



PRÜF- UND ENTWICKLUNGsinstitut FÜR ABWASSERTECHNIK AN DER RWTH
AACHEN E.V.

Abschlussbericht

„Anwendbarkeit der Trübungsmessung zur Feststellung der Hygienisierungsleistung von Kleinkläranlagen“

AZ IV – 9 – 042 1D1

für das



**Ministerium für
Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen**

Aachen, im Juni 2007

Dr.-Ing. Elmar Dorgeloh

Inhalt

1	Zusammenfassung	1
2	Veranlassung	2
3	Untersuchungen	3
4	Ergebnisse	8
4.1	Zusammenhang zwischen der Trübung des gereinigten Abwassers und dessen Gehalt an E.coli.....	9
4.1.1	Gesamtauswertung aller Anlagen.....	9
4.1.2	Kläranlagen mit Hygienisierung	11
4.1.3	Kläranlagen ohne Hygienisierung.....	15
4.2	Vergleich der Ergebnisse der Verfahren „Colilert-18/Quanti-Tray“ und „Compact Dry“	17
5	Fazit und Ausblick.....	19
	Literatur	20
	Anhang.....	21

Verzeichnis der Bilder

Bild 1: Probenahmehahn der Kleinkläranlage mit UV-Entkeimung	4
Bild 2: Beispiel eines Probenahmeschlauchs der Kleinkläranlagen mit Membranfiltration	4
Bild 3: Laborgeräte und –materialien für das Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahren.....	7
Bild 4: Platten mit Trockennährböden des Compact Dry-Verfahrens	7
Bild 5: Quanti-Tray des Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahrens nach einer Inkubationszeit von 18 Stunden bei Tageslicht (A) und unter Schwarzlicht (B)	7
Bild 6: Trockennährboden des Compact Dry-Verfahrens nach einer Inkubationszeit von 24 Stunden	8
Bild 7: Trübungs- und E.coli-Werte. Gesamtauswertung	10
Bild 8: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der Kleinkläranlage mit UV-Desinfektion	11
Bild 9: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der Kleinkläranlagen mit Membranfiltration	12
Bild 10: Anzahl von E.coli bei einer Trübung von 4 TE/F	14
Bild 11: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der Kleinkläranlagen ohne Hygienisierung	15
Bild 12: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers aus den Kleinkläranlagen ohne Hygienisierung	16
Bild 13: Vergleich der Verfahren „Compact Dry“ und „Colilert-18/Quanti-Tray“ bei E.coli-Werten unter 2.500 E.coli [1/100 ml]	17
Bild 14: Vergleich der Verfahren „Compact Dry“ und „Colilert-18/Quanti-Tray“ bei E.coli-Werten über 2.500 E.coli [1/100 ml]	17

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Beprobte Anlagen.....	5
Tabelle 2: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der Kleinkläranlage mit UV-Desinfektion	11
Tabelle 3: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der kleinen Kläranlage mit Membranfiltration.....	13

Tabelle 4: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der Kleinkläranlagen ohne Hygienisierung	15
--	----

1 Zusammenfassung

Kleinkläranlagen mit Hygienisierungsstufe sollen gemäß den Zulassungsgrundsätzen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) das Abwasser soweit hygienisieren, dass in 100 ml Ablaufwasser höchstens 100 fäkalkoliforme Keime enthalten sind. Für eine Einschätzung der Hygienisierungsleistung dieser Anlagen während der Wartung vor Ort, fordert das DIBt die Feststellung der Trübung des gereinigten Abwassers mit der Messung des spektralen Absorptionskoeffizienten (SAK) bei 520 nm. Ein Zusammenhang zwischen der Trübung des gereinigten Abwassers und dessen Gehalt an fäkalkoliformen Keimen ist jedoch weder wissenschaftlich belegt, noch wird er von Erfahrungswerten gestützt. Aus diesem Grunde wurde in diesem Forschungsvorhaben dieser Zusammenhang an neun Kleinkläranlagen und einer kleinen Kläranlage näher untersucht. Dazu wurden den Trübungswerten des gereinigten Abwassers der Kläranlagen die jeweiligen E.coli-Werte gegenübergestellt. Im Rahmen der Ermittlung der E.coli-Werte wurde zudem die Vergleichbarkeit der Bestimmungsverfahren „Colilert-18/Quanti-Tray“ und „Compact Dry“ untersucht.

Ergebnisse

- Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Trübung des gereinigten Abwassers und dessen Gehalt an fäkalkoliformen Keimen.
- Die Spannweite der Anzahl an E.coli ist in relativ engen Trübungsbereichen sehr hoch, so dass bei dem gleichen Trübungswert sehr unterschiedliche E.coli-Werte festgestellt werden konnten.
- Eine Tendenz zu erhöhten E.coli-Werten war bei Trübungswerten von > 10 TE/F zu erkennen.
- Die Ergebnisse der Verfahren „Colilert-18/Quanti-Tray“ und „Compact Dry“ haben eine ähnliche Tendenz und liegen bei niedrigen Werten eng beieinander.
- Das Compact Dry-Verfahren ist vor allem aus Kostengründen für eine Ersteinschätzung im Rahmen einer Anlagenwartung zu empfehlen.
- Für eine wasserrechtlich verwertbare Bestimmung von E.coli sollte das Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahren verwendet werden.

Empfehlung

Die vom DIBt geforderte Messung der Trübung des Ablaufwassers zur Feststellung der Hygienisierungsleistung von Kleinkläranlagen sollte durch eine Laboranalyse des Parameters E.coli ersetzt werden. Ein Verfahren mit Trockennährboden, wie das Compact Dry-Verfahren, ist qualitativ ausreichend.

2 Veranlassung

Hygienische Parameter treten im Zusammenhang mit der Reinigungsleistung von Kleinkläranlagen immer stärker in den Focus der Diskussion, da von mikrobiologischen Verunreinigungen Gefahren für die Umwelt ausgehen können. Vor allem der direkte Kontakt mit Abwasser, aber auch der indirekte Kontakt aufgrund der Weiterleitung von Krankheitserregern über Grund- und Oberflächengewässern, können gesundheitliche Konsequenzen für den Menschen zur Folge haben. Daher werden in ökologisch empfindlichen Gebieten sowie in Trinkwasserschutzgebieten, aber auch zum Zweck der Abwassernutzung, z.B. für die Bewässerung, Kläranlagen benötigt, die neben der Nährstoffelimination eine Hygienisierung des Abwassers ermöglichen.

Kleinkläranlagen mit zusätzlicher Hygienisierung (Klasse „+H“) sollen gemäß den Zulassungsgrundsätzen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) das Abwasser soweit hygienisieren, dass in 100 ml Ablaufwasser höchstens 100 faecal coliforme Keime enthalten sind (DIBT, 2006). Damit würden Reinigungsleistungen erreicht, die den Vorgaben der EU-Badegewässerrichtlinie und der DIN 19650 für die hygienischen Belange von Bewässerungswasser genügen (EWG, 1975; EG, 2006; DIN 19650, 1999). Die momentan eingesetzten Verfahren zur Hygienisierung von Abwasser in Kleinkläranlagen sind, abgesehen von naturnahen Verfahren, wie z.B. bewachsenen Bodenfiltern, zum einen die UV-Bestrahlung und zum anderen die Membranfiltration. Besonders häufig wird derzeit die Membranfiltration in verschiedenen technischen Variationen zur Hygienisierung des Abwassers in Kleinkläranlagen eingesetzt (GROBE et al., 2004). Ein wesentlicher Nachteil für Betreiber, deren Anlagen über eine Hygienisierung verfügen, ist in den hohen Analysekosten des Parameters „fäkalkoliforme Keime“ zu sehen. Nachteilig ist ebenfalls, dass diese Analysen ausschließlich in einem Labor durchführbar sind.

Um dennoch eine Einschätzung der Hygienisierungsleistung von Kleinkläranlagen während der Wartung vor Ort zu ermöglichen, fordert das DIBt in seinen Zulassungsgrundsätzen für allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Kleinkläranlagen bei Wartungen von Anlagen mit Hygienisierung die Feststellung der Trübung des gereinigten Abwassers mit der Messung des spektralen Absorptionskoeffizienten (SAK) bei 520 nm (DIBT, 2006). Das DIBt gibt jedoch keine Vorgaben oder Hinweise wie mit den ermittelten Trübungswerten verfahren werden soll. Es werden weder Grenz-

werte aufgeführt, noch wird dargelegt, in welcher Weise ein Zusammenhang zwischen der ermittelten Trübung des Ablaufwassers und der Hygienisierungsleistung der Kleinkläranlagen hergestellt werden kann.

Vor dem Hintergrund, dass es fraglich erscheint, Rückschlüsse auf die Hygienisierungsleistung einer Kleinkläranlage aufgrund der Trübung des Ablaufwassers der Anlagen zu ziehen, wurde der Entschluss gefasst, diesen Aspekt in einem Forschungsvorhaben zu untersuchen.

3 Untersuchungen

Nach Bewilligung des Vorhabens durch das MUNLV NRW mit Schreiben vom 23.11.2006 wurde im Dezember 2006 mit der Auswahl der zu untersuchenden Anlagen auf dem Prüffeld des PIA begonnen. Ab Januar 2007 sollten eine Anlage mit UV-Entkeimung und drei Anlagen mit Membranfiltration beprobt werden. Während erstgenannte Anlage bereits auf dem Prüffeld installiert war, mussten die Membrananlagen noch angeliefert werden. Im Januar musste jedoch festgestellt werden, dass sich deren Anlieferung verzögern würde. Vor allem wegen der verspäteten Anlieferung dieser Anlagen, aber auch aufgrund von Einschränkungen im Zuge der Anlagenprüfungen nach EN 12566 auf dem Prüffeld des PIA, konnte der geplante Zeitrahmen des Forschungsvorhabens nicht eingehalten werden. Eine kostenneutrale Verlängerung des Vorhabens um zwei Monate war daher unumgänglich. Ab Februar wurde zunächst nur mit der Beprobung der Anlage mit UV-Entkeimung begonnen. Hierbei handelte es sich um eine Belebungsanlage im Aufstaubetrieb (SBR-Anlage) mit nachgeschalteter UV-Hygienisierungsstufe, wobei die UV-Behandlung während der Phase des Klarwasserabzugs in einem geschlossenen Rohrsystem erfolgte. Die Probennahmen konnten problemlos an einem dafür vorgesehenen Probenahmehahn aus Edelstahl erfolgen, der vor jeder Probenahme abgeflammt wurde, um mikrobiologische Verunreinigung zu eliminieren (Bild 1).



Bild 1: Probenahmehahn der Kleinkläranlage mit UV-Entkeimung

Ab Mitte März konnten auch die Membrananlagen auf dem Prüffeld des PIA in die Untersuchungen mit einbezogen werden. Deren Reinigungssystem basierte auf dem Belebungsverfahren mit anschließender Membranfiltration, wobei als Membranen gebündelte Hohlfasern verwendet wurden. Die Beprobungen dieser Anlagen wurden während der Einfahrphase vorgenommen, um den für das Forschungsvorhaben positiven Effekt hoher Trübungs- und E-coli-Werte zu gewährleisten. Während der Einfahrphase waren die Membranmodule noch nicht in den automatischen Betrieb der Anlagen integriert, so dass die Membranmodule für die Probennahmen jeweils per Hand eingeschaltet werden mussten. Die Membranmodule waren somit nur einmal täglich in Betrieb, wodurch eine Biofilmbildung auf der Membranoberfläche begünstigt und damit die Reinigungsleistung gemindert wurde. Da noch kein ordnungsgemäßer Probenahmehahn installiert war, mussten die Proben Plastikschläuchen entnommen werden, in denen aufgrund ihrer Länge von ca. einem Meter und aufgrund der Unmöglichkeit einer Abflammung der Schlauchöffnung eine Rückverkeimung begünstigt wurde (Bild 2).



Bild 2: Beispiel eines Probenahmeschlauchs der Kleinkläranlagen mit Membranfiltration

Für die Untersuchung einer Membrananlage in Normalbetrieb wurde zusätzlich eine extern betriebene kleine Kläranlage mit Membranfiltration zur Analyse hinzugezogen. Diese mit Plattenmembranen betriebene Anlage war mit 8 m³ Volumen wesentlich größer ausgelegt, als eine übliche Kleinkläranlage, auf die Untersuchungen hatte dies jedoch keinen Einfluss.

Um hohe Trübungs- und sehr hohe E.coli-Werte miteinander vergleichen zu können, wurden ebenfalls 5 Kleinkläranlagen ohne Hygienisierung untersucht. Hierbei handelte es sich um 2 Scheibentauchkörperanlagen, 2 Anlagen mit getauchtem Festbett und eine Belebungsanlage. Die Proben wurden hierbei dem Ablauf der Nachklärungen entnommen. Die dabei ermittelten Ergebnisse wurden aufgrund des wesentlich höheren Niveaus separat von den Ergebnissen der übrigen Anlagen ausgewertet. Alle beprobten Anlagen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Beprobte Anlagen

Nr.	Kläranlagentyp	Reinigungsverfahren	Art der Hygienisierung	Anzahl der Proben	Verwertbare Proben
1	Kleinkläranlage	SBR-Anlage	UV	14	12
2	Kleinkläranlage	Belebungsanlage	Membran	9	9
3	Kleinkläranlage	Belebungsanlage	Membran	6	3
4	Kleinkläranlage	Belebungsanlage	Membran	9	7
5	Kleine Kläranlage	Belebungsanlage	Membran	10	10
6	Kleinkläranlage	Belebungsanlage	-	8	2
7	Kleinkläranlage	Scheibentauchkörper	-	8	6
8	Kleinkläranlage	Scheibentauchkörper	-	4	3
9	Kleinkläranlage	Getauchtes Festbett	-	5	1
10	Kleinkläranlage	Getauchtes Festbett	-	5	0
Gesamt				78	53

Von den insgesamt 78 Analysen, die durchgeführt wurden, mussten 25 Ergebnisse verworfen werden. Der Hauptgrund hierfür ist, dass in einigen Fällen die E.coli-Werte den Messbereich des eingesetzten Analyseverfahrens „Colilert-18/Quanti-Tray“ überschritten. Die für die betroffenen Anlagen daraufhin vorgenommenen Verdünnungen der Abwasserproben mussten zum Teil so hoch angesetzt werden, dass auch diese Ergebnisse aufgrund von Ungenauigkeiten verworfen werden mussten. Davon betroffen waren insbesondere Abwasserproben aus den Kleinkläranlagen ohne Hygienisierung.

Für die quantitative Bestimmung von E.coli wurde das Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahren eingesetzt (Bild 3). Jede Probe wurde zusätzlich parallel mit dem Compact Dry-Verfahren (Bild 4) analysiert, um die beiden Methoden miteinander vergleichen zu können. Beim Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahren wird die Anzahl von E.coli durch die Aktivität der Enzyme β -Galaktosidase und β -Glucuronidase ermittelt. Das in die Abwasserproben zugesetzte Trockenmedium Colilert-18 bewirkt bei Anwesenheit von E.coli durch die Enzymaktivitäten eine Gelbfärbung und eine Fluoreszierung des Abwassers (Bild 5). Nach einer Inkubationszeit von 18 Stunden bei $36\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ kann mit Hilfe von Schwarzlicht und einer Most Probable Number-Tabelle (Anhang 1) die wahrscheinlichste Anzahl von E.coli ermittelt werden (IDEXX, 2007). Beim Compact Dry-Verfahren wird die Anzahl von E.coli mit Hilfe des chromogenen Enzymsubstrates X-Gluc auf speziellen Platten sichtbar gemacht. Nach einer Inkubationszeit von 24 Stunden bei $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ kann anhand der Auszählung von blau gefärbten Bakterienkolonien die Anzahl von E.coli ermittelt werden (Bild 6).



Bild 3: Laborgeräte und -materialien für das Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahren



Bild 4: Platten mit Trockennährböden des Compact Dry-Verfahrens

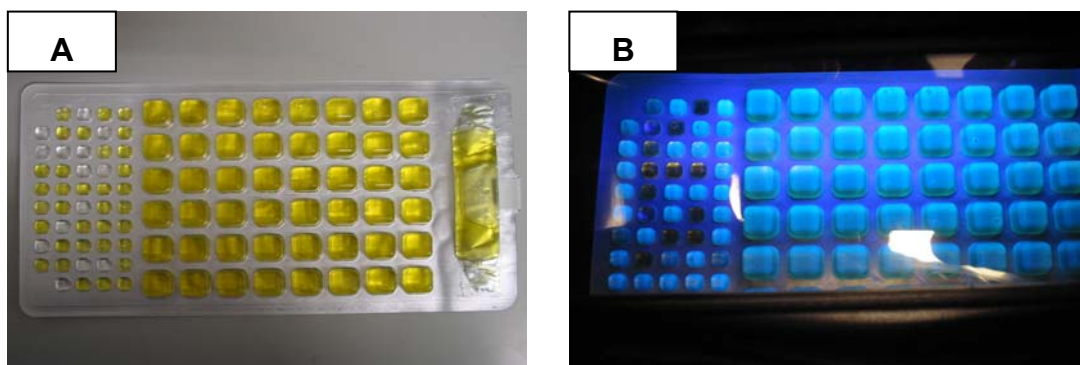


Bild 5: Quanti-Tray des Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahrens nach einer Inkubationszeit von 18 Stunden bei Tageslicht (A) und unter Schwarzlicht (B)

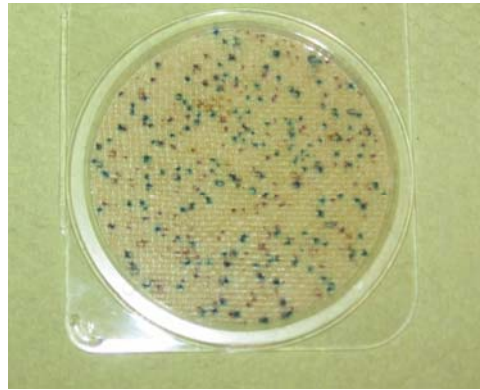


Bild 6: Trockennährboden des Compact Dry-Verfahrens nach einer Inkubationszeit von 24 Stunden

Das Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahren ist gegenüber dem Compact Dry-Verfahren wesentlich teurer und mit mehr Aufwand verbunden, liefert jedoch genauere Ergebnisse und ist als Alternativverfahren gemäß Trinkwasserverordnung anerkannt (IDEXX 2007).

Die Feststellung der Abwassertrübung erfolgte mit einem Photometer bei einer Wellenlänge von 520 nm mit Rechteck-Küvetten. Die Messung beruht auf der Spektralphotometrie, mittels derer die Absorption des Lichtes, das eine Flüssigkeit durchstrahlt, festgestellt wird. Von dem hierzu eingesetzten Photometer wurden die Trübungswerte in der Trübungseinheit Formazin (TE/F) ausgegeben.

4 Ergebnisse

Im Folgenden wird zunächst auf den Zusammenhang zwischen der Trübung des gereinigten Abwassers und dessen Gehalt an E.coli eingegangen (Kapitel 4.1). Dabei werden nach der Darstellung der Gesamtauswertung zunächst die Kläranlagen mit Hygienisierung und daran anschließend die Kläranlagen ohne Hygienisierung betrachtet. Abschließend wird auf den Vergleich der Ergebnisse der Verfahren „Colilert-18/Quanti-Tray“ und „Compact Dry“ eingegangen (Kapitel 4.2).

4.1 Zusammenhang zwischen der Trübung des gereinigten Abwassers und dessen Gehalt an E.coli

4.1.1 Gesamtauswertung aller Anlagen

Insgesamt wurde das Ablaufwasser von 9 Kleinkläranlagen und 1 kleinen Kläranlage untersucht, wobei letztendlich 53 Abwasserproben für die Auswertung genutzt werden konnten. 34 % der Abwasserproben konnten den vom DIBt geforderten Grenzwert von 100 E.coli in 100 ml Ablaufwasser bei Anlagen mit Hygienisierung einhalten (Bild 7). Die übrigen 66 % lagen zum Teil weit über diesem Wert, was unter anderem damit zu erklären ist, dass in diese Auswertung Abwasserproben aus Anlagen ohne Hygienisierung mit einbezogen wurden und daher auch hohe E.coli-Werte zu erwarten waren. Mit einem Korrelationswert von 0,49 war ein mittlerer Zusammenhang zwischen der Trübung des Ablaufwassers und dessen Gehalt an E.coli festzustellen. Jedoch wies der Großteil der Abwasserproben, die über dem oben definierten Grenzwert lagen, ähnliche oder geringere Trübungswerte auf, wie die Abwasserproben, die den Grenzwert einhielten. Dies galt insbesondere für Proben mit 200 bis 2.240 E.coli [1/100 ml]. Berücksichtigte man ausschließlich die Abwasserproben mit einer E.coli-Anzahl von maximal 2.420, deren Anteil 66 % der Gesamtproben ausmachten, erhielt man einen Korrelationswert von nur 0,03 und damit das Resultat eines kaum vorhandenen Zusammenhangs zwischen der Trübung und dem Gehalt an E.coli im Ablaufwasser. Der Korrelationswert von 0,49 bei der Betrachtung aller Proben, war vor allem mit den hohen Trübungswerten bei einigen Proben mit einer E.coli-Anzahl von über 2.420 [1/100 ml] zu begründen.

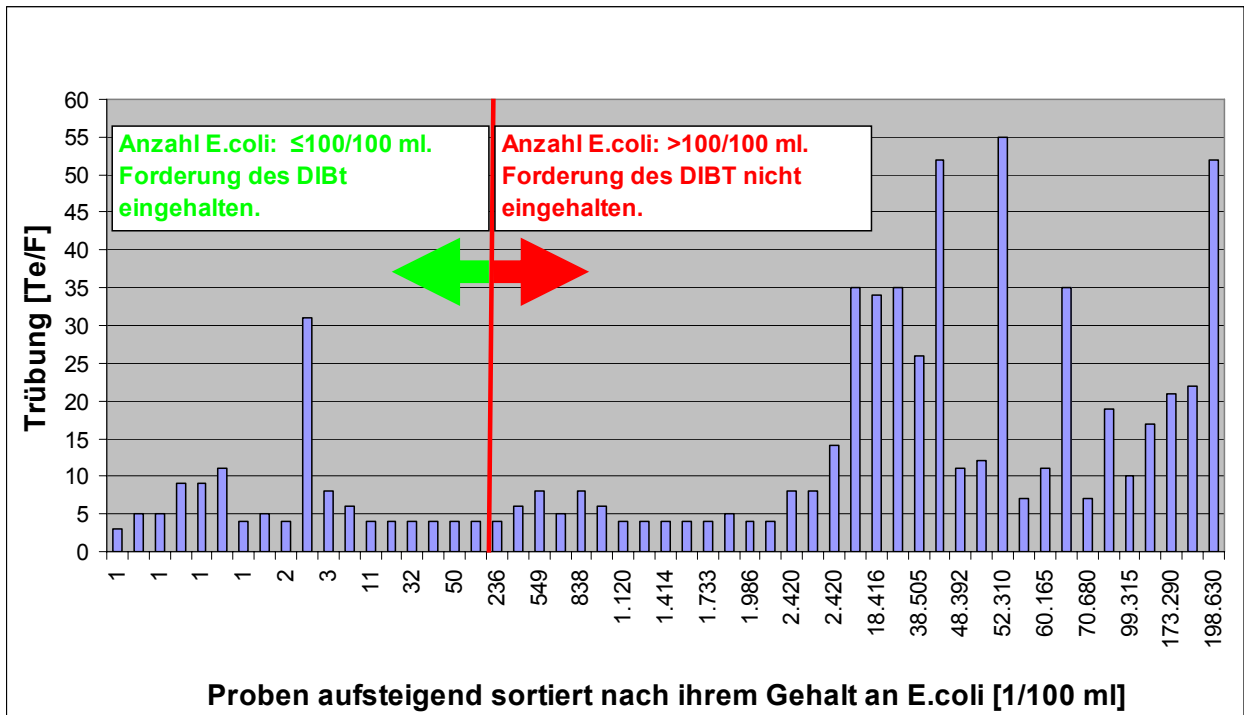


Bild 7: Trübungs- und E.coli-Werte. Gesamtauswertung

Bild 7 zeigt, dass aufgrund der Trübung des Ablaufwassers keine sichere Aussage bezüglich dessen Gehaltes an E.coli getroffen werden kann. So wurden Trübungswerte von unter 5 TE/F sowohl bei E.coli-Werten von 1 [1/100 ml], als auch bei E.coli-Werten von 2.420 [1/100 ml] festgestellt. Als Beispiel für die große Spannweite an E.coli-Werten in relativ engen Trübungsbereichen sei der Bereich zwischen 6 TE/F und 11 TE/F genannt, in dem E.coli-Werte von 1 bis 99.315 [1/100 ml] festgestellt wurden. Eine Tendenz zu erhöhten E.coli-Werten war bei Trübungswerten von > 10 TE/F zu erkennen. 79 % der Proben mit Trübungswerten von > 10 TE/F wiesen Werte von über 18.000 E.coli [1/100 ml] auf und 89 % dieser Proben lagen über den vom DIBt geforderten Wert von 100 E.coli [1/100 ml]. Abwassertrübungen von über 10 TE/F waren zwar relativ häufig mit hohen E.coli-Werten verbunden, eine sichere Aussage bezüglich des Zusammenhangs der beiden Parameter Trübung und Gehalt an E.coli im Ablaufwasser von Kläranlagen lässt sich aber nicht treffen.

4.1.2 Kläranlagen mit Hygienisierung

Für die Untersuchung des Ablaufwassers aus Kläranlagen mit Hygienisierung wurde zunächst eine Kleinkläranlage mit UV-Desinfektion beprobt. In Tabelle 2 und Bild 8 sind die ermittelten Trübungs- und E.coli-Werte im Ablaufwasser dieser Anlage dargestellt.

Tabelle 2: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der Kleinkläranlage mit UV-Desinfektion

Probenr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Trübung [TE/F]	4	5	5	5	3	4	9	31	6	8	9	11
E.coli [1/100ml]	2	1	1	1	1	1	1	2	4	3	1	1

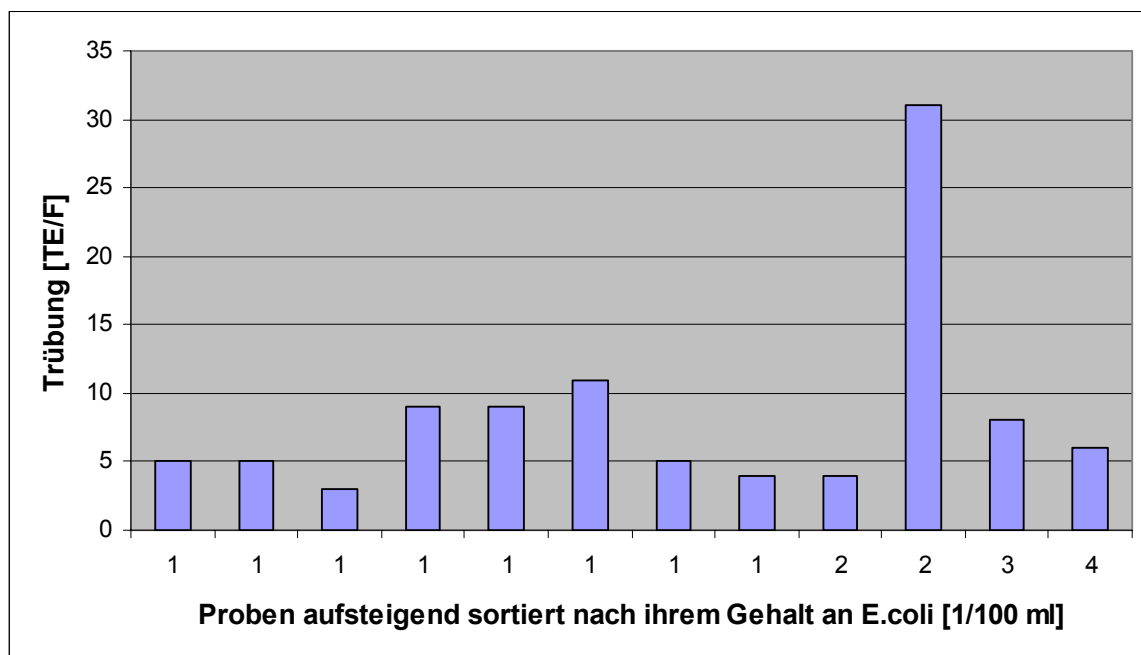


Bild 8: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der Kleinkläranlage mit UV-Desinfektion

Die Proben der Kleinkläranlage mit UV-Desinfektion wiesen überwiegend Trübungswerte von unter 12 TE/F auf. Nur bei einer Probe wurde ein erhöhter Trübungswert von 31 TE/F festgestellt, wobei dies nicht mit einem erhöhten E.coli-Wert verbunden

war. Mit E.coli-Werten von unter 5 E.coli [1/100 ml] bei allen Proben war die Reinigungsleistung dieser Anlage sehr gut.

Ebenfalls auf dem Prüffeld des PIA installiert waren 3 Kleinkläranlagen mit Membranfiltration, die während ihrer Einfahrphase beprobt wurden, um für die Untersuchungen höhere Trübungs- und E.coli-Werte zu erhalten. Unter anderem aus diesem Grund lagen alle Proben über dem vom DIBt geforderten Wert von 100 E.coli [1/100 ml] (Bild 9). Die ermittelten Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der Stärke der Trübung des Ablaufwassers keine Aussage zu dessen Gehalt an E. coli getroffen werden kann. Im Trübungsbereich von 5 TE/F bis 10 TE/F wurden E.coli-werte von 425 bis 99.315 [1/100 ml] gemessen.

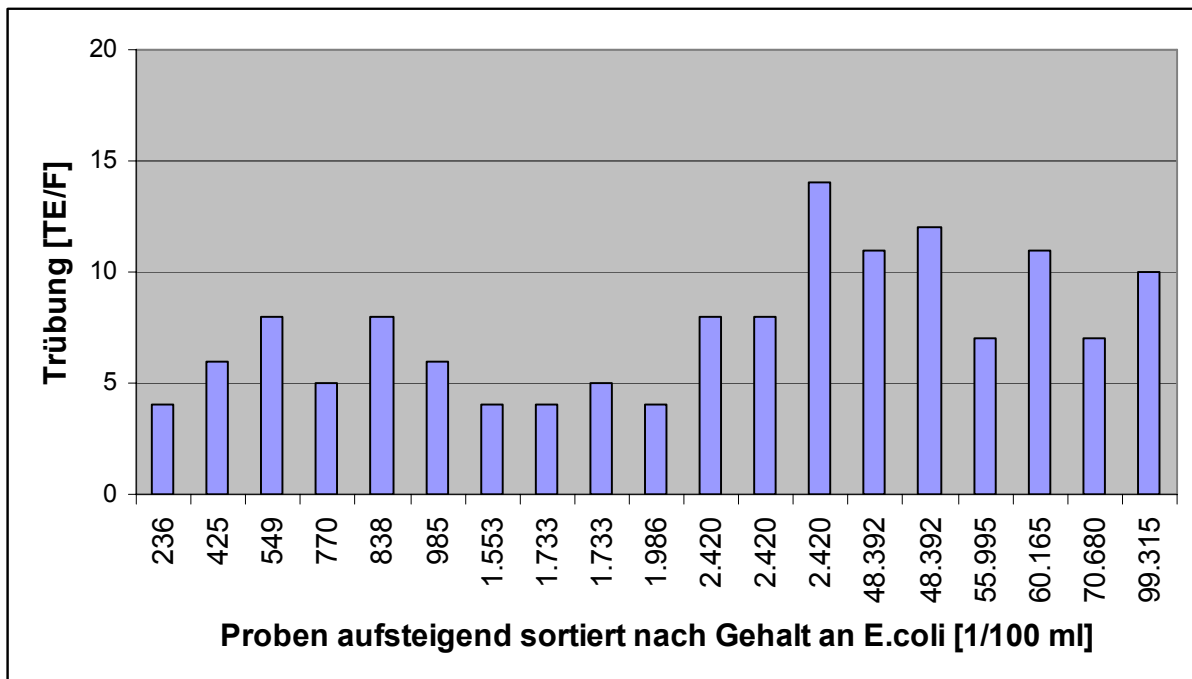


Bild 9: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der Kleinkläranlagen mit Membranfiltration

Für die Untersuchung von Abwasserproben einer Membrananlage in Normalbetrieb, wurde gegen Ende der Versuchsreihen eine extern betriebene, kleine Kläranlage mit Membranfiltration in die Untersuchung einbezogen. Die Tabelle 3 zeigt die ermittelten Trübungs- und E.coli-Werte für das Ablaufwasser dieser Anlage.

Tabelle 3: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der kleinen Kläranlage mit Membranfiltration

Probenr.	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Trübung [TE/F]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E. coli [1/100ml]	11	20	32	34	50	61	1.120	1.300	1.414	2.420

Die kleine Kläranlage mit Membranfiltration hatte mit einem durchgehend ermittelten Trübungswert von 4 TE/F und mit E.coli-Werten von unter 62 E.coli [1/100 ml] bei mehr als der Hälfte der Proben sehr gute Ablaufwerte. Die stark erhöhten E.coli-Werte bei den vier letzten Proben sind mit dem Zeitpunkt der Probenahme und mit der Ausführung der Probenahmestelle zu erklären. Der Pumpzyklus der Membranpumpe war so eingestellt, dass auf 8 Minuten Betrieb, 2 Minuten Pause folgten. Das gereinigte Abwasser musste vom Membranmodul bis zur Probenahmestelle einen Fließweg von über 2 Metern in einem Kunststoffschlauch zurücklegen, so dass in den Pausenphasen zwischen dem Pumpbetrieb eine Rückverkeimung in diesem Kunststoffschlauch erfolgte. Die erhöhten E.coli-Werte in den vier letzten Proben sind damit zu erklären, dass das Abwasser jeweils unmittelbar zu Beginn des Pumpbetriebs entnommen wurde und es daher über einen Zeitraum von 2 Minuten einer Rückverkeimung im Kunststoffschlauch ausgesetzt war. Die Proben mit niedrigen E.coli-Werten wurden zum Ende des Pumpbetriebes entnommen, nachdem das rückverkeimte Abwasser abgeflossen war. Es kann davon ausgegangen werden, dass mittels einer ordnungsgemäßen Probenahmestelle kontinuierlich sehr gute Ablaufwerte zu erwarten sind.

Besonders die Ablaufwerte dieser Anlage verdeutlichen den Nichtzusammenhang der beiden Parameter Trübung und E.coli. Während die Trübungswerte konstant bei 4 TE/F lagen, schwankten die E.coli-Werte zwischen 11 und 2.420 E.coli [1/100 ml].

Bei der Gesamtbetrachtung der Ergebnisse aller Kläranlagen mit Hygienisierung, konnte mit einem Korrelationswert von $r = 0,2$ ein geringer Zusammenhang zwischen der Trübung des Ablaufwassers und dessen Gehalt an E.coli festgestellt werden. Dieser rein rechnerisch ermittelte Zusammenhang wird jedoch bei näherer Betrachtung der Ergebnisse abgeschwächt. In Bild 9 wird exemplarisch für den in der ge-

samten Untersuchung am häufigsten aufgetretenen Trübungswert von 4 TE/F die Spannweite der bei diesem Wert gemessenen E.coli-Werte aufgezeigt. Bei dem insgesamt sechzehnmal auftretenden Trübungswert von 4 TE/F wurden E.coli-Werte zwischen 1 und 2.420 [1/100 ml] ermittelt, was auf einen Nichtzusammenhang der Parameter Trübung und E.coli schließen läßt.

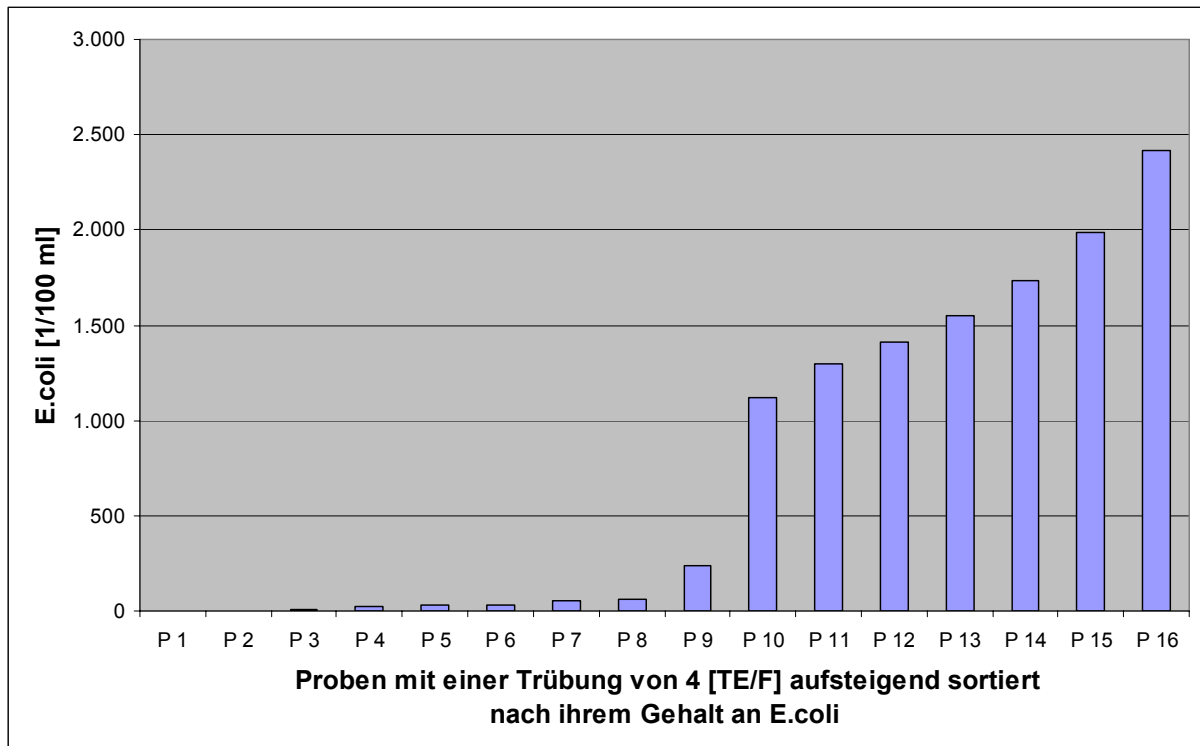


Bild 10: Anzahl von E.coli bei einer Trübung von 4 TE/F

4.1.3 Kläranlagen ohne Hygienisierung

Für die Erfassung hoher E.coli- und sehr hoher Trübungswerte wurden 5 Kleinkläranlagen ohne Hygienisierung in die Untersuchung mit einbezogen. Die aus deren Be-
probung ermittelten Analyseergebnisse sind in Tabelle 4 und Bild 11 dargestellt.

Tabelle 4: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der Kleinkläranlagen ohne Hygienisierung

Probennr.	Trübung [TE/F]	E. coli [1/100ml]	Probennr.	Trübung [TE/F]	E. coli [1/100ml]
1	35	6.770	7	35	60.165
2	34	18.416	8	19	98.040
3	35	20.980	9	17	141.360
4	26	38.505	10	21	173.290
5	52	46.040	11	52	198.630
6	55	52.310	12	22	198.630

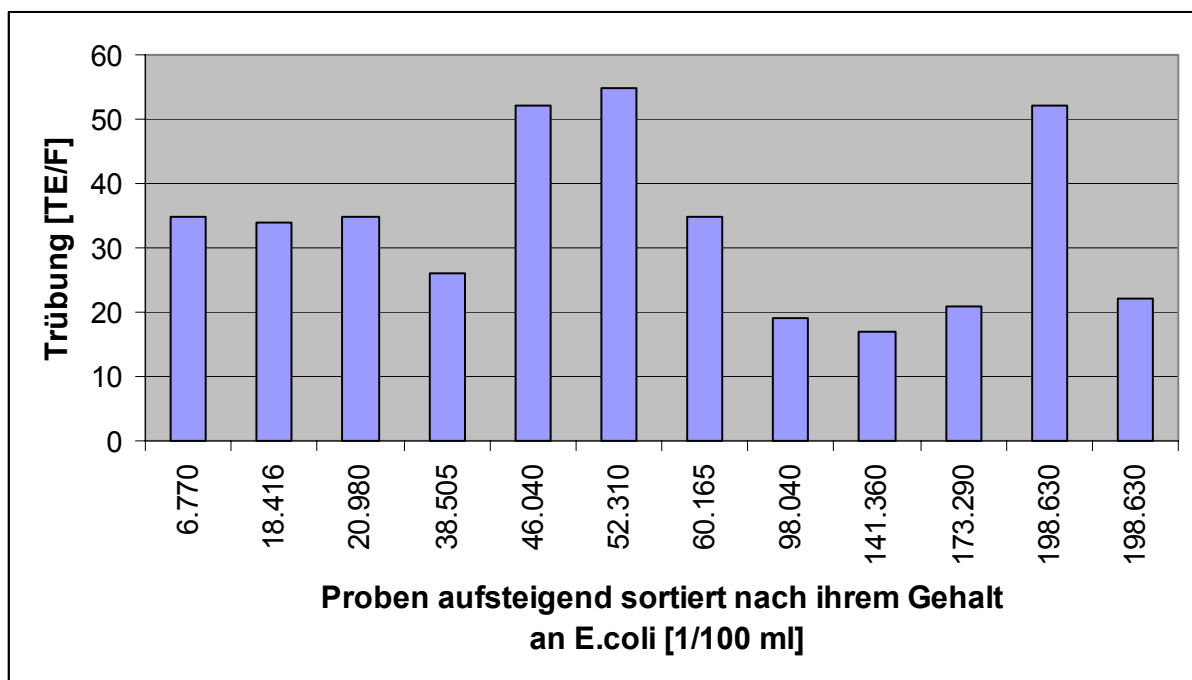


Bild 11: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers der Kleinkläranlagen ohne Hygienisierung

Der aus den Messwerten ermittelte Korrelationswert von $-0,26$ demonstriert, dass kein positiver Zusammenhang zwischen den beiden Parametern Trübung und E.coli bestand. Der ermittelte negative Zusammenhang verdeutlicht, dass steigende Trübungswerte keineswegs mit ebenfalls steigender E.coli-Anzahl verbunden sind.

Das Bild 10 veranschaulicht, dass in relativ engen Trübungsbereichen, große Unterschiede bezüglich der Anzahl von E.coli aufgetreten sind. Feld A beschreibt beispielhaft den Trübungsbereich zwischen 17 und 26 TE/F, in dem E.coli-Werte von 38.505 bis 198.630 [1/100 ml] gemessen wurden.

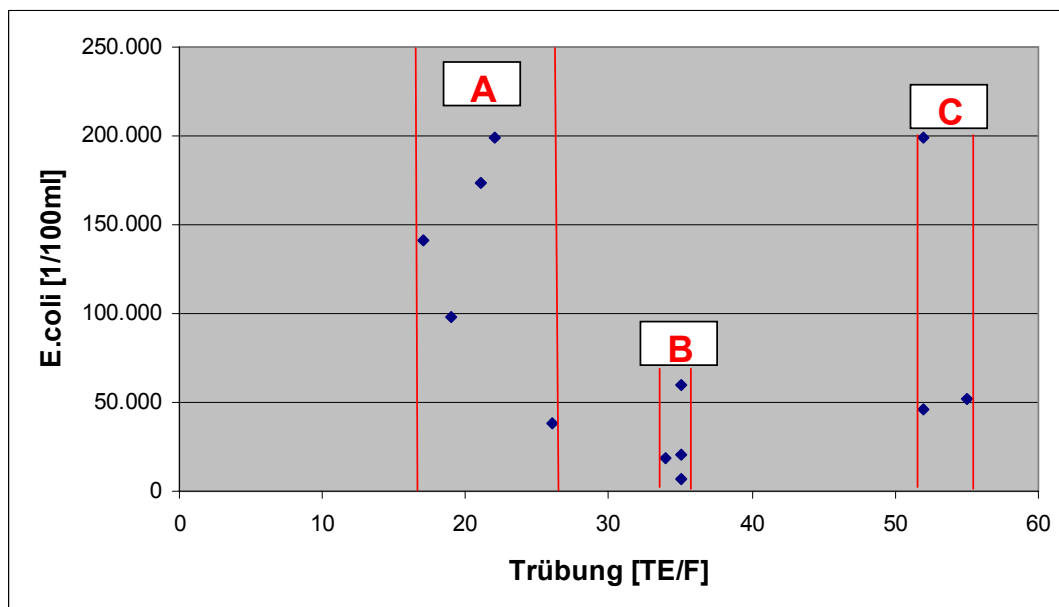


Bild 12: Trübungs- und E.coli-Werte des gereinigten Abwassers aus den Kleinkläranlagen ohne Hygienisierung

4.2 Vergleich der Ergebnisse der Verfahren „Colilert-18/Quanti-Tray“ und „Compact Dry“

Obwohl die Ergebnisse der Verfahren „Colilert-18/Quanti-Tray“ und „Compact Dry“ nicht genau übereinstimmen, zeigen sie eine ähnliche Tendenz und liegen besonders bei niedrigen Werten eng beieinander (Bilder 13 und 14).

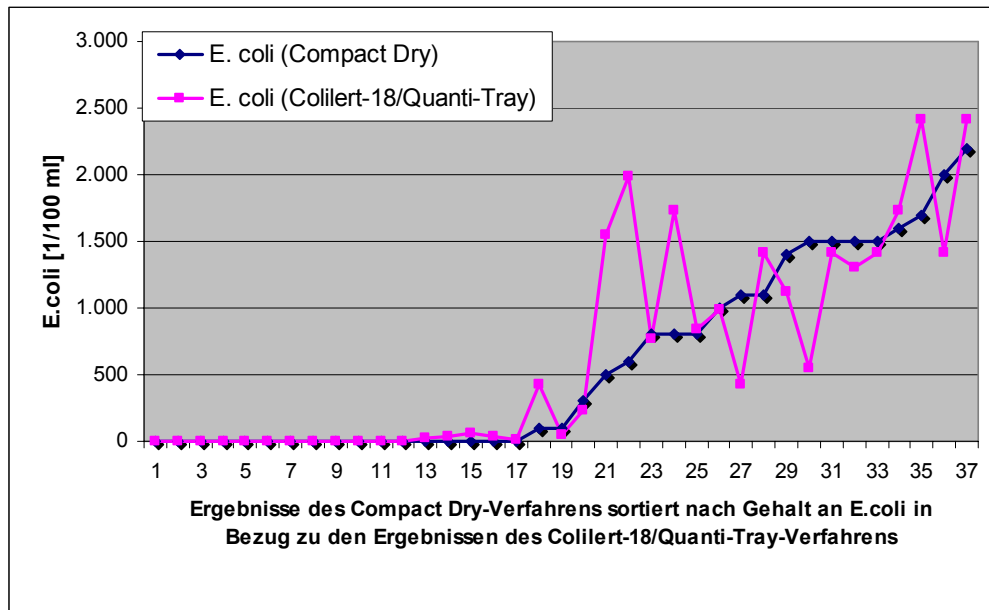


Bild 13: Vergleich der Verfahren „Compact Dry“ und „Colilert-18/Quanti-Tray“ bei E.coli-Werten unter 2.500 E.coli [1/100 ml]

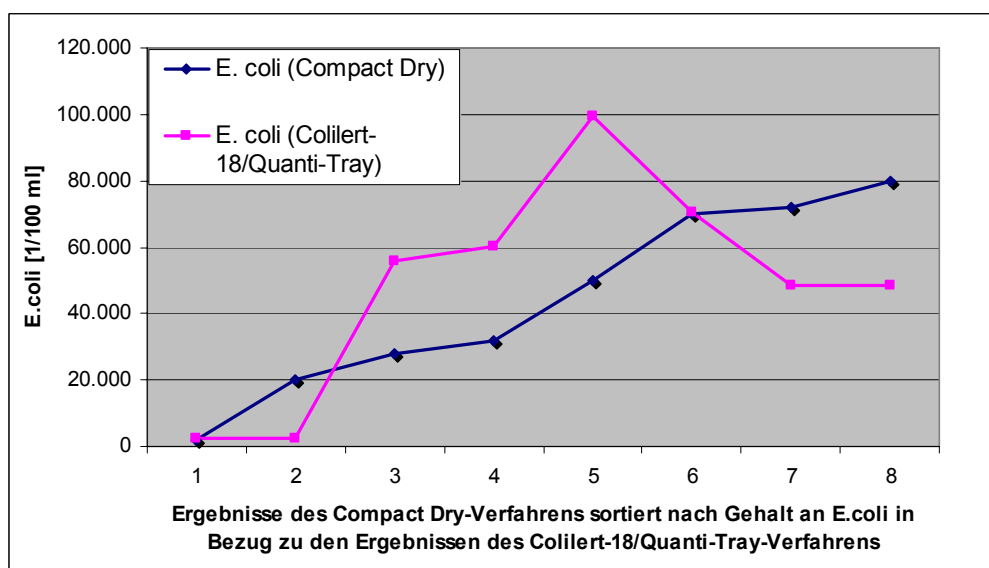


Bild 14: Vergleich der Verfahren „Compact Dry“ und „Colilert-18/Quanti-Tray“ bei E.coli-Werten über 2.500 E.coli [1/100 ml]

Für die Überprüfung des vom DIBt geforderten Grenzwertes von ≤ 100 E.coli je 100 ml gereinigtem Abwasser bei Anlagen mit Hygienisierung, sind sowohl das Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahren, als auch das Compact Dry-Verfahren geeignet. Letzteres ist besonders für eine Ersteinschätzung im Rahmen einer Anlagenwartung zu empfehlen. Das Ablesen der E.coli-Kolonien auf den bei diesem Verfahren eingesetzten Platten ist besonders bei niedrigen Werten schnell und problemlos durchzuführen. Da die Platten mit nur einem Milliliter Abwasser benetzt werden, zeigen schon 2 E.coli-Kolonien eine Überschreitung des Grenzwertes an. Hohe Werte müssen daher für eine Ersteinschätzung nicht ausgezählt werden. Weitere Vorteile dieses Verfahrens sind vor allem in den kostengünstigen Laborgeräten- und Materialien, in dem geringen Platzbedarf sowie in der einfachen Handhabung zu sehen. Der gegenüber dem Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahren zu verzeichnende Nachteil einer um 6 Stunden längeren Inkubationszeit ist vernachlässigbar. Für eine genauere und wasserrechtlich verwertbare Analyse sollte hingegen das Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahren verwendet werden.

5 Fazit und Ausblick

Auf Grundlage der in diesem Forschungsvorhaben gewonnenen Erkenntnisse, erscheint die in den Zulassungsgrundsätzen für allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Kleinkläranlagen des DIBt geforderte Messung der Trübung des gereinigten Abwassers zur Feststellung der Hygienisierungsleistung im Rahmen der Kleinkläranlagenwartung nicht sinnvoll. Es konnte gezeigt werden, dass kein Zusammenhang zwischen der Trübung des gereinigten Abwassers und dessen Gehalt an E.coli besteht. Bei sämtlichen untersuchten Kläranlagen war die Spannweite der Anzahl an E.coli in relativ engen Trübungsbereichen sehr hoch. Es wurden bei gleichen Trübungswerten sehr unterschiedliche E.coli-Werte ermittelt.

Die Feststellung der Hygienisierungsleistung von Kleinkläranlagen sollte durch ein anderes Verfahren erfolgen. So könnte der Umweg über die nicht sinnvolle Messung der Abwassertrübung durch eine direkte Messung der mikrobiologischen Verunreinigung im Labor ersetzt werden. Vor dem Hintergrund einer Analysepflicht weiterer Parameter im Labor, wie z.B. CSB und Stickstoff, könnte bei den entsprechenden Kleinkläranlagen zusätzlich eine Analyse des Parameters E.coli erfolgen. Zwar wäre damit keine vor-Ort Bestimmung und damit auch keine direkte Behebung eventueller Störungen möglich, doch würde die Hygienisierungsleistung der Anlagen genau und ohne Umweg festgestellt werden. Das Forschungsvorhaben konnte belegen, dass bei Verwendung des Analyseverfahrens „Compact Dry“ eine im Rahmen der Kleinkläranlagenwartung qualitativ ausreichende Bestimmung von E.coli mit geringen Kosten und geringem Aufwand möglich ist.

Literatur

DIBT (2006): Zulassungsgrundsätze für allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Kleinkläranlagen (Stand Februar 2006), Berlin

DIN 19650 (1999): Hygienische Belange von Bewässerungswasser, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin

EG (2006): EU-Badegewässerrichtlinie, Richtlinie 2006/7/EG vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung und zur Aufhebung der Richtlinie 76/160/EWG

EWG (1975): EU-Badegewässerrichtlinie, Richtlinie 76/160/EWG vom 8. Dezember 1975 über die Qualität der Badegewässer, Änderungen 1991.

GROBE, S. et al. (2004): Untersuchungen zum Einfluss des Alterungsprozesses der Membranen in einer Membranbioreaktoranlage auf die Rückhaltung hygienisch relevanter Keime aus häuslichem Abwasser. In: Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, 16. Norddeutsche Fachtagung für Abwasserwirtschaft und Gewässerschutz TUHH, Hamburg

IDEXX (2007): Colilert-18/Quanti-Tray-Standardarbeitsanweisung. Online im Internet: http://www.idexx.com/water/refs/LabAccreditationSOP_DE.pdf (Stand: 18.06.2007)

IDEXX (2007): Umweltbundesamt nimmt Colilert®-18 / Quanti-Tray® in die Liste zugelassener alternativer Testmethoden auf. Online im Internet: http://www.idexx.com/water/refs/GermanApproval_De.pdf (Stand: 23.06.2007)

Anhang

Anhang 1: Ausschnitt aus der MPN-Tabelle zur Bestimmung der wahrscheinlichsten Anzahl von E.coli beim Colilert-18/Quanti-Tray-Verfahren

# Positiven Großen Vertiefungen	IDEXX Quanti-Tray */2000 MPN-Tabelle																
	# Positiven Kleinen Vertiefungen																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	<1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.1	15.1	16.1
1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	13.2	14.2	15.2	16.2	17.3
2	2.0	3.0	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.2	10.2	11.2	12.2	13.3	14.3	15.4	16.4	17.4	18.5
3	3.1	4.1	5.1	6.1	7.2	8.2	9.2	10.3	11.3	12.4	13.4	14.5	15.5	16.5	17.6	18.6	19.7
4	4.1	5.2	6.2	7.2	8.3	9.3	10.4	11.4	12.5	13.5	14.6	15.6	16.7	17.8	18.8	19.9	21.0
5	5.2	6.3	7.3	8.4	9.4	10.5	11.5	12.6	13.7	14.7	15.8	16.9	17.9	19.0	20.1	21.2	22.2
6	6.3	7.4	8.4	9.5	10.6	11.6	12.7	13.8	14.9	16.0	17.0	18.1	19.2	20.3	21.4	22.5	23.6
7	7.5	8.5	9.6	10.7	11.8	12.8	13.9	15.0	16.1	17.2	18.3	19.4	20.5	21.6	22.7	23.8	24.9
8	8.6	9.7	10.8	11.9	13.0	14.1	15.2	16.3	17.4	18.5	19.6	20.7	21.8	22.9	24.1	25.2	26.3
9	9.8	10.9	12.0	13.1	14.2	15.3	16.4	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.2	24.3	25.4	26.6	27.7
10	11.0	12.1	13.2	14.4	15.5	16.6	17.7	18.9	20.0	21.1	22.3	23.4	24.6	25.7	26.9	28.0	29.2
11	12.2	13.4	14.5	15.6	16.8	17.9	19.1	20.2	21.4	22.5	23.7	24.8	26.0	27.2	28.3	29.5	30.7
12	13.5	14.6	15.8	16.9	18.1	19.3	20.4	21.6	22.8	23.9	25.1	26.3	27.5	28.6	29.8	31.0	32.2
13	14.8	16.0	17.1	18.3	19.5	20.6	21.8	23.0	24.2	25.4	26.6	27.8	29.0	30.2	31.4	32.6	33.8
14	16.1	17.3	18.5	19.7	20.9	22.1	23.3	24.5	25.7	26.9	28.1	29.3	30.5	31.7	33.0	34.2	35.4
15	17.5	18.7	19.9	21.1	22.3	23.5	24.7	25.9	27.2	28.4	29.6	30.9	32.1	33.3	34.6	35.8	37.1
16	18.9	20.1	21.3	22.6	23.8	25.0	26.2	27.5	28.7	30.0	31.2	32.5	33.7	35.0	36.3	37.5	38.8
17	20.3	21.6	22.8	24.1	25.3	26.6	27.8	29.1	30.3	31.6	32.9	34.1	35.4	36.7	38.0	39.3	40.6
18	21.8	23.1	24.3	25.6	26.9	28.1	29.4	30.7	32.0	33.3	34.6	35.9	37.2	38.5	39.8	41.1	42.4
19	23.3	24.6	25.9	27.2	28.5	29.8	31.1	32.4	33.7	35.0	36.3	37.6	39.0	40.3	41.6	43.0	44.3
20	24.9	26.2	27.5	28.8	30.1	31.5	32.8	34.1	35.4	36.8	38.1	39.5	40.8	42.2	43.6	44.9	46.3
21	26.5	27.9	29.2	30.5	31.8	33.2	34.5	35.9	37.3	38.6	40.0	41.4	42.8	44.1	45.5	46.9	48.4
22	28.2	29.5	30.9	32.3	33.6	35.0	36.4	37.7	39.1	40.5	41.9	43.3	44.8	46.2	47.6	49.0	50.5
23	29.9	31.3	32.7	34.1	35.5	36.8	38.3	39.7	41.1	42.5	43.9	45.4	46.8	48.3	49.7	51.2	52.7
24	31.7	33.1	34.5	35.9	37.3	38.8	40.2	41.7	43.1	44.6	46.0	47.5	49.0	50.5	52.0	53.5	55.0
25	33.6	35.0	36.4	37.9	39.3	40.8	42.2	43.7	45.2	46.7	48.2	49.7	51.2	52.7	54.3	55.8	57.3
26	35.5	36.9	38.4	39.9	41.4	42.8	44.3	45.9	47.4	48.9	50.4	52.0	53.5	55.1	56.7	58.2	59.8
27	37.4	38.9	40.4	42.0	43.5	45.0	46.5	48.1	49.6	51.2	52.8	54.4	56.0	57.6	59.2	60.8	62.4
28	39.5	41.0	42.6	44.1	45.7	47.3	48.8	50.4	52.0	53.6	55.2	56.9	58.5	60.2	61.8	63.5	65.2
29	41.7	43.2	44.8	46.4	48.0	49.6	51.2	52.8	54.5	56.1	57.8	59.5	61.2	62.9	64.6	66.3	68.0
30	43.9	45.5	47.1	48.7	50.4	52.0	53.7	55.4	57.1	58.8	60.5	62.2	64.0	65.7	67.5	69.3	71.0
31	46.2	47.9	49.5	51.2	52.9	54.6	56.3	58.1	59.8	61.6	63.3	65.1	66.9	68.7	70.5	72.4	74.2
32	48.7	50.4	52.1	53.8	55.6	57.3	59.1	60.9	62.7	64.5	66.3	68.2	70.0	71.9	73.8	75.7	77.6
33	51.2	53.0	54.8	56.5	58.3	60.2	62.0	63.8	65.7	67.6	69.5	71.4	73.3	75.2	77.2	79.2	81.2
34	53.9	55.7	57.6	59.4	61.3	63.1	65.0	67.0	68.9	70.8	72.8	74.8	76.8	78.8	80.8	82.9	85.0
35	56.8	58.6	60.5	62.4	64.4	66.3	68.3	70.3	72.3	74.3	76.3	78.4	80.5	82.6	84.7	86.9	89.1
36	59.8	61.7	63.7	65.7	67.7	69.7	71.7	73.8	75.9	78.0	80.1	82.3	84.5	86.7	88.9	91.2	93.5
37	62.9	65.0	67.0	69.1	71.2	73.3	75.4	77.6	79.8	82.0	84.2	86.5	88.8	91.1	93.4	95.8	98.2
38	66.3	68.4	70.6	72.7	74.9	77.1	79.4	81.6	83.9	86.2	88.6	91.0	93.4	95.8	98.3	100.8	103.4
39	70.0	72.2	74.4	76.7	78.9	81.3	83.6	86.0	88.4	90.9	93.4	95.9	98.4	101.0	103.6	106.3	109.0
40	73.8	76.2	78.5	80.9	83.3	85.7	88.2	90.8	93.3	95.9	98.5	101.2	103.9	106.7	109.5	112.4	115.3
41	78.0	80.5	83.0	85.5	88.0	90.6	93.3	95.9	98.7	101.4	104.3	107.1	110.0	113.0	116.0	119.1	122.2
42	82.6	85.2	87.8	90.5	93.2	96.0	98.8	101.7	104.6	107.6	110.6	113.7	116.9	120.1	123.4	126.7	130.1
43	87.6	90.4	93.2	96.0	99.0	101.9	105.0	108.1	111.2	114.5	117.8	121.1	124.6	128.1	131.7	135.4	139.1
44	93.1	96.1	99.1	102.2	105.4	108.6	111.9	115.3	118.7	122.3	125.9	129.6	133.4	137.4	141.4	145.5	149.7
45	99.3	102.5	105.8	109.2	112.6	116.2	119.8	123.6	127.4	131.4	135.4	139.6	143.9	148.3	152.9	157.6	162.4
46	106.3	109.8	113.4	117.2	121.0	125.0	129.1	133.3	137.6	142.1	146.7	151.5	156.5	161.6	167.0	172.5	178.2
47	114.3	118.3	122.4	126.6	130.9	135.4	140.1	145.0	150.0	155.3	160.7	166.4	172.3	178.5	185.0	191.8	198.9
48	123.9	128.4	133.1	137.9	143.0	148.3	153.9	159.7	165.8	172.2	178.9	186.0	193.5	201.4	209.8	218.7	228.2
49	135.5	140.8	146.4	152.3	158.5	165.0	172.0	179.3	187.2	195.6	204.6	214.3	224.7	235.9	248.1	261.3	275.5

06-03202-03

9/15

*Quanti-Tray ist entweder eine Schutzmarke oder eine eingetragene Schutzmarke von IDEXX Laboratories, Inc. in den Vereinigten Staaten und/oder in anderen Ländern. Geschützt

06-03202-03

9/15

*Quanti-Tray ist entweder eine Schutzmarke oder eine eingetragene Schutzmarke von IDEXX Laboratories, Inc. in den Vereinigten Staaten und/oder in anderen Ländern. Geschützt