

Abwasserbehandlung im alpinen Raum als Beispiel für dezentrale Systeme

Dieter Schreff, Irschenberg und Michael Berger, Garmisch-Partenkirchen

1 Einleitung

Aufgrund der geringen Besiedlungsdichte erschien eine Abwasserreinigung im alpinen Raum lange nicht vordringlich. Doch mit der zunehmenden Nutzung dieser Landschaften als ganzjährige Erholungsgebiete, einer gleichfalls zunehmenden Anzahl an Besuchern und nicht zuletzt deren zunehmenden Ansprüche an den Bewirtungskomfort, nimmt die Abwasser- und damit auch die Schlammproblematik zu. In den letzten Jahren ist der Erkenntnisstand über die Abwasserbehandlung im Gebirge durch vielfältige Forschungsaktivitäten beachtlich gewachsen.

Die Wasser- und Energieversorgung sowie die Abwasser- und Schlamm Entsorgung alpiner Objekte erfolgt aufgrund der Insellage zwangsläufig in Form dezentraler Systeme. Ausgenommen sind Objekte mit entsprechend ausgeprägter Infrastruktur (z.B. Liftstationen oder Restaurants in Seilbahnnähe). Aufgrund der extremen Belastungscharakteristik dieser Objekte ist eine Vor-Ort-Behandlung besonders schwierig bzw. erfordert besondere Verfahren [1]. Daher ist bei diesen Objekten eine Ableitung ins Tal mit Anschluss an eine zentrale Kläranlage zu bevorzugen.

Die Planung von Ver- und Entsorgungskonzepten für die meisten Objekte im alpinen Raum erfordert eine umfassende Betrachtung und Bewertung sämtlicher technisch-wirtschaftlicher Einflussfaktoren und der lokalen Gegebenheiten. Besonders wichtig dabei ist die Quantifizierung von Belastungsgrößen, die in Abhängigkeit von der Objektkategorie stark unterschiedlich sein können. Richtungsweisend sind auch die seit einigen Jahren existierenden öffentlichen Rahmenkonzepte (z.B. Salzburger Schutzhüttenkonzept).

Planerische Kompetenz ist in diesem Zusammenhang somit nicht nur Erfahrung und Wissen über bauliche und verfahrenstechnische Aspekte, sondern auch die richtige Bewertung nicht-technischer Faktoren. Dadurch wird die Konzeption einer Abwasserbehandlungsanlage im Gebirge zu einer komplexen Planungsaufgabe.

Ziel dieses Beitrags ist es, die spezifischen Randbedingungen und den Stand der Technik bei der Abwasser- und Schlamm Entsorgung im Gebirge darzustellen, und die Gesamtproblematik im Rahmen „Dezentraler Abwasserbehandlungskonzepte“ einzuordnen.

2 Stand der Technik

Die Bedingungen für die Planung, den Bau und den Betrieb im Gebirge sind jedoch aufgrund der einschränkenden Randbedingungen ungleich schwieriger als die Planung einer „typischen“ Kleinkläranlage in Tallage. Aufgrund der oftmals extremen Randbedingungen wurden verschiedenste Lösungskonzepte entwickelt und realisiert. Diese Erfahrungen wurden durch eine Reihe von Forschungsvorhaben systematisiert.

Mit dem ÖWAV-Regelblatt 1 „Abwasserentsorgung im Gebirge“ vom Juni 2000 [2] wurde ein Standardwerk für Objekte in alpinen Extremlagen geschaffen, das auch in anderen Alpenländern Beachtung findet. Im Rahmen von großangelegten Forschungsvorhaben (z.B. EU-LIFE) wurden umfassende Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit verschiedener Lösungskonzepte durchgeführt [3, 4].

In Abbildung 1 ist ein „typisches“ Entsorgungskonzept mit den maßgebenden Stoffströmen dargestellt. Das dargestellte dreistufige Konzept zielt bereits auf eine effektive Abtrennung von Reststofffraktionen.

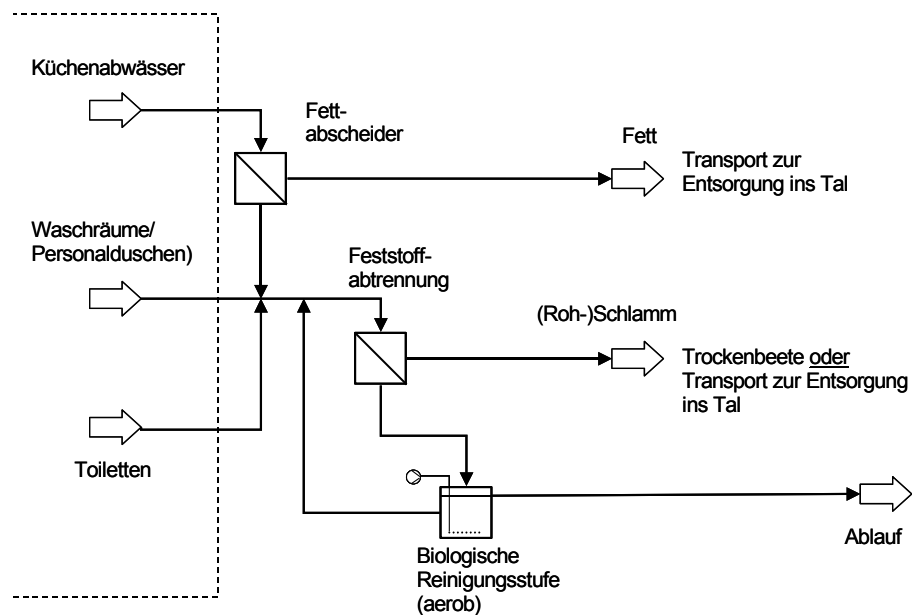


Abbildung 1: Verfahrensschema eines Entsorgungskonzepts „Abwasser und Schlamm“ nach dem Stand der Technik

3 Spezifische Randbedingungen für Planung, Bau und Betrieb

3.1 Bemessungsgrundlagen

3.1.1 Richtwerte nach ÖWAV-Regelblatt 1

Die Bemessungsdaten („maßgebender Lastfall“) einer Abwasserbehandlungsanlagen für Objekte im alpinen Raum sind ungleich schwieriger festzulegen als bei einer „typischen“ Kleinkläranlage oder einer kommunalen Kläranlage im Tal, da die Schwankungsbreite einerseits deutlich größer und andererseits nur schwer vorher zusagen ist. Um spezifische Messprogramme innerhalb eines sinnvollen, repräsentativen Zeitraums durchzuführen, ist ein enormer Aufwand erforderlich, für den nur selten ein entsprechendes Projektbudget verfügbar ist.

Aus diesem Grund wurden im ÖWAV-Regelblatt 1 spezifische Belastungskennwerte für den Abwasser- und Schmutzfrachtanfall für verschiedene „Verschmutzerguppen“ (Personal bis Tagesgast) abhängig von der Objektkategorie festgelegt. Die Unterscheidung

der Objekte erfolgt dabei anhand deren Funktion und der sich daraus ergebenden Sanitärausstattung (Tabelle 3.1).

Die nachfolgenden Betrachtungen zum Abwasser- und Schmutzfrachtenfall, der hier entsprechend unterschiedlich eingestuft wird - beschränken sich weitgehend auf Objekte der Kategorie 3 und 4, denen die alpinen Schutzhütten im Gebirge meist zuzuordnen sind.

Tabelle 3.1: Kategorien der Alpinobjekte nach ÖWAV-Regelblatt 1 [2]

Kategorie	Sanitäre Ausstattung	Gebäudeart
1	keine	Biwakschachteln + Zeltunterkünfte (temporär)
2	gering	Wochenendhäuschen, Selbstversorgerhütten (ohne Fließwasser im Haus, Trockentoilette)
3	mäßig	Schutzhütten mit Fließwasser in der Küche, WC vorhanden, Duschen nur für Personal
4	mittel	Schutzhütten und einfache Wohnhäuser mit ausreichender Wasserversorgung
5	gut	Berghotels + Restaurants mit guter Ausstattung
6	sehr gut	Berghotels + Restaurants mit gehobener Ausstattung in hochgelegenen Ferienorten

Der spezifische Abwasseranfall einzelner „Verschmutzergruppen“ kann sehr stark schwanken wie Abbildung 2 zeigt. Vor der Festlegung des maßgebenden Abwasseranfalls ist somit eine weitergehende Bewertung (z.B. anhand der vorhandenen Wasserversorgung) oder der Einbau eines Wasserzählers notwendig.

Die Festlegung des spezifischen Schmutzfrachtenfalls ist etwas einfacher, da wesentlich geringere Schwankungsbreiten angegeben werden (Abbildung 3). Die Schwierigkeit liegt hier bei der Quantifizierung der Personengruppen und der Besucherfrequenzen. Zu ermitteln sind verschiedene Lastfälle, von der Belastung an Spitzentagen über die maximale Wochenbelastung (z.B. für die Dimensionierung ARA) sowie die Gesamtbelastung im Saisonverlauf (Schlammanfall). Eine weitergehende Unterteilung ist nicht notwendig, wie Messprogramme bei verschiedenen bayerischen Objekten gezeigt haben [5].

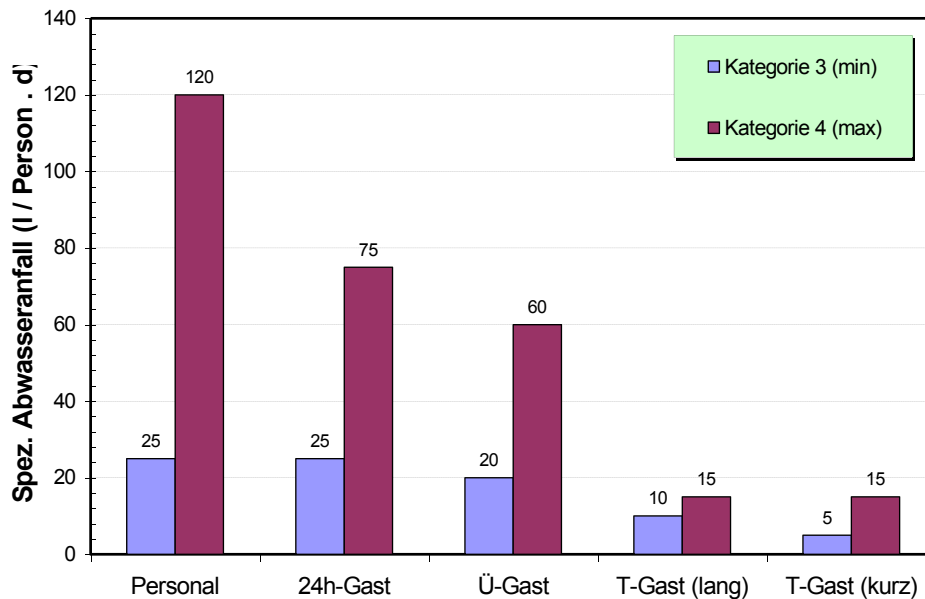


Abbildung 2: Richtwerte für den spezifischen Abwasseranfall für die Kategorie 3 (Minimalwerte) und Kategorie 4 (Maximalwerte) gemäß ÖWAV-Regelblatt 1

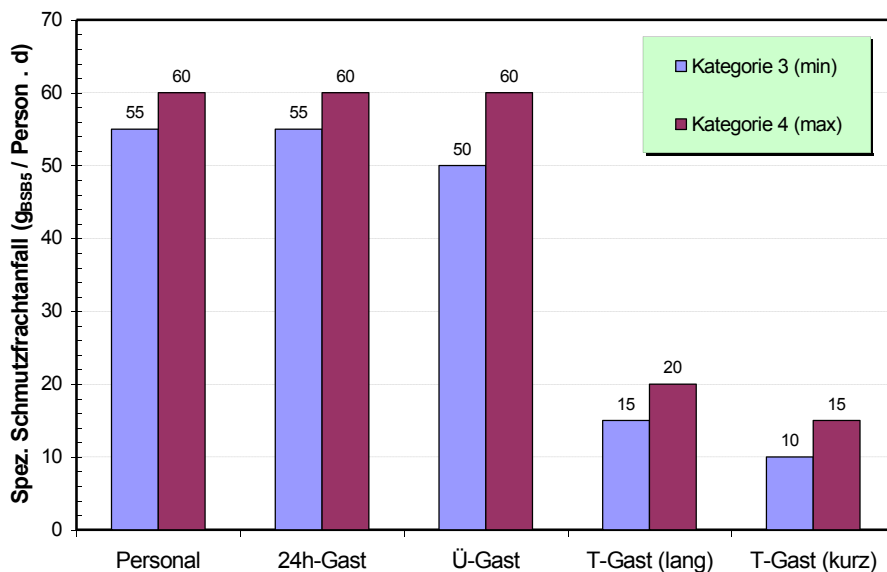


Abbildung 3: Richtwerte für den spezifischen Schmutzfrachtenanfall „BSB₅“ für die Kategorie 3 (Minimalwerte) und Kategorie 4 (Maximalwerte) gemäß ÖWAV-Regelblatt 1

3.1.2 Abwassercharakteristik

Aufgrund des geringen Wasserverbrauchs weist das Abwasser noch höhere Konzentrationen als normales häusliches Abwasser auf (z.B. BSB₅-Konzentrationen zwischen 500 und 2.500 mg/l im Rohabwasser). Durch eine mechanische Vorbehandlung reduzieren sich die Konzentrationen auf den für Kleinkläranlagen üblichen Bereich. Eine Ausnahme bilden lediglich die NH₄-N-Konzentrationen, die hier meist deutlich höher sind.

Weiterhin treten starke Mengen- und Konzentrationsschwankungen auf. Die Zusammensetzung der Abwässer ändert sich durch unterschiedliche Frequentierung im Tages- und im Wochenverlauf in weiten Grenzen (Abbildung 4). Die Abwasserzusammensetzung variiert hier deutlich stärker als bei Kleinkläranlagen mit rein häuslicher Belastung. Weiterhin verändert sich seit einigen Jahren die Wirtschaftsführung von Berghütten hin zu typischen Restaurationsbetrieben, so dass sich auch die Abwasserzusammensetzung entsprechend verändert (z.B. erhöhte Fettanteile).

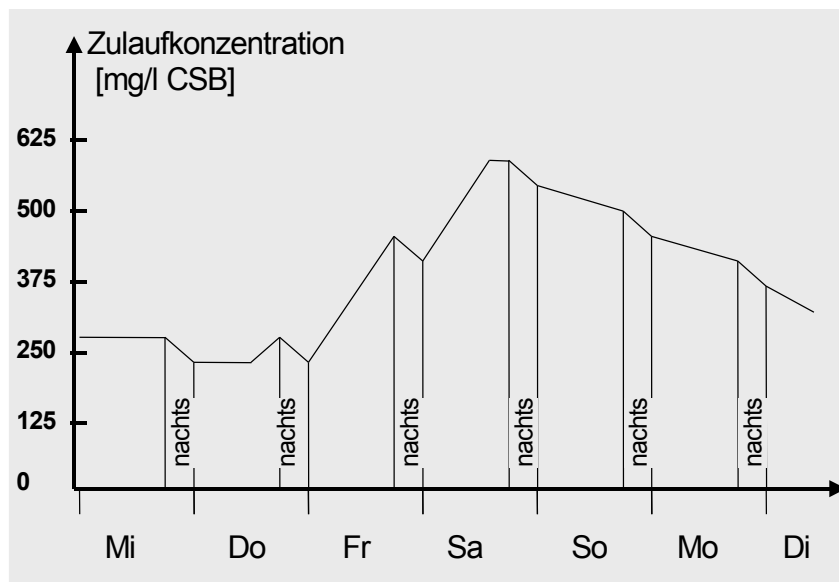


Abbildung 4: CSB-Konzentrationen im Wochenverlauf im Zulauf zur biologischen Stufe einer alpinen Schutzhütte in den Lechtaler Alpen

3.2 Natürliche und geographische Standortfaktoren

3.2.1 Boden und Gewässer

Als übergeordneter Faktor für die Einschätzung der Entsorgungssituation müssen die lokalen Gesteins- und Bodenverhältnisse sowie die Gewässersituation beurteilt werden. Sie charakterisieren die Stabilität des lokalen Ökosystems und dessen Sensibilität auf anthropogene Schmutz- und Schadstoffeinträge und sollten letztlich auch die Anforderung an die Abwasserbehandlung bestimmen. Aufgrund der wasserwirtschaftlichen Bedeutung der alpinen Regionen (Quellgebiete) darf keine nachhaltige Verschlechterung der Wasserqualität eintreten. Drei typische Beispiele für kritische bzw. nicht kritische Bereiche sind nachfolgend beschrieben:

- Im kristallinen Bereich der Zentralalpen dominieren Gewässern mit ganzjährig hoher Wasserführung, so dass die Abwasserbehandlung vom absoluten Abwasseranfall abhängig gemacht werden kann.
- Objekte im vergletscherten Bereich stellen eine Ausnahme dar. Aufgrund der fehlenden Vorflut kann eine weitergehende Behandlung je nach vorhandener Wasserversorgung notwendig sein.

- Objekte im Kalkalpenbereich insbesondere bei vorherrschender Karstsituation bedürfen einer besonderen Behandlung, da hier eine rasche Versickerung in Grundwasserleiter erfolgt (bis zu 1000 hm in 24 h).

Die Bodenverhältnisse und das Flächenangebot bestimmen meist auch die baulich-konstruktiven Möglichkeiten, und damit in vielen Fällen die Systemwahl.

3.2.2 Höhenlage und Klima

Die Höhenlage eines Objekts bestimmt nicht nur die klimatischen Bedingungen in entscheidendem Maße, sondern auch den vorherrschenden Vegetationstyp. Beide Faktoren beeinflussen die Gesamtkonzeption im Hinblick auf Systemwahl.

Niedrige Lufttemperaturen, erhöhte Windgeschwindigkeiten und Schneelasten beeinflussen die Anforderungen an die bauliche und konstruktive Gestaltung der Anlage sowie den Bauablauf und insbesondere den späteren Betrieb. Verfahrenstechnische Überlegungen müssen oft in den Hintergrund rücken, da auch hier die Höhenlage bestimmend sein kann (z.B. naturnahe Systeme i.d.R. nur bis zur Baumgrenze) oder zumindest zu berücksichtigen ist (z.B. niedrige Abwassertemperaturen, Druckbelüftungssysteme).

3.3 Objektspezifische Kriterien (touristischen Nutzung)

3.3.1 Betriebsführung

Die Leistungsfähigkeit von Kleinkläranlagen ist stark an die Wartung und Überwachung geknüpft. Abwasserbehandlungsanlagen von zeichnen sich durch den Mangel an fachkundiger Betriebsführung aus. Bei Objekten im alpinen Raum ist der (Hütten-)Wirt auch „Klärwärter“. Dieser ist nur selten für diese spezielle Aufgabe ausgebildet. Auch wenn inzwischen entsprechende Schulungen angeboten werden, hängt die Betreuung von seinem Eigeninteresse und seiner sonstigen Belastung ab.

Aus diesem Grund oft von Amts wegen bei der Neuerrichtung von biologischen Anlagen der Abschluss eines Wartungsvertrages mit einer fachkundigen Firma gefordert. Je nach Erreichbarkeit des Objekts ist jedoch die Anzahl der saisonalen Wartungen begrenzt. Folglich obliegt dem (Hütten-)Wirt nach wie vor die Eigenüberwachung und insbesondere das Erkennen von Störungen. Daher ist es sinnvoll, ihn frühzeitig in den Entscheidungsprozess einzubinden und später eine solide und verständliche Betriebsanweisung zu erstellen.

3.3.2 Betriebsperioden

Bei den Objekten der Kategorien 3 und 4 (vergl. Tabelle 3.1) ist die Betriebsperiode meist auf drei bis maximal neun Monate pro Jahr begrenzt. Dies schränkt die Anwendung biologischer Verfahren teilweise ein bzw. erfordert besondere Maßnahmen.

Die jährliche Wiederinbetriebnahme muss mit kurzer bzw. ohne Einarbeitungszeit erfolgen, um die biologischen Reinigungsprozesse schnell zu etablieren, da nach der Stillstandsperiode im Winter die saisonale Belastungsperiode meist übergangslos beginnt.

3.3.3 Lage und Funktion

Bereits im Kapitel 3.1.1 wurde auf die Bedeutung des Komfortgrads hingewiesen, der den Abwasser- und Schmutzfrachtanfall maßgeblich bestimmt. Von signifikanter Bedeutung ist dabei die Funktion eines Objekts, sie bestimmt das Verhalten der Besucher. Die Lage bzw. Erreichbarkeit bestimmen wiederum die Aufenthaltsdauer von Tagesgästen.

Je nach Funktion eines Objekts (z.B. Bergsteiger- oder Ferienstützpunkt) muss verstärkt auf Lärm- und Geruchsemissionen der Abwasseranlage geachtet werden. Wenn eine Platzierung abseits nicht oder schwer möglich ist, sollte eine Einhausung vorgesehen werden.

3.4 Energieversorgung

Nur wenige Objekte verfügen über eine ausreichende Energieversorgung. Meist besteht eine Konkurrenzsituation zwischen den Verbrauchern im „versorgenden“ Bereich (Warmwasser, Kühlung, Waschen etc.) und dem „entsorgenden“ Bereich (Abwasseranlage). Folglich wird die Verfahrensauswahl auch sehr stark von der jeweiligen Energieversorgungssituation bestimmt.

Für die dezentrale Energieversorgung im Gebirge wurden bisher meist Dieselmotorgeneratoren eingesetzt. Aufgrund der damit einhergehenden Lärmemissionen, des meist ungünstigen Wirkungsgrades und der latenten Gefahr einer Wasserverunreinigung setzen sich zunehmend Photovoltaik-Anlagen zur Versorgung von 24V-Gleichstromaggregaten oder auch 230V-Wechselstromaggregaten durch. Für die Nutzung anderer regenerierbarer Energiequellen wie Kleinwasserkraft- oder Windkraftanlagen sind entsprechende Randbedingungen erforderlich [3, 4]. Für größere Hütten mit mehr Energiebedarf ist es meist sinnvoll ein Blockheizkraftwerk (BHKW) mit reinem Pflanzenöl als Treibstoff zu projektieren.

Hinzuweisen ist in diesem Zusammenhang auch auf die ohnehin geringen Abwassertemperaturen, die mit Ausnahme der Küchenabwässer kaum über 10 °C liegen. Mit der Verwendung von BHKWs erhöht sich der Warmwasseranteil meist deutlich, was sich auch auf die Kläranlage positiv auswirkt.

3.5 Wasserversorgung

Im kristallinen Bereich (Zentralalpen) ist, mit Ausnahme von Objekten im vergletscherten Bereich (Schmelzwassernutzung), meist ein ausreichendes Wasserangebot vorhanden. Hochgelegene Objekte im Kalkalpenbereich weisen oft eine ungünstigere Situation auf (Karst) und müssen mit einem reduzierten Wasserangebot auskommen. Manche Hütten

haben gar nur das gesammelte Regenwasser über dach zu Verfügung – klar, dass hier die Zulaufkonzentrationen sehr hoch sind.

Bei Objekten im Bereich der Waldgrenze, deren Wasserversorgung meist aus Gebieten mit Almbewirtschaftung stammt, sind zunehmend Vorsorgemaßnahmen zur Einhaltung einer Mindestqualität in bestimmten Teilströmen erforderlich (Grob- und Feinfilter und/oder UV-Entkeimung). Derartige Maßnahmen betreffen die Abwasserbehandlung nur, wenn es dadurch zu nennenswerten Änderungen beim Wasserverbrauch kommt.

4 Behandlungsverfahren - Stand der Technik

4.1 Mechanische Abwasserbehandlung

Oft führen technische Schwierigkeiten beim Bau der Rohrleitungen zu extrem hohen Baukosten (z.B. aufwendige Hubschraubereinsätze). Dann wird eine Vor-Ort-Behandlung der Abwässer auch bei schwierigen Randbedingungen notwendig [4, 5]. Vor der Verfahrenswahl sind bereits in einem frühen Planungsstadium die baulichen Möglichkeiten sowie die Transportmöglichkeiten während der Bauphase und für die spätere Reststoffentsorgung zu prüfen.

Die Vorreinigung wird bei den meisten bestehenden Anlagen mit Absetz- bzw. Ausfallgruben durchgeführt. In vielen neueren Anlagen werden Filtersacksysteme eingebaut. Bei diesen mechanisch wirkenden Systemen wird eine rasche Trennung der Feststoffe von der Flüssigphase ohne Energieeinsatz erreicht. Auswascheffekte durch lange Aufenthaltszeiten des Abwassers in Ausfallgruben können dabei nicht auftreten (Abbildung 5). Allerdings entfallen auch die Vorteile einer statischen Feststoffabtrennung wie die gleichzeitige Entfernung von Fetten oder die hydraulische Pufferwirkung. Der Einbau von Fettabscheidern für den Teilstrom „Küche“ ist – soweit technisch möglich - empfehlenswert.



Abbildung 5: Filtersackanlage einer Schutzhütte kurz nach Inbetriebnahme

Der Wirkungsgrad mechanischer Systeme ist auf maximal 35 bis 40 % (bezogen auf den CSB) begrenzt. Da meist eine höhere Reinigungsleistung gefordert wird, ist die Nachschaltung einer biologischen Stufe notwendig.

4.2 Biologische Verfahrenskonzepte

Es werden verschiedene biologische Systeme zur Abwasserreinigung im alpinen Raum betrieben. Aufgrund der schwierigen Randbedingungen existieren jedoch nur wenige veröffentlichte, wissenschaftliche Untersuchungen hinsichtlich des Betriebsverhaltens solcher Anlagen [11].

Grundsätzlich können die Verfahren zur biologischen Abwasserreinigung in technische und naturnahe Systemen unterschieden werden, wobei sowohl reine Belebtschlamm- als auch Biofilmsysteme und deren Kombinationsformen (z.B. Wirbelbettsysteme) zur Anwendung kommen.

Eine pauschale Antwort auf die Frage nach der günstigsten Verfahrenstechnik kann es in Anbetracht der unterschiedlichen Einflussfaktoren nicht geben. Trivial ist, dass technische Anlagen kompakter sind, und daher leichter eingehaust werden können. Sie sind folglich besser für die Verwendung oberhalb der Waldgrenze geeignet. Für die Verfahrensauswahl ist jedoch insbesondere das Zusammenwirken von Flächen- und Energiebedarf zu beachten.

Beim Belebungsverfahren haben sich die Aufstauverfahren (SBR, BIOCOS) durchgesetzt, da keine eigene Nachklärung erforderlich ist. Sie kommen bevorzugt bei größeren Anlagen oberhalb der Waldgrenze zum Einsatz. Eine sichere, und ausreichende Energieversorgung ist jedoch grundlegend. Es besteht die Möglichkeit bestehende, ausreichend

große Dreikammergruben umzurüsten. Probleme können durch schlechte Schlammabsetzeigenschaften entstehen [4].

Tropfkörperanlagen haben sich seit langem im alpinen Raum bewährt. Sie erbringen notfalls auch ohne Energie eine minimale Reinigungsleistung, können allerdings kaum gezielt gesteuert werden und benötigen lange Einfahrperioden. Zur Optimierung können entsprechende Rezirkulationsstrategien zur Spülung und Benetzung mit entsprechender Wasserverteilung auf dem Füllmaterial eingesetzt werden [6].

Getauchte Fest- oder Wirbelbettsysteme weisen ein erhöhtes hydraulisches Puffervermögen gegenüber Stoßbelastungen auf. Wie bei Tropfkörperanlagen ist auch hier eine nachgeschaltete Schlammabscheidung erforderlich. Aufgrund der hohen Konzentrationen ist auf entsprechende Betriebsstrategien zur Vermeidung einer Verschlammung der Bewuchskörper zu achten. Diese Systeme verbinden die Vorteile von Biofilm- und Belebtschlammssystemen. Die Biomasse ist weitgehend sessil, so dass ungünstige Absetzeigenschaften nicht problematisch sind.

Um den erforderlichen Energieaufwand zu begrenzen, ist auf die konstruktive Ausbildung des Lufteintrags zu achten. Ähnlich wie Belebtschlammssysteme erlauben getauchte Fest- oder Wirbelbettsysteme eine kompakte Bauweise und die Umrüstung bestehender Anlagen.

Bodenfilter und Abwasserteiche als naturnahe Systeme sind den klimatischen Bedingungen stärker ausgesetzt als technische Lösungen. Aus diesem Grund ist ihre Anwendung nur bis zur Vegetationsgrenze und für saisonal bewirtschaftete Systeme sinnvoll. Der Einsatz von Abwasserteichen ist zwar in manchen Fällen möglich, wird jedoch kontrovers diskutiert (Frostproblematik, Geruch).

Bodenfiltersysteme (bepflanzt oder unbepflanzt) können als Hauptreinigung oder als Nachreinigungsstrecke eingesetzt werden. Auf die schwallweise Beschickung muss geachtet werden. Für eine gezielte Steuerung (z.B. mit Kreislauf) ist daher ein gewisser Energieaufwand notwendig, der allerdings weit unter dem Energiebedarf technischer Anlagen liegt. Bei begrenztem Flächenangebot lassen sich die erforderlichen Flächen durch eine zweistufige Verfahrensweise deutlich reduzieren [4]. Ein entsprechendes Beispiel ist in Abbildung 6 dargestellt.



Abbildung 6: Foto einer zweistufigen Anlage mit Abwasserteich und Filterbeet nach zweijähriger Betriebszeit auf 1.600 m üNN

Eine Sonderstellung nehmen Trockentoiletten ein, die bei Objekten sowie bei ausgeprägtem Wassermangel die einzige Lösung darstellen. Die Toilettenanlagen werden mit einer Kompostierungsanlage für die Fäkalien verbunden, in der eine weitgehende aerobe Stabilisierung der Feststoffe erfolgt. Für die verbleibenden Abwässer des Objekts (Grauwasser) bzw. die hochkonzentrierten Sickerwässer ist eine geeignete biologische Reinigung vorzusehen.

4.3 Reststoffentsorgung

4.3.1 Aktueller Stand

Das Ergebnis jeder funktionierenden Abwasserreinigung sind feste Rückstände, die einer geordneten Entsorgung zuzuführen sind. Grundsätzlich wird die Art und die Menge der anfallenden Reststoffe im wesentlichen durch die mechanische Abwasserbehandlung bestimmt.

Der Reststoffanfall liegt je nach Verfahrenstechnik zwischen 15 und 55 g/EW · d mit abnehmender Tendenz bei hochalpinen Objekten [7]. Damit fallen insgesamt etwas weniger Reststoffe an, als rechnerisch zu erwarten wäre. Der Wassergehalt der Reststoffe ist meist hoch (Ausnahme: Filtersacksystem und teilkompostierter Fäkalschlamm aus Trockenbeeten). Messungen von Schlämmen verschiedener Hütten zeigen einen Trockenrückstand von 1 bis 10 % und einen organischen Anteil über 65 % nach einjähriger Lagerung. Die Reststoffe sind üblicherweise unbelastet von schädlichen oder toxischen Substanzen. Allerdings ist das entnommene Reststoffgemisch nicht stabilisiert und selbst

durch Kompostierung kaum zu hygienisieren, wie Untersuchungen zur verbleibenden Keimbelastung zeigen [7].

Die Behandlung bzw. Entsorgung dieser Reststoffe erfolgt üblicherweise einmalig am Saisonende, vorausgesetzt das Speichervolumen ist groß genug. Fett und Siebstoffe sind möglichst ins Tal zu bringen. Bei den Schlämmen ist eine Vor-Ort-Entsorgung grundsätzlich möglich, erfordert jedoch neben der behördlichen Bewilligung die Beachtung entsprechender technischer Voraussetzungen (Hygiene- und Geruchsproblematik).

Wenn eine Verbringung des Schlammes ins Tal technisch und wirtschaftlich möglich ist, erscheint dies nach wie vor als die beste Lösung. Aktuelle Gesetzentwürfe zum Thema „Klärschlamm“ weisen ebenfalls in diese Richtung.

Je nach lokaler Situation können überdachte Trockenbeete, Klärschlammvererdungs- oder neuerdings Kompakt-Solartrocknungsanlagen eingesetzt werden, um sowohl die Menge als auch (teilweise) den organischen Anteil des Schlammes zu reduzieren [8]. Kritisch sind hier der erforderliche Flächenbedarf und die Sickerwässer, die zu erheblichen Rückbelastungen führen.

4.3.2 Entwicklungstendenzen

Quantifiziert man die Stoffströme anhand einer vereinfachten CSB-Bilanz über den Zeitraum einer Saison, so zeigt sich dass in der biologischen Reinigungsstufe nur etwa ein Viertel der organischen Verschmutzung (bezogen auf den CSB) aus dem System entfernt werden kann, jedoch einen großen technischen Aufwand erfordert. Dagegen verbleibt ein Großteil der organischen Verschmutzung (60 %) in den Reststoffen (Abbildung 7).

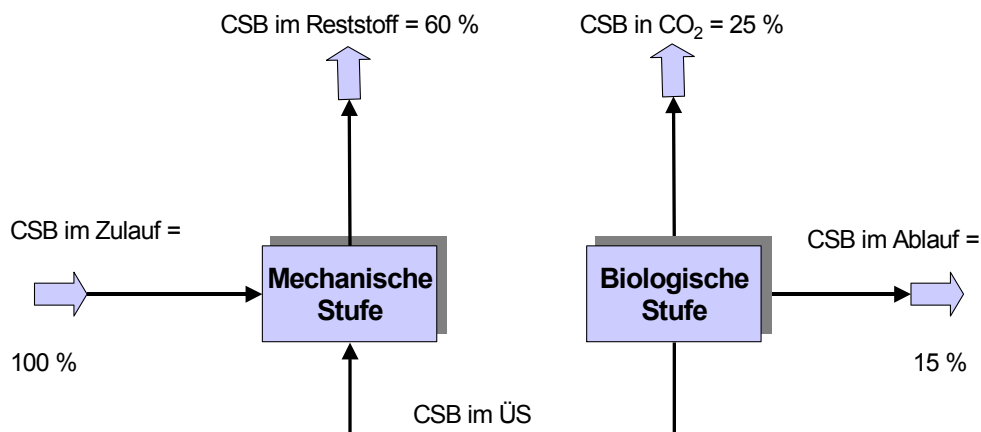


Abbildung 7: Beispielhafte CSB-Bilanz für eine mechanisch-biologische Abwasserbehandlung eines Objekts im alpinen Raum (für 5.000 EW im Betriebszeitraum von 180 Tagen)

Es wird daher zukünftig zu prüfen sein, ob im Sinne einer konsequent durchdachten dezentralen Ver- und Entsorgung von Objekten in Insellage, möglicherweise gerade im alpinen Raum, alternative Konzepte anwendbar sind, die auf einer möglichst frühen Trennung und Behandlung der unterschiedlichen Stoffströme basieren. Schwerpunkt dieser

Konzepte ist die anaerobe Behandlung fester, organischen Schmutzstoffe mit dem Ziel der Frachtverringerung und Hygienisierung unter gleichzeitig möglicher Energiegewinnung [9, 10].

Die technischen Möglichkeiten hierfür sind grundsätzlich vorhanden; zu untersuchen ist die Wirtschaftlichkeit solcher Systeme unter lokalen Randbedingungen und inwieweit die erhöhten Anforderungen an den Betrieb solcher Systeme unter Praxisbedingungen Bestand haben können.

5 Zusammenfassung

Der Gewässerschutz im Hochgebirge wird durch vielfältige Freizeitaktivitäten weiter an Bedeutung gewinnen. Aufgrund der Inselsituation der zu entsorgenden Objekte eröffnen sich dabei die typischen Fragen dezentraler Abwasserentsorgung. Die Realisierung solcher Projekte wird durch die geographischen Randbedingungen und die spezifischen Nutzungsbedingungen alpiner Objekte von der Planungs- über die Bauphase und auch im späteren Betrieb erschwert.

Durch die zunehmenden Erfahrungen mit mechanisch-biologischen Systeme zur Abwasserbehandlung im Gebirge konnten inzwischen systematische Lösungsansätze sowohl für die Planungsgrundlagen als auch für die Verfahrenswahl erarbeitet werden. Letztendlich ist aber für jedes Objekt eine Einzelfallbetrachtung sinnvoll, um eine maßgeschneiderte Lösung zu finden.

In vielen Fällen spielt die Energieversorgung eine entscheidende Rolle bei der Verfahrenswahl. Durch die oft schwierige Erreichbarkeit alpiner Objekte werden hohe Anforderungen an die Betriebssicherheit gestellt, da nur eine extensive Wartung möglich ist.

Im Unterschied zu dezentralen Anlagen in Tallage ist bei Anlagen im Gebirge die Reststoffentsorgung nicht vollständig geklärt, so dass dies im Augenblick als vordringliche Fragestellung gilt.

6 Literatur

- [1] Mörgeli, B. (2000) Membranbioraktortechnik – Eine Sensation auf dem Säntis, 3. Aachener Tagung zu Membrantechnik, Februar 2000
- [2] N.N. (2000) Abwasserentsorgung im Gebirge. ÖWAV-Regelblatt 1, 3. Auflage, Wien 2000
- [3] Ingerle, K., Wett, B. (1999) Abwasserentsorgung in alpinen Extremlagen: Anforderungen – Kosten – Umweltnutzen. ATV-Landesgruppentagung Bayern, Rosenheim, 1999
- [4] N.N. (2000) Abwasserentsorgung im Gebirge. ÖWAV-Seminar, Innsbruck, 21./22. September 2000
- [5] Gerold, M. (1999) Überlegungen zur Ermittlung des maßgebenden Belastungsfalls für Abwasserreinigungsanlagen von alpinen Schutzhütten, Diplomarbeit Technische Universität München
- [6] Schreff, D., Echterbruch, A. Wilderer, P. A. (2000): A case study on the performance of trickling filter plants in Alpine regions: influence of seasonal variations. Wat.Sci.Techn. Vol. 41, No. 1, pp. 155-162

- [7] Rauch, W., Becker, W. (2000): Waste sludge disposal in extreme alpine environments. Waste Management & Research 2000. 18. 33-40
- [8] Wett, B., Narr, N. (2003) Technische Möglichkeiten der Klärschlammbehandlung, Bericht zum DBU-Projekt „Klärschlammproblematik im Hochgebirge“ (Kurzfassung).
- [9] Otterpohl, R., Grottker, M., Lange, J. (1997): Sustainable Water and Waste Management in Urban Areas. Wat. Sci. Tech., 35(9), 121-133
- [10] Wilderer, P.A. and Schreff, D. (2000): Decentralized and centralized wastewater management: a challenge for technology developers. Wat.Sci.Techn. Vol.41, No. 1, pp. 1-8
- [11] <http://www.uibk.ac.at/umwelttechnik/life/einleitung.html>