

# Steuerung und Regelung einer neuartigen Fäkalienverwertungsanlage

Im Rahmen der „Reinvent the toilet challenge“ durch die Bill & Melinda Gates Stiftung werden Projekte gefördert, welche vollkommen neuartige Toiletten entwickeln. Diese Toiletten funktionieren eigenständig, das heisst ohne Anschluss an das Elektrizitätsnetz, Wasser- und Abwasserleitungen. Das Institut für Automation konnte bei der Realisierung eines Prototyps des Instituts für Biomasse und Ressourceneffizienz für die Fäkalienaufbereitung die Steuerungstechnik entwickeln.

Silvano Germann



Abbildung 1: Versuchsanlage der zweiten Generation

Viele Regionen in Schwellen- und Entwicklungsländern haben einen schlechten Zugang zu sauberem Wasser und hygienischen Kanalisationssystemen. Etwa ein Drittel der Weltbevölkerung hat keine oder nur eine beschränkte Toilette. Besonders schlecht ist die Lage in Indien und Ländern südlich der Sahara, dort lebt ein Grossteil der Bevölkerung unter miserablen sanitären Verhältnissen. In diesen Regionen gelangen grosse Mengen an Fäkalien in die Umwelt. Viele Menschen leiden dort unter schweren Erkrankungen und Parasitenbefall.

## Blue Diversion Autarky Projekt

Angesichts dieses Zustands hat die Bill & Melinda Gates Foundation die Neuentwicklung der Toilette ausgeschrieben. Ziel ist es, eine Toilette zu entwickeln, die ohne Zuführung von Energie und ohne Anschlüsse an eine Kanalisation Fäkalien vollständig beseitigt. Etwa 30 Universitäten und Firmen haben seither Fördergelder erhalten. Ein un-

terstütztes Projekt ist das Blue Diversion Autarky Projekt der Eawag. Es besteht aus einem internationalen Team an Forschern der Eawag, des Paul Scherrer Instituts, des Instituts für Biomasse und Ressourceneffizienz der FHNW, der EPFL, der Schwedischen Universität für Agrarwissenschaften (SLU) und des österreichischen Designstudios EOOS.

Fäkalien und Urin werden in Autarky separiert und getrennt verarbeitet. Die Fäkalien werden unter hohem Druck mit Luft vermischt und Temperaturen von über 400°C ausgesetzt. Dies löst eine hydrothermale Oxidation aus, welche innerhalb wenigen Minuten die Fäkalien in Kohlendioxid und Wasser verbrennt. Ein Teil der daraus entstehenden thermischen Energie wird gespeichert, um diese für den folgenden Durchgang wiederzuverwenden. Ein erster Prototyp zeigte für kleine Mengen Fäkalien dieses Verhalten. Für die Weiterentwicklung des Prozesses wurde aber ein neuer Prototyp entwickelt, welcher für grössere Durchsätze konzipiert ist und eigenständig den Prozess regeln kann (Abbildung 1). An dieser Stelle wurde das Institut für Automation beigezogen.

## Steuerungskonzept

Es bestehen verschiedene zum Teil sich widersprechende Anforderungen an die Anlage. Einerseits soll die Anlage für die Erforschung und Weiterentwicklung des Prozesses dienen. Das bedeutet, dass sie über einen langen Zeitraum zuverlässig funktionieren und Prozessdaten aufzeichnen muss, wobei die Ablaufsteuerung flexibel und frei parametrierbar sein soll. Andererseits muss die Anlage möglichst zuverlässig und einfach bedienbar sein, um sie in Feldtests betreiben zu können.

Die Steuerung, welche in einer Autarky Toilette zum Einsatz kommt, muss kompakt und kostengünstig sein. Bei der vorliegenden Anlage entschied man sich aus den genannten Gründen für eine konventionelle SPS. Ein kleiner Bildschirm macht die einfache Bedienung und den autonomen Betrieb möglich. Wenn man die SPS mit einem PC

verbindet, dann können Verläufe komfortabel beobachtet und Messwerte protokolliert werden.

Der Oxidations-Prozess arbeitet sequenziell, so werden dem Reaktor portionsweise Fäkalien mittels Druckluft eingeführt, hydrothermal oxidiert und danach entleert. Das Blockschaltbild (Abbildung 2) zeigt die sequentielle Vorgabe für den Ablauf. Das Programm wurde hauptsächlich in Ablaufsprache nach IEC-61131 geschrieben, um Prozesszustände klar und einfach abzubilden. Der Ablauf ist frei parametrisierbar, so kann der Benutzer verschiedene Setups frei konfigurieren. Die Steuerung läuft auf einer SPS der Firma Beckhoff, welche zusammen mit dem Panel und weiteren Komponenten in einem kleinen Steuerkasten untergebracht wurde.

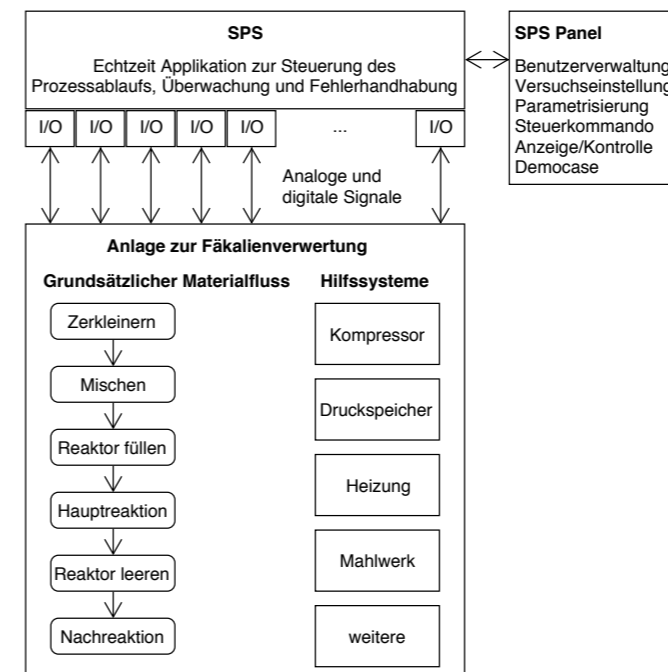


Abbildung 2: Blockschaltbild der Anlage

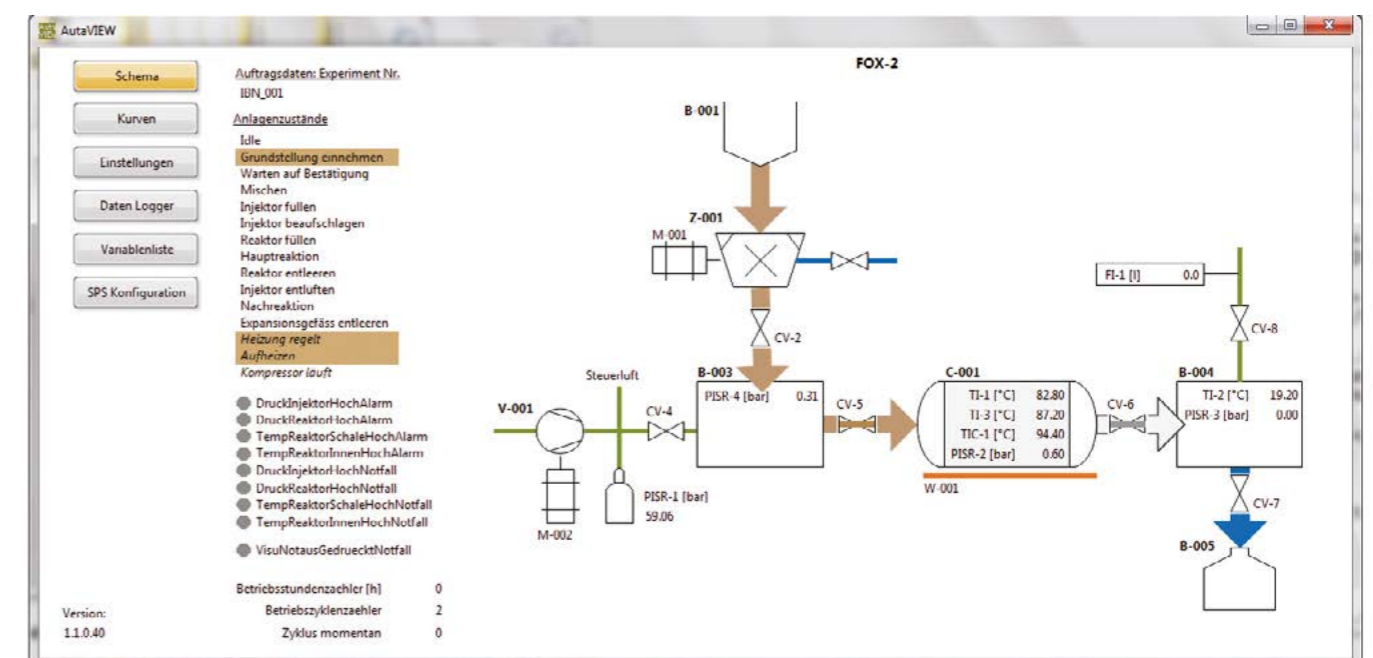


Abbildung 3: Eine PC Applikation kann die Prozessdaten darstellen und aufzeichnen

Zur Aufzeichnung der Daten wird eine PC Applikation in LabVIEW implementiert. Mit dem ADS Protokoll und einer .Net Assembly von Beckhoff wird die Kommunikation zur Steuerung umgesetzt. Die Applikation erlaubt eine moderne Visualisierung, sowohl in Schemaansicht (Abbildung 3) wie auch als Graphen. Die Messdaten werden jederzeit aufgezeichnet, damit alle Vorgänge zu einem späteren Zeitpunkt analysiert werden können. Aufgrund der hohen Anzahl von Sensoren und langen Versuchsdauer wird ein kompaktes Binärformat verwendet. Dem Benutzer steht zum Einlesen und zur Analyse der Daten ein kleines Datenimportprogramm bzw. DIAdem zur Verfügung.

## Reflexion

Die Inbetriebnahme der Anlage ist abgeschlossen und es konnten bereits viele wertvolle Versuche gefahren werden. Die Steuerungstechnik funktioniert einwandfrei. Die ganze Anlage leistet gute Dienste im Sinne der Bill & Melinda Gates Stiftung für eine bessere Zukunft.

## Link:

[www.eawag.ch/en/research/humanwelfare/wastewater/projekte/autarky/](http://www.eawag.ch/en/research/humanwelfare/wastewater/projekte/autarky/)

## Projektteam

Daniel Binggeli, Dozent, Projektleiter, [daniel.binggeli@fhnw.ch](mailto:daniel.binggeli@fhnw.ch)  
 Silvano Germann, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, [silvano.germann@fhnw.ch](mailto:silvano.germann@fhnw.ch)  
 Sebastian Elber, Wissenschaftlicher Assistent, Konzeptentwicklung  
 Lorenz Bäni, Softwareentwickler, [lorenz.baeni@students.fhnw.ch](mailto:lorenz.baeni@students.fhnw.ch)