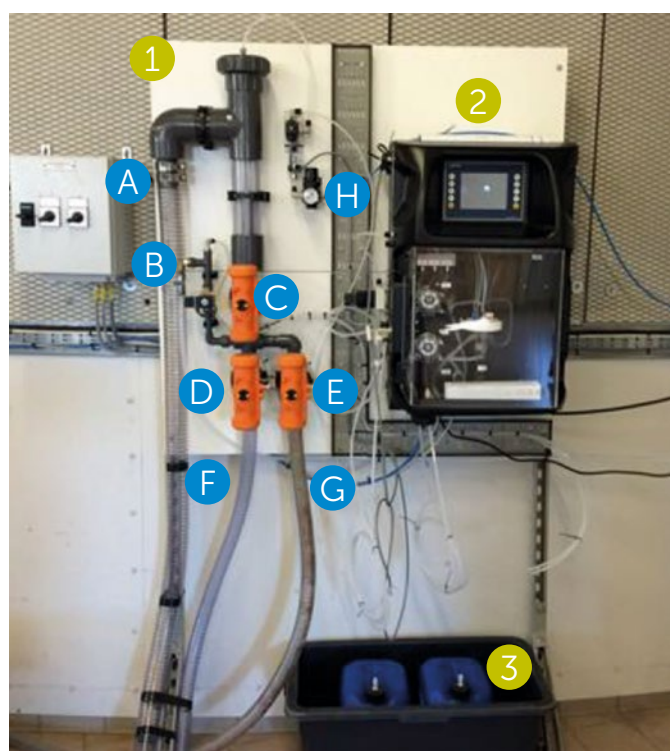


VIVAB testet Online-Analysator für flüchtige Fettsäuren

Die Überwachung und Optimierung der Bildung von flüchtigen Fettsäuren (VFA; Volatile Fatty Acids) und die Kontrolle der Alkalinität und des pH-Werts in anaeroben Prozessen sind wesentliche Faktoren zur Verhinderung von akuten Ausfällen und Funktionsstörungen in Biogas- und EBPR-Anlagen (Enhanced Biological Phosphorus Removal; Biologische Phosphatelimination).

Online-Messgeräte bieten eine gute Möglichkeit, solche Prozesse zu überwachen, da sie eine kontinuierliche Bestimmung der Bedingungen im Innern einer Biogasanlage ermöglichen. Der Online-Analysator EZ7200 VFA ist ein solches Gerät, das die Überwachung, Kontrolle und Optimierung des anaeroben Prozesses erleichtert. Dieses Gerät misst die folgenden Parameter: pH, VFA, Bicarbonate sowie Gesamt- und partielle Alkalinität. Es wurde von der schwedischen Aktiengesellschaft mit öffentlicher Beteiligung VIVAB (Vatten & Miljö i Väst AB) an drei verschiedenen Standorten getestet. Identische Proben wurden jeweils mit drei verschiedenen Labormethoden analysiert.



Installation am Standort

- 1 Probenaufbereitungspanel
- 2 Analysator
- 3 Reagenzien

- A Überlauf
- B Spülventil
- C Einlassventil
- D Ablassventil
- E Probenventil
- F Ablaufschlauch
- G Probenschlauch
- H Druckminderer

Installation

Die Anlage besteht aus zwei Komponenten: der Aufbereitungs- und der Analyseinheit. Das Probenaufbereitungspanel enthält verschiedene Ventiltypen, eine Vorkonditionierungseinheit mit Filter und einen Druckminderer.

Laboranalysenverfahren

Die Online-Messungen wurden mit drei verschiedenen Laborverfahren verglichen.

EZ7200 Methode

Hier wird die Laboranalyse genau nach dem Ablauf im Analysators durchgeführt. 20 mL Probe werden mit 0,1 M Schwefelsäure vom ursprünglichen pH-Wert bis zum pH-Wert von 5,75 titriert, um die partielle Alkalinität zu bestimmen, und weiter bis zum pH-Wert von 4,3 zur Bestimmung der Gesamtalkalinität. Zur Berechnung der Bicarbonate wird weiter bis zum pH-Wert 4,0 titriert. Anschließend wird die Probe 90 Sekunden lang belüftet, um Carbonate zu entfernen. Zur VFA-Bestimmung wird die Probe mit 0,02 M Natriumhydroxid vom pH-Wert 4,0 bis zum pH-Wert 5,0 titriert.

Methode der VIVAB in Falkenberg (Schweden, Provinz Hallands)

Das akkreditierte Labor in Falkenberg filtert die Probe vor der Untersuchung. 50 mL Probe werden mit 0,1 M Schwefelsäure vom ursprünglichen pH-Wert bis zum pH-Wert 5,75 titriert, um die partielle Alkalinität zu bestimmen, und bis zum pH-Wert von 4,0, um die Gesamtalkalinität zu bestimmen. Die Titration wird fortgesetzt, bis ein pH-Wert zwischen 3,3 und 3,5 erreicht wird. Danach wird die Probe mindestens drei

Flüchtige Fettsäuren in anaeroben Prozessen

Minuten lang gekocht. Nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur wird die Probe mit 0,05 M Natriumhydroxid von einem pH-Wert von 4,0 auf einen pH-Wert von 7,0 titriert, um die VFA zu bestimmen.

Akkreditiertes Labor in Varberg (Schweden, Provinz Hallands)

Das akkreditierte Labor in Varberg verdünnt die Probe mit destilliertem Wasser im Verhältnis 1 : 1. Nach der Verdünnung wird die Probe durch einen Filter mit einer Porengröße von 6 bis 10 µm filtriert. Anschließend werden 10 mL Filtrat und 90 mL destilliertes Wasser gemischt und mit 0,05 M Salzsäure titriert. Die partielle Alkalinität wurde bei einem pH-Wert von 5,75 und die Gesamtalkalinität bei einem pH-Wert von 4,00 bestimmt.

Die VFA-Bestimmung erfolgt mit einem Hach® Küvetten-Test (LCK 365). Die Probe wird zentrifugiert und filtriert (Porengröße 6 bis 10 µm).

Installation an den Standorten

Kläranlage Getteröverket

Getteröverket im Stadtgebiet Varberg ist eine der größten Kläranlagen der VIVAB. Sie bietet eine Aufbereitungskapazität von 5.600 kg BSB₇/Tag, welches einem EWG (Einwohnergleichwert) von 80.000 entspricht. Dieses Klärwerk behandelt in der Regel kommunales Abwasser. Nur etwa 7 % der BSB₇-Last stammen von industriellen Abwässern (hauptsächlich Fischindustrie). Die Kläranlage verfügt über vier Biogasanlagen mit einem Gesamtvolumen von 3.600 m³, d. h. jeweils 900 m³ pro Reaktor.

Der EZ7200 Analysator wurde am Hauptreaktor installiert, weil an diesem Reaktor mit den größten Prozessschwankungen zu rechnen war. Zudem war zu erwarten, dass eine Prozessinstabilität aufgrund einer Zunahme von VFA und einer Abnahme der Alkalinität zuerst bei diesem Reaktor festgestellt würde. Derartige Entwicklungen können beispielsweise durch eine geänderte organische Last und Änderung der Voreindickung hervorgerufen werden.

Vorbehandlung des Carlsberg Abwassers

Im Stadtgebiet Falkenberg und dessen Nachbarschaft sind unterschiedliche Industriebetriebe angesiedelt. Da industrielles Abwasser eine starke Belastungsschwankungen aufweist, stellt dessen Aufbereitung im größten Klärwerk Smedjeholmen eine erhebliche Herausforderung dar. Insbesondere das Abwasser aus der Carlsberg-Brauerei erfordert eine spezielle Vorbehandlung. Das in der Brauerei anfallende Prozesswasser wird in einem internen, anaeroben Kreislaufreaktor (IC-Reaktor) vorbehandelt, der sich südlich der Stadt Falkenberg befindet. VIVAB ist für die Wartung und den Betrieb dieser Anlage verantwortlich. Das Prozesswasser wird im IC-Reaktor hauptsächlich aus zwei Gründen behandelt: Zur Steigerung der Biogasproduktion und zur Verringerung der BSB Last vor der Behandlung im Klärwerk Smedjeholmen.

Kläranlage Ullared

Die Kläranlage Ullared befindet sich im Stadtgebiet von Falkenberg. Sie dient hauptsächlich der Aufbereitung des Abwassers vom Gelände des Einkaufszentrums Gekås, in dem Geschäfte, Gastronomiebetriebe und ein Campingplatz angesiedelt sind. Dementsprechend treten bei der Abwas-

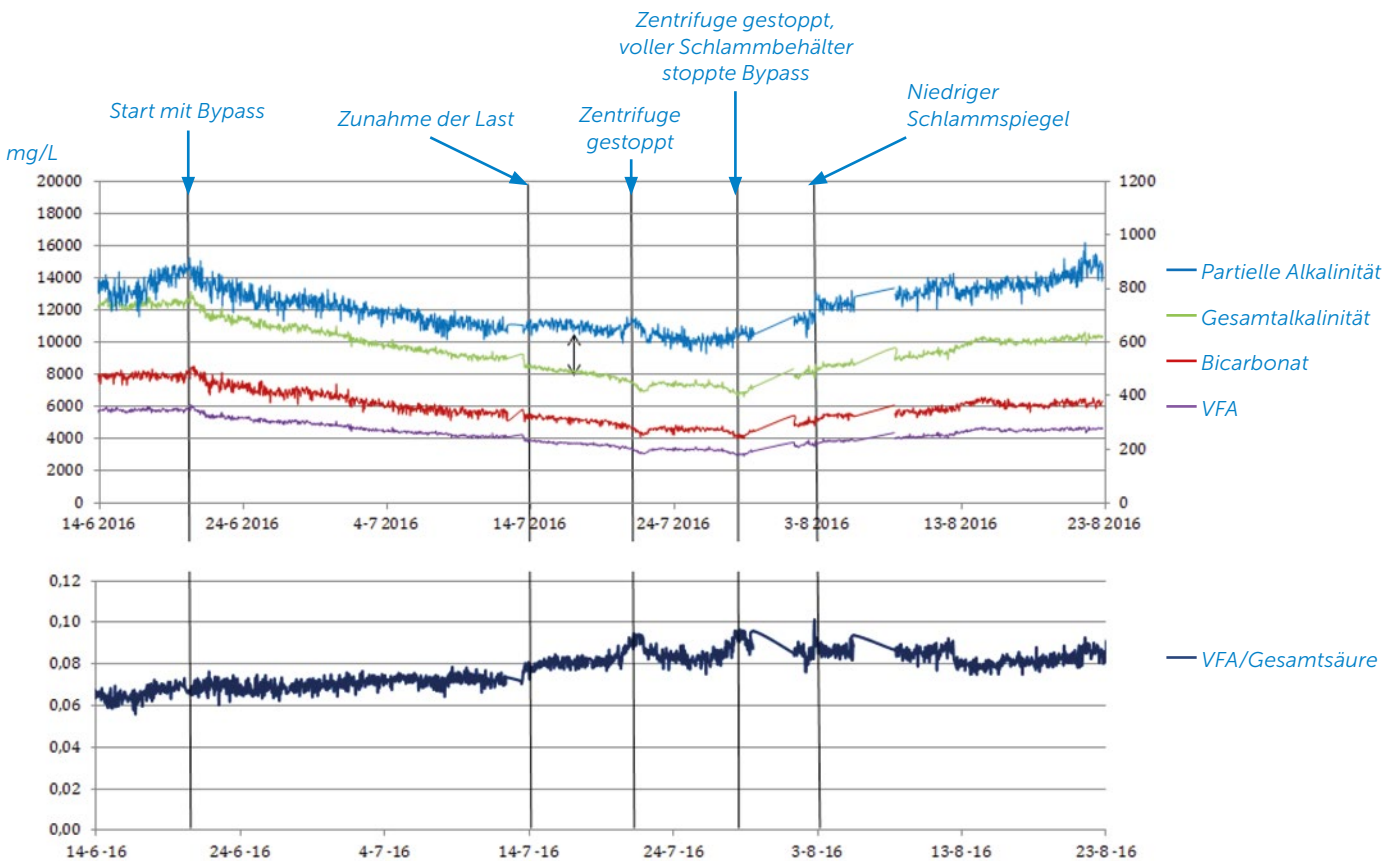


Abbildung 1: Ergebnisse der Online-Messungen vom 14. Juni bis 23. August 2016 in der Kläranlage Getteröverket

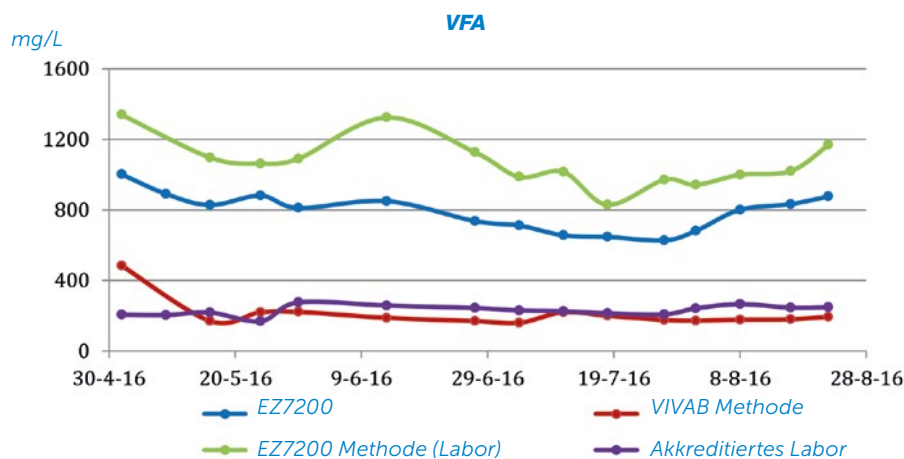


Abbildung 2: Vergleich zwischen Online-Messungen und wöchentlichen Laboregebnissen der Kläranlage Getteröverket

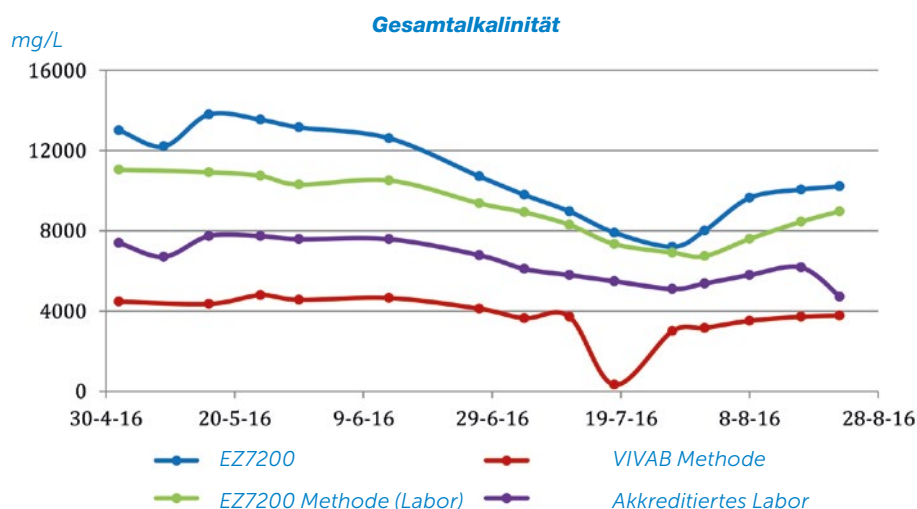


Abbildung 3: Vergleich zwischen Online-Messungen und wöchentlichen Laboregebnissen der Kläranlage Getteröverket

sermenge und bei der BSB Last während der Hauptgeschäftszeiten und in der Feriensaison erhebliche Schwankungen auf. Das Klärwerk in Ullared hat eine Aufbereitungskapazität von 518 kg BSB₇/Tag, was einem EWG von 7.400 entspricht. Es handelt sich um eine Anlage mit biologischer Phosphatelimination (BIO-P). Sie nutzt ein rezirkulierendes Belebtschlammverfahren (ARP) zur VFA-Produktion. Der Abwasseraufbereitungsprozess im Klärwerk Ullared besteht aus drei Hauptschritten: Mechanische Behandlung, biologische Behandlung und schließlich Behandlung in Schönungsteichen.

Ergebnisse und Diskussion

Kläranlage Getteröverket

Die Messergebnisse erleichtern die Beurteilung und die Optimierung der Biogasanlagenprozesse des Klärwerks Getteröverket.

Die Alkalinität und VFA-Werte in der Biogasanlage waren aufgrund des konstanten Zulaufs relativ stabil. Bei näherer Betrachtung der Online-Messungen stellte sich heraus, dass selbst kleine Veränderungen oder Unregelmäßigkeiten im Prozess, wie z. B. das Anhalten der Zentrifuge, sofort erkennbar waren. Möglichkeiten zur Verbesserung des Prozesses, zur Reduzierung des Energieverbrauchs und zur Senkung der Kosten konnten aufgezeigt werden. Wenn der Voreindicker ein Jahr lang nicht zum Einsatz kommt, sind Einsparungen bei den Polymeren in Höhe von 150.000 SEK

möglich. Der Polymerverbrauch wird von 3,8 t/Jahr (2015) auf Null reduziert wird. Zusätzlich führte eine Verbesserung der Schlamm entwässerung zur Verringerung der Schlammtransportkosten und einer geringeren internen Zirkulation.

Ein Vergleich der Online-Messungen zeigt, dass nach der Optimierung alle Verläufe dem gleichen Trend folgten (Abbildung 1).

Aufgrund der zusätzlichen Filtration fielen die Werte der VIVAB Methode niedriger aus als die Werte der Online-Messung. Die mit der EZ7200-Labor-Methode ermittelten Werte lagen in einem ähnlichen Bereich wie die Werte der Online-Methode. Lediglich die VFA-Werte waren höher. Die mit der Falkenberg-Methode ermittelten Werte waren konstant niedriger als die Online-Messungen, was auf die zusätzliche Filtration der Probe zurückzuführen ist.

Die Ergebnisse des akkreditierten Labors in Varberg zeigen, dass alle Messwerte unterschiedliche Größenordnungen hatten, jedoch dem gleichen Trend folgten (Abbildungen 2+3).

Carlsberg

Die Alkalinitätswerte änderten sich ziemlich schnell, während die VFA-Werte relativ stabil waren und hauptsächlich um 30 mg/L bis 55 mg/L schwankten.

VFA-Messungen sind von großem Nutzen in Verbindung mit der Online-Überwachung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) am Zulauf. Basierend auf diesen Hauptparametern kann der Zulauf zum Reaktor angepasst werden.

Ein Vergleich der Online-Messwerte mit den Laborwerten zeigte, dass alle Werte dem gleichen Trend folgten, was darauf hindeutet, dass der Analysator ordnungsgemäß funktionierte (Abbildung 4+5).

Kläranlage Ullared

Im Gegensatz zu früheren Studien wiesen die insgesamt erhaltenen Online-Ergebnisse eine größere Instabilität auf. Dies wird auf die deutlich geringere Alkalinität und den geringeren VFA-Gehalt beim ARP-Verfahren im Vergleich zu den normalerweise in Biogasanlagen gemessenen Werten zurückgeführt. Dennoch zeigen die erhaltenen Ergebnisse, dass die Trends korrekt waren und

Flüchtige Fettsäuren in anaeroben Prozessen

den erwarteten Abweichungen des ARP-Verfahrens folgten. Dies erleichtert somit eine zuverlässige Überwachung.

Es wurde ein Vergleich über den gesamten Zeitraum hinweg zwischen den Online-Messungen und den Laborergebnissen durchgeführt. Die Laborwerte zeigten, dass alle Werte dem gleichen Trend folgten, was darauf hindeutet, dass der Analysator ordnungsgemäß funktioniert hat (Abbildung 6).

Schlussfolgerung

Das Hauptziel der Teststudie mit dem EZ7200 Analysator bestand darin, zu ermitteln, ob die erhaltenen Analyseergebnisse zuverlässig sind und ob der Analysator zur Überwachung von Prozessen in Abwasseraufbereitungsanlagen geeignet ist. Die Auswertung der mit dem Analysator erhaltenen Ergebnisse zeigte, dass die Online-Messergebnisse tatsächlich korrekt waren. Ein Vergleich zwischen den Online-Messungen und den Laborergebnissen ergab, dass die vom Analysator angezeigten Werte zuverlässig waren und dass alle Werte dem gleichen Trend folgten. Anhand dieser Ergebnisse konnten selbst kleine Veränderungen im Prozess erkannt werden. Deshalb ist eine Optimierung des Prozesses ohne Übersäuerungsrisiko für den Reaktor möglich. Im Klärwerk Getteröverket konnte der Prozess durch Umgehung des Voreindickers optimiert werden, was jährliche Kosteneinsparungen in Höhe von 150.000 SEK möglich macht und zudem die Schlammtransportkosten senkt.

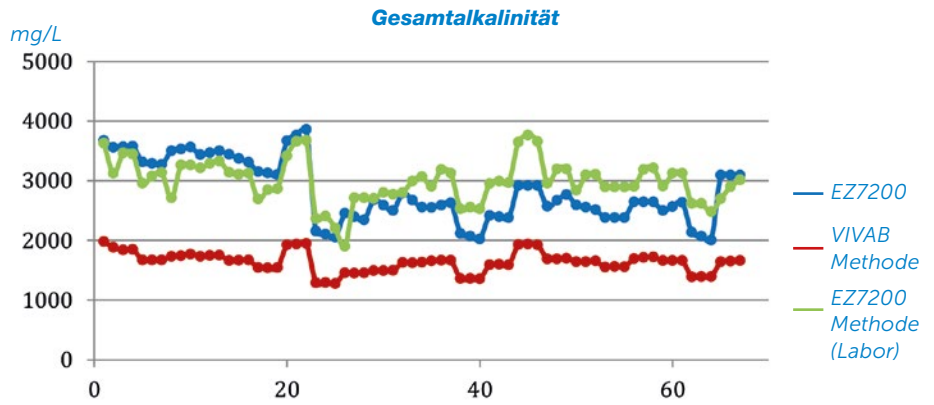


Abbildung 4: Vergleich zwischen Online-Messungen und Laborergebnissen bei Carlsberg

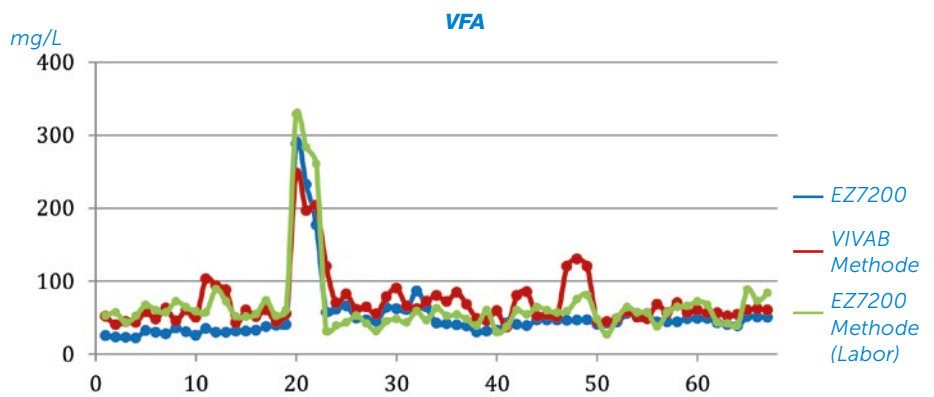


Abbildung 5: Vergleich zwischen Online-Messungen und Laborergebnissen bei Carlsberg

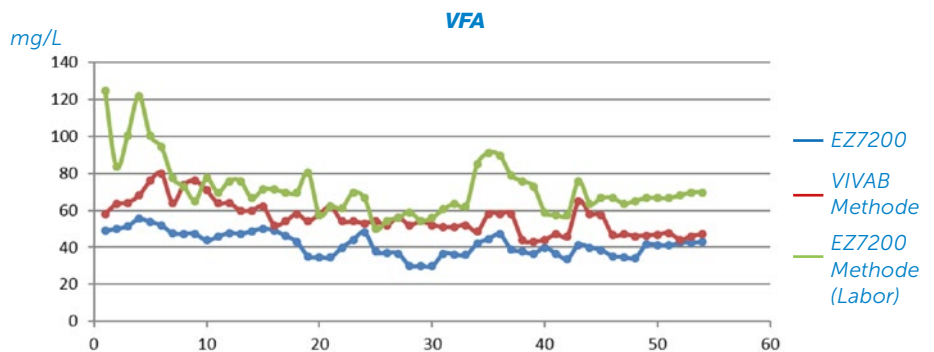


Abbildung 6: Vergleich zwischen Online-Messungen und Laborergebnissen bei Ullared

Autoren

Dr. Alexander Keucken, Forschungsleiter, Moshe Habagil, F&E-Ingenieur, Caroline Scheich, Umwelttechnikerin, F&E-Abteilung, VIVAB