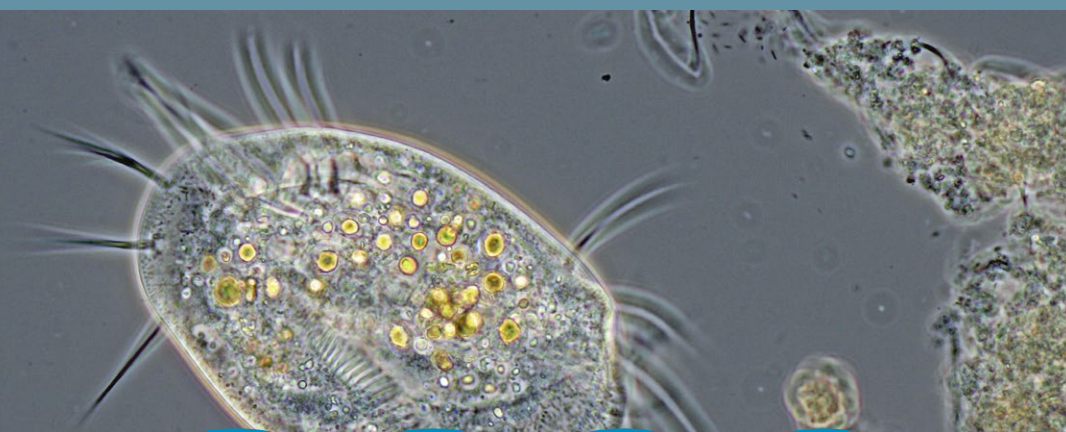




Das mikroskopische Bild bei der biologischen Abwasserreinigung

Erläuterungen zum Excel-Tool



wasser





Das mikroskopische Bild bei der biologischen Abwasserreinigung

Erläuterungen zum Excel-Tool

Impressum

Das mikroskopische Bild bei der biologischen Abwasserreinigung – Erläuterungen zum Excel-Tool

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de/

Excel-Tool:

Konzeption: Regierung von Schwaben, Thomas Wittling
Bearbeitung: LfU, Siegfried Forstner, Franz Pfluger

Text:

LfU, Dr. Wilfried Pinther

Arbeitsgruppe KA 6.1 „Mikrobiologie in der Abwasserreinigung“ in der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef), Leitung: Dr. Marina Ettl (Yara GmbH, Alpen-Veen); weitere Arbeitsgruppenmitglieder: Miriam Hachenberg (Wupperverband, Wuppertal), Kerstin Heinig (Berliner Wasserbetriebe, Berlin), PDin Dr.-Ing. Christine Helmer-Madhok (Leibniz Universität Hannover, Hannover), Urs Holliger (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Zürich), Dr. Norbert Kreuzinger (TU Wien, Wien), Allegra Lokay (Abwasserverband Obere Gesprenz, Brensbach), Dr. Edith Nettmann (Ruhr-Universität Bochum, Bochum)

Regierung von Schwaben, Thomas Wittling
Wasserwirtschaftsamt Kempten, Dirk Klos, Olav König

Redaktion:

LfU, Dr. Wilfried Pinther

Bildnachweis:

LfU, Dr. Wilfried Pinther

Stand:

Version 1.0, Dezember 2022

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	5
2	Exceltabellenblätter „Dokumentation MB“ und „Bewertung MB“	5
2.1	Exceltabellenblatt „Dokumentation MB“	5
2.2	Exceltabellenblatt „Bewertung MB“	9
3	Exceltabellenblätter „Dokumentation FB“ und „Bewertung FB“	11
3.1	Exceltabellenblatt „Dokumentation FB“	11
3.2	Exceltabellenblatt „Bewertung FB“	12
4	Farbskalen	15
5	Formblätter	16
5.1	Formblatt „Dokumentation MB“, Fallbeispiel	16
5.2	Formblatt „Bewertung MB“, Fallbeispiel	17
5.3	Formblatt „Dokumentation FB“, Fallbeispiel	18
5.4	Formblatt „Bewertung FB“, Fallbeispiel	19
5.5	Formblatt „Dokumentation MB“, Leerformular	20

1 Vorbemerkungen

Das Excel-Tool dient der protokollarischen Erfassung der ermittelten Indikatororganismen aus der mikroskopischen Untersuchung des Belebtschlamm von biologischen Abwasserreinigungsanlagen. Eine automatisierte Bewertung der eingegebenen Daten ist daran gekoppelt.

Das Excel-Tool ersetzt die früheren Programmversionen zur Erfassung und Bewertung des mikroskopischen Bilds im Belebtschlamm (1999 und 2002). Die deutschsprachige Excel-Version 2016 liegt dem Tool zugrunde; die im Programm eingesetzten Formeln nutzen die deutschsprachige Syntax, und auf die Programmierung von Makros wurde verzichtet. Die Funktionalität für andere Programme sowie neuere und insbesondere nicht-deutschsprachige Excel-Versionen kann nicht garantiert werden.

Für das Nachvollziehen der im Folgenden geschilderten Eingaben und Verknüpfungen wird empfohlen, das Excel-Tool zu aktivieren und diverse Einstellungen auszuprobieren sowie die verschiedenen Formblätter ausgedruckt bereit zu halten.

Die Dokumentationsformblätter können individuell angepasst und im Voraus ausgefüllt (z. B. Kläranlagenname und –spezifikation, übliche Probenahmestelle, Bearbeiter) und somit als Mustervorlage schreibgeschützt abgespeichert werden. Für eine tagesaktuelle Bearbeitung sind dann nur noch die variablen Angaben (z. B. Datum, Indikatororganismen, Fadenbakterien) einzutragen. Für die Archivierung der Tagesprotokolle empfiehlt es sich, den Schreibschutz zu aktivieren, damit die Originaldaten nicht durch unbeabsichtigte Eingabeaktivitäten (versehentliche Mausklicks, Fehleingaben und anderes) überschrieben werden.

2 Exceltabellenblätter „Dokumentation MB“ und „Bewertung MB“

Die im „Blauen Buch“ von 1999 enthaltenen Formblätter für eine manuelle Erfassung und Bewertung wurden erweitert. Die bisherigen Prinzipien des Eintragens und der Auswertung wurden im Rahmen dieses Excel-Tools in Form von Tabellenblättern umgesetzt. In den Excel-Tabellenblättern sind nur solche Felder, in denen Eintragungen durch den Anwender vorgesehen sind, für eine Eingabe freigegeben.

2.1 Exceltabellenblatt „Dokumentation MB“

Im oberen Bereich befinden sich verschiedene allgemeine und anlagenspezifische Eingabefelder:

Formblatt "Dokumentation mikroskopisches Bild (MB)"		Probenahme am: 01.09.2020	Mikroskopiert am: 01.09.2020					
		Uhrzeit: 08:30	Uhrzeit: 09:15					
Kläranlage: Beispielanlage	Kläranlagen-ID:	Probenahmestelle: Belebung						
Anlagentyp: Nitri /Deni		Anzahl Präparate: 3						
Indikatororganismen	Häufigkeit (H) Vorkommen (V) Fädigkeit (F)	Präparat 1		Präparat 2		Präparat 3		Mittelwert
		Anzahl	Stufe	Anzahl	Stufe	Anzahl	Stufe	
Bakterien								

Abb. 1: Formblatt „Dokumentation mikroskopisches Bild (MB)“, Kopfteil

Kläranlage, Anlagentyp: Die Eingabe ist vom Betreiber frei wählbar; es empfiehlt sich, zusammen mit anderen unveränderlichen Standardangaben ein anlagenspezifisch vorausgefülltes Mustervorlagenformular zu generieren, das als Vorlage für die weitere Bearbeitung dient.

Probenahme-/Mikroskopierdatum/-uhrzeit und Probenahmestelle: Die Eingabefelder können frei ausgefüllt werden. Bei Bedarf können so auch spezifische Vorlageformulare erstellt werden. Manche der Eintragungen werden in andere Tabellenblätter übernommen. Das Feld Kläranlagen-ID ist optional und kann für länderspezifische Kennungen genutzt werden (in Bayern: DABay-Identnummer).

Indikatororganismen	Häufigkeit (H) Vorkommen (V) Fädigkeit (F)
Bakterien	
Gesamtfädigkeit	F
Freie Bakterien	V
<i>Chromatium</i> spp.	V
Spirillen	V
Spirochäten	V
<i>Zoogloea</i> spp.	H
Flagellaten	
Farblose Augenflagellaten (<i>Peranema</i> , <i>Anisonema</i>)	H
Kleine Zooflagellaten < 10 µm (<i>Bodo</i>)	V
Weitere Zooflagellaten > 10 µm (<i>Hexamitus</i> , <i>Trigonomonas</i>)	H
Amöben	
Große Schalenamöben (<i>Arcella</i> , <i>Euglypha</i> , <i>Trinema</i>)	H
Kleine Nacktamöben (< 50 µm)	V
<i>Pyxidicula</i> spp.	V
Festsitzende Ciliaten	
<i>Carchesium</i> spp.	H
<i>Epistylis</i> spp.	H
<i>Opercularia</i> spp.	H
<i>Stentor</i> spp.	H
Sauginfusorien (Suctoria)	H
<i>Thuricola</i> spp.	H
<i>Vorticella campanula</i>	H
<i>Vorticella aquadulcis</i> -Typ	H
<i>Vorticella corvularia</i> -Typ	H
<i>Vorticella infusorium</i> -Typ	H
<i>Vorticella microstoma</i> -Typ	H
<i>Vorticella octava</i> -Typ	H
<i>Zoothamnium</i> spp.	H
Schreitende Ciliaten	
<i>Aspidisca cicada</i>	H
<i>Aspidisca lynceus</i>	H
<i>Euplotes</i> spp.	H
Schwimmende/gleitende Ciliaten	
Amphileptiden	H
<i>Chilodonella</i> -Typ	H
<i>Coleps</i> spp.	H
<i>Colpidium</i> spp. / <i>Dexiostoma</i> spp.	H
<i>Cyclidium</i> spp.	H
<i>Dexiotricha</i> spp.	H
<i>Glaucoma</i> spp.	H
Glockentiere (abgelöste "Köpfchen")	H
Holophryiden	H
<i>Metopus</i> spp.	H
<i>Paramecium</i> spp.	H
<i>Plagiocampa</i> spp.	H
<i>Spirostomum</i> spp.	H
<i>Tetrahymena</i> spp.	H
<i>Uronema</i> spp.	H
<i>Trochilia</i> spp.	H
Mehrzeller	
Pilzfäden	F
Rädertiere	H
Bärtierchen	H
Bauchhärlinge	H
Nematoden	H
Oligochaeten	H
Sonstige	
Dauerzellen	H
Leere Glockentierstiele	H

Abb. 2: Ausschnitt „Indikatororganismen“ im Tabellenblatt „Dokumentation MB“

Darunter folgt das zentrale Element des Tabellenblatts, die Liste der Indikatororganismen im Belebtschlamm, sortiert nach den Gruppen: Bakterien, Flagellaten, Amöben, festsitzende Ciliaten, schreitende Ciliaten, schwimmende/gleitende Ciliaten, Mehrzeller und Sonstige.

Bei der regulären Durchführung des mikroskopischen Bilds sind jeweils drei Präparate zu untersuchen, entsprechend gibt es drei Spalten für Eingaben. In der jeweiligen Spalte „Anzahl“ können die Feststellungen entweder durch Auswählen des passenden Begriffs aus einem pull-down-Menü ausgewählt werden (für Fädigkeit und Vorkommen) oder durch Eintragung der gefundenen Anzahl (Häufigkeit) in das zutreffende Feld des jeweiligen Organismus gesetzt werden.

Häufigkeit (H)	Vorkommen (V)	Fädigkeit (F)
Stufe	Stufe	Stufe
0	keine	selten/keine
1 - 5	einzelne	gering
6 - 10	einige	mäßig
ab 11	häufig	stark
	massenhaft	sehr stark

Abb. 3: Stufeneinteilung für Häufigkeit (H), Vorkommen (V) und Fädigkeit (F)

Wird ein Indikatororganismus mindestens einmal gefunden und in das entsprechende Feld eingetragen, wird dessen Name automatisch mit hellblau markiertem Feldhintergrund hervorgehoben. Sollte dieser Organismus in einem oder zwei weiteren der drei Präparate nicht gefunden werden, ist im entsprechenden Feld eine „0“ einzutragen.

Solange dies nicht geschieht, wird das betreffende Feld orange hinterlegt, um an die noch fehlende Eintragung zu erinnern.

Die Eintragungen für H/V/F (z. B. „3“, „einige“, „gering“) zu den gefundenen Indikatororganismen werden automatisch in einen Stufenwert übersetzt (siehe Abb. 3) und in das entsprechende Feld „Stufe“ übertragen. Sind zwei oder drei Präparate untersucht worden, werden die einzelnen Stufenwerte automatisch addiert, und der auf eine ganze Zahl gerundete Mittelwert erscheint in dem entsprechenden Feld der letzten Spalte „Mittelwert“.

Dieser Mittelwert wird zudem automatisch in das Tabellenblatt „Bewertung MB“ zum zugehörigen Indikatororganismus in das Feld der Spalte H/V/F übertragen. Wird ein Indikatororganismus nur in einem von mehreren Präparaten in einer niedrigen Häufigkeit (beziehungsweise Vorkommen oder Fädigkeit) gefunden, so dass sich als Mittelwert 0 ergibt, wird er zwar hellblau hinterlegt und der Wert 0 in das Tabellenblatt „Bewertung MB“ übertragen, trägt aber nicht zur Bewertung bei. Die Feldmarkierung sowie Aufzeichnung des Wertes 0 dient allein der protokollarischen Erfassung als Hinweis. Weitere Erläuterungen siehe unter 2.2.

Nicht in der Auswahl aufgeführte Organismen können im Feld „Weitere Organismen“ zusätzlich notiert werden. Sie werden aber rechnerisch nicht in der Gesamtbewertung berücksichtigt.

Weitere Organismen:	Rädertierchen-Ei
---------------------	------------------

Abb. 4: Ausschnitt „Weitere Organismen“ aus Formblatt „Dokumentation MB“

Im unteren Teil des Tabellenblatts können weitergehende Angaben angekreuzt oder eingetragen werden; dies umfasst die folgenden Feststellungen:

Spezielle einleiterbedingte Belastungen wie Protein-, Acetat-, Fettbelastung:

Spezielle einleiterbedingte Belastungen:
 Proteinbelastung Acetatbelastung Fettbelastung sonstiges: _____

Abb. 5: Ausschnitt „Spezielle einleiterbedingte Belastungen“

Diese Merkmale werden in Verbindung mit den Befunden zu Fadenbakterien ausgewertet. Ein Ankreuzen wirkt sich direkt auf die Bewertungsmatrix im Tabellenblatt „Bewertung FB“ aus; näheres hierzu unter 3.2.

Flockenbeschaffenheit und Simultanfällung:

Die gelisteten Merkmale zur Flockenbeschaffenheit können durch Mausklick ausgewählt werden; eine Mehrfachauswahl ist möglich, die Sinnhaftigkeit wird vom Programm aber nicht geprüft.

Die Merkmale Flockenbeschaffenheit „vernetzt“ und „Flockenzerfall“ werden ins Tabellenblatt „Bewertung MB“ übernommen und dort berücksichtigt; die anderen Merkmale dienen nur der vollständigen Protokollierung im Formblatt „Dokumentation MB“. Die Simultanfällung (voreingestellt auf „ja“) ist mit dem Merkmal „vernetzt“ gekoppelt und hat Auswirkungen auf das Tabellenblatt „Bewertung MB“: bei Voreinstellung „ja“ sind die relevanten Felder inaktiviert, bei „nein“ werden sie ausgegraut. Das Merkmal „Flockenzerfall“ bleibt von Angaben zur Simultanfällung unberührt.

Flockenbeschaffenheit		
Flocke: (siehe auch Kapitel 5.2)	abgerundet	<input type="checkbox"/>
	unregelmäßig	<input type="checkbox"/>
	fest	<input type="checkbox"/>
	locker	<input type="checkbox"/>
	vernetzt	<input type="checkbox"/>
Simultanfällung <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	groß (> 500 µm)	<input type="checkbox"/>
	mittel (> 150 µm)	<input type="checkbox"/>
	klein (< 150 µm)	<input type="checkbox"/>
	Flockenzerfall	<input type="checkbox"/>

Abb. 6: Ausschnitt „Flockenbeschaffenheit“

Probenbeschaffenheit:

Eine Beschreibung des „Geruchs“ als auch der „Farbe“ der Schlammprobe kann über pull-down-Menüs ausgewählt oder manuell eingegeben werden; bei „Bemerkungen“ sind freie Texteingaben möglich.

Probenbeschaffenheit:

Geruch: Farbe:

Abb. 7: Ausschnitt „Probenbeschaffenheit“

Auffälligkeiten im mikroskopischen Bild:

Hier kann angekreuzt werden, wenn Einschlüsse wie Gasblasen, Fasern und Mikroplastik gefunden wurden, unter „sonstiges“ können auch individuelle Eintragungen vorgenommen werden.

Auffälligkeiten im mikroskopischen Bild:

Einschlüsse: Gasblasen Fasern Mikroplastik
sonstiges:

Abb. 8: Ausschnitt „Auffälligkeiten im mikroskopischen Bild“

Anlagenbezogene Feststellungen sowie weitere Bemerkungen:

Befand sich zum Zeitpunkt der Probenahme Schwimmschlamm oder Schaum auf der Oberfläche des Belebungsbeckens oder des Nachklärbeckens, kann dieser Befund im Bereich der „Anlagenbezogenen Feststellungen“ unter „Schwimmschlamm/Schaum“ vermerkt werden. Unter „sonstiges“ und „weitere Bemerkungen“ ist die Eintragung zusätzlicher Feststellungen möglich.

Anlagenbezogene Feststellungen:

Schwimmschlamm / Schaum
sonstiges:

Weitere Bemerkungen: bearbeitet von:

Abb. 9: Ausschnitt „Anlagenbezogene Feststellungen“ und „Weitere Bemerkungen“

Auch wenn pull-down-Menüs zur Auswahl stehen, können diese durch eigene Formulierungen ersetzt werden.

Ein weiterer automatischer Hinweis ist unter dem Kriterium „Gesamtfädigkeit“ eingerichtet: Wenn die Gesamtfädigkeit den Wert 3 oder höher erreicht, erscheint der Hinweis, dass Differenzialfärbungen durchgeführt werden sollten.

Indikatororganismen	Häufigkeit (H) Vorkommen (V) Fädigkeit (F)	Präparat 1		Präparat 2		Präparat 3		Mittelwert
		Anzahl	Stufe	Anzahl	Stufe	Anzahl	Stufe	
Bakterien								
Gesamtfädigkeit	Differenzialfärbungen empfohlen !	F	mäßig 2	stark 3	stark 3	stark 3	3	3

Abb. 10: Ausschnitt „Gesamtfädigkeit“ aus Tabellenblatt „Dokumentation MB“

Werden die Ergebnisse der Färbungen im Tabellenblatt „Dokumentation FB“ eingetragen und mit einem Häkchen bestätigt (siehe Darstellung), wechselt die Information im Tabellenblatt „Bewertung FB“ wie unten abgebildet. Solange die Färbungen noch nicht durchgeführt wurden, blinkt ein Hinweis auf:

Differenzialfärbungen durchgeführt Neisserfärbung positiv

Abb. 11: Ausschnitt „Differenzialfärbungen“ aus Tabellenblatt „Bewertung FB“

Wenn die Differenzialfärbungen vorgenommen worden sind, ist im Tabellenblatt „Bewertung FB“ das Feld „Differenzialfärbungen durchgeführt“ anzukreuzen:

Differenzialfärbungen durchgeführt Neisserfärbung positiv

Abb. 12: Ausschnitt „Differenzialfärbungen“ angekreuzt, Tabellenblatt „Bewertung FB“

Anschließend wird im Tabellenblatt „Dokumentation MB“ die Bestätigung automatisch angezeigt:

Indikatororganismen	Häufigkeit (H) Vorkommen (V) Fädigkeit (F)	Präparat 1		Präparat 2		Präparat 3		Mittelwert	
		Anzahl	Stufe	Anzahl	Stufe	Anzahl	Stufe		
Bakterien									
Gesamtfädigkeit	Differenzialfärbungen durchgeführt	F	mäßig	2	stark	3	stark	3	3

Abb. 13: Ausschnitt Gesamtfädigkeit: Hinweis „Differenzialfärbung durchgeführt“ in Tabellenblatt „Dokumentation MB“

Liegt die Gesamtfädigkeit unter 3, wird keine Empfehlung gegeben, eine Differenzialfärbung durchzuführen.

2.2 Excellenblätter „Bewertung MB“

Im Tabellenblatt „Bewertung MB“ werden alle Feststellungen zu den Indikatororganismen (aus Tabellenblatt „Dokumentation MB“) sowie gegebenenfalls gefundenen Fadenbakterien (aus Tabellenblatt „Bewertung FB“) zusammengeführt und automatisch bewertet.

Häufigkeit (H) / Vorkommen (V) / Fädigkeit (F)	Allgemeine Betriebsverhältnisse								Spezielle Betriebsverhältnisse							
	Abwasserzusammensetzung			Betriebsstabilität					Schlammbelastung B ₁₅ > / < 0,15 [kg BSB ₅ /kg TS-d]		O ₂ -Konzentration [mg/l]			Schlammalter / Nitrifikation		
	Sulfide vorhanden	NH ₄ ⁺ -konz. hoch/ NH ₄ ⁺ -Stoßbel.	C:N:P-Verh. gestört	stabil	instabil	Stoßbel.	Schädigung der Biozönose	Hemmung, Vergiftung	hoch	niedrig	> 2	1-2	< 1	Schlammalter hoch	Schlammalter niedrig	Nitrifikation stabil
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Festsitzende Ciliaten																
<i>Carchesium</i> spp.				1					1		1		1		2	
<i>Epistylis</i> spp.	3			1					3	1	1	1	1		2	
<i>Opercularia</i> spp.				1					1	1	1		1			
<i>Stentor</i> spp.		1		1					1	1			1			
<i>Suctorina</i> (Sauginfusorien)	1			1					1	1	1		1			
<i>Thuricola</i> spp.	1			1					1	1	1		1			
<i>Vorticella campanula</i>				1					2		1		1			
<i>Vorticella aquadulcis</i> -Typ				1					1	1	1		1			
<i>Vorticella convallaria</i> -Typ	0			1					3	1	1	1	1		2	
<i>Vorticella infusionum</i> -Typ				1					3			2	1		2	
<i>Vorticella microstoma</i> -Typ	1		2		1	3			1		1	1		2	2	

Abb. 14: Ausschnitt Kopfteil Betriebsverhältnisse und Bewertungsmatrix aus Tabellenblatt „Bewertung MB“

Für die Indikatororganismen aus der Dokumentation des mikroskopischen Bildes gilt die Zahlenmatrix im Tabellenblatt „Bewertung MB“ als Grundlage. Mittels dieser Bewertungsgrundlage werden die organismenspezifischen Indikationen den in den Spalten 3 bis 17 genannten Kriterien der allgemeinen und speziellen Betriebsverhältnisse zugeordnet.

Für die Fadenbakterien ist die passende Zahlenmatrix im entsprechenden Tabellenblatt „Bewertung FB“ hinterlegt (siehe 3.2, Bewertung FB).

Auch im Tabellenblatt „Bewertung MB“ sind alle Felder der gesichteten Indikatororganismen hellblau hervorgehoben. Ausnahme: Der mit Mittelwert 0 belegte Einzelfund bei *Vorticella convallaria* (siehe Formblätter in Kapitel 5.1 und 5.2) wird nicht hervorgehoben, da er nicht in die Bewertungsalgorithmen einfließt. Für die Auswertung der Funde ist jeder Organismus in eine Matrix eingebettet, die über Zahlenwerte eine Korrelation mit Aussagen zu allgemeinen und speziellen Betriebsverhältnissen ermöglicht. Die Höhe der Zahlenwerte (1 bis 4) gibt die Spezifität oder Empfindlichkeit des Indikatororganismus zu den jeweils im Spaltenkopf angegebenen Kriterien wieder; dabei drückt die Zahl 1 eine hohe, die Zahl 4 eine geringe Spezifität aus. Bei leeren Feldern, also solchen ohne Zahlen, liegt keine Korrelation vor. Die Anzahl, Verteilung und Werte der Zahlen sind für jeden Mikroorganismus individuell und kennzeichnen seine spezifischen Indikatoreigenschaften.

Bei einigen Indikatororganismen sind ein, zwei oder drei rote Sternchen vermerkt, die Erläuterungen finden sich im unteren Tabellenbereich unter „Hinweise“, Details siehe Kapitel 11.2.1 im Blauen Buch.

Tetrahymena spp. ***		1	1	1		1	3		2			1		2	
Uronema spp. ***		2	2			2			2			1		2	2
Hinweise: * = wenn Fädigkeit > 2 Differenzialfärbung durchführen; ** = wenn Vorkommen > 2 Hinweis auf Fette / Fettsäuren *** = bei Auftreten mehrerer Anzeiger Säurekapazität prüfen! Hohe Individuendichte: Hinweis auf "BTS > 0,15"!															

Abb. 15: Ausschnitt „Hinweise“ aus Tabellenblatt „Bewertung MB“

Der aus dem Tabellenblatt „Dokumentation MB“ übertragene Mittelwert für Häufigkeit, Vorkommen bzw. Fädigkeit (H/V/F) wird für jeden Mikroorganismus automatisch mit den Indikationszahlenwerten in der jeweiligen Zeile abgeglichen und überprüft, ob der „Matrixwert“ gleich oder kleiner als der „Zahlenwert H/V/F“ ist (siehe oben). Bei Zahlengleichheit oder kleineren Werten wird die entsprechende Zelle in der Matrix markiert.

Für die Bewertung des in der zugehörigen Spalte gültigen Kriteriums der allgemeinen und speziellen Betriebsverhältnisse wird dann die Anzahl („Treffer“) der in der Spalte markierten Zellen aufsummiert, und sie wird als Zwischenwert in der Zeile „Anzahl Markierungen mikr. Bild (MB)“ angegeben. Zusammen mit einem gegebenenfalls aus der Fadenbakterienbetrachtung ermittelten Wert (Eintragung in der Zeile „Anzahl Markierungen Fadenb. (FB) Übertrag“) wird die Gesamtsumme gebildet und im oberen Teil des Tabellenblatts in der Zeile „Summe Markierungen MB und FB“ in der für das betreffende Kriterium zugeordneten Zelle automatisch eingetragen.

Formblatt "Bewertung mikroskopisches Bild (MB)"													Probenahme am: 01.09.2020					
Schlussfolgerungen für Belebungs-, SBR- und Biofilm-Anlagen													Mikroskopiert am: 01.09.2020					
Taxa Dokumentation	Anzahl	Häufigkeit (H) / Vorkommen (V) / Fädigkeit (F)	Allgemeine Betriebsverhältnisse						Spezielle Betriebsverhältnisse									
			Abwasserzusammensetzung			Betriebsstabilität			Schlammbelastung B _{TS} >< 0,15 [kg BSB ₅ /kg TS-d]		O ₂ -Konzentration [mg/l]		Schlammalter / Nitrifikation					
Mikroskopisches Bild	22		Sulfide vorhanden	NH ₄ ⁺ -konz. hoch/ NH ₄ ⁺ -Stoßbel.	C:N:P-Verh. gestört	stabil	instabil / Stoßbel.	Schädigung der Biozönose	Hemmung, Vergiftung	hoch	mittel-niedrig	> 2	1-2	< 1	Schlammalter hoch	Schlammalter niedrig	Denitrifikation stabil	
Fadenbakterien	6		hoch	Stoßbel.	gestört	stabil	instabil	Schädigung	Hemmung	hoch	mittel-niedrig	> 2	1-2	< 1	Schlammalter hoch	Schlammalter niedrig	Denitrifikation stabil	
Gesamtsumme Taxa:	28																	
Mikrobiologie-Index (MI):	69																	
Spalte: 1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Summe Markierungen aus MB und FB			2	4	2	12	2	0	0	10	11	8	11	7	16	1	4	
Anzahl Markierungen mikr. Bild (MB)			1	2	0	11	2	0	0	8	9	8	10	3	12	1	3	
Anzahl Markierungen Fadenb. (FB) Übertrag			1	2	2	1	0			2	2		1	4	4	0	1	
Flockenbeschaffenheit																		

Abb. 16: Ausschnitt „Summe Markierungen aus MB und FB“ aus Tabellenblatt „Bewertung MB“

Die sich ergebenden Summenwerte werden in den Zellen dann automatisch farblich hinterlegt (Zuordnungen und Abstufungen wie in Kapitel 4). Die für das jeweilige Kriterium der Betriebsverhältnisse definierte Farbskala orientiert sich in ihrer Abstufung an der zugeordneten Bewertung. Diese kann sich z.B. nach der Anzahl der verschiedenen gefundenen Indikatororganismen ausrichten (Gesamtsumme Taxa) und von rot (ungenügende Anzahl, einseitige Biozönose, gegebenenfalls kritisch) über gelb und grün bis blau (hohe Anzahl, sehr stabil und vielfältig) reichen. Der Farbverlauf (siehe Kapitel 4) kann aber auch einfarbig bleiben (von hellgrün nach dunkelgrün) wie im vorliegenden Beispiel beim Schlammalter, mit zunehmender Indizienanzahl als stabiler und dann als dunkelgrüner werdendem Wert. Bei einfarbiger Abstufung hellgrün oder dunkelgrün oder ungefärbt weiß soll einerseits angezeigt werden, dass eine stabile Aussage vorliegt (dunkelgrün, im Beispiel bei Sauerstoff; drei verschiedene Kategorien: <1, 1-2, >2 mg/l), mit einem Zahlenwert größer 6. Gleichzeitig werden benachbarte Zellen bezüglich des relativen Abstands zum Maximalwert verglichen (eine Differenz kleiner 30% zum Maximum bewirkt einen hellgrünen Hintergrund, bei größerer Differenz als 30% bleibt das Feld weiß).

Im Tabellenblatt „Bewertung MB“ sind nur im Feld „Gesamtbewertung“ manuelle Eintragungen möglich.

3 Exceltabellenblätter „Dokumentation FB“ und „Bewertung FB“

Fadenbakterien sind wichtige und hocheffizient arbeitende Mikroorganismen für die Abwasserreinigung. Ihr übermäßiges Wachstum kann aber betriebstechnische Probleme verursachen. In solchen Fällen ist ihre Bestimmung essentiell, um spezifische Abhilfemaßnahmen einzuleiten. Eine gesicherte Dokumentation und Bewertung ist hierfür die Voraussetzung.

3.1 Exceltabellenblatt „Dokumentation FB“

Für die eindeutige mikroskopische Bestimmung von Fadenbakterien ist die Durchführung einer Gram- und Neisserfärbung erforderlich. Sowohl die Ergebnisse der Färbungen als auch die weiteren Merkmale, die sich aus der Betrachtung der Lebendpräparate ergeben haben, werden in das Tabellenblatt „Dokumentation FB“ eingetragen. Die jeweilige Merkmalskombination wird dann jeweils mit den Bestimmungsschlüsseln abgeglichen (Blaues Buch Kapitel 7.2).

Im unteren Teil des Tabellenblatts können mittels pull-down-Menü sowohl der auf die Merkmalskombination passende Fadenbakterientyp als auch die zugehörige Fädigkeit ausgewählt werden.

Fadenbakterium 1:	Typ 021N	Fädigkeit:	stark = 3
Fadenbakterium 2:	Haliscomenobacter hydrossis	Fädigkeit:	gering = 1
Fadenbakterium 3:	Typ 0041/0675	Fädigkeit:	mäßig = 2
Fadenbakterium 4:	Microthrix parvicella	Fädigkeit:	gering = 1
Fadenbakterium 5:	Typ 0092	Fädigkeit:	mäßig = 2
Fadenbakterium 6:	Typ 0914	Fädigkeit:	gering = 1

Abb. 17: Ausschnitt „Eintragung Fadenbakterien“ im Tabellenblatt „Dokumentation FB“

Das Tabellenblatt „Dokumentation FB“ bietet standardmäßig Eintragungen für 6 verschiedene Fadenbakterien, was i.d.R. ausreicht. Sollten darüber hinaus weitere Fadenbakterien festgestellt werden, kann die Tabelle nach rechts bzw. unten erweitert werden; ein automatischer Übertrag dieser Fadenbakterien in das Tabellenblatt „Bewertung FB“ muss dann allerdings manuell vorgenommen werden.

Bei der Eintragung der Kriterien in der oberen Tabellenhälfte sind, entsprechend der Nummerierung der gefundenen Fadenbakterien, die zugehörigen Feststellungen in die vorgesehenen Felder einzutragen. Die voreingestellte Feldformatierung „Text“ sollte die Eingabe von beliebigen Zeichen erlauben, und es liegt im Ermessen der Nutzenden, welche Zeichen für „zutreffend“ oder „nicht zutreffend“ gewählt werden und ob Abstufungen von „wenig“ bis „viel/stark“ vorgenommen werden. Die Eintragungen in die Tabelle haben nur protokollarischen Charakter, eine automatische Auswertung oder Interpretation wird nicht vorgenommen.

Formblatt "Dokumentation Fadenbakterien (FB)"

Kläranlage: Beispielanlage		Probenahmestelle:		Ablauf Belebung		Probenahme: 03.09.2020			
Merkmal *)		Ausprägung *)		Fadenförmige Mikroorganismen					
Fadenbakterium-Nummer (siehe Liste unten)		1	2	3	4	5	6		
Position zur Flocke		aus der Flocke herauswachsend	x	x	x	x	x		
LP 100x (PH)		in der Flocke wachsend				x			
		zwischen den Flocken wachsend							

Abb. 18: Ausschnitt „Position zur Flocke“ im Tabellenblatt „Dokumentation FB“

Es empfiehlt sich bei zutreffenden Merkmalen mit „x“ zu arbeiten, da bei Verwendung von „+“ oder „-“ und anschließendem Wechsel in ein anderes Feld per Mausklick oder per Pfeiltasten eine automatische Excelformel zur Summenbildung der Inhalte beider Felder startet. Damit diese Formelautomatik nicht anspringt, sollte der Feldwechsel mit der Tabulatortaste durchgeführt werden; alternativ funktioniert auch der Eintrag mit der Eingabetaste und anschließendem Wechsel ins nächste Feld.

In Verbindung mit der Fadenbakterienbewertung bei verschiedenen Rahmenbedingungen wird auf die Besonderheiten der nocardioformen Actinomyceten und *Microthrix parvicella* verwiesen, Fett- bzw. Fettsäurebelastungen anzeigen zu können:

Fadenbakterium 6: Typ 0914 Fädigkeit: gering = 1

Legende: LP: Lebendpräparat; TP: Trockenpräparat; HF: Hellfeld; PH: Phasenkontrast; DF: Dunkelfeld

*) Beschreibung und Abbildungen in Kapitel 7.1.1; Formblatt verändert nach Eikelboom & van Buijssen (1992) bzw. nach Eikelboom (2000)

Hinweis: liegen hohe Fett- oder Fettsäurebelastungen vor, ist auf das Vorkommen von nocardioformen Actinomyceten und/oder *Microthrix parvicella* zu achten

Abb. 19: Ausschnitt „Hinweise“ und „Legende“ im Tabellenblatt „Dokumentation FB“

3.2 Exceltabellenblatt „Bewertung FB“

Die Feststellungen aus dem Tabellenblatt „Dokumentation FB“ (siehe Abb. 17) hinsichtlich bestimmter Bakterienarten sowie der zugehörigen Fädigkeit werden automatisch in das Tabellenblatt „Bewertung FB“ übernommen.

		Sulfide vorhanden	Konz. hoch/ NH ₄ ⁺ -Stoßbelast.	C:N:P-Verh. gestört	instabil, Stoßbelastung	hoch	mittel-niedrig	> 2	1-2	< 1	Schlammaller hoch	Schlammaller niedrig	Denitrifikation stabil	
Taxa Dokumentation Fadenbakterien	6	1	2	2	1	0	2	2	0	1	4	4	0	1
Anzahl Markierungen pro Spalte														
Fädigkeit (F)														
nocardioforme Actinomyceten												1		
<i>Beggiatoa</i> spp.		1	1							1				
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	gering	1	1	2		1							2	
<i>Microthrix parvicella</i>	gering	1	3				2			1	1			
<i>Nostocoida limicola</i>							2			1	1			
<i>Sphaerotilus natans</i>				3		2				2		2		
<i>Thiothrix</i> spp.		1	1							1				
Typ 0041/0675	mäßig	2		1 ^a	1		2		1		1			1
Typ 0092	mäßig	2					2			1	1			
Typ 021N	stark	3	2	3		2 ^{b/d}				2				
Typ 0914	gering	1	1				2			1	1			

Abb. 20: Ausschnitt mit Eintragungen der dokumentierten Fadenbakterien im Tabellenblatt „Bewertung FB“

Zusätzlich werden Erkenntnisse aus dem Tabellenblatt „Dokumentation MB“ übernommen, die für eine Betrachtung der Fadenbakterien relevant sind. Dazu zählen spezielle einleiterbedingte Belastungen mit Proteinen, Acetat und Fetten, da sie großen Einfluss auf Wachstum und Vermehrung bestimmter Fadenbakterien haben.

Spezielle einleiterbedingte Belastungen:

Proteinbelastung Acetatbelastung Fettbelastung sonstiges: _____

Abb. 21: Ausschnitt „Spezielle einleiterbedingte Belastungen“ aus Tabellenblatt „Dokumentation MB“

Sind diese Felder im Dokumentationstabellenblatt angekreuzt, ist automatisch im Tabellenblatt „Bewertung FB“ die entsprechende Verknüpfung b), c) und/oder d) aktiviert.

a) P-Mangel, wenn Neisser positiv; b) wenn Protein-Belastung; c) wenn Belastung mit Acetat / kurzkettige Fettsäuren; d) wenn hohe Fett-/Fettsäure-Belastung falls b), c), d) zutreffen, ist dies im Formblatt "Dokumentation mikroskopisches Bild" anzukreuzen, sonst erfolgt keine Aktivierung der Feldfunktionen!

Abb. 22: Ausschnitt Hinweise a) b) c) d) aus Tabellenblatt „Bewertung FB“

Im unteren Teil des Tabellenblatts werden die farbigen Verlinkungen nochmals erläutert, die Indizes a bis d sind bestimmten Feldern in der Bewertungsmatrix zugeordnet. Bei den dafür indizierenden Arten wird dann, je nach Höhe oder Relevanz, das zugehörige Indikationsfeld mit in die Bewertung einbezogen; im zutreffenden Fall wird es markiert, und der „Treffer“ wird bei der Spaltensummenbildung der Markierungen mitgezählt.

Bei Typ 0041/0675 erfolgt im Beispiel der Abb. 24 keine Wertung des Kriteriums im Feld mit dem Wert 1^a, da aufgrund der Feststellung „Neisser-negativ“ vermutlich kein P-Mangel vorliegt.

Typ 0041/0675	mäßig	2			1 ^a	1		2
---------------	-------	---	--	--	----------------	---	--	---

Abb. 23: Ausschnitt „Typ 0041/0675“ aus Tabellenblatt „Bewertung FB“ bei Befund Neisser-negativ

Im nächsten Beispiel der Abb. 25 hingegen wird bei Typ 0041/675 das Feld mit 1^a gewertet, was aufgrund der Feststellung „Neisser-positiv“ als Hinweis auf einen P-Mangel gewertet wurde. Die Markierung 2^{c/d} ist ebenfalls aktiv, da die Fädigkeit von Typ 021N den Wert „2“ übersteigt und zugleich im Tabellenblatt „Dokumentation“ mindestens eines der beiden Kästchen für „Acetatbelastung“ oder „Fettbelastung“ angekreuzt ist (siehe Abbildung 5).

Typ 0041/0675	mäßig	2			1 ^a	1		2
Typ 0092	mäßig	2						2
Typ 021N	stark	3		2	3		2 ^{c/d}	
Typ 0914	gering	1	1					2
Typ 0961			2	1			1 ^b	2

Abb. 24: Ausschnitt verschiedene Fadenbakterien mit gekoppelten Indizes im Tabellenblatt „Bewertung FB“

Das Feld 1^b wäre, wenn Typ 0961 in der Probe mit einer Fädigkeit von 1 oder größer gefunden wird, bei einer parallel festgestellten Protein-Belastung (durch gesetzten Haken im Tabellenblatt „Dokumentation MB“, wie in Abb. 5 dokumentiert) ebenfalls ausgegraut und würde mitgezählt in der Spalte „instabil, Stoßbelastung“.

Die Struktur des Formblatts „Bewertung FB“ ist mit der Struktur des Formblatts „Bewertung MB“ vergleichbar, aber hinsichtlich der Auswahl der Kriterien nicht identisch. Die Liste der Fadenbakterien mit

Indikatorfunktion umfasst 15 Taxa, von denen die Kriterien „Schädigung der Biozönose“ und „Hemmung/Vergiftung“ (beide unter „Allgemeine Betriebsverhältnisse/Betriebsstabilität“) sowie „O₂-Konzentration >2“ (unter „Spezielle Betriebsverhältnisse“) im Formblatt „Bewertung MB“ nicht bedient werden. Die ersten beiden Kriterien sind daher im Formblatt „Bewertung FB“ nicht enthalten, das letztere ist belassen worden. Da sich rechnerisch keine Zahlenwerte ergeben können, wurden in den entsprechenden Felder in der Zeile „Anzahl Markierungen Fadenb. (FB) Übertrag“ (siehe auch Abb. 16) im Formblatt „Bewertung MB“ statt eine „0“ liegende Kreuze eingetragen als Hinweis, dass diese Felder für die Gesamtbewertung nicht gezählt werden, weil sie irrelevant sind.

Formblatt "Bewertung Fadenbakterien (FB)"		Probenahme: 01.09.2020 Mikroskopiert am: 01.09.2020 gefärbt am: 03.09.2020												
		Allgemeine Betriebsverhältnisse					Spezielle Betriebsverhältnisse							
		Abwasserzusammensetzung			Betriebsstabilität		Schlammbelastung		O ₂ -Konzentration [mg/l]			Schlammalter / Nitrifikation		
		Sulfide vorhanden	Konz. hoch/ NH ₄ ⁺ -Stoßbelast.	C:N:P - Verh. gestört	stabil	instabil, Stoßbelastung	hoch	mittel-niedrig	> 2	1-2	< 1	Schlammalter hoch	Schlammalter niedrig	Denitrifikation stabil
Taxa Dokumentation Fadenbakterien	6	1	2	2	1	0	2	2	0	1	4	4	0	1
	Fädigkeit (F)													

Abb. 25: Ausschnitt Kopfteil aus Tabellenblatt „Bewertung FB“

Eine weitere Verbindung zum Tabellenblatt „Dokumentation MB“ besteht hinsichtlich der Information zu Differenzialfärbungen: Ist die Gesamtfädigkeit (F) gleich oder größer 3, ist das Feld im Dokumentationstabellenblatt orangefarben hinterlegt.

<input type="checkbox"/> Differenzialfärbungen durchgeführt	<input type="checkbox"/> Neisserfärbung positiv
---	---

Abb. 26: Ausschnitt „Differenzialfärbung offen“ im Tabellenblatt „Bewertung FB“

Diese Hintergrundfarbe bleibt bestehen, bis die Gram-/Neisserfärbungen durchgeführt worden sind und infolgedessen das Feld im Tabellenblatt „Bewertung FB“ angekreuzt wurde; daraufhin wechselt die Farbmarkierung des Feldes im Bewertungstabellenblatt auf farblos, und im Tabellenblatt „Dokumentation MB“ wechselt die dortige Information „Differenzialfärbung empfohlen!“ automatisch auf „Differenzialfärbung durchgeführt“.

<input checked="" type="checkbox"/> Differenzialfärbungen durchgeführt	<input checked="" type="checkbox"/> Neisserfärbung positiv
--	--

Abb. 27: Ausschnitt „Differenzialfärbung durchgeführt“ und „Neisserfärbung positiv“ angekreuzt

4 Farbskalen

Bei der Bewertung der Betriebsverhältnisse mit Hilfe der gefundenen Indikatororganismen und Fadenbakterien wird im Tabellenblatt „Bewertung MB“ den ermittelten Zahlenwerten je nach Kriterium eine Farbabstufung in der Zeile „Spaltensumme aller Markierungen“ automatisch zugewiesen. Die Zuordnung der Farben wird in den nachfolgenden Grafiken verdeutlicht.

Betriebsverhältnisse	Farbverlauf	Anzahl Markierungen																				max.	
Sulfide vorhanden	von weiss über gelb, orange nach rot	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...23
Ammonium (NH ₄ ⁺) hoch/ Stoßbelastung	von weiss über gelb, orange nach rot	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...29
C:N:P-Verhältnis gestört	von weiss über gelb, orange nach rot	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14						
Schädigung Biozönose	von hellorange über orange nach rot	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17			
		0	1	2	3	3																	
Schlammalter hoch/niedrig	von weiss über hellgrün nach dunkelgrün	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...36/26
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13							
Denitrifikation stabil		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13							
Betriebsstabilität (stabil/instabil)	wenn Feldwerte < 5: keine farbliche Markierung a) größter Wert: Dunkelgrün ("Klassensieger") b) Differenz kleiner Wert zu großem Wert <=30%: dann Feldfarbe kleiner Wert hellgrün c) Differenz kleiner Wert zu großem Wert >30%: dann kleiner Wert keine Feldfarbe d) Werte gleich groß: beide Feldfarben dunkelgrün	Beispiel zu Fall b)										Beispiel zu Fall b) und c)										...27/23	
Schlammbelastung hoch/mittel-niedrig		18 22										16 13 7										...39/24	
Sauerstoff >2 / 1-2 / <1																						...17/27/32	

Abb. 28: Ausschnitt aus Tabellenblatt „Farbskalen“, Übersicht Betriebsverhältnisse

Je nach Anzahl der Markierungen wird die passende Hintergrundfarbe gesetzt. Bei den Kriterien „Betriebsverhältnisse stabil – instabil“ und „Schlammbelastung hoch – mittel-niedrig“ werden zwei Spalten, bei „Sauerstoff“ drei Spalten miteinander abgeglichen. Die Zahlenwerte zeigen aufgrund der dahinterstehenden Indikatororganismen, welches Kriterium mehr zutrifft. Die im Textfeld erläuterten Fallgestaltungen sind durch die entsprechende Hintergrundfarbe optisch hervorgehoben. In der Spalte „max.“ ist angegeben, welche maximale Trefferanzahl für dieses Kriterium bei der Erfassung der Indikatororganismen bzw. Fadenbakterien in der Bewertungsmatrix möglich ist.

Bei der Taxa-Anzahl spiegeln die Ziffern die Anzahl der Indikatororganismen oder Fadenbakterien wieder, die beim Mikroskopieren erfasst wurden.

Gesamtsumme Taxa	0 = ungefärbt 1 - 4 = rot (Taxazahl für eine gesicherte Bewertung zu gering) 5 - 8 = gelb (Taxazahl noch ausreichend) 9 - 14 = grün (Taxazahl ausreichend) >= 15 = blau (Taxazahl optimal)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...52 + 15
------------------	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	------------

Abb. 29: Ausschnitt aus Tabellenblatt „Farbskalen“, Übersicht Taxa-Anzahl

Der Mikrobiologie-Index (MI) liefert eine vereinfachte Einschätzung des „biologischen“ Gesamtzustandes der Anlage; der zugrundeliegende Algorithmus basiert auf empirischen und pragmatischen Überlegungen und ist nicht streng wissenschaftlich zu verstehen. Insbesondere ist die Aussagekraft bei Zuständen, in denen die Taxa-Anzahl sehr niedrig ist, nur bedingt verwertbar; daher wird in diesen Fällen die Anzeige des Wertes abweichend dargestellt

Mikrobiologie-Index (MI)	<= 40 = ungenügend 41 - 60 = kritisch 61 - 80 = mäßig, ausreichend 81 - 90 = gut > 90 = sehr gut	<= 40	41 - 60	61 - 80	81 - 90	> 90	100
--------------------------	--	-------	---------	---------	---------	------	-----

Abb. 30: Ausschnitt aus Tabellenblatt „Farbskalen“, Übersicht Mikrobiologie-Index (MI)

Die Farbgebung des Mikrobiologie-Index wurde so gewählt, dass Werte kleiner als 60 als möglicherweise kritische Betriebszustände mit den Warnfarben „Gelb“ und „Rot“ gekennzeichnet werden. Stabile Betriebszustände werden mit „Grün“ bzw. „Blau“ markiert.

5 Formblätter

5.1 Formblatt „Dokumentation MB“, Fallbeispiel

Formblatt "Dokumentation mikroskopisches Bild (MB)"		Probenahme am: 01.09.2020		Mikroskopiert am: 01.09.2020							
Kläranlage: Beispielanlage		Uhrzeit: 08:30		Uhrzeit: 09:15							
Anlagentyp: Nitri /Deni		Kläranlagen-ID:		Probenahmestelle: Belebung							
Indikatororganismen		Häufigkeit (H) Vorkommen (V) Fädigkeit (F)		Anzahl Präparate: 3			Mittelwert				
		Präparat 1		Präparat 2		Präparat 3					
		Anzahl	Stufe	Anzahl	Stufe	Anzahl	Stufe				
Bakterien											
Gesamtfädigkeit		Differenzialfärbungen durchgeführt		F	mäßig	2	stark	3	stark	3	3
Freie Bakterien		V	einige	2	einige	2	einige	2	einige	2	2
Chromatium spp.		V									
Spirillen		V									
Spirochäten		V									
Zoogloea spp.		H	1	1	1	1	0	0	0	0	1
Flagellaten											
Farblose Augenflagellaten (<i>Peranema</i> , <i>Anisonema</i>)		H	3	1	4	1	2	1	1	1	1
Kleine Zooflagellaten < 10 µm (<i>Bodo</i>)		V	einzelne	1	einige	2	einzelne	1	1	1	1
Weitere Zooflagellaten > 10 µm (<i>Hexamitus</i> , <i>Trigonomonas</i>)		H	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Amöben											
Große Schalenamöben (<i>Arcella</i> , <i>Euglypha</i> , <i>Tinnema</i>)		H	15	3	12	3	14	3	3	3	3
Kleine Nacktamöben (< 50 µm)		V	einzelne	1	einige	2	einige	2	einige	2	2
<i>Pyxidicula</i> spp.		V	einige	2	einige	2	einige	2	einige	2	2
Festsitzende Ciliaten											
<i>Carchesium</i> spp.		H									
<i>Epistylis</i> spp.		H	20	3	15	3	18	3	3	3	3
<i>Opercularia</i> spp.		H									
<i>Stentor</i> spp.		H									
Sauginfusorien (Suctorina)		H	1	1	4	1	2	1	1	1	1
<i>Thuricola</i> spp.		H	5	1	4	1	4	1	1	1	1
<i>Vorticella campanula</i>		H									
<i>Vorticella aquadulcis</i> -Typ		H									
<i>Vorticella convallaria</i> -Typ		H	0	0	3	1	0	0	0	0	0
<i>Vorticella infusionum</i> -Typ		H									
<i>Vorticella microstoma</i> -Typ		H	1	1	0	0	3	1	1	1	1
<i>Vorticella octava</i> -Typ		H									
<i>Zoothamnium</i> spp.		H									
Schreitende Ciliaten											
<i>Aspidisca cicada</i>		H	8	2	12	3	10	2	2	2	2
<i>Aspidisca lynceus</i>		H									
<i>Euplotes</i> spp.		H									
Schwimmende/gleitende Ciliaten											
Amphileptiden		H	4	1	3	1	8	2	1	1	1
<i>Chilodonella</i> -Typ		H									
<i>Coleps</i> spp.		H	5	1	2	1	7	2	1	1	1
<i>Colpidium</i> spp. / <i>Dexiostoma</i> spp.		H									
<i>Cyclidium</i> spp.		H									
<i>Dexiotricha</i> spp.		H									
<i>Glaucoma</i> spp.		H									
Glockentiere (abgelöste "Köpfchen")		H									
Holophryiden		H									
<i>Metopus</i> spp.		H									
<i>Paramecium</i> spp.		H									
<i>Plagiocampa</i> spp.		H	3	1	4	1	3	1	1	1	1
<i>Spirostomum</i> spp.		H									
<i>Tetrahymena</i> spp.		H									
<i>Uronema</i> spp.		H									
<i>Trochilla</i> spp.		H									
Mehrzeller											
Pilzfäden		F									
Rädertiere		H	7	2	10	2	6	2	2	2	2
Bärtierchen		H	2	1	3	1					1
Bauchhärlinge		H									
Nematoden		H									
Oligochaeten		H	2	1	0	0	1	1	1	1	1
Sonstige											
Dauerzellen		H	5	1	4	1	7	2	1	1	1
Leere Glockentierstiele		H	3	1	5	1	2	1	1	1	1
Weitere Organismen:											
Spezielle einleiterbedingte Belastungen:		<input checked="" type="checkbox"/> Proteinbelastung	<input type="checkbox"/> Acetatbelastung	<input checked="" type="checkbox"/> Fettbelastung	sonstiges:						
Probenbeschaffenheit:		Geruch: muffig	Farbe: bräunlich				Flocke:	abgerundet	<input type="checkbox"/>		
Bemerkungen:											
Auffälligkeiten im mikroskopischen Bild:		Einschlüsse: <input type="checkbox"/> Gasbläschen	<input type="checkbox"/> Fasern	<input type="checkbox"/> Mikroplastik	sonstiges:		Simultanfällung	groß (> 500 µm)	<input checked="" type="checkbox"/>		
Anlagenbezogene Feststellungen:		<input type="checkbox"/> Schwimmschlamm / Schaum	sonstiges:				○ ja	mittel (> 150 µm)	<input type="checkbox"/>		
Weitere Bemerkungen: viele Fettröpfchen, Einleitung Molkereiabwasser		bearbeitet von:	P. Muster				● nein	klein (< 150 µm)	<input type="checkbox"/>		
								Flockenzerfall	<input checked="" type="checkbox"/>		

5.2 Formblatt „Bewertung MB“, Fallbeispiel

Formblatt "Bewertung mikroskopisches Bild (MB)"												Probenahme am: 01.09.2020						
Schlussfolgerungen für Belebungs-, SBR- und Biofilm-Anlagen												Mikroskopiert am: 01.09.2020						
Taxa Dokumentation	Anzahl	Häufigkeit (H) / Vorkommen (V) / Färbigkeit (F)	Allgemeine Betriebsverhältnisse						Spezielle Betriebsverhältnisse									
			Abwasserzusammensetzung			Betriebsstabilität			Schlammbelastung B _{TS} > / < 0,15 [kg BSB ₅ /kg TS-d]		O ₂ -Konzentration [mg/l]		Schlammalter / Nitrifikation					
			Sulfide vor-handen	NH ₄ ⁺ -konz. hoch/ NI ₄ ⁺ -Stoßbel.	C:N:P-Verh. gestört	instabil	Stoßbel.	Schädigung der Biozönose	Hemmung, Vergiftung	hoch	mittel-niedrig	> 2	1-2	< 1	Schlammalter hoch	Schlammalter niedrig	Denitrifikation stabil	
Mikrobiologie-Index (MI): 69		Spalte: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Summe Markierungen aus MB und FB			2	4	2	12	2	0	0	10	11	8	11	7	16	1	4	
Bakterien																		
Gesamtfärbigkeit *			3		4			4							3			
Freie Bakterien			2	4	4			4	4	4	3		3	4		3	3	
Chromatium spp.				1	1				2		1			1		1		
Spirillen				2	2			2	3		2			2		2	2	
Spirochäten **				4				4					3		3		2	
Zoogloea spp. ***			1	2				2	3		1		2	2		2		
Flagellaten																		
Farblose Augenflagellaten			1					2			2		1				2	
Kleine Zooflagellaten			1	4	4	3		3	4		3				3		2	
Weitere Zooflagellaten (>10µm)			1	1	1			2	2		1			1		1	1	
Amöben																		
große Schalenamöben			3				1					3	1	1		1		
Kleine Nacktamöben (< 50 µm)			2	3	2			3	3		2				3		3	
Pyxidicola spp.			2					2					1					
Festsitzende Ciliaten																		
Carchesium spp.							1				1		1		1			2
Epistylis spp.			3				1				3	1	1	1	1	1		2
Opercularia spp.							1				1	1	1	1	1			
Stentor spp.					1		1				1	1	1	1	1			
Suctorina (Sauginfusorien)			1				1				1	1	1	1	1			
Thuricola spp.			1				1				1	1	1	1	1			
Vorticella campanula							1				2	1	1	1	1			
Vorticella aquadulcis-Typ							1				1	1	1	1	1			
Vorticella convallaria-Typ			0				1				3	1	1	1	1			2
Vorticella infusionum-Typ							1				3		2	2	1			2
Vorticella microstoma-Typ			1		2		1	3			1		1	1	1		2	2
Vorticella octava-Typ							1				2	1	1	1	1			
Zoothamnium spp.							1				2	1	1	1	1			
Schreitende Ciliaten																		
Aspidisca cicada			2				2				2	1	1	1	1	1		
Aspidisca lynceus							1					2	1	1	1			
Euplotes spp.							1				1	1	1	1	1			
Schwimmende/gleitende Ciliaten																		
Amphileptiden			1				1				1		1	1	1	1		1
Chilodonella-Typ					2		1				2		1	1	1	1		
Coleps spp.			1				1				1	1	1	1	1			
Colpidium spp./Dexiostoma spp.				1	1	1		1	3		1			1	1	1		
Cyclidium spp.					3			3			1			2	2			
Dexiotricha spp.				2	2			2			2			1	2			
Glaucocystis spp.				1	1	1		1	3		2			1	2			
Glockentiere (abgelöste "Köpfchen") ***				3	2	2		2	3	3				3	2			
Holophryiden				2	2		1				1		1	1	1			
Metopus spp.				1	1						1			1	1		1	
Paramecium spp. ***				1	1	1		1	2		1			1	1		1	
Plagiocampa spp.			1				1				1	1	1		1			
Spirostomum spp.				1	1			1	3		1			1	1			
Tetrahymena spp. ***				1	1	1		1	3		2			1	2			
Uronema spp. ***				2	2			2			2			1	2	2		
Trochilina spp.											1		1	1	1			
Mehrzeller																		
Pilzfäden						1		2			2		2		2			2
Rädertiere			2				1				1	1	1		1			
Bärtierchen			1				1				1	1			1			
Bauchhärlinge							1				1	1			1			
Nematoden							1				1		1	1	1			
Oligochaeten			1				1				1	1	1		1			
Sonstige																		
Dauerzellen			1	2	2	2		2	2	2	2				2			2
Leere Glockentierstiele ***			1		2			2	2	2					2			
Anzahl Markierungen mikr. Bild (MB)			1	2	0	11	2	0	0	8	9	8	10	3	12	1	3	
Anzahl Markierungen Fadenb. (FB) <small>Übertrag</small>			1	2	2	1	0			2	2		1	4	4	0	1	
Flockenbeschaffenheit																		
Flocke: vernetzt			ja		x	x		x			x				x			
Flockenzerfall			ja	x	x	x		x	x	x	x			x		x		
Funktionsgruppen:			Anzahl Filtrierer: 4			Weidegänger: 1			Räuber: 4			Pionierformen: 4			Allesfresser: 5			
Hinweise:			* = wenn Färbigkeit > 2 Differenzialfärbung durchführen; ** = wenn Vorkommen > 2 Hinweis auf Fette / Fettsäuren *** = bei Auftreten mehrerer Anzeiger Säurekapazität prüfen! Hohe Individuendichte: Hinweis auf "BTS > 0,15"!															
Gesamtbewertung: <small>(freies Textfeld zur Beschreibung der Bewertung)</small>			Abwasserzusammensetzung kritisch. Betrieb stabil, gelegentlich mit Stoßbelastungen. Mittlere Belastung, O ₂ -Versorgung schwankend, meist bei 1-2 mg/l. Nitrifikation gut. Mikrobiologie-Index ausreichend. Starke Gesamtfärbigkeit.															
Kläranlage: Beispelanlage			Probenahmestelle: Belebung						Bearbeitet: P. Muster									

5.3 Formblatt „Dokumentation FB“, Fallbeispiel

Formblatt "Dokumentation Fadenbakterien (FB)"

Kläranlage: Beispielanlage		Probenahmestelle:		Ablauf Belebung		Probenahme: 03.09.2020			
Merkmal *)		Ausprägung *)		Fadenförmige Mikroorganismen					
Fadenbakterium-Nummer (siehe Liste unten)				1	2	3	4	5	6
Position zur Flocke <i>LP 100× (PH)</i>	aus der Flocke herauswachsend		X	X	X	X			X
	in der Flocke wachsend							X	
	zwischen den Flocken wachsend								
Wuchsform <i>LP 100× (PH)</i>	gerade oder gebogen		X	X	X			X	X
	verknäuelte					X			
	in Bündeln wachsend								
Beweglichkeit <i>LP 100× (PH)</i>	vorhanden		-	-	-	-	-	-	-
Aufwuchs <i>LP 100×/400× (PH)</i>	vorhanden		-	-	++	-	-	-	-
Verzweigungen <i>LP 400×/1.000× (Ö) (PH)</i>	echte Verzweigungen		-	-	-	-	-	-	-
	Scheinverzweigungen		-	-	-	-	-	-	-
Scheide <i>LP 1.000× (Ö) (PH)</i>	vorhanden		-	X	X	-	-	-	-
Zellwände (Septen) <i>LP 1.000× (Ö) (PH)</i>	nicht/schlecht sichtbar			X		X	X	X	X
	deutlich sichtbar		X		X				
Einschnürungen <i>LP 1.000× (Ö) (PH)</i>	vorhanden		X	-	-	-	-	-	-
Zellform <i>LP 1.000× (Ö) (PH)</i>	nicht erkennbar			X		X	X		
	rundlich								
	stäbchenförmig								
	quadratisch				X				X
	rechteckig								
	unregelmäßig scheibenförmig								
Fadendurchmesser <i>LP 1.000× (Ö) (PH)</i>	< 1,0 µm			X		X	X	X	X
	> 1,0 µm		X		X				
Schwefeleinlagerung <i>LP 400×/1.000× (Ö) (PH), (DF)</i>	vorhanden		+/-	-	-	-	-	-	X
	verstärkt nach S-Test								
Gram-Färbung <i>TP 1.000× (Ö) (HF)</i>	positiv: dunkelblau oder violett					X			
	schwach positiv: hellblau								
	variabel: blau/violette und rote Bereiche in einem Faden				X				
	negativ: rot (meist hell)		X	X				X	X
Neisser-Färbung <i>TP 1.000× (Ö) (HF)</i>	positiv: gefärbte Granula					X			
	positiv: kräftig grau- bis blauviolett								
	positiv: transparent blaugrau							X	
	negativ: ungefärbt, komplett transparent		X	X	X				X

Fadenbakterium 1:	Typ 021N	Fähigkeit:	stark = 3
Fadenbakterium 2:	Haliscobenobacter hydrossis	Fähigkeit:	gering = 1
Fadenbakterium 3:	Typ 0041/0675	Fähigkeit:	mäßig = 2
Fadenbakterium 4:	Microthrix parvicella	Fähigkeit:	gering = 1
Fadenbakterium 5:	Typ 0092	Fähigkeit:	mäßig = 2
Fadenbakterium 6:	Typ 0914	Fähigkeit:	gering = 1

Legende: LP: Lebendpräparat; TP: Trockenpräparat; HF: Hellfeld; PH: Phasenkontrast; DF: Dunkelfeld

*) Beschreibung und Abbildungen in Kapitel 7.1.1; Formblatt verändert nach Eikelboom & van Buijsen (1992) bzw. nach Eikelboom (2000)

Hinweis: liegen hohe Fett- oder Fettsäurebelastungen vor, ist auf das Vorkommen von nocardioformen Actinomyceten und/oder *Microthrix parvicella* zu achten

5.4 Formblatt „Bewertung FB“, Fallbeispiel

Formblatt "Bewertung Fadenbakterien (FB)"		Probenahme: 01.09.2020 Mikroskopiert am: 01.09.2020 gefärbt am: 03.09.2020												
		Allgemeine Betriebsverhältnisse					Spezielle Betriebsverhältnisse							
		Abwasserzusammensetzung			Betriebsstabilität		Schlammbelastung		O ₂ -Konzentration [mg/l]			Schlammalter / Nitrifikation		
		Sulfide vorhanden	Konz. hoch/ NH ₄ - Stoßbel.	C:N:P - Verh. gestört	stabil	instabil, Stoßbelastung	hoch	mittel-niedrig	> 2	1-2	< 1	Schlammalter hoch	Schlammalter niedrig	Denitrifikation stabil
Taxa Dokumentation Fadenbakterien	6	1	2	2	1	0	2	2	0	1	4	4	0	1
		Fädigkeit (F)												
nocardioforme Actinomyceten												1		
<i>Beggiatoa</i> spp.			1	1							1			
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>		gering	1	1	2		1						2	
<i>Microthrix parvicella</i>		gering	1	3				2			1	1		
<i>Nostocoida limicola</i>								2			1	1		
<i>Sphaerotilus natans</i>					3			2			2		2	
<i>Thiothrix</i> spp.			1	1							1			
Typ 0041/0675		mäßig	2		1 ^a	1		2		1		1		1
Typ 0092		mäßig	2					2			1	1		
Typ 021N		stark	3	2	3			2 ^{cid}			2			
Typ 0914		gering	1	1				2			1	1		
Typ 0961			2	1		1 ^b		2						1
Typ 1701					3		2	2			2		2	
Typ 1851								2			1	1		
Typ 1863				2				1			1		1	
a) P-Mangel, wenn Neisser positiv; b) wenn Protein-Belastung; c) wenn Belastung mit Acetat / kurzkettige Fettsäuren; d) wenn hohe Fett-/Fettsäure-Belastung falls b), c), d) zutreffen, ist dies im Formblatt "Dokumentation mikroskopisches Bild" anzukreuzen, sonst erfolgt keine Aktivierung der Feldfunktionen!														
Fädigkeit: 0 = selten/keine; 1 = gering; 2 = mäßig; 3 = stark; 4 = sehr stark <input type="checkbox"/> Differenzialfärbungen durchgeführt <input type="checkbox"/> Neisserfärbung positiv														
Bemerkungen:														
Kläranlage: Beispielanlage					Probenahmestelle: Belebung					Bearbeitet von: P. Muster				

5.5 Formblatt „Dokumentation MB“, Leerformular

Formblatt "Dokumentation mikroskopisches Bild (MB)"		Probenahme am:		Mikroskopiert am:				
		Uhrzeit:		Uhrzeit:				
Kläranlage:	Kläranlagen-ID:	Probenahmestelle:						
Anlagentyp:		Anzahl Präparate:						
Indikatororganismen	Häufigkeit (H) Vorkommen (V) Fähigkeit (F)	Präparat 1		Präparat 2		Präparat 3		Mittelwert
		Anzahl	Stufe	Anzahl	Stufe	Anzahl	Stufe	
Bakterien								
Gesamtfähigkeit	F							
Freie Bakterien	V							
<i>Chromatium</i> spp.	V							
Spirillen	V							
Spirochaeten	V							
<i>Zoogloea</i> spp.	H							
Flagellaten								
Farblose Augenflagellaten (<i>Peranema</i> , <i>Anisonema</i>)	H							
Kleine Zooflagellaten < 10 µm (<i>Bodo</i>)	V							
Weitere Zooflagellaten > 10 µm (<i>Hexamitus</i> , <i>Trigonomonas</i>)	H							
Amöben								
Große Schalenamöben (<i>Arcella</i> , <i>Euglypha</i> , <i>Trinema</i>)	H							
Kleine Nacktamöben (< 50 µm)	V							
<i>Pyxidicula</i> spp.	V							
Festsitzende Ciliaten								
<i>Carchesium</i> spp.	H							
<i>Epistylis</i> spp.	H							
<i>Opercularia</i> spp.	H							
<i>Stentor</i> spp.	H							
Sauginfusorien (Suctoria)	H							
<i>Thuricola</i> spp.	H							
<i>Vorticella campanula</i>	H							
<i>Vorticella aquadulcis</i> -Typ	H							
<i>Vorticella convallaria</i> -Typ	H							
<i>Vorticella infusionum</i> -Typ	H							
<i>Vorticella microstoma</i> -Typ	H							
<i>Vorticella octava</i> -Typ	H							
<i>Zoothamnium</i> spp.	H							
Schreitende Ciliaten								
<i>Aspidisca cicada</i>	H							
<i>Aspidisca lynceus</i>	H							
<i>Euplotes</i> spp.	H							
Schwimmende/gleitende Ciliaten								
Amphileptiden	H							
<i>Chilodonella</i> -Typ	H							
<i>Coleps</i> spp.	H							
<i>Colpidium</i> spp. / <i>Dexiostoma</i> spp.	H							
<i>Cyclidium</i> spp.	H							
<i>Dexiotricha</i> spp.	H							
<i>Glaucoma</i> spp.	H							
Glockentiere (abgelöste "Köpfchen")	H							
Holophryiden	H							
<i>Metopus</i> spp.	H							
<i>Paramecium</i> spp.	H							
<i>Plagiocampa</i> spp.	H							
<i>Spirostomum</i> spp.	H							
<i>Tetrahymena</i> spp.	H							
<i>Uronema</i> spp.	H							
<i>Trochilia</i> spp.	H							
Mehrzeller								
Pilzfäden	F							
Rädertiere	H							
Bärtierchen	H							
Bauchhärlinge	H							
Nematoden	H							
Oligochaeten	H							
Sonstige								
Dauerzellen	H							
Leere Glockentierstiele	H							
Weitere Organismen:								
Spezielle einleiterbedingte Belastungen: <input type="checkbox"/> Proteinbelastung <input type="checkbox"/> Acetatbelastung <input type="checkbox"/> Fettbelastung sonstiges: <input type="text"/>					Flockenbeschaffenheit			
Probenbeschaffenheit: Geruch: <input type="text"/> Farbe: <input type="text"/> Bemerkungen: <input type="text"/>					Flocke: (siehe auch Kapitel 5.2)	abgerundet	<input type="checkbox"/>	
Auffälligkeiten im mikroskopischen Bild: Einschlüsse: <input type="checkbox"/> Gasbläschen <input type="checkbox"/> Fasern <input type="checkbox"/> Mikroplastik sonstiges: <input type="text"/>						unregelmäßig	<input type="checkbox"/>	
Anlagenbezogene Feststellungen: <input type="checkbox"/> Schwimmschlamm / Schaum sonstiges: <input type="text"/>					Simultanfällung <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	fest	<input type="checkbox"/>	
Weitere Bemerkungen: <input type="text"/>						locker	<input type="checkbox"/>	
bearbeitet von: <input type="text"/>						vernetzt	<input type="checkbox"/>	
						groß (> 500 µm)	<input type="checkbox"/>	
						mittel (> 150 µm)	<input type="checkbox"/>	
						klein (< 150 µm)	<input type="checkbox"/>	
						Flockenzerfall	<input type="checkbox"/>	

Häufigkeit (H): keine = 0, 1-5 = 1, 6-10 = 2, >10 = 3
 Vorkommen (V): keine = 0, einzelne = 1, einige = 2, häufig = 3, massenhaft = 4
 Fähigkeit (F): keine/selten = 0, gering = 1, mäßig = 2, stark = 3, sehr stark = 4

Stand Oktober 2022