

Jahresbericht 2001, 15. Dezember 2001

Biogasanlage für die Vergärung von Destillationsrückständen in Kombination mit der Abwasserreinigung

Autor und Koautoren	Anja Voigtländer; Helmut Vetter
beauftragte Institution	Holinger AG
Adresse	Mellingerstrasse 207, 5405 Baden
Telefon, E-mail, Internetadresse	056 484 85 00, info@holingerag.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	Projekt 28467 Vertrag 68284
Dauer des Projekts (von – bis)	Dezember 1999 bis August 2001

Zusammenfassung

Bei der Pomdor AG in Sursee werden die betrieblichen Abwässer mit einer anaeroben Abwasserreinigungsanlage vorbehandelt und gleichzeitig zur Energieerzeugung genutzt. Die Anaerobanlage wurde so ausgelegt, dass sie, im Gegensatz zu konventionellen Anlagen, bei einer Temperatur von 25 °C betrieben werden kann. Dieses Verfahren wurde in dieser Anwendung in der Schweiz erstmals eingesetzt und hat sich in der betrieblichen Praxis erfolgreich bewährt. Die Energieeinsparungen wurden mit einer Messkampagne überprüft und bestätigt. Demnach werden bei der Pomdor AG 2'340 MWh an thermischer Energie im Jahr eingespart. Zusätzlich zeigte sich, dass eine durchschnittliche Reinigungsleistung von ca. 85 % bezogen auf den abgesetzten CSB erreicht wird und die gesetzlich festgelegten Frachtbegrenzungen durchgehend eingehalten werden. Das Projekt wurde vom Bundesamt für Energie finanziell gefördert.

Ausgangslage Projektziele

Die Firma POMDOR AG (früher Fenaco) ist ein Lebensmittelbetrieb, der vor allem Fruchtsäfte und fruchtsafthaltige Getränke produziert. Anfallende Betriebsabwässer wurden viele Jahre der kommunalen Kläranlage zugeleitet. Die vereinbarte Frachtbegrenzung von 450 kgCSB/d wurde dabei nur gelegentlich überschritten. Aufgrund einer Umstellung der Produktion im Jahr 1997 gelangte verstärkt Abwässer in die Kanalisation, was eine anhaltende Überschreitung der Frachtlimite zur Folge hatte. Technische Massnahmen im Sinne einer Abwasservorbehandlung waren deshalb unbedingt notwendig.

Nach Prüfung der verschiedenen Möglichkeiten zur Frachtreduzierung, entschied sich die Firmenleitung für eine innovative, umweltfreundliche und energiesparende Lösung. Anstatt einer konventionellen aeroben Vorreinigung beschloss man den Bau einer aufwendigeren anaeroben Vorreinigungsanlage für die gemeinsame Reinigung des Abwassers und der Rückstände aus dem industriellen Destillationsprozess. Diese Rückstände wurden bis anhin unter erheblichen Energieeinsatz verdampft. Neu werden die Destillationsrückstände zusammen mit dem betrieblichen Abwasser anaerob vorbehandelt, das entstehende Biogas wird zur betriebsinternen Dampfproduktion verwendet. Die Anaerobanlage wurde so ausgelegt, dass sie, im Gegensatz zu konventionellen Anlagen, bei einer Temperatur von 25 °C betrieben werden kann. Das Projekt wurde vom Bundesamt für Energie finanziell gefördert

Um die Tragweite des Projektes besser zu verdeutlichen, wurden bereits im Rahmen der Beantragung von Subventionen die zu erwartenden Einsparungen an elektrischer und an thermischer Energie in Form von Dampf prognostiziert. Zur Überprüfung dieser Werte war es erforderlich, die Energiebilanz für die Abwasservorreinigung und den Teilbereich der biologischen Reinigungsstufe der kommunalen Kläranlage zu erstellen. Die dafür notwendigen Daten wurden während einer 9-monatigen Messkampagne erhoben. In diesem Zusammenhang wurde neben den energetischen Aspekten auch die Reinigungsleistung der Abwasservorreinigungsanlage (AVRA) untersucht, die besonders hinsichtlich des gewählten Verfahrens einer kalten Vergärung von Interesse ist.

Verfahrensbeschreibung

Die einzelnen Verfahrensstufen sind im nachfolgenden vereinfachten Verfahrensfliessbild (vgl. Abbildung 1) dargestellt, und sollen nur kurz beschrieben werden.

Bevor die zufließenden Abwässer aus den Fabrikationsarealen Schellenrain und Merkur in das Pufferbecken eingeleitet werden, müssen grobe Bestandteile entfernt werden. Dazu wird das Abwasser über einen Siebrechen geführt. Für die Schlempe (Destillationsrückstände) existiert ebenfalls ein Zwischenspeicher mit einer hydraulischen Aufenthaltszeit von ca. 1 - 2 Tagen.

Aus den beiden Pufferbecken werden die Anaerob-Reaktoren beschickt. Der pH-Wert wird „Inline“ in der Zulaufleitung der Reaktoren durch die Zugabe von Natronlauge oder Schwefelsäure geregelt.

Das Abwasser fällt mit unterschiedlichen Temperaturen an. Die minimale mittlere Abwassertemperatur beträgt 20°C. Um einen möglichst optimalen biologischen Abbau sicherzustellen, kann das Abwasser auf eine Temperatur von 25°C erwärmt werden. Diese Erwärmung erfolgt mit einem Spiralwärmetauscher, der ebenfalls in der Zulaufleitung eingebaut ist.

Die Anaerobanlage besteht aus zwei parallelen Biogashochreaktoren (vgl. Abbildung 2). Der Abbau der organischen Stoffe erfolgt durch einen Anaerobschlamm, welcher in Pelletform vorliegt. Der untere Reaktorteil enthält ein expandiertes Granulatschlammbett, in welchem der grösste Teil des organischen Kohlenstoffs in Biogas umgewandelt wird. Das in diesem Teil erzeugte Gas wird

in einem unteren Abscheidemodul gefasst und speist eine Mammutpumpe, die das Abwasser-/Schlammgemisch in den Entgasungsbehälter im Reaktorkopf fördert. Hier wird das Gas abgeschieden und in den Gasbehälter abgeführt. Das Abwasser-/Schlammgemisch gelangt über ein konzentrisches Fallrohr wieder in die Zulaufverteilszone am Reaktorboden. Die Durchmischung der Reaktoren wird somit nur zu einem geringen Teil durch den Zulauf des Abwassers sichergestellt. Die massgebende Umwälzleistung wird durch das gebildete Biogas erreicht.

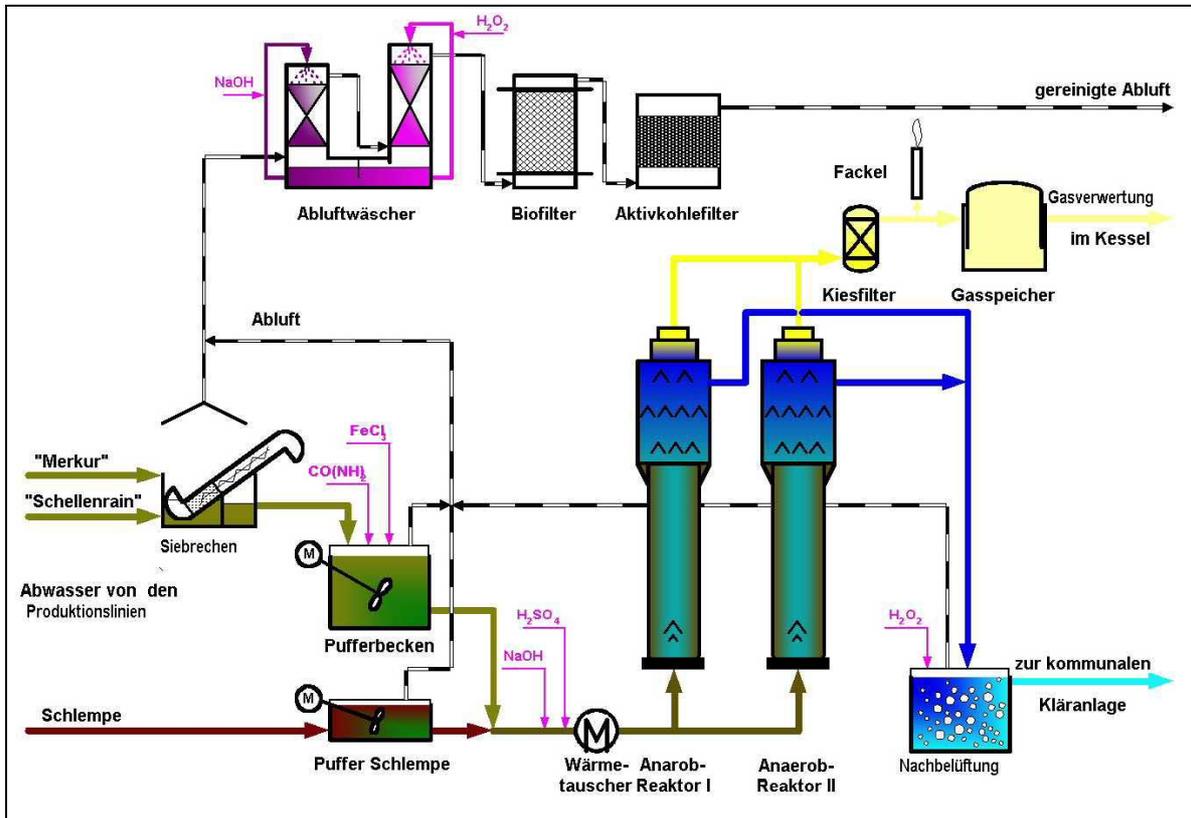


Abbildung 1 Vereinfachtes Verfahrensfliessbild

Das gebildete Biogas wird in einem Kissengasometer zwischengespeichert. Dieser dient als Mengenausgleich für kurzzeitige Spitzen im Gasanfall. Vom Gasometer wird das Gas mit einem Druckerhöhungsgebläse in das Kesselhaus gefördert. Dort wurde ein bestehender Kessel mit einem neuen Brenner ausgerüstet. Das Biogas wird auf diese Weise zur Erzeugung von Dampf genutzt, welcher für innerbetriebliche Prozesse benötigt wird. Ist die Gasverwertung im Kessel gestört, wird das Biogas über eine Notfackel automatisch abgebrannt.

Für die einwandfreie Funktionsfähigkeit der Anlage sind verschiedene Chemikalien notwendig, die jeweils über eine Dosierstation bereitgestellt werden.

Das aus den Anaerobreaktoren abfließende Abwasser weist einen hohen Gehalt an gelöstem Schwefelwasserstoff (H₂S) auf. Zur Vermeidung von Geruchsemissionen wird das Abwasser belüftet und somit der wesentliche Anteil des H₂S oxidiert. Nicht oxidiertes H₂S wird ausgestrippt und in der Abluftbehandlung eliminiert.



Abbildung 2 Aussenansicht der Anaerobiereaktoren

Teil der Abwasservorreinigung ist zusätzlich die Abluftbehandlung. Der wesentliche Inhaltsstoff, welcher den Geruch negativ beeinflusst, ist Schwefelwasserstoff. Er wird in einem alkalisch betriebenen, oxidativen Luftwäscher aus der Abluft ausgewaschen. Die weitgehend H_2S -freie Abluft wird über die zweite Behandlungsstufe, ein Biofilter in Containerbauweise, geführt. In diesem Biofilter werden sowohl das restliche H_2S wie auch weitere Geruchsstoffe biologisch eliminiert. Die letzte Verfahrensstufe in der Abluftbehandlung ist ein Aktivkohlefilter, welcher ausschliesslich als Sicherheitsstufe („Polizeifilter“) dient.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Für die Messkampagne wurden die einzelnen Abwasserströme täglich analysiert. Ebenso wurden alle Durchflüsse täglich via Prozessleitsystem erfasst. Die Gaszusammensetzung wurde durch Stichproben bestimmt.

ENERGETISCHE BEURTEILUNG

Unter Verwendung der erfassten Daten konnte eine Energiebilanz für die Abwasservorreinigungsanlage und des Teilbereiches Belüftung der kommunalen Kläranlage erstellt werden (Abbildung 3).

Entsprechend dieser Energiebilanz wurden während der Messkampagne in der Abwasservorreinigungsanlage (AVRA) 4'300 m^3/a Schlempe entsorgt. Aus den Betriebsdaten der POMDOR AG der vergangenen Jahre konnte ermittelt werden, dass zur Eindampfung von 1 m^3 Schlempe 232 kWh erforderlich waren. Somit wurde durch die Verarbeitung der Schlempen thermische Energie von ca. 990 MWh pro Jahr eingespart. Zusätzlich konnten bei der Vergärung der Schlempen gemeinsam mit den Abwasserströmen *Schellenrain* und *Merkur* 180'000 m^3/a Biogas produziert werden, wodurch weitere 1'350 MWh an thermischer Energie gewonnen wurden, da Öl für die betriebsinterne Dampfproduktion eingespart werden konnte.

Da für den CSB der Erhaltungssatz gilt, muss die Zulaufkraft an CSB gleich der Summe der Ab-
 lauffkraft an CSB und der Gasfracht in CSB-Äquivalenten sein. Die in der Bilanz ermittelte sehr
 geringe Abweichung von 30 t CSB pro Jahr (6 % bezogen auf den CSB im Zulauf) bestätigt so-
 wohl die Gasmengenmessungen als auch die Genauigkeit der bestimmten Zulauf- und Ablauf-
 frachten. Systematische Fehler in den Messungen können ausgeschlossen werden.

Um auch den verminderten Verbrauch an elektrischer Energie zu bewerten, muss eine theoreti-
 sche Energiebilanz erstellt werden, die von der heutigen Belastung ausgeht, jedoch die jetzige
 Abwasservorreinigung nicht berücksichtigt. In diesem Fall würden die Abwasserströme „Schellen-
 rain“ und „Merkur“ ohne Vorbehandlung der kommunalen Kläranlage zugeleitet werden.

Durch die Auswertung der Betriebsdaten der kommunalen Kläranlage konnten spezifische Kenn-
 werte ermittelt werden, die eine Berechnung der benötigten elektrischen Energie für die Belüftung
 direkt aus der eingeleiteten CSB-Fracht ermöglicht.

Ohne die Vorbehandlung des Abwassers wären 140 MWh an Belüftungsenergie auf der ARA Su-
 rental erforderlich gewesen. Im Vergleich dazu sind mit der Abwasservorbehandlung nur noch
 30 MWh notwendig. Die Einsparung an Strom für Gebläse auf der kommunalen Kläranlage beträgt
 110 MWh/a. Zusätzlich muss die elektrische Energie, die auf Seiten der POMDOR in diesem Be-
 reich benötigt wurde, berücksichtigt werden. Die Gesamtbilanz für elektrische Energie ist dennoch
 positiv. (Siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Zusammenfassung der Energieverbräuche

		Energieverbrauch		Differenz vor Ausbau - nach Ausbau	Einsparung
		ohne Vorreinigung	mit Vorreinigung		
E _{elektrisch}	Pomdor AG	4 MWh/a	109 MWh/a	- 105 MWh/a	
	Kommunale Kläranlage	143 MWh/a	32 MWh/a	111 MWh/a	6 MWh/a
E _{thermisch}	Eindampfung der Schlempen	992 MWh/a		992 MWh/a	
	Biogas- produktion		- 1'350 MWh/a	1'350 MWh/a	2'342 MWh/a

Last but not least sind die Auswirkungen auf den Betrieb der kommunalen ARA sehr positiv. Ne-
 ben den spürbar geringeren Energiekosten im Bereich der Belüftung sind Betriebsprobleme aus
 der Vergangenheit, die eng in Verbindung mit extremen Stossbelastungen und schlechten
 Schlammigenschaften standen, gelöst.

VERFAHRENSTECHNISCHE BEURTEILUNG

CSB-Abbauleistung und Einhaltung der geforderten Frachtlimiten

In der gewässerschutzrechtlichen Projektgenehmigung für die Abwasservorbehandlungsanlage
 des Amtes für Umweltschutz Kt. Luzern wurden Frachtlimiten festgelegt. Danach dürfen folgende
 Werte nicht überschritten werden:

- von Mai bis November 250 kg BSB₅/d (abgesetzte Probe)
- von Dezember bis April 185 kg BSB₅/d (nicht mehr als 5'500 kg/Mt.)
- absetzbare Stoffe 350 kg GUS/d (GUS = Gesamtheit der ungelösten Stoffe)

Wird die Anlage mit der in den Auslegungsfrachten festgelegten maximalen Belastung beschickt, so ergeben sich unter Einhaltung der Frachtlimiten Abbauleistungen von 80 % bis 90 %. Aus der Grafik (Abbildung 5) sind die erzielten Abbauleistungen bei gleichzeitiger Darstellung der Gesamtbelastung ersichtlich.

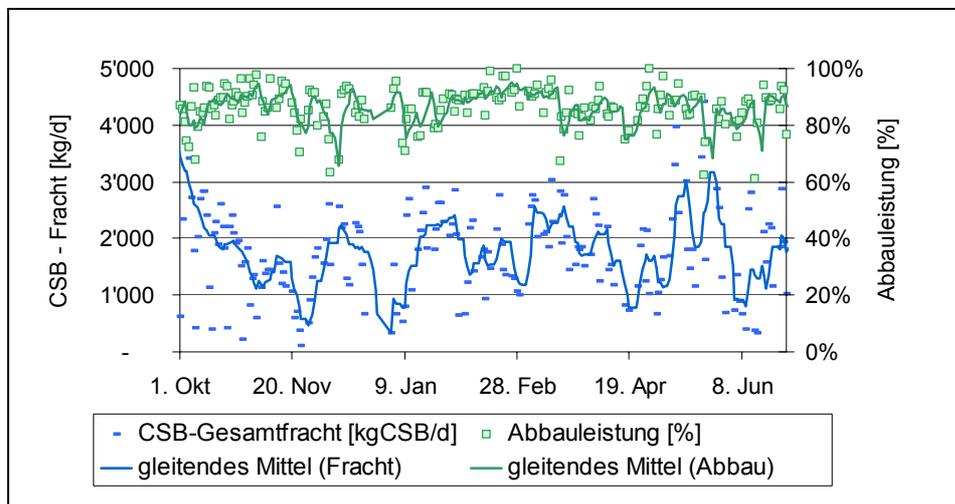


Abbildung 5 Zeitlicher Verlauf der relativen und absoluten Abbauleistung

Wesentlich aus Sicht des Gewässerschutzes ist die Einhaltung der festgelegten Frachtlimiten, da ständige Überschreitungen vor dem Bau der Vorbehandlung Betriebsprobleme auf der kommunalen Anlage verursachten, die wiederum einen negativen Einfluss auf den sensiblen Vorfluter Sure haben.

Zusätzlich ist zu beachten, dass sich im Kanalisationsnetz vor der ARA Surental mehrere Regenentlastungen befinden, so dass im Fall eines Regenereignisses ohne die Vorbehandlung des Abwassers eine erhöhte Fracht in den Vorfluter gelangt.

In Abbildung 6 wird deutlich, dass eine Einhaltung der Frachtlimiten für BSB₅ kein Problem darstellt. Die kurzzeitige Spitze im Februar ist auf Versuche zurückzuführen, bei denen die Leistungsfähigkeit der Anlage in Bezug auf eine stärkere Belastung untersucht wurde.

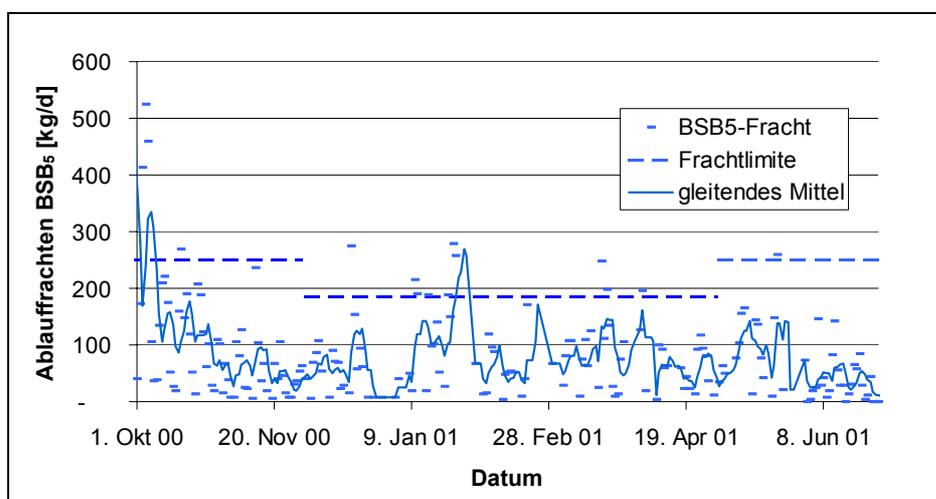


Abbildung 6 Darstellung der BSB_{5,abgesetzt}-Ablauffrachten und der entsprechenden Frachtlimiten

In den letzten 9 Monaten wurden die Limiten bezüglich GUS bei 80 % der gemessenen Werte eingehalten (Abbildung 7). Ursache für die auftretenden Überschreitungen ist vor allem die stark schwankende hydraulische Beschickung. Bei einer schwachen Belastung lagern sich die ungelösten Stoffe im Reaktor ab und werden bei entsprechend stärkerem Durchsatz wieder ausgespült.

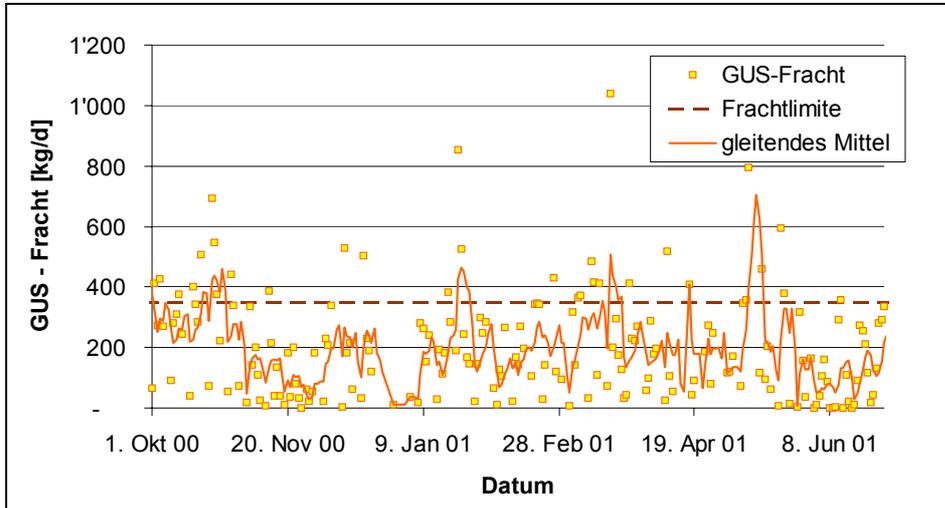


Abbildung 7 Darstellung der GUS Ablaufmengen und der entsprechenden Frachtlimite

Einfluss der Temperatur auf die Abbauleistung

Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass der optimale Temperaturbereich einer anaeroben Abwasserbehandlung 35 bis maximal 40 °C beträgt, wobei die Leistungsfähigkeit der Mikroorganismen begünstigt wird, wenn eine möglichst konstante Temperatur gewährleistet ist. Bereits Schwankungen von wenigen Grad Celsius können kurzzeitige Hemmungen hervorrufen.

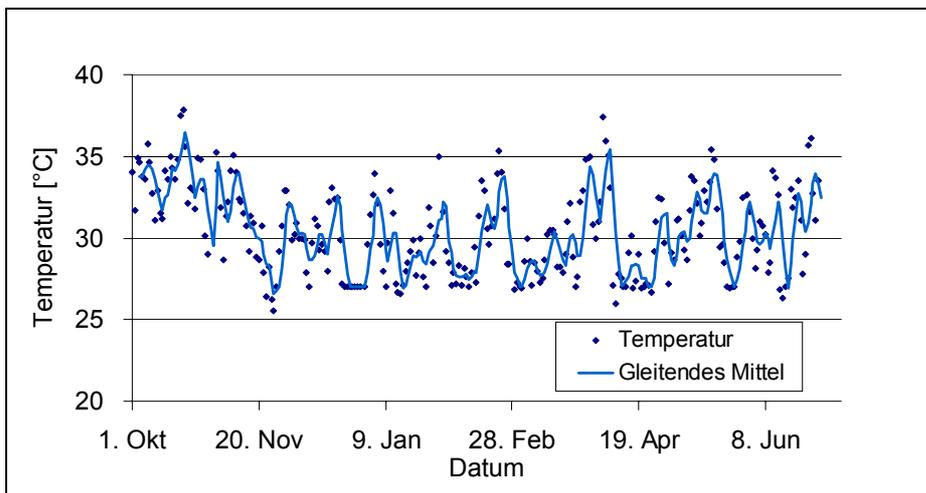


Abbildung 8 Zeitlicher Temperaturverlauf im Zufluss der Reaktoren

Die Auswertung der Daten der Abwasservorreinigung ergab, dass die Schwankungen der mittleren Tagestemperaturen von aufeinanderfolgenden Tagen bis zu 5 °C betragen, innerhalb weniger Tage sogar bis 10 °C (Abbildung 8), ohne dass Auswirkungen auf die Abbauleistung deutlich wurden.

Bewertung 2001 und Ausblick 2002

Zusammenfassend konnte die stark positive Energiebilanz, von der in der Projektierungsphase ausgegangen wurde, bestätigt werden. Die Reserven der Anlagenauslegung lassen eine Steigerung in den nächsten Jahren ohne weiteres zu, was zu einer weiteren Verbesserung der thermischen Energiebilanz führt.

Darüber hinaus lassen sich aus den Betriebsdaten der anaeroben Abwasservorbehandlungsanlage die folgenden verfahrenstechnischen Ergebnisse zusammenfassen:

- Die festgelegten Frachtlimite und die garantieren Abbauleistungen werden eingehalten.
- Trotz geringerer und gleichzeitig stark schwankender Abwassertemperatur wird eine sehr hohe Abbauleistung erreicht.
- Die gewählte Verfahrensführung bewirkt einen stabilen und betriebssicheren Abbauprozess, der noch über erhebliche Reserven bezüglich der maximal möglichen Belastung verfügt.