

Testing Institute for Wastewater Technology GmbH

*Test device of the Test and Development Institute for Waste Water  
Technology at RWTH Aachen*



---

**Report comparing the  
biological cleaning performance of the  
A culture medium Hel-X Flake and  
biochip**

**Test report no. PIA 2018-313E01**

Aachen, May 2018

Dipl.-Ing. Gabriel Kall test  
engineer

# I TABLE OF CONTENTS

<b>1 INSTIGATION .....</b>	<b>3</b>
<b>2 SUMMARY / REVIEW .....</b>	<b>4</b>
<b>3 INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>4 UNTERSUCHTE AUFWUCHSKÖRPER .....</b>	<b>6</b>
4.1 G RÖßE UND F ORM .....	6
4.2 B ESCHREIBUNG DES V ERSUCHAUFBAUS .....	9
<b>5 DIE EINFahrPHASE .....</b>	<b>11</b>
5.1 F LUIDISIERUNG DER A UFWUCHSKÖRPER .....	11
5.2 B EWUCHS MIT B IOFILM .....	12
<b>6 ANALYSEMETHODEN .....</b>	<b>12</b>
<b>7 ABLAUF DER PRÜFUNG .....</b>	<b>14</b>
<b>8 ERGEBNISSE .....</b>	<b>15</b>
8.1 E INZELERGEBNISSE .....	15
8.2 A USWERTUNG DER R EINIGUNGSLEISTUNG .....	24
8.3 G RAPHISCHE D ARSTELLUNG DER E RGEBNISSE .....	26
8.4 M IKROSKOPISCHE A UFNAHMEN .....	28

## 1 Veranlassung

The Company

**Christian Stöhr GmbH & Co.**

**Kronacher Str. 14**

**96364 Marktrodach**

commissioned the

**Testing Institute for Wastewater Technology (PIA GmbH)**

**Hergenrather Route 30**

**52074 Aachen**

**Germany**

a practical test of cleaning performance of the growth body Hel-X Flake and perform biochip.

The PIA GmbH is DIN EN ISO 9001: 2008 for the field testing of *wastewater treatment plants* certified.

In addition, the PIA GmbH by the German Accreditation Body is to ISO / IEC 17025: 2005 accredited laboratory.

*The test results contained in this report refer only to the Test items. This report may only with the written consent of the PIA GmbH be reproduced in whole or in part and published.*

## 2 Summary / Review

were for the growth body Hel-X Flake Black, Hel-X Flake White and biochip conducted research for biological treatment of domestic sewage.

The tests were performed in two independent test points each with fresh Material. The experimental conditions were chosen so that the highest possible Load of organic substances yielded. Cleaning performance was for the Parameter COD (chemical oxygen demand), BOD5 (biological oxygen demand) and ammonium nitrogen (NH<sub>4</sub>-N) quantified. achieved the purification performance and the Degradation rates for COD and BOD 5 are approximately the same for all three tested products. When parameters NH<sub>4</sub>-N was with all three products hardly any cleaning performance feststellbar. Dies liegt vornehmlich begründet in der sehr kurz gewählten mittleren Aufenthaltszeit in den Reaktoren.

Hinsichtlich der Handhabung der Aufwuchskörper lässt sich feststellen, dass sich unter den gegebenen Bedingungen der Hel-X Flake einfacher und stabiler im Reaktor fluidisieren ließ, während der Biochip einen höheren Energieeintrag für die Fluidisierung benötigte. Gegen Ende der jeweiligen Testabschnitte zeichneten sich dann auch erste leichte Verschleißerscheinungen beim Biochip ab, welche bei einem geeigneteren Rührwerk aber nicht gegeben sein müssen.

### 3 Einführung

Sowohl in der kommunalen als auch in der industriellen Abwasserbehandlung stellt der Einsatz von Aufwuchskörpern nach dem Wirbelbettverfahren eine gängige Art der biologischen Behandlung dar. Auf dem Markt wird eine Vielzahl von Produkten angeboten. Ein wichtiges Qualitätsmerkmal ist die Angabe der geschützten Oberfläche. Damit wird die Oberfläche bezeichnet, die der Aufwuchskörper der Biomasse zur Verfügung stellt, um sich darauf anzusiedeln. Die Oberfläche ist dabei weitestgehend vor Abrasion geschützt. Dieser entsteht vornehmlich durch den Kontakt der fluidisierten Aufwuchskörper untereinander sowie durch den Einsatz von Rührwerken. Die geschützte Oberfläche wird in  $\text{m}^2$  pro  $\text{m}^3$  Aufwuchskörper angegeben. Allgemein wird davon ausgegangen, dass ein Aufwuchskörper mit spezifisch höherer, geschützter Oberfläche mehr wirksame Biomasse pro Volumeneinheit aufnehmen kann. Eine Erhöhung der geschützten Oberfläche eines Aufwuchskörpers ist als ausschlaggebendes Qualitätsmerkmal jedoch kritisch zu betrachten. Zum einen muss sich die Biomasse in den immer feineren Poren und Kanälen ansiedeln, zum anderen müssen die Inhaltsstoffe des Abwassers noch dorthin gelangen. Weiterhin ist ein gewisses Vorhandensein von Scherkräften wünschenswert, damit der Biofilm nicht zu dick wird. Maßgeblich trägt die Strömung, welche bei der Bewegung des Körpers durch das flüssige Medium entsteht, dazu bei Verblockungen der geschützten Oberfläche durch übermäßigen Bewuchs zu verhindern. In aeroben Systemen geschieht dies auch durch die vorbeiströmenden Luftblasen. Um eine bessere Grundlage für die Bewertung der biologischen Reinigungsleistung von Aufwuchskörpern zu ermöglichen, wurde am Testing Institute for Wastewater Technology PIA GmbH, a comparison test between performed growth bodies which have very large protected surfaces.

## 4 Investigated growth body

In the compared growth bodies is the types Hel-X Flake black and Hel-X Flake knows the company Stöhr GmbH and the biochip of the Multi Environmental Technologies AG. The Hel-X Flake was in the white and black Version tested. The growth bodies were delivered directly by the manufacturer.

From Table 1, some technical details about the growth bodies can remove.

Table 1: Technical details growth body

Identification of material	material	Ø in mm	Height in mm	Average weight in mg / piece		Surface m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup>
				New	retracted	
Hel-X Flake black	HDPE recycled *	about 18 (ellipse)	1.2	125	190	> 3000 *
Hel-X Flake White	HDPE granules *	about 18 (ellipse)	1.2	141	273	> 3000 *
biochip white	PE granules *	25	1.2	294	353	> 4500 *

(\* Manufacturer's instructions)

### 4.1 size and shape

Comparing the growth body falls next to the size difference, the first different shape. The Hel-X Flake has a slightly elliptical shape, while the Biochip is round. Hel-X Flake and biochip have in common that they are not flat lie, but are corrugated over the cross section, wherein in the Hel-X Flake this Feature is usually more pronounced. Furthermore, the biochip has a smooth Edge, while the Hel-X Flake having a rough, irregular border. Of the smooth edge of the biochip is given by the fact that it externally a thin enclosure Has.

Im Folgenden sind die verschiedenen Aufwuchskörper abgebildet:

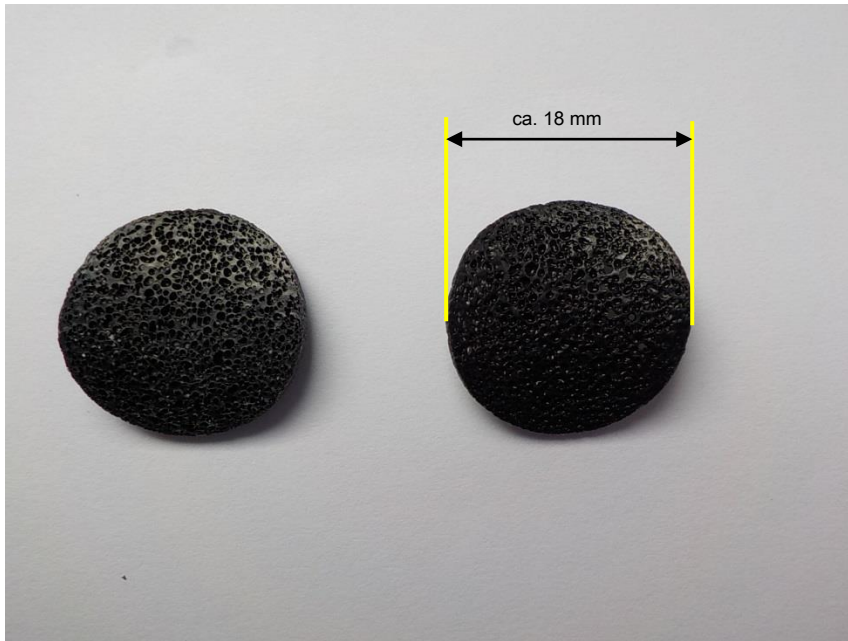


Abbildung 1: Hel-X Flake schwarz neu / bewachsen

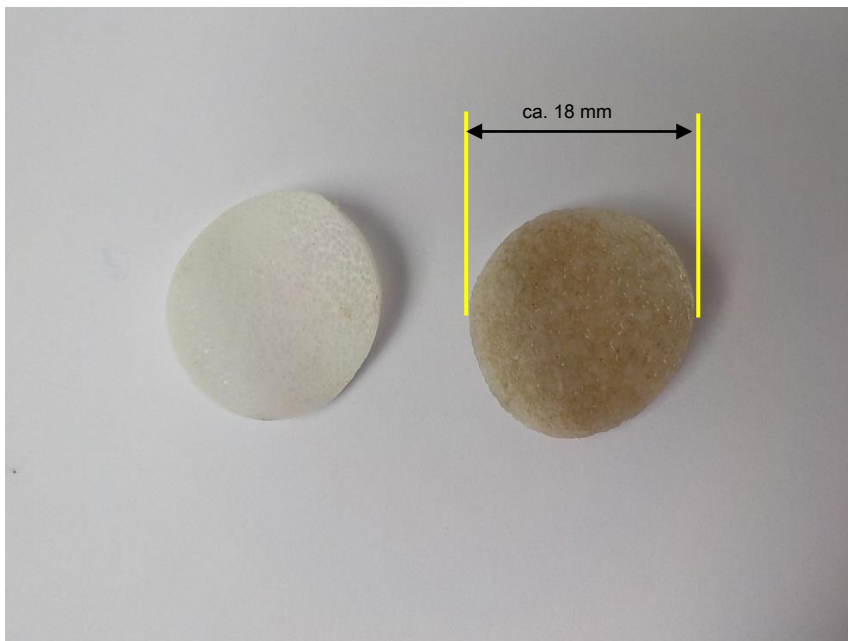


Abbildung 2: Hel-X Flake weiss neu / bewachsen

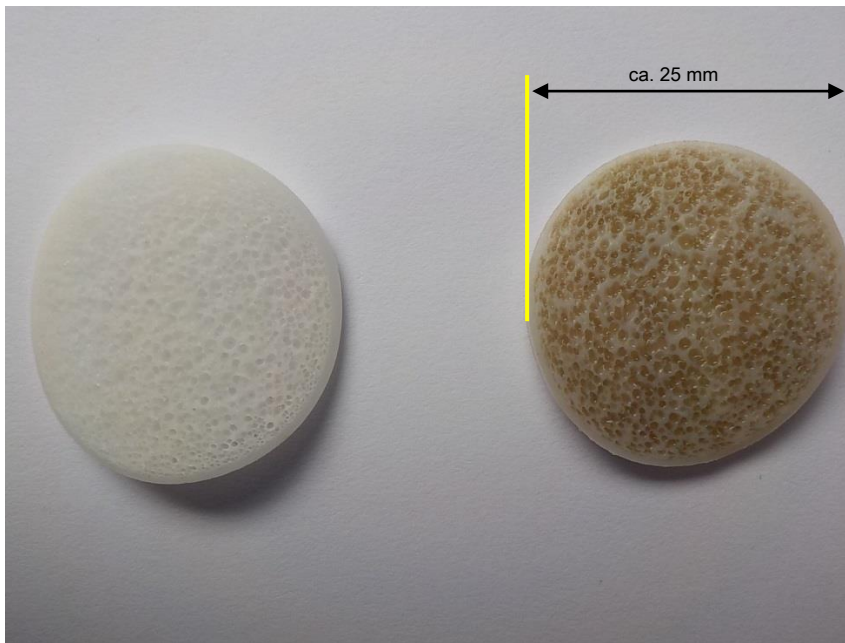


Abbildung 3: Biochip neu / bewachsen

In Abbildung 4 sind die Aufwuchskörper im bewachsenen Zustand nach einer Laufzeit von 5 Wochen dargestellt.



Abbildung 4: Aufwuchskörper nach Testperiode



## 4.2 Beschreibung des Versuchsaufbaus

Zum Vergleich der Aufwuchskörper wurden drei Reaktoren aufgebaut. Nähere Informationen zu den Reaktoren lassen sich aus Abbildung 5 und Tabelle 2 entnehmen.

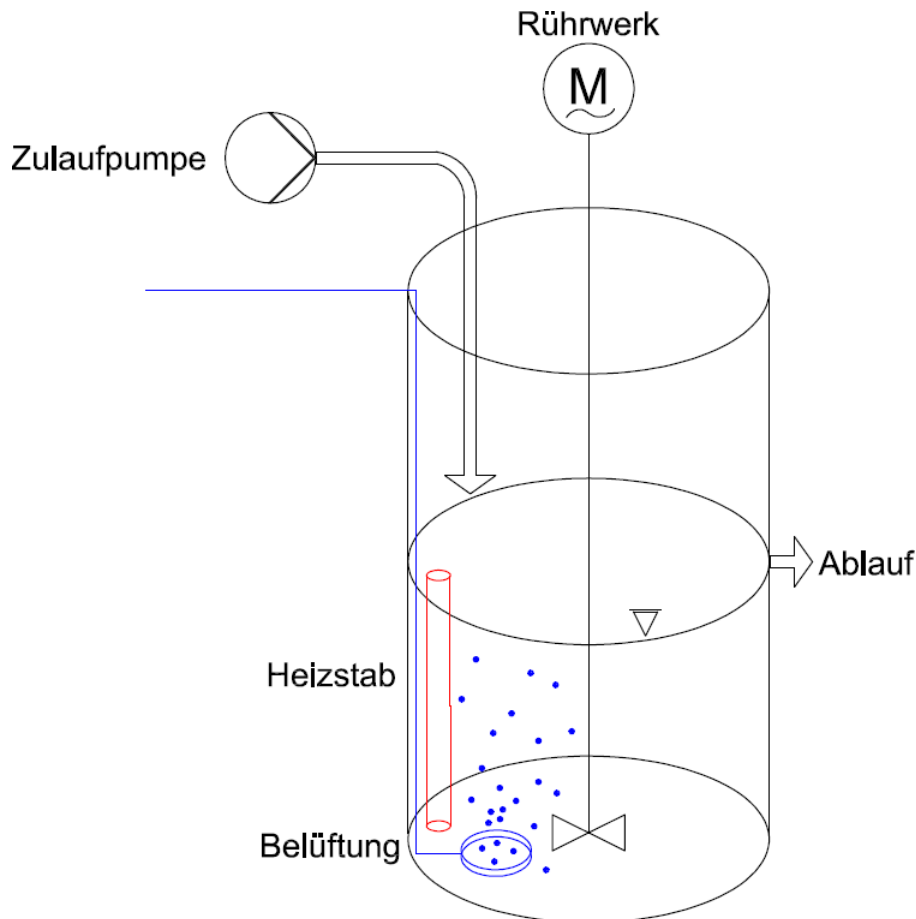


Abbildung 5: Versuchsaufbau schematisch

Tabelle 2: Daten Reaktoren

Nutzvolumen Reaktor:	10l
Wasserstand:	15cm
Ø Reaktor:	ca. 30cm
Füllgrad Aufwuchskörper:	3l (30%)
Ø agitator:	10 centimeters
Frequency:	120-150 / min
Heating heater:	75W
Entry air:	ca 50 m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> h
Feed:	150l / d

The reactor vessels are made of transparent plastic to the mixing of the to better understand growth body in the reactor. As a diffuser, a

Ventilation ball used. A blower powered all three reactors over a Distributor with air. The leaves of the agitator were made of plastic to avoid damaging the growth body at the very high frequencies.

In the run several ventilation strategies were tested, with the aim of a to achieve mixing of the reactors without the use of agitators.

Remember to let this, especially in the biochip, even at very high Not realizing air entries.

The test medium domestic waste water was used, consisting of a template was continuously metered by means of metering pumps. In the metered wastewater If it were Detachable raw sewage in which only fine particles are included which sediment difficult by gravity and the feed was close to the surface in the area of ventilation, the process also was to the surface on the opposite side of the reactor. Due to the strong Turbulence appear short-circuit flows between the inlet and outlet as locked out.

For temperature regulation, a heater was installed in the reactor.



Figure 6: Experimental setup

## 5 The start-up phase

Before the test operation was added and samples taken and analyzed could the growth body first had to be retracted.

### 5.1 fluidization of the growth body

In the tested growth bodies it was consistently around brand-new goods.

Ahead of experiments carried out to operate the reactors without agitators, were recognize that the new Hel-X flakes by means of a continuous aeration initially not be kept in abeyance. Almost all the growth bodies are forced ventilation to the edge of the reactor and stratify there. reason seems less the low density of the cultivating body to be, as it is a hydrophobes Verhalten der Oberfläche bei den neuen Hel-X Flakes. Beste Strategie den Hel-X Flake zu fluidisieren scheint es zu sein, ihn in Abwasser einzulegen und nur kurz mittels der Belüftung umzuwälzen. Nach zwei bis drei Tagen nimmt der Hel-X Flake das Wasser auf und kann mittels einer dauerhaften Belüftung zum Schweben gebracht werden.

Der Biochip lässt sich bei ausreichender Belüftung zu Beginn recht gut fluidisieren. Nach einigen Tagen wird es jedoch bei gleicher Belüftungsintensität immer schwieriger, die Chips am Schweben zu halten. Immer mehr Biochips sinken auf den Boden des Reaktors ab und lassen sich auch durch sehr hohe Lufteinträge nicht wieder fluidisieren. Um eine gute Fluidisierung unabhängig vom Lufteintrag sicherzustellen wurden daher Rührwerke in den Reaktoren verwendet. Der Energieeintrag bzw. die Frequenz des Rührwerks für ein vergleichbares Schwebeverhalten lag bei dem Biochip etwas höher als beim Hel-X Flake.

## 5.2 Bewuchs mit Biofilm

Um die biologische Reinigungsleistung zu entwickeln, musste sich zunächst ein Biofilm auf den neuen Aufwuchskörpern ausbilden. Die Aufwuchskörper wurden dazu in den Reaktoren gerührt und dauerhaft belüftet. Die Dosierung von Abwasser erfolgte kontinuierlich mit 75l/d. Nach zwei Wochen war optisch ein Bewuchs auf allen drei Aufwuchskörpertypen erkennbar, gleichzeitig ließen durchgeführte Analysen eine steigende Reinigungsleistung erkennen. Um das Potenzial der Reinigungsleistung der Aufwuchskörper unter den gegebenen Bedingungen auszureizen erfolgte eine Erhöhung der Beschickung von 75l/d auf 150l/d. Als sich bei dieser Dosierung eine stabile Reinigungsleistung einstellte, wurde keine weitere Erhöhung der Zulaufmenge mehr vorgenommen. Begründet war dies in der Tatsache, dass sich mittels einer weiteren Steigerung der Zulaufmenge die Reinigungsleistung zwar hätte steigern lassen, diese aber nicht originär auf einen erhöhten biologischen Abbau hätte zurückgeführt werden können. Begründet liegt dies in den gewählten Analysemethoden.

## 6 Analysemethoden

Um die Reinigungsleistung zu ermitteln, wurden Stichproben aus der Vorlage und den jeweiligen Reaktoren entnommen. Die Stichprobe aus der Vorlage lieferte eine Aussage über die Qualität des Abwassers stellvertretend für den ganzen Tag, da sich die Zusammensetzung über den Tag nicht änderte. Da die Zulaufqualität über den Tag did not waver and other conditions such as air entry, mixing, Temperature could also be assumed to be quite stable, provided Samples taken from the reactors together with the feed samples a useful image for the biological cleaning performance.

Upon selection of the analysis method, the feed samples were homogenized sample as (CSBhom / BSB5hom) analyzed. The samples from the reactors on the other hand were as filtered samples analyzed (CSBfil / BSB5fil).

This is due to the fact that the solids in the feed a biologically represent degradable freight for the biomass. Therefore, they are in the analysis of the to consider feed as part of CSBhom and BSB5hom. By contrast, it can If the particles in the reactor to remove excess biomass or grated act. If the biomass present in the sample, they would balance the biological distort degradation rate downwards. A further increase in feed rate would mean that the biological purification performance while seemingly increases, The reason for this significant but in the acquisition of homogenized feed and filtered reactor sample lies. With ever shorter residence times in the reactor is a biological conversion of the solids from the inlet increasingly unlikely.

Table 3: Analysis Program

<b>Intake</b>	<u>CSBhom, BSB5hom, NH4-N, temp., PH, conductivity, turbidity</u>
<b>Hel-X Flake black</b>	CSBfil, BSB5fil, NH4-N, Temp., O <sub>2</sub> , pH, conductivity, turbidity
<b>Hel-X Flake white</b>	CSBfil, BSB5fil, NH4-N, Temp., O <sub>2</sub> , pH, conductivity, turbidity
<b>biochip</b>	CSBfil, BSB5fil, NH4-N, Temp., O <sub>2</sub> , pH, conductivity, turbidity

Für die Bestimmung der Parameter pH-Wert, Leitfähigkeit, Trübung und O<sub>2</sub> ist die PIA GmbH nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

Der Parameter BSB<sub>5</sub> wurde als Unterauftrag vergeben und durch das IWA Institut für Wasser- und Abwasseranalytik, Jülicher Str. 336 in 52070 Aachen bestimmt. Das IWA Institut für Wasser- und Abwasseranalytik GmbH ist nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

## 7 Ablauf der Prüfung

Für die Dauer des Tests wurde ein Zeitraum von drei Wochen angesetzt. Innerhalb dieser Zeit waren wöchentlich vier Probenahmetage für alle Parameter, außer dem BSB5, vorgesehen, so dass nach Ablauf des Zeitraums jedem Aufwuchskörper zwölf Zulauf- und Reaktorproben zugeordnet werden konnten. Die Analytik des BSB5 erfolgte jeweils nur an zwei Probenahmetagen pro Woche. Um die Aussagekraft des Tests zu bestätigen wurde der Testablauf unter gleichen Bedingungen mit einer zweiten Charge noch einmal wiederholt. Die Beschickung erfolgte über den Testbetrieb konstant mit 150 l/d je Reaktor, woraus sich bei einem Nutzvolumen von 10 l eine durchschnittliche Aufenthaltszeit von 1,6 h ergibt. Die Schwankungen des CSB<sub>hom</sub>, BSB5<sub>hom</sub> sowie des NH<sub>4</sub>-N im Zulauf ergeben sich aus den natürlichen Schwankungen im häuslichen Abwasser. Die Vorlage wurde einmal pro Tag befüllt. Hierbei lagen zwischen Befüllung und Probenahme mehr als 20 Stunden (heißt max. Abstand innerhalb eines Tages, Einfluss aus Zulauf vorheriger Tag ist weitestgehend ausgeschlossen, Biologie ist as far as possible adapted to current feed quality).

The test operation was carried out properly for die Prüfphase1. In test mode, the Prüfphase2 took place at the beginning of the last week of the test operation, a 24-hour failure Dosing of all reactors, leaving only three representative in the last week could be sampling days performed. The test sequence is shown in Table 6 shown.

Table 4: test modes of the comparative test

	<b>Prüfphase1 (first batch)</b>	<b>Time / Date</b>
	Test start	01/22/2018
1	Einfahrbetrieb 75l / d	14 days
2	Retracting operation 150l / d	7 days
3	test mode	21 days
	Examiners	04/03/2018
	<b>Prüfphase2 (second batch)</b>	14 days
	Test start	02/19/2018
5	Retracting operation 75l / d	14 days
6	Retracting operation 150l / d	7 days
7	test mode	21 days
	Examiners	04/01/2018

## 8 results

In Section 8.1 readings of the samples can be found coming out of the inlet and the Reactors were taken

In Section 8.2, the calculated cleaning services for the various are parameters listed

In the section 8.3 of the course of the analysis values of inlet and reactors is still shown graphically.

### 8.1 Individual Results

The individual results of all the parameters studied are presented in Table 7 to 12.

#### 8.1.1 Results feed samples

For the first test phase, the homogenized COD value is in the feed average 330 mg / l. Maximum value is 434 mg / l on 27.02.2018 (+ 32%), minimum value 259 mg / l (-22%) on 13.02.2018. The BOD5 is on average in the first test phase at 134 mg / l. Maximum value is 190 mg / l on 02.27.2018 (+ 42%), minimum value of 103 mg / l on 13/02/2018 (-23%).

In the second test phase the homogenized COD value in the feed is on average at 298 mg / l. A strong deviation is obtained with the value of 03.19.2018 674 mg / l (+ 126%). However, the value is in the scanning process is an exception. A Increasing the filtered COD values in the reactors but this did not result.

This leads to the conclusion that the increased value in the feed primarily on an increased solids loading is due in the feed. Solids in need Reactor time to as biological cargo actually the bacteria available to stand. Because of the short average residence time of 1.6 h thereof assumed that they were untreated flushed out of the reactor. Therefore, the recognized very high cleaning power of approximately 30 kg / M<sup>3</sup>D not in the three reactors realistisch. Minimalwert des CSB im Zulauf der zweiten Phase ist 247 mg/l mit dem Wert vom 15.03.2018 (-17%).

Für die homogenisierten BSB5-Werte im Zulauf der zweiten Prüfphase ergibt sich ebenfalls ein Durchschnitt von 134 mg/l. Maximalwert ist 153 mg/l (+14%) am 20.03.2018 und Minimalwert ist 108 mg/l (-19%) vom 14.03.2018.

Das CSB<sub>hom</sub>/BSB5<sub>hom</sub> Verhältnis im Zulauf über den Zeitraum der Prüfphase<sup>1</sup> lag durchschnittlich zwischen 2,3 – 2,5. In der zweiten Prüfphase liegt das Verhältnis durchschnittlich bei 2,2. Aus der Literatur lässt sich entnehmen das für kommunale Abwässer Verhältnisse bis zu 2 eine gute biologische Abbaubarkeit darstellen.

### 8.1.2 Ergebnisse Reaktorproben

Für die Reaktorproben ergab sich beim filtrierten CSB bzw. BSB5 im ersten Prüfabschnitt beim Hel-X Flake durchschnittlich ein Wert von 112 mg/l bzw. 30 mg/l, beim Hel-X Flake weiss 105 mg/l bzw. 28 mg/l und beim Biochip 121 mg/l bzw. 33 mg/l.

Maximale Abweichung ist beim CSB<sub>fil</sub> für den Hel-X Flake schwarz 145 mg/l am 01.03.2018 (+29%), beim Hel-X Flake weiss am 13.02.2018 mit 71 mg/l (-32%) und am 01.03.2018 mit 137 mg/l (+32%), beim Biochip mit 85 mg/l (-30%) am 13.02.2018.

Für den BSB5 in den Reaktoren lagen die Abweichungen für den Hel-X Flake bei 46 mg/l am 27.02.2018 (+53%), für den Hel-X Flake weiss bei 43 mg/l am 27.02.2018 (+54%) und für den Biochip bei 48 mg/l am 27.02.2018 (+45%).

Für den zweiten Prüfabschnitt ergaben sich durchschnittliche CSB<sub>fil</sub>/BSB5<sub>fil</sub> Werte beim Hel-X Flake black of 89 mg / l and 19 mg / l, in Hel-X white Flake 93 mg / l and 20 mg / l and at the biochip of 91 mg / l and 13 mg / l.

Maximum deviations lies with the Hel-X Flake black lie with the CSB<sub>fil</sub> 149 mg / l (+ 68%) on 13.03.2018, at the Hel-X white flake at 128 mg / l (+ 38%) on 13.03.2018 and for the biochip at 145 mg / l (+ 59%) also on 13.03.2018.

For BOD5 in the reactors, the deviations of the Hel-X Flake stood at 39 mg / l on 20.03.2018 (+ 105%), for the Hel-X Flake white at 31 mg / l on 27/03/2018 (+ 55%) and for the biochip at 30 mg / l on 22.03.2018 (+ 103%).

The filtered samples reactor the ratio CSB<sub>fil</sub> / BSB5<sub>fil</sub> for the black lies Hel-X Flake in the first test phase at an average of 3.7, for white Hel-X Flake at 3.6 and at 3.5 for the biochip. It can be concluded that the ability of the in to process reactor existing ingredients biologically, in all three



Growth bodies is approximately of identical thickness, slightly stronger in black Hel-X Flake.

For the second phase, the ratio for the black Hel-X Flake at 4.2 are, for the white Hel-X Flake at 4.1 and for the biochip at 5.6. caused a significant the strong performance of the biochip by the low BOD5 value of 27.03.2018.

When ammonium is virtually no degradation in the three tested growth bodies ascertainable. In the average short residence time of about 1.6 hours, this is not surprising.

In summary, the experiments show good comparability of the tested A culture medium.

Table 5: Results Mode 1, the first week

Mode 1	1 week				
	Date	12.02.2018	13.02.2018	14.02.2018	15.02.2018
<u>Air Temp. min / max [° C]</u>		0/5	- 4/5	- 5.6 / 4.4	0/6
<b>Intake:</b>					
temperature	[° C]	14.0	9.9	9.0	12.7
CSB	[Mg / l]	286	259	266	270
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	103	-	109
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	44	41	49	44
pH	[-]	7.2	7.5	7.6	7.7
conductivity	[S / cm]	1151	1178	1120	1064
cloudiness	[FNU]	71	73	61	70
<b>Reactor I, Hel-X Flake, schwarz:</b>					
temperature	[° C]	13.9	12.4	11.4	13.8
CSB	[Mg / l]	89	89	101	99
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	19	-	23
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	38	32	39	40
pH	[-]	7.7	7.9	7.9	7.8
conductivity	[S / cm]	1132	1133	1093	1022
cloudiness	[FNU]	73	74	71	68
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	8.6	5.7	8.1	8.0
<b>II reactor, Hel-X Flake, weiß:</b>					
temperature	[° C]	14.1	12.9	11.7	14.0
CSB	[Mg / l]	119	71	91	85
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	15	-	22
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	37	35	42	38
pH	[-]	7.9	7.9	7.9	7.8
conductivity	[S / cm]	1147	1131	1096	1019
cloudiness	[FNU]	58	58	56	60
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	6.8	5.3	7.7	7.3
<b>Reactor III, Biochip:</b>					
temperature	[° C]	14.0	12.9	12.2	14.0
CSB	[Mg / l]	116	85	106	122
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	22	-	28
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	38	33	41	42
pH	[-]	7.7	8.0	8.1	7.9
conductivity	[S / cm]	1151	1146	1098	1026
cloudiness	[FNU]	64	63	64	65
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	8.5	8.5	8.8	8.6

Table 6: Results Mode 1, Week 2

Mode 1	2 weeks				
	Date 19.02.2018	20.02.2018	21.02.2018	22.02.2018	
Air Temp. min / max [° C]		- 3/7	- 1/6 of	- 3/5	- 3/4
<b>Intake:</b>					
temperature	[° C]	12.0	11.6	15.6	12.7
CSB	[Mg / l]	306	294	422	304
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	127	-	129
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	49	47	45	47
pH	[-]	7.6	7.5	7.8	6.9
conductivity	[S / cm]	1048	1035	1028	1014
cloudiness	[FNU]	64	69	76	63
<b>Reactor I, Hel-X Flake, schwarz:</b>					
temperature	[° C]	13.6	13.4	15.5	13.9
CSB	[Mg / l]	93	111	116	117
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	26	-	30
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	41	42	40	46
pH	[-]	7.9	7.9	7.8	7.6
conductivity	[S / cm]	1013	1003	994	994
cloudiness	[FNU]	73	71	71	78
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	7.9	7.8	8.4	8.2
<b>II reactor, Hel-X Flake, weiß:</b>					
temperature	[° C]	13.8	13.6	15.5	14.2
CSB	[Mg / l]	94	104	99	100
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	19	-	24
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	46	43	39	43
pH	[-]	7.8	7.9	7.8	7.7
conductivity	[S / cm]	1023	1006	991	990
cloudiness	[FNU]	62	64	60	66
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	7.0	7.2	7.5	7.4
<b>Reactor III, Biochip:</b>					
temperature	[° C]	13.2	14.1	15.4	14.3
CSB	[Mg / l]	117	113	101	123
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	26	-	37
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	44	44	42	44
pH	[-]	7.8	7.9	7.8	7.8
conductivity	[S / cm]	1045	988	1005	1002
cloudiness	[FNU]	73	78	64	71
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	8.7	8.6	8.9	8.6

Table 7: Results Mode 1, Week 3

Mode 1	3 week				
	Date 26.02.2018	27.02.2018	28.02.2018	01.03.2018	02.03.2018
Air Temp. min / max [° C]		- 6/4	- 7 / -2	- 10 / - 2	- 7 / -2
<b>Intake:</b>					
temperature	[° C]	10.1	10.3	14.0	10.9
CSB	[Mg / l]	386	434	399	328
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	190	-	144
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	47	54	36	45
pH	[-]	7.8	7.7	7.5	7.7
conductivity	[S / cm]	1112	1052	915	977
cloudiness	[FNU]	119	111	84	69
<b>Reactor I, Hel-X Flake, schwarz:</b>					
temperature	[° C]	15.2	11.3	13.8	11.4
CSB	[Mg / l]	124	120	141	145
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	46	-	38
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	37	49	29	40
pH	[-]	7.7	8.0	7.6	7.8
conductivity	[S / cm]	954	1040	892	930
cloudiness	[FNU]	78	121	80	83
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	8.3	8.1	8.3	8.4
<b>II reactor, Hel-X Flake, weiß:</b>					
temperature	[° C]	14.9	11.9	14.2	11.5
CSB	[Mg / l]	126	102	130	137
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	43	-	42
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	39	51	30	40
pH	[-]	7.7	8.0	7.6	7.8
conductivity	[S / cm]	964	1033	892	947
cloudiness	[FNU]	66	101	80	82
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	7.6	7.3	5.9	7.7
<b>Reactor III, Biochip:</b>					
temperature	[° C]	14.9	11.9	14.2	11.7
CSB	[Mg / l]	143	124	166	137
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	48	-	37
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	40	53	33	40
pH	[-]	7.8	8.1	7.8	8.0
conductivity	[S / cm]	979	1044	904	957
cloudiness	[FNU]	102	103	87	75
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	8.5	8.8	8.8	9.1

Table 8: Results test phase 2, 1st week

test phase 2	1 week				
	Date 13.03.2018	14.03.2018	15.03.2018	16.03.2018	
Air Temp. min / max [° C]		6/12	5/12	1 / 10th	3.10
<b>Intake:</b>					
temperature	[° C]	13.3	13.7	12.7	12.7
CSB	[Mg / l]	280	289	247	251
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	110	108	-
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	46	34	38	38
pH	[-]	7.0	7.6	7.3	7.2
conductivity	[S / cm]	969	-	805	819
cloudiness	[FNU]	53	91	82	73
<b>Reactor I, Hel-X Flake, schwarz:</b>					
temperature	[° C]	14.3	15.3	13.5	14.2
CSB	[Mg / l]	149	79	83	100
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	18	12	-
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	43	33	35	35
pH	[-]	7.9	7.9	7.8	7.8
conductivity	[S / cm]	950	814	791	818
cloudiness	[FNU]	41	59	45	47
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	7.6	8.2	8.1	7.8
<b>II reactor, Hel-X Flake, weiß:</b>					
temperature	[° C]	14.3	15.0	13.7	14.2
CSB	[Mg / l]	128	80	90	102
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	14	13	-
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	43	34	34	33
pH	[-]	7.9	8.0	7.8	8.0
conductivity	[S / cm]	951	821	789	816
cloudiness	[FNU]	48	66	55	53
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	7.8	7.4	8.4	8.2
<b>Reactor III, Biochip:</b>					
temperature	[° C]	14.5	14.9	13.8	14.2
CSB	[Mg / l]	145	76	98	100
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	9	10	-
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	43	35	40	35
pH	[-]	8.0	8.1	7.8	8.0
conductivity	[S / cm]	950	823	790	817
cloudiness	[FNU]	40	49	45	43
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	8.0	8.6	8.4	8.2

Table 9: Results test phase 2, 2nd week

test phase 2	2 weeks				
	Date	19.03.2018	20.03.2018	21.03.2018	22.03.2018
Air Temp. min / max [° C]		- 4 / -1	- 6/3	- 5/7	- 1/6 of
<b>Intake:</b>					
temperature	[° C]	14.1	13.2	9.6	11.6
CSB	[Mg / l]	674	326	414	300
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	153	-	147
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	48	49	47	42
pH	[-]	7.3	7.5	7.4	7.4
conductivity	[S / cm]	935	932	994	1027
cloudiness	[FNU]	101	71	88	66
<b>Reactor I, Hel-X Flake, schwarz:</b>					
temperature	[° C]	15.4	13.6	12.6	13.6
CSB	[Mg / l]	72	131	90	86
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	39	-	24
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	42	41	44	39
pH	[-]	7.8	7.8	8.0	8.0
conductivity	[S / cm]	898	927	968	1007
cloudiness	[FNU]	49	56	59	56
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	7.6	8.3	8.6	8.2
<b>II reactor, Hel-X Flake, weiß:</b>					
temperature	[° C]	15.4	13.9	12.6	13.3
CSB	[Mg / l]	89	97	121	102
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	27	-	30
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	41	44	44	40
pH	[-]	7.8	7.9	8.0	8.0
conductivity	[S / cm]	897	927	965	1010
cloudiness	[FNU]	60	63	73	69
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	7.8	8.5	8.9	8.4
<b>Reactor III, Biochip:</b>					
temperature	[° C]	15.6	14.0	12.8	12.8
CSB	[Mg / l]	104	104	121	88
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	-	23	-	30
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	41	43	42	40
pH	[-]	7.9	7.9	8.0	8.1
conductivity	[S / cm]	899	930	966	1020
cloudiness	[FNU]	41	52	72	55
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	8.0	8.5	8.9	8.4

Table 10: Results test phase 2, Week 3

test phase 2	3 week			
	Date 27/03/2018	28/03/2018	29/03/2018	
Air Temp. min / max [° C]		- 1/11	6/11	4/11
<b>Intake:</b>				
temperature	[° C]	13.1	15.2	14.5
CSB	[Mg / l]	302	324	325
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	143	-	145
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	47	45	46
pH	[-]	7.1	7.4	7.5
conductivity	[S / cm]	1065	1041	967
cloudiness	[FNU]	67	95	107
<b>Reactor I, Hel-X Flake, schwarz:</b>				
temperature	[° C]	15.1	16.7	15.5
CSB	[Mg / l]	84	89	99
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	22	-	18
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	32	41	37
pH	[-]	7.6	7.7	7.8
conductivity	[S / cm]	1043	939	921
cloudiness	[FNU]	48	52	58
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	7.7	7.6	7.7
<b>II reactor, Hel-X Flake, weiß:</b>				
temperature	[° C]	15.2	17.0	15.7
CSB	[Mg / l]	97	91	113
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	31	-	26
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	38	33	39
pH	[-]	7.8	7.8	7.8
conductivity	[S / cm]	1047	991	930
cloudiness	[FNU]	57	58	69
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	7.9	7.8	8.0
<b>Reactor III, Biochip:</b>				
temperature	[° C]	15.5	17.0	15.7
CSB	[Mg / l]	72	90	93
BSB <sub>5</sub>	[Mg / l]	6	-	16
NH <sub>4</sub> N	[Mg / l]	31	39	39
pH	[-]	7.7	7.8	7.8
conductivity	[S / cm]	941	989	927
cloudiness	[FNU]	37	48	62
O <sub>2</sub>	[Mg / l]	8.3	7.9	8.0

## 8.2 Analysis of cleaning performance

Table 11: cleaning services for the parameter COD, BOD, NH4-N mode 1

Calculation: (daily feed quantity x (concentration difference feed / reactor)) based on

A culture medium employed Vol.

Mode 1						
1 week:			02/12/2018	02/13/2018	02/14/2018	02/15/2018
CSB	Flake black [kg / M³D]		9.85	8.50	8.25	8.55
	Flake white	[Kg / M³D]	8.35	9.40	8.75	9.25
	biochip	[Kg / M³D]	8.50	8.70	8.00	7.40
BSB	Flake black [kg / M³D]		-	4.20	-	4.30
	Flake white	[Kg / M³D]	-	4.40	-	4.35
	biochip	[Kg / M³D]	-	4.05	-	4.05
NH4-N	Flake black [kg / M³D]		0.30	0.45	0.50	0.20
	Flake white	[Kg / M³D]	0.35	0.30	0.35	0.30
	biochip	[Kg / M³D]	0.30	0.40	0.40	0.10
2. Woc he: mg / l]			02/19/2018	02/20/2018	02/21/2018	02/22/2018
CSB	Flake black [kg / M³D]		10.65	9.15	15,30	9.35
	Flake white	[Kg / M³D]	10.60	9.50	16.15	10.20
	biochip	[Kg / M³D]	9.45	9.05	16.05	9.05
BSB	Flake black [kg / M³D]		-	5.05	-	4.95
	Flake white	[Kg / M³D]	-	5.40	-	5.25
	biochip	[Kg / M³D]	-	5.05	-	4.60
NH4-N	Flake black [kg / M³D]		0.40	0.25	0.25	0.05
	Flake white	[Kg / M³D]	0.15	0.20	0.30	0.20
	biochip	[Kg / M³D]	0.25	0.15	0.15	0.15
3 week:			02/26/2018	02/27/2018	02/28/2018	03/01/2018
CSB	Flake black [kg / M³D]		13.10	15.70	12.90	9.15
	Flake white	[Kg / M³D]	13,00	16.60	13,45	9.55
	biochip	[Kg / M³D]	12.15	15.50	11.65	9.55
BSB	Flake black [kg / M³D]		-	7.20	-	5.30
	Flake white	[Kg / M³D]	-	7.35	-	5.10
	biochip	[Kg / M³D]	-	7.10	-	5.35
NH4-N	Flake black [kg / M³D]		0.50	0.25	0.35	0.25
	Flake white	[Kg / M³D]	0.40	0.15	0.30	0.25
	biochip	[Kg / M³D]	0.35	0.05	0.15	0.25



Table 12: cleaning services for the parameter COD, BOD, NH4-NPrüfphase 2

(X (concentration difference daily feed rate feed / reactor)) based: Calculation  
on starting Vol. A culture medium

Prüfphase2						
1 week:			03/13/2018	03/14/2018	03/15/2018	03/16/2018
CSB	Flake black	[Kg / M <sup>3</sup> D]	6.55	10.50	8.20	7.55
	Flake white	[Kg / M <sup>3</sup> D]	7.60	10.45	7.85	7.45
	biochip	[Kg / M <sup>3</sup> D]	6.75	10.65	7.45	7.55
BSB	Flake black	[Kg / M <sup>3</sup> D]	-	4.60	4.80	-
	Flake white	[Kg / M <sup>3</sup> D]	-	4.80	4.75	-
	biochip	[Kg / M <sup>3</sup> D]	-	5.05	4.90	-
NH4-N	Flake black	[Kg / M <sup>3</sup> D]	0.15	0.05	0.15	0.15
	Flake white	[Kg / M <sup>3</sup> D]	0.15	0.00	0.20	0.25
	biochip	[Kg / M <sup>3</sup> D]	0.15	-0.05	-0.10	0.15
2 weeks:			03/19/2018	03/20/2018	03/21/2018	03/22/2018
CSB	Flake black	[Kg / M <sup>3</sup> D]	30,10	9.75	16.20	10.70
	Flake white	[Kg / M <sup>3</sup> D]	29,25	11,45	14.65	9.90
	biochip	[Kg / M <sup>3</sup> D]	28.50	11.10	14.65	10.60
BSB	Flake black	[Kg / M <sup>3</sup> D]	-	5.70	-	6.15
	Flake white	[Kg / M <sup>3</sup> D]	-	6.30	-	5.85
	biochip	[Kg / M <sup>3</sup> D]	-	6.50	-	5.85
NH4-N	Flake black	[Kg / M <sup>3</sup> D]	0.30	0.40	0.15	0.15
	Flake white	[Kg / M <sup>3</sup> D]	0.35	0.25	0.15	0.10
	biochip	[Kg / M <sup>3</sup> D]	0.35	0.30	0.25	0.10
3 week:			03/27/2018	03/28/2018	03/29/2018	
CSB	Flake black	[Kg / M <sup>3</sup> D]	10,90	11.75	11,30	
	Flake white	[Kg / M <sup>3</sup> D]	10.25	11.65	10.60	
	biochip	[Kg / M <sup>3</sup> D]	11,50	11,70	11,60	
BSB	Flake black	[Kg / M <sup>3</sup> D]	6.05	-	6.35	
	Flake white	[Kg / M <sup>3</sup> D]	5.60	-	5.95	
	biochip	[Kg / M <sup>3</sup> D]	6.85	-	6.45	
NH4-N	Flake black	[Kg / M <sup>3</sup> D]	0.75	0.20	0.45	
	Flake white	[Kg / M <sup>3</sup> D]	0.45	0.60	0.35	
	biochip	[Kg / M <sup>3</sup> D]	0.80	0.30	0.35	

### 8.3 Graphical representation of the results

In the following chapter, the cleaning performance of the parameters CSBhom / fil, BSB5hom / fil and NH<sub>4</sub> N graphed.

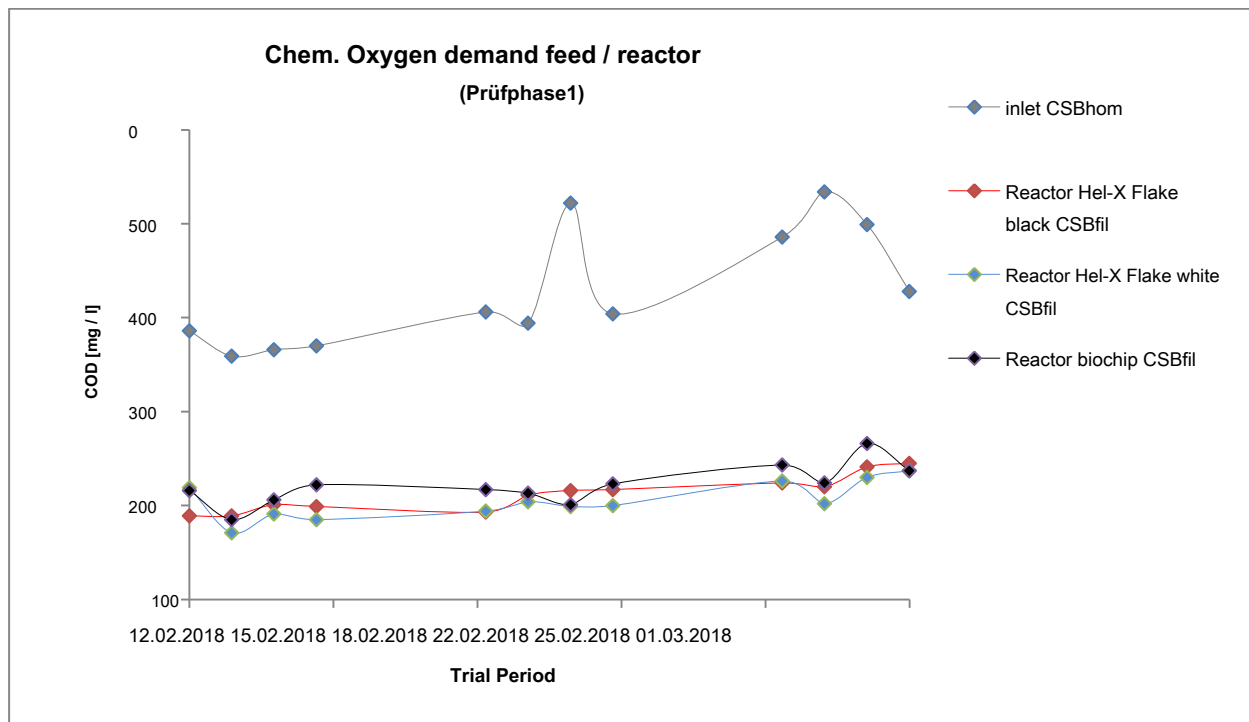


Figure 7: Concentration of COD in the feed and in the reactor during Prüfphase1

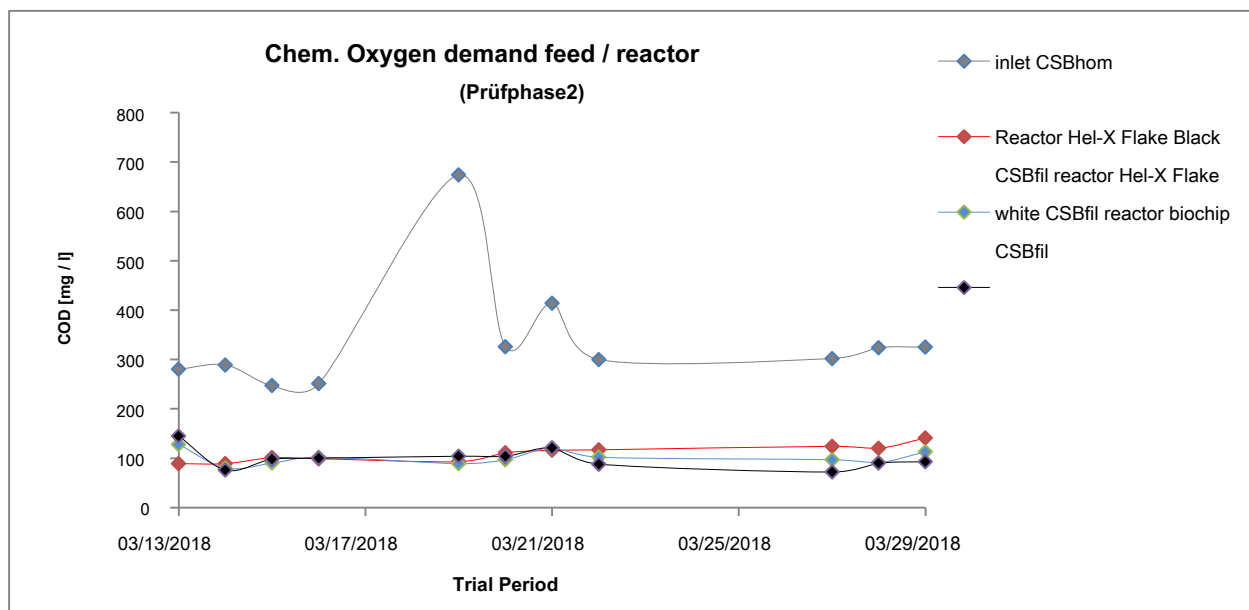


Figure 8: Concentration of COD in the feed and in the reactor during Prüfphase2

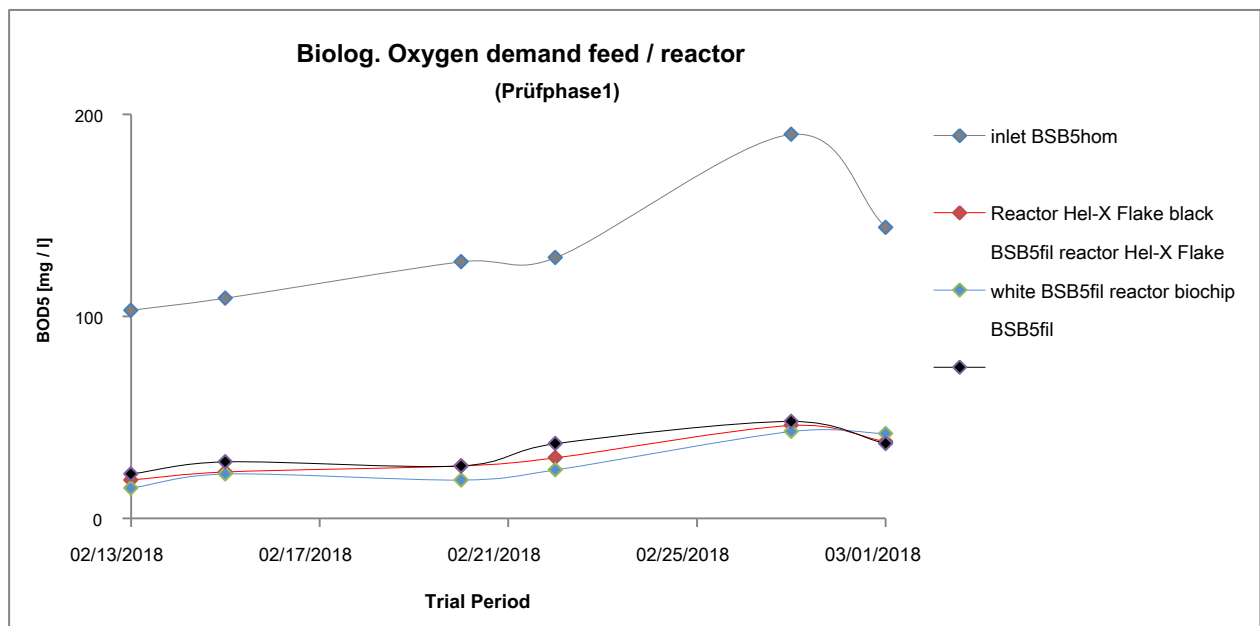


Figure 9: BOD5 concentration in the feed and in the reactor during Prüfphase1

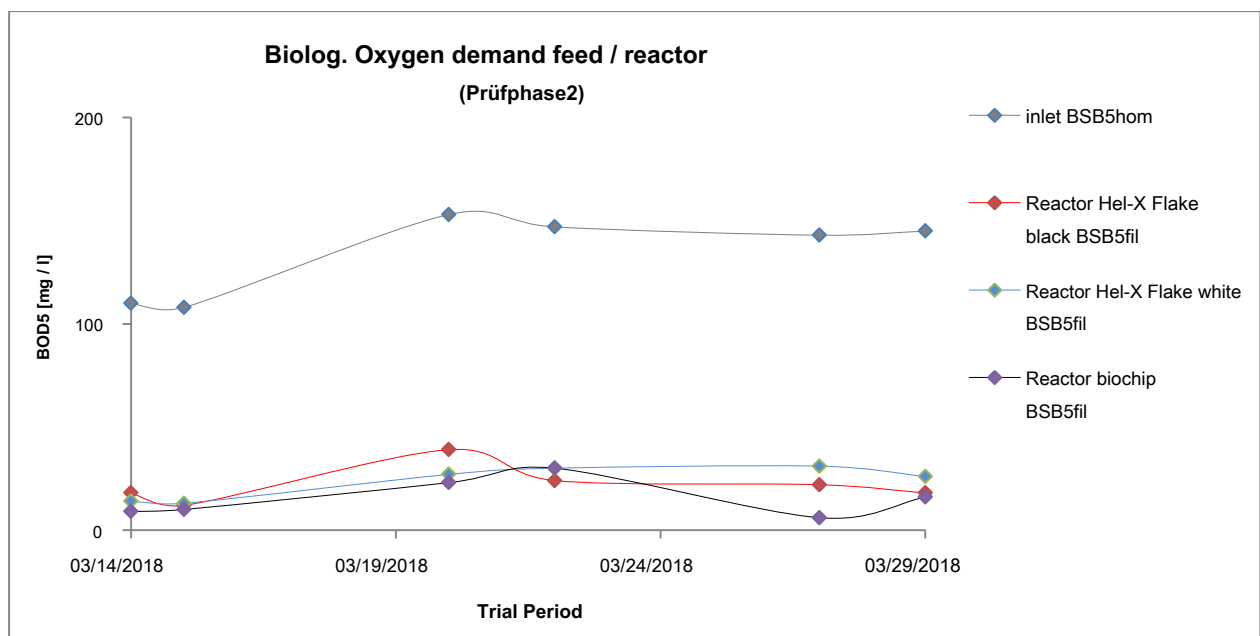


Figure 10: Concentration of BOD5 in the feed and in the reactor during Prüfphase2

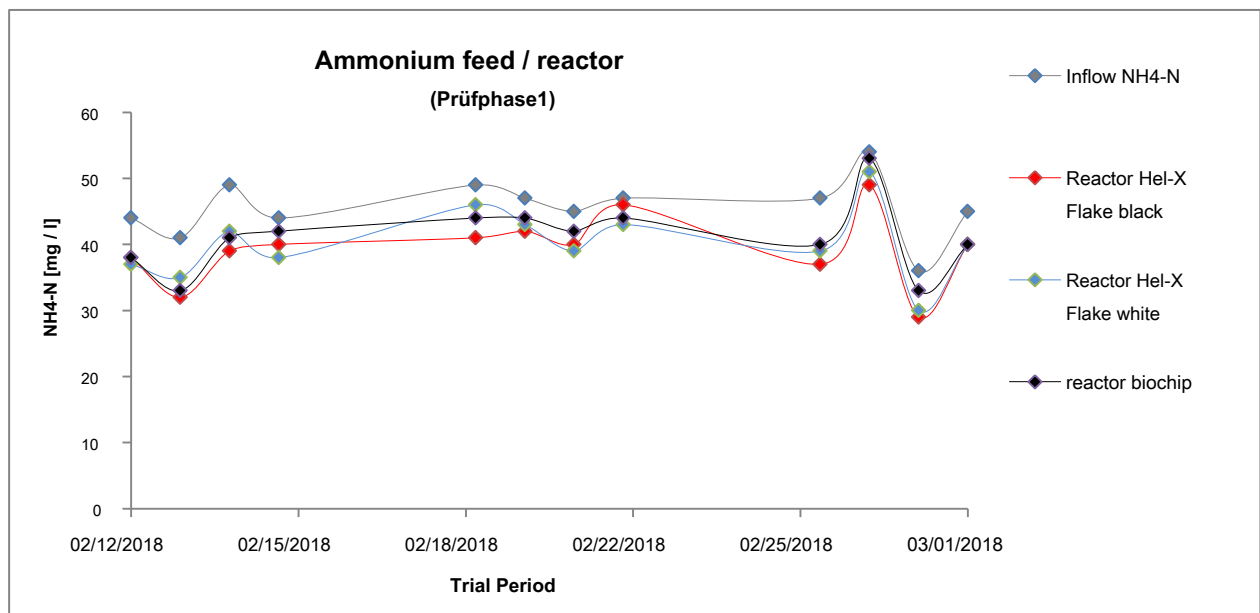


Figure 11: concentration of NH4-N in the feed and in the reactor during Prüfphase1

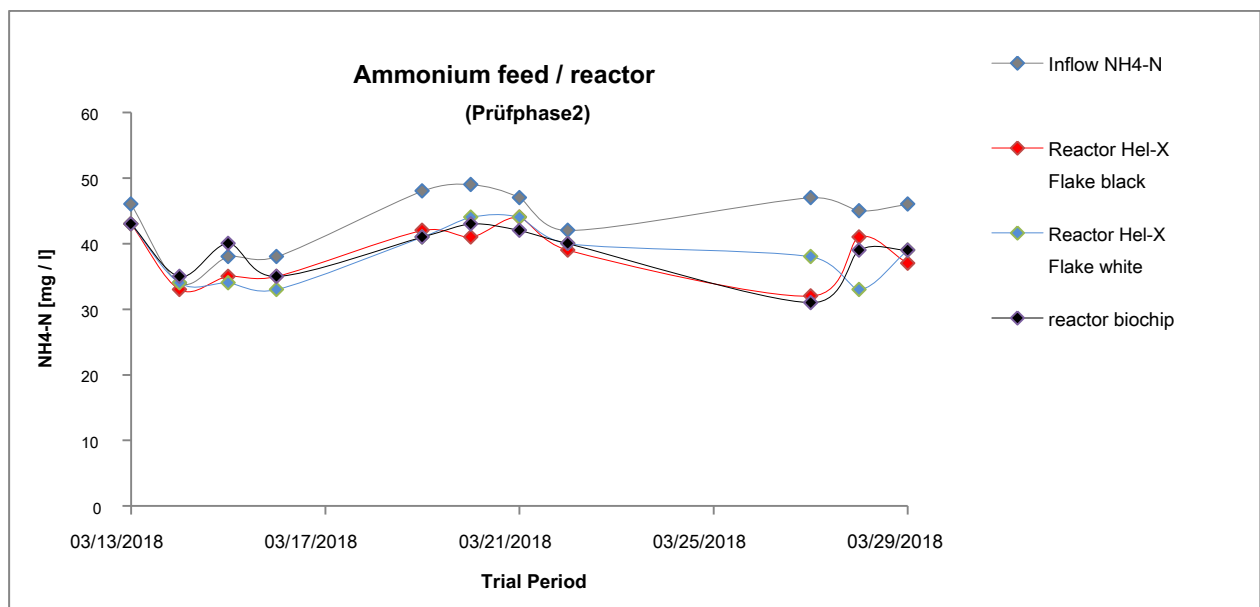


Figure 12: concentration of NH4-N in the feed and in the reactor during Prüfphase2

### 8.4 micrographs

In Figure 13, the overgrown pores of the black Hel-X Flake at end of test shown. It can be seen that the detected therein pores having a dense biofilm are overgrown and the light covered only by the fine-pored environment around the Main pores through.

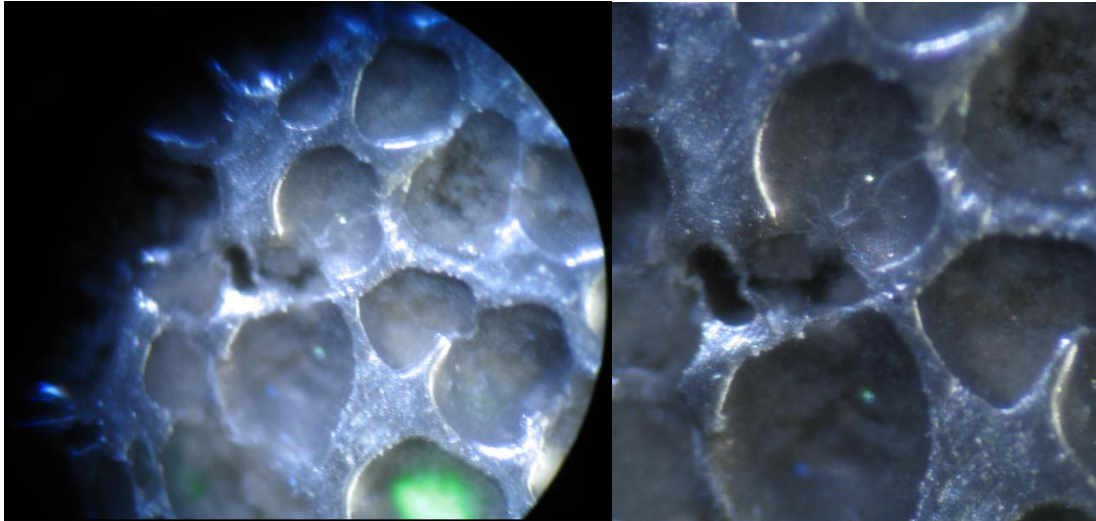


Figure 13: Surface Hel-X Flake black to test period (factor 100)

In Figure 14, the pores of the white Hel-X Flake are shown to test end.

It can be seen that when less dense white Hel-X Flake the fouling of the pores as appear in black. The vegetation has a light brown color, which means that no gefaulten areas are visible. Measurements gave values of pore sizes of around 0.8 mm. The fouling of the pores can thus be at layer thicknesses of estimated 0.2 mm.

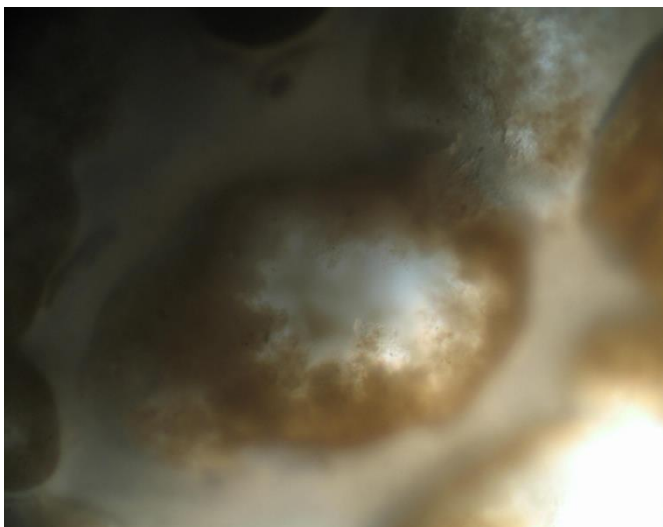


Figure 14: Surface Hel-X Flake white to test period (factor 100)

Figure 14 show the pores of the biochip at end of test. The pore size of the Biochip are also within the range of 0.8 mm. In the pictures can be seen that the vegetation is rather thinner than in the flakes to assess. It is approximately in Range of 0.1 mm.

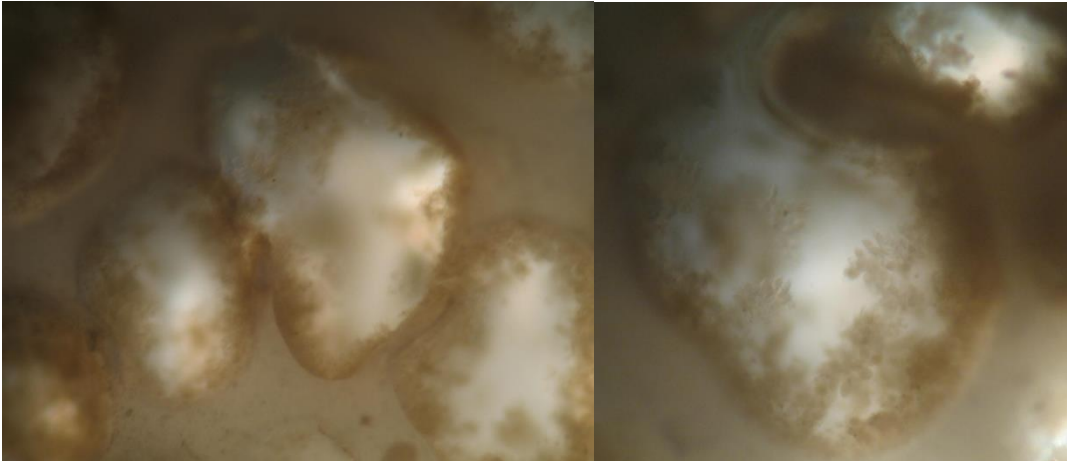


Figure 15: Surface biochip according to test period (factor 100)