

ARA REGION ROMANSHORN

VERFAHRENSTECHNISCHER BESCHRIEB

Neukirch-Egnach Salsmatsch



rungsaggregate, wie Zentrifugen, Bandfilter oder Pressen sind ohne die Zugabe von Flockungshilfsmitteln kaum oder nur mit erheblichen Leistungseinschränkungen funktionsfähig. In den Tanks wird das Flockungshilfsmittel vor der Zugabe ausgereift und dann in verdünnter Form dem Schlamm vor dessen Eindickung zudosiert.

ZENTRIFUGE ZUR KLÄRSCHLAMM-EINDICKUNG

Der Primärschlamm aus der Vorklärung und der Sekundärschlamm aus der Biologie weisen nach dem Faulprozess einen Wassergehalt von 95% (oder 5% TS-Gehalt) auf. Ausgefaulter, stabiler Schlamm wird Klärschlamm genannt. In dieser flüssigen Form wurde bis vor wenigen Jahren der Klärschlamm in die Landwirtschaft ausgebracht. Heute wird der Klärschlamm verbrannt. Zu diesem Zweck muss das Volumen reduziert, d. h. der Schlamm entwässert werden. Mit der installierten Zentrifuge wird ein TS-Gehalt bis 30% erreicht, was einer 6-fachen Volumenreduktion entspricht. Die Trennung der Schlammpfeststoffe vom Wasser erfolgt bei der kontinuierlich arbeitenden Zentrifuge durch die Fliehkraft. Die schweren mineralischen Schlammmantel werden im schnell rotierenden Zylinder nach aussen geschleudert, entnommen und in Transportmülden gestapelt. Das abgetrennte Wasser ist stark mit Ammonium belastet und wird dem Abwasserkreislauf zur Reinigung zudosiert.



KENNDATEN ARA REGION ROMANSHORN 2008

Frachten:

Einwohner im Einzugsgebiet	15'000	EW
Einwohnergleichwerte (inkl. Industrie)	24'000	EGW
Abwasseranfall (TWA)	6'000	m ³ /d
Tagesfracht (BSBs)	1'500	kg/d
Stickstofffracht (N _{gesamt})	260	kg/d

Einzugsgebiet Romanshorn:

Trockenwetterzulauf	60	l/s
Regenwetterzulauf	270	l/s
Anzahl Regenbecken	2	Stk
Anzahl Pumpwerke	8	Stk
Anzahl Hebewerke	1	Stk
Anzahl Vakuumstationen	1	Stk

Einzugsgebiet Salsmatsch / Neukirch-Egnach:

Trockenwetterzulauf	40	l/s
Regenwetterzulauf	130	l/s
Anzahl Regenbecken	6	Stk
Anzahl Pumpwerke	14	Stk
Anzahl Hebewerke	2	Stk
Anzahl Vakuumstationen	1	Stk

Entsorgung:

Rechen- (Abwasser) und Siebgut (Schlamm)	100	m ³ /a
Sand (Abwasser)	20	m ³ /a
Klärschlamm auf 30% TS entwässert	1'600	to

Produktion:

Biogas aus dem Frischschlamm der ARA	200'000	m ³ /a
Biogas zusätzlich infolge Biosubstrat- und Alkoholzugabe	60'000	m ³ /a

Ausbau 2002 – 2008:

BAUHERR	ABWASSERVERBAND REGION ROMANSHORN
TOTALUNTERNEHMER	WABAG / HUNZIKER AG, 8400 WINTERTHUR
PROJEKTSTEUERUNG	BALZ & PARTNER AG, 5200 BRUGG

SCHLAMMSTAPELUNG

Nach der statischen Nacheindickung des ausgefauten Schlammes auf einen Trockensubstanzgehalt von 5%, gelangt die jetzt Klärschlamm genannte Masse in den Stapelraum, der als Zwillingbehälter zum Faulraum konzipiert ist. Der Klärschlammstapel kann bis zu 800m³ Schlamm aufnehmen und dient einerseits als Puffer zur Überbrückung bei Feiertagen und Engpässen, sowie andererseits als Vorlage der Entwässerungsmaschine. Der auf die Zentrifuge geförderte Schlamm sollte homogen und mit konstantem Wassergehalt anfallen, damit das Flockungshilfsmittel in optimaler Konzentration und Menge zudosiert werden kann. Zu diesem Zweck kann der Stapelinhalt mit einem Rührwerk homogenisiert werden. Das grosse Vorlagevolumen erlaubt zudem einen mehrstündigen, kontinuierlichen Entwässerungsprozess mit wenig Anfahr- und Ausfahrphasen der Maschinen.

SCHLAMMSIEBUNG / STRAINPRESS

Obwohl dem Abwasser im Feinrechen (6mm Stababstand) pro Woche 3 bis 4 Container voll Rechengut entnommen wird, können dort vor allem Fasern und Haare nicht abgetrennt werden. Diese Stoffe werden im Vorklärbecken mit allen anderen absetzbaren Partikeln als Primärschlamm abgesetzt, sind für die weiterführende Schlammbehandlung aber unerwünscht. Zur Verhinderung von Betriebsproblemen in der Schlammbehandlung wie Verstopfungen von Rohrleitungen, Fördereinrichtungen und Entwässerungsanlagen (faserhaltiger Schlamm führt zu Verzopfungen an Pumpen) müssen diese Stoffe in der sogenannten Strainpresse abgetrennt werden. Der Schlamm wird dabei von innen durch ein feinmaschiges Trommelsieb gepresst. Eine Schnecke fördert die an den Siebwandungen liegenden Grobstoffe gegen eine Austragsöffnung und presst sie gleichzeitig in einen Container aus. Die Entsorgung erfolgt, wie das Rechengut, in der Kehrichtverbrennungsanlage.



SEIHTISCH ZUR SEKUNDÄRSCHLAMM-EINDICKUNG

Der aus der biologischen Stufe anfallende Sekundärschlamm (auch Überschuss-Schlamm genannt) ist extrem dünn und weist einen Wassergehalt von über 99% auf. Um den Sekundärschlamm dem Faulprozess zuführen zu können, muss das Volumen drastisch reduziert, d. h. dem Schlamm maschinell Wasser entzogen werden. Auf der ARA Region Romanshorn wird zu diesem Zweck ein sogenanntes Seihtisch eingesetzt. Dieses Entwässerungsverfahren beruht auf der kombinierten Wirkung einer statischen und mechanischen Filtration. Die Filtrationseinheit besteht aus einem Mikrosieb mit feiner Maschenweite von 0,3 bis 0,5mm. Der vorgeflockte Schlamm fließt kontinuierlich aus dem Reaktionsstapel auf die Oberfläche des Mikrosiebes. Auf dem Sieb sammelt sich der leicht geflockte Schlamm und nur das Filtratwasser läuft durch das engmaschige Sieb ab. Das Schlammvolumen kann so um den Faktor 8 vermindert werden.



FLOCKUNGSMITTELANLAGE

Sowohl für die Eindickung des Sekundärschlammes in der Siebbandpresse als auch für die Entwässerung des Klärschlammes in der Zentrifuge muss ein Flockungshilfsmittel zugegeben werden. Flockungshilfsmittel finden überall dort Verwendung, wo eine Fest-Flüssig-Trennung gewünscht ist. Es handelt sich dabei meist um organische, synthetische, hochmolekulare und wasserlösliche Polyelektrolyte auf der Basis von Polyacrylamid. Flockungshilfsmittel beschleunigen die Sedimentation von Feststoffteilchen und verbessern entscheidend das Abtrennverhalten bei statischen oder maschinellen Entwässerungsverfahren. Entwässerungs-



HEBEWERK

Da Kläranlagen am Ende eines Kanalisations-Systems und in der Regel am tiefsten Punkt des Einzugsgebiets, direkt neben einem Gewässer erstellt werden, muss bei der Mehrzahl der Anlagen das Abwasser auf die geeignete und optimale Höhe gefördert werden. In der ARA Romanshorn ist diese Höhe durch die bestehende Anlage gegeben. Das Abwasser fließt aus zwei verschiedenen Einzugsgebieten zur ARA. Dementsprechend sorgen auch zwei getrennte Hebewerke für die Förderung der beiden Abwasserströme auf die erforderliche Höhe, ca. 1 Meter über Terrain. In beiden Hebewerken sind für diesen Zweck mehrere robuste, wartungsarme und weltweit bewährte Archimedes - Förderschnecken eingesetzt. Die Förderschnecken sind unterschiedlich gross und transportieren auch unterschiedliche Wassermengen. Die Steuerung gewährleistet den optimalen Einsatz des gesamten Fördersystems.

REGENWASSERBEHANDLUNG

Die Kläranlage Romanshorn ist in der Lage, Abwassermengen zwischen 300 bis 400 Liter pro Sekunde [l/s] zu reinigen. Bei Trockenwetter fallen im Kanalisationsnetz zwischen 80 bis 100l/s an. Bei lang anhaltendem und intensivem Regenfall muss das Kanalisationsystem aber wesentlich höhere Abwassermengen, sogenanntes Mischwasser, ableiten. Daher muss bei Regen das Abwasser, welches die ARA hydraulisch nicht bewältigen kann, in Regenbecken zurückgehalten werden. Die Becken haben grundsätzlich die Aufgabe, bei Regenwetter die ersten Schmutzstoffe aus Ablagerungen im Kanalisationsystem zurückzuhalten und später - bei nachlassendem Regen - der Kläranlage zur Reinigung zuzuführen. Bei starken und langanhaltenden Regenfällen füllen sich die Regenbecken und das mechanisch gereinigte, allerdings durch den Regen stark verdünnte Abwasser, wird in den See entlastet.

RECHENANLAGE

In der mechanischen Reinigungsstufe der ARA - bestehend aus Rechen, Sandfang und Vorklärung - werden dem Abwasser alle ungelösten Stoffe und Partikel entnommen. Im ersten Schritt wird das Abwasser von Grobstoffen befreit (Textilfasern, Kondomen, Kunststoffteilen, Binden, etc.). Die zu diesem Zweck installierten Feinrechen weisen einen Stababstand von nur 6mm auf und sind somit in der Lage auch feinere Feststoffe zurückzuhalten. Um den Betrieb auch bei einer Revision oder Störung zu gewährleisten, ist die Anlage zweistrassig ausgelegt. Das abgetrennte Material, sogenanntes Rechengut, wird ausgewaschen um Fäkalteile ins Abwasser zurückzuschwemmen. Anschliessend wird das gewaschene Rechengut gepresst und in handelsüblichen 800 Liter-Containern gestapelt. 3 - 4 mal in der Woche wird dieses Rechengut in die Kehrichtverbrennungsanlage entsorgt.



SAND-, ÖL- UND FETTFANG

Nach dem Rechen wird das Abwasser im Sandfang von körnigen und schnell absinkenden Stoffen befreit. Dies sind in der Regel Sand, Kies, Obststeine und dergleichen. Auch Fette und Öle sind in den darauffolgenden Reinigungsstufen unerwünscht, denn fetthaltige Abwässer und Schlämme können Leitungen und Maschinen verstopfen. Durch das Einblasen von Luft an der Innenseite des Beckens werden die feinen Fäkalpartikel in Schwebelage gehalten und nur die sandähnlichen, schweren Partikel sinken zur Beckensohle ab. In den Seitenkammern sammelt sich Öl und Fett an. Diese aufschwimmenden Partikel sind weitgehend organisch und werden deshalb dem Faulraum beigegeben. Die absinkenden Partikel werden in eine Mulde gefördert und in die Deponie entsorgt. Dank dem Entfernen des abrasiven Sandes aus dem Rohabwasser werden Maschinen und Leitungsinstallationen aller folgenden Reinigungsstufen geschont.

SANDWÄSCHER

Es ist nicht möglich, Sand (mineralisch) und Schmutzstoffe (organisch) im Sandfang sauber voneinander zu trennen. Der aus dem Sandfang entnommene Sand beinhaltet daher einen zu hohen Anteil an organischen Schmutzstoffen. In einem zusätzlichen Anlageteil, dem Sandwäscher, wird der verunreinigte Sand mit gereinigtem Abwasser (Brauchwasser) ausgewaschen. Das Waschwasser wird danach dem Abwasserstrom wieder zugeführt und in der biologischen Stufe der ARA mitgereinigt. Der ausgewaschene Sand kann nach diesem Reinigungsprozess problemlos und insbesondere in gesetzeskonformer Zusammensetzung abgeführt und deponiert werden. Nach dem Waschen ist der Anteil der organischen Stoffe < 5%.



VORKLÄRUNG

In der letzten Stufe der mechanischen Reinigung, der Vorklärung, einem als Absetzbecken konzipierten Behälter, sedimentieren die verbleibenden Partikel dank der ruhigen Strömung an den Beckenboden, von wo aus sie mittels Schildrührer in einen Trichter geschoben werden. Diese abgesetzten Stoffe aus dem Abwasser nennt man Primärschlamm, der an der Luft den typischen, stark stinkenden Fäkalgeruch entwickelt. Aufschwimmende Stoffe werden in Form von Schwimmschlamm im Vorklärbecken ausgeschieden. Mit der Vorklärung ist die mechanische Reinigungsstufe abgeschlossen. Die ungelösten Stoffe sind dem Abwasser entnommen. Es verbleiben die gelösten Schmutzstoffe (Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorverbindungen), welche einen erheblich grösseren Anteil der Gesamtverschmutzung ausmachen und dem Abwasser in der biologischen und chemischen Reinigungsstufe entnommen werden.

BIOLOGIE

Nach der mechanischen Reinigung enthält das Abwasser nur noch gelöste Substanzen, die aber über 60% der Gesamtverschmutzung ausmachen. In der biologischen Stufe der Kläranlage können die unzähligen organischen Verbindungen (Kohlenstoffe) weitgehend abgebaut werden. Diese Arbeit verrichten Mikroorganismen (Kleinstlebewesen) indem sie die gelösten Inhaltsstoffe als Nahrung aufnehmen und als Körpersubstanz anlegen. In den Belebungsbecken sind mehrere Tonnen dieser Mikroorganismen dauernd mit fressen beschäftigt und benötigen zum Leben lediglich noch Sauerstoff, der als Druckluft am Boden der Becken eingeblasen wird (siehe Gebläsestation). Am Ende der Belebungsbecken fallen die vollgefressenen Mikroorganismen in Form von braunen Belebtschlammflocken (Biomasse) an, die sich in der folgenden Nachklärung durch Absetzung vom gereinigten Abwasser abtrennen lassen.



andere Kleinstlebewesen als für den Abbau der organischen Substanzen benötigt. Diesen sogenannten „Nitrifikanten“ müssen spezielle Lebensbedingungen geschaffen werden, die einerseits einen hohen Sauerstoffgehalt und andererseits ein hohes Schlammalter garantieren.

GEBLÄSESTATION

Für den Sauerstoffeintrag in die Biologie dienen Gebläse, die im Untergeschoss des Maschinengebäudes untergebracht sind. Entsprechend der grossen Reinigungsleistung der biologischen Stufe ist der Energiebedarf für den Lufteintrag hoch und beträgt in der Regel 70% des Stromkonsums einer kommunalen Kläranlage. Aus diesem Grund wird der Sauerstoffgehalt in den Becken laufend gemessen und durch Regelung der Gebläseleistung immer auf dem erforderlichen Niveau gehalten (nachts z.B. ist nur ca. 30% der Leistung nötig). Der Prozess der Nitrifikation erfordert eine erhöhte Gebläseleistung, da die Nitrifikanten eine hohe Sauerstoffkonzentration zum Arbeiten (nitrifizieren) beanspruchen. Aufgrund der neuen feinblasigen Belüftungstechnologie konnte der Energiebedarf, trotz gesteigerter Reinigungsleistung, gegenüber dem alten System gesenkt werden.



NITRIFIKATION

In der biologischen Stufe der ARA Region Romanshorn kann auch die im Gewässer als Fischgift wirkende Stickstoffverbindung Ammonium (NH₄), stammt hauptsächlich aus dem Urin, Harnstoff) zum stabilen Nitrat (NO₃) oxidiert werden (Nitrifikation). Stickstoff ist wie Phosphat ein Düngemittel und wirkt im Gewässer eutrophierend (Algen etc.). In einer speziellen Verfahrensstufe (Denitrifikation, Selektoren) wird der Nitratstickstoff in elementaren Stickstoff umgewandelt und entweicht als harmloses Stickstoffgas (N₂) in die Atmosphäre. Um diesen Prozess in Gang zu halten werden



PHOSPHATFÄLLUNG (CHEMISCHE REINIGUNG)

Phosphor wirkt als Pflanzennährstoff und trägt massgebend zur Eutrophierung (Algenbildung, Verkrautung) in den Gewässern bei. Da Phosphor in den Fliessgewässern nicht abgebaut wird, gelangt schlussendlich jedes Gramm Phosphor in die Meere und erzeugt dort die bekannten Umweltschäden (Adria, Nordsee).



1kg Phosphor erzeugt eine Tonne Algen ! Jeder Mensch scheidet täglich ca. 3 Gramm Phosphor aus... ein Potential für 1 Tonne Algen pro Jahr und Erdenbürger. Damit Phosphor dem Abwasser entnommen werden kann, wird es mit einem Fällmittel ausgeflockt, also von der gelösten in eine absetzbare Form gebracht (gleicher Effekt wie bei sich scheidender Milch). Das Fällmittel (Eisenchlorid oder Aluminiumsulfat) wird dem Abwasser vor der biologischen Stufe zudosiert. In der durchmischten, turbulenten Biologie fällt der Phosphor aus und setzt sich, zusammen mit der Biomasse, im Nachklärbecken ab.

NACHKLÄRUNG

Nach erfolgtem Abbau der gelösten Stoffe in den Belebungsbecken muss die Biomasse (vollgefressene Mikroorganismen) im Nachklärbecken vom gereinigten Abwasser abgetrennt werden. Die Fließgeschwindigkeit des Abwassers wird in den Nachklärbecken so niedrig gehalten, dass sich dank der extrem tiefen Fließgeschwindigkeit und den ruhigen Strömungsverhältnissen die zu Schlammflocken vereinten Bakterien und Kleinstlebewesen an der Beckensohle absetzen können. Das gereinigte Abwasser fließt über gelochte Rohre in eine Sammelrinne und von dort zur Filtration. Die gelochten Ablaufrohre sind eingetaucht und ziehen das gereinigte Abwasser ca. 30cm unter der Wasseroberfläche ab. Dadurch wird verhindert, dass allfällig aufschwimmende Biomasse in den Ablauf gerät. Aufschwimmende Partikel werden mittels Kettenräumer an die Stirnseite der Nachklärbecken gefördert und von dort periodisch abgezogen.



RÜCKLAUFSCHLAMMPUMPWERK

Die am Boden des Nachklärbeckens angesammelte Biomasse wird mit dem erwähnten Kettenräumer in die Sammelrinne an der Stirnseite der Nachklärbecken geschoben, von dort in das Schlamm-pumpwerk verdrängt und anschliessend kontinuierlich in die Belebungsbecken zurückgefördert, wo dieser sogenannte Rücklaufschlamm als hungrige Biomasse wieder reichlich Nahrung (Verschmutzung) findet und der Kreislauf erneut beginnt. Durch die künstlich geschaffenen, idealen Lebensbedingungen (Nahrung und Sauerstoff) wächst die Biomasse ständig an. Um eine kontrollierte Prozessführung in der biologischen Stufe betreiben zu können, muss die Biomasse mehr oder weniger konstant gehalten werden. Zu diesem Zweck wird dem System laufend Biomasse entzogen. Dieser Teil wird als sogenannter Überschussschlamm (oder Sekundärschlamm) voreindickt und kontinuierlich der Schlammfäulung zugeführt.



FILTRATION

Als letzte Verfahrensstufe von mechanisch - biologisch und chemisch gereinigtem Abwasser wird zur Reduktion von sauerstoffzehrenden Partikeln (Schwebstoffe, Biomasse) die Filtration zur Abtrennung eingesetzt. Die Partikel werden beim Durchfliessen eines porösen Materials (Sand, Blähschiefer) zurückgehalten. Das Abwasser durchströmt dabei ein Filterbett und die noch darin enthaltenen Partikel lagern sich im Porenraum ab. Ist der Filter gesättigt (verstopft) wird er mit Luft und Wasser rückgespült. Das Schlammwasser aus der Filterspülung wird zum Sandfang rückgeführt. Dank der Rückhaltung von Rest-Feststoffen im Filter kann auch der Eintrag an Restschlamm in die Salmsacherbuch des Bodensees signifikant vermindert werden. Mit der Filtration ist der eigentliche Abwasserreinigungsprozess beendet. Mit einem kontinuierlich betriebenen Probenehmer wird rund um die Uhr die Reinigungsqualität überwacht und registriert.



VOREINDICKUNG

Der sich laufend in der Vorklärun absetzende Primärschlamm wird in den Schlammtrichter geschoben und in den Voreindicker gefördert. Da Primärschlamm dünn ist und viel Volumen beansprucht, hat die Voreindickung das Ziel den Wassergehalt zu reduzieren. Im Voreindicker kann das Schlammvolumen von ca. 35m³ auf rund 20m³ pro Tag reduziert werden, indem sich der Schlamm über längere Zeit absetzen kann und das aufschwimmende Wasser (Abwasser) abgezogen wird. Schlussendlich resultiert ein Primärschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt (TS) von ca. 5 - 7%, der kontinuierlich der Fäulung zugeführt wird. Durch die Volumenreduktion in der Voreindickung kann die Aufenthaltszeit des Schlammes im Faulraum deutlich erhöht und somit der Schlamm weitgehend ausgefäulert werden.

SCHLAMMFÄULUNG

Die Fäulung ist ein biologischer Prozess unter Ausschluss von Sauerstoff (anaerob), an dem diverse Mikroorganismen und Bakterien zusammenwirken. Im ersten Schritt, der Hydrolyse (saure Fäulung), zerlegen Bakterien die hochmolekularen Stoffe in Essigsäure, Buttersäure, Schwefelwasserstoff und Ammoniak. Aus den Säuren bilden acetogene Bakterien das für die Methanbakterien notwendige Acetat sowie Wasserstoff und CO₂. Anschliessend kommen die Methanbakterien ins Spiel, die das begehrte Biogas bilden. Anaerobe Bakterien sind empfindlich gegenüber Licht, Sauerstoff und plötzlichen Temperaturschwankungen. Daher sind Faulräume komplett geschlossen und mit einem Rührwerk versehen. Um einen optimalen Faulungsprozess zu erreichen wird der Schlamm auf 37°C erwärmt. Die mittlere Aufenthaltszeit im Faulraum beträgt 20 - 25 Tage. Ausgefäulter Schlamm ist stabil und stinkt nicht mehr.



GASVERWERTUNG

Das im Faulraum anfallende Methanogas (Biogas) wird im oberen Bereich des Faulraums angereichert, im Gassepicher gepuffert und von Kondensat befreit. Die Tagesproduktion beläuft sich auf 600 - 800m³. Biogas gehört zur Gruppe der erneuerbaren Energieträger. Der Brennwert von Biogas resultiert überwiegend aus dem ca. 60%-igen Methananteil (CH₄). Biogas wurde in Kläranlagen bisher als Rohgas direkt verbrannt (Heizung), oder in Blockheizkraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Der höchste Wirkungsgrad wird aber bei der Einspeisung in ein Gasnetz erreicht. Die Energie kann dadurch verlustfrei gespeichert werden. Damit das Biogas die geforderte Erdgasqualität erreicht, muss es vor der Einspeisung in einer Reinigungsanlage von den nicht brennbaren Stoffen wie CO₂, N₂, H₂S, COS, NH₃ und O₂ befreit werden.



NACHEINDICKUNG / FAULWASSERSTAPELUNG

Beim Faulprozess wird ein Drittel der Feststoffe vergast. Der Klärschlamm (ausgefäulter Schlamm) ist dementsprechend verdünnt und hat noch einen TS-Gehalt von ca. 3%. Im Nacheindicker wird das Klärschlammvolumen durch Absetzung verringert, d.h. auf einen TS-Gehalt von ca. 5% eingedickt. Das bei der Absetzung abgetrennte Wasser (Faulwasser) ist stark ammoniumhaltig und muss wie Abwasser gereinigt werden. Zu diesem Zweck wird das anfallende Faulwasser, wie auch jenes aus der Entwässerungsmaschine (Zentrifuge), im Faulwasserstapel gespeichert und in der Nacht (wenn wenig Abwasser anfällt) der biologischen Stufe der Kläranlage zur Reinigung zudosiert. Der Faulwasserstapel - aus emailliertem Stahl - weist ein nutzbares Fassungsvermögen von 230m³ auf und kann einen gesamten Tagesanfall von Faulwasser aufnehmen.

