

Feinrechen in der Abwasserreinigung

Thomas Uckschies

Entsorgungsverband Saar / Dr. Uckschies Consult

Abstract: Das im Rohabwasser enthaltene Rechengut verursacht bei seiner unzureichenden Entfernung durch die mechanische Reinigungsstufe eine Vielzahl von Problemen im weiteren Reinigungsprozess. Als Beispiele seien hier auf Verzopfungen an Kabeln, Pumpenblockaden u.ä. verwiesen. Der Einsatz von Feinrechen auf Kläranlagen ist daher ein fester Bestandteil der Abwasserreinigung.

Das Betriebsergebnis von Feinrechenanlagen wird durch viele Faktoren bestimmt. Naheliegend ist die Betrachtung der auf der Kläranlage herrschenden Bedingungen im Rechengerinne, wie z.B. Fließgeschwindigkeit oder Anströmung der Feinrechenanlage. Darüber hinaus beeinflussen aber auch die Gegebenheiten im jeweiligen Einzugsgebiet einer Kläranlage oder vorgeschaltete Verfahrensstufen die betriebliche Leistung einer jeden Feinrechenanlage.

Zu diesen Einflussfaktoren zählen bei Kanalnetzen im Mischsystem zum Beispiel die Bauwerke der Regenwasserbehandlung, insbesondere die den Kläranlagen direkt vorgeschalteten Stauräume. Weiterhin von Bedeutung sind den Feinrechen vorgeschaltete Grobrechenanlagen.

Die Berücksichtigung dieser Faktoren ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Erneuerung bzw. Neukonzeption einer Feinrechenanlage.

Key Words: Feinrechen, Auslegung, Rechengutanfall, Fließgeschwindigkeit, Störungs- und Wartungszeiten

1 Grundlagen der Rechendimensionierung

Die Auslegung von Feinrechen erfolgt nach dem Grundsatz, die Passage einer definierten Rohabwassermenge mit den enthaltenen Grobstoffen durch ein Stab- oder Lochgitter sicherzustellen. Hierbei werden mittels Größenausschlussverfahren die Grobstoffe entsprechend der Trenngrenze des Trennelementes des jeweils eingesetzten Feinrechens zurückgehalten (mechanisches Stofftrennverfahren [1] bei der Fest-Flüssigtrennung). Dabei darf weder das Rechengerinne überstaut noch die Notumgehung an Anspruch genommen werden. Mag dies in der Theorie noch einfach sein, so stellen die Zusammensetzung des Rohabwassers

oder das stoßweise Auftreten von Grobstoffen ein ernstzunehmendes Problem für die Betreiber von Kläranlagen dar.

Da sowohl die Rechenanlage als auch die Einrichtungen zur weiteren Rechengutbehandlung eine verfahrenstechnische Einheit darstellen, müssen auch diese Peripherieaggregate (z.B. Förderer, Rechengutpressen etc.) alle auftretenden Belastungen sicher bewältigen können.

Grundsätzlich gilt aber, dass es kaum möglich ist, alle Eventualitäten zu berücksichtigen oder einen 100%-ig störungsfreien Betrieb zu gewährleisten. Voraussetzung für das Erreichen dieses Zieles ist eine vorbehaltlose Zusammenarbeit zwischen Kläranlagenbetreibern, Planern und Rechenherstellern.

1.1 Randbedingungen für die Dimensionierung von Feinrechenanlagen

1.1.1 Technische Randbedingungen

Folgende Randbedingungen sollten für die Dimensionierung von Feinrechenanlagen bekannt bzw. einvernehmlich festgelegt sein:

Randbedingungen des Einzugsgebietes und vorgeschaltete Aggregate

Bereits die jeweiligen Randbedingungen des Einzugsgebietes (z.B. Trenn- oder Mischsystem, direkt vorgeschaltete Stauräume, Wald- oder Parkflächen etc.) und eventuell vorgeschaltete Aggregate wie Geröllfänge und Grobrechen beeinflussen das Betriebsergebnis von Feinrechenanlagen.

Abwassermenge je Rechen und Varianz im Tagesgang

Die genaue Kenntnis der Abwassermengenvarianz ist für die Ermittlung der Fließgeschwindigkeit bei verschiedenen Betriebszuständen wichtig.

Rechengutmenge

Die Rechengutmenge beeinflusst neben der Auslegung der peripheren Aggregate auch die Belegung des Trennelementes und damit auch den Stauzuschlag bzw. Gefällsverlust und somit die Fließgeschwindigkeit im Rechengerinne.

Gerinnegestaltung

Die Gestaltung des Gerinnes, d.h. dessen Geometrie, Gefälle und Querschnitt, haben erheblichen Einfluss auf die Fließgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Wassermengen.

Fließgeschwindigkeit im Rechengerinne

Die Fließgeschwindigkeit im Gerinne hat, wie die weiteren Ausführungen zeigen werden, maßgeblichen Einfluss auf die Störungshäufigkeit und auch auf die Rechengutelimination.

Art des Feinrechens

Die frühzeitig zu treffende Entscheidung für ein bestimmtes Funktionsprinzip des Feinrechens hat auch wegen der Räumgeschwindigkeit des Aggregates eminenten Einfluss auf den Stauverlust.

Spalt- beziehungsweise Lochweite

Die Spalt- oder Lochweite des Feinrechens hat Einfluss auf die zu erwartende Rechengutmenge und den Stauzuschlag / Gefällsverlust des Rechens.

Stauzuschlag / Gefällsverlust mit Berücksichtigung der Belegung und evtl. Rückstau im Rechenablauf

Der Stauzuschlag unter Einbeziehung der Belegung ist, da die Rechensteuerung in aller Regel über eine einstellbare Wasserspiegeldifferenzmessung erfolgt, vor allem für die Festlegung der Höhenpunkte und die Höhenlage von Umgehungsschwellen von Bedeutung.

Wirksame Rechenfläche mit Berücksichtigung der Belegung und eventuellem Rückstau im Rechenablauf

Die wirksame Rechenfläche stellt die Rechenrostfläche dar, die effektiv für die Rechengutelimination zur Verfügung steht. Es versteht sich von selbst, dass auch hier Belegung und eventuelle hydraulische Besonderheiten mit einbezogen werden müssen.

1.1.2 Finanzielle Randbedingungen

Oft beeinflusst der zur Verfügung stehende finanzielle Rahmen die Auswahl einer Feinrechenanlage. An dieser Stelle muss aber klar herausgestellt werden, dass immer der eigentliche Zweck, nämlich die Rechengutelimination, im Vordergrund stehen muss. Weiterhin von Bedeutung ist die Betriebssicherheit einer Feinrechenanlage, denn wenn sie betriebssicher und wartungsarm arbeitet, entstehen auch keine feinrechenbezogenen Zusatzkosten. Energie- und Kapitalkosten sind nach der Anschaffung einer Feinrechenanlage kaum beeinflussbar, siehe auch Abbildung 1:

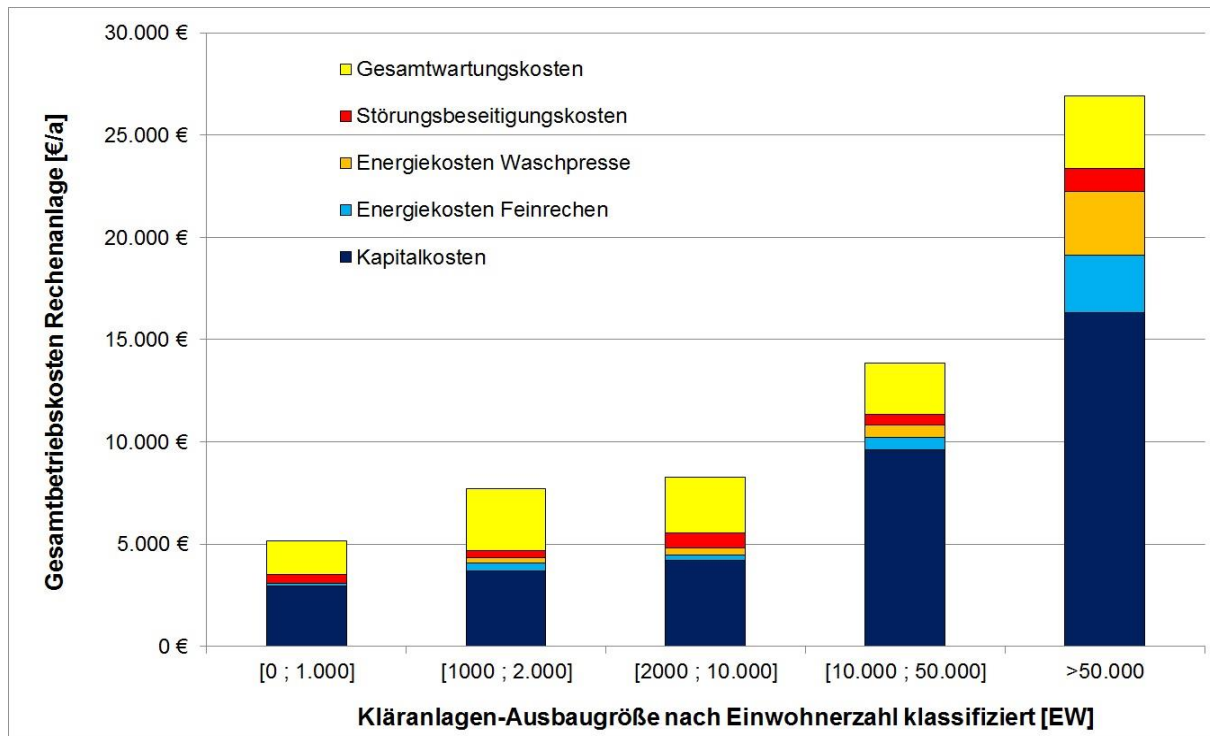


Abbildung 1: Kostenstruktur der Gesamtbetriebskosten einer Feinrechenanlage

Der Betrieb von Abwasserbehandlungsanlagen erfordert den Einsatz finanzieller Mittel, die in aller Regel über die Abwassergebühr gegenfinanziert werden. Nach einer diesbezüglichen Auswertung [2] entfallen dabei auf die Kostengruppen Energiekosten und Personalkosten jeweils 30 % der Jahresbetriebskosten einer Abwasserreinigungsanlage.

Im Einzelnen fallen **objektspezifische Betriebs- und Instandhaltungskosten** – verursacht von einzelnen Objekten und somit Verfahrensteilen zuordenbar – und **anlagenspezifische Betriebskosten** – als Gemeinkosten der Anlage keinem konkreten Objekt zuordenbar – an, die wie folgt aufzuteilen sind [3]:

- objektspezifische Betriebs- und Instandhaltungskosten:
 - Energiekosten
 - Instandhaltungskosten
 - Stoffkosten
- anlagenspezifische Betriebskosten:
 - Personalkosten
 - Kosten aus der Abwasserabgabe
 - Kosten der Reststoffentsorgung

Da die Reststoffentsorgung jedoch allein auf Grund der Herkunft der im Reinigungsprozess eliminierten Reststoffe durchaus einer Verfahrensstufe

zugeordnet werden kann, muss diese Einteilung in Zweifel gezogen werden. Die Reststoffentsorgung muss als Bestandteil der objektspezifischen Betriebs- und Instandhaltungskosten angesehen werden. Die Entsorgungskosten für das aus dem Rohabwasser eliminierte Rechengut sind standortspezifisch als konstanter Kostenfaktor anzusetzen.

Je kleiner die Ausbaugröße der Abwasserreinigungsanlage ist, desto größer sind die zuflussspezifischen und einwohnerwertspezifischen Betriebskosten der Rechengutelimination. Diese Kosten bestimmen somit maßgeblich das Betriebsergebnis von Feinrechen. Für das Betriebsergebnis von Feinrechen sind vor allem ein gutes Ergebnis bei der Rechengutelimination und eine möglichst geringe Personalbindung an diese Verfahrensstufe (Zeitaufwand Störungsbeseitigung und Wartung) von Bedeutung.

Die Kapitalkosten sind nach Abbildung 1 anteilmäßig der größte Posten bei den Gesamtbetriebskosten einer Feinrechenanlage (gewählter Ansatz: Abschreibungszeitraum 15 Jahre, Zinssatz 3 %). Sie sind jedoch nach der Anschaffung des Feinrechens nur buchhalterisch z.B. über eine längere Abschreibung beeinflussbar.

Die Energiekosten für den Betrieb der Feinrechenanlage spielen hingegen eine untergeordnete Rolle. Die Laufzeit der Antriebe ist im Vergleich zu anderen Aggregaten gering und die Antriebsleistung der Motoren sehr klein. Setzt man die Anteile der Verfahrensstufen an den Jahresgesamtkosten für Energie bei den heute üblichen Kläranlagen mit Belebungsverfahren mit 100% an, so entfallen lediglich 1% auf die Rechen [4]. Damit wird eine Beeinflussung dieses Teils der objektspezifischen Kosten, z.B. durch Einsatz energieeffizienterer Antriebe, keine spürbare Veränderung bei den Gesamtkosten ergeben.

Daher verbleiben allein die Störungsbeseitigungs- und Wartungskosten, die durch den entstehenden Zeitaufwand im Wesentlichen Personalkosten beinhalten, als die alleinig beeinflussbare Kostenkomponente erhalten. Aus diesem Grund darf eine Entscheidung für einen bestimmten Feinrechentyp nicht ausschließlich auf der Basis der Investitionskosten getroffen werden.

2 Kapazitätserweiterung einer Feinrechenanlage

2.1 Eigenschaften des Einzugsgebietes und Rechengutanfall

Das Einzugsgebiet einer Kläranlage ist bestimmend für den Rechengutanfall an der Rechenanlage. Dabei spielen sowohl die Art des Entwässerungssystems als auch die geografische Lage eine große Bedeutung. Aber auch die Struktur und die

Ausbaugröße der Kläranlage bestimmen den Rechengutanfall, wie die nachfolgende Tabelle 1 zeigt:

Tabelle 1: Einwohnerspezifischer Rechengutanfall, klassifiziert nach Ausbaugrößen der Kläranlagen mit Minima, Maxima und Mittelwerten, Datenbasis in Klammern

Ausbaugröße	Rechengutanfall gepresst [l/(EW×a)]		
	Minimum	Mittelwert	Maximum
Größenklasse 1 (58)	0,2	2,7	12,7
Größenklasse 2 (26)	0,7	4,3	11,9
Größenklasse 3 (32)	0,4	4,0	19,8
Größenklasse 4 (101)	0,3	2,9	12,2
Größenklasse 5 (19)	0,3	2,1	7,2
bis 1 TEW (58)	0,2	2,7	12,7
1 TEW – 2 TEW (26)	0,7	4,3	11,9
2 TEW – 10 TEW (46)	0,4	3,3	19,8
10 TEW – 50 TEW (83)	0,3	3,0	10,1
ab 50 TEW (37)	0,3	2,5	12,2

Hinzu kommen saisonale Einflüsse, die in jedem Einzugsgebiet verschieden sind.

Daher ist die Kalkulation des Rechengutanfalls [6] im Vorfeld sehr schwierig, aber unter bestimmten Voraussetzungen möglich, [7], [8]. Nach wie vor mit großen Unwägbarkeiten behaftet ist die Kalkulation von Stoßbelastungen.

2.2 Vorgeschaltete Verfahrensstufen

Vorgeschaltete Verfahrensstufen wie Geröllfänge oder Grobrechen beeinflussen die Störungshäufigkeit und den Wartungsaufwand von Feinrechen positiv. Dies ist einfach erklärbar, denn sehr große oder mineralische Abwasserbestandteile sind die Hauptursachen für Störungen oder den Verschleiß von Feinrechenanlagen.

Dabei ist aber stets zu berücksichtigen, dass Geröllfänge die Personalbindung an die Feinrechenanlage im Mittel nur um rund 13 h/a senken. Auch ein der Feinrechenanlage vorgeschalteter Grobrechen beeinflusst die Personalbindung an den Feinrechen positiv. In Kombination mit einem Geröllfang sinkt die jährliche Personalbindung an den Feinrechen im Mittel um weitere 7 h/a. In der Abbildung 2 wird dies gegenübergestellt.

Inwieweit die erforderlichen Aufwendungen zur Entleerung oder Re-Investitionen bei technischen Einrichtungen diesen Zeit- und Kostenvorteil überwiegen, muss daher jeweils im Einzelfall beurteilt werden.

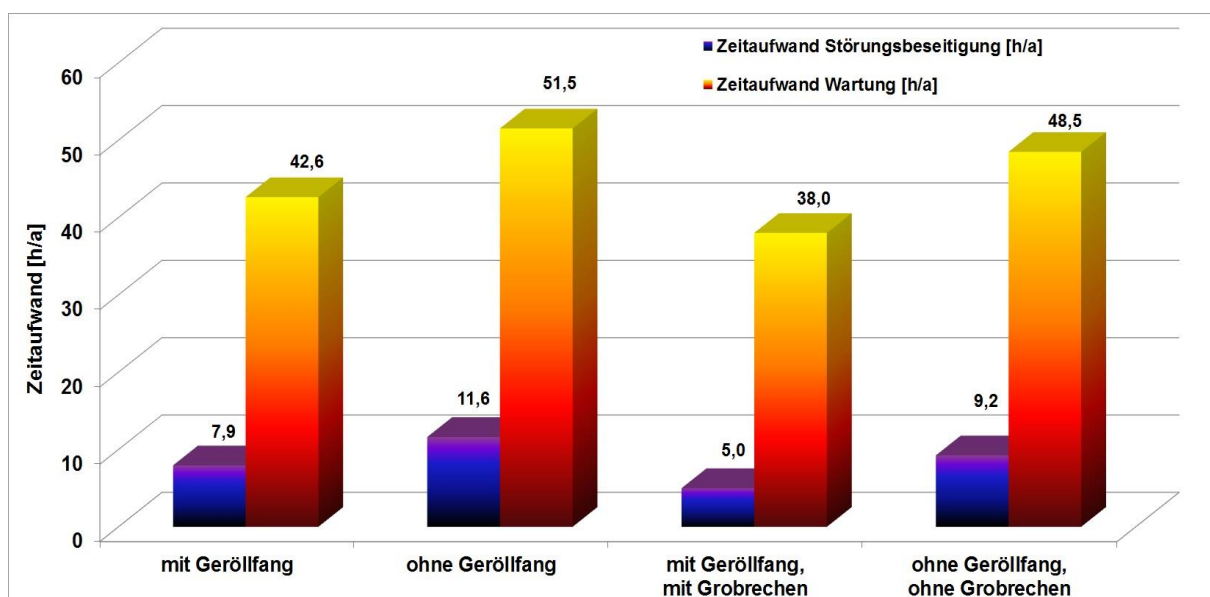


Abbildung 2: Einfluss von Geröllfang und Grobrechen auf die Personalbindung an den Feinrechen

Sind der Kläranlage große Stauräume zur Mischwasserbehandlung direkt vorgeschaltet, sollte der Einsatz von Geröllfängen und Grobrechen zumindest in Erwägung gezogen werden.

2.3 Fließgeschwindigkeit im Feinrechenzulauf

Die Fließgeschwindigkeit im Zulauf zur Feinrechenanlage ist einer der wesentlichsten Faktoren für ein gutes Betriebsergebnis von Feinrechenanlagen, wie die Abbildung 3 zeigt.

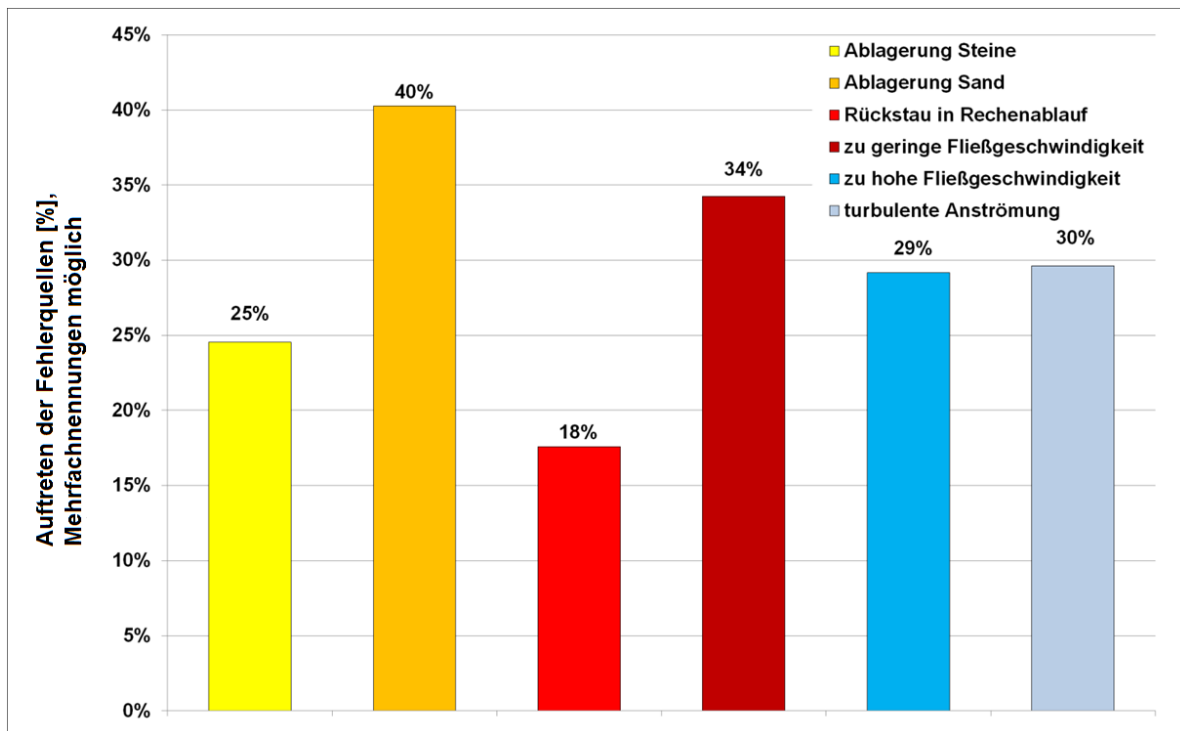


Abbildung 3: Auftreten wichtiger Fehlerquellen (218 Kläranlagen = 100%)

Aus der Abbildung 3 ist neben der Häufigkeit der Fehlerquellen auch sehr gut der Zusammenhang zwischen B – der Sedimentation von Sand (40%) und D – zu geringer Zulaufgeschwindigkeit (34%) als Ursache dafür zu erkennen. Zudem korreliert eine zu hohe Fließgeschwindigkeit (E, 29%) sehr gut mit der sehr häufig verbundenen turbulenten Anströmung der Feinrechenanlage (F, 30%).

Zudem bestimmt die Fließgeschwindigkeit im Zulauf zur Feinrechenanlage in erheblichem Maß die aus dem Rohabwasser eliminierte Menge an Rechengut. Da sie direkt vom Zulaufvolumenstrom abhängig ist, kommt der Gestaltung des Feinrechengerinnes eine sehr große Bedeutung zu.

Verschiedene Auswertungen haben gezeigt, dass beim maximalen Trockenwetterzufluss zur Kläranlage eine Fließgeschwindigkeit im Zulauf zum Feinrechen um 0,5 m/s erreicht werden sollte. Gerade bei Kläranlagen im Mischsystem ist es sehr schwer, für jeden Volumenstrom eine optimale Fließgeschwindigkeit zu erreichen. Dies stellt sehr hohe Anforderungen an die Gerinnemodellierung, wie im Abschnitt 2.7 noch aufgezeigt wird.

Auch der Räumzyklus der Rechenanlage beeinflusst die Fließgeschwindigkeit deutlich, wie die Abbildung 4 zeigt:

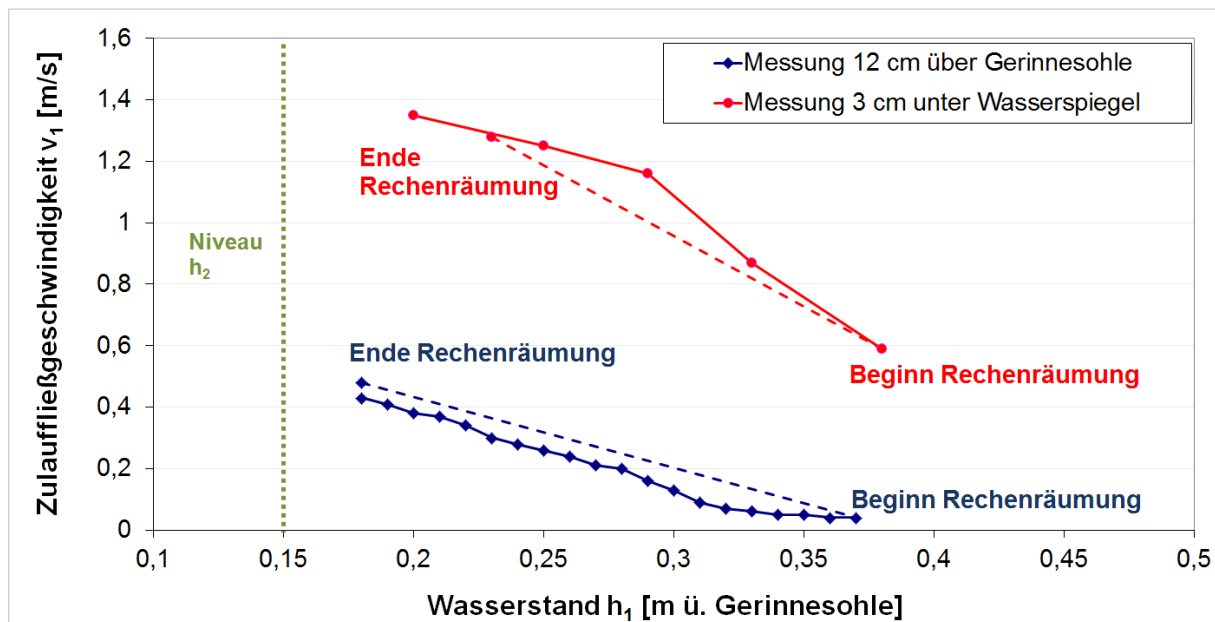


Abbildung 4: Abnahme der punktuell gemessenen Zulauffließgeschwindigkeit v_1 bei steigendem Wasserspiegel h_1 vor dem Feinrechen als Folge der Belegung des Rechenrostes

Eine steigende Belegung des Trennelementes verursacht zustromseitig einen steigenden Wasserspiegel. Dadurch sinkt die Fließgeschwindigkeit, die mit der Räumung des Trennelementes schlagartig wieder ansteigt. Wenn auch Fließgeschwindigkeit im Zulauf zur Feinrechenanlage nicht über alle Betriebszustände im idealen Bereich gehalten werden kann, so sollte es zumindest für den unbelegten Rechen angestrebt werden.

2.4 Richtungsänderungen des Feinrechengerinnes

Die Mechanismen des Stofftransports in natürlichen Fließgewässern lassen sich auch auf die Strömungsvorgänge in Rechengerinnen übertragen. Dementsprechend bilden sich bei starken Richtungsänderungen des Gerinnes immer Zonen mit geringerer Fließgeschwindigkeit mit den entsprechenden Sedimentablagerungen und höherer Fließgeschwindigkeit ohne derartige Ablagerungen. Diese Sedimentablagerungen, die sich vorrangig bei geringer hydraulischer Beaufschlagung bilden, werden bei großen hydraulischen Frachten wieder mobilisiert und dann stoßartig in die Rechenanlage eingetragen. Dies führt dann sehr oft zu Störungen am Feinrechen.

Als Faustformel gilt, dass innerhalb einer Strecke von mindestens 3,5 m vor dem Feinrechen keine Richtungsänderungen mehr vorgesehen sollten.

2.5 Mischwasserzuflussspezifische senkrechte durchströmte Gerinne- fläche

Die senkrechte durchströmte Fläche des Gerinnes vor der Feinrechenanlage A_S ist ein wichtiges Maß für deren Funktion ist. Diese Fläche wird aus der Gerinnebreite B und dem maximalen Wasserstand h_1 vor der Feinrechenanlage wie folgt ermittelt:

$$A_S = B \times h_1$$

Dementsprechend gibt es, bezogen auf den Mischwasserzufluss Q_m , einen für die wichtigen Betriebsparameter Rechengutelimination oder die Störungsminimierung idealen Bereich der durchströmten senkrechten Gerinnefläche. Für diese Betrachtung müssen die Feinrechen nach Stabrechen, Spaltsieben und Lochsieben unterschieden werden. Die Trennung nach Rechentypen ist erforderlich, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass Unterschiede durch den eingesetzten Rechenrost die Betrachtung beeinflussen können.

Tabelle 2: Mischwasserzuflussspezifische senkrecht durchströmte Gerinnefläche MSDG in $[\text{cm}^2/(\text{l}\times\text{s})]$ mit den besten Betriebsergebnissen getrennt nach Rechenarten

Rechenart	Optimale MSDG
Stabrechen	rund $100 \text{ cm}^2/(\text{l}\times\text{s})$
Spaltsiebe	rund $100 \text{ cm}^2/(\text{l}\times\text{s})$
Lochsiebe	rund $90 \text{ cm}^2/(\text{l}\times\text{s})$

Auffallend ist, dass bei allen ausgewerteten Rechenarten der optimale Bereich der MSDG zwischen 90 und $100 \text{ cm}^2/(\text{l}\times\text{s})$ Mischwasserzufluss, das heißt Fluidvolumenstrom Q_m zum Feinrechen, liegt. Dies kann bei der Planung einer Feinrechenanlage überschlägig angesetzt werden.

Eine Betrachtung des absoluten Wertes der senkrechten durchströmten Gerinnefläche ist hier nicht sinnvoll, da zu groß oder zu klein dimensionierte Rechengerinne das Ergebnis verfälschen können. Die Betrachtung nach Einwohnerwerten ist hier ebenfalls nicht zielführend, da allein die Zahl der angeschlossenen Einwohnerwerte kein Maß für den von der Feinrechenanlage zu bewältigenden Volumenstrom sein kann.

2.6 Sohl sprung – ja oder nein?

Bei einem Sohl sprung handelt es sich um eine plötzliche Vergrößerung des Fließquerschnitts im Feinrechengerinne. Nach dem mathematischen Grundsatz, dass bei einem konstanten Fluidvolumenstrom jede Veränderung des Fließquerschnittes auch die Fließgeschwindigkeit beeinflusst, ergeben sich im Anstrom einer Feinrechenanlage mehrere Auswirkungen:

- Durch die Vergrößerung des Fließquerschnittes sinkt die Fließgeschwindigkeit.
- Hinter dem Sohl sprung bilden sich im Bereich der Gerinnesohle Verwirbelungen, der Sohlbereich wird teilweise kaum mehr durchströmt.
- Es kommt zur Ablagerung von Sedimenten.

Das heißt jedoch nicht, dass Sohl sprünge generell zu vermeiden sind. Es kommt vielmehr darauf an, sie richtig zu platzieren, wie die Abbildung 5 belegt:

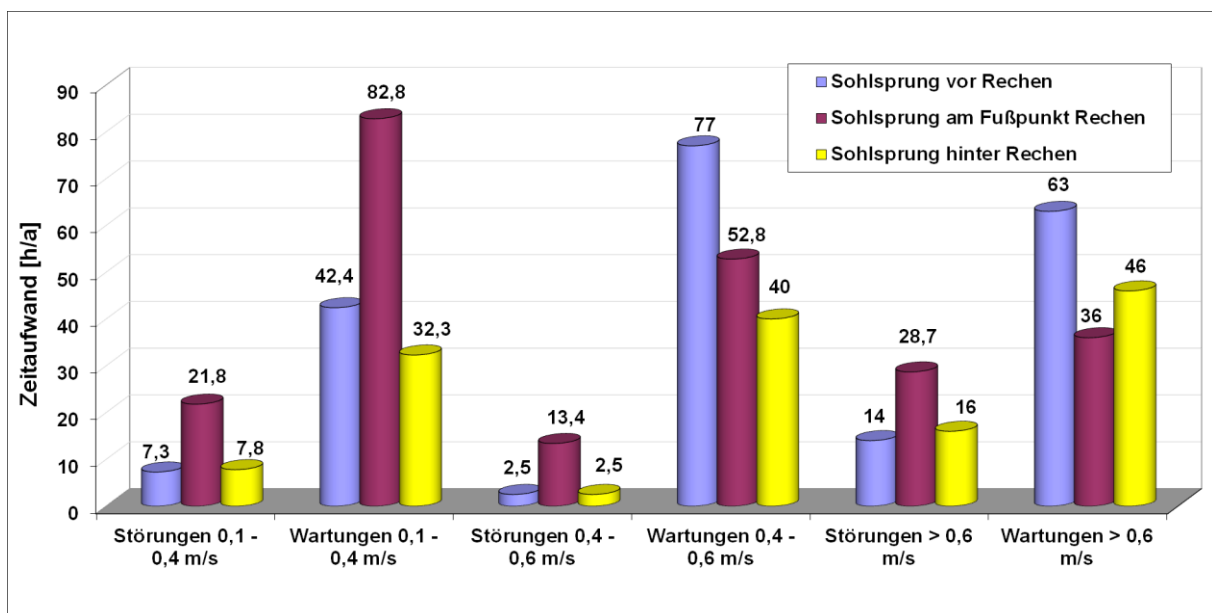


Abbildung 5: Zeitaufwand für Störungsbeseitigung und Wartung in Abhängigkeit von der Zulauffließgeschwindigkeit v_1 und der Position des Sohl sprunges

Wie der Abbildung 5 zu entnehmen ist, sollte ein Sohl sprung in keinem Fall direkt am Fußpunkt des Feinrechens angeordnet werden, sondern nur in ausreichendem Abstand vor dem Rechen oder aber nach dem Rechen. Hiervon ausgenommen sind Sohl taschen, die zur Installation einer neuen Feinrechenanlage erforderlich werden.

2.7 Gerinnemodellierung

Kapazitätssteigerungen von Kläranlagen erfordern oft auch Umbauten an der Rechenanlage. Je nach hydraulischer Situation kann dies auch Anpassungen an bestehenden Gerinnen, insbesondere der Profilierung, erfordern. Dies bietet die Möglichkeit, die Fließgeschwindigkeit im Zulauf zur Feinrechenanlage zu beeinflussen.

Da eine wirksame Modellierung eines Rechengerinnes schwer reversibel ist, meist mit großem Aufwand verbunden ist und um die Auswirkungen einer Gerinnemodellierung besser abschätzen zu können, empfiehlt sich eine Simulationsrechnung vor der Ausführung. Moderne CFD (Computer-Fluid-Dynamics)-Systeme sind auch hier mittlerweile in der Lage, sehr verlässliche Ergebnisse zu liefern. Beispielhaft werden nachfolgend drei fiktive Modellierungen, siehe auch Abbildung 6, verglichen. Der bei der Simulation angesetzte Fluidvolumenstrom beträgt jeweils 55 l/s.

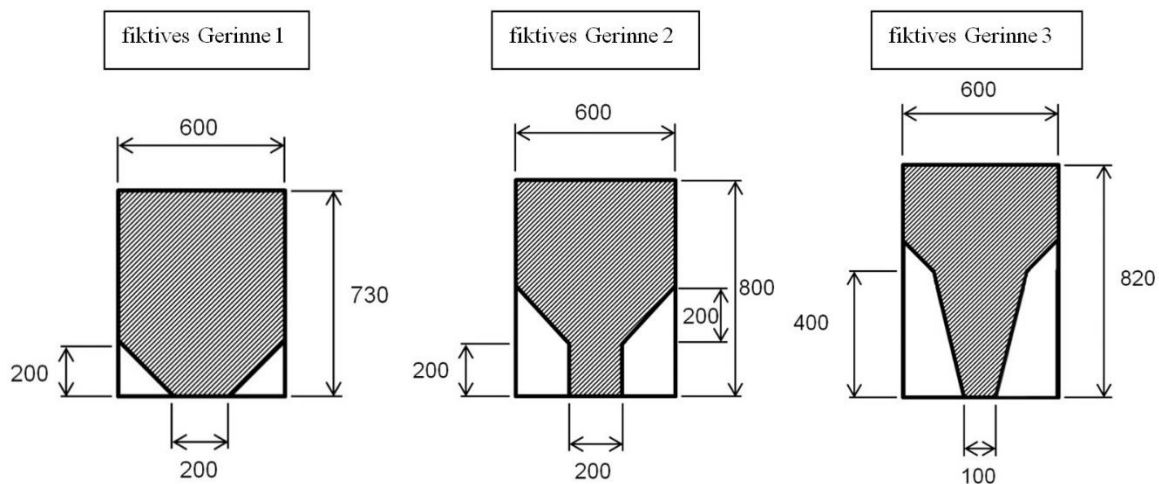


Abbildung 6: Querschnitte der drei fiktiven Gerinne

Der Einlauf wurde mit einer Tauchwand mit einer Öffnungshöhe von 30 cm versehen. Im Ablauf wurde beim fiktiven Gerinne 3 ein fiktives Wehr mit einer Höhe von 20 cm angeordnet, um ein Auslaufen des Gerinnes beim Erreichen stationärer Verhältnisse zu vermeiden. Andere Möglichkeiten sind beispielsweise Strömungshindernisse im Abstrom der Rechenanlage. Theoretisch sind auch automatisierte Systeme, z.B. über bewegliche Klappen oder Luftsäcke denkbar, aber nicht weit verbreitet. Beim Simulationslauf der fiktiven Gerinnes 1 und 2 wurde ein ungehindertes Ausströmen aus dem Gerinne zugelassen.

Die Ergebnisse dieser Simulationsrechnungen sind in mehreren Punkten aufschlussreich. Erwartungsgemäß bieten die fiktiven Gerinne 2 und 3 deutliche

Vorteile hinsichtlich der Zulauffließgeschwindigkeit. Gerade die sehr starke Profilierung des Gerinnes 3 zeigte jedoch eine deutliche Tendenz zur Wirbelbildung und teilweise zur Rückströmung an den Gerinnewänden, siehe hierzu auch Abbildung 7.

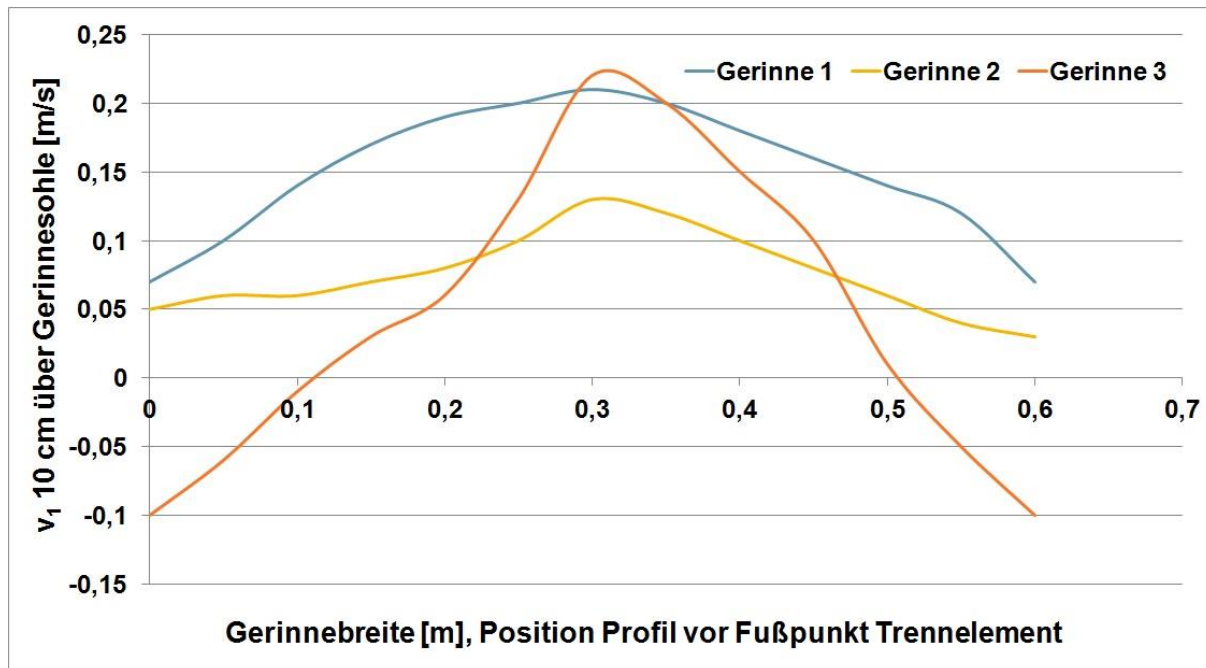


Abbildung 7: Querprofile der Fließgeschwindigkeit der drei fiktiven Gerinne

Das zeigt, dass nicht jede Profilierung vorteilhaft ist. Hier ist weniger oft mehr und deshalb eine computergestützte Überprüfung vor der praktischen Ausführung empfehlenswert.

2.8 Räumgeschwindigkeit

Die Räumgeschwindigkeit oder der Räumzyklus beschreibt den Zeitraum, innerhalb dessen eine vollständige Abreinigung des im Rohabwasserstrom befindlichen Trennelementes erfolgt. Hierbei gilt der Grundsatz, dass hohe Belegungsgrade eine größere Räumgeschwindigkeit und damit einen kürzeren Räumzyklus erfordern. Ist der Räumzyklus zu lang, steigt der Wasserspiegel vor der Feinrechanlage h_1 so stark an, dass z.B. die Notumgehung des Feinrechens in Anspruch genommen werden muss, um Überflutungen im Rechengebäude zu vermeiden. Muss also mit starken Rechengutfrachtstößen gerechnet werden, sind Feinrechen vorzusehen, deren Räumzyklus sehr kurz ist oder bei denen konstruktiv reagiert werden kann, beispielsweise durch das Nachrüsten von Reinigungsharken. Weiterhin kann der Rechantrieb mittels Frequenzumrichter betrieben werden, um auf diese Weise die Räumgeschwindigkeit zu erhöhen.

Wird die Belegung des Rechenrostes und die erforderliche Räumgeschwindigkeit nicht ausreichend berücksichtigt, bleiben oft nur Provisorien zur Gewährleistung des ordnungsgemäßen Betriebes des Feinrechens.

2.9 Eigenschaften des Feinrechens selbst

Derzeit ist eine Vielzahl von Rechen auf dem Markt erhältlich. Sie gehen jedoch alle auf seit vielen Jahren bekannte Funktionsprinzipien zurück. Feinrechen lassen sich wie folgt einteilen [8]:

- nach der Öffnungsweite,
- nach der Art des Trennelementes,
- nach dem Reinigereingriff,
- nach dem Eintauchen von Antriebsteilen der der Art des Antriebes,
- nach der Anordnung der Rechengutentwässerung.

Daher kommt der richtigen Auswahl des Feinrechens eine entscheidende Bedeutung zu, denn kein Feinrechen ist für jeden Einsatzfall der Richtige. Vor allem von Bedeutung ist das Einsatzziel. So kann bei Anlagen mit anaerober Schlammstabilisierung ein feineres Trennelement durchaus von Vorteil sein.

Tabelle 3: optimale Randbedingungen (Auswahl) für verschiedene Feinrechentypen (FS – Filterstufenrechen, RS – Rotationssiebe, BW – Bürstenwendelsiebe, FS – Flachsiebe, FB – Filterbandrechen, HR – Harkenumlaufrechen

Parameter	FS	RS	BW	FS	FB	HR
Grobrechen	standort-abhängig	standort-abhängig	standort-abhängig	standort-abhängig	standort-abhängig	standort-abhängig
Geröllfang	standort-abhängig	standort-abhängig	standort-abhängig	standort-abhängig	standort-abhängig	standort-abhängig
Ausbaugröße je Feinrechen	20-80 TEW	ab ca. 2 TEW	bis ca. 2 TEW	10-70 TEW	10-100 TEW	beliebig
Volumenstrom je Feinrechen	100-800 l/s	mind. 20 l/s	25-50 l/s	100-500 l/s	bis 1.500 l/s	500-2.500 l/s
Zulauffließgeschwindigkeit	0,5-0,7 m/s	0,4-0,8 m/s	0,4-0,8 m/s	0,5-1,0 m/s	0,5-0,8 m/s	0,5-0,8 m/s
Belegung	40 %	40-50 %	50-60 %	30-40 %	30-50%	30-50 %
bemannte Kläranlage?	ja	ja	nein	nein	ja	nein

Diese Zusammenstellung basiert auf statistisch ausgewerteten Daten verschiedenster Kläranlagen. Darüber hinaus gibt es weitere zu beachtende Kriterien, z.B.:

- eine evtl. erforderliche Brauchwasserversorgung,
- die Beschaffenheit des Abwassers,
- Winterbetrieb,
- Wartungspunkte,
- sicherheitstechnische Anforderungen etc.

2.10 Betrieb der Feinrechenanlage

Bei der Neukonzeption einer Feinrechenanlage können auch verschiedene betriebliche Maßnahmen zur verbesserten Feinrechenbeaufschlagung umgesetzt werden. Als Beispiele sind hier u.a. zu nennen:

- Beeinflussung der Fließgeschwindigkeit im Rechengerinne über Volumenstromregelung,
- geplante Spülstöße zur Sedimentmobilisierung,
- alternierender Betrieb von Rechengerinnen bei Trockenwetter.

Ob eine oder welche dieser Möglichkeiten in Betracht kommt, muss das Ergebnis einer detaillierten Planung sein.

3 Hydraulische Berechnung einer Feinrechenanlage

3.1 Grundlagen

Betrachtet man zunächst die Vorgehensweise bei der hydraulischen Berechnung einer Kläranlage, so muss die häufig im Zusammenhang mit Rechen verwendete Bezeichnung „Stauverlust“ in Frage gestellt werden. Die Berechnung der Hydraulik einer Kläranlage erfolgt sinnvoller Weise auf der Basis eines von Hochwassermarken definierten Ausgangswasserspiegels im Einleitgewässer „rückwärts“ durch die gesamte Kläranlage bis zum Kläranlageneinlauf. Die Bezeichnung „Verlust“ bei der Betrachtung „rückwärts“ durch die Kläranlage legt nahe, dass dieser Verlustwert vom Wasserspiegel hinter dem Rechen h_2 abgezogen werden müsste. Tatsächlich ist hier jedoch ein Zuschlag auf den Wasserspiegel h_2 Rechen gemeint, der letztendlich einen Gefällsverlust und somit einen Verlust an Fließgeschwindigkeit im Zulauf zur Feinrechenanlage verursacht.

3.2 Praxishinweise

Vergleiche von Messungen des Stauzuschlags mit rechnerisch ermittelten Werten haben gezeigt, dass keine der weit verbreiteten Berechnungsmethoden korrekte Ergebnisse liefert [8]. Das liegt daran, dass diese Berechnungsgänge auf wasserbauliche Versuche zurückgehen, die die Realität nur eingeschränkt nachbilden konnten. Das heißt nicht, dass die Ergebnisse dieser Versuche grundsätzlich falsch sind. Sie lassen sich aber nicht uneingeschränkt in die Praxis übertragen.

Daher muss eine hydraulische Berechnung immer über ausreichend Reserven verfügen. So macht es keinen Sinn, in der hydraulischen Auslegung nur Belegungsgrade von 40% zu berücksichtigen. Gerade bei Kläranlagen in Mischsystemen werden regelmäßig Belegungsgrade von 60 % erreicht, die die Feinrechenanlage und auch die nachgeschalteten Einrichtungen zur Rechengutbehandlung bewältigen müssen, siehe auch Abbildung 8:

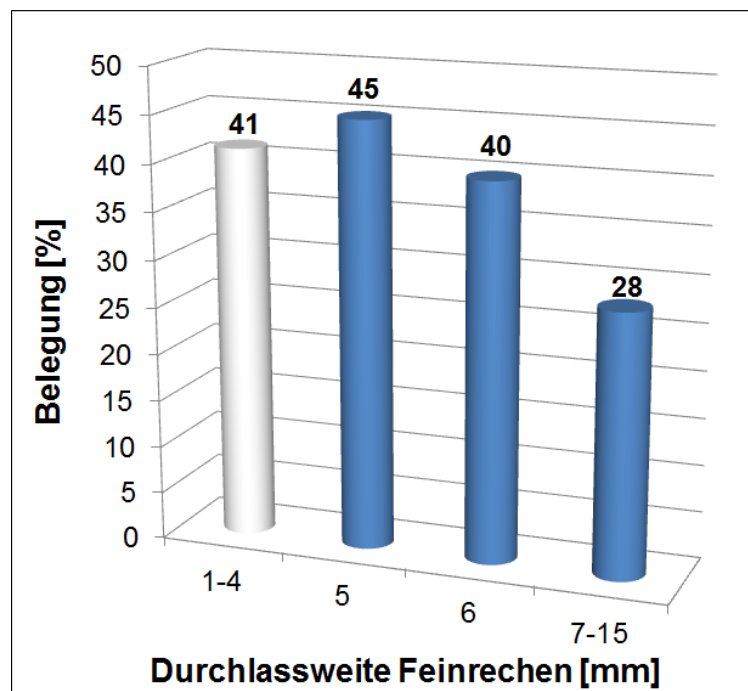


Abbildung 8: Belegung des Rechenrostes als Funktion der Durchlassweite des Trennelementes

Aus der Abbildung 8 geht hervor, dass mit steigender Durchlassweite des Rechenrostes die Belegung abnimmt. Eine Ausnahme ist hier die Gruppe mit der Durchlassweite 1-4 mm, hell gekennzeichnet. Diese Feinrechen sind überwiegend auf Kläranlagen mit Einzugsgebieten im Trennsystem eingesetzt. In

Trennsystemen ist tendenziell ein geringerer Rechengutanfall zu verzeichnen, als bei Kanalnetzen im Mischsystem.

Zudem steigt der spezifische Gesamtrechengutanfall mit steigender Belegung des Trennelementes, denn der sich bildende Filterkuchen verstärkt die Filterwirkung des Rechenrostes. Da der bestmögliche Rechengutrückhalt das verfahrenstechnische Ziel einer Feinrechenanlage ist, sollte ein Belegungsfaktor f_B von mindestens 0,5 (= 50%) angesetzt werden. Grundsätzlich sind beim Ansatz für die Belegung die jeweiligen Einsatzbedingungen zu berücksichtigen.

Da in den nächsten Jahrzehnten aber auch von einer steigenden Häufigkeit von Starkregenereignissen auszugehen ist, muss eine ausreichende hydraulische Reserve unter Berücksichtigung der Räumgeschwindigkeit des Feinrechens berücksichtigt werden.

4 Zusammenfassung

Kapazitätserweiterungen von Kläranlagen haben Auswirkungen auf jede Reinigungsstufe. Daher ist eine Gesamtbetrachtung unumgänglich.

Bei der Auswahl einer geeigneten Feinrechenanlage sind viele Randbedingungen zu beachten, die das betriebliche Ergebnis von Feinrechen beeinflussen. Geringe Investitionskosten dürfen dabei nicht im Vordergrund stehen, es gilt der Grundsatz den geeignetsten Feinrechen für den Einsatzfall auszuwählen. Dies erfordert eine vorbehaltlose Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten.

Korrekturen im Nachhinein sind zwar bedingt möglich, aber weder technisch noch betrieblich zufriedenstellend.

5 Literatur

- [1] Karl Schwister: Taschenbuch der Verfahrenstechnik, 4. Aufl., Fachbuchverlag Leipzig, 2010
- [2] Bohn, Th. und Töpfer, R. 1992. Bedeutung des Abwasserabgabengesetzes für die Betriebs- und Instandhaltungskosten kommunaler Abwasserreinigungsanlagen. Korrespondenz Abwasser. 1992, Heft 4.
- [3] Sander, Th. 2003. Ökonomie der Abwasserbeseitigung, S. 140ff. Nienburg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2003. ISBN 3-540-00675-3
- [4] Bohn, Th. 1993. Wirtschaftlichkeit und Kostenplanung von kommunalen Abwasserreinigungsanlagen. Schriftenreihe des Instituts für Baubetriebslehre der Universität Stuttgart. Expert-Verlag, 1993.
- [5] Uckschies, Th., et al. 2014. Auslegung von Feinrechen auf kommunalen Kläranlagen. Korrespondenz Abwasser Abfall. 61. Jahrgang, 2014, 7.

- [6] Seyfried, C. F., et al. 1985. Vergleich der Reinigungsleistung von Rechen, Sieben und Siebrechen sowie deren Einfluss auf die weiteren Reinigungsstufen. Hannover : Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, Heft 58, 1985.
- [7] Uckschies Th. 2016. Untersuchung des Einsatzes von Feinrechen unterschiedlicher Bauart und Funktionsweise auf kommunalen Kläranlagen. Dissertation an der Universität von Luxembourg. <http://hdl.handle.net/10993/27925>
- [8] Uckschies Th. 2017. Feinrechen in der Abwasserreinigung. Springer Vieweg Verlag. ISBN 978-3-658-20021-3

Korrespondenz an:

Dr.-Ing. Thomas Uckschies
Entsorgungsverband Saar
Untertürkheimer Straße 21
D-66117 Saarbrücken

Tel.: 0049 681 5000-237
Mail: thomas.uckschies@evs.de

oder

Dr. Uckschies Consult
Zur Rentrisher Kirche 54
D-66386 St. Ingbert

Tel.: 0049 177 320 39 56
Mail: thomas.uckschies@web.de