

AUSWIRKUNGEN VON INTENSIVER LANDNUTZUNG AUF ABIOTIK, BAKTERIOLOGIE UND WIRBELLOSENGEMEINSCHAFTEN IN DER FUGNITZ UND IM KAJABACH

VLIV INTENZIVNÍHO VYUŽÍVÁNÍ KRAJINY NA ABIOTICKÉ POMĚRY, BAKTERIOLOGII A SPOLEČENSTVA BEZOBRATLÝCH ŘÍČKY FUGNITZ A POTOKU KAJABACH

Christian Pichler-Scheder & Clemens Gumpinger

*Blattfisch e. U., Gabelsbergerstraße 7, A-4600 Wels;
scheder@blattfisch.at, gumpinger@blattfisch.at*

Abstract: On the Austrian side of the Podyjí/Thayatal National Park the Fugnitz and Kajabach brooks are the two largest tributaries of the River Thaya. However, only their lower reaches are situated within the National Park, while their upper reaches pass through intensively cultivated farmland or are impaired by large fish ponds. The present study has proven the massive impact caused by intensive land use, concerning both water chemistry and aquatic ecology, on both watercourses. The most relevant disturbances in the Fugnitz brook emanate from fine sediments and bacteria that are washed into the brooks from manured fields and meadows in the course of precipitation events. These pressures lead to a distinct deterioration of habitats for aquatic invertebrates, resulting in an ecological status that does not comply with the requirements of the EU Water Framework Directive. In the Kajabach brook – which includes a much higher proportion of woodlands in its catchment area – the major pressures are caused by three large fish ponds on the main stream and its tributaries, which alter the natural substrate conditions and release littoral species into the lotic habitats. However, within the National Park the chemical and ecological situation improves markedly in both watercourses, eventually leading to a satisfactory ecological status.

Key words: land use, bacteria, benthic invertebrates, precipitation.

EINLEITUNG

Die Fugnitz und der Kajabach stellen im Nationalpark Podyjí/Thayatal die beiden einzigen maßgeblichen Zuflüsse zur Thaya auf österreichischer Seite dar. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass vor allem die Fugnitz, deren Einzugsgebiet außerhalb des Nationalparks hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt wird, zum Teil massive Feinsedimentfrachten mittransportiert und schließlich in die Thaya einbringt. Aufgrund dieser merklichen Beeinträchtigung wurde von PÖPPL (2010) eine Untersuchung der Fluvialmorphologie der Fugnitz und des Kajabaches unter be-

sonderer Berücksichtigung anthropogener Effekte durchgeführt, bei der eindeutige Erosions-Hotspots entlang der beiden Bäche verortet wurden. Ziel der vorliegenden Studie war es, festzustellen, inwiefern sich die Feinsedimentfracht – vor allem nach Regenereignissen – auf die physikalischen und chemischen Wasserparameter, auf die Bakteriologie und in weiterer Folge auf die wirbellosen Lebensgemeinschaften – schlussendlich also auf die ökologische Funktionsfähigkeit bzw. den ökologischen Zustand der Fugnitz und des Kajabaches – auswirkt.

MATERIAL UND METHODEN

Das Projektgebiet umfasste sieben Probestrecken, fünf davon in der Fugnitz, zwei im Kajabach (Abb. 1). Die Probestrecken wurden so gewählt, dass eine möglichst breite

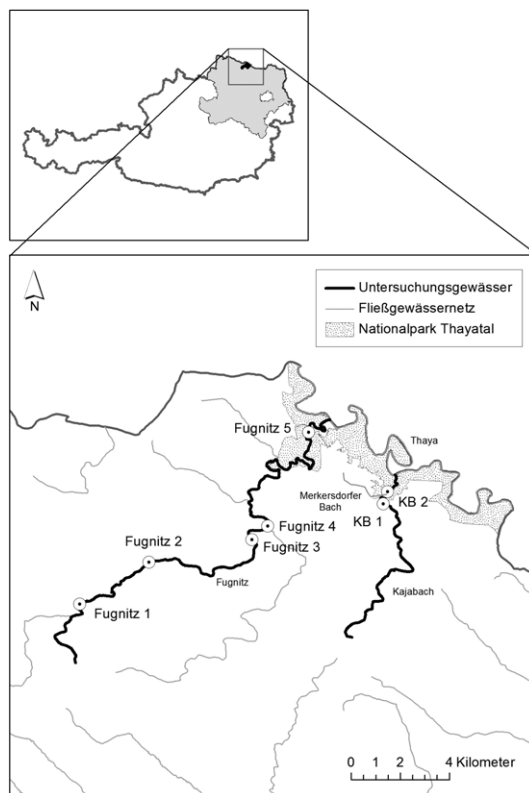


Abb. 1. Lage des Projektgebiets in Österreich (Übersichtskarte oben) und Lage der Probestrecken im Projektgebiet (Detailkarte unten).

Obr. 1. Poloha zájmového územi v Rakousku (přehledová mapka nahoře) a umístění odběrových profilů v zájmovém území (podrobná mapa dole).

Palette an potentiellen Belastungsquellen abgedeckt wurde. In der Fugnitz wurde eine Referenzstrecke ohne erkennbare Beeinträchtigungen im Oberlauf untersucht, eine Strecke im Bereich der Einmündung eines Zuflusses mit intensiver Fischteichnutzung, ein Abschnitt mit hohem Erosionsrisiko im unmittelbaren Gewässerumland, eine Staustrecke sowie eine Naturstrecke im Nationalpark. Im Kajabach kam eine Probestrecke unmittelbar flussab eines großen Fischteichs im Hauptschluss zu liegen, die zweite weiter flussabwärts innerhalb des Nationalparks. Zwischen den beiden Probestrecken mündet ein größerer Zufluss zum Kajabach, der Merkersdorfer Bach, in das Projektgewässer.

Die Koordinaten, die Flusskilometrierung, der Durchfluss bei Niederwasser, der jeweilige Belastungstyp sowie eine Kurzcharakteristik der Abschnitte sind Tabelle I

Tab. I. Lage und Eigenschaften der Probestrecken

Probestr.	Fluss-km	Koordinaten	Durchfluss bei NQ	Belastungstyp	Charakteristik
Fugnitz 1	22,2	O 15° 43,061' N 48° 47,389'	22 ls ⁻¹	Referenz	Intakte Morphologie, stark eingetieft, pendelnder Verlauf, Kolk-Furt-Sequenzen, Feinsedimente in Kolken, beidseitig schmaler Auwald-Streifen.
Fugnitz 2	18,2	O 15° 45,513' N 48° 48,351'	80 ls ⁻¹	Fischteich	Intakte Morphologie, pendelnder Verlauf, Kolk-Furt-Sequenzen, grobes Substrat dominiert, beidseitiger Waldbestand.
Fugnitz 3	12,2	O 15° 48,799' N 48° 48,831'	100 ls ⁻¹	Erosionsherd	Intakte Morphologie, gewundener Verlauf, sehr starke Feinsedimentbelastung, rechtsufrig Wald, linksufrig Ackerland/Grünland.
Fugnitz 4	11,2	O 15° 49,421' N 48° 49,034'	100 ls ⁻¹	Stau	Überprägte Morphologie, Rückstau an Blocksteinrampe, steil abfallende Ufer, sehr starke Feinsedimentbelastung, lockerer einzeliger Gehölzstreifen.
Fugnitz 5	1,8	O 15° 50,899' N 48° 51,182'	270 ls ⁻¹	Nationalpark	Intakte Morphologie, unbeeinträchtigte Naturstrecke mit heterogener Substratverteilung und Naturwaldbestand an beiden Ufern.
Kajabach 1	1,5	O 15° 53,184' N 48° 49,452'	10 ls ⁻¹	Fischteich	Intakte Morphologie, pendelnder Verlauf, Kolk-Furt-Sequenzen, Substrat von leeren Erbsenmuschel-Schalen dominiert, linksufrig Naturwald, rechtsufrig schmaler Gehölzstreifen.
Kajabach 2	1,0	O 15° 53,379' N 48° 49,650'	20 ls ⁻¹	Nationalpark	Intakte Morphologie, pendelnder Verlauf, Kolk-Furt-Sequenzen, beidseitig Naturwald.

Tab. I. Poloha a charakter jednotlivých odběrových profilů

odběr. profil	vzdálenost od ústí	souřadnice	průtok (QN)	typ zatížení	charakter
Fugnitz 1	22,2	E 15° 43,061' N 48° 47,389'	22 ls ⁻¹	referenční	nepoškozená morfologie, silně zahlobené koryto, střídání tůní a peřejí, jemný sediment v tůních, podél obou břehů úzké pruhy lužního lesa
Fugnitz 2	18,2	E 15° 45,513' N 48° 48,351'	80 ls ⁻¹	rybník	nepoškozená morfologie, střídání tůní a peřejí, dominuje hrubý substrát, na obou březích les
Fugnitz 3	12,2	E 15° 48,799' N 48° 48,831'	100 ls ⁻¹	eroze	nepoškozená morfologie, velmi silné znečištění jemným sedimentem, na pravém břehu les, na levém břehu pole/louky
Fugnitz 4	11,2	E 15° 49,421' N 48° 49,034'	100 ls ⁻¹	přehrada	pozměněná morfologie, tišiny před kamennými jezy, strmé břehy, velmi silné znečištění jemným sedimentem, rozvoalněné pásy lesa
Fugnitz 5	1,8	E 15° 50,899' N 48° 51,182'	270 ls ⁻¹	národní park	nepoškozená morfologie, nenarušený přirozený úsek s vysokou heterogenitou substrátů a s přirozenými lesy na obou březích
Kajabach 1	1,5	E 15° 53,184' N 48° 49,452'	10 ls ⁻¹	rybník	nepoškozená morfologie, střídání tůní a peřejí, dominuje substrát z prázdných schránek hrachovek, na levém břehu přirozený les, na pravém břehu úzké pásy lesa
Kajabach 2	1,0	E 15° 53,379' N 48° 49,650'	20 ls ⁻¹	národní park	nepoškozená morfologie, střídání tůní a peřejí, na obou březích přirozený les

zu entnehmen. In jeder der sieben Probestrecken wurden bei drei deutlich unterschiedlichen Abflüssen Wasserproben gezogen. Der erste Entnahmезyklus fand am 14./15. Juli 2014 bei ausgeprägten Niederwasserbedingungen nach einer langanhaltenden Trockenperiode statt (die zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Abflüsse korrespondieren mit den Werten in Tabelle I), der zweite am 1. September 2014 zur Abflussspitze während eines punktuellen, kurzen, intensiven Starkregenereignisses, und der dritte am 16. September bei abklingender Hochwasserwelle nach mehrtägigem, stetigen Dauerregen. An jedem Termin wurde zur Quantifizierung der relevanten wasserchemischen und bakteriologischen Parameter in jeder Probestrecke ein 2,5-l- und ein 0,5-l-Probengefäß sowie ein keimfreies 250-ml-Probefläschchen nach dreimaliger Spülung mit Wasser aus dem jeweiligen Bach befüllt und dem Institut für Wasseraufbereitung, Abwasserreinigung und -forschung (Asten) für die Analy-

sarbeiten übergeben. Die analysierten Parameter und die verwendeten Methoden und Normen sind in Tabelle II im Überblick dargestellt.

Als biologisches Qualitätselement wurden in jeder Probestrecke bei Niederwasserbedingungen die Makrozoobenthos-Gemeinschaften nach der Methode des Multi-Habitat-Samplings (MOOG 2004) beprobt. Die Proben wurden im Labor unter Zuhilfenahme eines LEICA-Binokulars (S8 APO) und eines Eschenbach-Mikroskops vollständig ausgewertet und die Organismen nach aktueller Bestimmungsliteratur auf möglichst genaues taxonomisches Niveau hin determiniert. Die Auswertung der Daten, die Ermittlung der ökologischen Indices und die Bestimmung des ökologischen Zustandes erfolgte mit Hilfe der Auswertungssoftware Ecoprof 3.3.0 (MOOG et al. 2012).

Tab. II. Mikrobiologische und wasserchemische Parameter sowie korrespondierende Analysemethoden

Tab. II. Mikrobiologické a chemické parametry vody a použité analytické metody

Parameter parametr	Analysemethode analytická metoda
Coliforme Bakterien/100 ml / koliformní bakterie na 100 ml	ÖNORM EN ISO 9308-1
Escherichia coli/100 ml / Escherichia coli na 100 ml	ÖNORM EN ISO 9308-1
Enterokokken/100 ml / enterokoky na 100 ml	ÖNORM EN ISO 7899-2
abfiltrierbare Stoffe 0,45 µm / nerozpuštěné látky 0,45 µm	SOP 022; Ref: DIN 38409-2
Glühverlust bei 550 °C / ztráta žíháním při 550 °C	SOP 023; Ref: ÖNORM EN 12879 / DIN 38409-2
Gesamthärte / celková tvrdost vody	SOP 111; Ref: ÖNORM EN ISO 14911
Säurekapazität Ks 4,3 / kyselinová neutralizační kapacita KNK 4,3	SOP 002; Ref: DIN 38409-7
Carbonathärte / uhličitany	SOP 002; Ref: DIN 38409-7
Calcium / vápník	SOP 111; Ref: ÖNORM EN ISO 14911
Magnesium / hořčík	SOP 111; Ref: ÖNORM EN ISO 14911
Natrium / sodík	SOP 111; Ref: ÖNORM EN ISO 14911
Kalium / draslík	SOP 111; Ref: ÖNORM EN ISO 14911
Ammonium / dusík	SOP 013; Ref: DIN 38406-5
Nitrat / dusičnany	SOP 111; Ref: ÖNORM EN ISO 10304 1
Nitrit / dusitany	SOP 008; Ref: ÖNORM EN 26777
Hydrogencarbonat / hydrogenuhličitany	SOP 002; Ref: DIN 38409-7
Chlorid / chloridy	SOP 111; Ref: ÖNORM EN ISO 10304 1
Sulfat / sírany	SOP 111; Ref: ÖNORM EN ISO 10304 1
DOC / DOC	SOP 084; Ref: ÖNORM EN 1484
Phosphor gesamt unfiltriert / celkový fosfor nefiltrovaný	SOP 012; Ref: ÖNORM EN ISO 6878
Phosphor gesamt filtriert / celkový fosfor filtrovaný	SOP 012; Ref: ÖNORM EN ISO 6878
Orthophosphat / orthofosfáty	SOP 012; Ref: ÖNORM EN ISO 6878
Phosphat-Phosphor / fosfátový fosfor	SOP 012; Ref: ÖNORM EN ISO 6878

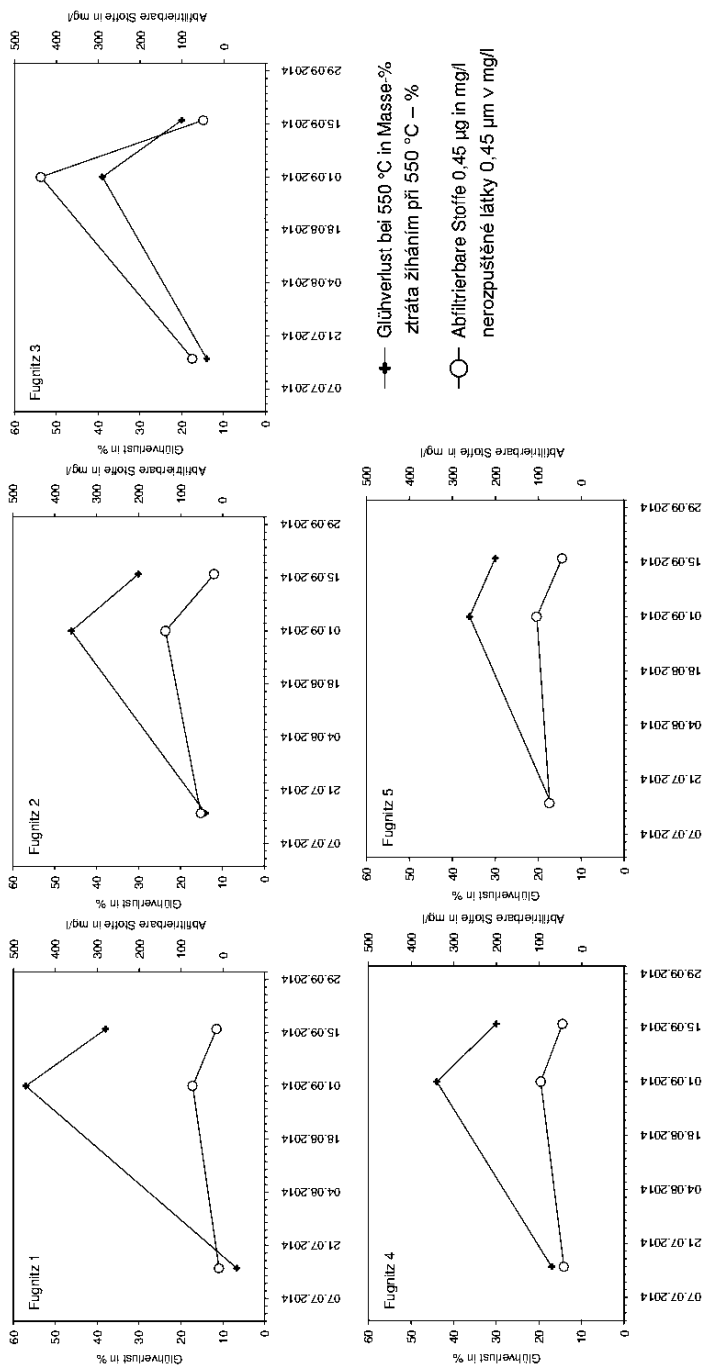


Abb. 2. Entwicklung der Trübe (abfiltrierbare Stoffe 0,45 µg in mg/l) und des organischen Anteils an der Trübe (Glühverlust bei 550 °C in Masse-%) über den Beobachtungszeitraum in den fünf Probestrecken in der Fugnitz.
 Obr. 2. Vývoj zákalu (nerozpuštěné látky 0,45 µg v mg/l) a podíl organické složky na zákalu (zitrata žiháním při 550 °C z celkového množství v %) během období sledování na pěti odběrových profitech řřky Fugnitz.

ERGEBNISSE

Physikalische und chemische Parameter

Die Trübung der Wassersäule durch eingeschwemmte Feststoffe war in der Fugnitz in allen fünf Probestrecken beim Starkregenereignis wesentlich höher als während des langanhaltenden Dauerregens; dasselbe gilt für den organischen Anteil an der Trübstofffracht (Abb. 2). Bei der Trübe war zuerst ein sukzessiver Anstieg im Längsverlauf festzustellen, wobei die Menge an abfiltrierbaren Stoffen mit 437 mg l^{-1} in Strecke „Fugnitz 3“ am höchsten war und in den flussabwärts folgenden Strecken wieder merklich abnahm. Beim kontinuierlichen Dauerregen wurden hingegen in allen Probestrecken in der Fugnitz Trübewerte festgestellt, die mit jenen der Niederwasserperiode vergleichbar oder sogar niedriger waren.

Im Kajabach wurde hinsichtlich der Wassertrübe das genau gegenteilige Muster dokumentiert. Hier kam es beim Starkregenereignis in beiden Strecken zu einer deutlichen Abnahme der filtrierbaren Stoffe, beim Dauerregen hingegen zu einem markanten Anstieg (Abb. 3). Während in Strecke „Kajabach 1“ der organische Anteil – wie in der Fugnitz – beim Starkregen zunahm, war in Strecke „Kajabach 2“ eine deutliche Abnahme zu verzeichnen. Die jeweils gegenteilige Entwicklung war im Zuge des Dauerregens festzustellen.

Bei den Phosphor-Parametern ist zu erkennen, dass der unfiltrierte Gesamtphosphor in der Fugnitz in allen vier Probestrecken außerhalb des Nationalparks bei Starkregen zunahm – am stärksten in Strecke „Fugnitz 3“ (Abb. 4). In Strecke „Fug-

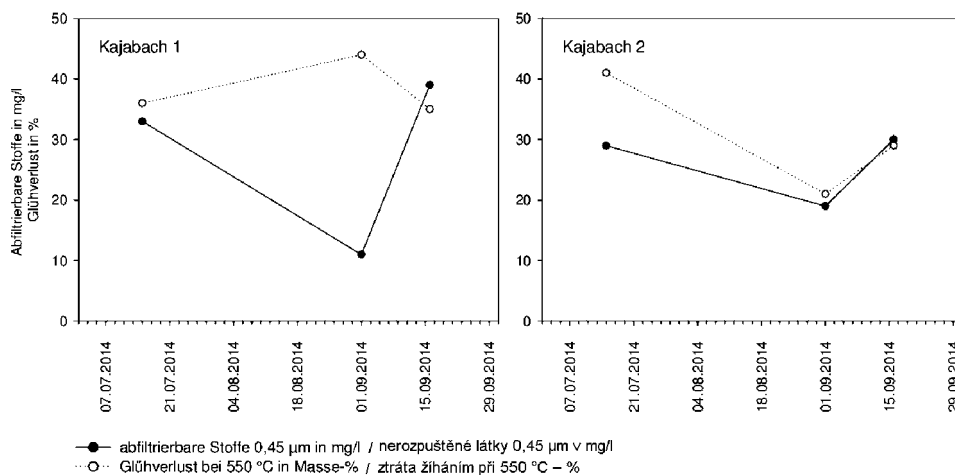


Abb. 3. Entwicklung der Trübe (abfiltrierbare Stoffe $0,45 \mu\text{g}$ in mg/l) und des organischen Anteils an der Trübe (Glühverlust bei 550°C in Masse-%) über den Beobachtungszeitraum in den beiden Probestrecken im Kajabach.

Obr. 3. Vývoj zákalu (nerozpuštěné látky $0,45 \mu\text{g}$ v mg/l) a podíl organické složky na zákalu (ztráta žiháním při 550°C z celkového množství v %) během období sledování na obou odběrových profilech potoka Kajabach.

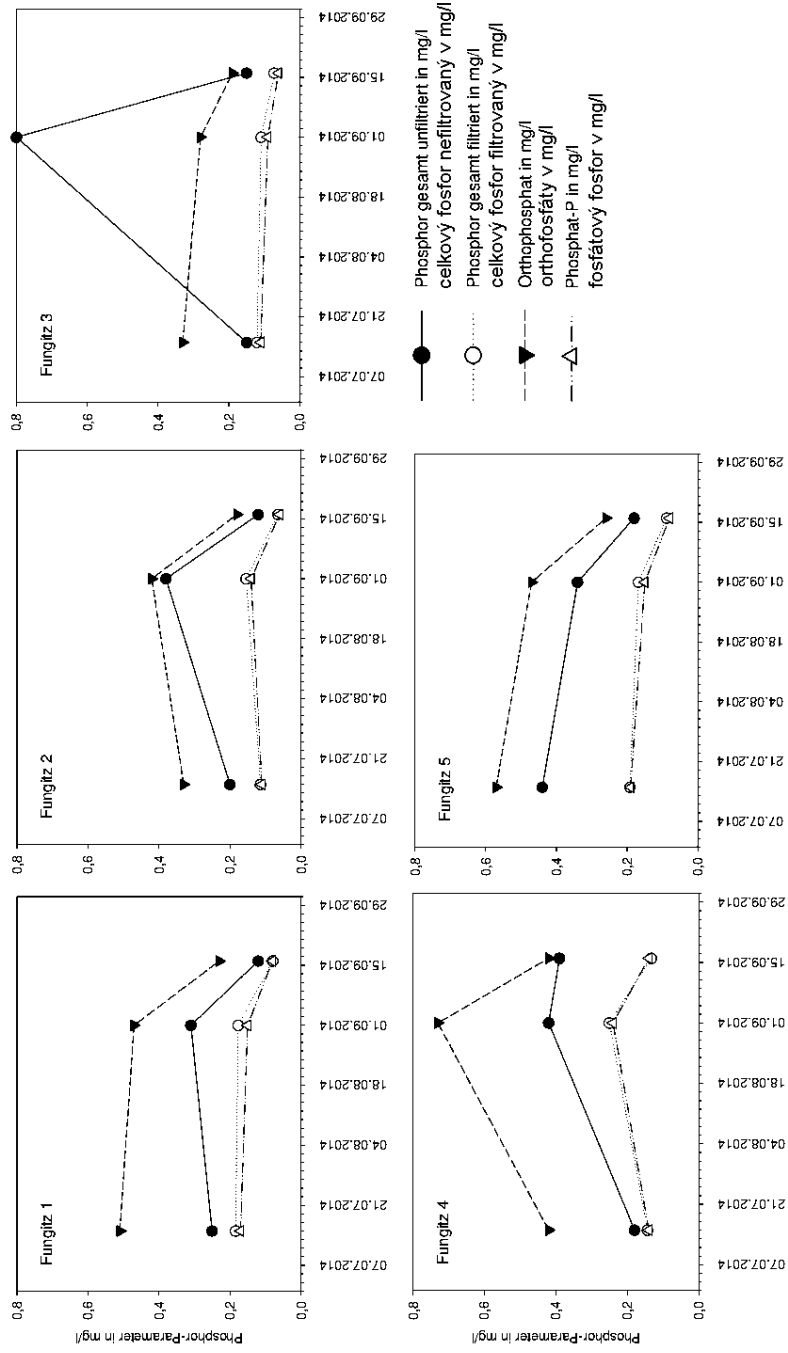


Abb. 4. Entwicklung der Phosphor-Parameter über den Beobachtungszeitraum in den fünf Probestrecken in der Fugnitz.
 Obr. 4. Vývoj parametrů fosforu v průběhu sledovaného období na pěti odběrových proflech na řece Fugnitz.

nitz 5“ innerhalb des Nationalparks kam es hingegen sowohl beim Stark- als auch beim Dauerregenereignis zu einer merklichen Abnahme dieses Parameters. Im Kajabach war beim Starkregenereignis bei allen erhobenen Phosphor-Parametern eine Abnahme zu dokumentieren. Während in Strecke „Kajabach 1“ alle Werte nach dem Dauerregen wieder anstiegen, kam es in Strecke „Kajabach 2“ zu einer weiteren Abnahme (Abb. 5).

Bakteriologie

Im Zuge der beiden betrachteten Regenereignisse kam es in der Fugnitz generell zu einem markanten Anstieg der Keimzahlen (Abb. 6), wobei in diesem Bach mit 110 bis 470 coliformen Bakterien pro 100 ml bereits bei Niederwasser eine hohe Grundbelastung festzustellen war.

Bei der Hochwasserspitzte im Zuge des kurzen Starkregenereignisses Anfang September 2014 stiegen die Werte in allen Probestrecken stark an, wobei die absolute Keimbelastung im Längsverlauf sich sukzessive von 101.000 Keimen pro 100 ml in Strecke „Fugnitz 1“ auf ein Maximum von 201.000 Keimen pro 100 ml in Strecke „Fugnitz 4“ erhöhte. Erst mit dem Eintritt in den Nationalpark wurde vergleichsweise wieder ein Rückgang auf 74.000 Keime pro 100 ml festgestellt. Das Darmbakterium *Escherichia coli* wurde in Dichten zwischen 12.000 und 24.000 Keimen pro 100 ml nachgewiesen, wobei der höchste Wert in Strecke „Fugnitz 3“ registriert wurde. Bei den Enterokokken lagen die Dichten zwischen 3.800 und 7.000 Keimen pro 100 ml, auch bei dieser Gruppe wurde die stärkste Belastung in Strecke „Fugnitz 3“ dokumentiert.

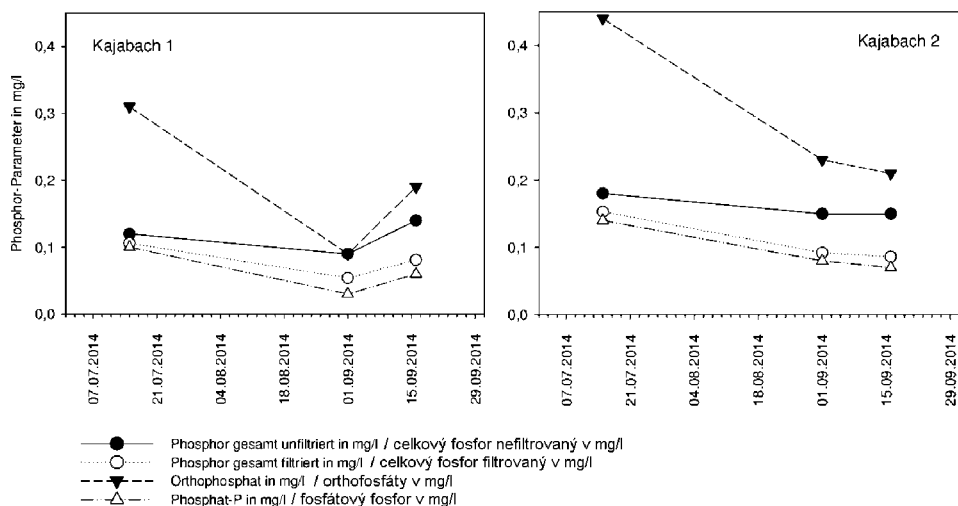


Abb. 5. Entwicklung der Phosphor-Parameter über den Beobachtungszeitraum in den beiden Probestrecken im Kajabach.

Obr. 5. Vývoj parametrů fosforu v průběhu sledovaného období na obou odběrových profilech na potoce Kajabach.

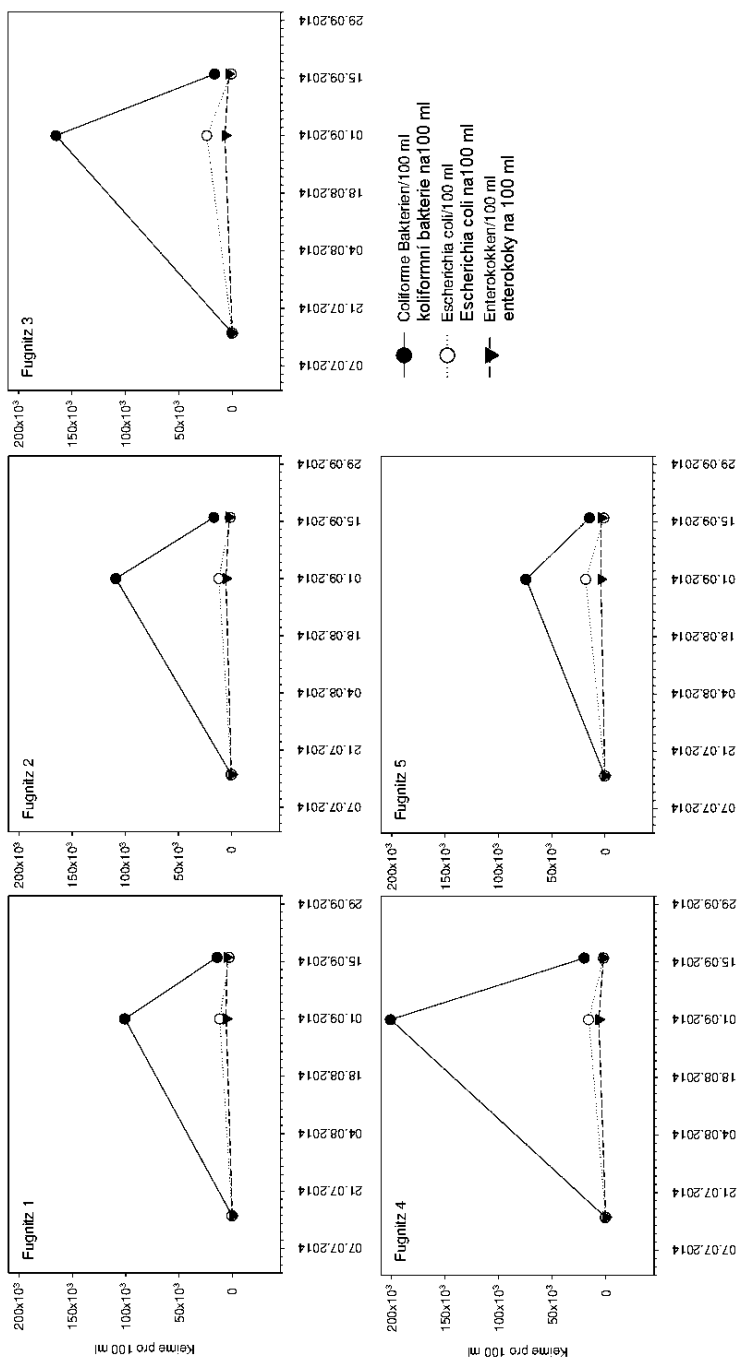


Abb. 6. Entwicklung der Keimzahlen über den Beobachtungszeitraum in den fünf Probestrecken in der Fugnitz.
 Obr. 6. Vývoj množství mikroorganismů v průběhu sledovaného období na pěti odběrových profitech na říčce Fugnitz.

Bei der abklingenden Hochwasserwelle, die nach dem mehrtägigen, weniger intensiven Regenereignis Mitte September 2014 beprobt wurde, traten die Coliformen in Dichten zwischen 14.500 und 20.100 Keimen pro 100 ml in Erscheinung, also etwa um eine Größenordnung weniger als beim vorangegangenen kurzen Starkregenereignis. Die höchsten Werte wurden auch hier in Strecke „Fugnitz 4“ verzeichnet. Bei *E. coli* waren es zwischen 1.000 und 3.100 Keime pro 100 ml, also ebenfalls um eine Größenordnung weniger als beim Starkregenereignis. Die Dichten der Enterokokken lagen mit 2.200 bis 5.600 Keimen pro 100 ml in derselben Größenordnung wie während des Starkregenereignisses.

Während in der Fugnitz in allen Strecken ähnliche Muster festzustellen waren, reagierten die beiden Probestrecken im Kajabach unterschiedlich auf die Regenereignisse (Abb. 7). In Strecke „Kajabach 1“ war während des Starkregenereignisses gegenüber der Niederwassersituation ein Rückgang der Keimzahlen festzustellen, bei den Coliformen von 280 auf 201, bei *E. coli* von 280 auf 101 und bei den Enterokokken von 72 auf 14 Keime pro 100 ml. In Abschnitt „Kajabach 2“ kam es durch das kurze Starkregenereignis hingegen wie in der Fugnitz zu einem starken Anstieg aller drei Keimtypen.

Auf den mehrtägigen Dauerregen reagierte Strecke „Kajabach 1“ mit einem starken Anstieg der Fäkalcoliformen auf 16.500 Keime pro 100 ml, auch *E. coli* und Enterokokken nahmen deutlich zu. In Abschnitt „Kajabach 2“ wurden hingegen wieder deutliche Rückgänge im Vergleich zum vorangegangenen Starkregenereignis festgestellt.

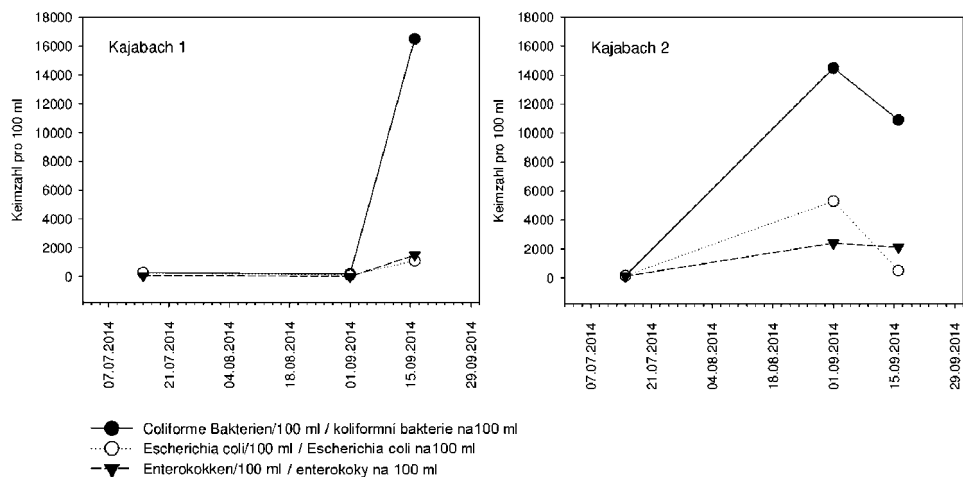


Abb. 7. Entwicklung der Keimzahlen über den Beobachtungszeitraum in den beiden Probestrecken im Kajabach.

Obr. 7. Vývoj množství mikroorganismů v průběhu sledovaného období na pěti odběrových profi-lech na potoce Kajabach.

Makrozoobenthos

Insgesamt wurden im Rahmen der vorliegenden Studie 30.129 Organismen gesammelt (davon 23.814 in der Fugnitz und 6.315 im Kajabach), die in Summe 160 Taxa zugeordnet werden konnten. In der Fugnitz wurden 134 Taxa nachgewiesen, im Kajabach waren es 87.

In der Fugnitz lagen im Längsverlauf maßgebliche Unterschiede hinsichtlich der Individuendichten vor (Abb. 8). In den Strecken „Fugnitz 1“, „Fugnitz 2“ und „Fugnitz 3“ wurden mit 4.251, 3.212 bzw. 4.245 Individuen pro m² jeweils vergleichbar hohe Dichten festgestellt. Ein regelrechter Einbruch der Dichten war in Strecke „Fugnitz 4“ zu dokumentieren, in der nur 438 Individuen pro m² gezählt wurden. In Strecke „Fugnitz 5“ – innerhalb des Nationalparks Thayatal – wurden mit 6.905 Tieren pro m² die bei weitem höchsten Dichten im Gebiet festgestellt.

Die Amphipoda (mit der Hauptart *Gammarus fossarum*) waren in allen Fugnitz-Strecken – mit Ausnahme des gestauten Abschnitts „Fugnitz 4“ – die individuenreichste Großgruppe und machten zwischen 55,5 und 81,9 % der jeweiligen Zönose aus. Die Oligochaeten erreichten in Strecke „Fugnitz 3“ mit 21,5 % aller gesammelten Organismen ihre größte Bedeutung im Längsverlauf der Fugnitz; in dieser Strecke war mit über 10 % auch der Anteil der Muscheln am größten. Strecke „Fugnitz 4“

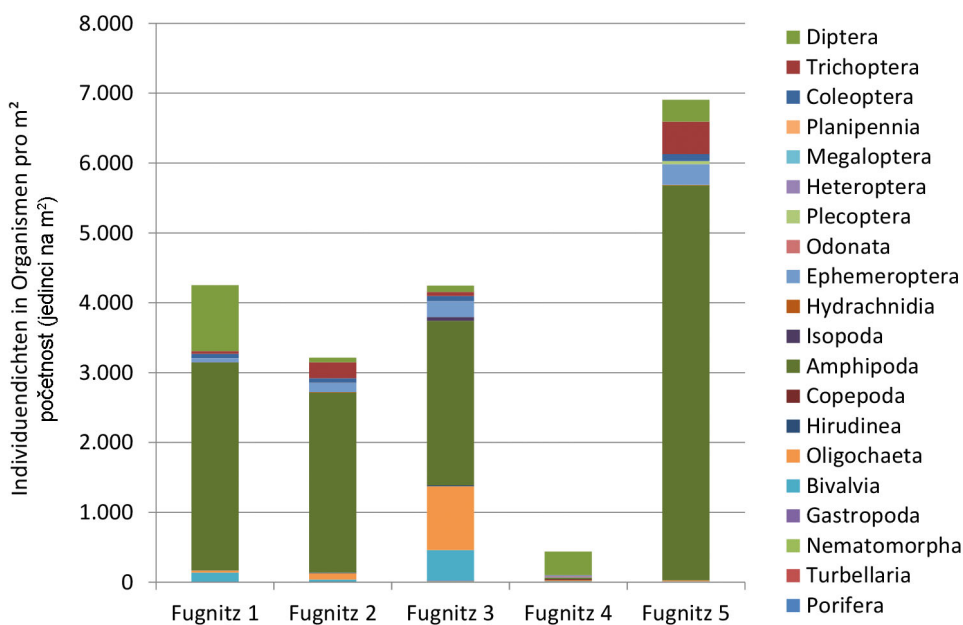


Abb. 8. Makrozoobenthosgemeinschaften in der Fugnitz: Individuendichten nach Großgruppen in den fünf Probestrecken.

Obr. 8. Spoločensva makrozoobentosu říčky Fugnitz: denzity jedinců ve vyšších taxonech v pěti odběrových profilech.

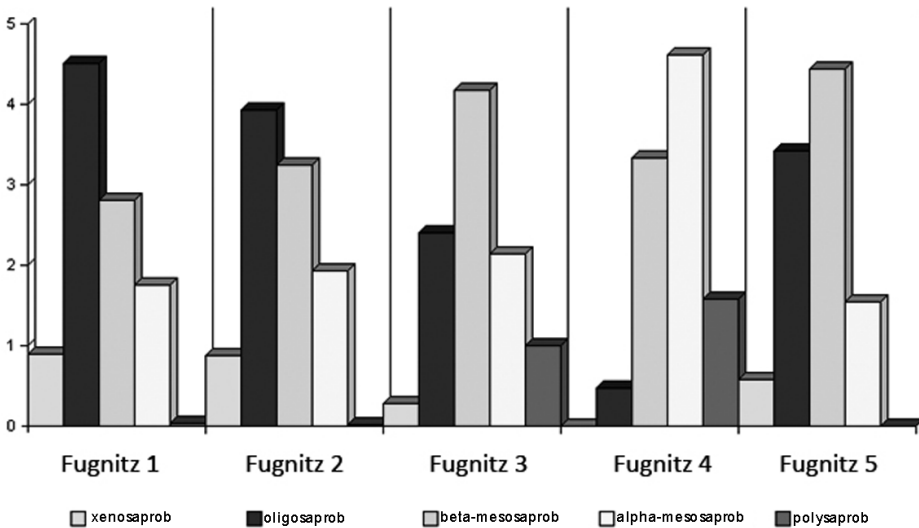


Abb. 9. Verteilung der saprobiellen Valenzen in den fünf Probestrecken in der Fugnitz.
 Obr. 9. Podíl jednotlivých kategorií saprobních valenci v pěti odběrových profilech na říčce Fugnitz.

zeichnete sich als Abschnitt mit den höchsten Anteilen an litoralen Faunenelementen wie Ruderfußkrebse, Libellen und Wasserwanzen aus.

Hinsichtlich der Verteilung der saprobiellen Valenzen zeigte sich, dass xeno- und oligosaprobe Elemente von der Referenzstrecke „Fugnitz 1“ flussabwärts bis Strecke „Fugnitz 4“ kontinuierlich abnahmen, während die Anteile der Belastungszeiger (β -mesosaprobe, α -mesosaprobe und polysaprobe Elemente) sukzessive anstiegen (Abb. 9). Bei der innerhalb des Nationalparks gelegenen Strecke „Fugnitz 5“ war eine deutliche Trendumkehr zu dokumentieren, hier traten die Belastungszeiger zugunsten der oligosaprobten Zeiger wieder in den Hintergrund.

Analog dazu entwickelte sich der Saprobienindex (SI) im Längsverlauf. Der saprobielle Grundzustand der Fugnitz wird im Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT 2010) für den gesamten Untersuchungsraum mit 1,75 angegeben. In den Strecken „Fugnitz 1“ (SI=1,55) und „Fugnitz 2“ (SI=1,63) wurden Saprobienindices unterhalb des Grundzustands festgestellt, in den Strecken „Fugnitz 3“ (SI=2,12) und „Fugnitz 4“ (SI=2,73) kam es zu einer deutlichen Überschreitung, und in Strecke „Fugnitz 5“ innerhalb des Nationalparks kam der Saprobienindex mit dem Wert 1,68 wieder unterhalb des Grundzustands zu liegen.

Die Zerkleinerer und Weidegänger, also die typischen rhithralen Ernährungsgilden, erreichten in den Abschnitten „Fugnitz 1“, „Fugnitz 2“ und „Fugnitz 5“ die höchsten Dichten, während die Detritusfresser und Filtrierer, die wesentlichen potamalen Ernährungstypen, in den Strecken „Fugnitz 3“ und „Fugnitz 4“ dominierten (Abb. 10).

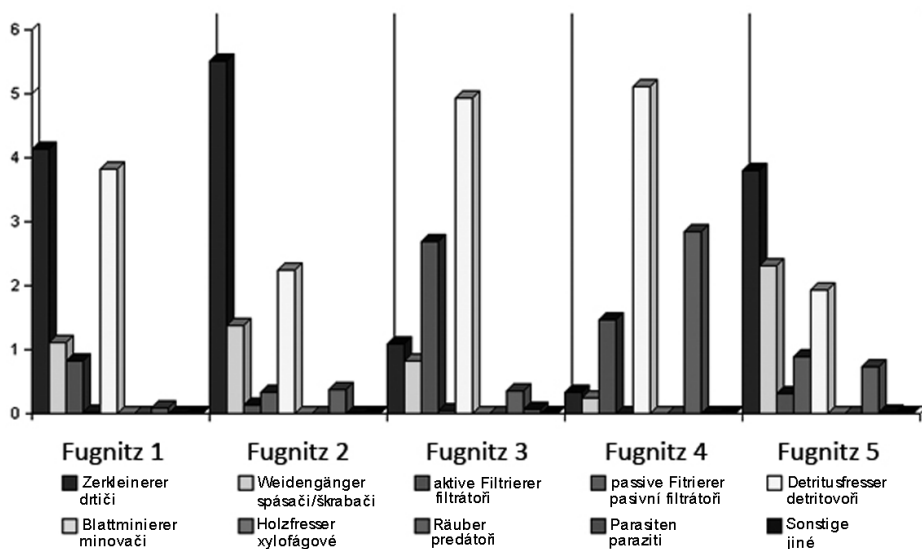


Abb. 10. Zusammensetzung der Ernährungstypen in den fünf Probestrecken in der Fugnitz.
 Obr. 10. Zastoupení jednotlivých potravních strategií ve společenstvu zoobentosu na pěti odběrových profilech na říčce Fugnitz.

In allen vier Strecken außerhalb des Nationalparks wurde anhand der Wirbello-sengemeinschaften ein Handlungsbedarf im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie festgestellt. In den Strecken „Fugnitz 1“ und „Fugnitz 4“ wurde ein unbefriedigender ökologischer Zustand ermittelt, in den Strecken „Fugnitz 2“ und „Fugnitz 3“ ein mäßiger. Nur Strecke „Fugnitz 5“ konnte ein guter ökologischer Zustand und damit eine Zielerreichung attestiert werden.

Im Kajabach wurden mit jeweils rund 2.500 Organismen pro m² in beiden Untersuchungsstrecken annähernd gleich hohe Individuendichten festgestellt. Wie in der Fugnitz dominierten in beiden Abschnitten die Amphipoden, ansonsten waren zwischen den beiden Strecken aber große Unterschiede zu dokumentieren (Abb. 11). In Strecke „Kajabach 1“ machten die Oligochaeten 19,6 % und die Muscheln (vertreten durch die Gattung *Pisidium* sp.) 26,4 % der Zönose aus, in Strecke „Kajabach 2“ lagen deren Anteile nur bei 0,1 bzw. 1,5 %. Während in Strecke „Kajabach 1“ die Wasserassel (*Asellus aquaticus*) mit 162 Individuen pro m² auf einen Anteil von 6,2 % kam und damit im Projektgebiet die höchsten Dichten erreichte, trat sie in Strecke „Kajabach 2“ nicht in Erscheinung. In Strecke „Kajabach 2“ war wiederum der Anteil der Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera mit einem Gesamtanteil von 17,7 % deutlich höher als in Abschnitt „Kajabach 1“, wo er nur bei 3 % lag.

Deutliche Unterschiede waren bei der saprobiellen Situation festzustellen (Abb. 12). In Strecke „Kajabach 1“ dominierten die Belastungszeiger, während in Strecke „Kajabach 2“ der Schwerpunkt auf den oligosaprobien Elementen lag. Der Saprobi-

enindex in Strecke „Kajabach 1“ betrug 2,33 ($\pm 0,121$) und kam damit deutlich über dem saprobiellen Grundzustand zu liegen. In Strecke „Kajabach 2“ hingegen wurde der saprobielle Grundzustand mit einem Wert von 1,61 ($\pm 0,062$) nicht überschritten.

Anhand der Wirbellosengemeinschaften ergibt sich für die Teichausrinn-Strecke „Kajabach 1“ ein unbefriedigender ökologischer Zustand und damit Handlungsbedarf im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie, in Strecke „Kajabach 2“ innerhalb des Nationalparks wurde hingegen ein guter ökologischer Zustand festgestellt.

DISKUSSION

Einleitend ist festzuhalten, dass aufgrund der relativ geringen Stichprobenzahl von fünf bzw. zwei Strecken und drei Probenahmeterminen keine statistisch abgesicherten und allgemeingültigen Erklärungen aus den Ergebnissen abzuleiten sind. Es kann aber eine gute Abschätzung der Effekte von Regenereignissen auf die physiko-chemischen und biologischen Parameter der untersuchten Gewässer gemacht werden, was im Folgenden versucht wird.

Die Keimbelastung beider Fließgewässer durch Coliforme war im gesamten Untersuchungszeitraum nennenswert, eine dementsprechende Beeinträchtigung aus

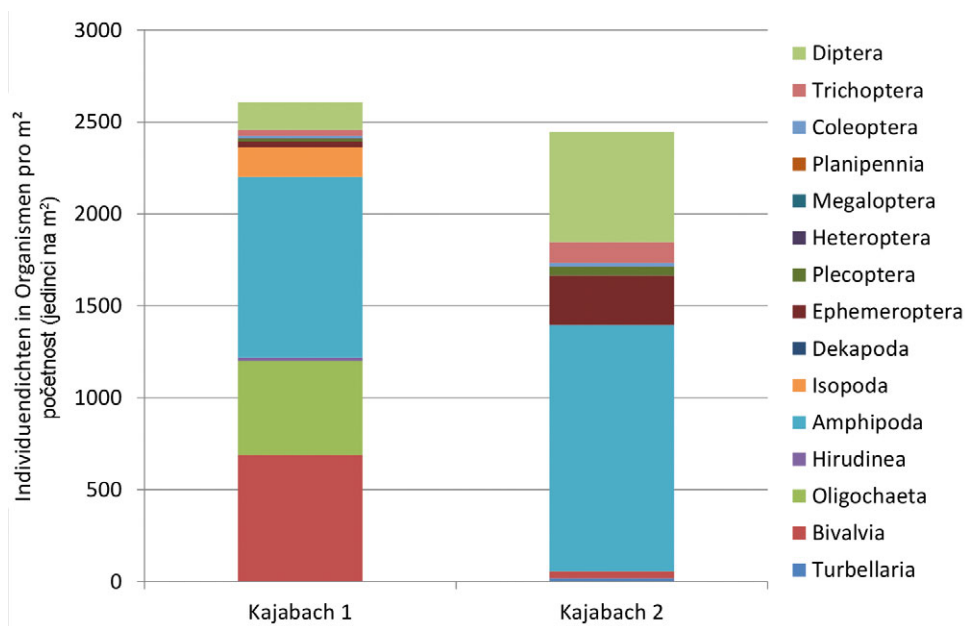


Abb. 11. Makrozoobenthosgemeinschaften im Kajabach: Individuendichten nach Großgruppen in den beiden Probestrecken.

Obr. 11. Společenstva makrozoobentosu potoku Kajabach: denzity jedinců ve vyšších taxonech v obou odběrových profilech.

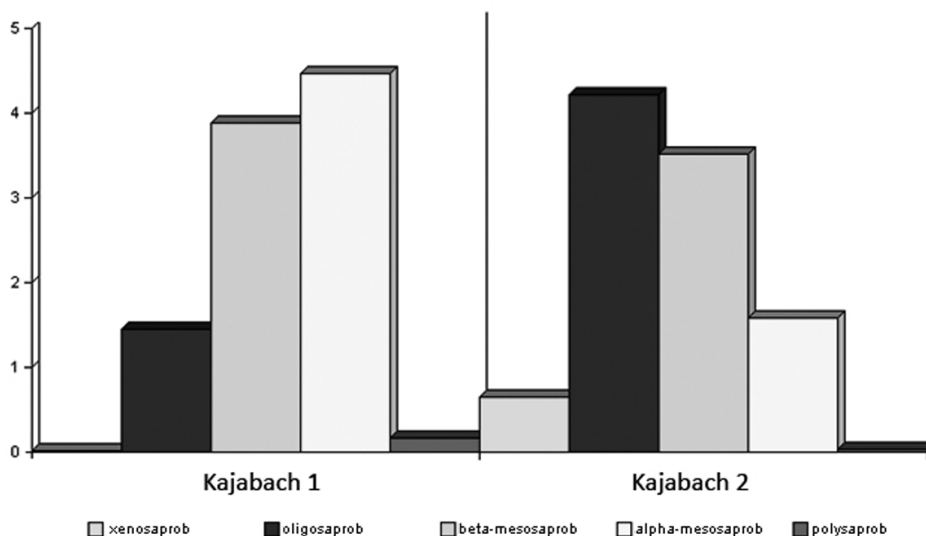


Abb. 12. Verteilung der saprobiellen Valenzen in den beiden Probestrecken im Kajabach.
 Obr. 12. Podíl jednotlivých kategorií saprobních valenci v obou odběrových profilech na potoce Kajabach.

dem Umland ist daher sehr wahrscheinlich. Auf der siebenstufigen Klassifizierungsskala von POPP et al. (1993) waren alle Probestrecken in der Fugnitz bei Niederwasser in Belastungsstufe 3 („mäßig“), beim Starkregenereignis in Belastungsstufe 6 „sehr stark“ einzustufen. Coliforme Bakterien sind eine Gruppe innerhalb der Enterobacteriaceae. Nur die Gattung *Escherichia* ist eindeutig fäkalen Ursprungs, alle anderen Gattungen der Gruppe können auch in der Umwelt vorkommen. Coliforme Bakterien sind daher nicht a priori Indikatoren für eine Fäkalbelastung (HAGENDORF et al. 2002). Im Fall der beiden Untersuchungsgewässer hat sich herausgestellt, dass bei Niederwasserbedingungen alle nachweisbaren Coliformen dem Darmbakterium *Escherichia coli* zuzuordnen waren, wodurch mit Sicherheit von Einschwemmungen fäkaler Rückstände aus dem Umland auszugehen ist. Bei Hochwasser gehörten zwar nur knapp 8 bis gut 24 % der Coliformen der Art *E. coli* an – die übermäßige Keimbelastung muss demnach nicht ausschließlich auf Gölledüngung im Umland zurückzuführen sein, sondern kann auch aus eingeschwemmten Bodenkeimen stammen. Bei einer nachgewiesenen *E. coli*-Dichte zwischen 12.000 und 24.000 Bakterien pro 100 ml bei Hochwasser war eingeschwemmte Gülle aber zumindest maßgeblich an der Keimbelastung beteiligt. Die höchsten *E. coli*-Werte wurden hierbei in Strecke „Fugnitz 3“ registriert, also flussab der von PÖPPL (2010) ausgewiesenen maßgeblichen Erosionsherde. In diesem Bereich kommt es also bei Starkregenereignissen nachweislich zur Einschwemmung nennenswerter Mengen von Fäkalkeimen aus dem erodierten Ackerland.

Enterokokken werden wie *E. coli* mit dem Stuhl von Warmblütern ausgeschieden, sind aber relativ unempfindlich gegenüber äußeren Einflüssen und in der

Umwelt länger überlebensfähig als Coliforme – daher werden sie als Indikatoren für länger zurückliegende fäkale Beeinträchtigungen herangezogen (HAGENDORF et al. 2002). Ihre Dichten lagen in der Fugnitz bei Niederwasser zwar deutlich unter jenen der Coliformen, waren mit 80–180 Keimen pro 100 ml aber immer noch als stark überhöht zu beschreiben; so waren die Probestrecken nach der Skala von POPP et al. (1993) Klasse 3 bis Klasse 4 zuzuordnen, also bereits ohne Regeneinträge als „mäßig“ bis „kritisch“ belastet einzustufen. Im Zuge des Starkregenereignisses kam es auch bei diesen Indikatororganismen zu einem immensen Anstieg, sämtliche Probestrecken waren dann in Klasse 5, also als „stark“ belastet einzustufen. Es handelt sich hierbei um einen weiteren klaren Nachweis fäkaler Einträge aus dem Umland im Zuge von Niederschlägen.

Die Ergebnisse lassen weiters die Annahme zu, dass punktuelle, kurzfristige Starkregenereignisse zu einer wesentlich stärkeren Keimbelastung der Fugnitz führen dürften als längerfristige, kontinuierliche Ereignisse. Dies ist etwa an den deutlich geringeren Keimzahlen in der abklingenden Hochwasserwelle nach dem Dauerregenereignis abzulesen. Auf den ersten Blick könnte man annehmen, dies sei der Tatsache geschuldet, dass Gülle oft unmittelbar vor prognostizierten Niederschlägen auf die zu düngenden Flächen aufgebracht wird, und daher beim ersten Regenereignis nach einer langen Trockenperiode sehr viele Keime vorhanden sind, die ausgeschwemmt werden können. Da aber auch die Trübewerte und die Konzentrationen der Phosphor-Parameter beim Starkregenereignis deutlich stärker angestiegen sind als beim mehrtägigen Dauerregen, liegt die Vermutung nahe, dass der plötzliche Starkregen aufgrund seiner hohen erosiven Kraft zu einem Bodenabtrag und zur Auswaschung der darin enthaltenen Keime geführt, der Dauerregen mit geringerer erosiver Kraft hingegen vor allem einen Verdünnungseffekt bedingt hat.

Während in der Fugnitz das Hochwasser nach dem Starkregenereignis zu einer massiven Bakterienbelastung geführt hat, ist es in Strecke „Kajabach 1“ zu einem Rückgang der Keimzahlen gekommen, der wohl durch einen Verdünnungseffekt im Zuge der erhöhten Wasserführung erklärt werden kann. Zugleich wurde aber in der nur wenige hundert Meter flussabwärts gelegenen Strecke „Kajabach 2“ dasselbe Muster wie in der Fugnitz festgestellt – nämlich ein deutlicher Anstieg der Keimzahlen durch das Starkregenereignis. Erklärung hierfür sind möglicherweise die drei großen Teiche, die sich flussauf des Projektgebiets im Hauptschluss des Kajabaches befinden (der Fiedlerteich, der Wolfsteich und der Sagteich), sowie der Merkersdorfer Bach, der zwischen den beiden Probestrecken in den Kajabach mündet. Der Kajabach fließt in seinem Oberlauf wie die Fugnitz durch intensiv landwirtschaftlich genutztes Umland, folglich müssten im Zuge von Niederschlagsereignissen ebenfalls Fäkalkeime in den Bach geschwemmt werden und die Keimzahlen ansteigen. Da jedoch in Strecke „Kajabach 1“ genau das Gegenteil der Fall war, ist anzunehmen, dass es durch die Passage durch die drei großen Stillwasserkörper zu einer natürlichen Keimreduktion kommt. Diese These wird auch durch die Abnahme der Trübewerte in Strecke „Kajabach 1“ bei Starkregen unterstützt. Der Merkersdorfer Bach, der einen wesentlichen Beitrag zum Abfluss des Kajabaches leistet, weist keine solchen Absetzbecken auf, folglich transportiert er die Keime, die aus dem umliegenden Ackerland eingeschwemmt werden, in den Kajabach weiter – was den Anstieg der Keimzahlen in Strecke „Kajabach 2“ erklären würde.

Dass in Strecke „Kajabach 1“ die Keimzahlen nach langanhaltendem Dauerregen stark angestiegen sind, ist ein Indiz dafür, dass die postulierte Keimreduktion bei der Passage der drei Teiche bei längerfristig erhöhtem Durchfluss nicht mehr oder nur noch eingeschränkt funktioniert.

Als Belastungs-Hotspots hinsichtlich der Keimbelastung sind die Abschnitte „Fugnitz 3“ flussab der von PÖPPL (2010) identifizierten Erosionsherde und „Fugnitz 4“ im Rückstau der Blocksteinrampe hervorzuheben. In Strecke „Fugnitz 3“ wurden zudem die höchste Trübstoffbelastung und die höchste Konzentration der Phosphorparameter festgestellt. Hinsichtlich der Wirbellosengemeinschaften zeigten sich in den Strecken „Fugnitz 3“ und „Fugnitz 4“ zudem ein erhöhter Saprobienindex sowie eine Dominanz der Detritusfresser und der Filtrierer. Es handelte sich bei diesen beiden Abschnitten also um die am stärksten beeinträchtigten Untersuchungsstrecken im Längsverlauf der Fugnitz. Während die Abweichungen vom Leitbildzustand in Strecke „Fugnitz 4“ auf den unnatürlichen Stillwassercharakter in Folge des Rückstaus zurückzuführen sein dürften, sind sie in der hydromorphologisch intakten Strecke „Fugnitz 3“ als Indizien für eine starke Beeinträchtigung durch Einschwemmungen aus dem intensiv genutzten Umland zu werten.

Es fällt auf, dass alle relevanten abiotischen und bakteriologischen Parameter sich im Längsverlauf der Fugnitz zuerst sukzessive verschlechtert, bei Eintritt in den Nationalpark aber eine deutliche Verbesserung erfahren haben. Auch hinsichtlich der Biotik lagen innerhalb des Nationalparks merklich bessere Ergebnisse vor als außerhalb.

Die Summe aller Beeinträchtigungen führte im Ober- und Mittellauf der Fugnitz offenbar dazu, dass Handlungsbedarf im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie festgestellt wurde, weil in keiner Strecke der Zielzustand, also der „gute ökologische Zustand“ attestiert werden konnte. Die Gründe hierfür sind mannigfaltig. Probe­strecke „Fugnitz 1“ erscheint auf den ersten Blick morphologisch intakt, es liegen keine Uferverbauungen vor, der Bachlauf ist als natürlich und uneingeschränkt zu beschreiben. Allerdings ist es auch in dieser quellnahen Strecke bereits zu nennenswerten Einschwemmungen von Feinsedimenten aus dem landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet gekommen, die mit nachweislich mit hohen Keimbelastungen und Wassertrübungen einhergehen. Der Bach ist gegenüber seinem Umland stark eingetieft, in den Prallhängen kommt es zu teils massivem Abtrag von Erdmaterial. Dementsprechende Kolmatierungseffekte sind an der Gewässersohle zu erkennen, und in strömungsberuhigten Bereichen lagert sich Schlamm in nennenswerter Schichtstärke ab. Das führt zu einem Verlust von Lebensraum für Strukturgütezeiger aus den Gruppen der Eintags-, Stein- und Köcherfliegen und zugleich zu einem Überhandnehmen von Arten, die mit diesen Bedingungen besser umgehen können. In dieser Strecke wurden denn auch die EPT-Taxa hinsichtlich der Individuendichten um das 10-fache von den Dipteren übertroffen. Bezeichnend ist, dass es sich bei diesen teils extrem individuenstarken Taxa gerade einmal um eine Handvoll Arten gehandelt hat, die die Gegebenheiten aber offensichtlich so gut nutzen können, dass hier geradezu von einem Massenvorkommen zu sprechen war. Die vorherrschenden Dipteren-Arten waren *Micropsectra notescens* und *Paratendipes albimanus* (Detritusfresser und aktive Filtrierer, die von eingeschwemmtem Feinmaterial profitieren). In diesem Abschnitt liegt das Problem also, sofern dies anhand dreier Erhebungen festgestellt werden kann, in der Erosion des Umlandes und der daraus resultierenden Feinsedimentbelastung.

Die Strecke „Fugnitz 2“ ist wie auch Strecke „Fugnitz 1“ als morphologisch weitestgehend intakt zu beschreiben; aufgrund des deutlich größeren Abflusses werden Feinsedimente aber wesentlich effizienter abtransportiert, wodurch bei den Probenahmen eine deutlich naturnähere und günstigere Substratverteilung festzustellen war – jedoch immer noch mit einer erkennbaren Feinsedimentauflage. Zudem lagen als zusätzliches besiedelbares Substrat ausgespülte Wurzeln und Wurzelbärte von uferbegleitenden Bäumen vor. Es liegt aller Wahrscheinlichkeit nach an dieser günstigeren Substratausstattung, dass hier wesentlich mehr Vertreter der EPT-Taxa als der Dipteren angetroffen werden konnten. Dennoch blieben die Gesamtartenzahl und die Zahl der EPT-Taxa hinter den jeweiligen Referenzwerten zurück. Hierfür kann kein eindeutiger Grund genannt werden, die hohe Wassertrübung auch bei Niederwasser und die hohe Keimbelastung bei Regenereignissen sowie das – wenn auch im Vergleich zu den beiden benachbarten Strecken nur moderate – Feinsedimentproblem lassen es aber wahrscheinlich erscheinen, dass gerade anspruchsvolle Arten aus den EPT-Taxa hier keine geeigneten Bedingungen vorfinden.

Ganz eindeutig können die Defizite in Strecke „Fugnitz 3“ festgemacht werden. Hier ist es aufgrund der massiven Erosionsherde im landwirtschaftlichen Umland zu einer enormen Feinsedimentbelastung gekommen, die das gesamte Bachbett beeinträchtigt – sämtliche Strukturen sind von einer durchgehenden Feinsedimentschicht überlagert. Dementsprechend hoch waren die Anteile von aktiven Filtrierern – hier in erster Linie Erbsenmuscheln der Gattung *Pisidium* sp., die in dieser Strecke mit 439 Tieren pro m² die höchsten Dichten in der Fugnitz erreichten, und Detritusfressern – hier sind vor allem die hohen Dichten der Oligochaeten zu nennen, die mit knapp 1.000 Individuen pro m² die Dichten in allen anderen Strecken um das 10- bis mehr als 60-fache übertrafen. Neben dem flächendeckend vorliegenden Schlamm überlagerte auch Sand das natürlicherweise kiesige Bachbett, was sich in der weitest aus größten Dichte von *Ephemera danica* im Projektgebiet niederschlug, einer im Sand grabenden, detritusfressenden Eintagsfliegen-Art, die beinahe 50 % aller hier gesammelten EPT-Individuen ausmachte. Der Saprobienindex war hier erstmals im Längsverlauf höher als der saprobielle Grundzustand, demnach waren hier erstmals stoffliche Beeinträchtigungen evident.

In Strecke „Fugnitz 4“ wurde die größte morphologische Beeinträchtigung im Projektgebiet festgestellt, zu der noch die stofflichen Belastungen aus der flussaufwärts liegenden Fließstrecke hinzukommen. Es handelt sich um eine standortfremde Staustrecke, bei der eine Blocksteinrampe den Bachabschnitt in ein praktisch strömungsloses Stillgewässer verwandelt. Es wurden demnach auch Wirbellosen-Gemeinschaften festgestellt, die standortfremd sind; zu erwähnen sind hier planktische Copepoda, Stillwasser-Vertreter der Eintagsfliegen, litorale Wasserwanzen-Arten (darunter Rückenschwimmer und Teichwasserläufer), Taumelkäfer der Gattung *Gyrinus* sp., Wassertreter (*Halplius immaculatus*) oder Zuckmückenlarven der Gattung *Chironomus* sp. Alle diese Taxa sind typisch für stehende Gewässer und geben dem untersuchten Abschnitt eher den Charakter eines Teiches als den eines Fließgewässers. Hinzu kommt die massive, mehrere Dezimeter dicke Schlammauflage auf der Bachsohle, die das natürliche Substrat vollkommen überdeckt und daher einer standorttypischen Fauna keinen Lebensraum bietet.

In der Nationalparkstrecke „Fugnitz 5“ wurde eine markante Verbesserung festgestellt – hier wurden standorttypische Artengemeinschaften nachgewiesen, die eine Metarhithral-Zönose indizieren, wie sie aufgrund von Gewässergröße und Gefälle natürlicherweise zu erwarten wäre; außerdem konnte eine merkliche Verbesserung des Saprobienindex dokumentiert werden. Das Gewässer kann als morphologisch intakt bezeichnet werden, die Umlandnutzung ist mit ausgedehnten Waldflächen und dichtem Unterwuchs natürlich und standorttypisch. Daraus resultierte unter anderem die geringste Belastung mit Fäkalcoliformen oder der geringste Anstieg der Keimbelastung bei Regenereignissen.

Was den Kajabach betrifft, stellte sich der Abschnitt „Kajabach 1“ als der deutlich belastetere Abschnitt heraus. Der Großteil des Bachgrundes war von einer Schicht leerer Muschelschalen bedeckt, die das ursprüngliche Sediment vollständig überlagert haben. Es handelte sich um Vertreter der Kugelmuschelgattung *Sphaerium* sp., die aus dem Sagteich ausgeschwemmt worden sein dürften. Zahlreiche weitere Vertreter typischer Stillwasserzönosen und Belastungszeiger wurden hier nachgewiesen, die eindeutig den Einfluss der großflächigen Stillgewässer auf den Kajabach dokumentierten. Das mittransportierte Sediment ist fein und schlammig, und, wie anhand der Schwarzfärbung zu erkennen ist, reduzierend. Dieses atypische Substrat stammt eindeutig aus dem Sagteich und ist für ein Fließgewässer der Größenordnung des Kajabaches als naturfremd zu beschreiben. Durch den Ausfluss aus dem Sagteich wird das Sediment der Bachsohle auf einer mehrere hundert Meter langen Strecke massiv verändert, teils durch die ausgespülten Muschelschalen, teils durch das ausgetragene Feinsediment. Dadurch gehen wertvolle Lebensräume für standorttypische Faunenelemente verloren.

Ab der Einmündung des Merkersdorfer Baches verändert sich der Charakter des Kajabaches abrupt; durch den höheren Durchfluss wird das Feinsediment effizient abtransportiert, die Bachsohle setzt sich aus natürlichen und standorttypischen Größenklassen zusammen. Morphologisch ist der Abschnitt als völlig naturbelassen und unbeeinträchtigt zu beschreiben. Dementsprechend war die Artenzusammensetzung der Wirbelosengemeinschaft hier wesentlich reicher und standorttypischer.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Fugnitz und der Kajabach stellen die beiden wichtigsten Zuflüsse zur Thaya im Nationalpark Podyji/Thayatal auf österreichischer Seite dar. Die Studie konnte klar zeigen, dass es in den Fließstrecken außerhalb des Nationalparks zu massiven Defiziten kommt, die unterschiedlichen Ursprungs sind, jedoch in der Mehrzahl auf Effekte aus den landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten zurückzuführen sein dürften. Dank des Naturmanagements im Nationalpark konnte in den jeweils am weitesten flussabwärts gelegenen Strecken „Fugnitz 5“ und „Kajabach 2“ ein guter ökologischer Zustand und damit eine Zielerreichung im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie festgestellt werden, während die Defizite in den anderen Strecken jeweils zu einer klaren Zielverfehlung führen und daher Handlungsbedarf bedingen.

Die maßgeblichsten Einflüsse in der Fugnitz sind jedenfalls die Feinsediment- und Keimbelastungen, die auf die gedüngten Acker- und Wiesenflächen zurückzuführen sind. Im Kajabach sind es die drei großen Stillgewässer im Hauptschluss – der Sag-

teich, der Wolfsteich und der Fiedlerteich – die für die größten morphologischen und gewässerökologischen Beeinträchtigungen verantwortlich sind, aber auch Vorteile haben, indem Nährstoffe in ihnen gebunden und Keime abgebaut werden.

SOUHRN

Fugnitz a Kajabach představují nejdůležitějšími přítoky řeky Dyje v národních parcích Podyjí/Thayatal na rakouské straně. Naše studie se snaží ukázat, že úseky uvedených toků mimo území národního parku trpí vážnými nedostatky, které mají rozmanitý původ, avšak hlavní měrou jsou způsobeny intenzivním zemědělským využíváním jejich povodí. Díky ochrannému režimu národního parku mají dolní úseky toků „Fugnitz 5“ a „Kajabach 2“ dobrý ekologický stav a tím naplňují cíle rámcové směrnice o vodách vydané Evropskou unií, zatímco problémy na zbývajících úsecích těchto toků znamenají jasné porušení stanovených cílů a vyžadují bezodkladné řešení.

Nejdůležitějším faktorem působícím v říčce Fugnitz je bezpochyby znečištění jemnými sedimenty a bakteriální znečištění, které má původ na plochách hnojených polí a luk. Na potok Kajabach mají hlavní vliv tři velké stojaté nádrže – rybníky Sagteich, Wolfsteich a Fiedlerteich – které jsou v největší míře zodpovědné za morfologické a ekologické ovlivnění toku, avšak mají i své výhody, a sice tím, že v nich dochází k vazbě živin a odbourávání bakterií.

LITERATUR

- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2010): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan – NGP 2009. – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, BMLFUW-UW.4.1.2/0011-1/4/2010, Wien.
- MOOG O., HARTMANN A., SCHMODT-KLOIBER A., VOGL R. & KOLLER-KREIMEL V. (2012): Ecoprof 3.3.0. – Software zur Bewertung des ökologischen Zustands von Fließgewässern nach WRRL. – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- HAGENDORF U., BARTOCHA W., DIEHL K., FEUERPFIL I., HUMMEL A., LOPEZ-PILA J. & SZEWZYK R. (2002): Mikrobiologische Untersuchungen zur seuchenhygienischen Bewertung naturnaher Abwasserbehandlungsanlagen. – WaBoLu, 3: 1–302.
- MOOG O. (2004): Standardisierung der habitatanteilig gewichteten Makrozoobenthos-Aufsammlung in Fließgewässern (Multi-Habitat-Sampling; MHS). – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- POPP W., BAUMANN M. & MÖLLER DE VARGAS D. (1993): Bewertungsschema zur bakteriologisch-hygienischen Beurteilung der Wasserqualität von Fließgewässern anhand von Fäkalindikatorbakterien als Ergänzung zur Gewässergütebeurteilung. – Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie, 47: 63–86.
- PÖPPL R. E. (2010): Die Fluvialmorphologie der Fugnitz und des Kajabaches – Eine vergleichende Analyse ausgewählter Flussabschnitte unter besonderer Berücksichtigung anthropogener Effekte. – [ms. depon. in Nationalpark Thayatal GmbH, Hardegg].

APPENDIX I / PŘÍLOHA I

Liste der nachgewiesenen Makrozoobenthos-Taxa
Přehled nalezených taxonů makrozoobentosu

taxon		Fugnitz	Kajabach
TURBELLARIA			
PLANARIIDAE			
<i>Crenobia</i>	<i>alpina</i>	×	×
NEMATOMORPHA			
GORDIIDAE			
Gordiidae	Gen. sp. juv.	×	
<i>Gordius</i>	<i>aquaticus</i>	×	
GASTROPODA			
HYDROBIIDAE			
<i>Potamopyrgus</i>	<i>antipodarum</i>	×	
LYMNAEIDAE			
<i>Radix</i>	<i>peregra</i>	×	
BIVALVIA			
PISIDIIDAE			
Pisidiidae	Gen. sp. juv.	×	×
<i>Pisidium</i>	sp. juv.	×	×
<i>Pisidium (Euglesa)</i>	<i>casertanum</i> ssp.	×	
<i>Pisidium (Pseudeupera)</i>	cf. <i>subtruncatum</i>	×	
<i>Sphaerium</i>	sp. juv.		×
OLIGOCHAETA			
LUMBRICIDAE			
<i>Eiseniella</i>	<i>tetraedra</i>	×	
TUBIFICIDAE			
<i>Psammoryctides</i>	<i>barbatus</i>	×	×
<i>Tubifex</i>	sp. juv.	×	
Tubificidae	Gen. sp. juv.	×	×
LUMBRICULIDAE			
Lumbriculidae	Gen. sp. juv.	×	×
<i>Stylodrilus</i>	<i>heringianus</i>	×	×
HIRUDINEA			
GLOSSIPHONIIDAE			
<i>Glossiphonia</i>	<i>complanata</i>	×	
<i>Helobdella</i>	<i>stagnalis</i>	×	×
ERPOBDELLIDAE			
<i>Erpobdella</i>	<i>octoculata</i>	×	
Erpobdellidae	Gen. sp. juv.	×	×
COPEPODA			
CYCLOPIDAE			
<i>Cyclops</i>	sp.	×	
AMPHIPODA			
GAMMARIDAE			
<i>Gammarus</i>	<i>fossarum</i>	×	×
<i>Gammarus</i>	<i>roeselii</i>	×	×
<i>Gammarus</i>	sp. juv.	×	×

APPENDIX I – Fortsetzung
 PŘÍLOHA I – pokračování

taxon		Fugnitz	Kajabach
ISOPODA			
ASELLIDAE			
<i>Asellus</i>	<i>aquaticus</i>	×	×
DECAPODA			
ASTACIDAE			
<i>Astacus</i>	<i>astacus</i> juv.		×
HYDRACHNIDIA			
[Ph:Hydrachnidia]			
Hydrachnidia	Gen. sp.	×	
EPHEMEROPTERA			
SIPHONURIDAE			
<i>Siphonurus</i>	<i>alternatus</i>	×	
BAETIDAE			
<i>Baetis</i>	<i>rhodani</i>	×	×
<i>Baetis</i>	sp. juv.	×	×
<i>Baetis</i>	<i>vernus</i>	×	×
HEPTAGENIIDAE			
<i>Ecdyonurus</i>	sp. juv.	×	×
<i>Ecdyonurus</i>	<i>starmachi</i>	×	×
<i>Electrogena</i>	<i>quadrilineata</i>	×	×
Heptageniidae	Gen. sp. juv.	×	×
<i>Rhithrogena</i>	<i>carpatoalpina</i>		×
LEPTOPHLEBIIDAE			
<i>Habroleptoides</i>	<i>confusa</i>		×
<i>Habroleptoides</i>	sp. juv.	×	
<i>Habrophlebia</i>	<i>fusca</i>	×	
<i>Habrophlebia</i>	<i>lauta</i>		×
<i>Habrophlebia</i>	sp. juv.	×	
Leptophlebiidae	Gen. sp. juv.		×
EPHEMERIDAE			
<i>Ephemera</i>	<i>danica</i>	×	×
EPHEMERELLIDAE			
<i>Ephemerella</i>	<i>ignita</i>	×	×
CAENIDAE			
<i>Caenis</i>	<i>luctuosa</i>	×	
ODONATA			
CALOPTERYGIDAE			
<i>Calopteryx</i>	<i>virgo</i>	×	
PLATYCNEMIDIDAE			
<i>Platycnemis</i>	<i>pennipes</i>	×	
PLECOPTERA			
NEMOURIDAE			
<i>Nemoura</i>	sp. juv.	×	×
<i>Nemoura/Nemurella</i>	sp. juv.		×
LEUCTRIDAE			
<i>Leuctra</i>	sp.	×	×

APPENDIX I – Fortsetzung
 PŘÍLOHA I – pokračování

taxon		Fugnitz	Kajabach
HETEROPTERA			
NEPIDAE			
<i>Nepa</i>	<i>cinerea cinerea</i>		×
NOTONECTIDAE			
<i>Notonecta</i>	sp. juv.	×	
<i>Notonecta</i>	<i>viridis</i> Ad.	×	
HYDROMETRIDAE			
<i>Hydrometra</i>	<i>stagnorum</i> Ad.	×	
VELIIDAE			
<i>Velia</i>	<i>caprai</i> Ad.	×	
<i>Velia</i>	sp. juv.	×	
GERRIDAE			
<i>Aquarius</i>	<i>najas</i> Ad.	×	×
Gerridae	Gen. sp. juv.	×	
<i>Gerris</i>	<i>lateralis</i> Ad.	×	
<i>Gerris</i>	sp. juv.	×	
MEGALOPTERA			
SIALIDAE			
<i>Sialis</i>	<i>lutaria</i>	×	×
PLANIPENNIA			
OSMYLIDAE			
<i>Osmylus</i>	<i>fulvicephalus</i>	×	×
COLEOPTERA			
DYTISCIDAE			
<i>Platambus</i>	<i>maculatus</i> Ad. C	×	×
ELMIDAE			
<i>Elmis</i>	<i>mauetii</i>	×	×
<i>Elmis</i>	<i>mauetii</i> Ad. C	×	×
<i>Elmis</i>	sp. juv.	×	×
<i>Esolus</i>	<i>parallelepipedus</i> Ad. C	×	
<i>Esolus</i>	sp. juv.	×	
<i>Limnius</i>	sp. juv.		×
<i>Limnius</i>	<i>volckmari</i>	×	
<i>Limnius</i>	<i>volckmari</i> Ad. C	×	
<i>Oulimnius</i>	<i>tuberculatus</i>	×	
<i>Oulimnius</i>	<i>tuberculatus</i> Ad. C	×	
<i>Riolus</i>	<i>cupreus</i> Ad. C	×	
GYRINIDAE			
<i>Gyrinus</i>	sp. juv.	×	
<i>Orectochilus</i>	<i>villosus</i>		×
<i>Orectochilus</i>	<i>villosus</i> Ad. C		×
HALIPLIDAE			
<i>Haliplus</i>	<i>immaculatus</i> Ad.	×	
HYDRAENIDAE			
<i>Hydraena</i>	<i>excisa</i> Ad. C	×	×
<i>Hydraena</i>	<i>gracilis</i> Ad. C	×	×
<i>Hydraena</i>	<i>riparia</i> Ad. C	×	

APPENDIX I – Fortsetzung
 PŘÍLOHA I – pokračování

taxon		Fugnitz	Kajabach
<i>Hydraena</i>	sp.		×
<i>Hydraena</i>	sp. Ad. w	×	×
SCIRTIDAE			
<i>Elodes</i>	sp.	×	×
TRICHOPTERA			
RHYACOPHILIDAE			
<i>Rhyacophila</i>	s. str. sp.		×
<i>Rhyacophila</i>	s. str. sp. juv.	×	×
GLOSSOSOMATIDAE			
<i>Glossosoma</i>	<i>boltoni</i>	×	
HYDROPTILIDAE			
<i>Hydroptila</i>	sp.	×	
PHILOPOTAMIDAE			
<i>Philopotamus</i>	<i>montanus</i>	×	×
<i>Philopotamus</i>	sp. juv.		×
HYDROPSYCHIDAE			
<i>Hydropsyche</i>	<i>angustipennis</i>	×	×
<i>Hydropsyche</i>	<i>instabilis</i>	×	×
<i>Hydropsyche</i>	sp. juv.	×	×
POLYCENTROPODIDAE			
<i>Plectrocnemia</i>	<i>conspersa</i>	×	
<i>Plectrocnemia</i>	sp. juv.	×	
Polycentropodidae	Gen. sp. juv.		×
<i>Polycentropus</i>	<i>flavomaculatus</i>	×	×
PSYCHOMYIIDAE			
<i>Lype</i>	<i>reducta</i>	×	
LIMNEPHILIDAE			
<i>Chaetopteryx</i>	<i>fusca/villosa</i>	×	×
<i>Chaetopteryx</i>	<i>major</i>	×	×
<i>Drusus</i>	<i>annulatus</i>	×	
<i>Halesus</i>	<i>digitatus</i>	×	×
<i>Halesus</i>	<i>rubricollis</i>	×	
<i>Halesus</i>	<i>tesselatus</i>	×	
<i>Potamophylax</i>	<i>luctuosus</i>		×
<i>Pseudopsilopteryx</i>	<i>zimmeri</i>	×	
GOERIDAE			
Goeridae	Gen. sp. juv.	×	
<i>Lithax</i>	<i>obscurus</i>	×	
<i>Lithax</i>	<i>obscurus</i> Pu.	×	
LEPIDOSTOMATIDAE			
<i>Lasiocephala</i>	<i>basalis</i>	×	
LEPTOCERIDAE			
<i>Athripsodes</i>	<i>bilineatus</i>	×	
<i>Athripsodes</i>	sp. juv.		×
SERICOSTOMATIDAE			
<i>Sericostoma</i>	<i>flavicorne/personatum</i>	×	×
<i>Sericostoma</i>	<i>flavicorne/personatum</i> Pu.	×	

APPENDIX I – Fortsetzung
 PŘÍLOHA I – pokračování

taxon		Fugnitz	Kajabach
ODONTOCERIDAE			
<i>Odontocerum</i>	<i>albicorne</i>	×	×
<i>Odontocerum</i>	<i>albicorne</i> Pu.	×	
DIPTERA			
PEDICIIDAE			
<i>Dicranota</i>	sp.	×	×
CULICIDAE			
<i>Anopheles</i>	sp. juv.	×	
<i>Culex (Neoculex)</i>	<i>territans</i>	×	
SIMULIIDAE			
<i>Simulium (Nevermannia)</i>	<i>vernum</i> -Gr. juv.	×	
<i>Simulium (Simulium)</i>	<i>ornatum</i>	×	
<i>Simulium (Simulium)</i>	sp. juv.	×	×
CERATOPOGONIDAE			
<i>Bezzia</i>	sp.	×	×
Ceratopogonidae	Gen. sp.		×
DIXIDAE			
<i>Dixa</i>	<i>nebulosa</i>		×
<i>Dixa</i>	sp.		×
CHIRONOMIDAE			
<i>Apsectrotanypus</i>	<i>trifascipennis</i>	×	
<i>Brillia</i>	<i>bifida</i>	×	×
<i>Chaetocladius</i>	<i>piger</i>	×	
<i>Chironomus (Chironomus)</i>	<i>bernensis</i>	×	
<i>Chironomus (Chironomus)</i>	<i>riparius</i>	×	
<i>Diamesa</i>	<i>cinerella</i> -Gr.	×	
<i>Diamesa</i>	<i>insignipes</i>	×	
<i>Endochironomus</i>	<i>albipennis</i>	×	
<i>Epoicocladius</i>	<i>ephemerae</i>	×	
<i>Eukiefferiella</i>	<i>gracei</i>	×	×
<i>Heleniella</i>	<i>ornaticollis</i>		×
<i>Heterotrissocladius</i>	<i>marcidus</i>		×
<i>Macropelopia</i>	sp.		×
<i>Micropsectra</i>	<i>atrofasciata</i> -Agg.	×	
<i>Micropsectra</i>	<i>notescens</i>	×	×
<i>Micropsectra</i>	sp. juv.		×
<i>Microtendipes</i>	<i>britteni</i>	×	
<i>Microtendipes</i>	<i>britteni/confinis</i>	×	×
<i>Orthocladius (Symposiocladius)</i>	<i>lignicola</i>	×	
<i>Paratendipes</i>	<i>albimanus</i>	×	×
<i>Polypedilum</i>	sp. juv.		×
<i>Polypedilum (Tripodura)</i>	sp.	×	
<i>Polypedilum (Uresipedilum)</i>	<i>convictum</i>	×	×
<i>Polypedilum (Uresipedilum)</i>	<i>cultellatum</i>	×	
<i>Procladius (Holotanypus)</i>	sp.	×	×
<i>Prodiamesa</i>	<i>olivacea</i>	×	×
<i>Thienemanniella</i>	sp.	×	
<i>Thienemannimyia</i>	Gr., Gen. indet.	×	×

APPENDIX I – Fortsetzung
 PŘÍLOHA I – pokračování

taxon		Fugnitz	Kajabach
EMPIDIDAE			
<i>Wiedemannia</i>	sp.	×	
LIMONIIDAE			
<i>Antocha</i>	sp.	×	
<i>Eloeophila</i>	sp.	×	×
<i>Limnophila</i>	sp.		×
<i>Scleroprocta</i>	sp.		×
PSYCHODIDAE			
<i>Pericoma</i>	sp.	×	×
<i>Tonnoiriella</i>	<i>pulchra</i>	×	×
PTYCHOPTERIDAE			
<i>Ptychoptera</i>	sp.	×	
TABANIDAE			
<i>Chrysops</i>	sp.		×
TIPULIDAE			
<i>Tipula</i>	<i>maxima-Gr.</i>	×	