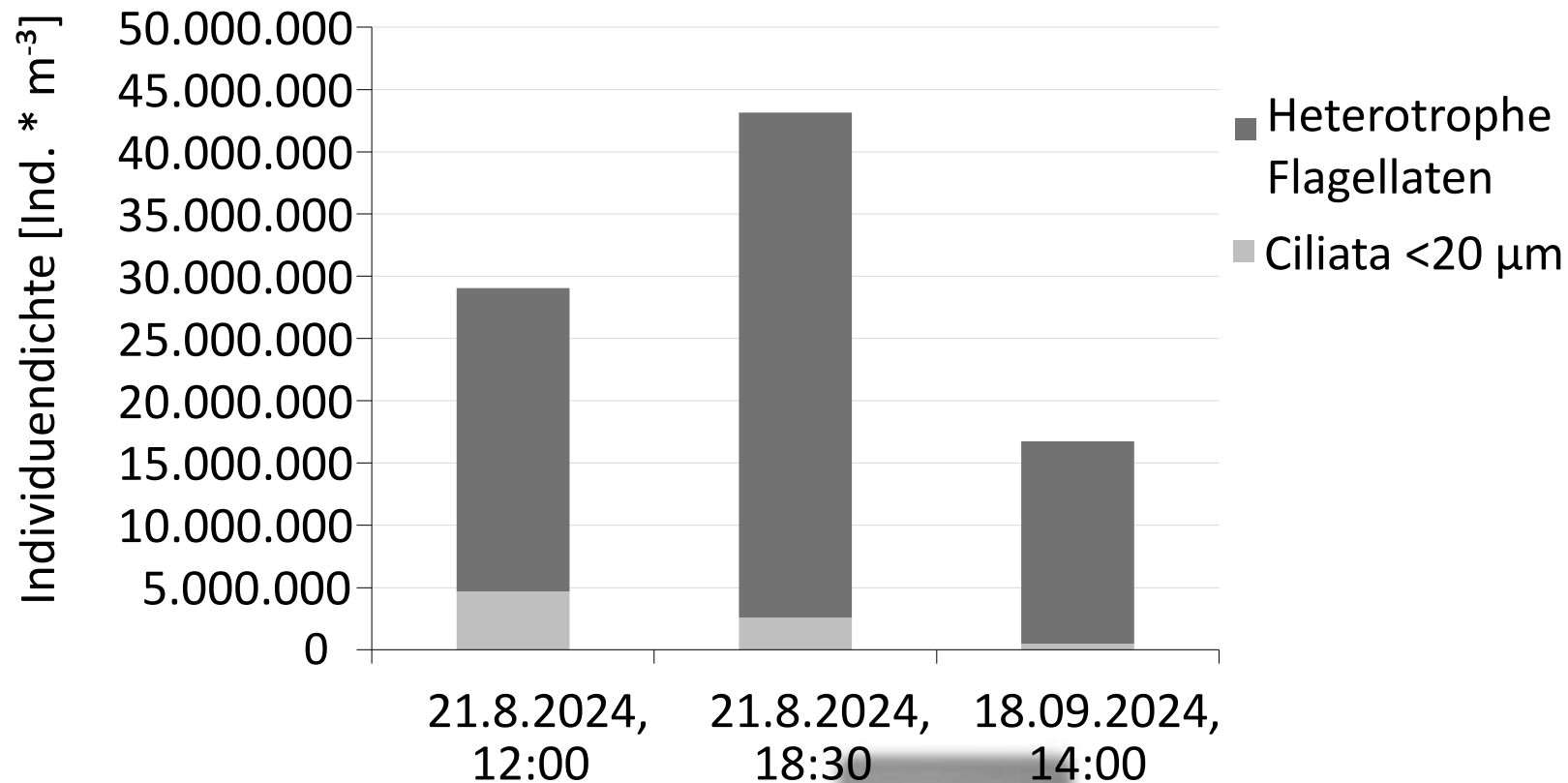


- Ciliaten sind in den Proben vorhanden (Organismen >20 µm)
- Viele Ciliaten sind jedoch kleiner und werden mit Netzbeprobung nicht erfasst
- Heterotrophe (Nano)flagellaten sind mit einem Netz ebenfalls nicht erfassbar

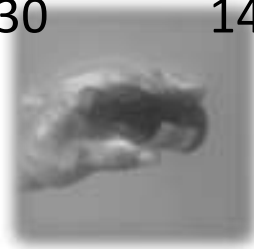
Ciliaten (Wimperntiere)
Heterotrophe Flagellaten

1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

Zooplankton-Zusammensetzung



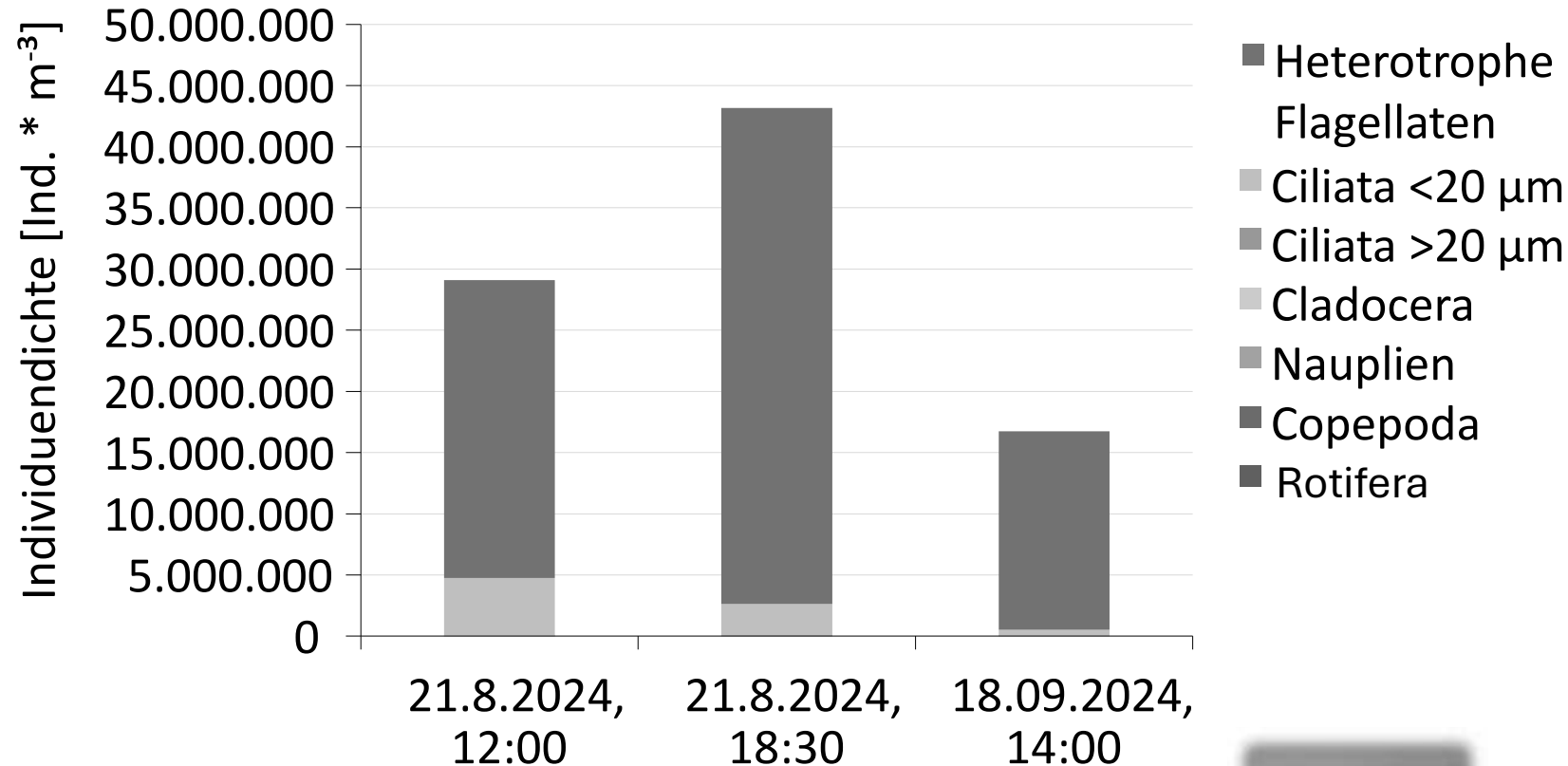
Schöpfprobe



- Ciliaten sind in der Schöpfprobe deutlich mehr vorhanden als in der 20 µm – Netzprobe
- Heterotrophe (Nano)flagellaten (HF) sind in der Schöpfprobe vorhanden, im Hellfeld zwar sichtbar, aber nur schwer analysierbar

1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

Zooplankton-Zusammensetzung



- Zählung der Ciliaten und heterotrophen Flagellaten in der Schöpfprobe am sinnvollsten
- Schwankungen an einem Tag und zwischen den Tagen

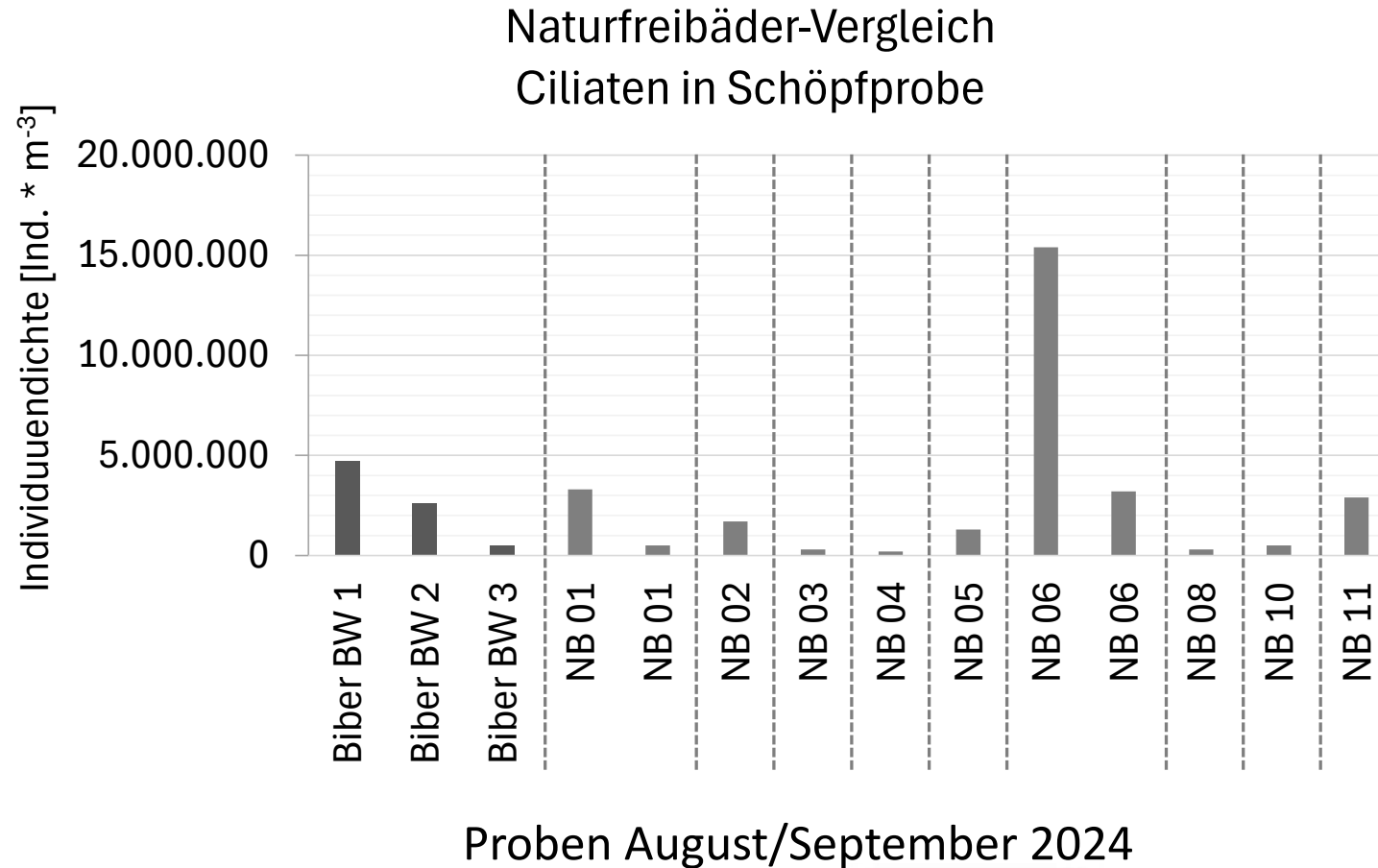
20 µm - Netz



+ Schöpfprobe



1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein



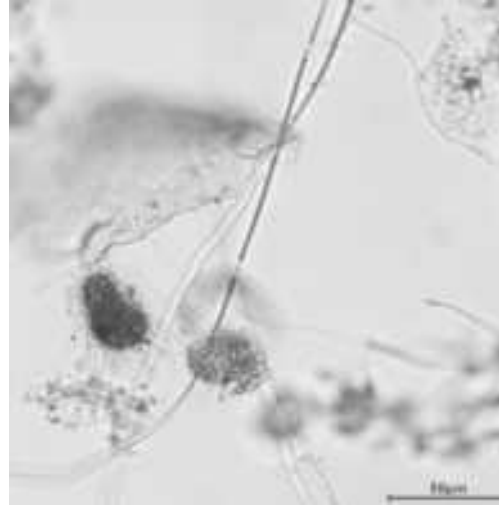
- Individuendichte an Ciliaten liegt im NB Biberstein im oberen bis mittleren Bereich im Vergleich zu anderen Naturfreibädern
- Ciliaten in der Schöpfprobe meist kleine Arten (10 – 15 µm)

Schöpfprobe

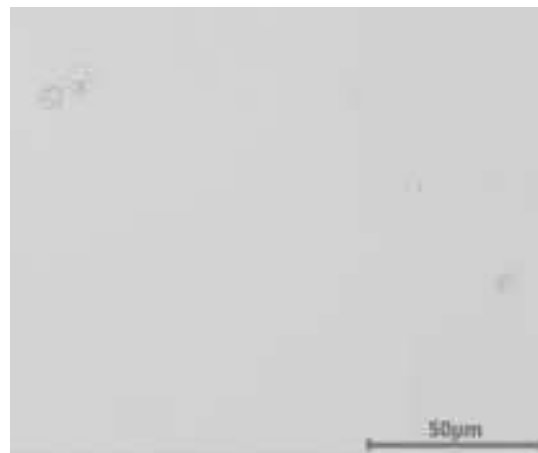
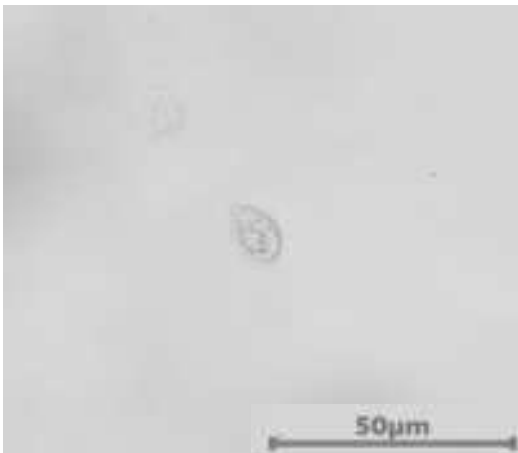


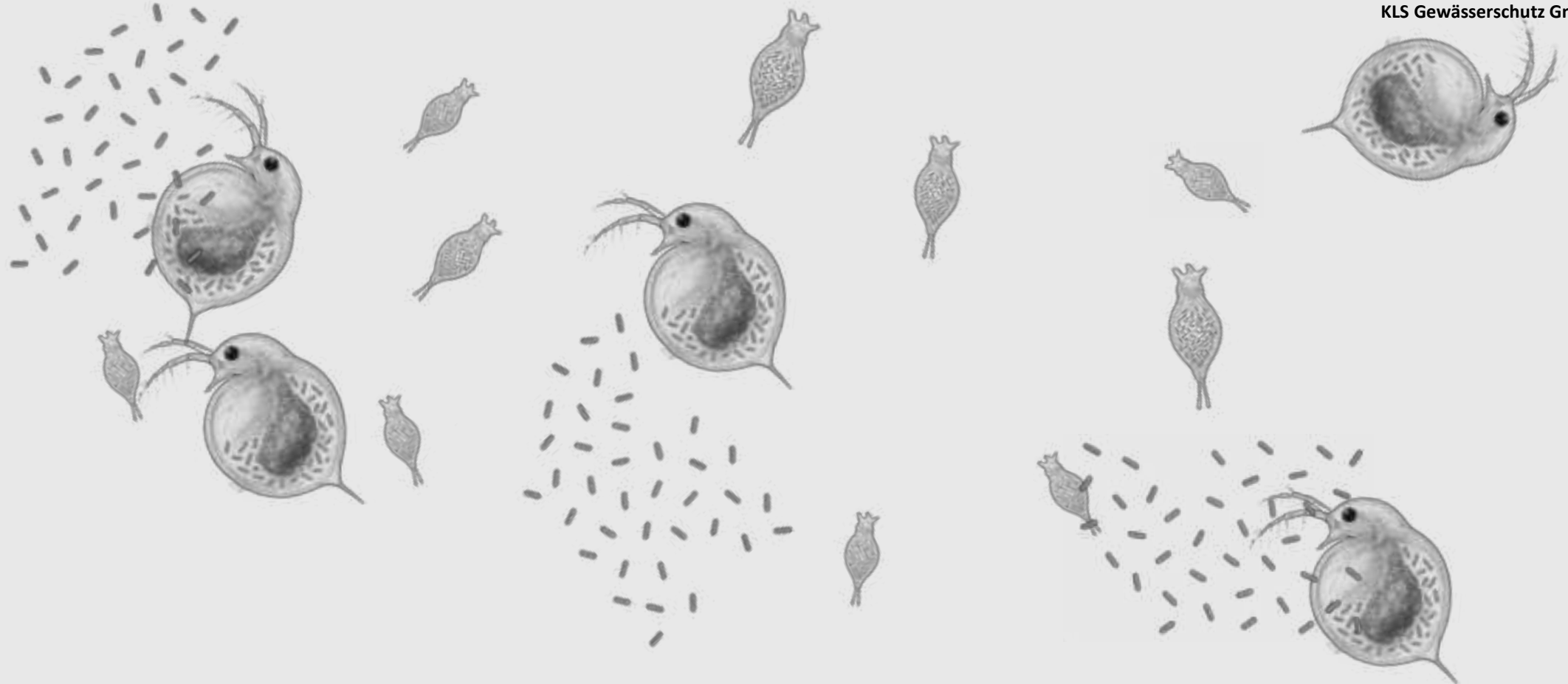
1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

Ciliaten



Heterotrophe Flagellaten

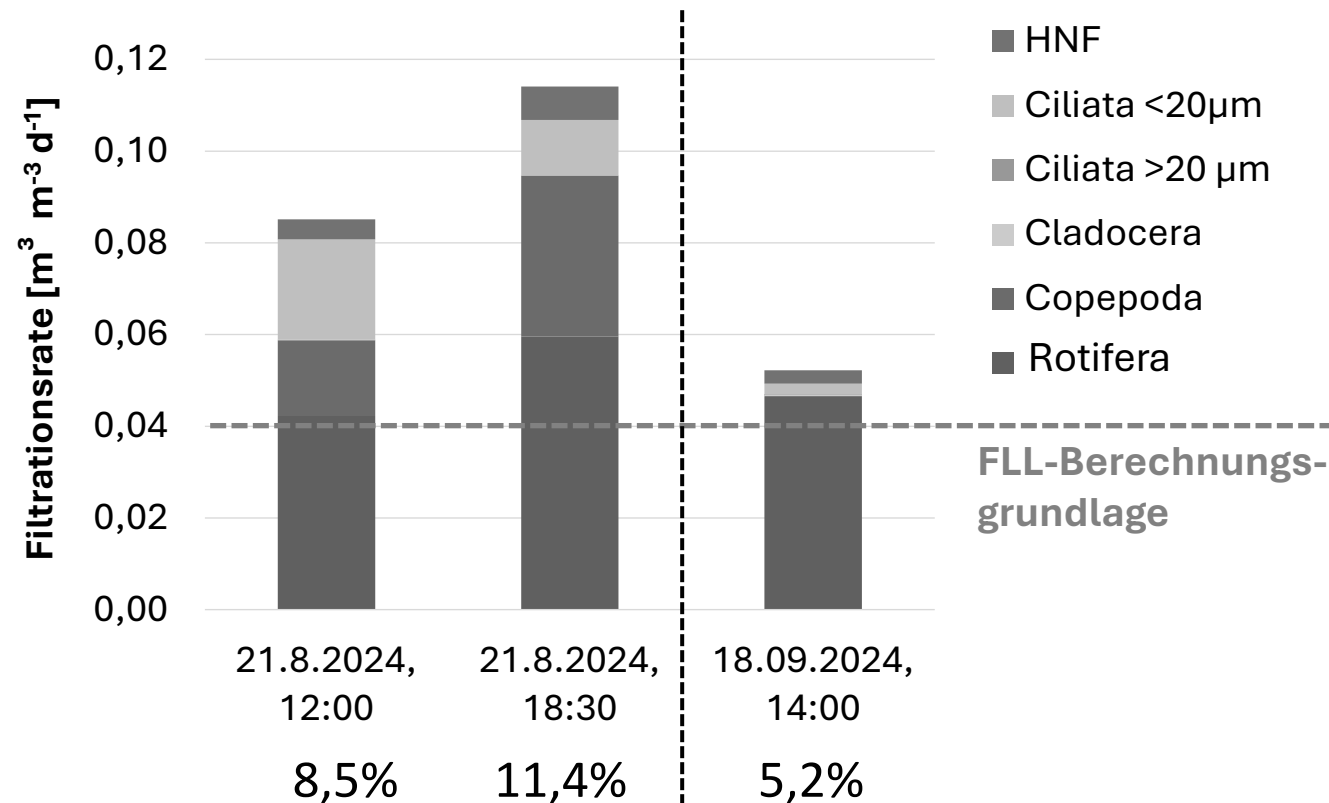




- Fraß von Schwebalgen verbessert die Sichttiefe
- Fraß von Bakterien = *in situ* - Entkeimung

1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

Filtration unterschiedlicher Zooplankton Taxa

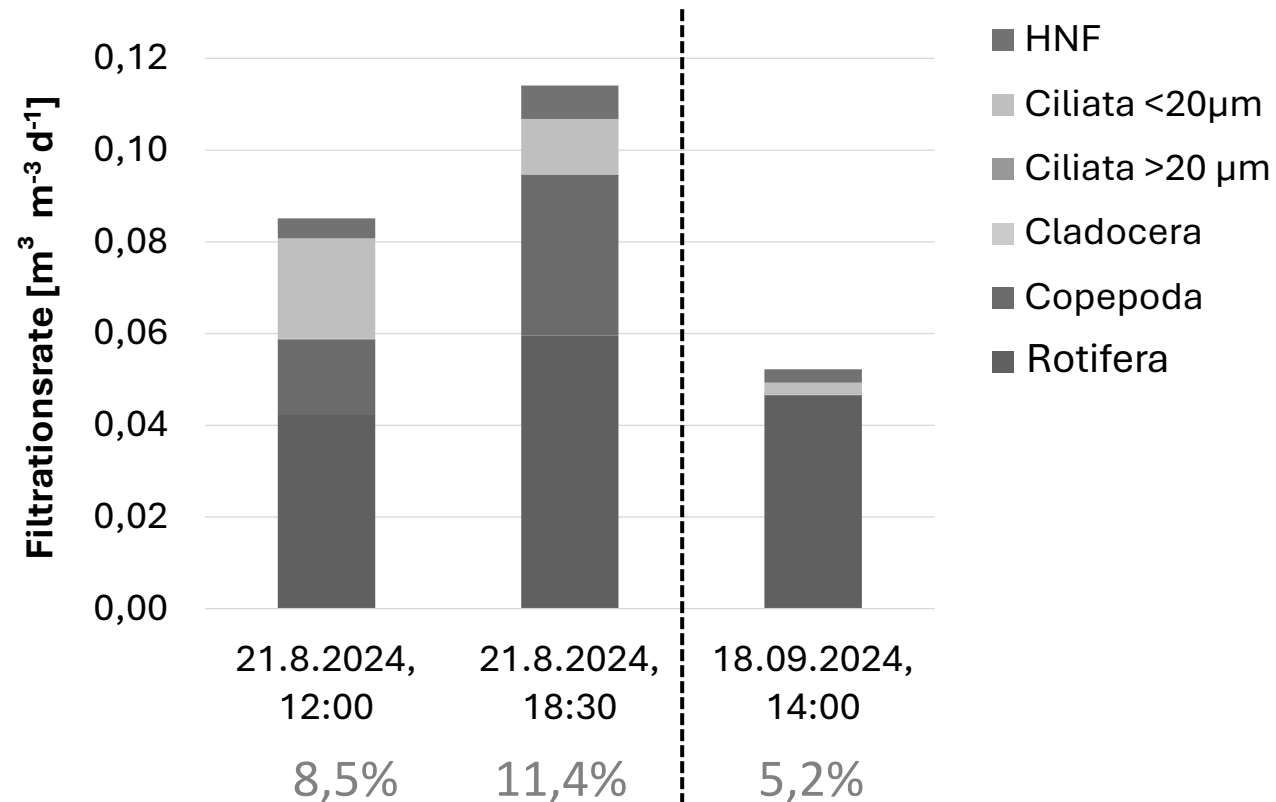


des Wasserkörpers wurden durchschnittlich pro Tag durch das Zooplankton durchfiltriert

- Die mittleren Filtrationsraten lagen in allen drei Probenahmen über $0,04 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{d}$ (FLL-Berechnungsgrundlage)

1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

Filtration unterschiedlicher Zooplankton Taxa



des Wasserkörpers wurden durchschnittlich pro Tag durch das Zooplankton durchfiltriert

- 21.08.2024 12:00 Uhr
MW 8,5%
Min 0,9%
Max 18,3%
- 21.08.2024 18:30 Uhr
MW 11,4%
Min 7,1%
Max 23,6%
- 18.09.2024
MW 5,2%
Min 0,2%
Max 10,6

1. Zooplankton

- 1.1 Einführung zum Zooplankton
- 1.2 Untersuchungsmethoden
- 1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2. Phytoplankton

- 2.1 Einführung zum Phytoplankton
- 2.2 Untersuchungsmethoden
- 2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein
 - 2.3.1 Artenzusammensetzung und Biomasse
 - 2.3.2 Zusammenspiel Phyto- und Zooplankton
 - 2.3.3 Reduktion des Phytoplanktons durch den Schnellfilter

3. Fazit

2.1 Einführung zum Phytoplankton

Phytoplankton

- kleine, frei schwimmende Algen
- betreiben Photosynthese
- häufigsten Gruppen im Süßwasser
 - Grünalgen (Chlorophyceae)
 - Kieselalgen (Bacillariophyceae, Fragilariophyceae)
 - Goldalgen (Chrysophyceae)
 - Schlundgeißler (Cryptophyceae)
 - Blaualgen (Cyanobacteria)

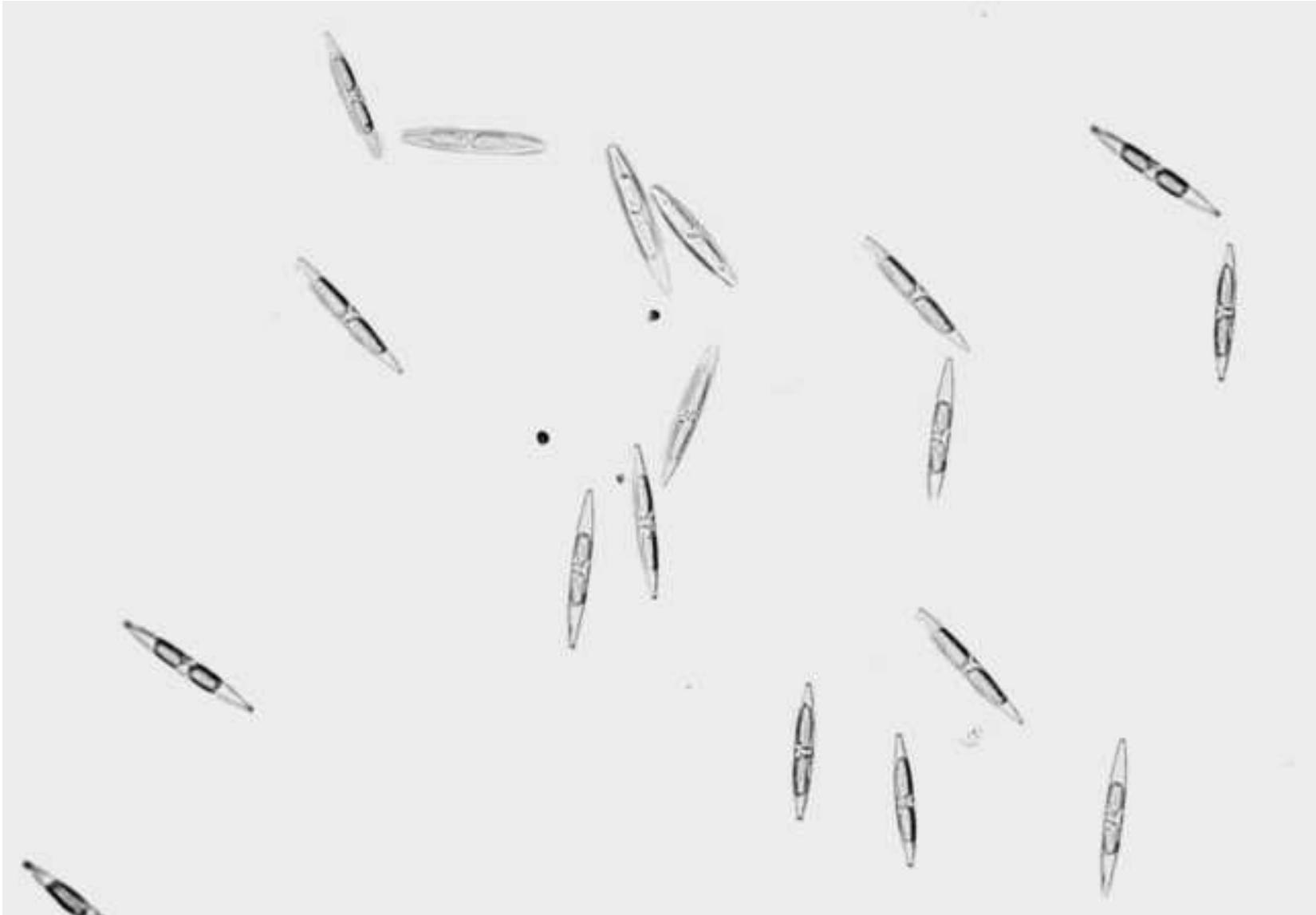
2.1 Einführung zum Phytoplankton

Phytoplankton

- Phytoplankter sind ein wichtiger Bestandteil im Ökosystem Naturfreibad
 - Nahrungsgrundlage für das Zooplankton
- Phytoplankter beeinflussen das Badevergnügen
 - Cyanobakterien/Blualgen potenziell toxisch
 - Bei starker Vermehrung möglicherweise Beeinträchtigung der Sichttiefe



2.1 Einführung zum Phytoplankton



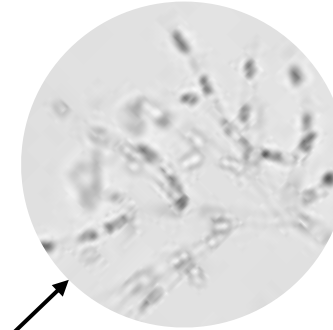
2.2 Untersuchungsmethoden



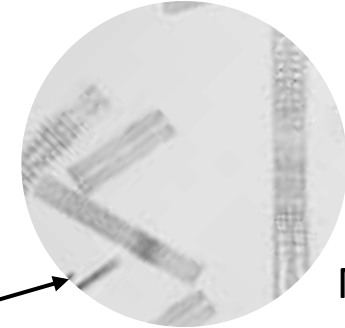
2.2 Untersuchungsmethoden



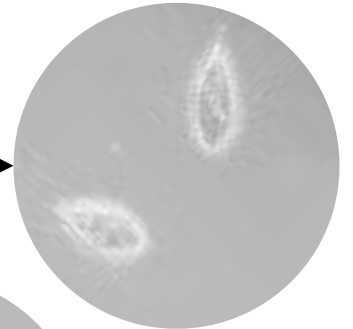
Dinobryon



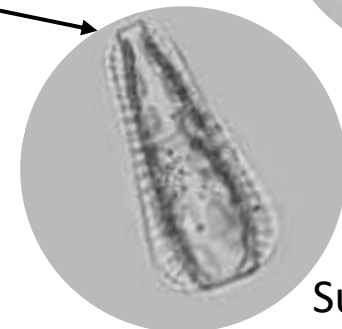
Fragilaria



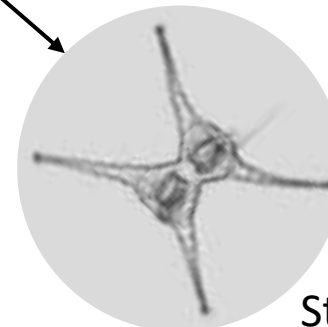
Mallomonas



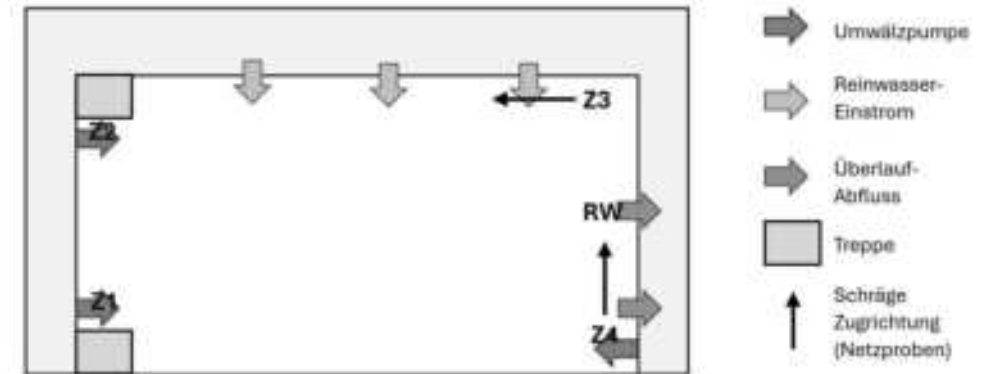
Surirella



Staurastrum



2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein



Probenahmestellen für Beckenwasser Mischproben:

Phytoplankton + HNF : Z1, Z2, Z3, Z4

Zooplankton: Z3 (2m schräg) + Z4 (2m schräg) / je 3 mal

2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2.3.1 Artenzusammensetzung und Biomasse

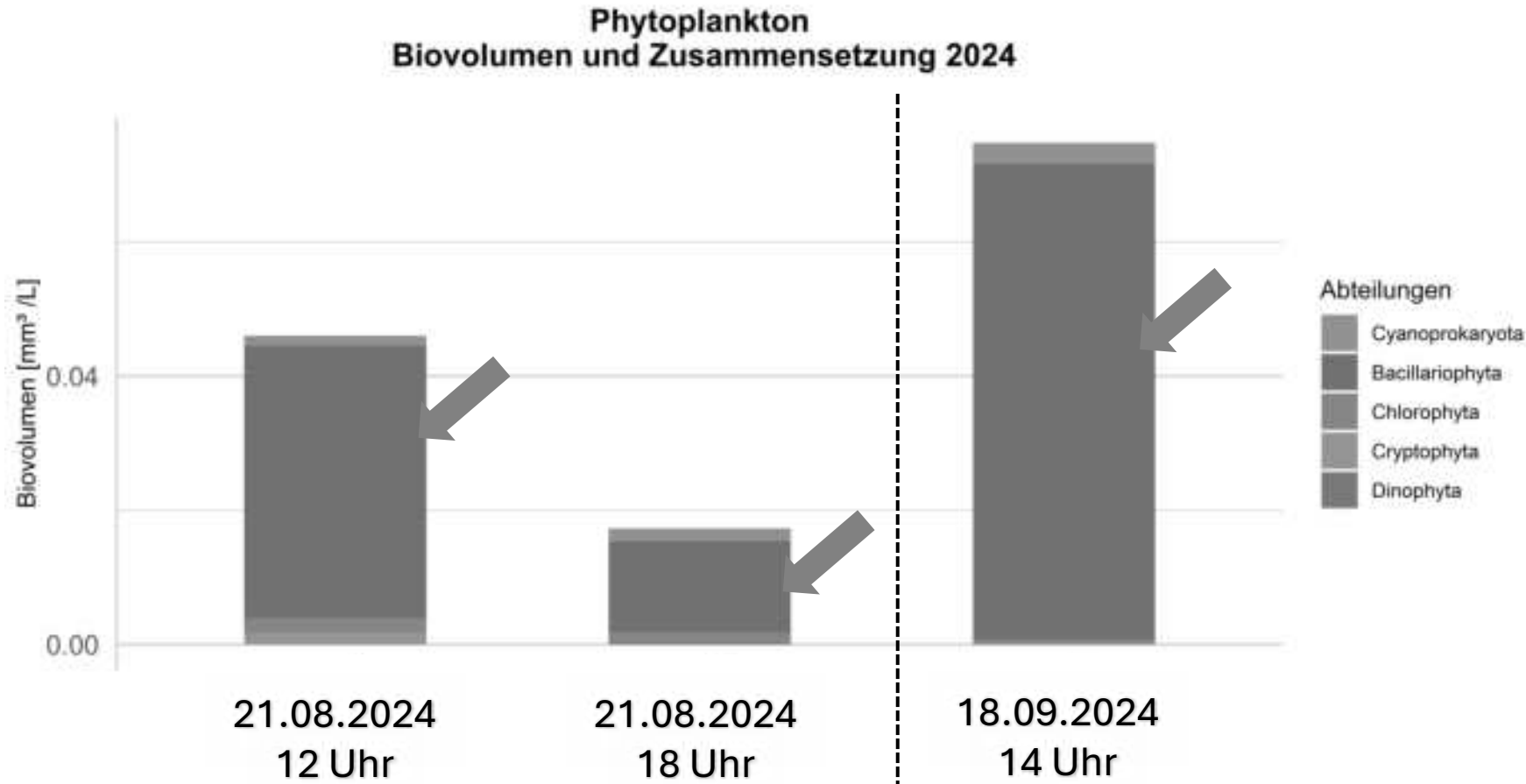
Phytoplankton Taxon	Biovolumen [mm³/L]		
	21.08.2024 BW 12 Uhr	21.08.2024 BW 18 Uhr	18.09.2024 BW 14 Uhr
Bacillariophyta			
Achnanthes	0,0021	0,0021	0,0021
Fragilaria	0,0384	0,0097	0,0678
Centrales	-	0,0017	0,0010
Diatoma	-	0,0001	-
Chlorophyta			
Chlorella	0,0009	0,0006	0,0008
Monoraphidium circinale	0,0001	0,0002	-
Monoraphidium minutum	0,0003	0,0008	-
Chlamydomonas	-	0,00005	-
Pedinomonas	0,0009	-	-
Cryptophyta			
Cryptomonas	-	0,00005	-
Plagioselmis nannoplanctica	0,0019	-	-
Cyanobacteria			
Heteroleibleinia	-	0,0019	-
Pseudanabaena catenata	0,0015	-	0,0006
Oscillatoria	-	-	0,0026
Dinophyta			
Gymnodinium	-	0,0002	-
Gesamtbiovolumen	0,0460	0,0173	0,0748

Beckenwasser:

- Geringe Phytoplankton-Biomassen
- Geringe Algendiversität
6 - 11 Taxa

2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

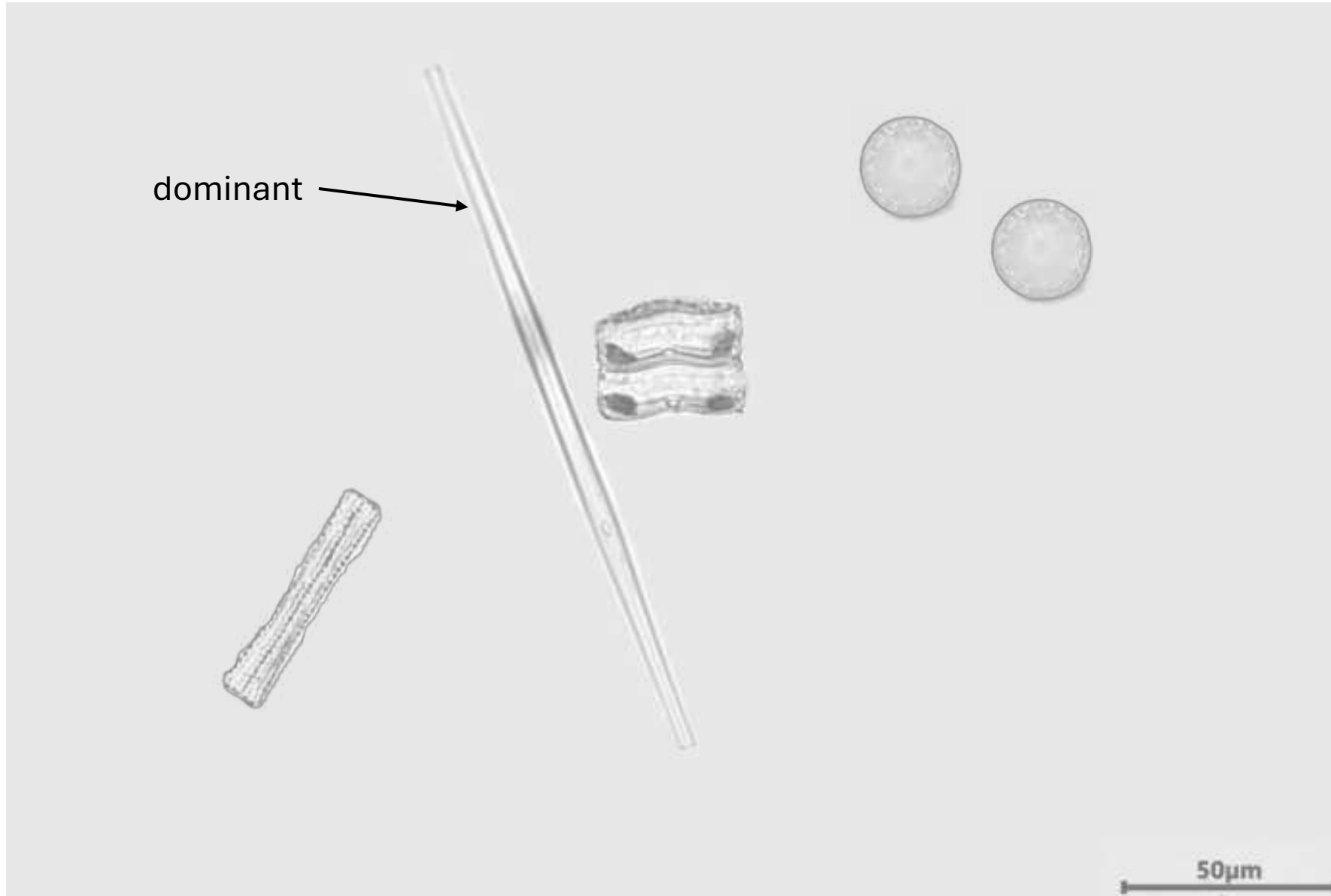
2.3.1 Artenzusammensetzung und Biomasse



Beckenwasser:

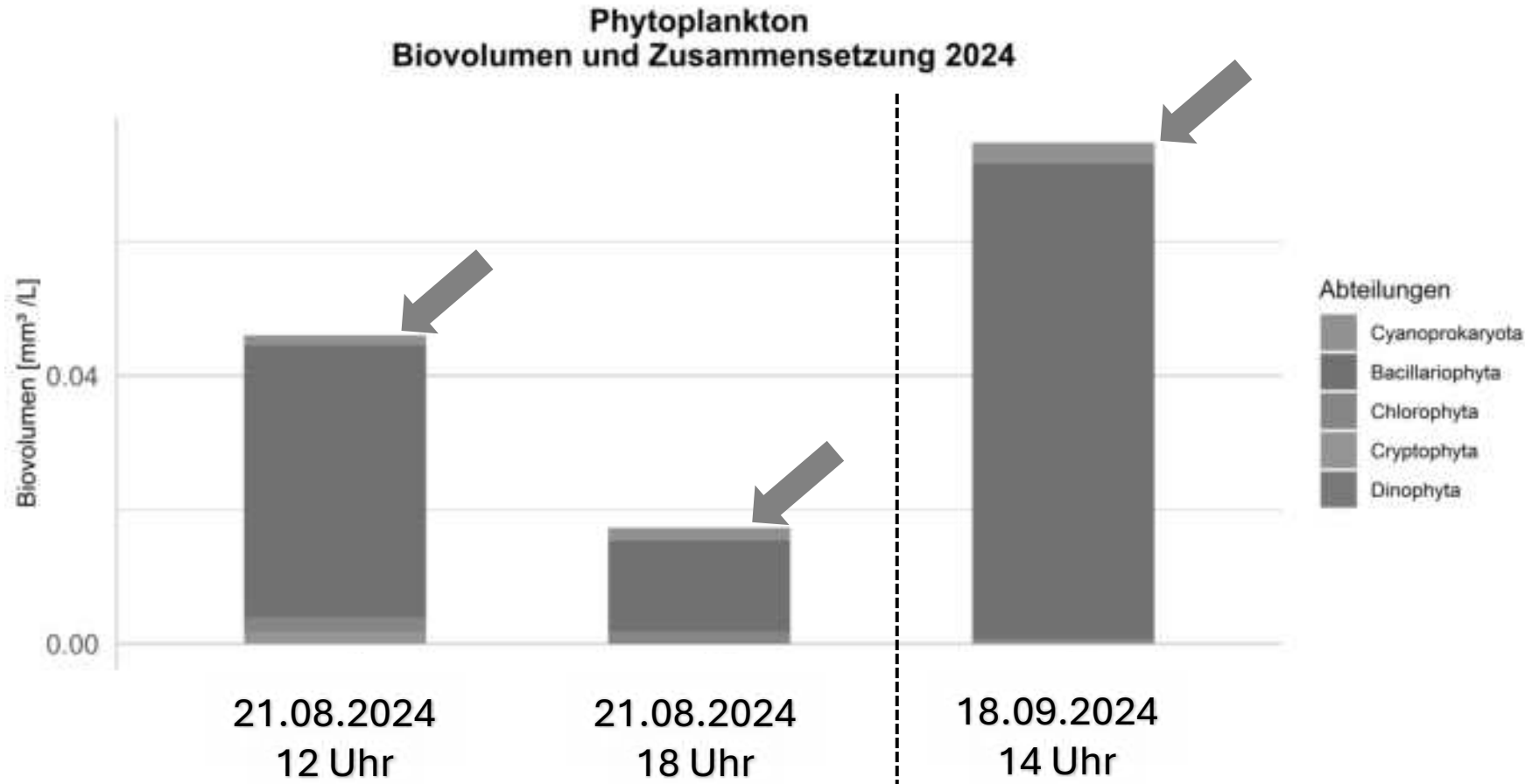
- Geringe Phytoplankton-Biomassen
- Geringe Algendiversität
6 - 11 Taxa
- Dominanz von Kieselalgen

2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein



2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2.3.1 Artenzusammensetzung und Biomasse



Beckenwasser:

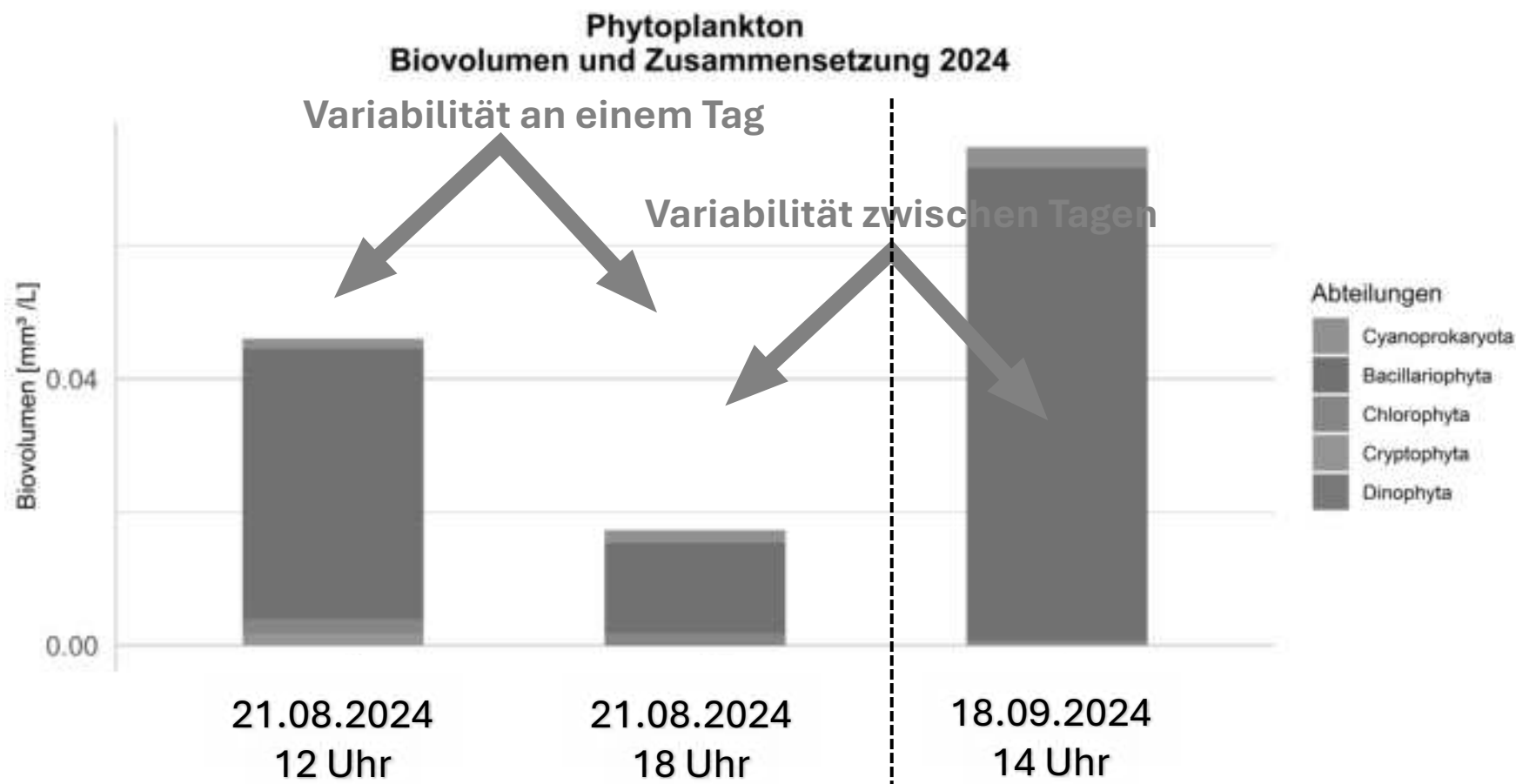
- Geringe Phytoplankton-Biomassen
- Geringe Algendiversität
6 - 11 Taxa
- Dominanz von Kieselalgen
- Vorkommen von Blaualgen

2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein



2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2.3.1 Artenzusammensetzung und Biomasse



Beckenwasser:

- Geringe Phytoplankton-Biomassen
- Geringe Algendiversität 6 - 11 Taxa
- Dominanz von Kieselalgen
- Vorkommen von Blaualgen

1. Zooplankton

- 1.1 Einführung zum Zooplankton
- 1.2 Untersuchungsmethoden
- 1.3 Zooplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

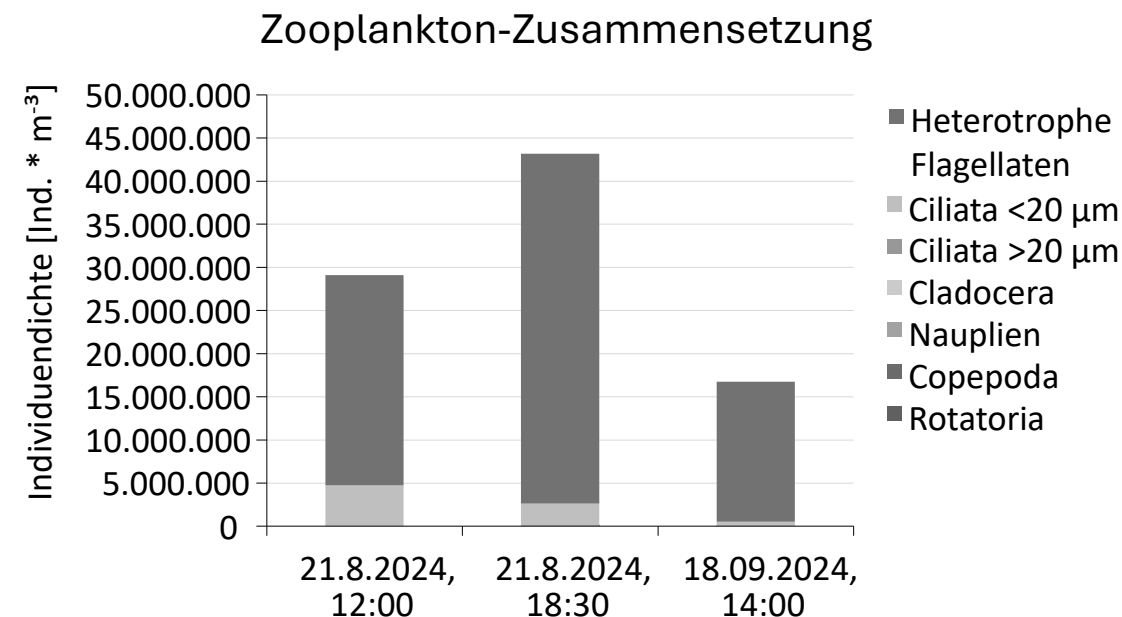
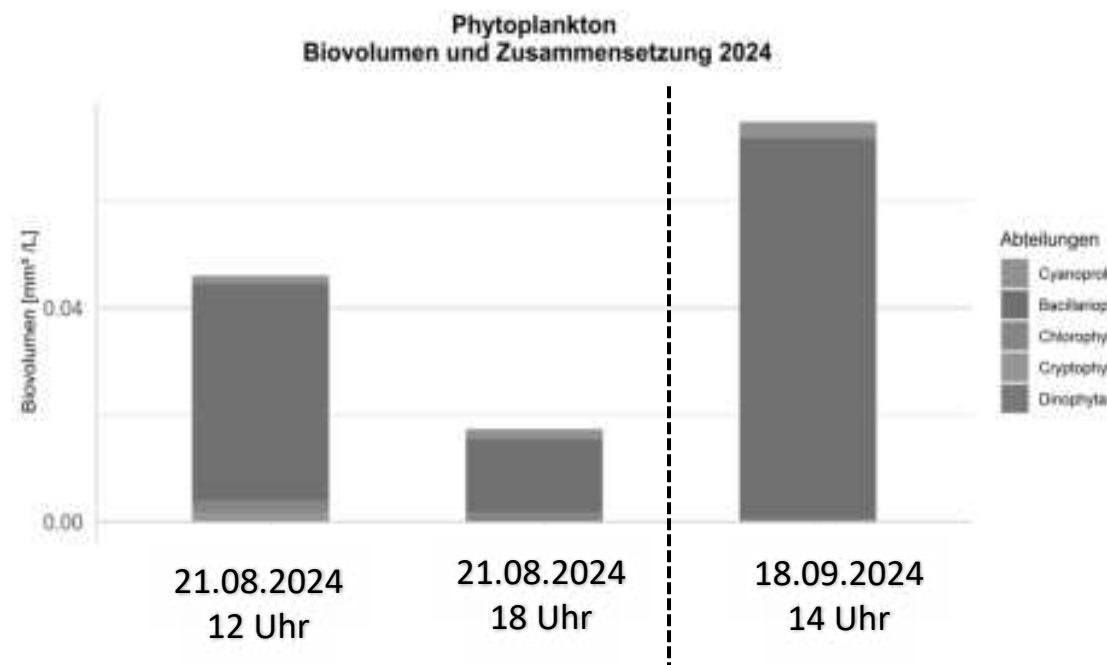
2. Phytoplankton

- 2.1 Einführung zum Phytoplankton
- 2.2 Untersuchungsmethoden
- 2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein
 - 2.3.1 Artenzusammensetzung und Biomasse
 - 2.3.2 Zusammenspiel Phyto- und Zooplankton
 - 2.3.3 Reduktion des Phytoplanktons durch den Schnellfilter

3. Fazit

2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

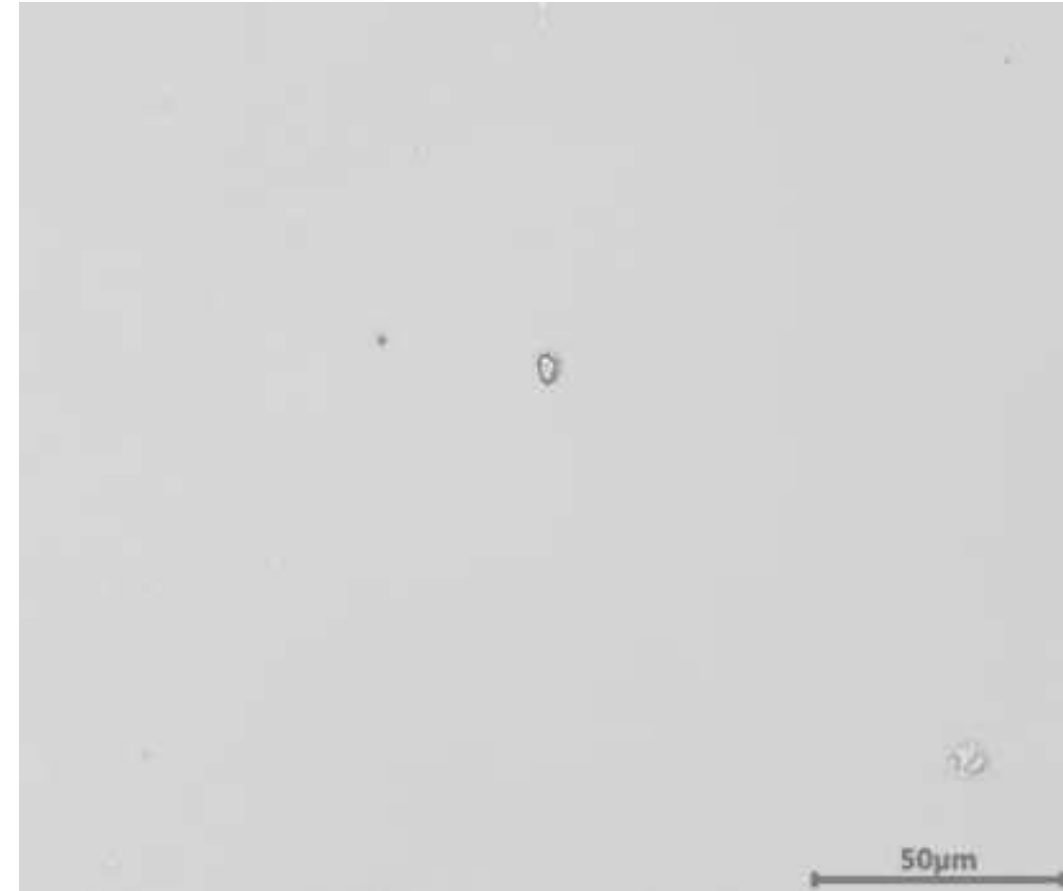
2.3.2 Zusammenspiel Phyto- und Zooplankton



- Kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Zooplankton- und Phytoplanktondichte
- Können kleinere Zooplankter vorkommende Algen überhaupt fressen?

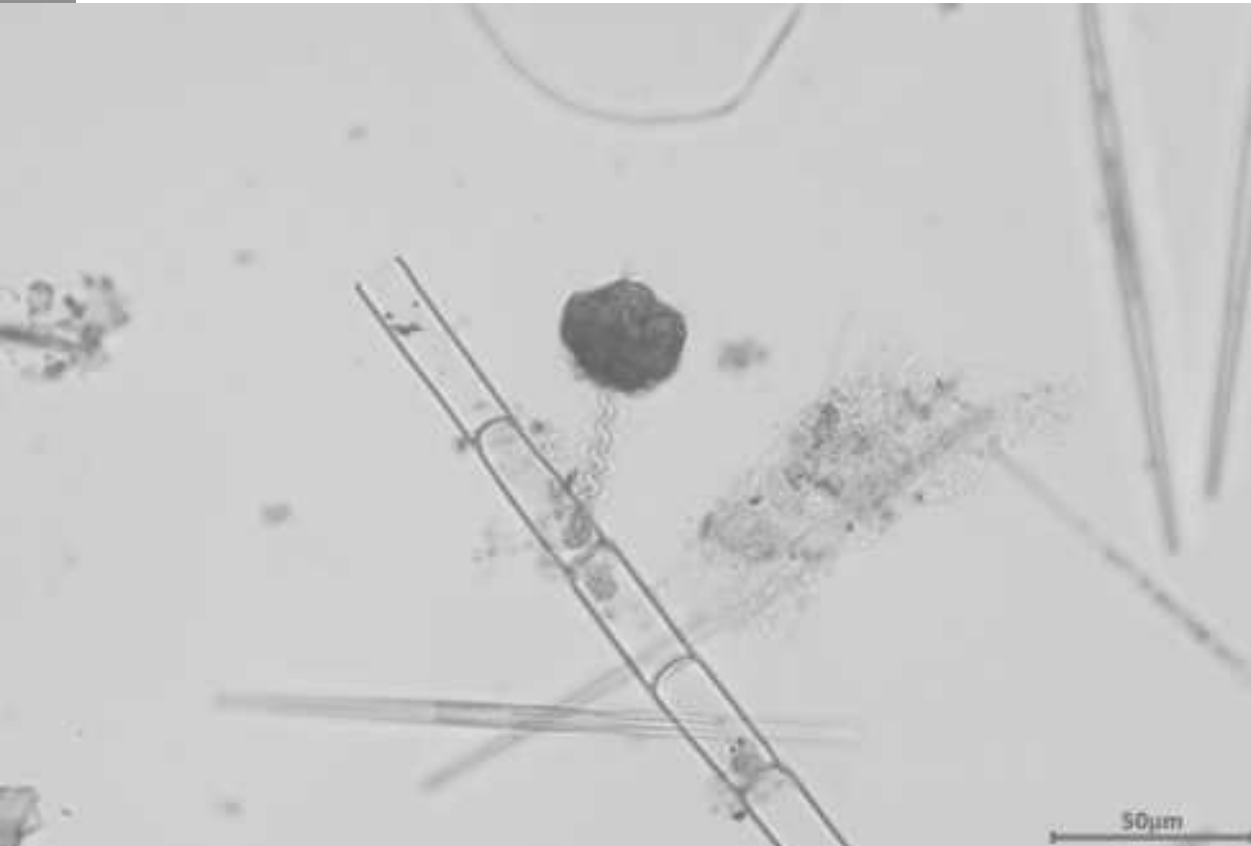
2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2.3.2 Zusammenspiel Phyto- und Zooplankton



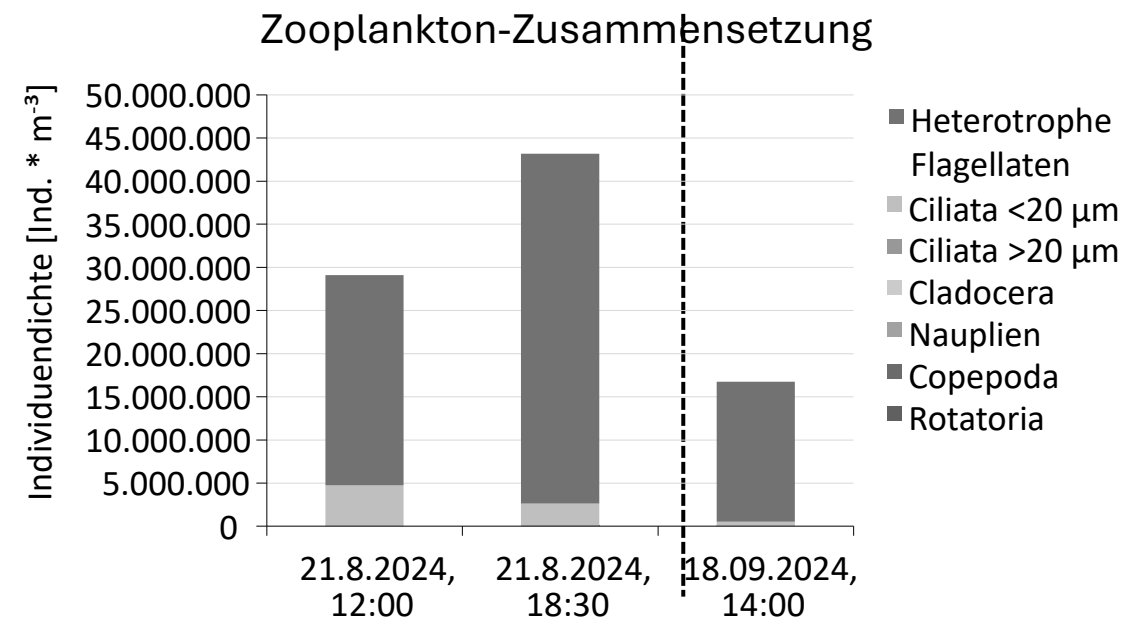
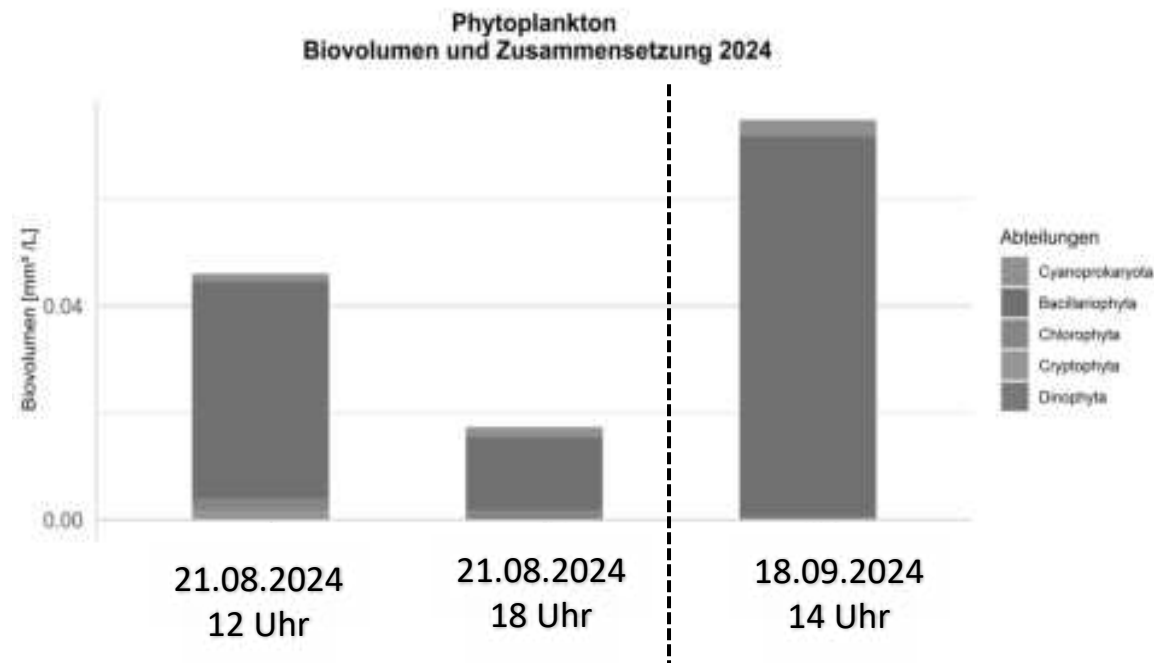
2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2.3.2 Zusammenspiel Phyto- und Zooplankton



2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2.3.2 Zusammenspiel Phyto- und Zooplankton



- Kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Zooplankton- und Phytoplanktondichte
- Können kleinere Zooplankter vorkommende Algen überhaupt fressen? Eher nicht
- Möglicherweise Verschiebung von herbivoren zu bakterivoren Nahrungsspezialisten?

2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2.3.3 Reduktion des Phytoplanktons durch den Schnellfilter



2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2.3.3 Reduktion des Phytoplanktons durch den Schnellfilter

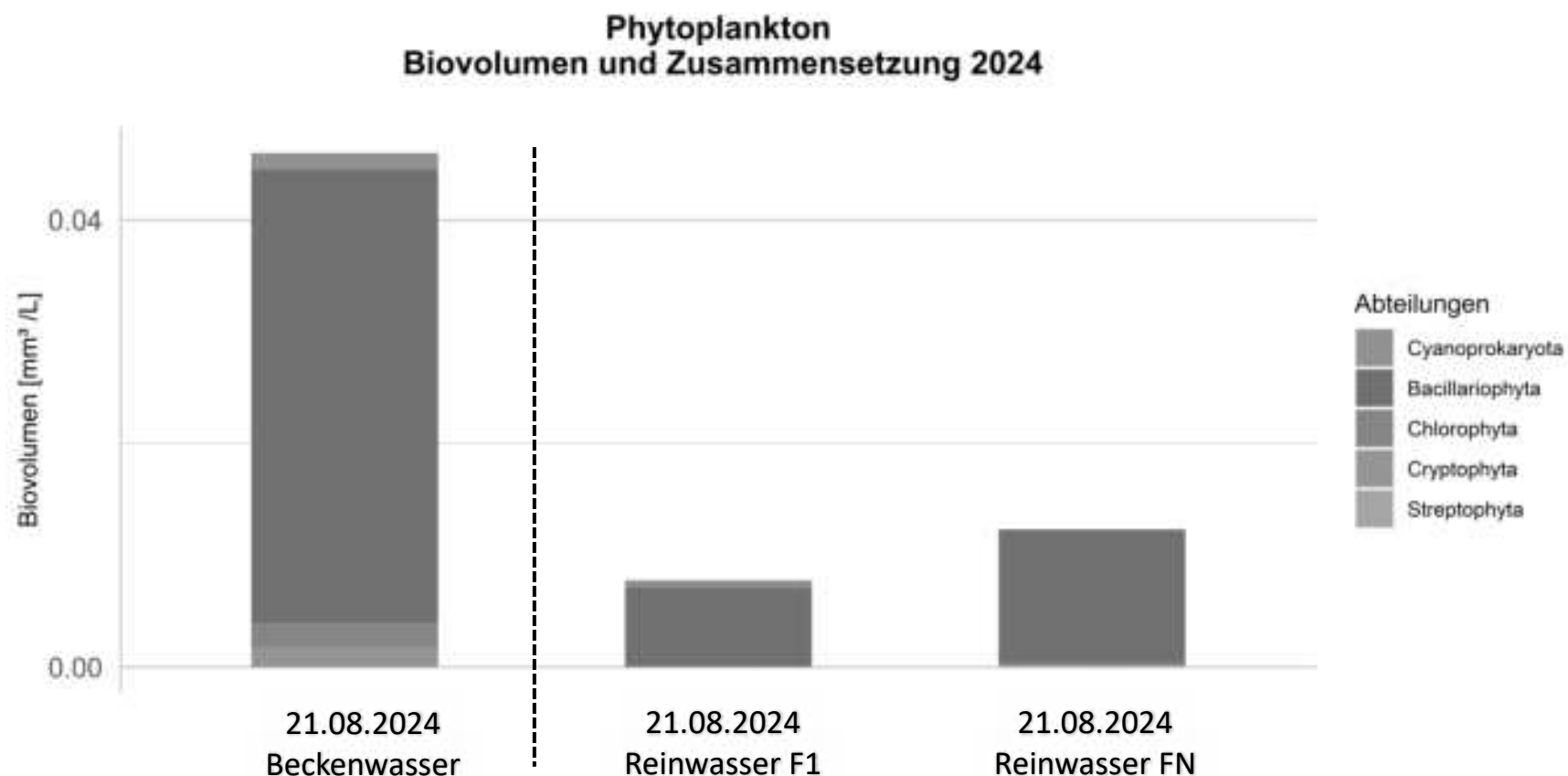
Phytoplankton Taxon	Biovolumen [mm ³ /L]		
	Reinwasser		Beckenwasser
	21.08.2024 F1 12 Uhr	21.08.2024 FN 12 Uhr	21.08.2024 BW 12 Uhr
Bacillariophyta			
Nitzschia	-	0,00002	-
Achnanthes	-	0,0021	0,0021
Fragilaria	0,0049	0,0086	0,0384
Centrales	0,0021	0,0012	-
Chlorophyta			
Chlorella	0,0001	0,0001	0,0009
Monoraphidium circinale	0,00004	0,0001	0,0001
Monoraphidium komarkovae	-	0,00004	-
Monoraphidium minutum	-	-	0,0003
Pedinomonas	-	-	0,0009
Cryptophyta			
Plagioselmis nannoplanctica	-	-	0,0019
Cyanobacteria			
Heteroleibleinia	0,0007	0,00002	-
Pseudanabaena catenata	-	-	0,0015
Streptophyta			
Cosmarium	-	0,0002	-
Gesamtbiovolumen	0,0078	0,0123	0,0460

Beckenwasser Reinwasser Vergleich:

- Filtereinheiten reduzieren deutlich die Phytoplankton-biomasse
- Dominanz von Kieselalgen auch im Reinwasser

2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2.3.3 Reduktion des Phytoplanktons durch den Schnellfilter



Beckenwasser Reinwasser Vergleich:

- Filtereinheiten reduzieren deutlich die Phytoplanktonbiomasse
- Dominanz von Kieselalgen auch im Reinwasser

2.3 Phytoplanktonstudie Naturfreibad Biberstein

2.3.3 Reduktion des Phytoplanktons durch den Schnellfilter



Beckenwasser Reinwasser Vergleich:

- Filtereinheiten reduzieren deutlich die Phytoplanktonbiomasse
- Dominanz von Kieselalgen auch im Reinwasser
- Die großen spindelförmigen *Fragilaria* werden im Filter nicht zurückgehalten

3. Fazit

Vorhandensein von Zoo- und Phytoplankton in Bädern mit Schnellfilter nachgewiesen

Die Zooplankton-Individuendichte lag im unteren bis mittleren Bereich im Vergleich zu anderen Naturbädern (mit Trocken- und Nassfiltern)

Verschiebung in der Artenzusammensetzung, Shift zu eher kleineren Zooplanktern

Verschiebung von herbivor zu eher bakterivor ?

Geringe Phytoplankton- Diversität und Biomassen im Beckenwasser, sehr gute Sichttiefe

Bei Passage des Schnellfilters wird die Phytoplankton-Biomasse deutlich reduziert