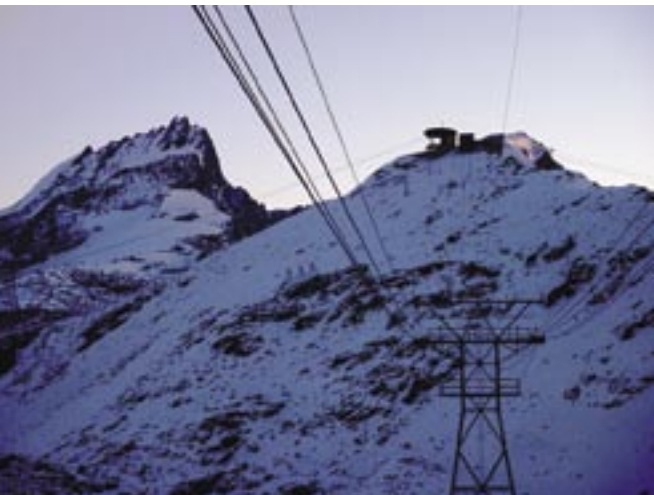


Hohtälli, 3286 müM: Europas höchstgelegene Kläranlage

Aus Abwasser wird Nutzwasser



Eine Trinkwasserquelle gibt es auf dem Hohtälli nicht. Alles Wasser muss mit der Seilbahn hinauftransportiert oder müsste, noch aufwändiger, durch Schmelzen von Schnee und Eis gewonnen werden. Darum lag die Idee nahe, das transportierte Wasser besser zu nutzen und aufbereitetes Schmutzwasser als Nutzwasser in den Kreislauf zurückzuführen. Dass dies nicht so einfach wie im Mittelland, aber doch möglich ist, zeigt der nachfolgende Bericht.

Von Martin Holzapfel

Die Zermatt Bergbahnen haben in Zusammenarbeit mit der Firma terraLink gmbh im Herbst 2004 auf der Bergstation Hohtälli einen Membranbioreaktor zur Aufbereitung und Wiederverwendung von Toilettenabwasser in Betrieb genommen. Entstanden ist das Konzept, weil auf der Seilbahnstation Hohtälli kein Wasser für die Toiletenspülung zur Verfügung steht und die Trockentoiletten nicht den Qualitätsansprüchen der Gäste entsprechen (Hygiene, Geruchsbelästigung, Komfort). Zudem war der Aufwand der Fäkalbeseitigung zeitlich ein Fulltimejob gewesen. Die Bergstation wird in der Hochsaison von bis zu 5'000 Personen täglich besucht.

TerraLink hat eine biologische Kleinkläranlage entwickelt, die mit einer siClaro(r)-Membranfiltration arbeitet und das Abwasser so weit aufbereitet, dass es hygienisiert als Brauchwasser für die Toiletenspülung wieder genutzt werden kann. In der Aufbereitung wird das Abwasser sowohl von Bakterien, Viren und pathogenen Keimen, als auch von allen anderen ungelösten Stoffen gereinigt. Zudem kann ein erheblicher Anteil der gelösten Schmutzstoffe entfernt werden.

Aufbau der Anlage

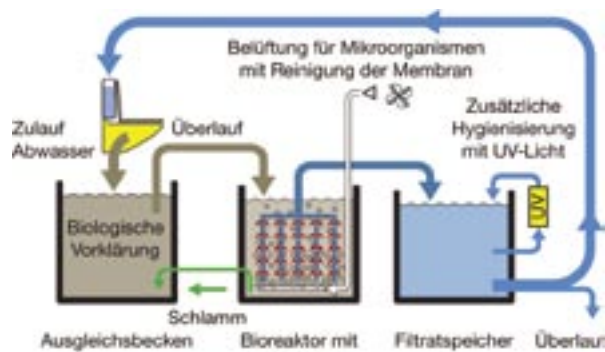
Die auf Hohtälli installierte Anlage zur Aufbereitung und Wiederverwendung der

anfallenden Toilettenabwässer besteht im Wesentlichen aus 3 Behältern mit zugehöriger Maschinenteknik.

Ein Pufferbehälter von 3,8 m³ dient zur Grobstoffentfernung sowie zum Abbau der Grobstoffe (z.B. sollen Toilettenpapier und Fäkalien hier zerkleinert werden, weil dies die Elimination der Nährstoffe unterstützt und Verstopfungen verhindert).

Nach der Grobfiltration wird das Schmutzwasser in den Biomembranreaktor (3,6 m³) gefördert, wo der Hauptteil der biologischen Reinigung des Abwassers mittels Biomasse (Belebtschlamm) stattfindet (aerob stabilisiert, Schlammalter >20 Tage). Durch den Stoffwechsel verschiedener Bakterien sollen Nährstoffe eliminiert oder in weniger toxische (giftige) Substanzen überführt werden. Zur Reinigung der Membranplatten und zur Sauerstoffversorgung der Bakterien dient ein intermittierend betriebenes Gebläse. Die im Strömungsfuss unterhalb der Membranmodule angeordnete Belüftung erzeugt ein turbulentes Luft-Wassergemisch, das quer zu den Membranoberflächen im Filtermodul aufsteigt. Diese Strömung trägt permanent die Partikel (Belebtschlamm) von der Membranoberfläche ab und verhindert die Bildung einer filtrationshemmenden Deckschicht (Cross-Flow-Verfahren).

In Abhängigkeit des Füllstandes im Reaktor wird eine Filtrationspumpe betrieben, die einen Unterdruck in den Membraneinheiten verursacht. Somit kann das gereinigte Abwasser (Filtrat) durch die Membranen in einen Speicherbehälter abfließen. Aufgrund der Porengrösse der Membran (35 nm) ist das Filtrat praktisch partikel- und bakterienfrei. Für eine weitergehende Hygienisierung wird das Filtrat über eine UV-Anlage geleitet, welche durch ultraviolette Lichtstrahlung sämtliche verbliebenen oder wieder eingetragenen Keime abtötet. Das so gewonnene, gereinigte (Ab)Wasser im Filtratspeicher kann daher gefahrlos für den Betrieb der Toilettenanlage und zum Händewaschen genutzt werden.



Blockschema der Anlage

Aus zwei werden drei Partner

Trotz der Einfachheit der Idee und der zuverlässig arbeitenden Filtration liegen die Tücken, wie so oft, im Detail. In einer urbanen Kläranlage besteht die (häusliche) Abwasserfracht aus einer Mischung von Küchen-, Toiletten-, Wasch- und Reinigungsabwässern - auf einer Skistation besteht das Abwasser im Wesentlichen aus Urin. Deshalb bedarf es z.B. einer speziell an das Nährstoffangebot angepassten Biomasse, damit die biologische Reinigung auch tatsächlich wirken kann.

Während der ersten Saison hat sich herausgestellt, dass mit der vorhandenen Reaktorkonfiguration und Betriebsweise, die gewünschte biologische Reinigungsleistung nicht durchgehend erreicht werden konnte. Neben einer unzureichenden biologischen Reinigung des Toilettenabwassers haben sich auch im Betrieb zur Wiederverwendung des Abwassers unerwünschte Aspekte gezeigt (z.B. erhöhte Färbung im gereinigten Abwasser).

Die im ersten Winter 2004/05 eingeleiteten Versuche zur Verbesserung der Anlage, bewirkten nur teilweise positive Effekte. Um einen gesicherten Betrieb für die kommenden Winter gewährleisten zu können, hat sich die Firma terraLink gmbh an die Eawag gewandt, zur Evaluierung von Strategien zum Betrieb und zur Entwicklung einer geeigneten Verfahrenstechnologie für die Membrananlage.

Der Betrieb im geschlossenen Wasserkreislauf unterscheidet sich deutlich vom herkömmlichen Durchlaufbetrieb (in der Regel wird kommunales Abwasser mit Frischwasser hundertfach verdünnt, behandelt und dann abgeleitet). Die Anlage bietet deshalb der Eawag die Gelegenheit, die Abwasserbehandlung bei extremen Bedingungen zu untersuchen: bisher gibt es keine vergleichbare Installation. So entstand ein gemeinsames Projekt von Zermatt Bergbahnen AG, terraLink gmbh (Gesellschaft für Umwelttechnologie), BAFU Bundesamt für Umwelt sowie Eawag (Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs).

Permanente Beobachtung der Anlage

Ziel des aktuellen Projektes ist es, her-

aus zu finden, wie sich die Biomasse (Belebtschlamm) bei gegebenem Nährstoffangebot, im geschlossenen Wasserkreislauf und unter den saisonalen Belastungen in einem Membranbioreaktor (das Herzstück der Anlage) verhält.

Unter der Leitung von Dr. Adriano Joss, ist Simone Bützer, Studentin der ETHZ, während der diesjährigen Skisaison vor Ort, betreut die Anlage und nimmt alle relevanten Parameter zur Evaluierung von Strategien zum optimalen Betrieb der Membrananlage auf.

Weil die Problematik der Abwasserentsorgung für kleine und sehr kleine Abwasserproduzenten in extremen Lagen bzw. Standorten (alpiner Raum, Einzelanwesen, Schiffe, usw.) nicht abschliessend geklärt ist, kann mit dem Projekt ein erheblicher Beitrag zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Trinkwasserressourcen geleistet werden. Die Auswertung der in der laufenden Saison 2005/06 erhobenen Daten werden später vorgestellt.

Was ist Abwasser?

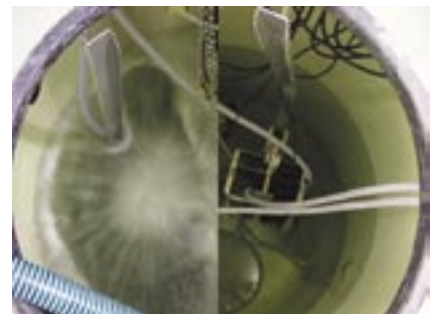
Abwasser besteht aus einer Vielzahl verschiedener Inhaltsstoffe, die sich in gelöste und partikuläre Stoffe unterscheiden. Die partikulären Stoffe lassen sich physikalisch (Sedimentation, Filtration) abtrennen, während die gelösten Stoffe biologisch oder chemisch entfernt werden müssen.

Das Rohabwasser enthält unter anderem organische Stoffe (Kohlenstoff), Stickstoff und Phosphor. Bei der Abwasserbehandlung entsteht Schlamm (belebt oder unbelebt) sowie gereinigtes Restwasser. Finden biologische Prozesse statt, wird organischer Kohlenstoff in Kohlendioxid umgewandelt, der in die Atmosphäre entweicht. Je nach Verfahren entstehen noch andere Gase wie molekularer Stickstoff (N_2), der ungefährlich emittiert werden kann. Ziel der Abwasserreinigung ist es also, anfallende gelöste und ungelöste Schmutzstoffe aus dem Wasser zu entfernen, resp. in eine andere, weniger schädliche Form zu überführen.

In den weitaus meisten Fällen zielt die Abwasserbehandlung in Berggütern der Schweiz auf eine rein physikalische Trennung der partikulären von den gelösten Stoffen ab. Das behandelte Abwasser enthält also noch praktisch alle gelösten Stoffe. Mit einer Membranbelebung, wie sie hier vorgestellt wird, lässt sich hingegen auf kleinem Raum die für kommunale Abwasserreinigung übliche Reinigungsleistung erzielen.



Die kompakte Anlage auf Hohtälli



Bio-Membranreaktor mit zwei Membranmodulen

Biologische Selbstreinigung

Reinigung und Wiederverwendung von Wasser schonen die sensible Gebirgswelt und ihre Lebensräume. Auf der Seilbahnstation Hohtälli wird seit 2004 die Leistungsfähigkeit einer biologischen Kleinkläranlage mit Membranfiltertechnologie in einem geschlossenen System beobachtet. Die Prozesse der biologischen Abwasserreinigung in der Anlage sind vergleichbar mit der natürlichen Selbstreinigung in Flüssen und Seen. Bakterien ernähren sich von den Abwasserinhaltsstoffen und wandeln diese in Kohlendioxid, Wasser und Biomasse um. Im Vergleich zur Natur, läuft dieser Prozess in der biologischen Kläranlage in viel kürzerer Zeit ab. Die Bakterien sind auf das Nährstoffangebot des Abwassers spezialisiert und werden optimal mit Sauerstoff versorgt. Kernstück der Anlage ist ein Membranfilter mit winzigen Poren von ca. 0,035 Mikrometer Durchmesser. Wasser passt durch die Filterporen, die Schwebstoffe des Abwassers hingegen nicht. Es erfolgt eine Trennung von festen und flüssigen Stoffen, ohne Zugabe von Chemikalien. Das Abwasser - bis zu 500 Toilettenspülungen pro Tag - wird hygienisiert, Viren, Bakterien und andere Krankheitserreger werden zurück gehalten.

Informationen

TerraLink GmbH: www.terra-link.ch
 Betreiber: Zermatt Bergbahnen AG:
www.matterhornparadise.ch
 Forschungsinstitut Eawag: www.eawag.ch