



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorthesis

Dimitri Weiß

Entwicklung eines Systems zur Messwerterfassung
und Datenaufzeichnung mit GPRS-Übertragung für
eine Vakuumeinheit

Dimitri Weiß

Entwicklung eines Systems zur Messwerterfassung
und Datenaufzeichnung mit GPRS-Übertragung für
eine Vakuumeinheit

Bachelorthesis eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang Informations- und Elektrotechnik
am Department Informations- und Elektrotechnik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Prof. Dr. rer. nat. Henning Hasemann
Zweitgutachter : Prof. Dr.-Ing. Ulfert Meiners

Abgegeben am 21. April 2010

Dimitri Weiß

Thema der Bachelorthesis

Entwicklung eines Systems zur Messwerterfassung und Datenaufzeichnung mit GPRS-Übertragung für eine Vakuumeinheit

Stichworte

Hardwareauswahl, Programmierung eines Datenloggers, Ansteuerung eines eingebetteten GSM/GPRS-Moduls, AT-Befehle, Datenübertragung auf einen FTP-Server, Datenspeicherung auf einer Mikro SD-Karte, Ausstattung einer Vakuumeinheit, Drucksensor-Auswertung, Reedschalter

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit befasst sich mit der Komponentenüberwachung eines Vakuumsystems, in diesem Fall einer Vakuumtoilette. Mit einem GPRS-fähigen Datenlogger werden die Systemzustände mit Hilfe verschiedener Sensoren und Schnittstellen erfasst, in eine Logdatei aufgenommen und an einen FTP-Server in bestimmten Zeitintervallen oder ereignisgesteuert übertragen. Die Logdateien werden in CSV-Format abgespeichert. So kann die Datenauswertung mit dem Programm Microsoft Office Excel von jedem PC aus durchgeführt werden.

Dimitri Weiß

Title of the paper

Development of a system for data acquisition and data logging with GPRS connection for a vacuum unit

Keywords

Hardware selection, programming of a data logger, handling of an embedded GSM/GPRS module, AT commands, FTP file transfer to the server, data storage on a micro SD card, special equipment for a vacuum unit, pressure sensor analysis, reed switch

Abstract

Inside this report is the description of a vacuum system monitoring, in this case, a vacuum toilet. The system states are detected with the help of various sensors and interfaces in a data logger. After data recording in a log file it will be send to the FTP server by a GSM/GPRS module at specific time intervals or event controlled. The logs are saved in CSV format. So the data analysis can be performed using the tool Microsoft Office Excel by any PC.

Vorwort

Diese Bachelorthesis entstand in Zusammenarbeit mit der EVAC GmbH in Wedel und basiert auf einem Projekt. An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bei einigen Leuten bedanken:

- Dipl.-Ing. Detlev Both für das interessante Thema und die Möglichkeit der Durchführung meiner Bachelorthesis bei EVAC
- Betreuer Dipl.-Ing. David Weymar und seinen Teamkollegen für eine professionelle und fachliche Unterstützung
- RaD Labormitarbeitern für ihre Unterstützung beim Aufbauen einiger Teststände
- Firma Dreyer + Timm GmbH für die Beratung und Hilfe im Umgang mit dem Datenlogger Scombox

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Aufgabenstellung und Motivation	6
1.2	Evac GmbH	7
1.2.1	Geschichte	7
1.2.2	Geschäftstätigkeit	8
2	Konzept.....	9
2.1	Ausgangssituation	9
2.1.1	Vakuumtoilette	9
2.1.2	Toilettensystem.....	10
2.2	Gesetzte Ziele	12
2.2.1	Datenerfassung von Überwachungskomponenten.....	12
2.2.2	Datenverarbeitung und Auswertung	13
3	Hardwareauswahl.....	15
3.1	Voruntersuchungen	15
3.1.1	Anschluss- und Einbaumöglichkeiten für Zusatzinstrumentierung.....	15
3.1.2	Messen der Schieberzeiten	17
3.2	Datenlogger	20
3.2.1	Anforderungen.....	20
3.2.2	Marktübersicht und Auswahl.....	22
3.3	Sensoren	22
3.3.1	Anforderungen.....	23
3.3.2	Marktübersicht und Auswahl.....	24
4	Scombox.....	26
4.1	Übersicht	26
4.2	Hardwareaufbau	27
4.2.1	Mikrocontroller.....	29
4.2.2	CAN	30
4.2.3	RS232	32
4.2.4	Watchdog.....	34
4.2.5	RTC	34
4.2.6	GSM/GPRS-Modem.....	35
4.2.7	Mikro SD-Karte	37
4.2.8	FRAM.....	38
4.3	Softwareaufbau.....	39
4.3.1	Programmübertragung	39
4.3.2	Debuggen.....	40
5	Ausstattung der Vakuumtoilette.....	41
5.1	Übersicht	41
5.2	Schnittstellenadapter.....	42
5.3	Datenlogger-Anschlussklemmleiste	43
5.4	Sensorenanschluss und Auswertung	44
5.4.1	Drucksensoren	44
5.4.2	Reedschalter.....	48

6 Programmierung	49
6.1 Übersicht	49
6.2 Verwaltungsfunktion	51
6.2.1 Batteriemangement und Spannungsüberwachung	51
6.2.2 Zustandskette	52
6.2.3 FRAM Initialisierung	53
6.3 Anwenderfunktion	54
6.3.1 Initialisierung	55
6.3.2 Prüfung der Überwachungszeit	56
6.3.3 Überwachung	56
6.3.3.1 RS232 der Vakuumtoilette	57
6.3.3.2 1ms-Interruptroutine und deren Auswertung	58
6.3.3.3 Toilettensitz	60
6.3.4 Abschaltung	60
6.4 GPRS-Übertragung	61
6.4.1 GPRS-Technik	61
6.4.2 FTP-Server	62
6.4.3 Verbindungsaufbau und Datentransfer	63
6.5 Testen des GSM-Modems	66
6.6 Datenspeicherung auf der Mikro SD Karte	67
6.6.1 Erzeugen bzw. Öffnen einer Logdatei	68
6.6.2 Logdateiname	68
6.6.3 Inhalt einer Logdatei	69
6.6.4 Verwaltung der Logdateien	71
7 Tests und Problembehandlung	72
7.1 Dauertest der Vakuumtoilette	72
7.1.1 Testaufbau	72
7.1.2 Testergebnisse	74
7.2 Softwareprobleme	82
7.2.1 Öffnen einer neuen Verbindung zum FTP-Server	82
7.2.2 Erzeugen einer neuen Logdatei auf der SD-Karte	82
8 Wirtschaftliche Aspekte von GPRS	84
8.1 Verbindungsabrechnung	84
8.2 Datenvolumenberechnung	86
8.3 Mobilfunkanbieter- und Tarifauswahl	86
9 Zusammenfassung und Ausblick	89
Abbildungsverzeichnis	92
Tabellenverzeichnis	94
Symbole und Abkürzungen	95
Literatur- und Quellenverzeichnis	97
Anhang	99

1 Einleitung

Mit moderner Technik lassen sich heutzutage schon viele Prozesse fernüberwachen, so dass Servicekosten dadurch enorm reduziert werden und die Entwicklungsabteilungen wertvolle Informationen aus den Felddaten gewinnen können. Die Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M) macht das Ganze möglich und verknüpft Elektronik, Telekommunikation und Informationstechnik zu gängigen Anwendungen.

1.1 Aufgabenstellung und Motivation

Die Aufgabe dieser Bachelorthesis ist Felddiagnose und Überwachung eines Vakuumsystems. Bei dem Vakuumsystem handelt es sich um eine Vakuumtoilette der Firma EVAC GmbH, die weltweit in verschiedenen Zügen eingesetzt wird. Die Überwachung soll mit einem GSM/GPRS fähigen Datenlogger realisiert werden, der die relevanten Daten in bestimmten Zeitintervallen oder ereignisgesteuert zu einem FTP-Server per Internet verschickt. Die abgelegten Daten sollen dann am Arbeitsplatz mit einem Softwareprogramm, z. B. Microsoft Excel, ausgewertet und grafisch dargestellt werden.

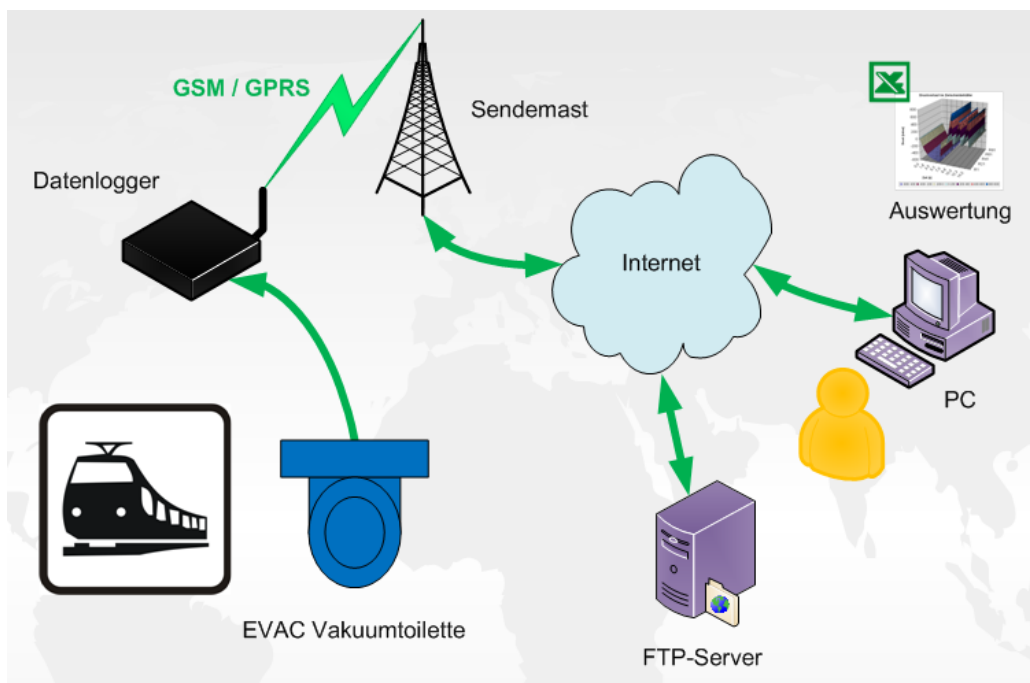


Abbildung 1-1: Grobe Struktur der Feldüberwachung

Die Realisierung dieses Projektes erfordert eine Menge von Vorkenntnissen, die man sich in erster Phase vertraut machen muss. Nach der Einarbeitung in das gesamte

Toilettensystem, Signalverarbeitung und die Auswertung von Sensoren folgt eine Einarbeitung in die Software des gewählten Datenloggers.

Die Suche nach den neuen Hardwarekomponenten, wie z. B. Datenlogger und verschiedenen Sensoren, erfordert eine Menge an Ausdauer und fachlicher Kompetenz bei der Auswahl sowie eine gute Kommunikationsfähigkeit, um eine vertrauensvolle Verbindung zu Lieferanten aufzubauen.

Die selbständige Planung und zum Schluss die praktische Ausführung dieses Projektes sind die Hauptpunkte der Motivation, die man für eine gute Projektabwicklung braucht. Teamgeist und eine gute Arbeitsatmosphäre gehören jedenfalls zu den wichtigsten Voraussetzungen für eine erfolgreiche Durchführung eines Projektes. Die regelmäßigen Absprachen mit Teammitgliedern und deren fachliche Unterstützung tragen den größten Teil zum Erfolg bei und bieten manchmal eine Lösung, um nicht in einer Sackgasse zu gelangen.

1.2 Evac GmbH



Abbildung 1-2: Das neue Gebäude der EVAC GmbH [EVA1]

1.2.1 Geschichte

Im Jahr 1992 wurde die SANIVAC Vakuumtechnik GmbH Wedel gegründet. Der Geschäftsgegenstand des Unternehmens war die Produktion und der Handel von Vakuum-Toiletten und deren Zubehör, vornehmlich für schienengebundene Fahrzeuge. Hans

Wörmcke, heute der Geschäftsführer der EVAC GmbH, hatte damals die erste funktionsfähige Kompakt-Vakuumtoilette mit entwickelt. Diese ermöglichte umfangreiche Funktionalität auf kleinstem Raum.

Im Jahr 2000 wurde die SANIVAC Vakuumtechnik GmbH von ihrem stärksten Mitbewerber, der EVAC Gruppe, übernommen und firmierte von diesem Zeitpunkt an unter dem Namen EVAC GmbH Wedel. Von da an kümmerte sich das Unternehmen hauptsächlich um die Entwicklung der Technologien, produziert wurde in der Schwester-Firma EVAC AB, Bromölla (Schweden). Die Technologien wurden ständig verfeinert und neue Entwicklungen kamen hinzu, so dass EVAC seinen Marktanteil weltweit ausbauen konnte und somit auch immer größer wurde.

Im Jahr 2002 wurde die schwedische Schwester geschlossen und die komplette Geschäftsaktivität nach Wedel verlagert. 2004 schließlich wurde die EVAC Gruppe von dem französischen Konzern ZODIAC AEROSPACE aufgekauft.

Im Jahr 2008 erhielt EVAC als erster Hersteller von Vakuumsystemen für die Schienenfahrzeugbranche weltweit das International Railway Industry Standard (IRIS) Zertifikat.

1.2.2 Geschäftstätigkeit

Die EVAC GmbH Wedel hat heute etwa 180 Mitarbeiter, und der Umsatz liegt bei rund 40 Mio. Euro (mit steigender Tendenz). Der Weltmarktanteil der in Wedel hergestellten Produkte beträgt mehr als 60 Prozent. Besonders stark ist die Geschäftstätigkeit in China und Japan, wo der Markt nahezu 100 Prozent in EVAC-Händen liegt, aber auch alle anderen weltweit tätigen Waggonbauer setzen EVAC-Technik ein. Inzwischen befinden sich die EVAC-Vakuumsysteme in Betrieb in über 30 Ländern weltweit [EVA1].

2 Konzept

Dieses Kapitel beschreibt die Ausgangslage mit einigen Grundlagen zur Vakuumtoilette und die gesetzten Ziele an die Bachelorthesis zu Anfang.

2.1 Ausgangssituation

Bisher werden die Vakuumtoiletten in der Garantiezeit von Service-Personal im Feld kontrolliert und bei Ausfällen vor Ort repariert. Beim Einsatz von neuen Systemkomponenten werden die Toiletten während der Testphase im Entwicklungsbereich sowie auch später im Feld beobachtet. Die realen Bedingungen der physikalischen Umgebung, wie z. B. Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse spielen bei solchen Tests eine entscheidende Rolle, aber auch die Art und Weise, wie Fahrgäste die Toiletten benutzen, spiegelt sich in der Lebensdauer der technischen Komponente wieder.

Viele Bauteile werden heute nach einer Statistik oder Kundenwünschen ausgelegt. Durch die ständige Überwachung und das Sammeln der Betriebsdaten während der Lebensdauer im Feld, würde man diese Angaben mit den tatsächlich aufgenommenen Felddaten vergleichen und gegebenenfalls eine Optimierung vornehmen.

Der Aufbau einer Vakuumtoilette und deren Integrierung in ein Toilettensystem werden in den nächsten beiden Kapiteln gezeigt.

2.1.1 Vakuumtoilette

Die EVAC Vakuumtoilette besteht aus mehreren mechanischen und elektrischen Komponenten, die zusammen zu den gewünschten Funktionen und Eigenschaften beitragen. Die Vakuumtoilette funktioniert, wie der Name schon sagt, nach dem Vakuumprinzip. Nach dem Spülsignal wird im Zwischenbehälter ein Unterdruck mit der Vakuumpumpe aufgebaut. In der gleichen Zeit wird das Wasser aus dem Wasserbehälter unter dem Betriebsdruck durch die Spüldüsen in das Toilettenbecken gedrückt. Nach dem Öffnen des Einlasschieberventils wandert der ganze Beckeninhalte in den Zwischenbehälter, wo es dann mit einem aufgebauten Überdruck durch das Öffnen des Auslasschieberventils in den Abwassertank befördert wird.

Ein embedded Controller oder so genannter Steuerungsrechner sorgt für den reibungslosen Ablauf des recht komplizierten Prozesses, was allerdings hier nur sehr kurz und einfach

beschrieben wurde. Die überall verteilten Sensoren, wie z. B. Druckschalter, Niveausensoren und Fühlstandssensor, werden regelmäßig auf ihre aktuellen Zustände vom Steuerungsrechner überwacht und lösen dann die entsprechenden Softwareroutinen aus.



Abbildung 2-1: EVAC Kompakt-Vakuumtoilette [EVA1]

Neben den normalen Funktionen der Vakuumtoilette besitzt der Steuerungsrechner auch Sonderfunktionen, die z. B. im Falle einer Verstopfung oder nicht ausreichender Wassermenge zum Spülen, die Toilette entweder nach einer Fehlerroutine zurück in den Betriebszustand oder in den Fehlerzustand versetzen können. In Ländern mit einem kalten Winter sorgt z. B. die Frostschutzfunktion für die Wasserentleerung des ganzen Systems in wenigen Minuten nach einer Unterschreitung einer bestimmten Temperatur. Die Vakuumtoilette allein kann so nicht betrieben werden, dazu gehören noch viele weitere Komponenten, die zusammen ein Toilettensystem bilden, siehe nächstes Kapitel.

2.1.2 Toilettensystem

Ein Toilettensystem besteht neben der Vakuumtoilette selbst noch aus mehreren weiteren Bauteilen und Geräten, die z. B. für die Kommunikation, Steuerung und andere Funktionen sorgen. Die Abbildung 2-2 zeigt einen schematischen Aufbau eines Toilettensystems mit ihren Bestandteilen. Für die Versorgung des ganzen Toilettensystems mit frischem Wasser ist ein Wassertank (8) eingebaut. Der runtergespülte Inhalt des Toilettenbeckens wird im

Fäkalientank (6), auch als Abwassertank bezeichnet, bis zu seiner Entleerung zwischengelagert.

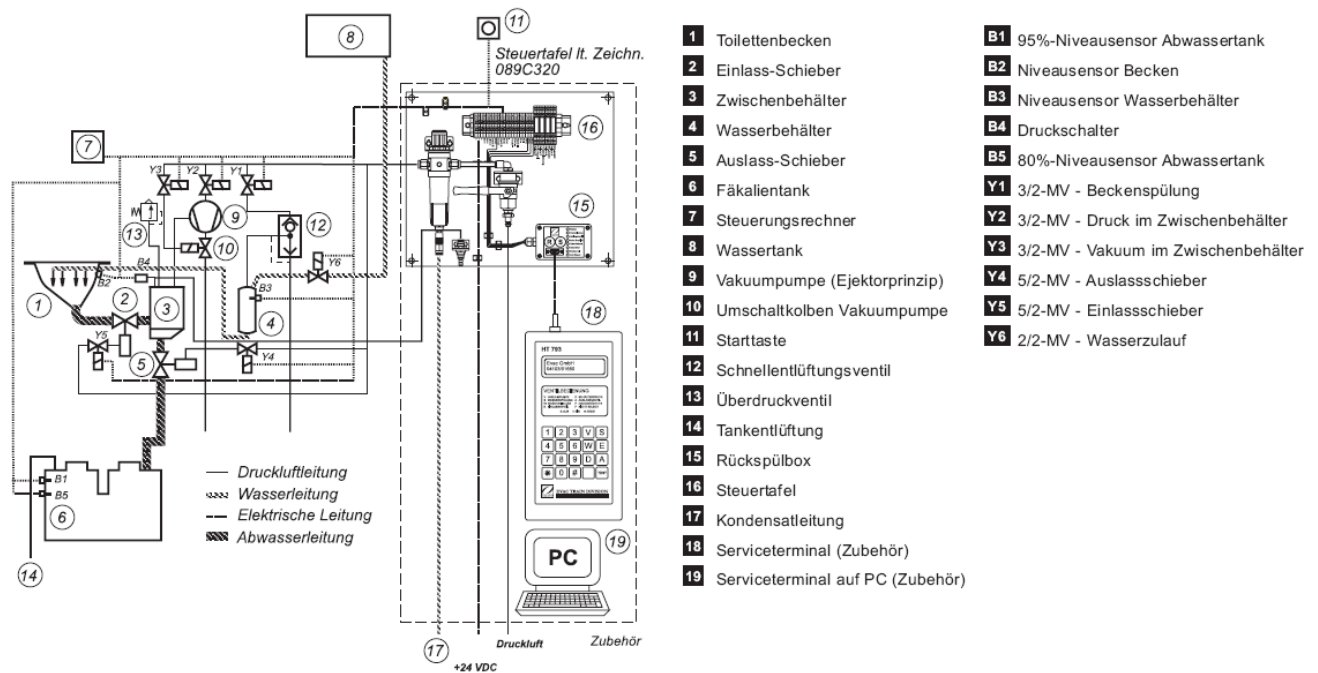


Abbildung 2-2: Toilettensystemschemata [EVA1]

Die Steuertafel (16) dient als Schnittstelle für alle Kommunikations- und Steuerleitungen zur Vakuumtoilette sowie auch zum Zug-Management. Da werden z. B. alle Sensoren der Wassertanks, Starttaste (11), Spannungsversorgung sowie die Luftdruckversorgung angeschlossen. Für die Diagnose und Parametrierung des Toilettensystems steht auf der Steuertafel ein Rückspülbox (15) mit zwei Bedientasten, einigen Anzeige-LEDs sowie einer RS232 Kommunikationsschnittstelle zur Verfügung. Das geschulte Service-Personal kann durch das Anschließen an die Rückspülbox eines Handterminals (18) oder eines Laptops (19) mit einem entsprechenden Softwareprogramm die gespeicherten Informationen von dem Steuerungsrechner (7) auslesen und bei Bedarf neu parametrieren. Mit der steigenden Anzahl der elektrischen Geräte, die in der letzten Zeit nach und nach in das System eingebaut und verwaltet wurden, ist man auf die Vernetzung mit einem Bussystem gekommen. Der Smart Cabin Network Bus (SCN) wurde extra für die EVAC Anwendungen von der Firma m-u-t entwickelt und basiert auf der sich im Automotivbereich bewährten Controller Area Network Bus (CAN) Technologie.

2.2 Gesetzte Ziele

Für die Felddiagnose und Überwachung einer Vakuumtoilette wurden zuerst einige Ziele zusammen mit der zuständigen Entwicklungsabteilung festgelegt. Diese werden in den nächsten Kapiteln näher erläutert.

2.2.1 Datenerfassung von Überwachungskomponenten

Die Datenerfassung von Überwachungskomponenten in einer Vakuumtoilette soll ereignisgesteuert erfolgen. Das bedeutet, dass die entsprechenden Daten erst dann aufgezeichnet werden, wenn ein entsprechendes Ereignis auftritt, z. B. Anfang eines Spülzyklus. Die folgenden Bauteile bzw. Schnittstellen sollen nach diesem Prinzip überwacht werden:

- RS232 Kommunikationsschnittstelle
- Vakuumpumpe
- Druckschalter
- Einlasschieberventil
- Auslasschieberventil
- Wasserzulaufventil
- Toilettensitz

Die Vakuumtoilette sendet über ihre RS232 Kommunikationsschnittstelle an die Rückspülbox verschiedene Status- und Fehlermeldungen, die ebenfalls ereignisgesteuert und mit einer Vorfilterung der relevanten Meldungen aufgezeichnet werden können.

Die Vakuumpumpe und der Druckschalter können mit einem Drucksensor im Bereich von -1 bis 3 bar überwacht werden, indem man den Unter- und Überdruck im Zwischenbehälter während des Spülzyklus misst und dabei auf die Maximal- und Minimalwerte achtet.

Die Ein- und Auslasschieberventile werden mit zwei an den Endlagenpositionen angebrachten Magnetschaltern auf ihre Öffnungs- und Schließzeiten überwacht. Die Magnetschalter bieten für diesen Fall eine optimale Lösung, da in dem Ventilkolben sich ein Dauermagnet befindet. Durch eine Verschaltung der Magnetschalter am Schieberventil wird ein zeitlicher Impuls bei jeder Bewegung erzeugt, dessen Breite die Zeit für das

Öffnen bzw. Schließen darstellen soll. Somit können diese Zeiten einfach nur mit einem Kanal gemessen werden. Da der Betriebsdruck eine entscheidende Rolle für diese Messung spielt, wird er mit einem Drucksensor im Bereich von 0 bis 10 bar vor der Zeitmessung aufgenommen.

Das Wasserzulaufventil kann mit einem Durchflussmesser überwacht werden, der in die Wasserleitung eingebaut wird. Damit kann die durchfließende Wassermenge vor und nach dem Öffnen des Ventils erfasst und aufgezeichnet werden. Wobei nicht die genauen Messwerte eine große Rolle spielen sollen, sondern nur die Tatsache, dass nach dem Schließen entsprechend auch kein Wasser durch das Ventil fließt.

Wie oft der Toilettensitz auf- und zugemacht wird, kann ebenfalls mit einem Magnetschalter erfasst werden. Dabei wird der Schalter unter dem Becken befestigt und auf ein Bewegungsteil im Scharnier ein Dauermagnet angeschraubt. Jedes mal, wenn der Toilettensitz betätigt wird, erzeugt der Schalter eine Flanke. Diese kann dann mit einem Kanal erfasst und in einem entsprechenden Zählerstand dokumentiert werden.

2.2.2 Datenverarbeitung und Auswertung

Die Messwerte der eingesetzten Sensoren und die Meldungen der RS232 Schnittstelle sollen in einem Datenlogger aufbereitet und gespeichert werden. Die Software des Datenloggers soll so konzipiert werden, dass die Datenerfassung und Datenaufzeichnung erst bei einem entsprechenden Ereignis stattfindet. Aus diesem Grund müssen die Schnittstellen so schnell abgetastet werden, dass die Datenerfassung und Verarbeitung auch möglichst zeitnah passieren.

Für die bessere Übersicht und leichtere Datenauswertung werden die geloggt Informationen zu einer Überwachungskomponente kompakt in einem Eintrag zusammengefasst. Dieser enthält das aktuelle Datum, die Uhrzeit, die entsprechende Meldungsart und die aufgenommenen Messwerte. Alle Einträge werden in einer Logdatei im Comma-Separated Values Format (CSV) abgespeichert.

Die aufgenommenen Logdateien sollen dann mit Hilfe des GSM-Mobilfunknetzes möglichst weltweit auf einen Server übertragen werden. Dafür muss der

Mobilfunkbetreiber so ausgewählt werden, dass seine Dienste auch in den Ländern zur Verfügung stehen, wo ein möglicher Einsatz stattfinden könnte.

Die grafische Auswertung der aufgenommenen Logdateien würde am PC mit dem Microsoft Excel stattfinden. Dabei werden die Messdaten nach jeder Überwachungskomponente sortiert und in getrennten Diagrammen grafisch dargestellt. So können kleinste Veränderungen und Ausfälle im Toilettensystem während der überwachten Zeit besser erkannt werden.

3 Hardwareauswahl

In diesem Kapitel werden die notwendigen Schritte und die Ergebnisse der Hardwareauswahl beschrieben. Anhand der gestellten und ermittelten Anforderungen, die zur Überwachung einer Vakuumtoilette notwendig sind, werden dann die passenden Sensoren und der Datenlogger ausgewählt.

3.1 Voruntersuchungen

Zur Bestimmung einiger Anforderungen für die passende Auswahl von Hardware wurden in den nächsten Kapiteln folgende Voruntersuchungen durchgeführt.

3.1.1 Anschluss- und Einbaumöglichkeiten für Zusatzinstrumentierung

Das gesamte Überwachungssystem mit den zusätzlichen Sensoren und Datenlogger soll möglichst ohne großen Aufwand in eine Vakuumtoilette integriert werden. Diese Anforderung gilt nicht nur für die Erfassung einiger Schnittstelleninformationen, sondern auch für die freie Raumnutzung zum Einbauen der notwendigen Hardware. Zusammen mit der zuständigen Mechanik Abteilung wurden deshalb zwei Einbaumöglichkeiten für einen Datenlogger ermittelt, siehe untere Abbildung.

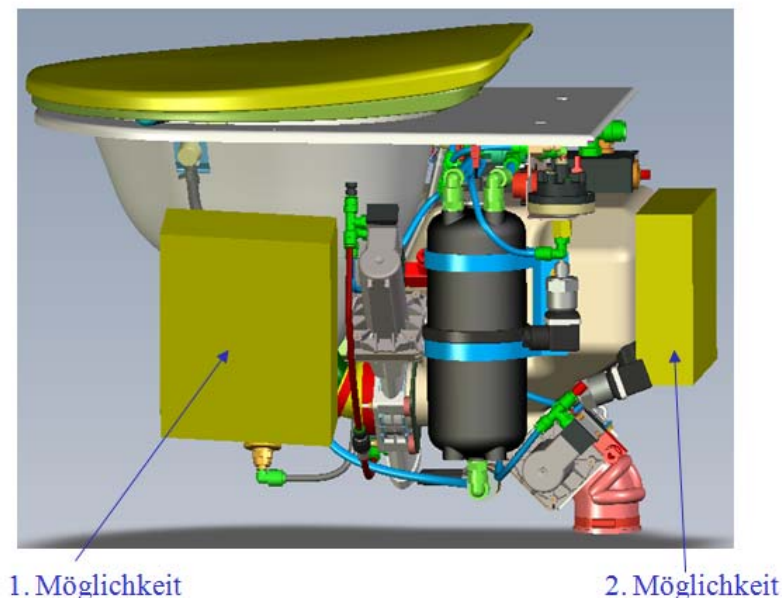


Abbildung 3-1: Einbaumöglichkeiten für Datenlogger

Demnach kann der ausgesuchte Datenlogger entweder am Becken neben dem Einlassschieber oder an der Frontseite des Zwischenbehälters eingebaut werden. Die

maximalen Außenmasse des Datenlogger-Gehäuses sollen dabei die ermittelten Größen 150 x 200 x 50 mm (B x L x H) nicht überschreiten. Die untere Abbildung zeigt die Anschlussmöglichkeiten für die Drucksensoren, die den Betriebsdruck und den Druck im Zwischenbehälter erfassen sollen.

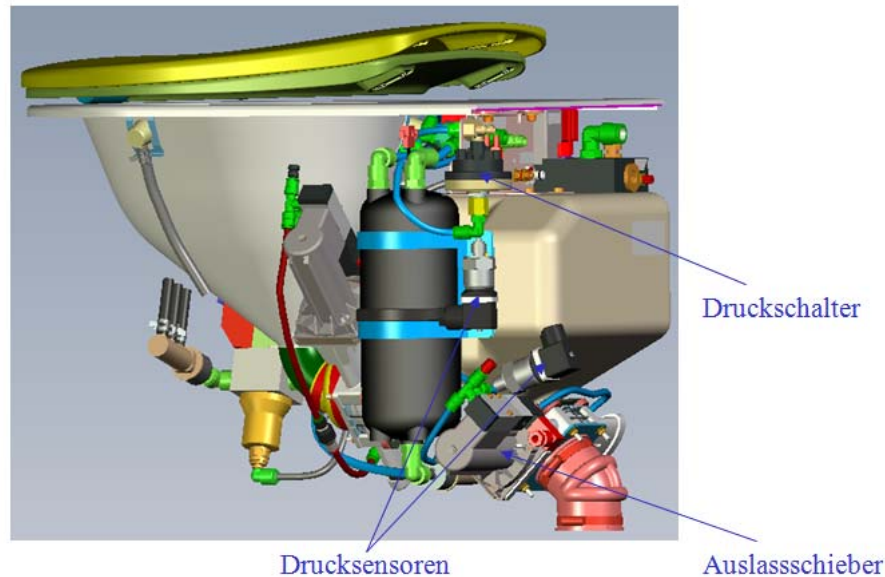


Abbildung 3-2: Anschlussmöglichkeiten für Drucksensoren

Der eingestellte Betriebsdruck kann in der Versorgungsluftleitung an einem der Schieberventile und der Druck im Zwischenbehälter in der Luftleitung zum Druckschalter mit Drucksensoren erfasst werden. Das Anschließen der Drucksensoren kann durch das Einbauen eines T-Verbindungsstücks in die entsprechende Leitung erfolgen. Damit ist es möglich die Drucksensoren, angeschlossen durch eine Luftleitung an dem T-Verbindungsstück, an verschiedenen Komponenten einer Vakuumtoilette zu befestigen.

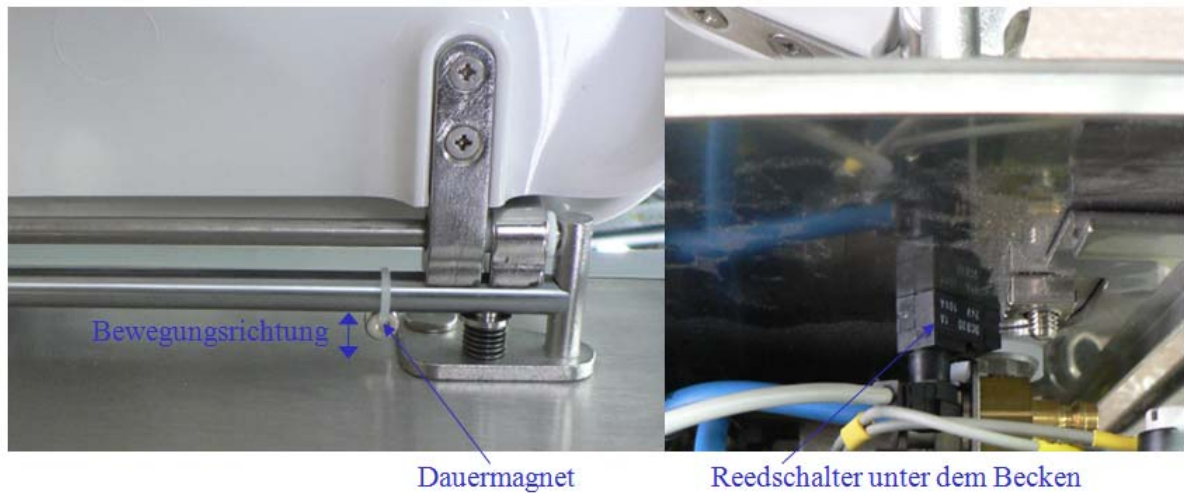


Abbildung 3-3: Instrumentierung zur Toilettensitz-Erfassung

In der Abbildung 3-3 wird gezeigt, wie die Bewegung des Toilettensitzes erfasst werden kann. An die Stange des Toilettenscharniers, die sich beim Öffnen und Schließen des Sitzes nach unten bewegt, wird ein Dauermagnet befestigt. Die Bewegung des Dauermagneten kann mit einem Reedschalter, befestigt unter dem Becken, erfasst und in einem Datenlogger ausgewertet werden. Die Stange und das Becken bestehen aus einem Edelstahl und haben damit keinen Einfluss auf die Magnetfeldlinien.

3.1.2 Messen der Schieberzeiten

Bei dieser Messung sollen die Öffnungs- und Schließzeiten von Schieberventilen einer Vakuumtoilette gemessen werden. Anhand der gemessenen Zeiten kann später eine Aussage bezüglich der minimalen Abtastzeit der digitalen Eingänge, die diese Zeiten in einem Datenlogger überwachen sollen, getroffen werden.

Der Kolben von jedem EVAC-Schieberventil ist mit einem eingebauten Dauermagneten ausgestattet. So können die Schieberzeiten einfach durch zwei an den Endlagenpositionen angebrachte Magnetschalter bzw. Reedschalter¹ gemessen werden. Die Anordnung und der Aufbau der verwendeten Reedschalter sind in der Abbildung 3-4 grafisch dargestellt.

¹ Reedschalter besitzen einen Schaltkontakt, der aus ferromagnetischen Materialien besteht und beim Annähern eines genügend starken Magnetfeldes schließt.

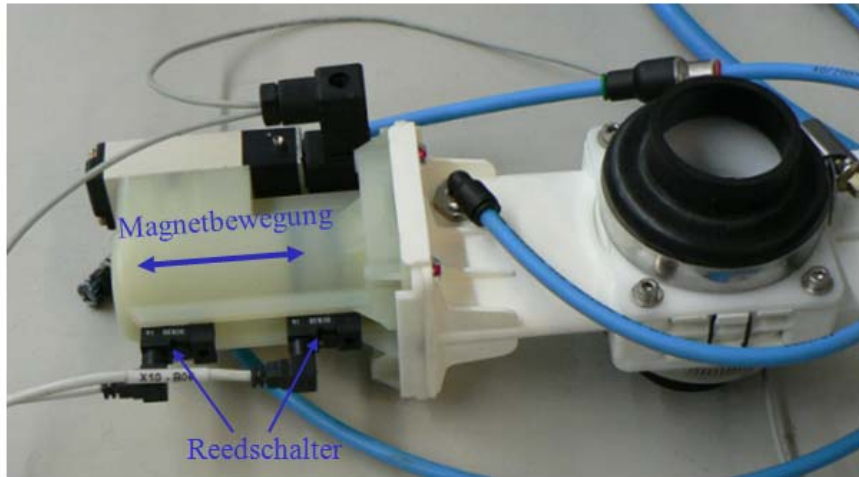


Abbildung 3-4: Anordnung der Reedschalter

Die Messschaltung dafür wird nach dem folgenden Stromlaufplan aufgebaut und verdrahtet, siehe Abbildung 3-5. Die Schalter S1 und S2 stellen die verwendeten Reedschalter dar, die standardmäßig bei EVAC zur Erfassung von Endlagenpositionen in einigen Vakuumtoiletten eingesetzt werden. Durch die Parallelschaltung von zwei Reedschaltern bei einem Schieberventil wird nur eine Schnittstelle bzw. ein digitaler Eingang für die Zeitmessung gebraucht.

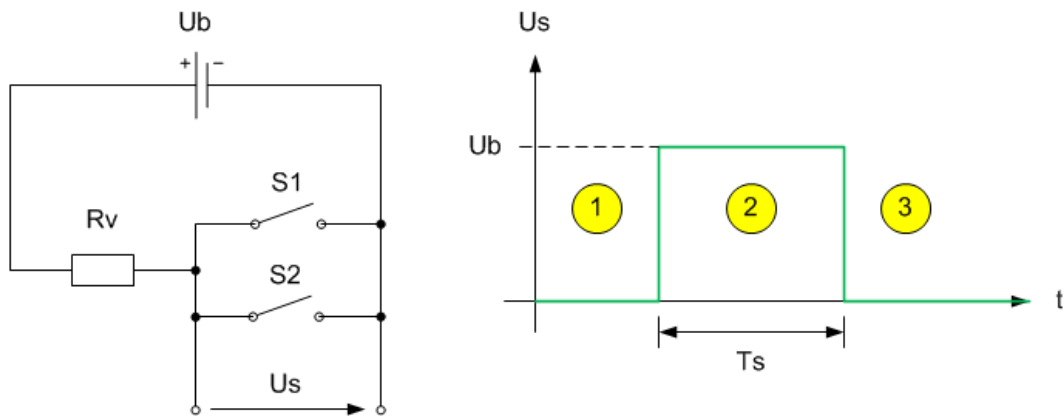


Abbildung 3-5: Stromlaufplan und Signalverlauf zur Schieberzeiten-Messung

Der Vorwiderstand R_v dient zur Strombegrenzung, wenn einer der beiden Reedschalter aktiviert wird und somit sich im geschlossenen Zustand befindet. Die Versorgungsspannung der Messschaltung U_b wird von einem Gleichstromnetzteil auf 24 VDC eingestellt. Der erwartete ideale Signalverlauf der Spannung U_s würde wie in der Abbildung 3-5 rechts aussehen. Die Zeitbereiche 1 und 3 bedeuten, dass der Schieber sich in einem Ruhezustand und an einer der beiden Endlagenpositionen befindet. Der

Zeitbereich 2 beschreibt eine Bewegung des Schieberventils von einer Endlagenposition bis zur anderen mit einer Zeitdauer T_s .

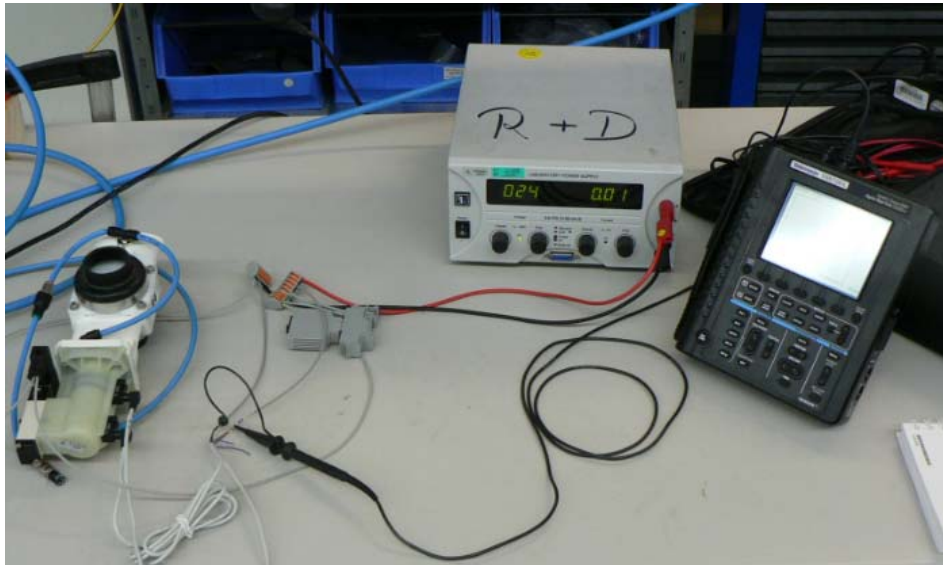


Abbildung 3-6: Messplatz mit verwendeten Geräten

Die Abbildung 3-6 zeigt den Messplatz mit den verwendeten Bauteilen und Messgeräten. Die aufgenommenen Zeiten, die ein Schieberventil bei einem eingestellten Luftdruck von etwa 6 bar für das Öffnen und Schließen braucht, sind in den folgenden Oszilloskop-Schirmbildern (Abbildung 3-7 und Abbildung 3-8) grafisch dargestellt.

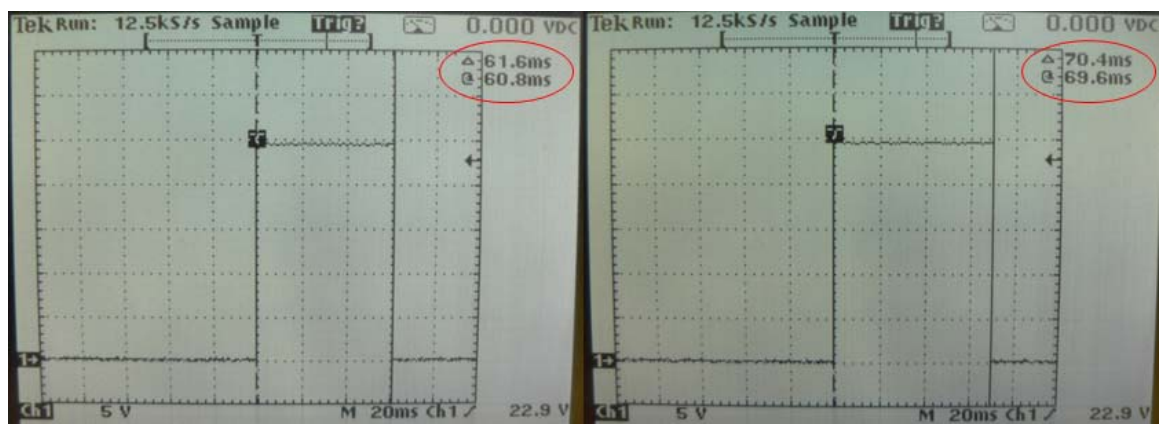


Abbildung 3-7: Oszilloskop-Bilder der Zeitmessung (links Öffnen, rechts Schließen)

Laut dieser Messergebnisse kann man sagen, dass die Öffnungs- und Schließzeiten sich in einem Toleranzbereich von 60 bis 70 Millisekunden befinden. Eine weitere Messung zeigt die zeitlichen Signalverläufe direkt nach dem Start bzw. Stop einer Schieberbewegung.



Abbildung 3-8: Transiente Reedschalter-Vorgänge beim Umschalten

Anhand dieser Schirmbilder wird gezeigt, dass die auftretenden transienten Vorgänge der Reedschalter in der Realität ganz anders aussehen als angenommen. Allerdings liegen die gemessenen Zeiten dieser Vorgänge im unteren Mikrosekundenbereich und sind damit für die Messung der Schieberzeiten im Millisekundenbereich nicht weiter von Bedeutung.

Aus den Messergebnissen dieser Untersuchung lässt sich die Anforderung an die minimale Abtastzeit von 1 ms bzw. die Abtastfrequenz von 1 kHz der digitalen Eingänge des gesuchten Datenloggers aufstellen. Der eingestellte Betriebsdruck hat für diese Zeitmessung eine bedeutende Auswirkung und muss zusätzlich mit einem Drucksensor erfasst und bei jeder Zeitmessung mit aufgezeichnet werden.

3.2 Datenlogger

Die Auswahl des passenden Datenloggers wird durch die vielen Anforderungen begrenzt. Diese ergeben sich zum größten Teil durch die strengen Richtlinien aus dem Einsatzbereich einer Vakuumtoilette und zum anderen durch die gewünschten Überwachungsziele.

3.2.1 Anforderungen

In der folgenden Liste sind die Anforderungen für die Auswahl eines Datenloggers angegeben, die Überwachung im Feld einer Vakuumtoilette erlauben.

- Die Betriebsspannung des gewählten Datenloggers sollte im Bereich der zulässigen Batteriespannung eines Zuges bzw. Wagens, 24 VDC +/- 30 %, sein.
- Die Betriebstemperatur sollte mindestens im Bereich von -25 bis +70 °C liegen, welche in einigen Einsatzländern durchaus vorkommen kann.

- Die Schutzklasse muss mindestens die International-Protection-Norm (IP) 65 aufweisen können, damit es im Falle einer Störung in der Wasserversorgung, die Elektronik geschützt bleibt und somit keine Kurzschlüsse verursacht werden.
- Die minimale Anzahl der frei zur Verfügung stehenden Schnittstellen richtet sich nach der Anzahl und Art der zu überwachenden Bauteile. Die maximale Anzahl beinhaltet zusätzlich alle Ein- und Ausgänge vom Toiletten-Steuerungsrechner bzw. auch als Smart Toilet Controller (STC) bezeichnet.
- Für die Überwachung der Öffnungs- und Schließzeiten der Schieberventile müssen mindestens 2 digitale Eingänge mit einer Zeit von 1 ms abgetastet werden können.
- Ein eingebauter Akku oder eine Batterie werden im Fall einer Betriebsspannungs-abschaltung zur abschließenden Speicherung bzw. Übertragung der Überwachungsdaten benötigt.
- Eine Echtzeituhr bzw. Real Time Clock (RTC) hilft zum Versehen der Überwachungsdaten mit dem aktuellem Datum und Uhrzeit, damit man bei der Auswertung weiß, wann die Daten aufgenommen wurden.
- Vorteilhaft wäre für die Datensicherung eine auswechselbare Speicherkarte, wie z. B. eine SD-Karte, die weit größere Datenmengen als die integrierten Speicherbausteine eines Mikrocontrollers aufnehmen kann.
- Für die Datenübertragung auf einen Server muss ein GSM/GPRS-Modem vorhanden sein, damit die aufgezeichneten Daten unabhängig von der Entfernung über das weltweit bestehende Mobilfunknetz transportiert werden können.
- Die Bauform sollte die maximale Größe von 150 x 200 x 50 mm (B x H x T) nicht überschreiten. Diese Größe wurde zusammen mit der Konstruktionsabteilung mit Hilfe einer Computer Aided Design (CAD) Software für mehrere Einbauorte in einer Vakuumtoilette ermittelt.
- Der ausgewählte Datenlogger, inklusive der Anschlussstecker, sollte ein Gewicht von einem Kilogramm nicht überschreiten, damit man es mit einer nachträglich eingebauten Halterung an der Vakuumtoilette befestigen kann. Außerdem muss die Befestigung vibrationsicher sein, damit es während Zugfahrten nicht zu einer Berührung mit anderen Bauteilen und so zu einer Lärmerzeugung kommt.

3.2.2 Marktübersicht und Auswahl

Die gestellten Anforderungen an einen Datenlogger, der exakt auf diese abgestimmt ist, machen die Marktrecherche nicht leicht. Die Tabelle 3-1 zeigt eine kleine Übersicht der gefundenen Datenlogger auf dem Markt. In dieser Tabelle wurden nur die Datenlogger aufgenommen, die möglichst viele von den gesuchten Anforderungen bzw. Kriterien erfüllen. Es gibt heute auf dem Markt schon viele Datenlogger und Telemetrieinheiten, die für diese Anwendung optimal geeignet sind. Leider sind die meisten von ihnen nur für einen bestimmten Einsatzbereich gedacht und erfüllen nur zum Teil die für diese Anwendung relevanten Anforderungen.

Nr.	Kriterien	C350 mit EX9041	C 400	C 600 pro	IN4MA-PC	scombox	IO-Modul	Cardalog E	GSM-Modul
1	Betriebsspannung 24VDC+/-30%	X		X	X	X	X	X	X
2	Betriebstemperatur -25...70 °C	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Schutzklasse IP 65	X	X	X		X	X		
4	RS232	X	X	X	X	X		X	X
5	CAN	X		X	X	X	X		
6	DI min 4	X	X	X	X	X	X	X	
7	DI optimal 16	X			X		X		
8	AI min 3 (4..20mA)	X	X		X	X	X	X	
9	Abtastrate 1000Hz					X	X	X	
10	Batterie- bzw. Akkubetrieb	X	X	X		X			
11	Real Time Clock (RTC)	X	X	X	X	X		X	
12	Datenspeicher	8MB	512kB	512kB		8MB			
13	SD-Karte, min 2GB	X		X		X		X	
14	GSM/GPRS-Modem	X	X	X	X	X			X
15	Abmassen BxHxT [cm]	15,7x8,6x5,8	13x18x6	9,7x13,2x3,5	19x16x3	11,5x13,5x3	17,7x13,5x3,5	16x11x4,4	6,3x6,3x2,4
16	Gewicht [kg]	0,5	0,88	0,2	0,9	0,2	0,3	0,45	0,08
17	Preis [EUR]	530	395	390	1085	750	180+20	2000	100

Tabelle 3-1: Übersicht der Datenlogger auf dem Markt

Der Datenlogger Scombox erfüllt am besten die gewählten Kriterien, hat einen relativ akzeptablen Preis und kann seine Anzahl der Schnittstellen mit einem Input Output (IO) Modul, verbunden über den CAN-Bus, optimal erweitern. Das Kapitel 4 beschreibt die wichtigsten Eigenschaften und Aufbau seiner Hardware und Software.

3.3 Sensoren

Für die Auswahl der passenden Sensoren gelten zum Teil die gleichen Anforderungen wie für den Datenlogger. Die Suche wird aber noch zusätzlich nach den verschiedenen Sensorarten aufgeteilt.

Insgesamt werden folgende Sensorarten für das Erfassen der Systemzustände benötigt:

- Drucksensoren
- Magnetsensoren bzw. Reedschalter
- Durchflussmesser

3.3.1 Anforderungen

Für alle Sensoren, die in einer Vakuumtoilette eingesetzt werden können, werden die folgenden Anforderungen gestellt:

- Die Betriebsspannung sollte im Bereich der zulässigen Batteriespannung eines Zuges bzw. Wagens, d.h. 24 VDC +/- 30 %, sein.
- Die Betriebstemperatur sollte mindestens im Bereich von -25 bis +70 °C liegen, welche in einigen Einsatzländern durchaus vorkommen kann.
- Die Schutzklasse muss mindestens die IP 65 aufweisen können, damit es im Falle einer Störung in der Wasserversorgung, die Elektronik geschützt bleibt und somit keine Kurzschlüsse verursacht werden.

Außerdem gelten für die Erfassung von Druckmesswerten durch die passenden Drucksensoren zusätzlich folgende Anforderungen:

- Messbereich von -1 bis 3 bar für die Erfassung des Drucks im Zwischenbehälter
- Messbereich von 0 bis 10 bar für die Erfassung des Betriebsdrucks
- Eine höhere Messgenauigkeit (z. B. 0,5 %) ist erwünscht
- Signalausgang im Bereich von 4 bis 20 mA für die Auswertung im Datenlogger und damit möglicher Erkennung eines Drahtbruchs, wenn der Sensor 0 A liefert.
- Druckleitungsanschluss mit einem maximalen Gewinde von G1/4
- Möglichst das niedrige Gewicht und die geringen Abmaßen für das Integrieren in die Vakuumtoilette

Die Magnetsensoren für die Erfassung der Endlagenpositionen von Ein- und Auslasschiebern müssen dazu noch folgende Anforderungen erfüllen:

- Reaktionszeiten kleiner als 1 ms
- Passende Abmaßen für das Einbauen im vorgesehenen Bereich auf dem Schieberventil
- Reaktionsmagnetfeldbereich des eingebauten Dauermagneten im Schieberventil

Die Auswahl von Durchflussmesser zur Überwachung des Zulaufventils wird durch folgende Anforderungen begrenzt:

- Kleine Abmaße, da aus Platzgründen nur ein geringer Einbauraum zur Verfügung steht.
- Optimal mit einem Messprinzip, was die durchfließende Wassermenge möglichst wenig durch, z. B. sich bildenden Kalkablagerungen, beeinflusst.
- Signalausgang entweder im Bereich von 4 bis 20 mA oder im Frequenzbereich bis 15 kHz

3.3.2 Marktübersicht und Auswahl

Die Suchergebnisse auf dem Markt nach den passenden Drucksensoren werden in der Tabelle 3-2 dargestellt.

Nr.	Kriterien	21y_g	21y_g	23sy_g	40-1010	40-1010	PE8125	PE8142
1	Hersteller	KELLER	KELLER	KELLER	JUMO	JUMO	WIKA	WIKA
2	Betriebsspannung 24VDC +/- 30%	X	X	X	X	X	X	X
3	Betriebstemperatur -25..70 °C	X	X	X	X	X	X	X
4	Schutzklasse IP 65	X	X	X	X	X	X	X
5	Bereich von -1 bis 3 Bar		X	X	X			X
6	Bereich von 0 bis 10 Bar	X		X		X	X	X
7	Genauigkeit <= 0,5%	X	X		X	X	X	
8	Signalausgang 4 bis 20mA	X	X	X	X	X	X	X
9	Druckanschluss G1/4	X	X	X	X	X	X	X
10	Bestand				X			
11	Abmassen DxH [mm]	17x53	17x53	21x65	27x76	27x76	19x90	20,2x100
12	Gewicht [g]	50	50	120	100	100	50	70
13	Lieferzeit in Wochen	3	3	3	0	3		
14	Preis [EUR]	125	147	207	51,3	75..90	56,9	65

Tabelle 3-2: Übersicht der passenden Drucksensoren auf dem Markt

Das Model 40-1010 von der Firma JUMO wird bereits erfolgreich seit einigen Jahren im Druckbereich von -1 bis 3 bar für verschiedene Testzwecke bei EVAC eingesetzt, siehe

Abbildung 3-9. Dieses Model verfügt ebenfalls über andere Druckbereiche und kann so für den zweiten Bereich von 0 bis 10 bar bestellt werden. Ein deutlicher Vorteil bei der Auswahl dieser Drucksensoren liegt in der Messgenauigkeit und im günstigeren Kaufpreis.



Abbildung 3-9: Druckmessumformer von JUMO [JUM]

Wie bereits bei den Voruntersuchungen gezeigt, werden für die Zeitmessung der Schieberventile die folgenden Reedschalter eingesetzt, siehe Abbildung 3-10. Sie werden standardmäßig für die Erfassung von Endlagenpositionen bei EVAC in einigen Projekten eingesetzt und erfüllen die nötigen Anforderungen.



Abbildung 3-10: Reedschalter am Schieberventil

Eine integrierte LED kann zur visuellen Anzeige der Signalerfassung angeschlossen werden. Diese Reedschalter werden ebenfalls zur Positionserfassung eines Toilettendeckels verwendet.

Die Auswahl eines Durchflussmessers zur Überwachung des Wasserzulaufventils konnte aus Zeitgründen nicht in dieser Bachelorthesis erfolgen.

4 Scombox

In diesem Kapitel werden die Eigenschaften der Hardware und Software von dem ausgewählten Datenlogger und der Telematikeinheit Scombox beschrieben. Die Firma Dreyer + Timm GmbH, die diesen Datenlogger zur Verfügung gestellt hat, hat sich im Bereich der Datenerfassung, Ferndiagnose und Visualisierung im Internet mit diesem Produkt spezialisiert und setzt diese Datenlogger vorwiegend im Automobilbereich ein.

4.1 Übersicht

Die Scombox besitzt ein robustes und strahlwassergeschütztes (IP 69) Gehäuse und wurde für eine Betriebstemperatur im Bereich von -40 bis 85 °C ausgelegt. Außerdem wurde Scombox klimagetestet sowie gegen Schock und Vibration nach der strengen ISO Norm 16750-3:2003 [DrT1].



Abbildung 4-1: Scombox [DrT1]

Zwei 12-polige Stecker an der Frontseite dienen zum Anschließen der unterschiedlichen Schnittstellen. Die Abbildung 4-2 zeigt die Steckeransicht mit der räumlichen Anordnung der Anschlusspins. Damit man beim Anschließen aus Versehen die Stecker nicht gegeneinander vertauschen kann, sind sie vom verschiedenen Typ ausgeführt und unterscheiden sich zusätzlich in der Farbe (grau und schwarz).

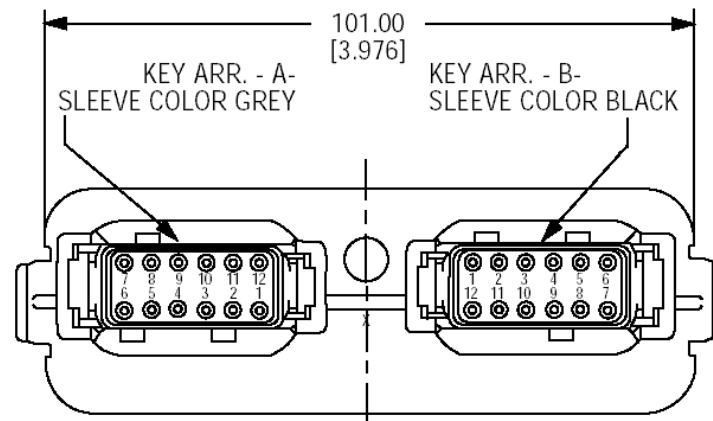


Abbildung 4-2: Ansicht der Frontseite mit den Anschlusssteckern [DrT2]

Die Anschlussbelegung der Stecker ist in der folgenden Tabelle 4-1 zusammengefasst.

Belegung Stecker (grau)	Pin	Belegung Stecker (schwarz)
RS232 (0) Tx	1	CAN (1) Low
CAN (0) High	2	RS232 (1) Rx
AI, DI, CN 3	3	DI, CN 4
AI, DI, CN 2	4	U_Ref 3 VDC (DO)
Ground	5	PWM 0, DI 6
Ground	6	PWM 1, DI 7
Versorgungsspannung (7-32 VDC)	7	PWM 2, DI 8
U-Switch (DI)	8	PWM 3, DI 9
AI, DI, CN 0	9	1-Wire
AI, DI, CN 1	10	DI, CN 5
CAN (0) Low	11	RS232 (1) Tx
RS232 (0) Rx	12	CAN (1) High

Tabelle 4-1: Anschlussbelegung der Stecker von Scombox

Welche Schnittstellenarten und wie die mögliche Verwendung dafür aussehen kann, wird in dem nächsten Kapitel Hardwareaufbau detaillierter beschrieben.

4.2 Hardwareaufbau

Im Kern des Datenloggers Scombox ist ein leistungsstarker Mikrocontroller LPC2292 von der Firma Philips mit einer Taktfrequenz von 60 MHz eingebaut. Der 32 Bit ARM7-TDMI Mikroprozessor, der sich in diesem Mikrocontroller befindet, besitzt die von-Neumann-Architektur, die als Grundlage für die Arbeitsweise der meisten heute bekannten Computer verwendet wird.

Die Spannungsversorgung kann im Bereich von 7 bis 32 VDC eingestellt werden und ist damit für die Anwendung im Bahnbereich perfekt abgestimmt. Die Scombox kann mit seinem eingebauten Hochleistungsakku auch mehrere Tage ohne externe Spannungsversorgung betrieben werden.

Für die Kommunikation stehen zwei RS232, CAN-Bus Schnittstellen und ein GSM/GPRS-Modem, was die drahtlose Datenübertragung über das Mobilfunknetz und mit dem Einsatz der GPRS-Technik auch über Internet ermöglicht, zur Verfügung. Eine beliebige SIM-Karte kann durch einen dafür vorgesehenen Slot im Gehäuse eingesetzt und verwendet werden. Außerdem besitzt der eingebaute Modem einen leistungsstarken GPS-Empfänger, mit dem die aktuelle Position des Datenloggers weltweit ermittelt und die integrierte RTC eingestellt werden können. Die im Gehäuse eingebauten Antennen für GSM und GPS erlauben einen verdeckten Einbau und sind nach außen nicht sichtbar.

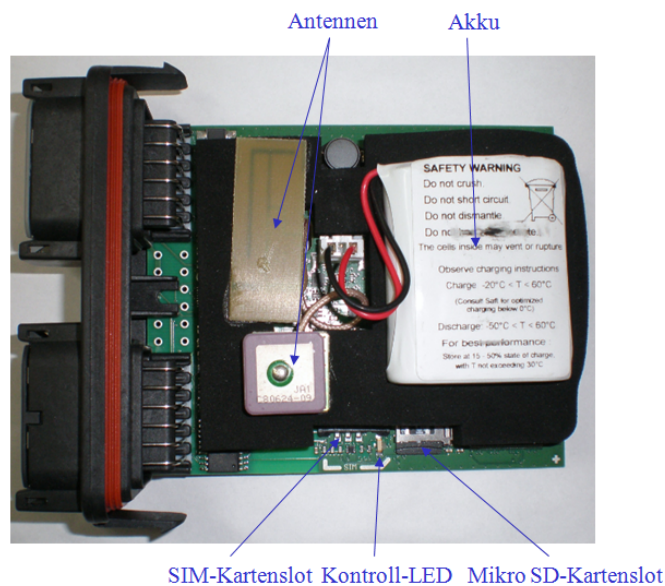


Abbildung 4-3: Platinenansicht von Scombox

Für das Sichern der aufgenommenen Daten sind mehrere Speicherbausteine vorhanden, außerdem kann auch eine auswechselbare Mikro SD-Karte mit einer maximalen Speicherkapazität von 2 GB im entsprechenden Slot eingesetzt werden.

Die eingebaute mehrfachfarbige Kontroll-LED kann zur Anzeige im Programmablauf angesteuert werden. Für die Erfassung der notwendigen Signal- und Messgrößen kann eine Vielzahl von Sensoren angeschlossen werden.

Eine gute Übersicht über alle eingebauten Hardwaremodule in der Scombox bietet das Blockdiagramm in der Abbildung 4-4.

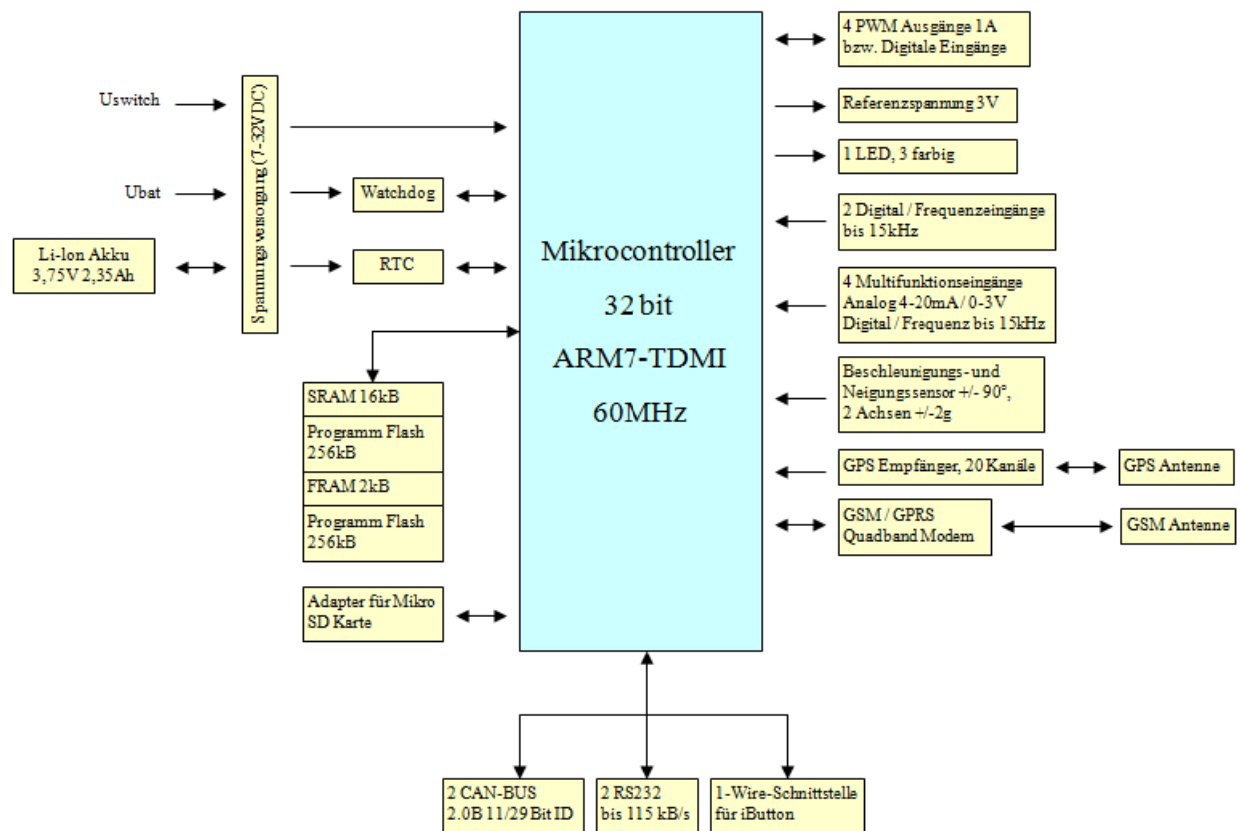


Abbildung 4-4: Blockdiagramm des Hardwareaufbaus der Scombox

In den nächsten Kapiteln werden die theoretischen Grundlagen der wichtigen Hardwarekomponenten vermittelt, die für die Durchführung dieser Bachelorthesis notwendig sind.

4.2.1 Mikrocontroller

Bei einem Mikrocontroller sind der Mikroprozessor, Speicher, Peripheriekomponenten und Interruptsystem auf einem Chip integriert. Ein Mikrocontroller kann also mit wenig externen Bausteinen betrieben werden. Im Gegensatz zu einem Mikroprozessor steht beim Mikrocontroller nicht die hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit im Vordergrund, sondern eine hohe funktionelle Integration. Das Haupteinsatzgebiet der Mikrocontroller ist die Steuerung und Regelung in eingebetteten Systemen (Embedded Systems) [KWü, S.222].

Die Scombox ist mit einem eingebauten Mikrocontroller LPC2292 von der Firma Philips ausgestattet. Sein Aufbau mit dem leistungsstarken Mikroprozessor ARM7TDMI-S und den vorhandenen Peripheriebausteinen wird im Blockdiagramm (Abbildung 4-5) gezeigt.

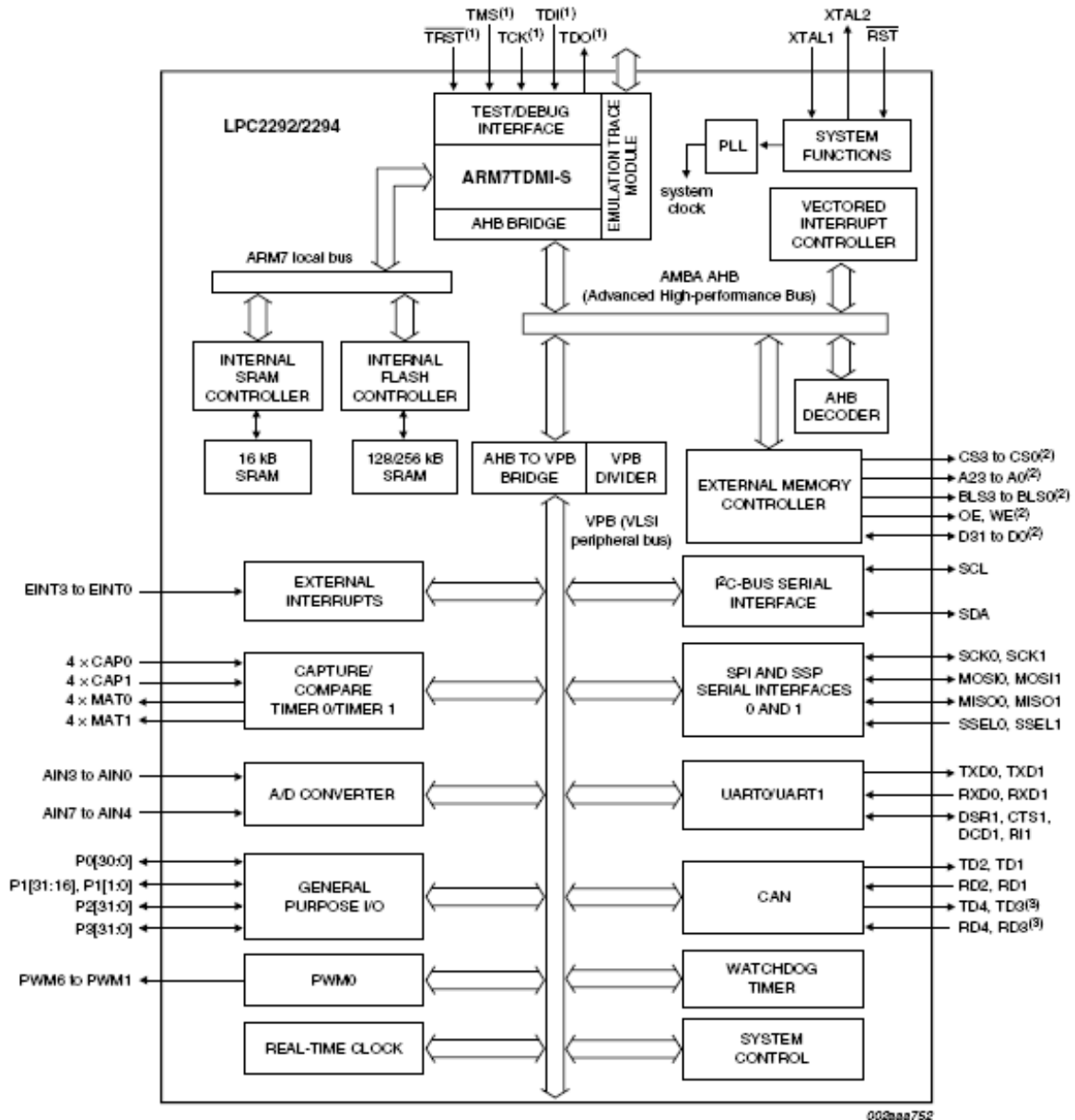


Abbildung 4-5: Blockdiagramm des Mikrocontrollers LPC2292 [Phi, S.3]

Wie man aus dem Blockdiagramm erkennen kann, besitzt der eingebaute Mikrocontroller wesentlich mehr Schnittstellen als die in Scombox nach außen ausgeführt sind. Diese werden für die Ansteuerung der integrierten Hardwaremodule, wie z. B. GSM/GPS-Modul, SD-Kartenslot und Kontroll-LED verwendet.

4.2.2 CAN

Beim Controller Area Network Bus (CAN-Bus) handelt es sich um ein asynchrones, serielles Bussystem, das gleichberechtigte Stationen miteinander verbindet. Entsprechend den Anforderungen lässt sich der CAN-Bus auf vielfältige Weise auslegen. So realisiert CAN ein Datenprotokoll, das den Echtzeitanforderungen im Kraftfahrzeug genügt [Bos].

Die Abbildung 4-6 zeigt den symbolischen Aufbau eines CAN-Netzwerkes, bestehend aus den beiden Leitungen CAN High und Low, zwei Abschlusswiderständen und einigen angeschlossenen Steuergeräten (SG) bzw. Stationen.

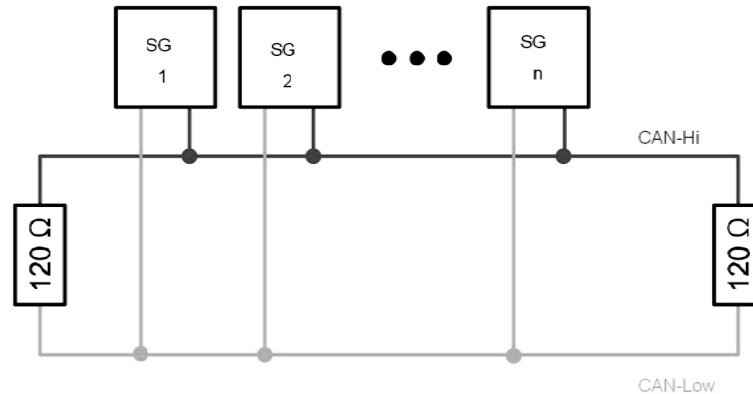


Abbildung 4-6: Aufbau des CAN-Netzwerkes [Wik5]

Folgende Merkmale beschreiben den CAN-Bus:

- Die Datenübertragung erfolgt seriell über eine zweiadrige abgeschirmte Leitung (CAN High und CAN Low).
- Der CAN-Bus verfügt in der Regel über eine maximale Datenübertragungsgeschwindigkeit bis zu 1 Mbit/s, die von der Buslänge abhängig ist.
- Die maximale Anzahl der Knoten im Bus beträgt 32. Durch die Aufteilung in Teilnetze ist eine weit höhere Anzahl von Knoten möglich.
- Jede Nachricht wird mit einer eindeutigen ID² bezeichnet, womit gleichzeitig auch die Priorität festgelegt wird.
- Die Kommunikation erfolgt ereignisgesteuert. Nachrichten werden versendet, sobald der Bus frei ist und die zu versendende Nachricht die höchste Priorität hat.
- Es gibt keine Empfängeradressen im Bus. Jeder Teilnehmer ist in der Lage, alle Nachrichten zu empfangen. So ist es möglich, mit reinen Empfangsstationen den Bus während des Betriebs „abzuhören“.
- Laut Bosch CAN-Spezifikation [Bos1] werden für die logischen Pegel 1 und 0 die beiden Bezeichner „rezessiv“ (1) und „dominant“ (0) gewählt. Dabei ist zu beachten, dass bei „gleichzeitigem“ Auftreten das dominante Bit das rezessive überschreibt.

² ID steht für Identifier bzw. Kennnummer einer CAN-Nachricht

Wie bereits aus dem Kapitel 4.2 bekannt ist, verfügt die Scombox über zwei CAN-Schnittstellen, die in dem Programmmodul *mc_bios.h* mit den folgenden Funktionen (Tabelle 4-2) bedient werden können:

Funktionsname	Beschreibung
<i>can_init</i>	Initialisierung einer CAN-Schnittstelle
<i>can_exit</i>	Abschaltung einer CAN-Schnittstelle
<i>set_can_mask</i>	Maske für eine bestimmte ID setzen
<i>can_send</i>	Senden einer Nachricht
<i>can_rx_msg_count</i>	Anzahl der empfangenen Nachrichten
<i>can_tx_msg_count</i>	Anzahl der gesendeten Nachrichten
<i>can_receive</i>	Lesen einer Nachricht aus dem Empfangsbuffer

Tabelle 4-2: Funktionen zum Bedienen des CAN-Bus

Die Nutzdaten, ID und andere Informationen einer CAN-Nachricht werden in der Struktur *tCANMSG* hinterlegt.

4.2.3 RS232

Die serielle Schnittstelle RS232 zählt zu den ältesten und bekanntesten Schnittstellenstandards und wird für die Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen genau zwei Geräten verwendet. Die Datenübertragung der einzelnen Bits nacheinander (seriell) erfolgt in einem festen Zeittakt auf der Leitung. Für jede Übertragungsrichtung wird eine eigene Datenleitung verwendet: Transmit-Leitung (Tx) zum Senden und Receive-Leitung (Rx) zum Empfangen der Daten. Für die beiden Datenleitungen gilt eine negative Logik: Logisch „1“ wird dabei elektrisch zwischen -3 und -15 VDC gegen Masse und logisch „0“ elektrisch mit +3 bis +15 VDC codiert. Die Datenübertragung setzt daher am Sende- und Empfangsschaltkreis gleiche Massepotentiale voraus [ESc, S.460ff].

Die Abbildung 4-7 stellt das Protokoll des RS232-Standards am Beispiel einer Übertragung eines ASCII-Zeichens dar. Im Ruhezustand liegt die Leitung auf logisch „1“. Eine Übertragung wird mit dem Startbit auf logisch „0“ signiert. Anschließend folgen die Datenbits, angefangen mit dem niedrigsten Bit (LSB). Die Anzahl der Datenbits kann zwischen 5 und 8 Bits variieren. Es kommt manchmal durch die elektromagnetischen Störungen vor, dass die Bits falsch übertragen werden. Um das zu erkennen, wird am

Sender das Paritätsbit³ der gesendeten Datenbits gebildet und im Empfänger mit dem erzeugten Paritätsbit der empfangenen Datenbits verglichen. Das Ende einer Übertragung wird mit einem oder mehreren Bit Stoppbits gekennzeichnet. Alle Bits werden sequenziell mit Geschwindigkeiten von 50 bis 115200 Baud⁴ gesendet.

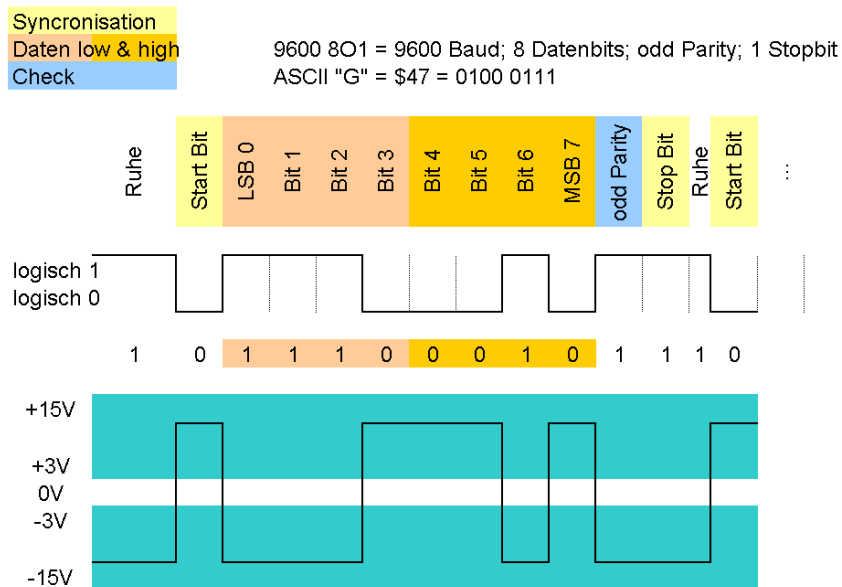


Abbildung 4-7: Übertragung eines ASCII-Zeichens auf RS232 [Wik6]

Ein wesentlicher Bestandteil jeder seriellen Schnittstelle ist der so genannte Universal Asynchronous Receiver/Transmitter Controller (UART). Dieser konvertiert parallel ankommende Daten in einen seriellen Einzelbit-Datenstrom und umgekehrt. Er fügt zudem beim Übertragen der Datenbits die Paritätsbit hinzu und überprüft sie beim Empfang der Datenbits.

Für den Datenaustausch zwischen zwei Geräten müssen die Schnittstellen auf die gleichen Übertragungsparameter (Baudrate, Anzahl der Datenbits, Art von Paritätsbit und Anzahl der Stoppbits) auf den Datenleitungen eingestellt werden [ESc, S.462].

Die Scombox verfügt über mehrere RS232-Schnittstellen, die zum einen für die internen Hardwarebausteine, wie z. B. GSM-Modem und GPS-Empfänger, und zum anderen für die externen Geräte verwendet werden können.

³ Parität bezeichnet die Anzahl mit dem logisch „1“ belegten Bits, es gibt gerade (even) und ungerade (odd) Paritäten.

⁴ Baud ist die so genannte Schrittgeschwindigkeit und wird bei RS232 in bit/s (bps) angegeben.

Dazu sind im Programmmodul *mc_bios.h* folgende Funktionen (Tabelle 4-3) zum Bedienen definiert:

Funktionsname	Beschreibung
<i>uart_init</i>	Initialisierung einer RS232-Schnittstelle
<i>uart_exit</i>	Abschaltung einer RS232-Schnittstelle
<i>getch</i>	Empfangen eines Zeichens (Char)
<i>putch</i>	Senden eines Zeichens (Char)
<i>putstr</i>	Senden einer Zeichenkette (String)

Tabelle 4-3: Funktionen zum Bedienen der RS232

4.2.4 Watchdog

Der Watchdog ist eine wichtige Funktion in einem Mikrocontroller und dient zur Verbesserung des sicheren Programmablaufes. Manchmal kann es dazu kommen, dass der Prozessor sich in einem undefinierten Zustand befindet und nicht mehr das tut, was er eigentlich tun sollte. Dafür gibt es mehrere Ursachen. Das können z. B. elektromagnetische Störungen, kurzzeitige Spannungseinbrüche, Überlaufen von Zählern in Schleifen oder einfach fehlerhafte Suchroutinen sein. Um solche Situationen zu vermeiden, wird ein Watchdog eingesetzt. Dieser ist nichts anderes als ein Zeitglied oder ein Timer, welcher über eine Portleitung vom Prozessor regelmäßig zurückgesetzt werden muss. Passiert das nicht und der Timer läuft über seine eingestellte Zeit hinaus, wird der Reset-Eingang vom Prozessor angesteuert und das Programm läuft ab der Startadresse wieder los.

Der Watchdog von Scombox kann in dem Programmmodul *mc_bios.h* mit der Funktion *wd_config* auf eine bestimmte Zeit im Millisekunden-Bereich eingestellt und mit der Funktion *wd* zurückgesetzt bzw. getriggert werden. Bei der Zeiteinstellung im Watchdog muss darauf geachtet werden, dass die Zeit auch für das Starten des Prozessors in jedem Fall ausreichend ist. Wenn es viele globale Variablen im System gibt, dann kann es durchaus bei dem Startupcode zu einer längeren Laufzeit kommen [JWi, S.144ff].

4.2.5 RTC

Real Time Clock (RTC) oder die sogenannte Echtzeituhr ist ein Chip, der im Wesentlichen wie eine Quarzuhr mit einem Zähler und einem Taktgeber verhält. Der Zähler wird bei jedem Takt des Frequenzgebers erhöht. Damit die Uhr nicht stehenbleibt, wenn das Gerät ausgeschaltet wird, ist im Gerät ein Energiespeicher untergebracht. Bei modernen Mikrocontrollern ist dies meist eine Lithiumzelle (3 V). Um die Zähler einfach zu halten,

wird häufig eine Frequenz des Taktgebers von 32,768 kHz gewählt. Damit kann auf einfache Art durch wiederholtes Halbieren eine Frequenz von 1Hz als Sekundentakt erzeugt werden [Wik2].

Die eingebaute RTC in der Scombox wird aus dem GSM/GPS-Modem durch ein gültiges GPS-Signal eingestellt werden. Mit den Funktionen *get_timestamp* und *set_timestamp* im Programmmodul *mc_bios.h* kann die RTC abgefragt und eingestellt werden. Ein Timestamp oder Zeitstempel wird in der Struktur *tTimestamp* definiert und beinhaltet das Datum und die Uhrzeit.

4.2.6 GSM/GPRS-Modem

Ein GSM/GPRS-Modem oder auch GSM-Modul genannt lässt sich einfach durch ein Mobiltelefon ohne Display, Tastatur und Gehäuse beschreiben. GSM-Module werden in eingebetteten Systemen eingesetzt, um diese mit einer drahtlosen Schnittstelle zu erweitern [HKI, S.8]. Mit dieser Schnittstelle können dann die Daten und Messwerte durch die Erweiterung des GSM-Mobilfunknetzes GPRS mit einem Rechnersystem oder einem anderen eingebetteten System ausgetauscht werden. Zum besseren Verständnis werden zunächst die Begriffe GSM und GPRS erläutert.

Das Global System for Mobile Communications (GSM) ist ein Standard für volldigitale Mobilfunknetze, der hauptsächlich für Telefonie, aber auch für leitungsvermittelte und paketvermittelte Datenübertragung sowie Kurzmitteilungen bzw. Short Messages (SMS) genutzt wird. Es ist der erste Standard der sogenannten zweiten Generation („2G“) als Nachfolger der analogen Systeme der ersten Generation (in Deutschland: A-Netz, B-Netz und C-Netz) und ist der weltweit am meisten verbreitete Mobilfunk-Standard [Wik3].

Das General Packet Radio Service (GPRS) ist ein spezielles System für die Übertragung von Informationen über das GSM-Netzwerk. Hierbei werden die Daten in einzelne Pakete aufgeteilt, wobei jedes dieser Pakete mit zusätzlichen Informationen versehen wird. Diese übermitteln dem Netzwerk, wie die einzelnen Pakete zusammenhängen und wer die Nachricht empfangen soll [Tef]. Im Kapitel 6.4 werden weitere interessante Details zu diesem Thema beschrieben.

Das in der Scombox eingebaute GSM/GPRS-Modem GE863-GPS der Firma Telit wurde speziell für eingebettete Systeme entwickelt und besitzt außerdem einen hochempfindlichen GPS⁵-Empfänger.

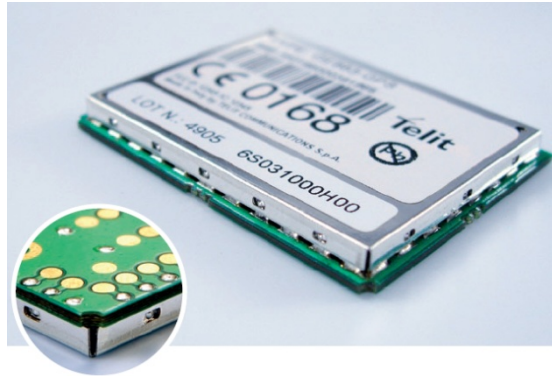


Abbildung 4-8: GSM-Modem GE863-GPS von Telit [Tel3]

Das Telit-Modem wird über eine RS232 Kommunikationsschnittstelle in der Scombox mit AT⁶-Befehlen angesteuert. Mit Hilfe der unterstützten AT-Befehle in diesem Model können folgende Funktionen benutzt werden:

- Verwaltung der SIM-Karte mit Telefonbuch
- Empfang und Versand von SMS, E-Mail und Fax
- M2M-Kommunikation, Dateizugriff auf einem FTP-Server

In dem Programmmodul *scom_os.c* sind einige Funktionen dafür definiert, die das Ansteuern des Modems mit AT-Befehlen ermöglichen (Tabelle 4-4):

Funktionsname	Beschreibung
<i>ask_modem</i>	Senden von AT-Befehlen und Empfangen deren Antworten
<i>modem_start/stop</i>	Ein- / Ausschalten des Modems
<i>modem_test</i>	Testen des Modems mit einem Hyper-Terminal Programm
<i>ftpfiletransfer</i>	Senden einer Datei auf einen FTP-Server

Tabelle 4-4: Funktionen zum Ansteuern des GSM-Modems

⁵ Global Positioning System (GPS) ist ein globales Navigationssatellitensystem zur Positionsbestimmung und Zeitmessung [Wik3].

⁶ Attention Command (AT-Befehl) wird als Präfix mit anderen Parametern in einer Textzeile verwendet.

4.2.7 Mikro SD-Karte

Eine SD Memory Card (Kurzform für Secure Digital Memory Card; deutsch Sichere digitale Speicherkarte) ist ein digitales Speichermedium, das nach dem Prinzip der Flash-Speicherung arbeitet. Die SD-Karte wurde im Jahr 2001 von der Firma SanDisk auf Basis des älteren Multimedia Card (MMC) Standards entwickelt. Die Speicherkarte besitzt einen integrierten Mikrocontroller und ist heutzutage schon bis zu 32 GB mit der SD *High Capacity* (SDHC) Erweiterung auf dem Markt verfügbar.

Die Mikro SD-Karte ist die kleinste unter der SD-Karten und misst gerade die Größe eines Fingernagels. Sie werden derzeit mit einer Speicherkapazität bis zu 16 GB (microSDHC) angeboten. Die Mikro SD-Karten lassen sich leicht per Adapter auf SD-Kartenformat bringen und können somit mit den gängigen Kartenlesegeräten in einem PC ausgewertet werden [Wik4].

Das Aussehen und ein Größenvergleich der Mikro SD-Karte mit anderen SD-Karten werden in der Abbildung 4-9 gezeigt.

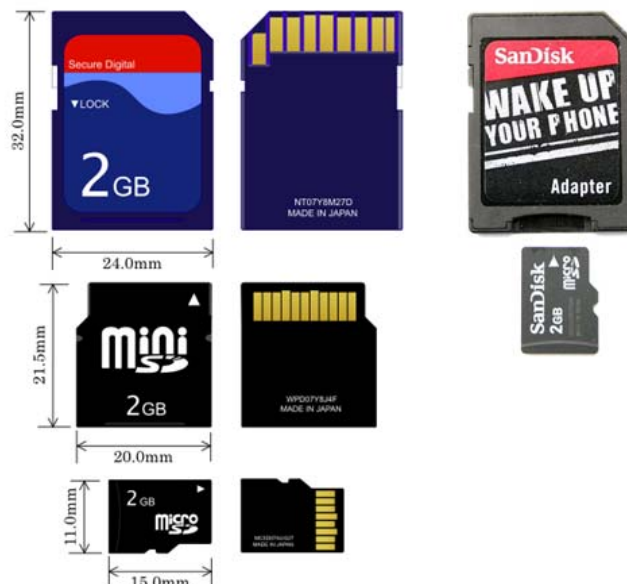


Abbildung 4-9: Verschiedene Ausführungen von SD-Karten [Wik4]

Beim Einsetzen einer neuen Mikro SD-Karte in den Datenlogger muss drauf geachtet werden, dass die Karte auch mit dem FAT-Dateisystem formatiert ist. Für das Auslesen der gespeicherten Informationen in einem PC braucht man einen SD-Kartenleser und einen Adapter von Mikro auf eine normale SD-Karte, siehe Abbildung 4-9 rechts.

Für Datenzugriff auf der Mikro SD-Karte gibt es eine Reihe von Funktionen im Scombox. Diese sind im Programmmodul *file-sys.c/h* definiert und arbeiten auf der Basis eines File Allocation Table (FAT) Dateisystems. Die wichtigen Funktionen sind in der Tabelle 4-5 aufgelistet.

Funktionsname	Beschreibung
<i>f_mount</i>	Erzeugen eines FAT-Dateisystems
<i>f_open</i>	Öffnen bzw. Anlegen einer Datei
<i>f_read</i>	Lesen einer Datei
<i>f_write</i>	Schreiben in eine Datei
<i>f_lseek</i>	Schreib- bzw. Leseposition setzen
<i>f_close</i>	Schließen einer Datei
<i>f_opendir</i>	Öffnen bzw. Anlegen eines Verzeichnisses
<i>f_unlink</i>	Löschen einer Datei

Tabelle 4-5: Wichtige FAT Funktionen

4.2.8 FRAM

Das Ferroelectric Random Access Memory (FRAM) ist ein nichtflüchtiger Speicherbaustein und beruht auf dem ferroelektrischen Effekt: Ferroelektrische Materialien behalten eine Polarisation zurück, wenn sie einem genügend starken elektrischen Feld ausgesetzt wurden. Diese Polarisation stellt die Information dar [KWü, S.56]. Die Scombox verfügt über einen FRAM Baustein mit einer maximalen Speicherkapazität von 2000 Bytes, wo dann die Daten mit den folgenden Funktionen im Programmmodul *mc_bios.h* verwaltet werden können (Tabelle 4-6):

Funktionsname	Beschreibung
<i>fram_init</i>	Initialisierung nach dem Programmstart
<i>fram_write</i>	Schreiben der Daten
<i>fram_read</i>	Lesen der Daten

Tabelle 4-6: FRAM Funktionen

Für eine bessere und leichte Verwaltung der Daten im FRAM kann die Struktur *tFramdaten* im Programmmodul *scom-os.h* um die gewünschten Variablen erweitert werden. Beim Lesen oder Schreiben der Daten braucht man dann nur die Adresse und die Größe der deklarierten Struktur (z. B. *g_fram*) an die entsprechende Funktion zu übergeben. Siehe dazu das nächste Beispiel: *fram_write(0, sizeof(g_fram), &g_fram)*. Der erste Parameter (0) gibt die Startadresse in FRAM an, der zweite die Größe der Struktur *g_fram* in Bytes und der dritte die Adresse der Struktur *g_fram*.

4.3 Softwareaufbau

Die mitgelieferte Software der Scombox umfasst ein Beispielprojekt, was aus verschiedenen Programmmodulen aufgebaut ist, für die weitere Beschreibung aller Programmmodule siehe Kapitel 6. Das Beispielprojekt bietet eine gute Grundlage und kann durch diverse Erweiterungen an die gewünschte Anwendung angepasst werden.

4.3.1 Programmübertragung

Zum Übertragen bzw. Flashen⁷ der entwickelten Software auf den Datenlogger Scombox dient ein mitgeliefertes Anwendungsprogramm *mcom_loader.exe*, welches zusammen mit dem Bootloader⁸-Programm auf der Scombox funktioniert. Für die Datenübertragung wird noch zusätzlich ein Nullmodemkabel zwischen einer freien COM Schnittstelle auf dem Entwicklungsrechner (PC) und der RS232 (0) Schnittstelle in der Scombox benötigt. Bevor mit der Datenübertragung begonnen werden kann, muss in der Anwendungsmaske (Abbildung 4-10) die vom Compiler erzeugte Binärdatei *main.bin* ausgewählt und die richtige COM-Schnittstelle eingestellt werden. Die Baudrate wird bereits auf 115200 standardmäßig vorangestellt.

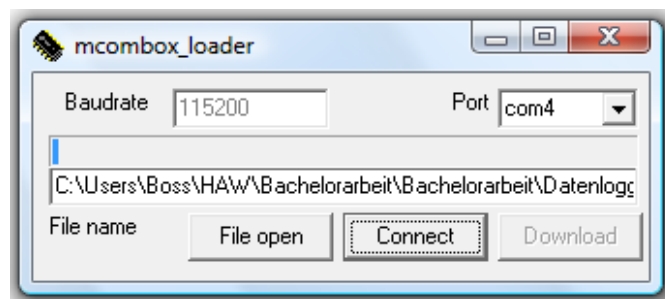


Abbildung 4-10: Anwendungsprogramm zum Flashen der Software

Durch das Betätigen des Buttons *Connect* wird geprüft, ob die ausgewählte COM-Schnittstelle frei zur Verfügung steht und nicht von anderen Programmen verwendet wird. Nach der erfolgreichen Verbindung wird durch das Betätigen des Buttons *Download* die zu übertragende Software zum Flashen vorbereitet. Die Datenübertragung startet nicht sofort, sondern wird durch eine positive Flanke an der Versorgungsspannung ausgelöst. Mit anderen Worten muss die Scombox zum Flashen der neuen Software einfach aus- und wieder eingeschaltet werden. Die Datenübertragung wird in dem Programmfenster durch

⁷ Überschreiben eines Flach-Speichers in einem Mikrocontroller

⁸ Der Bootloader ist ein kleines Programm, das nach dem Einschalten zuerst über eine serielle Schnittstelle das auszuführende Programm lädt und im internen Programmspeicher ablegt [KWü, S.240].

die Meldung *Loading* und zusätzlich durch das Blinken der Kontroll-LED angezeigt. Manchmal kommt es vor, dass die Daten nicht richtig übertragen werden. Dieses wird durch das Programm erkannt und in einem Fenster mit der Meldung *Flash Error* angezeigt. Eine Abhilfe in diesem Fall bietet meistens eine wiederholte Übertragung.

4.3.2 Debuggen

Für eine Softwareentwicklung stehen meistens verschiedene Methoden zum Debuggen⁹ zur Auswahl. Im Programmmodul *helper.c* sind mehrere Funktionen dafür definiert, wie z. B. die Funktion *msg* für die Ausgabe von einer Zeichenkette und einer Zahl oder die Funktion *msg_2strings* für die Ausgabe von zwei Zeichenketten. Mit diesen Funktionen können verschiedene Meldungen im Klartext auf eine der beiden externen RS232-Schnittstelle der Scombox ausgegeben werden, deren Inhalt dann z. B. mit einem Hyper-Terminal Programm von Windows an einem PC angezeigt werden kann.

```
FRAM Daten:
Daten gespeichert [Bytes]: 688 - 0x000002B0
Zaehler TSIZ:                0 - 0x00000000
RTC Flag:                    1 - 0x00000001
FTP OK:                      0 - 0x00000000
FTP CNT:                     1 - 0x00000001
Logfiles auf SD, aeltester zuerst:
Logfile: 12021008.csv
Logfile: 12021009.csv
Logfile: 12021010.csv
Logfile: 12021011.csv
Logfile: 12021012.csv
Logfile: 12021013.csv
Logfile: 12021014.csv
Logfile: 12021015.csv
Logfile: 12021016.csv
```

Abbildung 4-11: Beispiel einer Kontroll-Ausgabe auf dem Hyper-Terminal

Durch das Einbauen solcher Funktionen an bestimmten Stellen im Programmablauf, kann man anhand der übergebenen Parameter sinnvolle Informationen über den Status entsprechender Variablen oder zum aktuellen Ablaufschritt des Programms erfahren. Das Beispiel in der Abbildung 4-11 zeigt die wichtigsten Daten und Informationen aus dem Inhalt des FRAM-Speichers. Diese werden bei jedem Hochfahren des Datenloggers angezeigt.

⁹ Debuggen bedeutet diagnostizieren, auffinden und beheben von Fehlern in Programmen

5 Ausstattung der Vakuumtoilette

Für das Testen der entwickelten Software für den Datenlogger Scombox wird die Vakuumtoilette mit zusätzlicher Instrumentierung ausgestattet, deren Übersicht, Aufbau und die Anschlussstellen in den nächsten Kapiteln erläutert werden.

5.1 Übersicht

Die Schnittstellen der beiden Anschlussstecker des Datenloggers werden zuerst auf eine Klemmleiste ausgeführt. Die Klemmleiste dient zur besseren Handhabung und erlaubt mit ihrem einfachen Stecksystem schnell und unkompliziert das Anschließen verschiedener Sensoren und Schnittstellen.

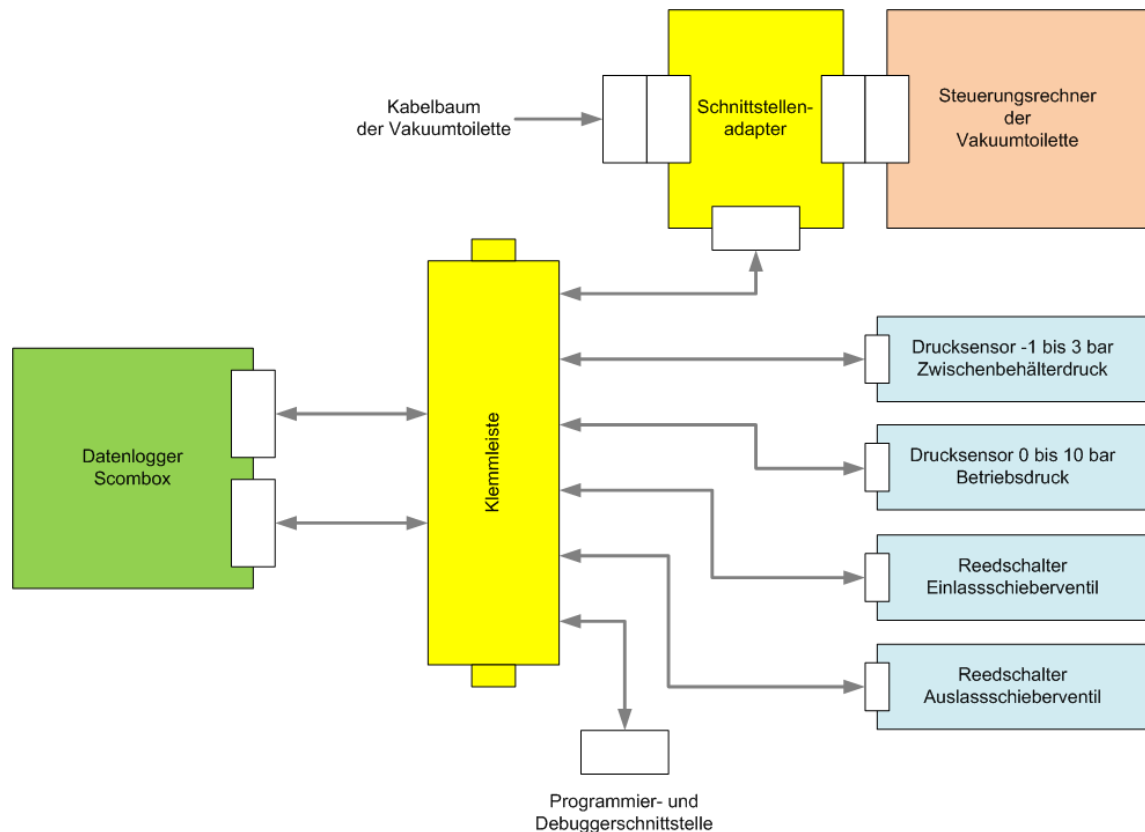


Abbildung 5-1: Blockdiagramm der zusätzlichen Instrumentierung

Ohne Klemmleiste müsste man die Anschlussstecker des Datenloggers immer wieder neu crimpen¹⁰, was allerdings sehr viel Zeit in Anspruch nehmen würde. Eine Übersicht über die angeschlossenen Komponenten und Schnittstellen an die Klemmleiste wird in der Abbildung 5-1 gezeigt.

¹⁰ Crimpen ist eine elektrische Verbindungsform, die eine Leitung und Stecker durch plastische Verformung zusammenbringt. Die Verbindung ist danach nicht lösbar.

Bei einem späteren Feldeinsatz des Datenloggers wird die Klemmleiste durch einen Kabelbaum ersetzt. Der Kabelbaum erfüllt die vorgeschriebene IP Schutzklasse (mindestens 65) und weist durch seine kompakte Bauform einen geringeren Platzbedarf auf. Die detaillierte Beschreibung zu den im oberen Blockdiagramm dargestellten Hardwarekomponenten und ihren Anschlüssen kann den weiteren Kapiteln entnommen werden.

5.2 Schnittstellenadapter

Der Schnittstellenadapter (Abbildung 5-2) zwischen dem Kabelbaum und dem Steuerungsrechner (STC) der Vakuumtoilette dient zur Erfassung der notwendigen Signale für die Überwachung der Systemkomponente und zur Spannungsversorgung im Datenlogger.



Abbildung 5-2: Schnittstellenadapter zw. STC und Datenlogger

Alle Signale zwischen dem STC und dem Kabelbaum werden weitergeleitet. Das Gehäuse des Schnittstellenadapters entstand aus mehreren Teilen des STC-Gehäuses, was eine leichte Integrierung der Anschlussstecker zum STC und zum Kabelbaum ermöglicht. Die Schnittstelle zum Datenlogger wurde mit einem bei EVAC gängigen 14-poligen CPC Rundstecker ausgeführt, welcher als Standardanschlussstecker für die Vakuumtoiletten benutzt wird. Das Gehäuse vom Schnittstellenadapter dient in seiner Bauform nur zum Testzweck und muss für einen möglichen Feldeinsatz noch optimiert oder durch andere Alternativen ersetzt werden.

5.3 Datenlogger-Anschlussklemmleiste

Die unten abgebildete Tabelle zeigt die Anschlussbelegung der Klemmleiste, die die Schnittstellen des Datenloggers mit den Schnittstellen der Vakuumtoilette und zusätzlicher Sensorik verbindet.

Vakuumtoilette		Klemmleiste	Datenlogger Scombox		
Pin	Signal	Klemme	Signal	Aktiver Pegel	Pin
4	24 VDC +/- 30 %	1	U-Batterie	7 – 32 VDC	7
		2	U-Switch (DI)	high	8
1	0 V (Ground)	3	Ground		5,6
	Betriebsdruck	4	AI 0	4 -20 mA	9
	Zwischenbeh.-Druck	5	AI 1	4 -20 mA	10
	Wasserdurchfluss	6	CN 2	bis 15 kHz	4
		7	AI 3	4 -20 mA	3
		8	CAN (0) high		2
		9	CAN (0) low		11
	Ground	10			
	Debugger	11	RS232 (0) Tx		1
	Flashen	12	RS232 (0) Rx		12
		13	CAN (1) high		12
		14	CAN (1) low		1
	Ground	15			
		16	RS232 (1) Tx		11
7	RS232 Tx	17	RS232 (1) Rx		2
9	Druckschalter (DI)	18	DI 4	high / low	3
	Toilettensitz	19	DI 5	high / low	10
		20	U_Ref 3 V (DO)		4
	Ground	21			
	Einlasschieber	22	DI 6	high	5
	Auslasschieber	23	DI 7	high	6
5	Wasserzulaufventil (DO)	24	DI 8	high	8
14	Vakuumpumpe (DO)	25	DI 9	high	7

Tabelle 5-1: Pinbelegung der Anschlussklemmleiste

In der Spalte „Signal“ des Datenloggers (Tabelle 5-1) werden die Schnittstellen zum Teil mit dem eingestellten Eingangsmodus (AI = Analog Input, CN = Counter Input, DI = Digital Input) angegeben. Die Zahlen dahinter repräsentieren die Kanalnummer und sind für die Einstellungen in der Software relevant. Anhand der Angabe für den aktiven Pegel kann man sehen, dass die Digitalen Eingänge 4 und 5 auch als Low-aktiv eingestellt werden können. Das ist sehr praktisch, da einige Schnittstellen der Vakuumtoilette mit einer Low-aktiven Pegelansteuerung arbeiten, wie z. B. der Druckschalter.

Die Spalte „Signal“ der Vakuumtoilette zeigt die Schnittstellen des Steuerrechners mit der Pinangabe im CPC Rundstecker des Schnittstellenadapters. Die Anschlussklemmen für die Sensoren der Überwachungskomponenten werden ebenfalls dort eingetragen. Die Klemmen 10, 15 und 21 werden mit dem Masse-Potential (0V) des Steuerrechners verbunden und stehen zum Anschluss der Sensoren und für Bezugspotential der RS232 Schnittstellen zur Verfügung. Laut der Tabelle 5-1 bleiben noch einige Schnittstellen des Datenloggers nicht angeschlossen. Das Signal *U-Switch* arbeitet wie ein digitaler Eingang und kann für verschiedene Anwendungen benutzt werden. Der Ausgang *U_Ref 3 V* ist gedacht für die Versorgung der angeschlossenen Sensoren mit einer Referenzspannung von 3 VDC und kann in der Software alternativ wie ein digitaler Ausgang angesteuert werden. Zwei CAN-Schnittstellen (*CAN(0)* und *CAN(1)*) und ein Multifunktionseingang (3) werden im Moment noch nicht angeschlossen und stehen für die weiteren Funktionen zur Verfügung.

5.4 Sensorenanschluss und Auswertung

Nachdem die notwendigen Sensoren im Kapitel 3.3 nach den strengen Anforderungen ausgesucht wurden, werden in diesem Kapitel die Grundlagen zum Anschließen und Auswertung der Sensoren vermittelt.

5.4.1 Drucksensoren

Die Drucksensoren werden über die Leitungsdosen elektrisch angeschlossen, welche später im Feldeinsatz in einem Kabelbaum leicht integriert werden können.

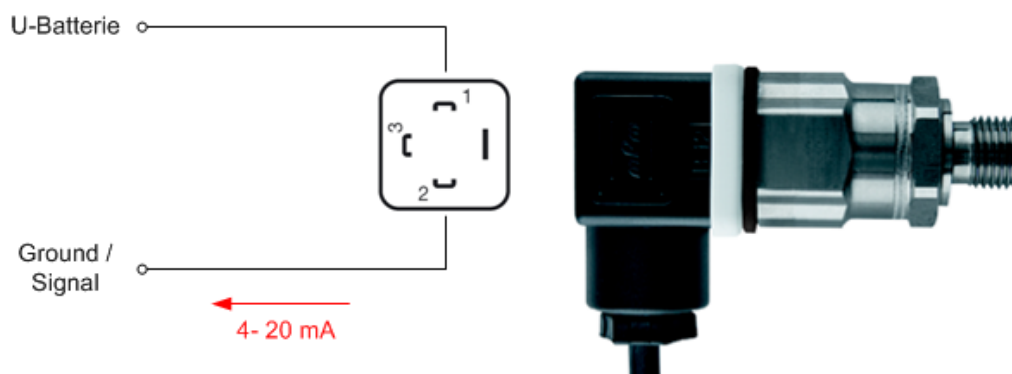


Abbildung 5-3: Anschlussplan der Drucksensoren

Der Anschlussplan der Leitungsdose ist in der Abbildung 5-3 dargestellt. Die ausgewählten Drucksensoren wandeln den gemessenen Druck in ein normiertes Einheitssignal von 4 bis

20 mA. Mit diesem Einheitssignal können alle Unterbrechungen in der Zuleitung anhand des Signalwertes von 0 überwacht werden. In der Industrie sind solche Einheitssignale sehr weit verbreitet und werden als Signale mit einem „lebenden Nullpunkt“ bezeichnet. Der Anschluss erfolgt über die Zweileiter-Technik. Das bedeutet in diesem Fall, dass in die Versorgungsspannung zwischen U-Batterie und Ground ein Signal in Form eines Gleichstromes eingepreßt wird. Dieser Strom kann dann mit einem analogen Eingang des Datenloggers erfasst und später ausgewertet werden.

Der Prozessanschluss der Drucksensoren erfolgt mit einem Adapter für einen 6 mm Luftschlauch, welcher, verbunden mit einem T-Stück, an beliebiger Stelle in eine



Abbildung 5-4: Prozessanschluss der Drucksensoren

Luftdruckleitung der Vakuumtoilette eingebaut werden kann, siehe Abbildung 5-4. Die Drucksensoren werden für die Messung des Betriebsdrucks an die Luftdruckversorgungsleitung des Einlasschieberventils und für die Messung des Zwischenbehälterdrucks am Druckschalter angeschlossen.

Die in der Abbildung 5-5 dargestellte lineare Kennlinie dient allgemein zur Auswertung bzw. Bestimmung der Signalgröße (S) und des Merkmals (M). Die Signalgröße ist in diesem Fall der elektrische Strom mit $S_1 = 4 \text{ mA}$ und $S_2 = 20 \text{ mA}$ und das Merkmal bzw. physikalische Größe ist der Druck mit zwei verschiedenen Bereichen:

- Betriebsdruck: $M_1 = 0 \text{ bar}$ und $M_2 = 10 \text{ bar}$
- Zwischenbehälterdruck: $M_1 = -1 \text{ bar}$ und $M_2 = 3 \text{ bar}$

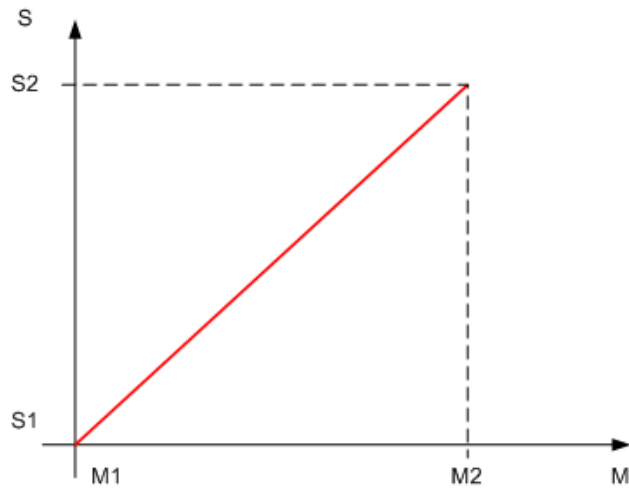


Abbildung 5-5: Lineare Kennlinie eines Sensors

Der Druckwert M , der zu einem gegebenen Signalwert S gehört, lässt sich dann nach der folgenden Formel berechnen:

$$M(S) = M_1 + \frac{M_2 - M_1}{S_2 - S_1} \cdot (S - S_1)$$

Nach auflösen der Klammern

$$M(S) = M_1 + \frac{M_2 - M_1}{S_2 - S_1} \cdot S - \frac{M_2 - M_1}{S_2 - S_1} \cdot S_1$$

und mit dem Einführen der Definitionen für

$$m = \frac{M_2 - M_1}{S_2 - S_1} \quad \text{und} \quad b = -m \cdot S_1 + M_1$$

erhält man eine vereinfachte Formel für den Druckwert, die eine Gerade beschreibt.

$$M(S) = m \cdot S + b$$

Auf der nächsten Seite werden zwei Berechnungsbeispiele zum Auswerten von Stromwerten der eingesetzten Drucksensoren für Betriebsdruck und Zwischenbehälterdruck gezeigt.

Berechnungsbeispiele:

Auswertung des Betriebsdrucks für $S = 12 \text{ mA}$:

mit

$$m = \frac{10 \text{ bar} - 0 \text{ bar}}{20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}} = \frac{5 \text{ bar}}{8 \text{ mA}}$$

und

$$b = -\frac{5 \text{ bar}}{8 \text{ mA}} \cdot 4 \text{ mA} + 0 \text{ bar} = -2,5 \text{ bar}$$

ergibt sich ein Druckwert von

$$M(12 \text{ mA}) = \frac{5 \text{ bar}}{8 \text{ mA}} \cdot 12 \text{ mA} - 2,5 \text{ bar} = \mathbf{5 \text{ bar}}$$

Auswertung des Zwischenbehälterdrucks für $S = 9 \text{ mA}$:

mit

$$m = \frac{3 \text{ bar} - (-1 \text{ bar})}{20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}} = \frac{1 \text{ bar}}{4 \text{ mA}}$$

und

$$b = -\frac{1 \text{ bar}}{4 \text{ mA}} \cdot 4 \text{ mA} - 1 \text{ bar} = -2 \text{ bar}$$

ergibt sich ein Druckwert von

$$M(9 \text{ mA}) = \frac{1 \text{ bar}}{4 \text{ mA}} \cdot 9 \text{ mA} - 2 \text{ bar} = \mathbf{0,25 \text{ bar}}$$

5.4.2 Reedschalter

Wie bereits im Kapitel 3.1.2 gezeigt, werden zwei Reedschalter an einem Schieberventil (S1 und S2 in Abbildung 5-6) parallel geschaltet. Durch diese Schaltung entsteht bei jeder Bewegung des Schieberventils ein Impuls, deren Breite die verstrichene Zeit der Bewegung des Schieberventils von einer Endlagenposition bis zur anderen darstellt.

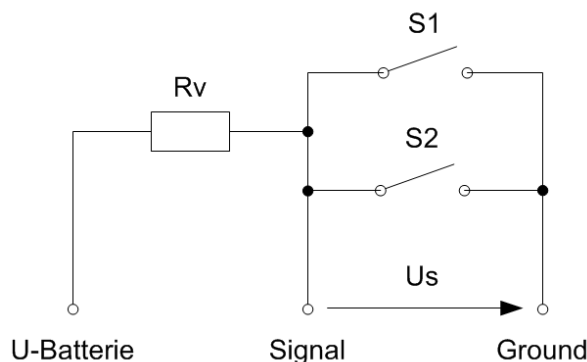


Abbildung 5-6: Anschlussplan der Reedschalter an einem Schieberventil

Diese Zeit kann dann zwischen zwei erkannten Flanken mit einem digitalen Eingang in Scombox gemessen werden. Der Widerstand R_V verhindert einen Kurzschluss zwischen U-Batterie und Ground, wenn einer der beiden Reedschalter sich im geschlossenen Zustand befindet. Der Wert des Widerstands R_V wird möglichst hoch gewählt, um die Verlustleistung gering zu halten (z. B. 100 kOhm).

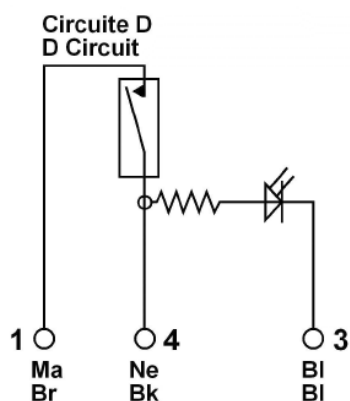


Abbildung 5-7: Anschlussbelegung der Reedschalter [EVA3]

Die verwendeten Reedschalter werden nur an den Pins 1 und 4 angeschlossen, siehe Abbildung 5-7. Die eingebaute LED zur Statusanzeige wird nicht benutzt und deshalb nicht an Pin 3 angeschlossen.

6 Programmierung

Die komplette Software für den Datenlogger Scombox wurde mit der Programmiersprache C geschrieben. Die verwendete Entwicklungsumgebung Eclipse IDE for C/C++ Developers in der Version 1.2.1.20090918-0703 [Ecl] hat dazu beigetragen, den Quellcode von Anfang an durch viele Hilfsmethoden strukturiert aufzubauen. Für die Übersetzung des Quellcodes in Maschinsprache wurde der GNU¹¹ C-Compiler für ARM¹²-Prozessoren kostenlos von YAGARTO zur Verfügung gestellt [MiF].

Die Programmierung oder die Software-Entwicklung wird meistens bei der Projektplanung unterschätzt und nimmt in der Regel die doppelte Menge an Zeit in Anspruch als vorgesehen. Damit es nicht zu so einem Fall kommt, fängt man am besten mit der Erstellung von Flussdiagrammen und Strukturübersichten an.

6.1 Übersicht

Um eine bessere Übersicht zu bieten und keine überdimensionalen Dateien mit mehr als 1000 Codezeilen erzeugen zu lassen, ist die erstellte Software in mehrere Programmmodule aufgeteilt, siehe Tabelle 6-1 mit der Übersicht.

Dateiname	Beschreibung des Inhalts
scom_os.h	IOs-Definitionen, GPRS-Parameter, Meldungsarten im Logfile, Betriebszustände, Überwachungspuffer, Modem-Antworten, GPS- und Boxdaten, FRAM-Daten
scom_os.c	Verwaltungsfunktion, beinhaltet die <i>main</i> Funktion
user_main.c	Anwenderfunktion, zyklische Ausführung im RUN-Modus
logger.h	Logfilekopf, Prototypen-Deklarationen
logger.c	Zugriff und Datenspeicherung auf der Mikro SD-Karte
helper.h	Prototypen-Deklarationen
helper.c	Hilfs- und Umwandlungsfunktionen verschiedener Datentypen
file_sys.h	Konstanten und Prototypendeklarationen des FAT Systems
file_sys.c	Dateizugriffsfunktionen des FAT Systems
mc_bios.h	Typendefinitionen, Inputs-Initialisierung, Watchdog, Outputs-Ansteuerung, Powermanagement, RS232, CAN-Bus, Zeitmessung, RTC, Dataflash, FRAM, iButton

Tabelle 6-1: Übersicht der verwendeten Programmmodule

Jedes Modul ist wiederum in kleine Funktionen aufgeteilt, die bestimmte Programmteile beinhalten und somit für mehr Transparenz und Anpassungsfähigkeit sorgen. Die letzten

¹¹ GNU General Public License (GNU GPL) steht für freie Software, die für jeden zugänglich sein muss.

¹² ARM steht für eine Prozessorarchitektur der Firma ARM Limited

drei Programmmodule *file_sys.h/c* und *mc_bios.h* wurden bei der Softwareentwicklung aus dem Beispielprojekt zwar eingebunden und verwendet, aber nicht inhaltlich verändert. Alle anderen Module wurden an die Anforderungen der Anwendung erweitert und angepasst. Die Abbildung 6-1 stellt eine Übersicht der Hauptfunktion *main* mit ihren Nebenfunktionen und Prozessen im Datenlogger dar.

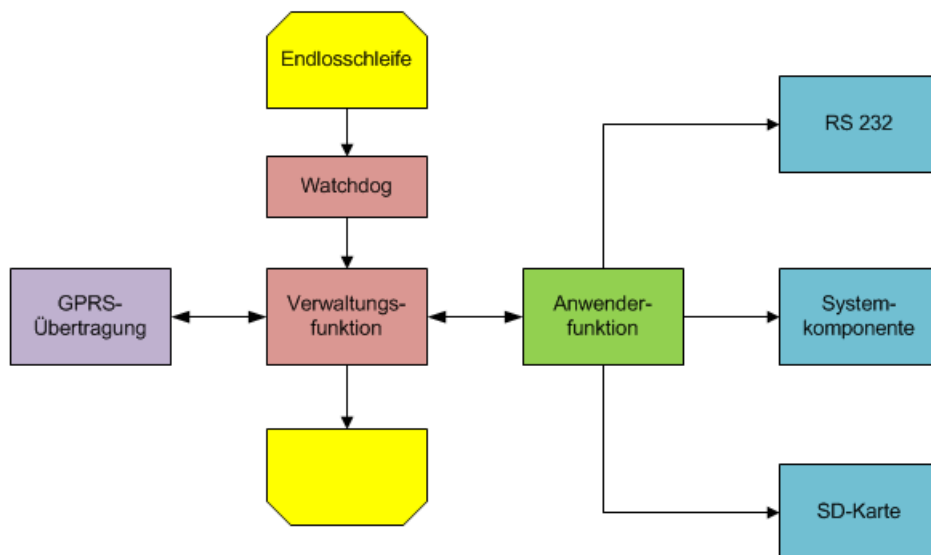


Abbildung 6-1: Aufbau der Hauptfunktion *main*

Die Hauptfunktion *main* beinhaltet eine Endlosschleife, in der zyklisch eine Verwaltungsfunktion aufgerufen wird. Die wichtigste Aufgabe der Verwaltungsfunktion besteht darin, die Energieversorgung des Datenloggers zu überwachen und für den reibungslosen Wechsel zwischen der GPRS-Übertragung und der Anwenderfunktion zu sorgen. In der Anwenderfunktion werden alle Überwachungsrouinen für Systemkomponente, RS232 Kommunikationsschnittstelle sowie die Datenverwaltung auf der Mikro SD-Karte implementiert. Die Funktion GPRS-Übertragung steuert das GSM-Modem mit den entsprechenden Befehlen um eine Verbindung zu einem FTP-Server aufzubauen und die gewünschten Datenpakete zu übertragen. Damit der Mikrocontroller durch elektromagnetische Störungen im Programmablauf nicht in einer Endlosschleife oder einfach an einer Stelle „stecken“ bleibt, wird ein Watchdog in der Main-Schleife zyklisch getriggert. Das zyklische Triggern des Watchdogs in einer Endlosschleife, siehe Hauptfunktion, erlaubt eine Überwachung der maximalen Zykluszeit. Wird diese Zeit einmal überschritten, ist das ein Zeichen für den Watchdog den Mikroprozessor zu reseten und das Programm ab der Startadresse wieder laufen zu lassen.

6.2 Verwaltungsfunktion

Die Verwaltungsfunktion trägt den symbolischen Namen *scom_os* und wird als einzige Funktion in der Hauptfunktion *main* zyklisch ausgeführt. Neben der Ablaufsteuerung zwischen verschiedenen Modus-Zuständen, wie z. B. Starten oder Stoppen des GSM-Modems und RUN-Modus, sind auch die Routinen für das Batteriemangement und die Spannungsüberwachung in der Verwaltungsfunktion enthalten. Der Aufbau der Verwaltungsfunktion ist in der Abbildung 6-2 grafisch dargestellt.

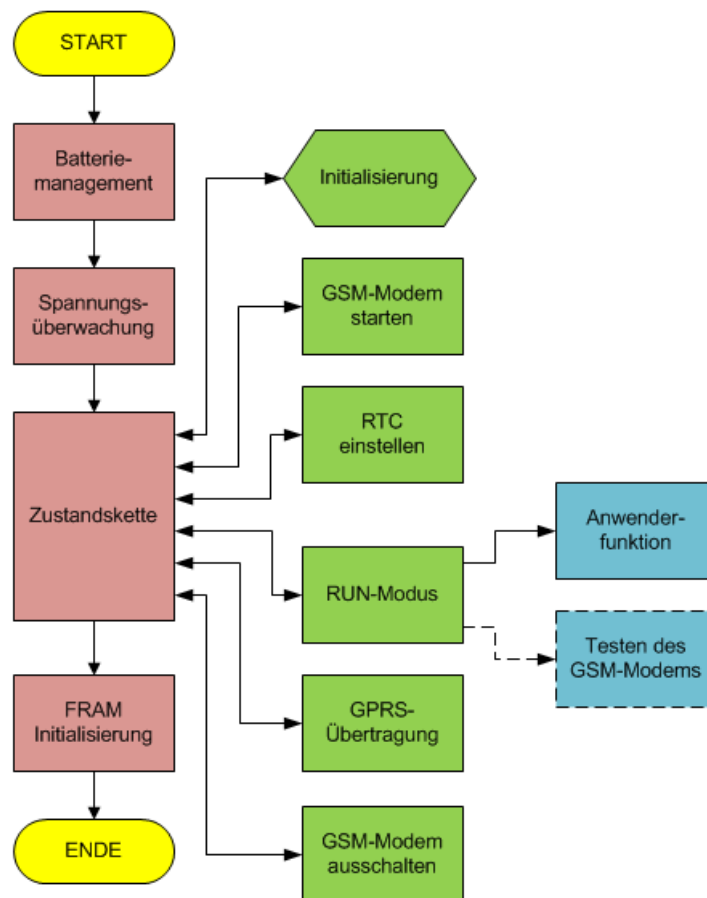


Abbildung 6-2: Aufbau der Verwaltungsfunktion *scom_os*

Die Anwenderfunktion sowie die GPRS-Übertragung werden in den Kapiteln 6.3 und 6.4 ausführlich beschrieben.

6.2.1 Batteriemangement und Spannungsüberwachung

Das Batteriemangement ist in der Funktion *battery_management* implementiert. Wie schon der Name sagt, sorgt die Funktion für das Aufladen der eingebauten Batterie bzw.

des Akkus, wenn dieser mit dem Datenlogger verbunden wird und die externe Versorgungsspannung anliegt.

Die Spannungsüberwachung ist in zwei Funktionen *read_hardware* und *power_management*, die zyklisch alle 100 ms aufgerufen werden, aufgeteilt. Die Funktion *read_hardware* liest die Analogwerte der anliegenden Versorgungsspannung und der Akkuspannung ein. Nach der Umwandlung durch den Analog Digital Converter (ADC) werden die aktuellen Digitalspannungswerte in einen Vektor geschrieben. Die berechneten Mittelwerte aus allen Spannungswerten im Vektor werden in den Variablen *ue* und *uaccu* der Struktur *os* abgespeichert. Die Funktion *power_management* überwacht die anliegende Versorgungsspannung. Alle EVAC Vakuuntoiletten sind mit der Bahnnorm DIN-EN-50155-ge-210 [EVA2] konform und werden so ausgelegt, dass bei einem kurzzeitigen Spannungsausfall von etwa 10 ms der Betrieb aufrechterhalten bleibt. Aus diesem Grund wird die Versorgungsspannung des Datenloggers auf einen Ausfall von etwa 1 Sekunde überwacht und wenn dies der Fall sein sollte, wird es in der Variable *ue_down* der Struktur *os* gespeichert. Diese Variable kann dann dafür ausgewertet werden, um den Datenlogger in den Ruhemodus zu versetzen oder komplett abzuschalten.

6.2.2 Zustandskette

Die Zustandskette stellt eine *switch* Kontrollstruktur aus der Programmiersprache C dar und beinhaltet mehrere Systemzustände oder Schritte, die von dem Programmablauf einzeln angesteuert werden.

Die Initialisierung ist der erste Schritt nach dem Einschalten des Datenloggers. Dort werden die RS232 Kommunikationsschnittstellen mit den eingestellten Parametern, wie z. B. Baudrate, Datenbitanzahl, Parität, die Stoppbitanzahl und die Puffer, initialisiert. Die Daten aus dem nichtflüchtigen Speicher FRAM werden ebenfalls hier ausgelesen und in der globalen Struktur *g_fram* abgespeichert. So können die verschiedenen Programmteile auf diese Variablen zugreifen und sie bei Bedarf verändern.

Nach der Initialisierung wird das GSM-Modem gestartet und die RTC des Mikrocontrollers eingestellt. Wenn die Akku- und die Versorgungsspannung für einen längeren Zeitraum abgeschaltet bzw. abgeklemmt waren, muss die RTC des GSM-Modems nach dem Empfang eines gültigen GPS-Signals neu eingestellt werden.

Das Einstellen der RTC geschieht normalerweise mit dem angeschlossenen Akku vor dem Installieren des Datenloggers und erfolgt relativ schnell, wenn man mindestens freie Sicht in drei Richtungen hat. Das erlaubt einen besseren Empfang eines gültigen GPS-Signals, welcher mit dem aktuellen Datum und der Uhrzeit versehen ist. Mit diesen Daten kann die RTC anschließend synchronisiert werden. Wenn die RTC richtig eingestellt wird oder schon vorher eingestellt war, geht die Verwaltungsfunktion zum nächsten Schritt über, nämlich zum RUN-Modus.

Im RUN-Modus wird im Normalbetrieb nur die Anwenderfunktion zyklisch ausgeführt. Eine weitere Funktion, die nur zum Testzweck dient, erlaubt bei der Deaktivierung der Anwenderfunktion, zum Beispiel durch Auskommentieren, die manuelle Ansteuerung des GSM-Modems mit verschiedenen AT-Befehlen über eine RS232 Schnittstelle, für weitere Informationen siehe Kapitel 6.5.

Im Zustand GPRS-Übertragung wird die Systemüberwachung unterbrochen und eine Verbindung zu einem FTP-Server aufgebaut. Nachdem die gewünschten Daten erfolgreich versendet wurden, wird automatisch wieder in den RUN-Modus gewechselt. Wenn ein Ausfall der Betriebsspannung während der GPRS-Übertragung erkannt wird, wird die Übertragung trotzdem einmal zu Ende ausgeführt und danach erst der Datenlogger ausgeschaltet. Weitere Informationen zum detaillierten Ablauf bei der GPRS-Übertragung siehe im Kapitel 6.4.

Das GSM-Modem wird in der Regel mit angeschlossener Batterie, nachdem die Versorgungsspannung weggefallen und die Daten auf der SD-Karte gesichert sind, abgeschaltet. Nach dem Ausschalten des GSM-Modems werden die Daten aus der Struktur *g_fram* in FRAM abgespeichert und der Datenlogger runtergefahren.

6.2.3 FRAM Initialisierung

In FRAM werden die Informationen gespeichert, die nach einem Spannungsausfall wieder zur Verfügung stehen müssen, wie z. B. Zählerstand des Toilettensitzes, Liste der vorhandenen Logdateinamen auf der SD-Karte oder Zeitpunkt des Beginns einer neuen Überwachungsphase. Diese Informationen müssen vor dem Start einer Feldüberwachung initialisiert bzw. gelöscht werden. Dafür ist in der Verwaltungsfunktion eine Routine implementiert. Sie überwacht die Betriebsspannung und beim Feststellen einer Spannung

im Bereich von 10 bis 11 VDC für länger als 5 Sekunden, werden alle Daten im FRAM gelöscht. Im Normalbetrieb einer eingebauten Vakuumtoilette im Zug darf die minimale Betriebsspannung ($24 \text{ VDC} - 30 \% = 16,8 \text{ VDC}$) nicht für diese Zeit unterschritten werden, siehe die Bahnvorschriften für die Versorgungsspannung [EVA2, S.11ff].

6.3 Anwenderfunktion

Die Anwenderfunktion trägt den symbolischen Namen *user_main* und wird zyklisch im RUN-Modus der Verwaltungsfunktion ausgeführt. Die Anwenderfunktion ist zuständig für die Überwachung aller Systemkomponenten. Der Zusammenhang zwischen den wichtigen Prozessen und Funktionen in der Anwenderfunktion wird in der Abbildung 6-3 grafisch dargestellt.

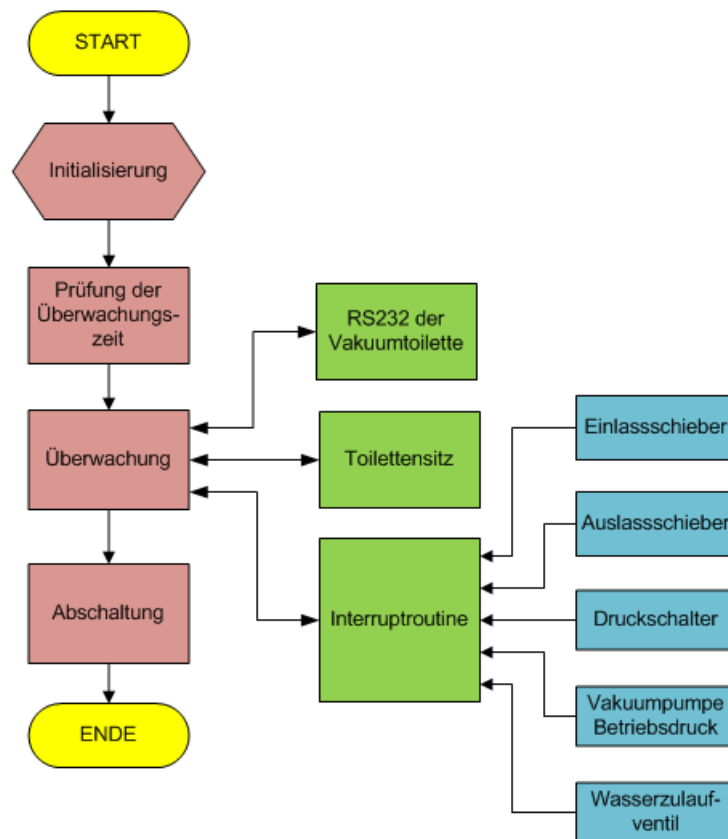


Abbildung 6-3: Aufbau der Anwenderfunktion *user_main*

Die einzelnen Vorgänge und Routinen in dieser Funktion werden in den nachfolgenden Kapiteln ausführlich beschrieben.

6.3.1 Initialisierung

Nach dem ersten Aufruf der Anwenderfunktion wird die Initialisierung durchgeführt. Sie beinhaltet folgende Unterroutinen:

- Erzeugen bzw. Öffnen einer Logdatei
- Einstellen der verwendeten Schnittstellen
- Aktivieren des 1ms-Interrupts
- Löschen von Anwenderinterrupt-Register

Bevor die Überwachung gestartet werden kann, muss eine neue oder bereits vorhandene Logdatei geöffnet werden. Wenn das Öffnen einer neuen Logdatei aus irgendeinem Grund nicht möglich sein sollte, wird eine „Standard“-Logdatei mit dem Namen *logfile.csv*, die bereits auf der SD-Karte existiert, geöffnet. Sollte allerdings das Öffnen der „Standard“-Logdatei ebenfalls scheitern, wird der Datenlogger runtergefahren und wieder neugestartet.

Nach dem erfolgreichen Öffnen einer Logdatei werden die verwendeten physikalischen Schnittstellen eingestellt. Dazu gehört das Initialisieren der IOs mit der Funktion *io_init* sowie das Initialisieren der RS232-Kanäle mit der Funktion *rs232_init*.

Das Aktivieren des 1ms-Interrupts wird mit der Funktion *init_user_irq* gemacht. Dabei wird die Adresse der Funktion mit der gewünschten Routine, die dann zyklisch jede Millisekunde ausgeführt wird, als Parameter übergeben. Zwischen dem Aktivieren des 1ms-Interrupts und dem Einstellen der IOs wird eine Verzögerungszeit eingebaut, damit die Interrupt-Routine nicht schon während des Einstellvorgangs der IOs auf deren Zustände zugreift.

Das Anwenderinterrupt-Register *g_register_irq* wird zum Informationsaustausch zwischen dem 1ms-Interrupt und der Anwenderfunktion verwendet. Mit dem Löschen dieses Registers zum Anfang der Überwachung stellt man sicher, dass alle vorangegangenen Veränderungen an den Schnittstellen bis zu diesem Zeitpunkt nicht protokolliert werden.

Die Initialisierung der Anwenderfunktion findet nicht nur nach dem Start des Datenloggers, sondern zum Teil auch nach der GPRS-Übertragung statt. Die Gründe dafür werden im nächsten Kapitel erläutert.

6.3.2 Prüfung der Überwachungszeit

Damit die Größe der aufgenommenen Logdatei nicht beliebig groß werden kann, wird die Überwachungsdauer für jede Logdatei auf eine bestimmte Stundenanzahl begrenzt. Die Aufgabe der Funktion *createlogfile*, die zyklisch in der Anwenderfunktion ausgeführt wird, ist es zu erkennen, wann die eingestellte Überwachungsdauer überschritten wird. Nach dem Feststellen des Ablaufes der Überwachungsdauer wird die zyklische Überwachung und damit auch die aktuelle Logdatei geschlossen und die Anwenderfunktion sofort verlassen. Anschließend wird die GPRS-Übertragung in der Verwaltungsfunktion angesteuert und die Logdatei auf den FTP-Server übertragen.

Damit man in der Testphase nicht jedes Mal das Ablaufen der Überwachungsdauer abwarten muss, wurde der digitale Eingang *U-Switch*, siehe Tabelle 5-1 auf der Seite 43, dazu benutzt, um die GPRS-Übertragung jederzeit starten zu können. Der aktuelle Zustand dieses Eingangs wird mit der Funktion *get_on_switch()* ausgewertet.

Das Datum und die Uhrzeit, wann eine neue Logdatei erzeugt wurde, werden in der Variable *old_logfile_ts* abgelegt. Entsprechend der eingestellten Überwachungsdauer wird aus dieser Information ein neuer Zeitpunkt für die GPRS-Übertragung berechnet und in der Variable *new_logfile_ts* abgelegt. Diese Variablen werden in dem nichtflüchtigen Speicher FRAM unter der Struktur *g_fram* abgespeichert und stehen nach jedem Betriebsspannungsausfall wieder zur Verfügung.

6.3.3 Überwachung

Die gesamte Systemüberwachung gliedert sich in drei Bereiche:

- RS232 Schnittstelle der Vakuumtoilette
- Überwachung der Systemkomponenten in der Interruptroutine
- Überwachung des Toilettensitzes

Die zeitkritischen Vorgänge, die eine höhere und vor allem genauere Abtastzeit erfordern, werden in der zyklischen Interruptroutine, die jede Millisekunde ausgeführt wird, überwacht. Dazu zählen z. B. die Aufnahmen der Schieberzeiten und das Ansteuern der Vakuumpumpe. Die weniger zeitkritischen Bereiche, wie z. B. die Überwachung des Toilettensitzes oder die RS232 Schnittstelle der Vakuumtoilette, werden in der Anwenderfunktion ausgewertet.

6.3.3.1 RS232 der Vakuumtoilette

Die RS232 Schnittstelle der Vakuumtoilette wird in der Funktion *rs232_vt* überwacht. Die Aufgabe dieser Funktion ist das Filtern der vielen verschiedenen Meldungen, die die Toilette im Betrieb sendet. Die gefilterten Meldungen werden dann aufbereitet und in der Logdatei gespeichert. Die Übersicht der gefilterten Meldungen ist in der Tabelle 6-2 dargestellt.

Meldung	Beschreibung
T1 (1) = 1 T1 (2) = 65	Neustarten des STC, gespeicherte Parameter, die den Ablauf bei jedem Spülzyklus steuern. Je nach VT unterschiedliche Anzahl der Zeiten möglich.
Start Ablauf SZ: 1001	Starten eines neuen Spülzyklus mit der Anzeige des Gesamtzählerstandes (1001)
Frostentleerung	Starten der Frostschutzroutine zum Entleeren des Systems von Wasser
Wartung Ende	Wartung der Vakuumtoilette mit dem Handterminal ¹³ beendet
F: Text	Fehler im System erkannt, die Fehlermeldung erfolgt im Klartext nachdem Doppelpunkt

Tabelle 6-2: Übersicht der gefilterten RS232 Meldungen der VT

Nach jedem Neustart sendet der STC eine Reihe von Parametern der eingesetzten Vakuumtoilette, das sind in der Regel solche Informationen wie z. B. Softwarestände, verschiedene Systemzeiten und Prüfungsstatus. Die Systemzeiten bestimmen den Ablauf eines Spülzyklus und können im Feld vom Servicetechniker oder berechtigtem Zugpersonal mit einem Handterminal verändert werden. Damit diese Veränderungen auch im Datenlogger gespeichert werden, werden die Zeilen mit den Systemzeiten nach jedem Start vom STC mit den alten Zeiten verglichen und bei Veränderungen neu aufgenommen. Die alten Systemzeiten werden im nichtflüchtigen Speicher FRAM im Array *init_vt_rs* abgelegt.

Die Meldung „Start Ablauf“ symbolisiert das Starten von einem Spülzyklus und wird durch das Betätigen des Spültasters generiert. Diese Meldung besteht aus zwei Zeilen, wobei die erste Zeile immer identisch ist (Start Ablauf) und die zweite den Gesamtzählerstand beinhaltet. Da die erste Zeile keine wichtige Information in sich trägt,

¹³ Handterminal ist ein Anzeige- und Bediengerät zum Anschließen an die RS232 Schnittstelle einer Vakuumtoilette. Damit können im Wartungsbetrieb verschiedene Parameter ausgelesen und verändert werden.

wird nur jeweils die zweite Zeile mit dem Zählerstand abgespeichert. Mit dieser Meldung können dann die aufgenommenen Überwachungsdaten leicht bei der Auswertung einem bestimmten Spülzyklus zugeordnet werden.

Bei der Auslösung einer Frostschutzroutine wird die Meldung „Frostentleerung“ generiert und anschließend das ganze Toilettensystem von Wasser befreit. Das Auslösedatum und die Uhrzeit dieser Routine sind sehr interessant und stellen deshalb einen wichtigen Grund für das Aufnehmen dieser Meldung dar.

Im Wartungsbetrieb können mit einem Handterminal Systemkomponenten, wie z. B. Schieberventile oder Vakuumpumpe, manuell angesteuert werden. Das kann zu einer deutlichen Veränderung der Überwachungsdaten im Vergleich zum normalen Ablauf führen und verhindert eine sinnvolle Auswertung. Damit es nicht dazu kommt, wird die Meldung „Wartung Ende“ aufgenommen, die das Ende des Wartungsbetriebs und damit auch den Anfang des Normalbetriebs symbolisiert.

Eine besondere Rolle spielen die Fehlermeldungen. Sie werden mit dem Anfang „F:“ signiert und beinhalten die Fehlerursache im Klartext. Wenn eine Fehlermeldung kommt, bedeutet es, dass die Vakuumtoilette nach mehreren Fehler Routinen die Ursache dafür immer noch nicht beseitigt hat und in den Fehlerzustand übergegangen ist. Die entsprechende Fehlermeldung wird zyklisch jede Sekunde über die RS232 neu versendet. Damit die zyklisch auftretenden gleichen Fehlermeldungen nicht unnötig Speicherplatz verschwenden, wird nur die erste Fehlermeldung und die letzte abgespeichert. So kann man später bei der Auswertung den Anfangs- und Endzeitpunkt einer Fehlermeldung erkennen.

6.3.3.2 1ms-Interruptroutine und deren Auswertung

Die zur Verfügung stehende 1ms-Interruptroutine wird für die Überwachung der Systemkomponenten benutzt, die eine kleinere und konstante Abtastzeit für die verwendeten Eingänge des Datenloggers erfordern. Eine Übersicht dieser Komponente und deren relevante Überwachungszustände werden im Anwenderinterrupt-Register zwischengespeichert und sind in der Tabelle 6-3 zusammengefasst.

Bit	Beschreibung
0	Einlassschieberzeit aufgenommen
1	Auslassschieberzeit aufgenommen
2	Druckschalter reagiert
3	Vakuumpumpe wurde angesteuert
4	Wasserzulaufventil wurde aufgemacht
5	Wasserzulaufventil wurde zugemacht
6	Frei
7	Frei

Tabelle 6-3: Bitzuordnung im Anwenderinterrupt-Register *g_register_irq*

Die Auswertung der Bits des Anwenderinterrupt-Registers findet bei jedem Zyklus in der Anwenderfunktion und nicht in der Interruptroutine statt. Das Ganze hat einen wichtigen Grund. Die Veränderung der einzelnen Bits im Register bewirkt bei der Auswertung eine Speicherung der entsprechenden Überwachungsdaten auf der Mikro SD-Karte. Da nicht alle Systemkomponenten im 1ms-Interrupt erfasst werden, könnte es bei gleichzeitigem Zugriff auf die SD-Karte zur Kollisionen kommen. Andererseits besteht die Gefahr, dass die Interruptroutine dadurch auch zu lang wird und nicht im Laufe der einen Millisekunde abgearbeitet werden kann.

Zur Überwachung der Ein- und Auslassschieber werden die Öffnungs- und Schließzeiten sowie der dabei herrschende Betriebsdruck aufgenommen. Die Zeiten werden mit den Zählern in der Interruptroutine zwischen positiver und negativer Flanken am jeweiligen digitalen Eingang gemessen und danach die Bits 0 oder 1 im Anwenderinterrupt-Register auf „1“ gesetzt. In der Anwenderfunktion werden die Bits getrennt ausgewertet. Wenn die beiden Zeiten für Öffnen und Schließen des Ventils aufgenommen wurden, wird der Betriebsdruck am entsprechenden Analogeingang erfasst und auf die SD-Karte geschrieben.

Beim Erreichen eines bestimmten Drucks im Zwischenbehälter der Vakuumtoilette wird der Druckschalter aktiviert und liefert einen Low-Pegel. Nach dem Erkennen dieser Flanke wird der Druck im Zwischenbehälter gemessen und gespeichert.

Die Vakuumpumpe wird mit einem Low-Pegel von einem digitalen Ausgang im STC angesteuert. Dieser Ausgang wird mit einem digitalen Eingang im Datenlogger auf die negative Flanke überwacht. Wenn diese eintritt, dann deutet es auf einen Start für neuen Spülzyklus hin und damit den Beginn von Unterdruckaufbau im Zwischenbehälter. Die

Überwachung der Vakuumpumpe wird durch das Aufzeichnen des Druckverlaufs im Zwischenbehälter realisiert. Anhand der Kurve kann man die Extremwerte und die Steigerungen in Augenschein nehmen und über mehrere Spülzyklen beobachten, um auf die Veränderung der Funktionalität der Pumpe Rückschlüsse zu ziehen.

Die Ansteuerung des Wasserzulaufventils wird ebenfalls mit einem digitalen Eingang im Datenlogger erfasst. Dabei wird die Durchflussmenge nach dem Öffnen und Schließen des Ventils mit einem an den Frequenzeingang angeschlossenen Durchflusssensor erfasst und auf die SD-Karte geschrieben. Die Messung startet nicht sofort nach dem Betätigen des Ventils, sondern erst nach einer Verzögerungszeit, die für die mechanische Bewegung der Ventilklappe benötigt wird. Damit wird sicher gestellt, dass die Messung der Durchflussmenge nicht beeinflusst wird. Die Verzögerungszeit wird zusammen mit den Messwerten im Datenlogger abgespeichert.

6.3.3.3 Toilettensitz

Die Erfassung, wann und wie oft ein Toilettensitz insgesamt auf- und zugemacht wird, braucht nicht in dem 1ms-Interrupt zu erfolgen und wird deshalb etwa jede halbe Sekunde in der Anwenderfunktion durchgeführt. Damit der Zählerstand unabhängig von dem Betriebsspannungsausfall nicht verloren geht, wird er im FRAM abgelegt. So kann das Weiterzählen nach dem Einschalten des Datenloggers fortgesetzt werden.

6.3.4 Abschaltung

Wie bereits aus dem Kapitel 4 bekannt ist, besitzt der eingesetzte Datenlogger einen internen Akku. Dieser liefert ausreichend Energie, um die Überwachung nach dem Ausfall der Betriebsspannung mit der anschließenden Datenspeicherung auf der SD-Karte zu beenden. Die Abschaltung wird durch die Auswertung der Variable *ue_down* ausgelöst. Diese wird in der Unteroutine Spannungsüberwachung der Verwaltungsfunktion auf „1“ gesetzt, wenn die Betriebsspannung einen Wert von 7 VDC für länger als 1 Sekunde unterschreitet. Nachdem die gepufferten Überwachungsdaten auf der SD-Karte gesichert wurden, steuert die Anwenderfunktion durch das Aufrufen der Funktion *go_sleep* die Abschaltung des GSM-Modems und des Datenloggers.

6.4 GPRS-Übertragung

Die Auswertung der aufgenommenen Überwachungsdaten am beliebigen PC mit einem Internetzugang macht das eingebaute GSM-Modem im Datenlogger durch die GPRS-Datenübertragung auf einen FTP-Server möglich. Das untere Diagramm zeigt eine vereinfachte Darstellung des Kommunikationsweges dar.

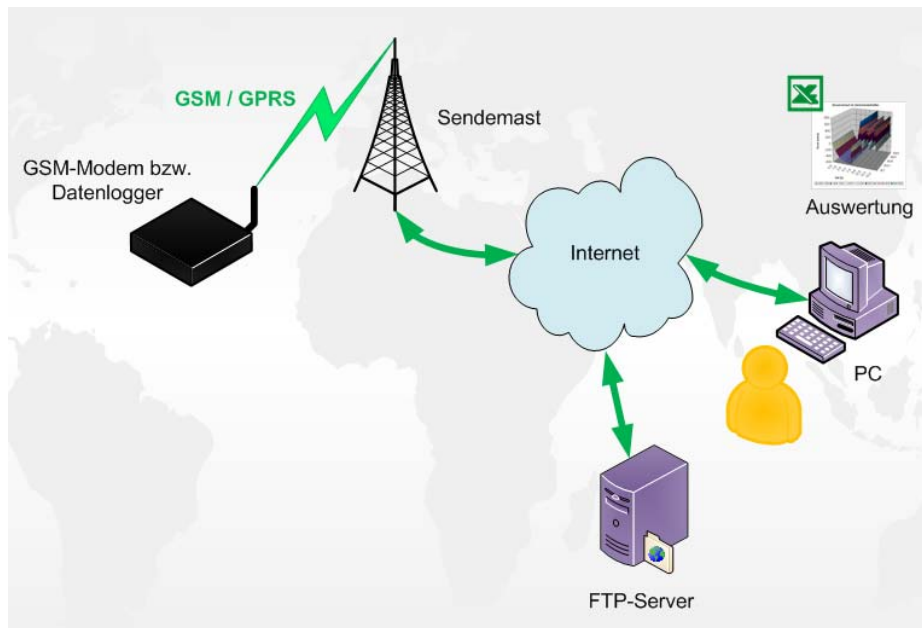


Abbildung 6-4: Kommunikationsweg der GPRS-Übertragung

Um die Technik, die sich dahinter verbirgt, besser zu verstehen, werden in den nächsten Kapiteln ein paar Grundlageninformationen über die GPRS-Technik und den FTP-Server vermittelt.

6.4.1 GPRS-Technik

Das GPRS ist ein spezielles System für die Übertragung von Informationen über das GSM-Netzwerk. Hierbei werden die Daten in einzelne Pakete aufgeteilt, wobei jedes dieser Pakete mit zusätzlichen Informationen versehen wird. Diese übermitteln dem Netzwerk, wie die einzelnen Pakete zusammenhängen und wer die Nachricht empfangen soll. Ermöglicht wird dies durch die Internet-Protocol-Technologie (IP), die auch im Internet zum Einsatz kommt und eine Datenübertragung ohne eine direkte leitungsvermittelnde Verbindung zum Empfänger möglich macht. Mit Hilfe des GPRS-Systems können die Pakete durch verschiedene Kanäle des Netzwerks geleitet werden, was die Nutzung freier Kapazitäten ermöglicht. Die Pakete werden dann beim Empfänger in der richtigen Reihenfolge zu einem Ganzen zusammengefügt.

Die GSM-Funkkanäle sind in acht Zeitschlitz unterteilt, von denen jeder eine Datenübertragungsrate von 9,6 Kilobit pro Sekunde (kbit/s) hat. Bei einer normalen GSM-Datenübertragung belegt der Anwender während der kompletten Dauer seiner Verbindung einen Zeitschlitz und macht somit Gebrauch von den gesamten 9,6 kbit/s. Wenn alle GSM-Zeitschlitz belegt sind, können keine weiteren Personen auf die Netzwerk-Verbindungen zugreifen. Der Anwender muss unabhängig von der übertragenen Datenmenge bei einer normalen GSM-Datenübertragung für die gesamte Verbindungszeit, die für die Datenübertragung benötigt wird, zahlen.

Bei der GPRS-Technologie stehen die Zeitschlitz mehreren Nutzern gleichzeitig zur Verfügung. Damit kann, durch das Versenden individuell adressierter Informationspakete, die Kapazität des Netzwerks gezielter genutzt werden, beispielsweise in den Übertragungspausen, die bei der herkömmlichen GSM-Datenübertragung ungenutzt bleiben würden. Zudem bietet dieses System ein effektiveres Kostenmanagement, da die Abrechnung auch nach Datenmenge und nicht nach Verbindungsdauer erfolgen kann.

GPRS-Telefone sind in der Lage, mehr als einen Zeitschlitz für das Versenden und Empfangen von Daten zu nutzen. Am wahrscheinlichsten ist die Nutzung von drei oder vier Zeitschlitz für das Empfangen von Daten und der Nutzung eines Zeitschlitz für das Versenden von Daten. Daraus folgt eine realistische Datenübertragungsrate von derzeit 13,4 kbit/s (1Tx bei Coding Scheme 2) für das Versenden und ca. 40 kbit/s (3Rx / CS2) bzw. ca. 54 kbit/s (4Rx / CS2) für das Empfangen von Daten [Tef].

6.4.2 FTP-Server

Das File Transfer Protocol (FTP) ist ein spezifiziertes Netzwerkprotokoll zur Übertragung von Dateien über IP-Netzwerke. Es wird benutzt, um Dateien vom Server zum Client (Herunterladen), vom Client zum Server (Hochladen) oder clientgesteuert zwischen zwei Endgeräten zu übertragen. Außerdem können über FTP Verzeichnisse angelegt und ausgelesen sowie Verzeichnisse und Dateien umbenannt oder gelöscht werden.

Das FTP verwendet für die Steuerung und Datenübertragung jeweils separate Verbindungen: Eine FTP-Sitzung beginnt, indem vom Client zum Control Port des Servers (der Standard-Port dafür ist Port 21) eine TCP-Verbindung aufgebaut wird. Über diese Verbindung werden Befehle zum Server gesendet. Der Server antwortet auf jeden Befehl

mit einem Statuscode, oft mit einem angehängten, erklärenden Text. Die meisten Befehle sind allerdings erst nach einer erfolgreichen Authentifizierung zulässig [Wik1].

6.4.3 Verbindungsaufbau und Datentransfer

Die GPRS-Datenübertragung wird aus der Verwaltungsfunktion generell nach dem Ablauf des Überwachungszeitraumes in der Anwenderfunktion oder durch das Anlegen eines High-Signals (logisch „1“) an dem *U-Switch* Eingang gestartet, siehe Tabelle 5-1 auf der Seite 43. Das zweite dient nur zum Testzweck, damit man nicht jedes Mal auf das Ende der Überwachungszeit warten muss. Die dafür verantwortliche Funktion heißt *ftpfiletransfer* und wird zyklisch im GPRS-Modus der Verwaltungsfunktion ausgeführt. Ein wichtiger Parameter dieser Funktion *FTP_TIMEOUT* dient zur Begrenzung der gesamten Übertragungszeit. Dieser setzt sich aus zwei Zeiten zusammen.

$$FTP_TIMEOUT = T_{\text{Daten}} + T_{\text{Verbind.}}$$

Die Datenübertragungszeit T_{Daten} wird nach der Formel berechnet:

$$T_{\text{Daten}} = \frac{N_Z \cdot T_R \cdot Q_Z \cdot 2}{C_{\text{min}}}$$

Wobei die verwendeten Formelzeichen folgende Bedeutung haben:

T_{Daten}	Die gesamte Datenübertragungszeit [s]
N_Z	Erwartete maximale Anzahl der Spülzyklen pro Stunde [1/h]
T_R	Überwachungszeitraum für eine Logdatei [h]
Q_Z	Maximale Datenmenge eines Spülzyklus [Bytes]
C_{min}	Minimale Übertragungsgeschwindigkeit [Bytes/s]

Die maximale Zeit für Verbindungsauf- und Abbau $T_{\text{Verbind.}}$ hängt von den aktuellen Empfangsverhältnissen des jeweiligen Mobilfunkanbieters ab und kann zuerst pauschal auf 5 Minuten festgelegt werden. Ein Beispiel zur Berechnung des Parameters *FTP_TIMEOUT* wird auf der nächsten Seite gezeigt.

Es werden zunächst folgende Bedingungen bzw. Größen, die im Feldeinsatz einer Vakuumtoilette üblich sind, angenommen:

$$N_Z = 10 \text{ h}^{-1} \quad T_R = 9 \text{ h} \quad Q_Z = 1500 \text{ Bytes} \quad C_{\min} = 9600 \text{ bit/s} = 1200 \text{ Bytes/s}$$

$$FTP_TIMEOUT = T_{\text{Daten}} + T_{\text{Verbind.}} = \frac{N_Z \cdot T_R \cdot Q_Z \cdot 2}{C_{\min}} + T_{\text{Verbind.}}$$

$$FTP_TIMEOUT = \frac{10 \frac{1}{\text{h}} \cdot 9 \text{ h} \cdot 1500 \text{ Bytes} \cdot 2}{1200 \frac{\text{Bytes}}{\text{s}}} + 5 \cdot 60 \text{ s} = 525 \text{ s}$$

Die berechnete Übertragungszeit entspricht etwa 9 Minuten und nimmt etwa 2 % der gesamten Überwachungszeit in Anspruch.

Als nächstes wird die Reihenfolge der benötigten Schritte mit dem GSM-Modem für Verbindungsaufbau und Datenübertragung auf einen FTP-Server erläutert. Die Abbildung 6-5 stellt grafisch diesen Ablauf dar. Nach dem Start der Funktion *ftpfiletransfer* wird ein Timer zur Überwachung der gesamten Übertragungszeit gestartet und ein FTP-Dateiname aus dem aktuellen Logdateinamen gebildet. Anschließend wird die UART bzw. die RS232 Schnittstelle für das GSM-Modem initialisiert, damit in den nachfolgenden Schritten die Ansteuerung mit AT-Befehlen stattfinden kann. Die verwendeten AT-Befehle zu jedem Schritt sollen hier nicht weiter erläutert werden und können bei Bedarf der angehängten Software oder auch der benutzten Literatur [Tel1/2] entnommen werden.

Bei der Antwort des GSM-Modems auf AT-Befehle kommt es manchmal zu Fehlern. Nach dem Schritt „Fehleranzeige einschalten“ werden diese als Text und nicht als eine Indexzahl angezeigt. Bevor die FTP Datenübertragung gestartet werden kann, muss die SIM-Karte mit einer richtigen PIN-Nummer freigeschaltet werden. Wenn bereits eine PIN-Nummer eingegeben wurde, wird zum nächsten Schritt gesprungen. Mit dem Setzen der GPRS-Parameter ist unter anderem z. B. die APN¹⁴ eines Mobilfunkanbieters und die Nummer des Kontextes, unter der die Parameter gespeichert werden, gemeint. Mit der Angabe

¹⁴ Access Point Name (APN) ist der Name eines Anschlusspunktes in einem GPRS-Backbone, welcher Zugang zu einem externen Paket-Datenetz ermöglicht [Wik7].

dieser Kontext-Nummer im nächsten Schritt können dann die GPRS-Parameter aktiviert werden.

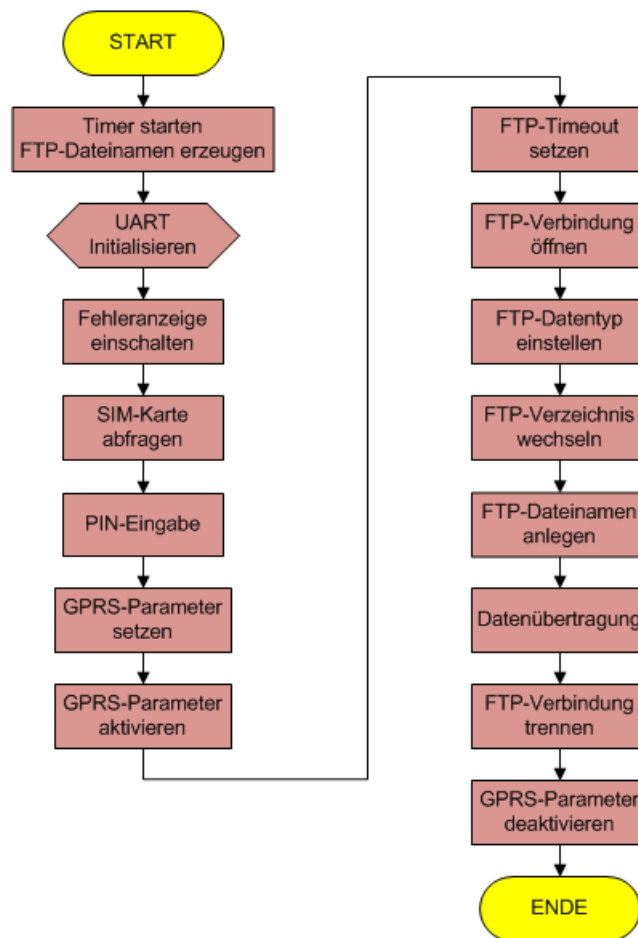


Abbildung 6-5: Ablaufschritte der Funktion *ftpfiletransfer*

Nach der Aktivierung der GPRS-Parameter können auch die FTP-Befehle eingegeben werden. Wenn die notwendigen FTP-Schritte eingeleitet wurden, kann nach der *CONNECT* Antwort des GSM-Modems die Daten mit der Funktion *ftpdatatransfer* versendet werden. Die Funktion wird zyklisch aufgerufen und liest jedes Mal 512 Bytes aus der aktuellen Logdatei. Diese sendet sie über die RS232 an das GSM-Modem. Damit der interne Buffer des GSM-Modems nicht überläuft, wird eine gewisse Wartezeit nach jedem senden angelegt. Ausschlaggebend für die Dimensionierung dieser Wartezeit ist die minimale Geschwindigkeit einer GRPS-Verbindung (9600 bit/s). Nachdem alle Daten übertragen worden sind, wird die Datenverbindung abgebrochen und die FTP-Verbindung getrennt.

Für die vollständige GPRS-Übertragung werden verschiedene Parameter, wie z. B. PIN-Nummer der eingesetzten SIM-Karte oder ein Passwort als Zugangsberechtigung zum FTP-Server, benötigt. Diese sind in dem Programmmodul *scom_os.h* durch die folgenden Konstanten definiert, siehe Tabelle 6-4 mit einer Übersicht.

Konstante	Beschreibung
<i>ARTIKELNUMMER_VT</i>	Artikelnummer der Vakuumtoilette
<i>SERIENNUMMER_VT</i>	Seriennummer der Vakuumtoilette
<i>FTP_ENABLE</i>	Freigabe für die FTP-Übertragung
<i>FTP_TIMEOUT</i>	Maximale FTP-Übertragungszeit
<i>SIM_PIN</i>	PIN-Nummer der eingesetzten SIM-Karte
<i>SIM_APN</i>	APN der eingesetzten SIM-Karte
<i>FTP_SERVER</i>	Homepageadresse des FTP-Servers
<i>FTP_USERNAME</i>	Benutzername des FTP-Kontos
<i>FTP_PASSWORD</i>	Passwort des FTP-Kontos
<i>FTP_DIR_PATH</i>	Verzeichnispfad auf dem FTP-Server

Tabelle 6-4: Parameter für die GPRS-Übertragung

Bei einem Wechsel der SIM-Karte oder der Benutzung eines anderen FTP-Servers muss man die Inhalte dieser Konstanten an die neuen Zugangsdaten anpassen. Es ist manchmal von Bedeutung für bestimmte Tests und Überwachungen die FTP-Übertragung komplett auszuschalten. Dafür ist der Parameter *FTP_ENABLE* zuständig. Die abgelegten Dateinamen auf dem FTP-Server enthalten die genaueren Angaben zur überwachten Toilette, indem die Artikel- und die Seriennummer integriert werden. Wenn der Datenlogger eine andere Toilette überwachen soll, sind die Konstanten *ARTIKELNUMMER_VT* und *SERIENNUMMER_VT* entsprechend anzupassen.

6.5 Testen des GSM-Modems

Die Funktion für das Testen des GSM-Modems trägt den symbolischen Namen *modem_test* und wird im RUN-Modus der Verwaltungsfunktion ausgeführt. Mit Hilfe dieser Funktion können durch die Eingabe über ein Hyper-Terminal unter Windows verschiedene AT-Befehle ausprobiert werden. Mit einem zweiten Hyper-Terminal können dann die eingegebenen AT-Befehle und darauf vom GSM-Modem gesendete Antworten angezeigt werden.

Das vereinfachte Anschlussdiagramm und ein Beispiel für Ein- und Ausgabe sind in der Abbildung 6-6 grafisch dargestellt. Bei der Verbindung von Hyper-Terminals muss darauf geachtet werden, dass die Einstellungen der UARTs im Datenlogger den Einstellungen von Hyper-Terminals entsprechen.

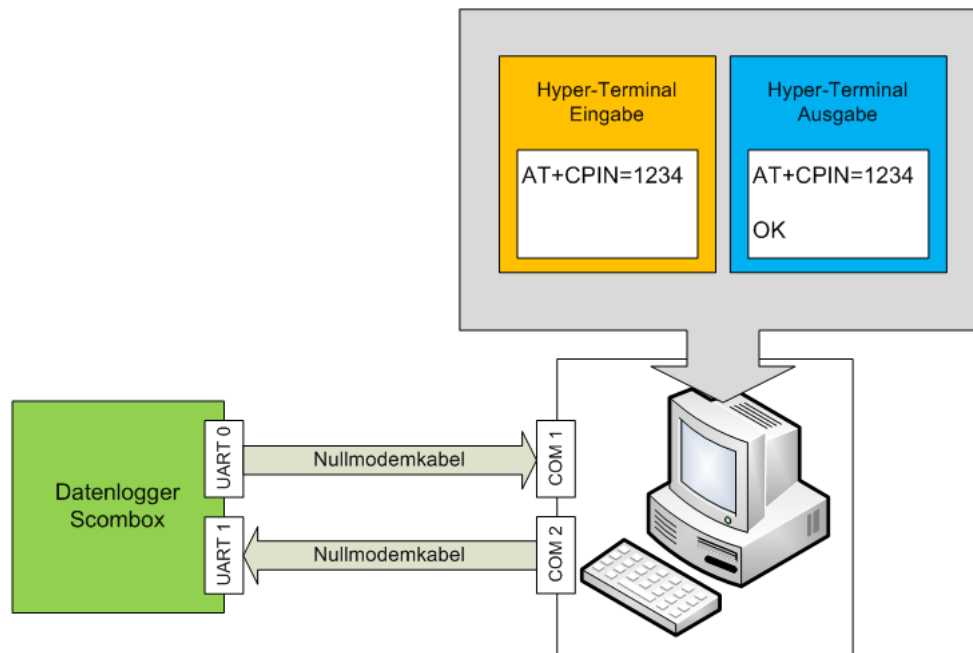


Abbildung 6-6: Anschlussdiagramm zum Testen des GSM-Modems

Jeder AT-Befehl im Eingabe-Hyper-Terminal wird nur dann an das GSM-Modem versendet, wenn er auch mit einer Return-Taste abgeschlossen wird. Danach wird der eingegebene AT-Befehl intern verarbeitet und die passende Antwort des GSM-Modems auf dem Ausgabe- bzw. Kontroll-Hyper-Terminal dargestellt. Diese Methode hat sich als sehr hilfreich erwiesen, weil man damit viele Beispiele aus der Literatur des GSM-Modem-Herstellers sofort ausprobieren kann.

6.6 Datenspeicherung auf der Mikro SD Karte

Die gesammelten Informationen einer Vakuumtoilette werden auf einem nichtflüchtigen Speichermedium im Datenlogger zwischengespeichert. Da die erwartete Datenmenge die zur Verfügung stehenden Größen der internen Speicherbausteine, wie z. B. FRAM, überschreitet, wird eine auswechselbare Mikro SD-Karte dafür verwendet. Es können Karten bis zu einer maximalen Speichergröße von 2 GB im Datenlogger eingesetzt werden. Ein Vorteil in der Verwendung der Mikro SD-Karte besteht darin, dass man schon während des Entwicklungsprozesses der Datenlogger-Software die gespeicherten Daten

leicht im PC auslesen und kontrollieren kann. Realisiert wird es durch die Verwendung des FAT-Dateisystems, indem die Headerdatei *file_sys.h* eingebunden wird. Durch die dort definierten Funktionen für Dateizugriff, wie zum Beispiel *f_open*, *f_read*, und *f_close*, können dann die gewünschten Daten schnell und unkompliziert verwaltet werden. Fast alle Funktionen, die auf die SD-Karte zugreifen, werden im Programmmodul *logger.c* definiert.

6.6.1 Erzeugen bzw. Öffnen einer Logdatei

Die Initialisierung der SD-Karte und das Erzeugen bzw. Öffnen einer Logdatei findet in der Funktion *datalogger_init* statt. Mit der Funktion *f_open* wird eine neue Logdatei mit einem neuen Dateinamen erzeugt oder bereits mit dem gleichen Dateinamen vorhandene Datei aufgemacht. Die Dateinamen dürfen nicht mehr als 8 Zeichen (Buchstaben oder Zahlen) für den eigentlichen Namen plus 3 Zeichen für den Dateityp haben, z. B. *logfile1.csv*.

Alle Funktionen aus dem FAT-Dateisystem liefern als Rückgabewert einen Fehlerindex, wenn ein Dateizugriff nicht möglich ist, oder eine „0“ für keinen Fehler. Die Aufschlüsselung der Fehlerindexe ist in dem Programmmodul *file_sys.h* hinterlegt. Nach dem erfolgreichen Öffnen einer Logdatei wird die Lese- oder Schreibposition mit der Funktion *f_lseek* festgelegt, indem der Parameter Offsetlänge für die Startposition in Bytes übergeben wird. Eine Null bedeutet das Beschreiben oder Lesen einer Datei von Anfang an und die Dateigröße selbst das Fortsetzen an der letzten Position.

6.6.2 Logdateiname

Anhand des Namens einer Logdatei sollte erkennbar sein, wann die Datei aufgenommen wurde und welche Artikelnummer und Seriennummer die überwachte Vakuumtoilette besitzt. Da die Dateinamen im Scombox softwarebedingt auf die maximale Länge von 8 Zeichen begrenzt sind, lässt sich diese Namensgebung nicht realisieren. Wenn man aber die Logdateien später auf einen FTP-Server überträgt, für weitere Informationen siehe Kapitel 6.4, dann kann serverseitig ein neuer Dateiname mit einer deutlich flexibleren Namenlänge angelegt werden. Dort können auch die gewünschten Zusatzinformationen wie Artikelnummer und Seriennummer eingefügt werden. Bei der Archivierung lassen sich dann die Logdateien nach der Seriennummer und Artikelnummer sortieren.

Eine mögliche Verzeichnisübersicht auf einem FTP-Server könnte wie in der Abbildung 6-7 aussehen.

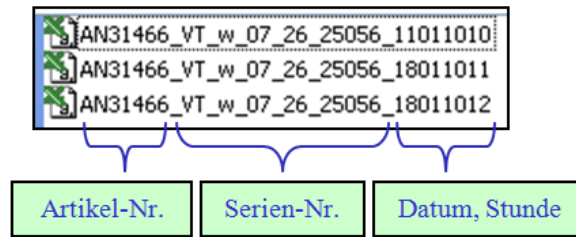


Abbildung 6-7: Beispiel eines Verzeichnisses auf einem FTP-Server

Der letzte Namensteil wird im Format TTMMJJHH angegeben und entspricht dem Dateinamen auf der SD-Karte. Das Datum, angegeben im Format TTMMJJ, entspricht dem aktuellen Datum bei der Erstellung der Logdatei und die Stunde HH der aktuellen Stunde, wann die Datenaufzeichnung gestartet wurde.

6.6.3 Inhalt einer Logdatei

Jede Logdatei wird mit einem Kopf versehen, wo die wichtigen Informationen über die zu überwachende Vakuumtoilette stehen, wie z. B. Artikelnummer, Seriennummer, Aufnahmezeitraum und die Umrechnungsformeln für die aufgenommenen Messwerte der Drucksensoren. Jeder Eintrag in die Logdatei wird mit dem aktuellen Datum und der Uhrzeit versehen und in einer neuen Zeile abgespeichert. Alle Informationen innerhalb einer Logdatei werden mit einem Komma getrennt und deshalb im CSV-Format abgespeichert. Später kann man sie einfach mit dem MS-Excel verarbeiten und grafisch auswerten.

Um die Datenmenge nicht unnötig groß werden zu lassen, wurden einige Abkürzungen eingeführt. In der Tabelle 6-5 sind die Aufschlüsselungen für die Meldungsarten und dazugehörigen Messwerte aufgelistet. Die gemessenen Druckwerte sind zuerst einmal die Stromwerte, was die Drucksensoren liefern, und werden getrennt durch einen Schrägstrich aufgenommen. Für die spätere Auswertung müssen diese Stromwerte nach den im Dateikopf angegebenen Formeln in die Druckwerte in mbar umgerechnet werden. Die Umrechnungsformeln ergeben sich aus den Kennlinien der eingesetzten Drucksensoren, siehe Kapitel 5.4.1. Die Durchflussmenge wird zuerst mit einem Wert, der am Frequenzeingang gemessen wird, angezeigt und muss später umgerechnet werden.

Meldungsart	Bedeutung	1. Messwert	2. Messwert	3. Messwert
PWON/OF	Ein- / Ausschalten des Datenloggers	Betriebsspannung [mV]	Batteriespannung [mV]	
EOF	Dateiende			
RS232	RS232-Meldungen	Meldung im Klartext		
ESBV	Einlasschieber	Öffnungszeit [ms]	Schließzeit [ms]	Betriebsdruck
ASBV	Auslasschieber	Öffnungszeit [ms]	Schließzeit [ms]	Betriebsdruck
DSCH	Druckschalter	Zwischenbehälter-Druck		
VAPM	Vakuumpumpe	Abtastzeit [ms]	Zwischenbehälter-Druckwerte	
BEDR	Betriebsdruck	Abtastzeit [ms]	Betriebsdruckwerte	
TSIZ	Toilettensitz	Gesamtzählerstand		
WSZU	Wasserzulaufventil	Verzögerung [ms]	Durchflussmenge nach dem Ventilöffnen	Durchflussmenge nach dem Ventilschließen

Tabelle 6-5: Übersicht der Meldungsarten in einer Logdatei

Wie das Ganze in die Praxis umgesetzt wurde, zeigt ein Beispiel einer aufgenommenen Logdatei in der Abbildung 6-8.

Erstelldatum:	18.02.2010 23:28				
Aufnahmezeitraum [h]:	5				
Artikelnummer:	31466				
Seriennummer:	_VT_w_07_26_25056_				
Umrechnungsformeln fuer:					
Betriebsdruck [mbar]:	Messwert * 5/8 * 10 - 2500				
Druck im ZB [mbar]:	Messwert * 1/4 * 10 - 2000				
Datum	Zeit	Meldungsart	1.Messwert	2.Messwert	3.Messwert
18.02.2010	23:29:15	RS232	SZ: 5571		
18.02.2010	23:29:27	ESBV	56	53	1269
18.02.2010	23:29:29	DSCH	889	0	0
18.02.2010	23:29:31	ASBV	62	59	1230
18.02.2010	23:29:31	DSCH	881	0	0
18.02.2010	23:29:32	DSCH	822	0	0
18.02.2010	23:29:33	ASBV	63	59	1232
18.02.2010	23:29:33	DSCH	883	0	0
18.02.2010	23:29:35	ASBV	62	57	1282
18.02.2010	23:29:35	VAPM	175	811/794/776/761/746/731/720/705/692/6	
18.02.2010	23:29:35	BEDR	175	1375/1256/1258/1256/1254/1325/1323/	
18.02.2010	23:29:45	RS232	SZ: 5572		
18.02.2010	23:29:57	ESBV	55	53	1269
18.02.2010	23:29:59	DSCH	889	0	0
18.02.2010	23:30:01	ASBV	61	59	1232
18.02.2010	23:30:01	DSCH	887	0	0
18.02.2010	23:30:03	ASBV	62	58	1232
18.02.2010	23:30:04	DSCH	883	0	0
18.02.2010	23:30:05	DSCH	833	0	0
18.02.2010	23:30:06	ASBV	63	58	1282
18.02.2010	23:30:06	VAPM	175	811/794/779/761/746/731/718/707/692/6	
18.02.2010	23:30:06	BEDR	175	1375/1256/1256/1254/1254/1325/1323/	
18.02.2010	23:30:15	RS232	SZ: 5573		
18.02.2010	23:30:27	ESBV	55	53	1269

Abbildung 6-8: Beispiel einer aufgenommenen Logdatei

Anhand der Reihenfolge der aufgetretenen Meldungen kann man ein gewisses Muster bei jedem Spülzyklus erkennen. Der Schwerpunkt bei der Aufnahme einer Meldung liegt nicht an der exakten Bestimmung der Uhrzeit, sondern mehr bei den Messwerten, die sie beinhaltet. So kann es durchaus zu kleinen Verschiebungen in der regulären Reihenfolge der Meldungen in einem Spülzyklus kommen.

6.6.4 Verwaltung der Logdateien

Für die Verwaltung der Logdateien sorgt die Funktion *datalogger_dir*. Ihre Aufgabe besteht darin, eine bestimmte Höchstanzahl der gespeicherten Logdateien auf der Mikro SD-Karte nicht überschreiten zu lassen. Das lässt sich nach dem folgenden Prinzip realisieren: Alle Logdateinamen werden zuerst im Array¹⁵ *logfilenames_sd* auf dem nichtflüchtigen Speicher FRAM abgelegt. Sobald eine neue Logdatei erfolgreich erzeugt wurde, wird die älteste Logdatei mit dem gespeicherten Namen an der ersten Position im Array von der Karte gelöscht. Anschließend werden alle Dateinamen im Array um eine Position nach vorne verschoben und der neue Dateiname an die letzte Position eingetragen. Bei dem Festlegen der Anzahl der Logdateien, die auf der SD-Karte gespeichert bleiben sollen, muss die maximale Größe des FRAMs (2000 Bytes) berücksichtigt werden und je nach erwarteter Dateigröße auch die Speicherkapazität der eingesetzten Mikro SD-Karte.

¹⁵ Mit Arrays haben Sie die Möglichkeit, eine geordnete Folge von Werten eines bestimmten Typs abzuspeichern und zu bearbeiten. Arrays werden auch als Vektoren, Felder oder Reihungen bezeichnet [JWi].

7 Tests und Problembehandlung

Die schrittweise erstellte Software für den Datenlogger wurde durch das regelmäßige Testen immer wieder optimiert und verbessert. Die wesentlichen Probleme, die bei diesem Prozess aufgetreten sind, werden im Kapitel Softwareprobleme behandelt. Ein abschließender Gesamttest inklusive der GPRS-Übertragung wurde über mehrere Tage an einem Dauerteststand für die Vakuumtoiletten erfolgreich durchgeführt und wird im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

7.1 Dauertest der Vakuumtoilette

Auf einem der Dauerteststände für die Vakuumtoiletten im Labor wird das komplette Überwachungssystem aufgebaut und über mehrere Tage durchgehend getestet. Aus Sicherheitsgründen wird die Vakuumtoilette nicht an ihrem Anschluss mit dem Wasser versorgt, sondern direkt über das Becken. Alle Dauerteststände sind so aufgebaut, dass sie in einem geschlossenen Wasserkreislauf arbeiten. Das wird nicht nur aus Sicherheitsaspekten gemacht, sondern auch aus einem Testzweck. So kann man nämlich einen Verstopfungsfall durch das Beimischen von Toilettenpapier in das Wasser simulieren und damit die Auswirkungen auf die eingesetzten Bauteile der Vakuumtoilette und die Verhaltensweise vom Steuerungsrechner prüfen.

7.1.1 Testaufbau

Ein Spülzyklus einer Vakuumtoilette dauert in der Regel etwa 25 Sekunden. Die Steuerung vom ausgewählten Dauerteststand wird so programmiert, dass die eingesetzte Vakuumtoilette mit der maximalen Rate von 2 Spülzyklen pro Minute angesteuert wird. Das entspricht etwa 120 Spülzyklen pro Stunde. Aus der Praxiserfahrung ist bekannt, dass eine Vakuumtoilette in einem Zug im Durchschnitt mit 10 Spülzyklen pro Stunde benutzt wird. So entspricht die aufgenommene Datenmenge einer Stunde im Dauerteststand-Betrieb etwa 12 Stunden im Feldbetrieb. Der Überwachungszeitraum für eine Logdatei wird auf 5 Stunden eingestellt und die maximale Datenübertragungszeit auf den FTP-Server *FTP_TIMEOUT* auf 30 Minuten.

Diese Zeit lässt sich mit der aufgestellten Formel im Kapitel 6.4.3 wie folgt berechnen:

$$FTP_TIMEOUT = T_{\text{Daten}} + T_{\text{Verbind.}}$$

$$FTP_TIMEOUT = \frac{N_Z \cdot T_R \cdot Q_Z \cdot 2}{C_{\text{min}}} + T_{\text{Verbind.}}$$

$$FTP_TIMEOUT = \frac{120 \frac{1}{h} \cdot 5 \text{ h} \cdot 1500 \text{ Bytes} \cdot 2}{1200 \frac{\text{Bytes}}{\text{s}}} + 300 \text{ s} = 1800 \text{ s} = \mathbf{30 \text{ min}}$$

Die Werte für die Q_Z , C_{min} und $T_{\text{Verbind.}}$ können ebenfalls dem Kapitel 6.4.3 entnommen werden.

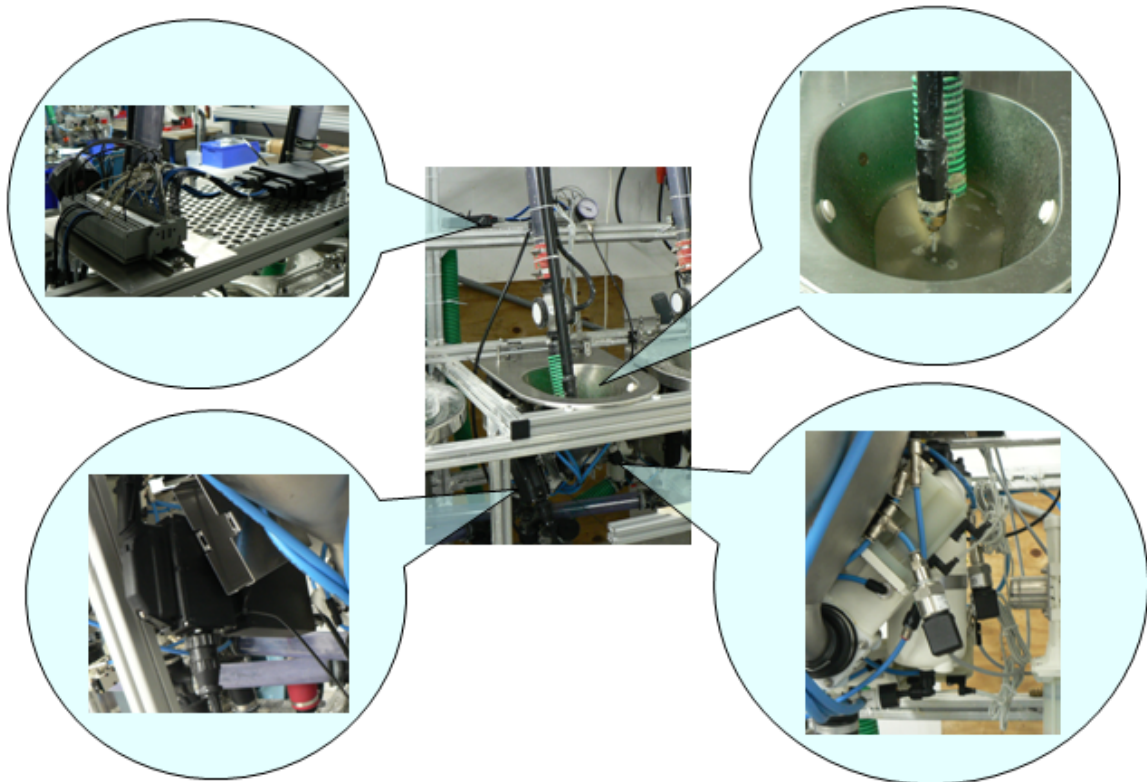


Abbildung 7-1: Aufbau des Teststands für die Vakuumtoilette

Wie der Dauerteststand aufgebaut ist, zeigt die Abbildung 7-1. Die Vakuumtoilette wird an einem der Teststände eingebaut und angeschlossen. Direkt in das Toilettenbecken wird das Wasser zum Spülen über ein Schlauch zugeführt, siehe Abbildung 7-1 oben rechts. Der angebrachte Sensor am Ende dieses Schlauches dient zur Erfassung der Wasservorlage und

gibt die Freigabe für den nächsten Spülzyklus. Da der Wasseranschluss der Vakuumtoilette nicht verwendet wird, wird der Schwimmerschalter im Wasserbehälter abgeklemmt. So wird der erkannte Fehler im Wasserbehälter, der über die RS232 der Vakuumtoilette zyklisch gesendet würde, ausgeschaltet. Die Spannungsversorgung und die relevanten Schnittstelleninformationen der Vakuumtoilette werden über den am Steuerungsrechner angeschlossenen Adapter an den Datenlogger weitergeleitet, siehe Abbildung 7-1 unten links. Dafür wird der Steuerungsrechner aus seiner Halterung herausgezogen und provisorisch befestigt. An die Klemmleiste mit allen Schnittstellen des Datenloggers werden dann die verwendeten Sensoren und die Adapterleitungen, siehe Abbildung 7-1 oben links, angeschlossen.

7.1.2 Testergebnisse

Nach jedem Überwachungszeitraum versendet der Datenlogger die aufgenommenen Daten in Form einer Logdatei im CSV-Format auf den FTP-Server. Ein Abschnitt der Liste mit den aufgenommenen und auf den FTP-Server erfolgreich übertragenen Logdateien zeigt die Abbildung 7-2. Diese Liste enthält die Logdateien von knapp drei Überwachungstagen.

 AN31466_VT_w_07_26_25056_19021009.csv	181 KB	19.02.2010	14:06:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_19021014.csv	1148 KB	19.02.2010	19:31:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_19021019.csv	1073 KB	20.02.2010	00:29:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_20021000.csv	1081 KB	20.02.2010	05:29:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_20021005.csv	1078 KB	20.02.2010	10:29:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_20021010.csv	1080 KB	20.02.2010	15:29:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_20021015.csv	1080 KB	20.02.2010	20:29:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_20021020.csv	1080 KB	21.02.2010	01:29:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_21021001.csv	1080 KB	21.02.2010	06:29:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_21021006.csv	1080 KB	21.02.2010	11:29:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_21021011.csv	1080 KB	21.02.2010	16:29:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_21021016.csv	1079 KB	21.02.2010	21:29:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_21021021.csv	1079 KB	22.02.2010	02:29:00
 AN31466_VT_w_07_26_25056_22021002.csv	1079 KB	22.02.2010	07:29:00

Abbildung 7-2: Übertragene Logdateien auf FTP-Server

Die kleine Datengröße der ersten Logdatei deutet auf den Start des Dauerteststandes und kommt durch eine kürzere Überwachungszeit zustande. Die zweite Logdatei liefert sehr interessante Informationen: Die maximale Übertragungszeit von 30 Minuten wird überschritten, siehe die Uhrzeit 19:31:00, und reicht nicht für die aufgenommene Datenmenge aus. Woran könnte das liegen? Die maximale Datenmenge für einen Spülzyklus mit 1500 Bytes wurde in diesem Fall überschritten und muss bei der nächsten

Dimensionierung der maximalen Übertragungszeit neu ermittelt und berücksichtigt werden. Die nachfolgenden Logdateien enthalten aufgrund der Übertragungszeit, etwa 29 Minuten, die Überwachungsdaten von weniger als 5 Stunden und können dadurch innerhalb der 30 Minuten vollständig versendet werden.

Nachdem die Überwachungsdaten auf den FTP-Server übertragen sind, werden die Messwerte der einzelnen Systemkomponenten grafisch mit dem Programm Microsoft Excel ausgewertet. Die Meldungen in den Logdateien sind chronologisch abgespeichert und können zuerst nach der Meldungsart sortiert werden. Danach werden die Druckmesswerte nach den Formeln umgerechnet, die sich im Kopf jeder Logdatei befinden. Anschließend können die Messergebnisse zu jeder Meldungsart grafisch in einem Diagramm über die Laufzeit dargestellt werden. Die Darstellung aller aufgenommenen Messwerte über mehrere Tage würde zu einer schlechteren Übersicht führen und kann außerdem in Excel durch die Reihenbegrenzung in einem Diagramm nicht realisiert werden. Aus diesem Grund wird die Auswertung am Beispiel der Logdatei *AN31466_VT_w_07_26_25056_20021015.csv* gezeigt und umfasst etwa 90 Zyklen.

Die aufgenommenen Druckverläufe im Zwischenbehälter werden grafisch in einem 3D Diagramm über die Laufzeit dargestellt (Abbildung 7-3). Durch diese Darstellung erkennt man gewisse Abweichungen und Veränderungen zwischen einzelnen Druckverläufen. Die kleinen Veränderungen ergeben sich durch die Messungenauigkeiten. Interessant ist aber, wenn man mehrere Druckverläufe aus den verschiedenen Zeiträumen nimmt und in einem Diagramm darstellt. Anhand der Veränderungen von maximalen und minimalen Druckmesswerten würde man dann auf die Funktionalität der Vakuumpumpe schließen und gegebenenfalls daraus eine Tendenz erkennen, wann es ungefähr zu einem möglichen Ausfall kommen könnte.

Anhand der Verläufe kann man sehen, wie schnell und mit welchen maximalen Druckmesswerten ein Unter- bzw. Überdruck mit der Vakuumpumpe aufgebaut wurde.

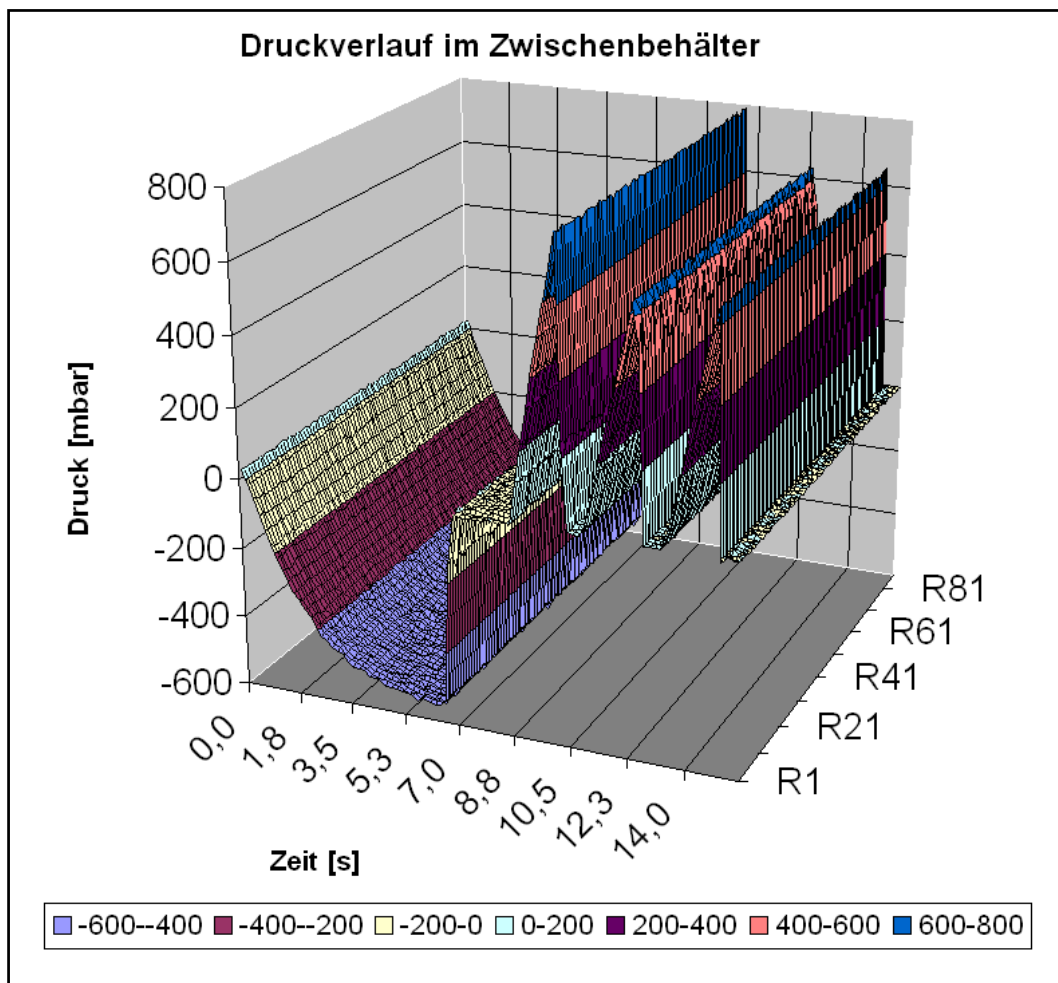


Abbildung 7-3: Vakuumpumpe-Messergebnisse

Am Anfang wird ein Unterdruck bis ca. -0,6 bar in etwa 6,5 Sekunden aufgebaut. Danach öffnet der Einlasschieberventil und verursacht damit einen schnellen Druckausgleich. Nach einer kurzen Pause von etwa 2 Sekunden wird der Überdruck bis ca. 0,8 bar aufgebaut und mit dem Öffnen des Auslasschiebers wieder abrupt abgebaut. Der Auslasschieber öffnet bei dieser Toilette 3 Mal pro Spülzyklus und verursacht damit 3 Druckstöße, um den Zwischenbehälterinhalt sicher in den Abwassertank zu transportieren.

Die Abbildung 7-4 zeigt die aufgenommenen Messwerte des Einlassschieberventils. Aus dem Verlauf der gemessenen Zeiten stellt man fest, dass das Einlassschieberventil verschiedene Zeiten zum Öffnen und Schließen braucht. Die Ursache dafür könnte durch den aufgebauten Unterdruck im Zwischenbehälter während der Betätigung des Einlassschieberventils liegen. Der Druckausgleich zwischen dem Toilettenbecken und dem Zwischenbehälter trägt dazu bei, dass das Ventil beim Öffnen schneller und beim Schließen langsamer bewegt wird.

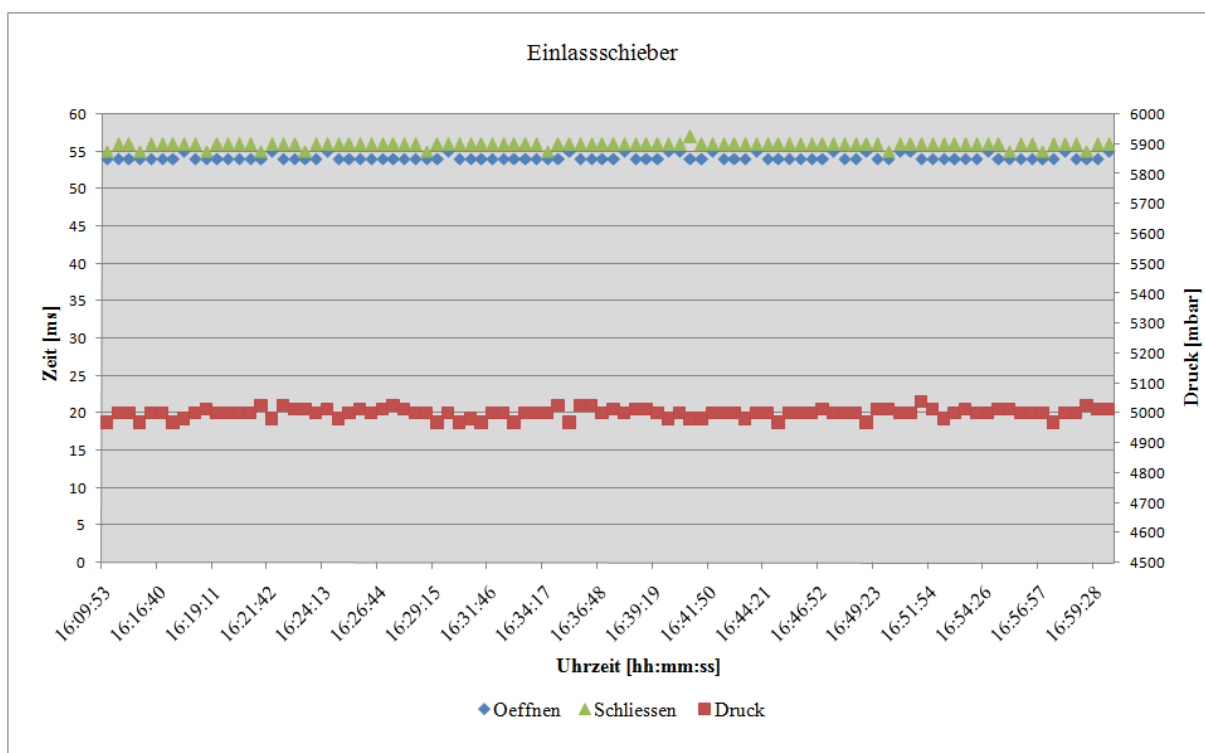


Abbildung 7-4: Einlassschieber-Messergebnisse

Der gemessene Betriebsdruck bei jeder Betätigung des Ventils liegt auf etwa 5 bar und nicht wie eingestellt auf 6 bar. Die Ursache dafür liegt in der dynamischen Druckverteilung innerhalb eines Spülzyklus der Vakuumtoilette und wird grafisch anhand der aufgenommenen Messwerte im Betriebsdruckverlauf in Abbildung 7-8 dargestellt.

Die mechanischen Abnutzungen der beweglichen Bauteile in den Schiebern, eine Verstopfung oder Veränderungen im Betriebsdruckverlauf haben einen Einfluss auf die gemessenen Öffnungs- und Schließzeiten. Um die verursachten Veränderungen durch die Betriebsdruckschwankungen zu erkennen, werden die Druckmesswerte des Betriebsdrucks im gleichen Diagramm grafisch dargestellt. So kann man zu jeder Zeitmessung den entsprechenden Betriebsdruckmesswert zuordnen. Durch das Auftreten einer Verstopfung,

würden sich die gemessenen Zeiten nur in einem bestimmten Zeitraum verändern. Die mechanische Abnutzung der Bauteile dagegen würde eine deutlich kleinere Veränderung über mehrere Monate oder sogar Jahre hervorrufen.

Die kleinen Abweichungen der gemessenen Zeiten ergeben sich durch die Abtastzeit der Reedschalter, die durch die Interruptroutine, die zyklisch jede Millisekunde ausgeführt wird, vorgegeben ist.

Die Abbildung 7-5 zeigt die aufgenommenen Messwerte des Auslassschieberventils. Obwohl es sich um die gleiche Anzahl von Spülzyklen handelt, ist die Anzahl der Messwerte deutlich größer als beim Einlassschieberventil. Das liegt daran, dass der Auslassschieberventil drei Mal so viel in einem Spülzyklus angesteuert wird, siehe auch den Druckverlauf im Zwischenbehälter in Abbildung 7-3.

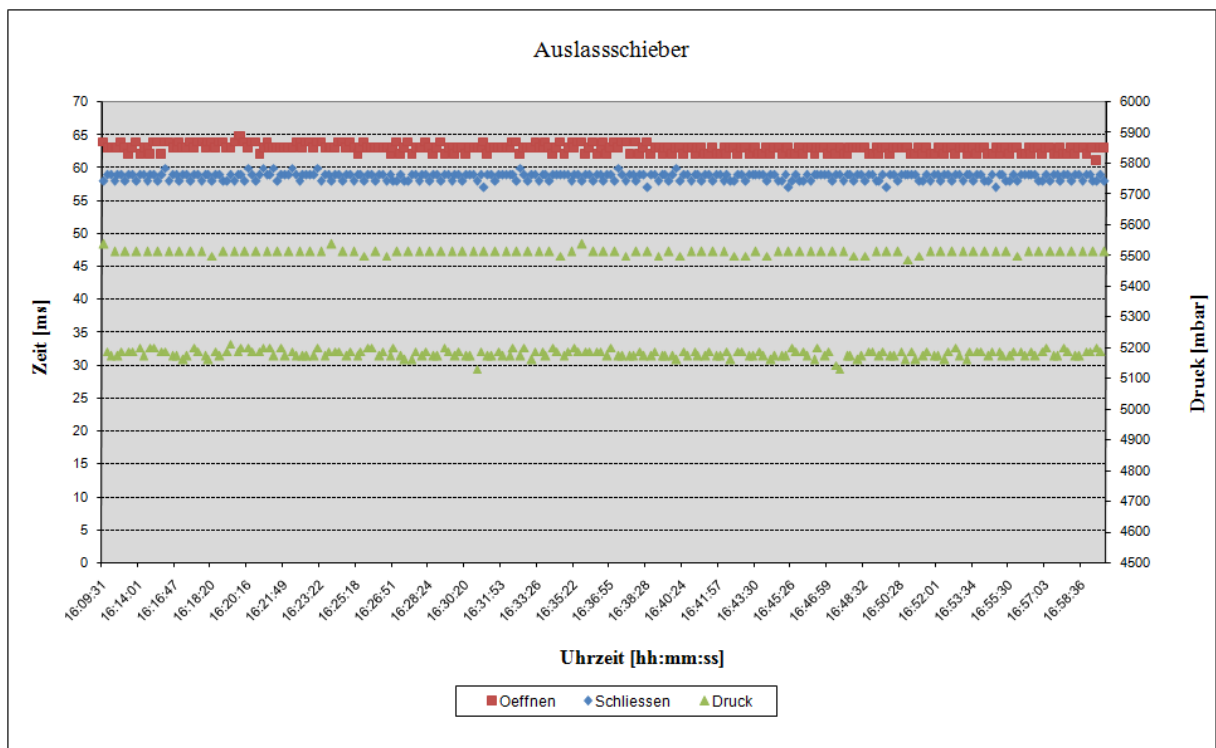


Abbildung 7-5: Auslassschieber-Messergebnisse

Im Gegensatz zum Einlassschieberventil stehen die aufgenommenen Zeiten vom Auslassschieberventil umgekehrt im Bezug zueinander. Die Zeit zum Öffnen ist größer als zum Schließen des Ventils. Womit hängt das zusammen? Vor dem Öffnen des Ventils wird ein Überdruck im Zwischenbehälter aufgebaut. Dadurch wird die Bewegung der

Ventilklappe erschwert. Beim Schließen des Ventils wird der Druck ausgeglichen und verursacht keinen Widerstand mehr.

Die dabei aufgenommenen Messwerte des Betriebsdrucks liefern einen interessanten Verlauf und werden etwas genauer in einem kleineren Zeitabschnitt vergrößert, siehe Abbildung 7-6. Durch die Vergrößerung im Anfangsbereich der aufgenommenen Messwerte, erkennt man eine Veränderung des Betriebsdrucks bei jedem dritten Messwert.

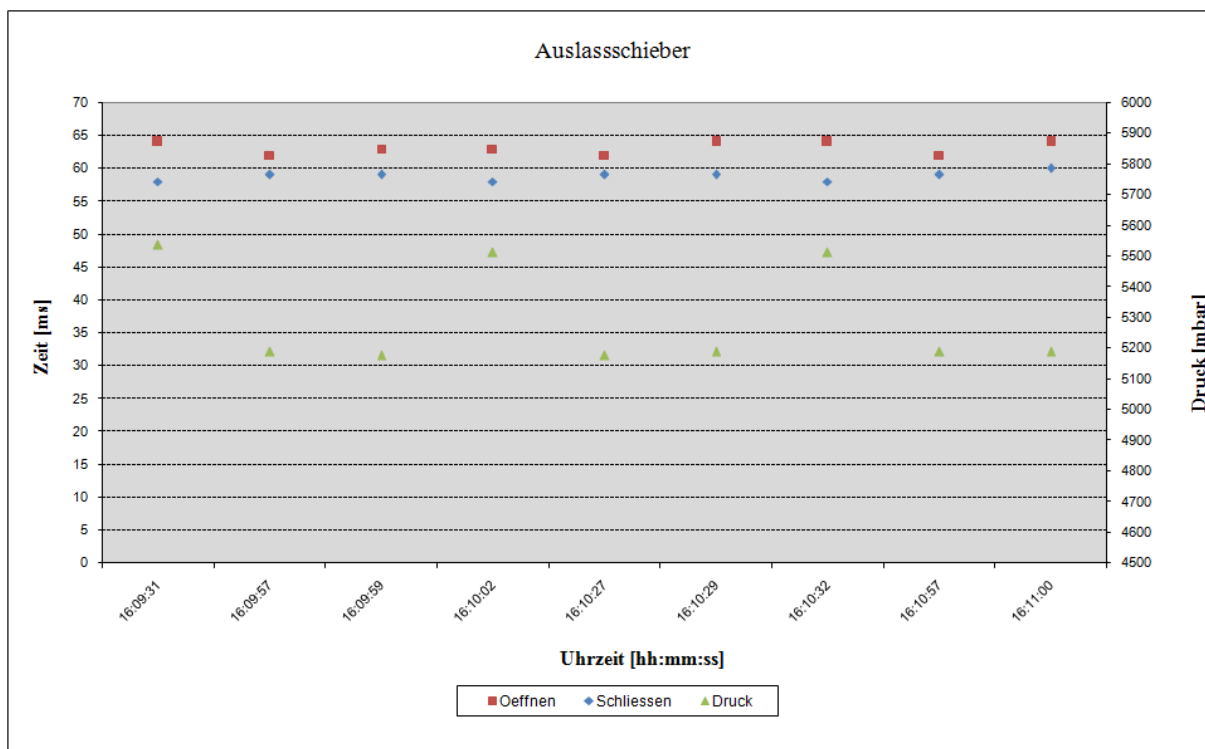


Abbildung 7-6: Vergrößerung des Anfangsbereichs der Messwerte

Der dritte Messwert gehört jeweils zum letzten Druckstoß in jedem Spülzyklus bzw. zu abschließender Betätigung des Auslassschieberventils. Die Vakuumpumpe versucht während der drei Druckstöße ununterbrochen einen Überdruck im Zwischenbehälter aufzubauen. Dadurch wird der anliegende Betriebsdruck vermindert. Nach dem letzten Druckstoß wird die Vakuumpumpe abgeschaltet und der Betriebsdruck kehrt langsam auf seinen Ursprungswert, nämlich 6 bar, zurück. Die Betriebsdruckmessung findet jedoch nicht unmittelbar sofort nach jeder Zeitmessung statt, sondern wird durch die Softwareroutinen und anschließende Wandlungszeit im ADC verzögert. Aus diesem Grund sieht man auch nicht die Beziehung zwischen dem Betriebsdruck und der Öffnungs- bzw. Schließzeit in diesem Fall.

Die Messergebnisse des Druckschalters sind grafisch in der Abbildung 7-7 dargestellt. Der Druckschalter dient in der Vakuumtoilette zur Erkennung eines Überdrucks im Zwischenbehälter. Er verhindert das Öffnen des Einlassschieberventils, wenn die Vakuumpumpe durch einen Fehler anstatt eines Unterdrucks einen Überdruck im Zwischenbehälter aufbaut. Standardgemäß ist der Druckschalter auf einen Wert von 200 Millibar (mbar) eingestellt. Nachdem der Druckschalter seinen Schaltzustand geändert hat, kann man anhand der aufgenommenen Druckmesswerte seine Funktionalität überprüfen.

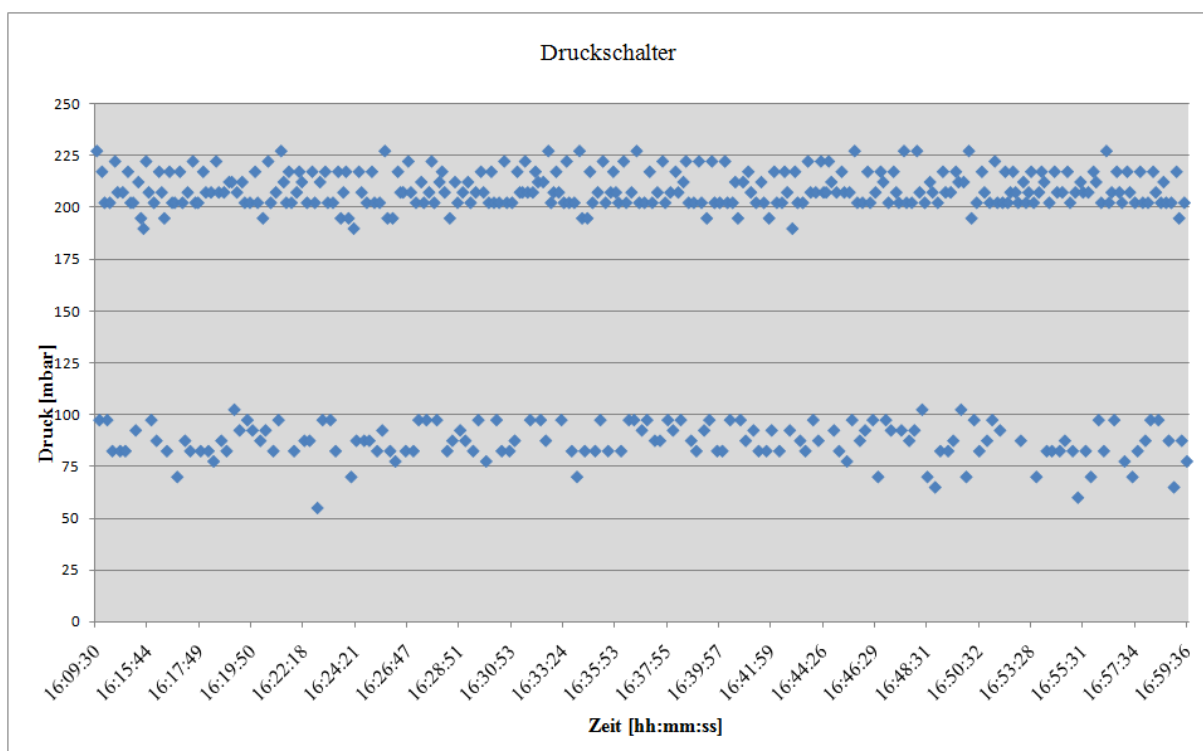


Abbildung 7-7: Druckschalter-Messergebnisse

In der Abbildung 7-7 sind zwei Bereiche zu erkennen. Der obere Bereich gibt die Druckmesswerte im Zwischenbehälter beim Druckaufbau und der untere Bereich beim Druckabbau wieder. Wie ist das zu verstehen? Der Druckschalter ändert seinen Schaltzustand, wenn der anstehende Druck die eingestellte Grenze überschreitet, und kehrt wieder in seinen Ursprungszustand bei einer Unterschreitung dieser Grenze. Die Software-Auswertung des Schaltzustandes im Datenlogger reagiert auf eine Flanke, die aber ebenfalls durch das Kontaktprellen bei dem Druckabbau entstehen kann. Das Kontaktprellen beim Druckaufbau wird softwaretechnisch nach 150 ms ausgefiltert.

Aus dem oberen Bereich der Messwerte erkennt man, dass der Druckschalter nicht höher als bei einem Druck von 230 mbar reagiert. Interessant wird es dann, wenn diese

Messwerte sich in einem höheren Bereich befinden. In diesem Fall würde der Steuerungsrechner nicht mitbekommen, dass beim Öffnen des Einlasschieberventils ein Überdruck im Zwischenbehälter herrscht.

Der Betriebsdruckverlauf wird parallel zum Druckverlauf im Zwischenbehälter bei jedem Spülzyklus aufgenommen, siehe Abbildung 7-8. Als Referenz wird unten ein Druckverlauf im Zwischenbehälter dargestellt, um mögliche Zusammenhänge zu erkennen.

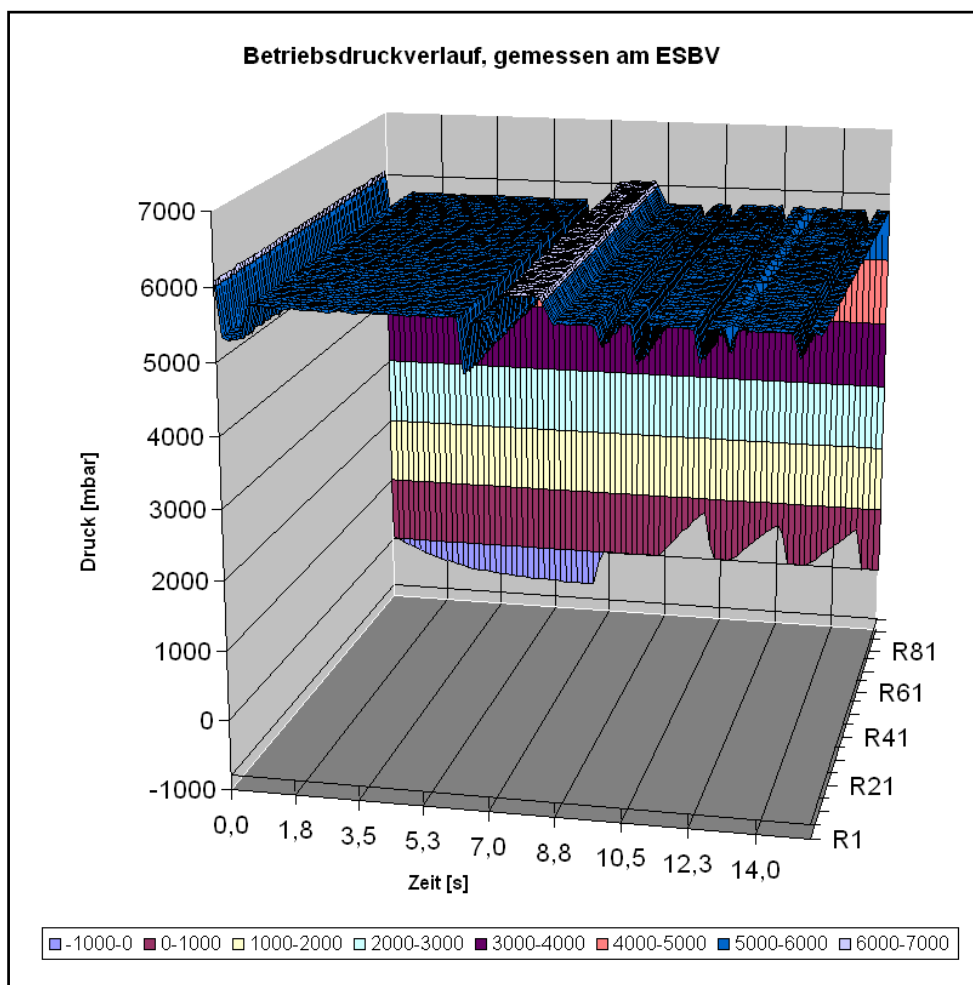


Abbildung 7-8: Betriebsdruck-Messergebnisse

Nachdem die Betriebsdruckmesswerte bei der Zeitaufnahme in Schieberventilen eine deutliche Abweichung von dem eingestellten Betriebsdruck aufwiesen, hat man sich dazu entschlossen, diesen Druckverlauf mit aufzunehmen. Aus den Messergebnissen in der Abbildung 7-8 erkennt man, dass der Betriebsdruck während eines Spülzyklus nicht konstant auf 6 bar bleibt und von internen Prozessen in der Vakuumtoilette beeinflusst wird. Während die Vakuumpumpe arbeitet, sinkt der Betriebsdruck auf etwa 5,5 bar. Die Ausreißer ergeben sich durch die Ansteuerung der Schieberventile. Dies ist vergleichbar

mit dem Einbruch einer Spannungsversorgung, wenn ein Widerstand als Verbraucher an das Versorgungsnetz angeschlossen wird.

Überlegenswert wäre nur die Aufnahme des Betriebsdrucks am Anfang oder Ende von jedem Spülzyklus, damit man einen Referenzwert zu den gemessenen Zeiten der Schieberventile hat.

7.2 Softwareprobleme

In diesem Kapitel werden einige Softwareprobleme mit deren möglichen Lösungsansätzen beschrieben, die bei der Programmierung des Datenloggers aufgetreten sind.

7.2.1 Öffnen einer neuen Verbindung zum FTP-Server

Eine Verbindung zu einem FTP-Server kann mit dem AT-Befehl *AT#FTPOPEN* aufgebaut werden. Anschließend nach diesem Befehl werden die Parameter: FTP-Server-Name, Benutzername und Passwort übergeben.

Nach dem Einschalten des GSM-Modems können alle AT-Befehle zum Aufbau der ersten Verbindung zum FTP-Server erfolgreich verarbeitet werden. Beim wiederholten Aufbau einer weiteren Verbindung mit dem AT-Befehl *AT#FTPOPEN* können die übergebenen Parameter nicht gelesen bzw. verarbeitet werden. Die Ursache dafür könnte bei dem verwendeten FTP-Server liegen. Trotz der Ausführung der benötigten Schritte zum Beenden einer FTP-Übertragung könnte es vorkommen, dass der FTP-Server intern die Verbindung aufrecht zu erhalten versucht und eine weitere Anmeldung mit den gleichen Zugangsberechtigungsdaten verweigert.

Eine Abhilfe für dieses Problem bietet das Neustarten bzw. Reseten des GSM-Modems vor dem Beginn jeder FTP-Übertragung. Das Neustarten des GSM-Modems dauert in der Regel etwa 2 bis 3 Sekunden und verursacht damit keine lange Wartezeit im Vergleich zu einer FTP-Übertragungsdauer.

7.2.2 Erzeugen einer neuen Logdatei auf der SD-Karte

Im Normallbetrieb des Datenloggers werden in regelmäßigen Zeitabständen neue Logdateien auf der Mikro SD-Karte erzeugt und zum Speichern der Überwachungsdaten geöffnet. Ein unbekanntes Softwareproblem verhinderte manchmal den Zugriff auf die Karte und damit das Erzeugen einer neuen Logdatei. Die bestehenden Logdateien könnten

aber problemlos geöffnet und bearbeitet werden. Die Ursache konnte durch die mehreren Tests und Softwareverbesserungen nicht behoben werden. Aus diesem Grund wurde eine Softwareroutine implementiert, die bei so einem Fall auf die so genannte „Standard“-Logdatei zugreift und die Daten dort abspeichert. Die „Standard“-Logdatei ist immer auf der SD-Karte unter dem Namen *logfile.csv* vorhanden und wird bei jedem neuen Überwachungszyklus einfach überschrieben.

Im Laufe der weiteren Entwicklung und Verbesserung der geschriebenen Software wurde eine Programmierstelle entdeckt, welche die mögliche Ursache für das oben beschriebene Problem sein kann. Vor jedem Zugriff auf die Mikro SD-Karte wird die Debugger-Funktion *msg_2strings* ausgeführt, die einige Informationen für den Benutzer auf eine RS232 Schnittstelle sendet. Diese Funktion arbeitet mit zwei Parametern, die beide als Zeigen für beliebige Zeichenketten bzw. Zeichenarrays definiert sind (*char *send_str1*, *char *send_str2*). So kann diese Funktion zwei voneinander unabhängige Zeichenketten ausgeben. Wenn die Ausgabe nur von einer Zeichenkette gefordert wird, so wird der zweite Parameter mit einer leeren Zeichenkette „“ ersetzt. Diese Eingabe ist jedoch nicht zulässig für einen Zeiger in der Programmiersprache C und führt beim Testen unter Windows-Betriebssystem zu einem Fehler. Die Software von Datenlogger Scombox kann solche Fehler nicht erkennen und wird vermutlich im zuständigen Bereich für die Mikro SD-Karte dadurch gestört. Eine Abhilfe für das folgende Problem bietet eine Konstante *LEER* statt der Übergabe einer leeren Zeichenkette, die als eine Kette aus z. B. mehreren Leerzeichen („ “) besteht.

8 Wirtschaftliche Aspekte von GPRS

In diesem Kapitel werden die wirtschaftlichen Aspekte der GPRS-Datenübertragung beschrieben, mit deren Hilfe Maschinen untereinander kommunizieren können, auch als M2M-Kommunikation bezeichnet. In diesem Fall ist es der verwendete Datenlogger Scombox und der FTP-Server. Laut der Information aus dem Heft Mobilfunk von 01/2009 gibt es weltweit bereits rund 110 Millionen Maschinen, die miteinander kommunizieren, und im Jahr 2010 sollen es schon über 500 Millionen werden [WEK, S.26]. Die meisten Mobilfunkanbieter haben bereits diese Entwicklung wahrgenommen und bieten immer mehr verschiedene M2M-Tarife, die speziell auf diese Kommunikation angepasst werden. Bevor aber mit der Wahl des Mobilfunkanbieters und des passenden Tarifes begonnen werden kann, müssen noch andere Aspekte, wie z. B. Verbindungsabrechnung und monatliches Datenvolumen, berücksichtigt werden.

8.1 Verbindungsabrechnung

Bei dem Dauertest der Vakuumtoilette wurden über mehrere Tage mehrere Kilobytes (KB) an Daten über die GPRS-Verbindung auf den FTP-Server transportiert, siehe einen Auszug aus der Telefonrechnung der verwendeten SIM-Karte in der Abbildung 8-1.

19.02.10	14:01:25	202 KB	Datenverbindungen (KB)
19.02.10	19:01:26	1.248 KB	Datenverbindungen (KB)
20.02.10	00:01:29	1.171 KB	Datenverbindungen (KB)
20.02.10	05:01:31	1.176 KB	Datenverbindungen (KB)
20.02.10	10:01:32	1.172 KB	Datenverbindungen (KB)
20.02.10	15:01:35	1.178 KB	Datenverbindungen (KB)
20.02.10	20:01:36	1.174 KB	Datenverbindungen (KB)
21.02.10	01:01:38	1.173 KB	Datenverbindungen (KB)
21.02.10	06:01:40	1.173 KB	Datenverbindungen (KB)
21.02.10	11:01:42	1.177 KB	Datenverbindungen (KB)
21.02.10	16:01:43	1.181 KB	Datenverbindungen (KB)
21.02.10	21:01:45	1.179 KB	Datenverbindungen (KB)
22.02.10	02:01:48	1.173 KB	Datenverbindungen (KB)
22.02.10	07:01:50	1.179 KB	Datenverbindungen (KB)

Abbildung 8-1: Auszug aus der Telefonabrechnung für Datenverbindungen

Nach der Durchsicht dieser Abrechnung stellt man fest, dass die übertragenen Datenmengen auf den FTP-Server und die in den abgerechneten Datenverbindungen voneinander abweichen. Dieser Unterschied kommt zum einen durch die zusätzliche

Datenmenge, die bei dem TCP/IP¹⁶ Protokoll für Overhead und für die Verschlüsselung der Nutzdaten benötigt wird, und zum anderen durch die bereits bei dem Aufbau und Abbau der GPRS Verbindung fließenden Datenmengen zustande. Dieser Unterschied muss bei der Berechnung des monatlichen Gesamtdatenvolumens berücksichtigt werden.

Die Unterschiede der übertragenen und abgerechneten Datenmengen während des Dauertests der Vakuumtoilette sind in der nachfolgenden Tabelle 8-1 zusammengefasst. Dabei wurden die Datenmengen am Beispiel von 14 Logdateien ausgewertet.

Nr.	Logdatei	Dateigröße [kB] FTP-Server	Dateigröße [kB] Telefonrechnung	Unterschied [kB]	Unterschied [%]
1	19021009	181	202	21	11,6
2	19021014	1148	1248	100	8,7
3	19021019	1073	1171	98	9,1
4	20021000	1081	1176	95	8,8
5	20021005	1078	1172	94	8,7
6	20021010	1080	1178	98	9,1
7	20021015	1080	1174	94	8,7
8	20021020	1080	1173	93	8,6
9	21021001	1080	1173	93	8,6
10	21021006	1080	1177	97	9,0
11	21021011	1080	1181	101	9,4
12	21021016	1079	1179	100	9,3
13	21021021	1079	1173	94	8,7
14	22021002	1079	1179	100	9,3
Durchschnitt				91	9,1

Tabelle 8-1: Dateigrößenvergleich und Overheadberechnung

Der Durchschnittswert der so ermittelten Datenunterschiede liegt bei 91 Kilobytes (kB) und macht einen mittleren Anteil von 9,1 % der Datenmengen, die zusätzlich zu den übertragenen Datenmengen auf dem FTP-Server dazu kommen, aus.

Anhand dieser Ergebnisse lässt sich die Gesamtdatenmenge für die Übertragung der Überwachungsdaten wie folgt bestimmen:

$$Q_{\text{ges}} = Q_{\text{Daten}} \cdot 1,1$$

¹⁶ Transmission Control Protokoll (TCP) ist ein Netzwerkprotokoll und wird im Internet Protokoll (IP) für die sichere Datenübertragung integriert.

Der Faktor 1,1 steht für die pauschal angesetzte zusätzliche Datenmenge von 10 %. Die Menge der Überwachungsdaten wird mit dem Formelzeichen Q_{Daten} und die Gesamtdatenmenge bei der GPRS-Übertragung mit Q_{ges} angegeben.

8.2 Datenvolumenberechnung

Zu Beginn der Auswahl eines passenden M2M-Tarifs ist es unbedingt notwendig, die monatliche Gesamtdatenmenge zu ermitteln, die während der Feldüberwachung einer Vakuumtoilette zusammenkommen kann.

Anhand der durchgeführten Tests wird die Datenmenge für einen Spülzyklus (Q_Z) auf maximal 2 kB gesetzt. Die maximale durchschnittliche Anzahl der Spülzyklen pro Stunde (N_Z) wird auf 10 gesetzt und basiert auf den Erfahrungswerten aus dem Feldeinsatz der Vakuumtoiletten. Aus diesen Angaben lässt sich die monatliche Gesamtdatenmenge (Q_{ges}) wie folgt berechnen:

$$Q_{\text{ges}} = Q_{\text{Daten}} \cdot 1,1$$

$$Q_{\text{ges}} = Q_Z \cdot N_Z \cdot 30 \text{ Tage} \cdot 24 \text{ h} \cdot 1,1$$

$$Q_{\text{ges}} = 2 \text{ kB} \cdot 10 \frac{1}{\text{h}} \cdot 30 \text{ Tage} \cdot 24 \text{ h} \cdot 1,1 = 15840 \text{ kB}$$

Die Gesamtstundenanzahl eines Monat wird dabei aus der durchschnittlichen Anzahl der Monatstage (30) und der Tagesstunden (24 h) berechnet. Die oben berechnete Datenmenge stellt eine zu erwartende monatliche Datenmenge dar, die von einem Mobilfunkanbieter für die GPRS-Verbindungen abgerechnet wird. Welche Aspekte man zusätzlich bei einer Wahl des Mobilfunkanbieters und eines passenden Tarifes beachten muss, werden im nächsten Kapitel behandelt.

8.3 Mobilfunkanbieter- und Tarifauswahl

Fast alle Mobilfunkanbieter bieten heute die so genannten M2M-Tarife für die GPRS-Kommunikation zwischen Geräten. Dabei muss der Kunde für jedes Gerät einen passenden Tarif wählen und dazu eine Datenoption buchen. Doch manchmal ist diese Wahl nicht so leicht und erfordert eine Menge an Vorkenntnissen, damit man am Ende nicht die

unnötigen Mehrkosten hat. Die folgenden Merkmale sind bei der Wahl eines Mobilfunkanbieters und des entsprechenden Tarifs zu beachten:

- Abrechnungseinheit
- Blockrundung
- Kosten für Mehrvolumen
- Netzqualität
- Flächendeckung
- Vertragslaufzeit

Die Abrechnungseinheit liegt meistens zwischen einem und zehn Kilobyte und sollte bei den kleinen Datenmengen, die regelmäßig übertragen werden, besonders berücksichtigt werden.

Die Blockrundung bedeutet, dass der Mobilfunkanbieter die abgerechneten Datenmengen in bestimmten Zeiträumen auf eine Einheit abrundet, z. B. auf 100 kB täglich. Das bedeutet, selbst wenn 1 kB an Daten pro Tag übertragen wird, werden zum Schluss täglich 100 kB abgerechnet. Werden es aber z. B. 980 kB übertragen, so werden sie nur auf 1000 kB abgerundet. Im schlimmsten Fall, z. B. bei täglicher Übertragung von 101 kB, muss man zu dem Gesamtdatenvolumen im Monat noch folgende Datenmenge addieren:

$$30 \text{ Tage} \cdot 99 \text{ kB} = 2970 \text{ kB}$$

Viele Mobilfunkanbieter haben M2M-Tarife mit einem monatlichen Inklusivvolumen. In manchen Anwendungen kommt es durchaus vor, dass die monatlichen Datenmengen überschritten werden. Interessant sind in diesem Fall auch die Kosten für Mehrvolumen, sprich für jedes weitere Megabyte (MB), die man unter diesen Umständen übernehmen muss.

Die Netzqualität und die Flächendeckung sind ausschlaggebend für die Einsatzorte der Geräte. Sind es z. B. die Strecken oder Bereiche im Ausland, so müssen die entsprechenden Roaming-Verträge und gegebenenfalls die abweichenden Preise des Mobilfunkanbieters genau betrachtet werden.

Und „last but not least“ spielen die Vertragslaufzeiten eine bedeutende Rolle. Soll eine Anlage nur für einen bestimmten Zeitraum überwacht werden und danach nicht mehr, so lohnt es sich nicht ein Vertrag mit einer längeren Laufzeit abzuschließen, selbst wenn die monatlichen Preise dadurch günstiger wären.

Anbieter	Tarif	Netz	Grundpreis	Inklusivvolumen	Datenpreis	Abrechnungseinheit	Folgepreis pro MByte
Nationale Tarife							
E-Plus	M2M Data 1	E-Plus	3,95	1 MByte	1,74	1 kByte	k.A.
	M2M Data 2,5	E-Plus	3,95	2,5 MByte	2,90	1 kByte	k.A.
	M2M Data 5	E-Plus	3,95	5 MByte	4,64	1 kByte	k.A.
	M2M Data 10	E-Plus	3,95	10 MByte	6,96	1 kByte	k.A.
	M2M Data 305	E-Plus	3,95	30 MByte	8,30	1 kByte	k.A.
	M2M Data 50	E-Plus	3,95	50 MByte	9,40	1 kByte	k.A.
Mdex	Projektbezogene M2M-Tarife auf Anfrage	T-Mobile/ Vodafone	-	-	-	-	-
Sympac	Projektbezogene M2M-Tarife auf Anfrage	k. A.	-	-	-	-	-
Telefónica O2 Germany	Data M2M, Data Pack Volume 1	O2	6,66	1 MByte	0,00	10 kByte	2,64
	Data M2M, Data Pack Volume 5	O2	6,66	5 MByte	3,02	10 kByte	2,32
	Data M2M, Data Pack Volume 30	O2	6,66	30 MByte	4,99	10 kByte	1,79
T-Mobile	M2M Data 1	T-Mobile	4,70	1 MByte	3,51	1 kByte	3,51
	M2M Data 2	T-Mobile	4,70	2 MByte	4,70	1 kByte	3,51
	M2M Data 5	T-Mobile	4,70	5 MByte	5,89	1 kByte	1,89
	M2M Data 10	T-Mobile	4,70	10 MByte	8,27	1 kByte	1,89
Vodafone	M2M-Standard, M2M Data 1	Vodafone	3,46	1 MByte	1,17	1 kByte	1,83
	M2M-Standard, M2M Data 2	Vodafone	3,46	2 MByte	1,86	1 kByte	1,83
	M2M-Standard, M2M Data 5	Vodafone	3,46	5 MByte	3,69	1 kByte	1,83
	M2M-Standard, M2M Data 10	Vodafone	3,46	10 MByte	5,24	1 kByte	1,83
	M2M-Standard, M2M Data 30	Vodafone	3,46	30 MByte	8,93	1 kByte	1,83

Tabelle 8-2: M2M Tarifübersicht verschiedener Mobilfunkanbieter [WEK, S.28]

Die Tabelle 8-2 basiert auf den Daten aus dem Heft Funkschau in der Ausgabe von 01/2009 und beinhaltet nur eine kleine Zahl der Mobilfunkanbieter, die M2M-Tarife anbieten. Für die Interessenten, die etwas mehr darüber erfahren wollen, ist der Mobilfunk-Datenrechner auf <http://www.teltarif.de/mobilfunk/datenrechner> zu empfehlen. Dort werden neben den Kosten auch die Übertragungsgeschwindigkeiten des jeweiligen Mobilfunkanbieters angegeben.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Die Aufgabe dieser Bachelorthesis war zu zeigen, welche Systemkomponente einer Vakuumtoilette und mit welcher Technik, die heute auf dem Markt verfügbar ist, im Feld überwacht werden können. Der ausgewählte Datenlogger Scombox wurde für diese Anwendung eingesetzt und umprogrammiert. Die vielfältigen Funktionalitäten dieses Datenloggers bieten eine optimale Grundlage dafür und können noch mehr in Zukunft durch Software-erweiterungen ausgenutzt werden. Mit dem entwickelten System zur Messwerterfassung und Datenaufzeichnung mit anschließender GPRS-Übertragung auf einen FTP-Server können heute die Felddaten folgender Bauteile einer Vakuumtoilette gesammelt werden:

- RS232 Schnittstelle
- Vakuumpumpe
- Einlasschieberventil
- Auslasschieberventil
- Druckschalter

Damit das entwickelte Überwachungssystem im Feld getestet werden kann, müssen noch folgende Hardwarekomponenten für die Einbindung in eine Vakuumtoilette ausgelegt und gebaut werden:

- Kabelbaum zum Anschluss der Sensorik und der notwendigen Schnittstellen von dem Steuerungsrechner an den Datenlogger
- Anschlussadapter zwischen Steuerungsrechner und Datenlogger zur Erfassung der Schnittstelleninformationen der Vakuumtoilette
- Halterungen zum Befestigen des Datenloggers und der Sensorik
- Erweiterung des Sitzscharniers mit einem Dauermagneten zur Positionserfassung des Toilettensitzes
- Durchflussmesser zur Überwachung von Wasserzulaufventil

Die Software von Datenlogger Scombox kann mit der Zeit noch mehr erweitert und verbessert werden. Einige Vorschläge seien an dieser Stelle genannt:

- Die Messwerte der eingesetzten Drucksensoren können nach einer gewissen Zeit durch das Alterungsprozess der Komponente von den tatsächlich vorliegenden Druckwerten abweichen. Damit diese Messtoleranzen auf das Minimum reduziert werden, müssen die Sensoren in regelmäßigen Abständen kalibriert¹⁷ und bei der Auswertung in der Software mit einem Korrekturfaktor versehen werden.
- Um den Datenlogger für die verschiedenen Anwendungen modular einsatzbereit zu machen, kann auf der Mikro SD-Karte eine Konfigurationsdatei angelegt werden, wo die wichtigsten Parameter für die Software stehen werden. Das können solche Parameter, wie z. B. verschiedene Abtastzeiten von Eingängen, Zugangsdaten zum verwendeten FTP-Server und zu der SIM-Karte, Überwachungszeitraum oder einfach andere Konstanten, die den Programmablauf modular steuern können, sein. Nach jedem Start würde der Datenlogger diese Datei auslesen und seine internen Parameter damit initialisieren.
- Die Datenübertragung mit dem GSM/GPRS-Modem kann durch die geschickten Softwareroutinen noch intelligenter und sicherer im Falle eines Netzausfalls oder zu niedrigen Übertragungsgeschwindigkeit gestaltet werden.
- Die zwei CAN-Bus Schnittstellen des Datenloggers Scombox werden bis jetzt nicht verwendet. Sie können für die Überwachung von SCN-Bus in der Vakuumtoilette oder für eine Erweiterung mit einem IO-Modul in Zukunft eingesetzt werden.
- Für die Speicherung einiger Parameter und Variablen wird der nichtflüchtige Speicher FRAM im Datenlogger benutzt. Dieser ist zu Beginn einer Feldüberwachung zu initialisieren oder zu löschen. Dafür ist bereits eine

¹⁷ Die Kalibrierung ist ein Messprozess zur Feststellung und Dokumentation der Abweichung eines Messgerätes oder einer Maßverkörperung mit einem Normal höherer Ordnung [Wik6].

Routine in der Software implementiert, die aber noch aus Sicherheitsaspekten optimiert werden könnte. Eine mögliche Lösung wäre eine Kurzschlussbrücke, die zwischen einem digitalen Ausgang und einem digitalen Eingang des Datenloggers eingesetzt wird. Der digitale Ausgang wird nach dem Einschalten für eine gewisse Zeit mit einer bestimmten Frequenz angesteuert. Nach dem Messen dieser Frequenz am digitalen Eingang kann daraufhin eine Initialisierung durchgeführt werden.

- Die Datenmenge der aufgenommenen Logdateien kann durchaus ziemlich groß werden und kann damit die Übertragungszeit auf FTP-Server verlängern. Es bietet sich in diesem Fall dafür eine Funktion zu schreiben, die die Dateigröße durch eine Codierungstechnik komprimiert. Sie kann z. B. mit einer ähnlichen Technik aufgebaut werden, wie die WinZIP oder WinRAR Verfahren es nutzen. In jeder Logdatei kommen viele sich wiederholende Reihen von Zeichen (Trennkommas und Meldungsarten) auf, was auf eine große Komprimierungsrate hindeutet. So können die Dateigrößen um etwa 50 - 80 % reduziert werden.
- Eine automatisierte grafische Auswertung der im Feld aufgenommenen Logdateien könnte in Microsoft Excel in Form eines Makros mit der Programmiersprache Visual Basic geschrieben werden. Der Benutzer, geführt von einer grafischen Oberfläche, kann einfach eine oder mehrere bestimmte Logdateien auswählen und anschließend eine grafische Auswertung der überwachten Komponenten angezeigt bekommen.
- Der entwickelte Datenlogger wird in Zukunft vom Service-Personal benutzt. Dafür muss ein Benutzerhandbuch geschrieben werden, wo solche Informationen, wie z. B. Vorgehensweise bei Inbetriebnahme und mögliche Einstellungen des Datenloggers, stehen können.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Grobe Struktur der Feldüberwachung.....	6
Abbildung 1-2: Das neue Gebäude der EVAC GmbH [EVA1].....	7
Abbildung 2-1: EVAC Kompakt-Vakuumtoilette [EVA1].....	10
Abbildung 2-2: Toilettensystemschemata [EVA1]	11
Abbildung 3-1: Einbaumöglichkeiten für Datenlogger	15
Abbildung 3-2: Anschlussmöglichkeiten für Drucksensoren.....	16
Abbildung 3-3: Instrumentierung zur Toilettensitz-Erfassung.....	17
Abbildung 3-4: Anordnung der Reedschalter.....	18
Abbildung 3-5: Stromlaufplan und Signalverlauf zur Schieberzeiten-Messung.....	18
Abbildung 3-6: Messplatz mit verwendeten Geräten	19
Abbildung 3-7: Oszilloskop-Bilder der Zeitmessung (links Öffnen, rechts Schließen).....	19
Abbildung 3-8: Transiente Reedschalter-Vorgänge beim Umschalten.....	20
Abbildung 3-9: Druckmessumformer von JUMO [JUM]	25
Abbildung 3-10: Reedschalter am Schieberventil	25
Abbildung 4-1: Scombox [DrT1]	26
Abbildung 4-2: Ansicht der Frontseite mit den Anschlusssteckern [DrT2].....	27
Abbildung 4-3: Platinenansicht von Scombox	28
Abbildung 4-4: Blockdiagramm des Hardwareaufbaus der Scombox	29
Abbildung 4-5: Blockdiagramm des Mikrocontrollers LPC2292 [Phi, S.3].....	30
Abbildung 4-6: Aufbau des CAN-Netzwerkes [Wik5]	31
Abbildung 4-7: Übertragung eines ASCII-Zeichens auf RS232 [Wik6]	33
Abbildung 4-8: GSM-Modem GE863-GPS von Telit [Tel3].....	36
Abbildung 4-9: Verschiedene Ausführungen von SD-Karten [Wik4]	37
Abbildung 4-10: Anwendungsprogramm zum Flashen der Software	39
Abbildung 4-11: Beispiel einer Kontroll-Ausgabe auf dem Hyper-Terminal.....	40
Abbildung 5-1: Blockdiagramm der zusätzlichen Instrumentierung	41
Abbildung 5-2: Schnittstellenadapter zw. STC und Datenlogger	42
Abbildung 5-3: Anschlussplan der Drucksensoren	44
Abbildung 5-4: Prozessanschluss der Drucksensoren	45
Abbildung 5-5: Lineare Kennlinie eines Sensors	46
Abbildung 5-6: Anschlussplan der Reedschalter an einem Schieberventil.....	48
Abbildung 5-7: Anschlussbelegung der Reedschalter [EVA3].....	48
Abbildung 6-1: Aufbau der Hauptfunktion <i>main</i>	50
Abbildung 6-2: Aufbau der Verwaltungsfunktion <i>scom_os</i>	51

Abbildung 6-3: Aufbau der Anwenderfunktion <i>user_main</i>	54
Abbildung 6-4: Kommunikationsweg der GPRS-Übertragung	61
Abbildung 6-5: Ablaufschritte der Funktion <i>ftpfiletransfer</i>	65
Abbildung 6-6: Anschlussdiagramm zum Testen des GSM-Modems	67
Abbildung 6-7: Beispiel eines Verzeichnisses auf einem FTP-Server.....	69
Abbildung 6-8: Beispiel einer aufgenommenen Logdatei.....	70
Abbildung 7-1: Aufbau des Teststands für die Vakuumtoilette	73
Abbildung 7-2: Übertragene Logdateien auf FTP-Server	74
Abbildung 7-3: Vakuumpumpe-Messergebnisse	76
Abbildung 7-4: Einlassschieber-Messergebnisse	77
Abbildung 7-5: Auslassschieber-Messergebnisse	78
Abbildung 7-6: Vergrößerung des Anfangsbereichs der Messwerte.....	79
Abbildung 7-7: Druckschalter-Messergebnisse	80
Abbildung 7-8: Betriebsdruck-Messergebnisse	81
Abbildung 8-1: Auszug aus der Telefonabrechnung für Datenverbindungen.....	84

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Übersicht der Datenlogger auf dem Markt.....	22
Tabelle 3-2: Übersicht der passenden Drucksensoren auf dem Markt.....	24
Tabelle 4-1: Anschlussbelegung der Stecker von Scombox	27
Tabelle 4-2: Funktionen zum Bedienen des CAN-Bus	32
Tabelle 4-3: Funktionen zum Bedienen der RS232	34
Tabelle 4-4: Funktionen zum Ansteuern des GSM-Modems.....	36
Tabelle 4-5: Wichtige FAT Funktionen	38
Tabelle 4-6: FRAM Funktionen	38
Tabelle 5-1: Pinbelegung der Anschlussklemmleiste.....	43
Tabelle 6-1: Übersicht der verwendeten Programmmodule.....	49
Tabelle 6-2: Übersicht der gefilterten RS232 Meldungen der VT	57
Tabelle 6-3: Bitzuordnung im Anwenderinterrupt-Register <i>g_register_irq</i>	59
Tabelle 6-4: Parameter für die GPRS-Übertragung	66
Tabelle 6-5: Übersicht der Meldungsarten in einer Logdatei.....	70
Tabelle 8-1: Dateigrößenvergleich und Overheadberechnung.....	85
Tabelle 8-2: M2M Tarifübersicht verschiedener Mobilfunkanbieter [WEK, S.28].....	88

Symbole und Abkürzungen

Hinweis: Einige Abkürzungen wurden direkt oder auszugsweise der freien Enzyklopädie Wikipedia entnommen [Wik].

b	Offset der Geraden zur Drucksensorauswertung [bar]
C_{\min}	Minimale GPRS-Übertragungsgeschwindigkeit [Bytes/s]
m	Steigung der Geraden zur Drucksensorauswertung [bar/mA]
M	Merkmal bzw. Messwert des Drucksensors [bar]
N_Z	Maximale Anzahl der Spülzyklen pro Stunde [1/h]
Q_{Daten}	Überwachungsdatenmenge [kBytes]
Q_{ges}	Gesamtübertragungsdatenmenge [kBytes]
Q_Z	Maximale Datenmenge eines Spülzyklus [Bytes]
R_V	Vorwiderstand [kOhm]
S	Signal bzw. Stromstärke des Drucksensors [mA]
S1, S2	Reedschalter an Schieberventilen
T_{Daten}	GPRS-Gesamtübertragungszeit [s]
T_R	Überwachungszeitraum für eine Logdatei [h]
T_s	Bewegungszeit eines Schieberventils [ms]
$T_{\text{Verbind.}}$	Maximale Zeit für GPRS-Verbindungsauf- und Abbau [s]
U_b	Versorgungsspannung der Schieberventil-Messschaltung [V]
U_s	Signalspannung der Schieberventil-Messschaltung [V]

ADC	Analog Digital Converter
AI	Analog Input
APN	Access Point Name
AT	Attention
B x L x H	Breite x Länge x Höhe
Bk	Black
Bl	Blue
Br	Brown
CAD	Computer Aided Design
CAN	Controller Area Network
CN	Counter bzw. Frequenzeingang
COM	Communication Equipment
CPC	Circular Plastic Connector
CS	Coding Scheme
CSV	Comma-Separated Values
D x H	Durchmesser x Höhe
d. h.	das heißt
DI	Digital Input

EUR	Euro
FAT	File Allocation Table
FRAM	Ferroelectric Random Access Memory
FTP	File Transfer Protocol
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GPRS	General Packet Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
ID	Identifier-Segment
IO	Input Output
IP	Internet Protocol
IP	International Protection
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diode
LSB	Least Significant Bit
M2M	Machine-to-Machine
MS	Microsoft
MSB	Most Significant Bit
PC	Personal Computer
PIN	Persönliche Identifikationsnummer
PWM	Pulsweitenmodulation
RS232	Standard für eine serielle Schnittstelle
RTC	Real Time Clock
Rx	Receiver-Leitung
SCN	Smart Cabin Network
SD	Secure Digital Memory Card
SG	Steuergerät
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
SRAM	Static Random Access Memory
STC	Smart Toilet Controller
SZ	Spülzyklus-Zählerstand
TCP	Transmission Control Protocol
Tx	Transmitter-Leitung
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
VDC	Volts of Direct Current (Gleichspannung)
VT	Vakuumtoilette
z. B.	zum Beispiel

Literatur- und Quellenverzeichnis

- [Bos1] Robert Bosch GmbH CAN Specification Version 2.0, 1991
- [Bos2] Robert Bosch GmbH CAN – das Netzwerk für die Elektronik im Kraftfahrzeug
<http://www.semiconductors.bosch.de/pdf/can.pdf>
Letzter Zugriff: 24.03.2010 13:00
- [CNa] Christian Nause Entwicklung und Aufbau eines CAN-Feldbussystems für die Steuerungstechnik mit Schnittstelle zum Internet, Diplomarbeit 1. Auflage 2000
- [DrT1] Dreyer + Timm GmbH Datenblatt Scombox Datenlogger und Telematikeinheit
- [DrT2] Dreyer + Timm GmbH Installation guidelines Scombox, Rev. 25.10.2007
- [Ecl] Eclipse Entwicklungsumgebung Eclipse IDE for C/C++ Developers
<http://eclipse.org/downloads/packages/>
- [ESc] Elmar Schrüfer Elektrische Messtechnik, 8. Auflage 2004
- [EVA1] EVAC GmbH Interne EVAC Dokumentation
- [EVA2] EVAC GmbH DIN EN 50155 Bahnanwendungen-Elektronische Einrichtungen auf Bahnfahrzeugen, Deutsche Fassung EN50155:2007
- [EVA3] EVAC GmbH Datenblatt Magnetic proximity switch, Art.-Nr. 29683, Rev. 1, 20.01.2010
- [HK1] Heiko Klose Ein GSM-Modul Handler für embedded Linux auf einer ARM9-Plattform, Diplomarbeit 26.08.2005
- [JUM] JUMO GmbH & Co. KG Datenblatt Druckmessumformer JUMO MIDAS S05, Typ 401010
- [JWi] Jörg Wiegelmann Softwareentwicklung in C für Mikroprozessoren und Mikrocontroller, 2. Auflage 2003
- [JWo] Jürgen Wolf C von A bis Z, 3. Auflage 2009
http://openbook.galileocomputing.de/c_von_a_bis_z
Letzter Zugriff: 02.03.2010 09:40
- [KWü] Klaus Wüst Mikroprozessortechnik, 2. Auflage 2006
- [MED] MEDER electronic Allgemeine Beschreibung des Reedschalters
http://www.meder.com/fileadmin/meder/pdf/de/Technische_Dokumente/Die_Funktion_des_Reedschalters.pdf
Letzter Zugriff: 31.03.2010 12:00
- [MFi] Michael Fischer Compiler YAGARTO, Yet another GNU ARM toolchain
<http://www.yagarto.de/index.html>
- [Phi] Philips Electronics Datenblatt Mikrocontroller LPC2292/2294, Rev. 03-26 September 2005

- [Tef] Teltarif GPRS: Die Technik
<http://www.teltarif.de/i/gprs-technik.html>
Letzter Zugriff: 08.03.2010 08:00
- [Tel1] Telit AT Commands Reference Guide, Rev. 6-2009-08-03
Communications http://www.telit.com/en/products.php?p_id=3&p_ac=show&p=8
SPA
Letzter Zugriff: 07.10.2009 09:30
- [Tel2] Telit Easy GPRS User Guide, Rev. 7-2009-08-19
Communications http://www.telit.com/en/products.php?p_id=3&p_ac=show&p=8
SPA
Letzter Zugriff: 07.10.2009 09:30
- [Tel3] Telit Datenblatt GE 863-GPS Embedded [01.2009]
Communications http://www.telit.com/en/products.php?p_id=3&p_ac=show&p=8
SPA
Letzter Zugriff: 07.10.2009 09:30
- [WEK] WEKA Funkschau Heft 01/2009
Fachmedien www.funkschau.de/heftarchiv
GmbH
Letzter Zugriff: 01.04.2010 19:00
- [Wik] Wikipedia Startseite
<http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>
Letzter Zugriff: 24.03.2010 10:00
- [Wik1] Wikipedia File Transfer Protocol
http://de.wikipedia.org/wiki/File_Transfer_Protocol
Letzter Zugriff: 08.03.2010 08:00
- [Wik2] Wikipedia Echtzeituhr (Real Time Clock)
<http://de.wikipedia.org/wiki/Echtzeituhr>
Letzter Zugriff: 10.03.2010 22:00
- [Wik3] Wikipedia Global System for Mobile Communications
http://de.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications
Letzter Zugriff: 11.03.2010 09:00
- [Wik4] Wikipedia SD Memory Card
http://de.wikipedia.org/wiki/SD_Memory_Card
Letzter Zugriff: 10.03.2010 11:00
- [Wik5] Wikipedia Controller Area Network
http://de.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network
Letzter Zugriff: 24.03.2010 14:00
- [Wik6] Wikipedia EIA-232 bzw. RS232
<http://de.wikipedia.org/wiki/EIA-232>
Letzter Zugriff: 24.03.2010 16:00
- [WLa] Wolfhard CAN Controller Area Network, Grundlagen und Praxis
Lawrenz 4. Auflage vom 19. Juli 2000

Anhang

- A1: Datenblatt Scombox Datenlogger und Telematikeinheit
- A2: Datenblatt Mikrocontroller LPC2292/2294 (die ersten 4 Seiten)
- A3: Datenblatt GSM/GPRS Modem GE 863-GPS Embedded
- A4: Datenblatt Druckmessumformer JUMO 40.1010 (die ersten 5 Seiten)
- A5: Datenblatt Reedschalter (magnetic proximity switch)
- A6: Quellcode Datenlogger Scombox

Die Anhänge A2 und A4 sowie der Anhang A6 sind vollständig in elektronischer Form auf einer CD abgelegt und beim Prüfer Prof. Dr. rer. nat. Henning Hasemann einzusehen.

A1: Datenblatt Scombox Datenlogger und Telematikeinheit

Telematiklösungen für mobile Maschinen



DAMIT SIE NÄHER DRAN SIND

scombox Datenlogger und Telematikeinheit

kompakt – robust – wasserdicht – mobiltauglich – alles drin...

Schutz vor Diebstahl und unerlaubter Nutzung

- Wegfahrsperre
- Ortung
- verdeckter Einbau
- und vieles mehr



Datenerfassung und Ferndiagnose, die sich rechnet

- Abrechnungsdaten
- Servicedaten
- Verbrauchsdaten
- Fehler- und Diagnosedaten

scomview Internetplattform

- schneller Überblick
- einfach zu bedienen
- flexibel anpassbar
- sicher



Telematiklösungen für mobile Maschinen

scombox kompakt



<p>Robust, wasserdicht, mobiltauglich</p>	<p>2xCAN-Bus, 2xRS 232 und 10 Ein-/Ausgänge</p>
<p>Die scombox wurde als Datenlogger und Telematikeinheit speziell für den mobilen Einsatz auch außerhalb von klimatisierten Fahrzeugkabinen, entwickelt. Ausgelegt für einen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis 85°C. Wasserdicht, auch bei Einsatz von Hochdruckreinigern, mit Schutzart IP69k. Klimagetestet mit Schock und Vibration nach der strengen Norm ISO 16750-3:2003. Es wurden diverse EMV-Tests absolviert.</p>	<p>Die scombox verfügt über eine Vielzahl von Schnittstellen. Die Einbindung zur Maschine kann z. B. über den im Fahrzeugbau verbreiteten CAN-Bus erfolgen. Ergänzend hierzu stehen bis zu 6 Multifunktionseingänge für den Anschluss von Schaltern, Drehzahlgebern und Analogsensoren zur Verfügung. Weiter verfügt die scombox über bis zu 4 Schaltausgänge.</p>
<p>Wegfahrsperre 95/56 EG konform und Fahreridentifikation</p>	<p>GSM/GPRS-Modem und GPS-Empfänger</p>
<p>Eine 1-Wire Schnittstelle für "iButton" der Firma Dallas ist die Basis für eine manipulationssichere Wegfahrsperre und Fahreridentifikation. Die scombox ist auch als zweikanalige Wegfahrsperre für den Straßenverkehrseinsatz zugelassen, geprüft nach der 95/56 EG.</p>	<p>Die scombox verfügt standardmäßig über ein eingebautes GSM/GPRS-Modem und nutzt für die Datenfernübertragung das weltweit zur Verfügung stehende Internet. Ein hochempfindlicher GPS-Empfänger der neuesten Generation liefert Positionsdaten auch unter ungünstigen Bedingungen.</p>
<p>Neigungs- und Beschleunigungssensor</p>	<p>Hochleistungsakku und ausgeklügeltes Lowpowerkonzept</p>
<p>Ein eingebauter Neigungs- und Beschleunigungssensor lässt sich z. B. sehr gut für den Diebstahlschutz einsetzen, für die Erkennung von Karambolagen oder für die Ausrichtung der Maschine (z. B. 5° bei Arbeitsbühnen).</p>	<p>Ein Hochleistungsakku in Verbindung mit einem ausgeklügelten Lowpowerkonzept ermöglicht die Maschinenüberwachung über mehrere Wochen bei ausgeschalteter Fahrzeugbatterie.</p>
<p>Verdeckter Einbau möglich</p>	
<p>Das Gehäuse- und Antennenkonzept, mit den in der Box eingebauten Antennen, erlaubt einen verdeckten Einbau der scombox.</p>	

Telematiklösungen für mobile Maschinen

Wirksamer Diebstahlschutz

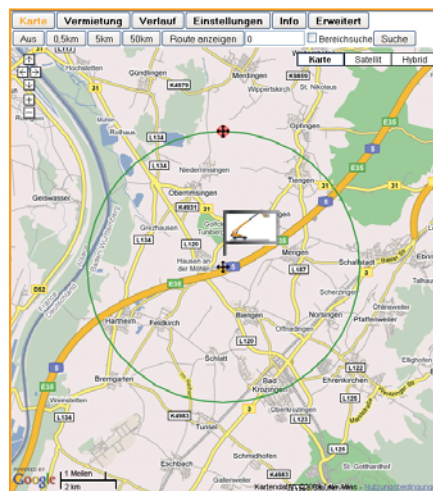
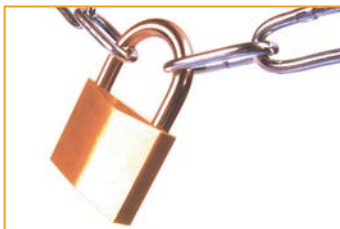
Mit der **scombox** lässt sich ein äußerst wirksamer Diebstahlschutz realisieren – bestehend aus:

- Wegfahrsperre mit e.. Zulassung EG95/56* konform
- Ortung mit hochempfindlichem GPS-Empfänger
- Neigungs- und Beschleunigungssensor
- Verdeckter Einbau möglich
- Hochleistungsakku
- Ausgeklügelte Lowpowerstrategie
- Geofencing (elektronischer Zaun)
- Zwei Alarmwege. GSM/GPRS und zusätzlich SMS

An dieser Stelle sollen natürlich nicht alle Details des Sicherungskonzeptes veröffentlicht werden, das mit der **scombox** realisiert werden kann.

Aber soviel soll doch verraten werden: Im Mittelpunkt des Diebstahlschutzes mit der **scombox** steht der fälschungssichere, elektronische Schlüssel. Jeder Versuch, die Maschine ohne Schlüssel zu starten oder zu bewegen, löst einen Alarm aus. Durch die internen Antennen kann die **scombox** gut versteckt eingebaut werden

*Erforderlich für alle Maschinen, die auf öffentlichen Straßen fahren dürfen.



Telematiklösungen für mobile Maschinen

Datenerfassung, die sich rechnet

Die **scombox** verfügt über alle Möglichkeiten, ganz nach Bedarf Maschinendaten zu erfassen – hierzu gehören:

- 2xCAN-Bus, 2xRS 232 für die Anbindung an die Steuerungs- und Motorbussysteme
- 10 Ein-/Ausgänge für die Erfassung von Messwerten, Drehzahlen und Schalterstellungen
- GPS-Empfänger für Positionsdaten
- GSM/GPRS-Modem für die Datenfernübertragung
- Micro-SD-Karte für große Datenmengen bis zu 4GB

Die Erfassung von Betriebsstunden mit Uhrzeit und Datum erlaubt die Überprüfung der vertragskonformen Nutzung der Maschinen. Aber auch die Erfassung von Verbrauchsdaten und Daten über die Maschinenauslastung bringen mehr Transparenz für die eigene Kalkulation.

Durch die Erfassung der Laufzeiten für einzelne Maschinenaggregate lassen sich bedarfsgerechte Wartungen durchführen und damit Kosten sparen.

Durch die Anbindungsmöglichkeit an die Maschinensteuerung kann eine aussagefähige Ferndiagnose realisiert werden.

Die **scombox** ist somit eine lohnende Investition, um Betriebskosten zu minimieren, vertragsgerechte Maschinennutzung zu kontrollieren und Eigentum zu schützen.

Karte												[Vermietung]												Verlauf												Einstellungen												Info												Erweitert											
Datum von: 16.03.2009						bis: 22.03.2009						Tagesnutzung						Drucken																																																					
Datum	Zeit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Zeitspanne	Effektiv																																												
16.03.2009	07:04-16:36	[Bar chart showing utilization]																								9,5	10																																												
17.03.2009	10:10-14:18	[Bar chart showing utilization]																								4,1	4																																												
18.03.2009	09:24-15:02	[Bar chart showing utilization]																								5,6	4																																												
19.03.2009	06:13-15:21	[Bar chart showing utilization]																								9,1	10																																												
20.03.2009	05:25-14:32	[Bar chart showing utilization]																								9,1	10																																												
21.03.2009	00:00-00:00	[Bar chart showing utilization]																								0	0																																												
22.03.2009	00:00-00:00	[Bar chart showing utilization]																								0	0																																												
Summe:																										37,4	38																																												



Telematiklösungen für mobile Maschinen

Den Überblick gewinnen **scomview**



- Anwenderorientierte Visualisierung mit Standard-Internetbrowser
- Flexible Meldungs- und Alarmverarbeitung
- Leistungsstarke, sichere Server- und Datenbanklösung
- Übersichtliche Mappingfunktionen
- Aussagestarke Reports

Weitere scomview Leistungsmerkmale:

Schneller Überblick

Alle wichtigen Maschineninformationen, wie Positionen, Betriebsstunden, Alarmmeldungen, sind in einer einzigen Übersicht zusammengefasst.

Einfach zu bedienen

Die Bedienung erfolgt im gewohnten Internetbrowser. Umfangreiche Filterfunktionen erlauben ein einfaches und zielgerichtetes Suchen der gewünschten Maschinen und Daten.

Flexibel anpassbar

Kunden- und branchenspezifische Anpassungen lassen sich sehr einfach und damit kostengünstig realisieren. Ein modularer Aufbau gewährleistet Lösungen von der einfachen Datenschnittstelle bis zum komplexen Visualisierungs- und Datenmanagementsystem.

scomview damit Sie näher dran sind

Telematiklösungen für mobile Maschinen

scombox 1x12 scombox 2x12	Technische Daten	
Controller	32 bit ARM7-TDMI, Microcontroller 60 MHz, SRAM 16 kB Flash 256 kB, FRAM 2 kB	
Wechselspeicher	*Adapter für Micro-SD-Karte	
Datenspeicher	*8 MB of serial data flash (SPI)	
CAN-Bus Seriell	*2x (1x) CAN-Bus, 11 oder 29 Bit Identifier (Kurzschlusschutz) *2x (1x) RS 232 (Kurzschlusschutz)	
Identifikation	1-Wire Interface für iButton	
Eingänge	4x Multifunktional konfigurierbar per Software Analog 4-20mA, 0-3V oder Digital/Frequenz (Kurzschlusschutz)	
Ausgänge	*2x Digital *4x Digital/PWM-Outputs, nutzbar auch als Eingänge, 1A Highside (Kurzschlusschutz)	
Referenzspannung	*3V Referenzspannung	
Lokale Kommunikation		
Bluetooth	Bluetooth Module Class 2 mit SPP (Serial Port Profile)	Option 1
GSM-Modem	GSM/GPRS Quadband Modem 900 and 1800 MHz, 850 and 1900 MHz	
GPS Empfänger	GPS-Empfänger 20 Kanäle	
2-Achsen-Neigungs- und Beschleunigungssensor	± 2g, ± 90°	
Li-Ion Akku	Li-Ion Akku 3,75 V 2,35 Ah	Option 2
Versorgung	7...32 VDC	
	Umwelt	
Arbeitstemperatur	-40...85°C mit folgenden Ausnahmen: GSM -30...80°C Bluetooth -25...85°C	
EMV	EMC-Test 2004/104/EG i.d.F.2006/96/EG EN ISO 14982 Machines for agriculture and forestry applications EN ISO 13309 construction- and plant machines EN ISO 13766 earth moving machines	
Schock und Vibration mit Temperaturwechsel	ISO 16750-3:2003	
Gehäuse und Schutzart	Kompaktes und robustes Kunststoffgehäuse, Schutzart IP69k mit Druckausgleichsmembran. Abmessungen ca. 135x115x30 mm	

*Variante 2x12

A2: Datenblatt Mikrocontroller LPC2292/2294 (die ersten 4 Seiten)



LPC2292/LPC2294

16-bit/32-bit ARM microcontrollers; 256 kB ISP/IAP flash with CAN, 10-bit ADC and external memory interface

Rev. 03 — 26 September 2005

Product data sheet

1. General description

The LPC2292/LPC2294 microcontrollers are based on a 16-bit/32-bit ARM7TDMI-S CPU with real-time emulation and embedded trace support, together with 256 kB of embedded high-speed flash memory. A 128-bit wide memory interface and a unique accelerator architecture enable 32-bit code execution at the maximum clock rate. For critical code size applications, the alternative 16-bit Thumb mode reduces code by more than 30 % with minimal performance penalty.

With their 144-pin package, low power consumption, various 32-bit timers, 8-channel 10-bit ADC, 2/4 (LPC2292/LPC2294) advanced CAN channels, PWM channels and up to nine external interrupt pins these microcontrollers are particularly suitable for automotive and industrial control applications as well as medical systems and fault-tolerant maintenance buses. The number of available GPIOs ranges from 76 (with external memory) through 112 (single-chip). With a wide range of additional serial communications interfaces, they are also suited for communication gateways and protocol converters as well as many other general-purpose applications.

2. Features

2.1 Key features

- 16-bit/32-bit ARM7TDMI-S microcontroller in a LQFP144 package.
- 16 kB on-chip static RAM and 256 kB on-chip flash program memory. 128-bit wide interface/accelerator enables high-speed 60 MHz operation.
- In-System Programming/In-Application Programming (ISP/IAP) via on-chip boot-loader software. Single flash sector or full chip erase in 400 ms and programming of 256 bytes in 1 ms.
- EmbeddedICE-RT and Embedded Trace interfaces offer real-time debugging with the on-chip RealMonitor software as well as high-speed real-time tracing of instruction execution.
- Two/four (LPC2292/2294) interconnected CAN interfaces with advanced acceptance filters. Additional serial interfaces include two UARTs (16C550), Fast I²C-bus (400 kbits/s) and two SPIs.
- Eight channel 10-bit ADC with conversion time as low as 2.44 μs.
- Two 32-bit timers (with four capture and four compare channels), PWM unit (six outputs), Real-Time Clock (RTC) and watchdog.
- Vectored Interrupt Controller (VIC) with configurable priorities and vector addresses.
- Configurable external memory interface with up to four banks, each up to 16 MB and 8-bit/16-bit/32-bit data width.

- Up to 112 general purpose I/O pins (5 V tolerant). Up to nine edge/level sensitive external interrupt pins available.
- 60 MHz maximum CPU clock available from programmable on-chip PLL with settling time of 100 μ s.
- On-chip crystal oscillator with an operating range of 1 MHz to 30 MHz.
- Power saving modes include Idle and Power-down.
- Processor wake-up from Power-down mode via external interrupt.
- Individual enable/disable of peripheral functions for power optimization.
- Dual power supply:
 - ◆ CPU operating voltage range of 1.65 V to 1.95 V (1.8 V \pm 0.15 V).
 - ◆ I/O power supply range of 3.0 V to 3.6 V (3.3 V \pm 10 %) with 5 V tolerant I/O pads.

3. Ordering information

Table 1: Ordering information

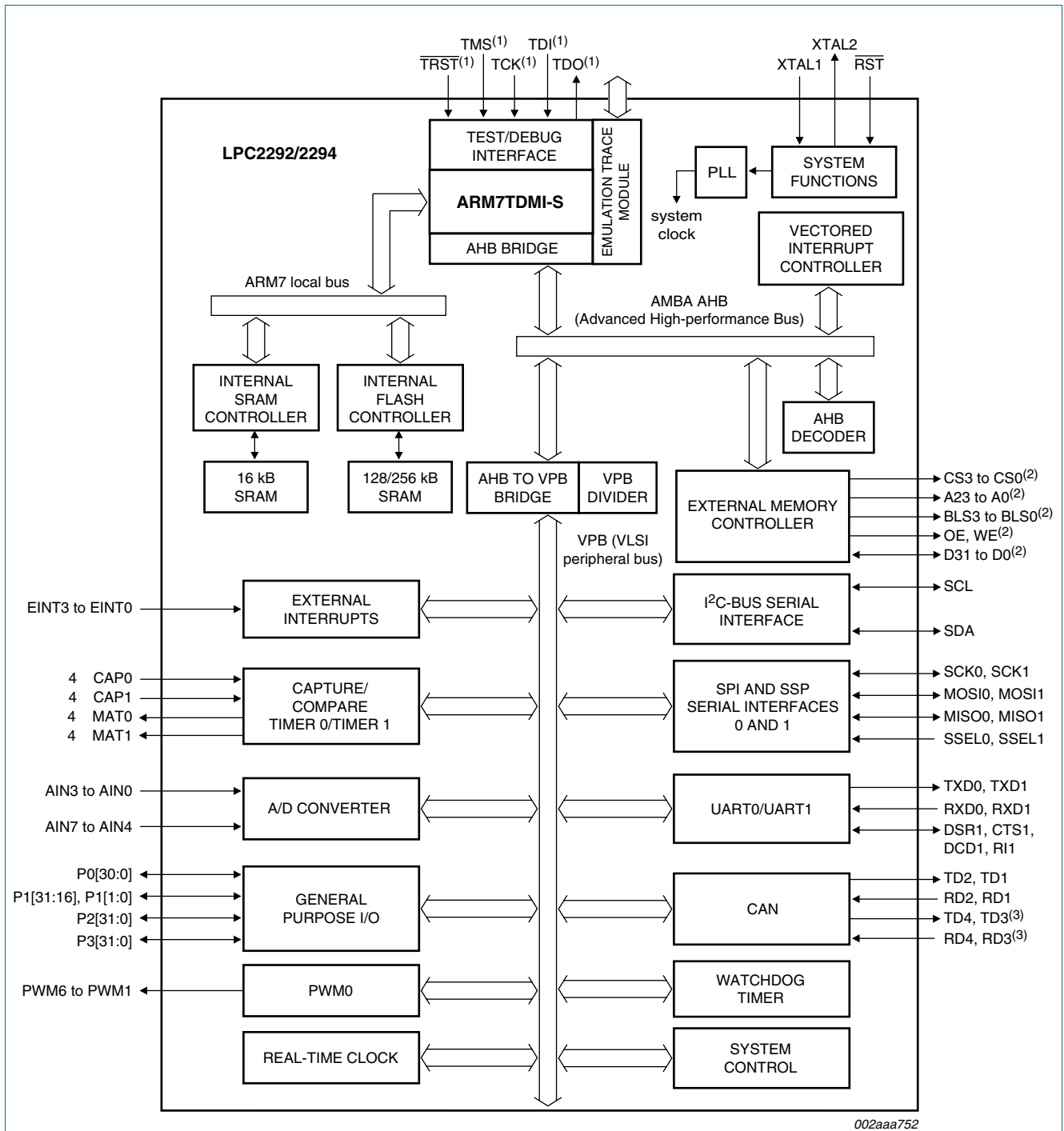
Type number	Package		
	Name	Description	Version
LPC2292FBD144	LQFP144	plastic low profile quad flat package; 144 leads; body 20 \times 20 \times 1.4 mm	SOT486-1
LPC2292FET144	TFBGA144	plastic thin fine-pitch ball grid array package; 144 balls; body 12 \times 12 \times 0.8 mm	SOT569-1
LPC2294HBD144	LQFP144	plastic low profile quad flat package; 144 leads; body 20 \times 20 \times 1.4 mm	SOT486-1

3.1 Ordering options

Table 2: Ordering options

Type number	Flash memory	RAM	CAN	Temperature range ($^{\circ}$ C)
LPC2292FBD144	256 kB	16 kB	2 channels	-40 to +85
LPC2292FET144	256 kB	16 kB	2 channels	-40 to +85
LPC2294HBD144	256 kB	16 kB	4 channels	-40 to +125

4. Block diagram



- (1) When test/debug interface is used, GPIO/other functions sharing these pins are not available.
- (2) Pins shared with GPIO.
- (3) Available in LPC2294 only.

Fig 1. Block diagram

5. Pinning information

5.1 Pinning

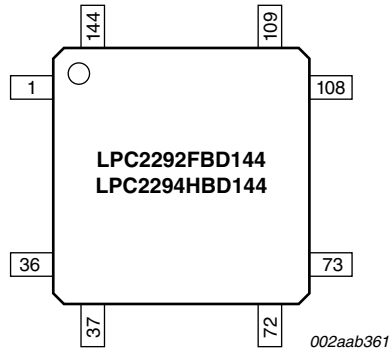


Fig 2. LQFP144 pinning

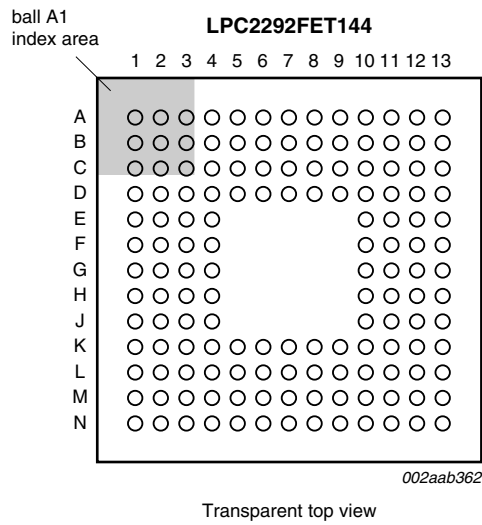


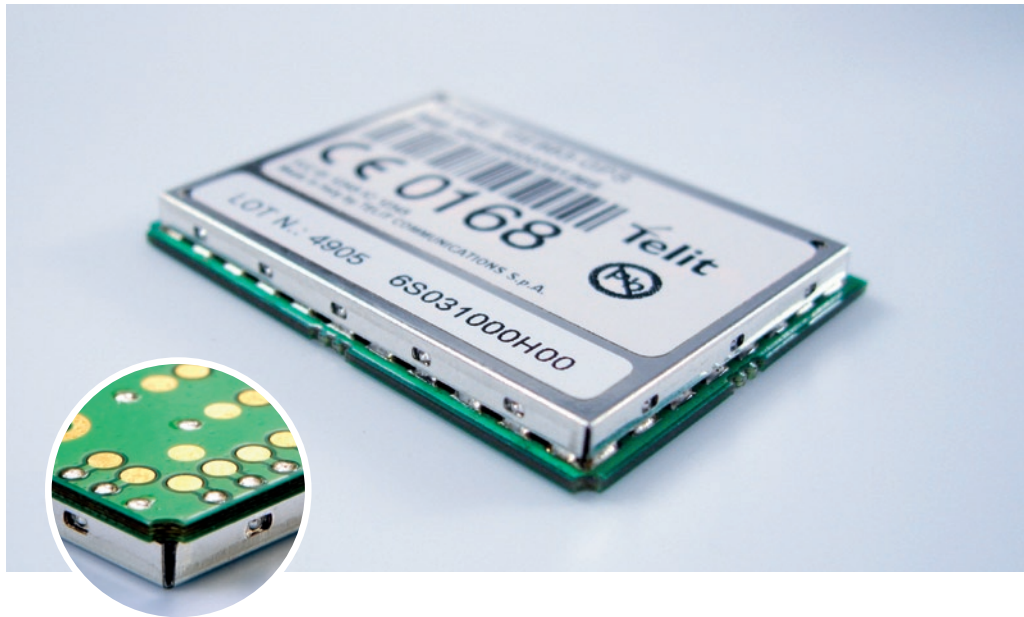
Fig 3. TFBGA144 pinning











A3: Datenblatt GSM/GPRS Modem GE 863-GPS Embedded

GSM | GPRS

GE863-GPS

Embedded



	Telit Unified AT Command Set
	SiRF® Powered
	20 Channel GPS Receiver
	BGA Package
	Quad Band GPRS
	GPRS Class 10
	RoHS Compliant
	PYTHON® Script Interpreter
	High Sensitivity
	Embedded FTP and SMTP Client
	Extended Temperature Range
	Extended RF Sensitivity
	Embedded TCP/IP Stack



TELIT INFINITA SERVICES



The new GE863-GPS is the smallest GSM/GPRS module in the market integrating full 20-channel GPS functionality. It combines the high performance from Telit's proven GSM/GPRS core technology with the latest SiRFstarIII™ high sensitivity single-chip GPS receiver.

The Ball-Grid-Array (BGA) package allows the end application to have a very low profile and small overall dimensions, making it possible for the design of extremely compact location-based-services solutions. Since connectors are eliminated, the solution cost is significantly reduced as compared to conventional mounting.

With its ultra low profile design, the Telit GE863-GPS is the ideal platform for mobile size-sensitive and high-volume applications in areas such as telematics, fleet management, tracking, security, and vehicle navigation. The new GPS receiver features low power consumption with position resolution accuracy of less than 2.5m, SBAS (WAAS and EGNOS) as well as high sensitivity for indoor fixes. These features combined with the available Python™ application development environment translate into a very cost effective and feature rich platform quite capable of becoming the total solution for the complete customer application.

Additional features including jamming detection, integrated TCP/IP protocol stack, and Easy Scan® offer unmatched benefits to the application developer without adding cost.

All Telit modules, support Over-the-Air firmware update by means Premium FOTA Management. By embedding RedBend's vCurrent® agent, a proven and battle-tested technology powering hundreds of millions of cellular handsets world-wide Telit is able to update its products by transmitting only a delta file, which represents the difference between one firmware version and another.

As part of Telit's corporate policy of environmental protection, all products comply to the RoHS (Restriction of Hazardous Substances) directive of the European Union (EU Directive 2002/95/EG).

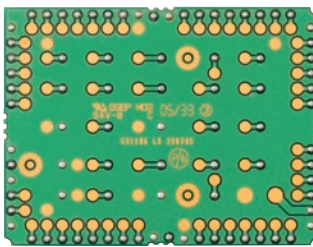
Product features

- Quad-band EGSM 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz
- Output power
 - Class 4 (2W) @ 850 / 900 MHz
 - Class 1 (1W) @ 1800 / 1900 MHz
- Control via AT commands according to GSM 07.05, 07.07 and Telit enhancements
- Supply voltage range: 3.22-4.5 V DC (3.8 V DC recommended)
- Power consumption (typical values)
 - Power off: < 26 uA
 - Idle (registered, power saving): 2.6 mA
 - Dedicated mode: 200 mA
 - GPRS cl.10: 370 mA
- Serial port multiplexer GSM 7.10
- SIM access profile
- Sensitivity:
 - 107 dBm (typ.) @ 850 / 900 MHz
 - 106 dBm (typ.) @ 1800 / 1900 MHz
- Dimensions: 41.4 x 31.4 x 3.6 mm
- Weight: 9 grams
- Extended temperature range
 - 40°C to +85°C (operational)
 - 40°C to +85°C (storage temperature)
- RoHS compliant
- TCP/IP stack access via AT commands

Making machines talk.®

GE863-GPS

Embedded



actual size

GPS receiver

- GPS power consumption: operating current: 75 mA, (including 20 mA for the antenna LNA)
- High sensitivity for indoor reception, up to -159 dBm (with active antenna)
- Accuracy < 2.5 m
- Extremely fast TTFF's at low signal levels
- Hot start < 3 s
- Warm start < 35 s
- Cold start < 35 s
- 200,000+ effective correlators
- Supports 20-channel GPS, L1 1575.42 MHz
- GPS NMEA 0183 output format
- Date WGS-84
- Dedicated GPS AT commands
- SBAS (WAAS and EGNOS) support
- Low power consumption

Interfaces

- 18 I/O ports maximum
- Analog audio (balanced and unbalanced)
- 1 A/D plus 1 D/A converters
- Buzzer output
- ITU-T V.24 serial link through CMOS UART:
 - Baud rate from 300 to 115,200 bps
 - Autobauding from 2,400 to 57,600 bps

Audio

- Telephony, emergency call
- Half rate, full rate, enhanced full rate and adaptive multi rate voice codecs (HR, FR, EFR, AMR)
- Superior echo cancellation & noise reduction
- Handset & hands-free operations
- DTMF

Approvals

- Fully type approved conforming with R&TTE
- CE, GCF, FCC, PTCRB, IC, Anatel

SMS

- Point-to-point mobile originated and mobile terminated SMS
- Concatenated SMS supported
- SMS cell broadcast
- Text and PDU mode

Circuit switched data transmission

- Asynchronous transparent circuit switched data [CSD] up to 14.4 kbps
- Asynchronous non-transparent CSD up to 9.6 kbps
- V.110

GPRS data

- GPRS class 10
- Mobile station class B
- Coding scheme 1 to 4
- PBCCH support

Fax

- Group 3, class 1

GSM supplementary

- Call forwarding
- Call barring
- Call waiting & call hold
- Advice of charge
- Calling line identification presentation (CLIP)
- Calling line identification restriction (CLIR)
- Unstructured supplementary services mobile originated data (USSD)
- Closed user group

Additional features

- SIM phonebook
- Fixed dialing number (FDN)
- Real-time clock
- Alarm management
- Battery management
- Network LED support
- IRA character set
- Jamming detection & report
- Embedded TCP/IP stack, including TCP, IP, UDP, SMTP and FTP protocols
- TFMS (Telit Firmware Management Services) Over-the-Air update

Python* application resources

- Python* script interpreter (module takes the application code directly in the Python* language)
- Memory: 1.9 MB of NV memory for the user scripts and 1.2 MB RAM for the Python* engine usage
- Over-the-air application SW update
- IIC Bus and SPI Bus controlled in Python*



Telit's EASY features

- EASY SCAN® automatic scan over GSM frequencies (with or without SIM card)

Order-No.

Please contact your Telit representative for order codes and all further information

Copyright © 2009, Telit Communications S.p.A. Subject to changes in technology, design and availability

* Copyright © 1991-1995 by Stichting Mathematisch Centrum, Amsterdam, The Netherlands, All Rights Reserved.

Copyright © 1995-2001 Corporation for National Research Initiatives; All Rights Reserved. Copyright © 2001-2009 Python Software Foundation; All Rights Reserved. All Rights Reserved are retained in Python.



Telit Communications S.p.A.
Via Stazione di Prosecco, 5/B
I-34010 Sgonico (Trieste), Italy
Tel +39 040 4192 200
Fax +39 040 4192 289
E-Mail: EMEA@telit.com

Telit Wireless Solutions Inc.
3131 RDU Center Drive, Suite 135
Morrisville, NC 27560, USA
Tel +1 888 846 9773 or +1 919 439 7977
Fax +1 888 846 9774 or +1 919 840 0337
E-Mail: NORTHAMERICA@telit.com

Telit Wireless Solutions Inc.
Rua Cunha Gago, 700 - cj 81, Pinheiros
São Paulo - SP, 05421001, Brazil
Tel +55 11 2679 4654
Fax +55 11 2679 4654
E-Mail: LATINAMERICA@telit.com

Telit Wireless Solutions Co., Ltd.
9th Fl., Daewoo Securities Bld.
34-3 Yeouido-dong, Yeongdeungpo-gu
Seoul 150-716, KOREA
Tel +82 2 368 4600
Fax +82 2 368 4606
E-Mail: APAC@telit.com

www.telit.com

Distributed by:



A4: Datenblatt Druckmessumformer JUMO 40.1010 (die ersten 5 Seiten)

JUMO GmbH & Co. KG

Hausadresse: Moritz-Juchheim-Straße 1, 36039 Fulda, Germany
Lieferadresse: Mackenrodtstraße 14, 36039 Fulda, Germany
Postadresse: 36035 Fulda, Germany

Telefon: +49 661 6003-715

Telefax: +49 661 6003-606

E-Mail: mail@jumo.net

Internet: www.jumo.net



JUMO MIDAS S05

Druckmessumformer

Typ 401010

Kurzbeschreibung

Der Druckmessumformer JUMO MIDAS S05 ist sowohl mit Relativdruck- als auch mit Absolutdruckmessbereichen erhältlich.

Durch das komplett verschweißte und dadurch dichtungslose Messsystem aus hochwertigem Edelstahl kann dieses Gerät in nahezu allen Medien, auch unter rauen Bedingungen, eingesetzt werden. Der Aufbau bietet das Optimum an Sicherheit gegen einen Austritt des Prozessmediums.

Der verwendete Silizium-Sensor ist selbst bei niedrigsten Messbereichen extrem überlastbar und bewältigt Millionen von Druckzyklen.

Viele Anwendungsmöglichkeiten finden sich in Kühl- und Klimaanlageanlagen, in Kompressoren, im Maschinenbau, im Nutzfahrzeuggbereich und in der industriellen Pneumatik.

Besonderheiten

- Dichtungsloses, verschweißtes Messsystem
- Mediumberührte Teile aus Edelstahl
- Resistent gegen Kältemittel
- Extrem überlastfest
- Für Messungen von Relativ- und Absolutdruck
- Mit Leitungsdose nach DIN 43650 lieferbar



Typ 401010/...



Technische Daten

Allgemein

Referenzbedingungen	gemäß DIN 16 086 und DIN EN 60770
Sensor Material Druckübertragungsmittel zulässige Lastwechsel	Siliziumsensor mit Edelstahl-Trennmembrane syntetisches Öl > 10 Millionen
Lage Montagelage Kalibrationslage	beliebig Gerät senkrecht stehend, Prozessanschluss unten

Eingang

Relativ- und Absolutdruck								
Messbereich (bar)	0 bis 1	0 bis 1,6	0 bis 2,5	0 bis 4	0 bis 6	0 bis 10	0 bis 16	0 bis 25
Überlastbarkeit (bar) ¹	-1 bis 4	-1 bis 6	-1 bis 10	-1 bis 16	-1 bis 24	-1 bis 40	-1 bis 60	-1 bis 100
Berstdruck (bar)	6	10	15	24	36	60	100	150
Messbereich (bar)	0 bis 40	0 bis 60						
Überlastbarkeit (bar) ¹	-1 bis 100	-1 bis 100						
Berstdruck (bar)	150							
Messbereich (bar)	-1 bis 0	-1 bis 0,6	-1 bis 1,5	-1 bis 3	-1 bis 5	-1 bis 9	-1 bis 15	-1 bis 24
Überlastbarkeit (bar) ¹	-1 bis 4	-1 bis 6	-1 bis 10	-1 bis 16	-1 bis 24	-1 bis 40	60	100
Berstdruck (bar)	6	10	15	24	36	60	100	150

¹ Alle Druckmessumformer sind vakuumfest

Analogausgang

Ausgangssignal Strom Ausgang 405 Spannung Ausgang 412 Ausgang 415 Ausgang 418 Ausgang 420 andere Ausgänge	4 ... 20 mA, Zweileiter 0,5 ... 4,5 V Dreileiter (ratiometrisch 10 ... 90% der Versorgungsspannung) 0 ... 10 V Dreileiter 1 ... 5 V Dreileiter 1 ... 6 V Dreileiter auf Anfrage
Sprungantwort t ₉₀	≤ 5 ms
Bürde 4 ... 20 mA 0,5 ... 4,5 V 1 ... 5 V 1 ... 6 V 0 ... 10 V	$R_i \leq (U_B - 8 \text{ V}) / 0,02 \text{ A}$ ≥ 20 kΩ ≥ 10 kΩ ≥ 10 kΩ ≥ 10 kΩ



Messabweichung

Relativ- und Absolutdruck									
Nennmessbereich (bar)	0 bis 1	0 bis 1,6	0 bis 2,5	0 bis 4	0 bis 6	0 bis 10	0 bis 16	0 bis 25	
Nichtlinearität (% vom Endwert) ¹	0,3	0,25					0,2		
Gesamtfehler bei +20°C (% vom Endwert) ²	0,6	0,5							
Gesamtfehler bei -20 ... +100°C (% vom Endwert) ³	1,5	1,4	1,3	1,2		1,0			
Nennmessbereich (bar)	0 bis 40	0 bis 60							
Nichtlinearität (% vom Endwert) ¹	0,2								
Gesamtfehler bei +20°C (% vom Endwert) ²	0,5								
Gesamtfehler bei -20 ... +100°C (% vom Endwert) ³	1,0								
Messbereich (bar)	-1 bis 0	-1 bis 0,6	-1 bis 1,5	-1 bis 3	-1 bis 5	-1 bis 9	-1 bis 15	-1 bis 24	
Nichtlinearität (% vom Endwert) ¹	0,3				0,25		0,2		
Gesamtfehler bei +20°C (% vom Endwert) ²	0,6			0,5					
Gesamtfehler bei -20 ... +100°C (% vom Endwert) ³	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0				

¹ Nichtlinearität nach Grenzpunkteinstellung

² Beinhaltet: Nichtlinearität, Hysterese, Nichtwiederholbarkeit, Abweichung Messbereichsanfangswert und Messbereichsendwert

³ Beinhaltet: Nichtlinearität, Hysterese, Nichtwiederholbarkeit, Abweichung Messbereichsanfangswert und Messbereichsendwert, Thermischer Einfluss auf Messbereichsanfang und Messspanne

Mechanische Eigenschaften

Werkstoffe	
Prozessanschluss	Edelstahl 316L
Dichtung	Das Messsystem ist dichtungslos verschweißt ⁴
Membrane	Edelstahl 316L
Gehäuse	Edelstahl 316L
Gewindehülse M12x1	Edelstahl 316L
Stecker	PA (Polyamid)
Gewicht	
Gerät mit Prozessanschluss 502 (G1/4)	80 g

⁴ Druckmessumformer mit Prozessanschluss 521 werden mit einer Dichtung aus FPM geliefert

Umgebungsbedingungen

Zulässige Temperaturen	
bei elektrischem Anschluss 36, 53 oder 61	
Messstoff	-40 ... +125°C
Umgebung	-40 ... +125°C
Lagerung	-40 ... +125°C
bei elektrischem Anschluss 11	
Messstoff	-40 ... +125°C
Umgebung	-40 ... +100°C
Lagerung	-40 ... +100°C
Bei Umgebungstemperatur -50°C	
Eingeschränkte Funktion	Einsatz nur stationär, Kabelbruchgefahr
Zulässige Luftfeuchtigkeit	
Betrieb	100% rel. Feuchte, inkl. Kondensation auf der Außenhülle des Gerätes
Lagerung	90% rel. Feuchte, ohne Kondensation

JUMO GmbH & Co. KG

Hausadresse: Moritz-Juchheim-Straße 1, 36039 Fulda, Germany
 Lieferadresse: Mackenrodtstraße 14, 36039 Fulda, Germany
 Postadresse: 36035 Fulda, Germany

Telefon: +49 661 6003-715
 Telefax: +49 661 6003-606
 E-Mail: mail@jumo.net
 Internet: www.jumo.net



Zulässige mechanische Beanspruchung Schwingungsfestigkeit ¹ Schockfestigkeit ²	20 g bei 10 ... 2000 Hz 50 g für 11 ms 100 g für 1 ms
Elektromagnetische Verträglichkeit Störaussendung ³ Störfestigkeit ³	Klasse A Leistungsmerkmal A
Schutzart nach EN 60529 bei Elektrischem Anschluss 11 (festes Kabel und Relativdruck Messbereich) 11 (festes Kabel und Absolutdruck Messbereich) 36 (Rundstecker M12 x 1) 52 (Mini Metri Pack Serie 150) 53 (Bajonettstecker) 61 (Leitungsdose) ⁴	IP66 IP67 IP66 IP67 IP67 IP65

¹ Nach IEC 60068-2-6

² Nach IEC 60068-2-27

³ Nach EN61326

⁴ Anschlussleitungsdurchmesser minimal 5 mm, maximal 7 mm

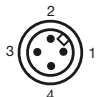
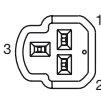
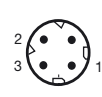
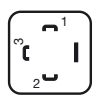
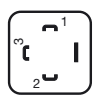




Spannungsversorgung

Hilfsenergie Anschlussbelegung Spannungsversorgung U_B bei Ausgang 405 = 4 ... 20 mA bei Ausgang 412 = 0,5 ... 4,5 V bei Ausgang 415 = 0 ... 10 V bei Ausgang 418 = 1 ... 5 V bei Ausgang 420 = 1 ... 6 V Restwelligkeit Verpolungsschutz Stromaufnahme Stromkreis	Siehe Seite 6/8 8 ...30 V DC, Nennspannung 24 V DC 5 V DC \pm 0,5 V, Nennspannung 5 V DC 12,5 ...30 V DC, Nennspannung 24 V DC 8 ...30 V DC, Nennspannung 24 V DC 8 ...30 V DC, Nennspannung 24 V DC Die Spannungsspitzen dürfen die angegebenen Werte der Versorgungsspannung nicht über- oder unterschreiten ja \leq 25 mA SELV
Elektrischer Anschluss 11 = Festes Kabel 36 = Rundstecker M12 x 1 52 = Mini Metri Pack Serie 150 53 = Bajonettstecker 61 = Leitungsdose	Kabel 4-adrig, PVC, Länge 2 m (andere Längen auf Anfrage) 4-polig, A-codiert Mini Metri Pack Serie 150 DIN 72585 A1 - 3.1 DIN 175301 Form A ⁵

⁵ Leitungsquerschnitt \leq 1,5 mm²



Elektrischer Anschluss

Anschluss		Anschlussbelegung						
								
		11 Kabel	36 M12x1	52 Mini Metri Pack	53 Bajonett	61 Leitungsdose		
Geräte mit Dreileiter Ausgang								
Spannungsversorgung		U_B 0 V	weiss + braun -	1+ 2-	2+ 1-	1+ 2-	1 L+ 2 L-	
bei Ausgang 412		5 V DC						
bei Ausgang 415		12,5 ... 30 V DC						
bei Ausgang 418		8 ... 30 V DC						
bei Ausgang 420	8 ... 30 V DC							
Ausgang		S- S+	braun - gelb +	2- 3+	1- 3+	2- 3+	2 - 3 +	
412 = 0,5 ... 4,5 V, ratiometrisch								
415 = 0 ... 10 V								
418 = 1 ... 5 V								
420 = 1 ... 6 V								
Geräte mit Zweileiter Ausgang								
Spannungsversorgung		U_B 0 V	weiss + braun -	1+ 3-	2+ 1-	1+ 2-	1 L+ 2 L-	
bei Ausgang 405		8 ... 30 V DC						
Ausgang		S- S+	weiss braun	1+ 3-	2+ 1-	1+ 2-	1 + 2 -	
405 = 4...20 mA, Zweileiter								
Eingeprägter Strom 4 bis 20 mA in Spannungsversorgung								

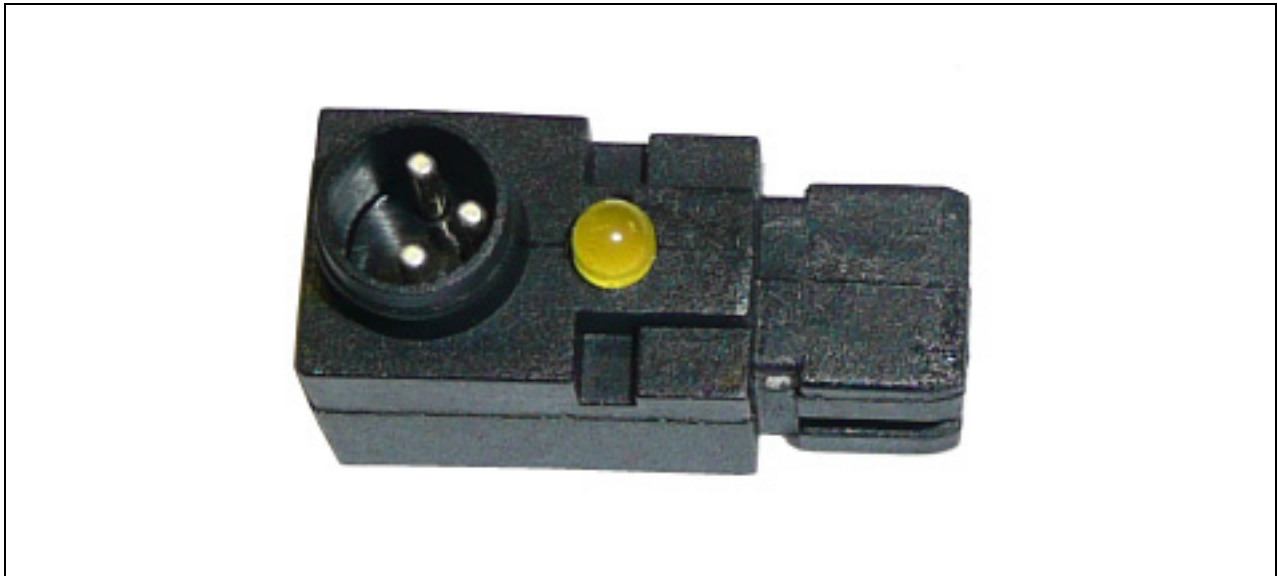
A5: Datenblatt Reedschalter (magnetic proximity switch)



Datasheet

(1 / 3)

Magnetic proximity switch – 3 pole with LED (without cable)		Part-No.: 45-29683	
29683_Datasheet_Magnetic-proximity-switch_Rev1.doc		2010-01-20	Rev. 1



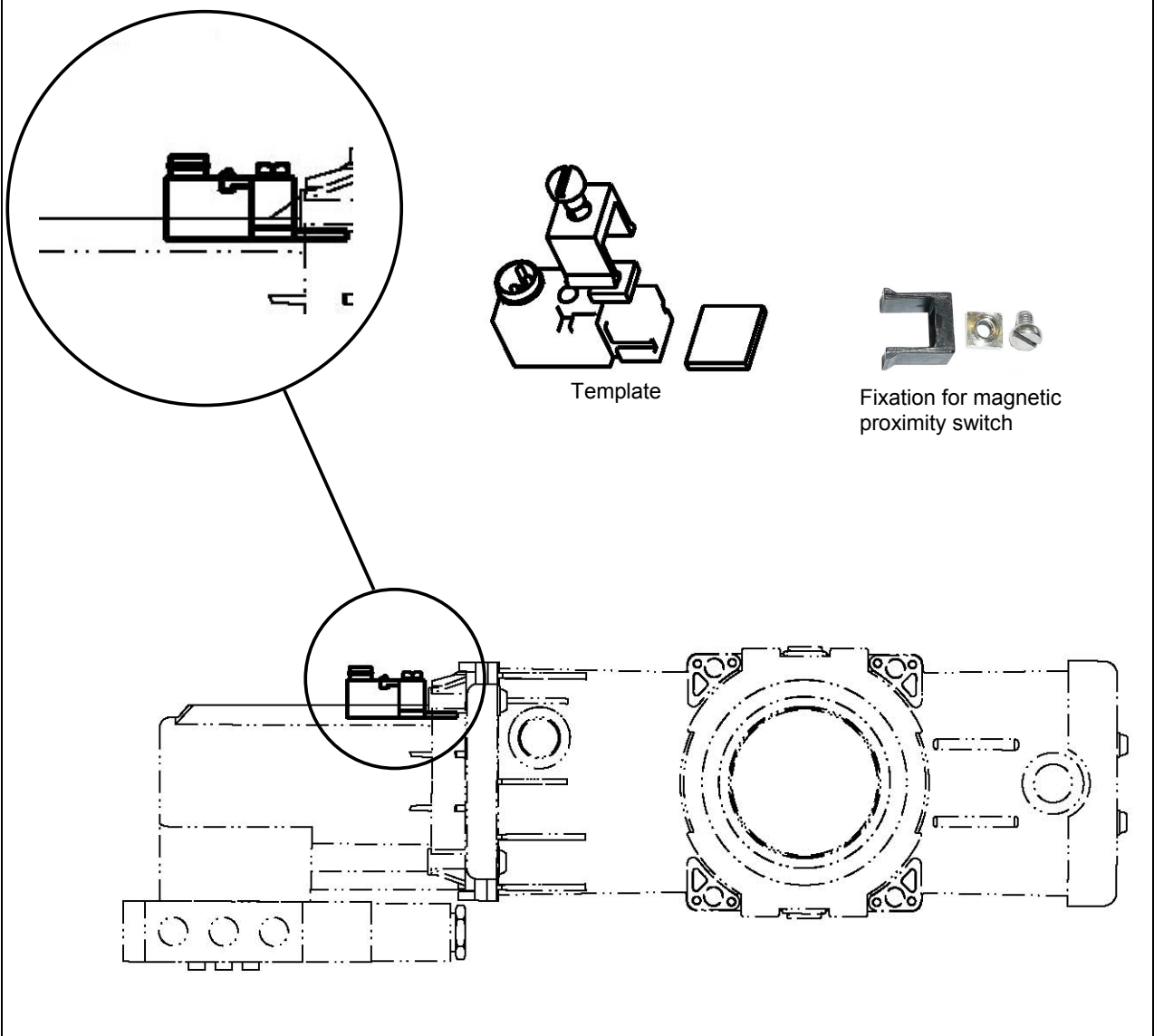
Technical data	
Housing material	PA (+G)
Protection class	IP 67 EN 60529
Tension in DC	24 V
Tension in AC	24 V
Current at 25° C	1A
Power	10 VA
On time	0.5 mS
Off time	0.1 mS
On point	110 Gauss
Off point	60 Gauss
Electric life (pulses)	10 ⁷
Contact resistance	0.1 Ω
Dimensions (height mm x length mm)	15 mm x 23 mm

Datasheet

(2 / 3)

Magnetic proximity switch – 3 pole with LED (without cable)	Part-No.: 45-29683	
29683_Datasheet_Magnetic-proximity-switch_Rev1.doc	2010-01-20	Rev. 1

Mounting position



Installation of magnetic proximity switch

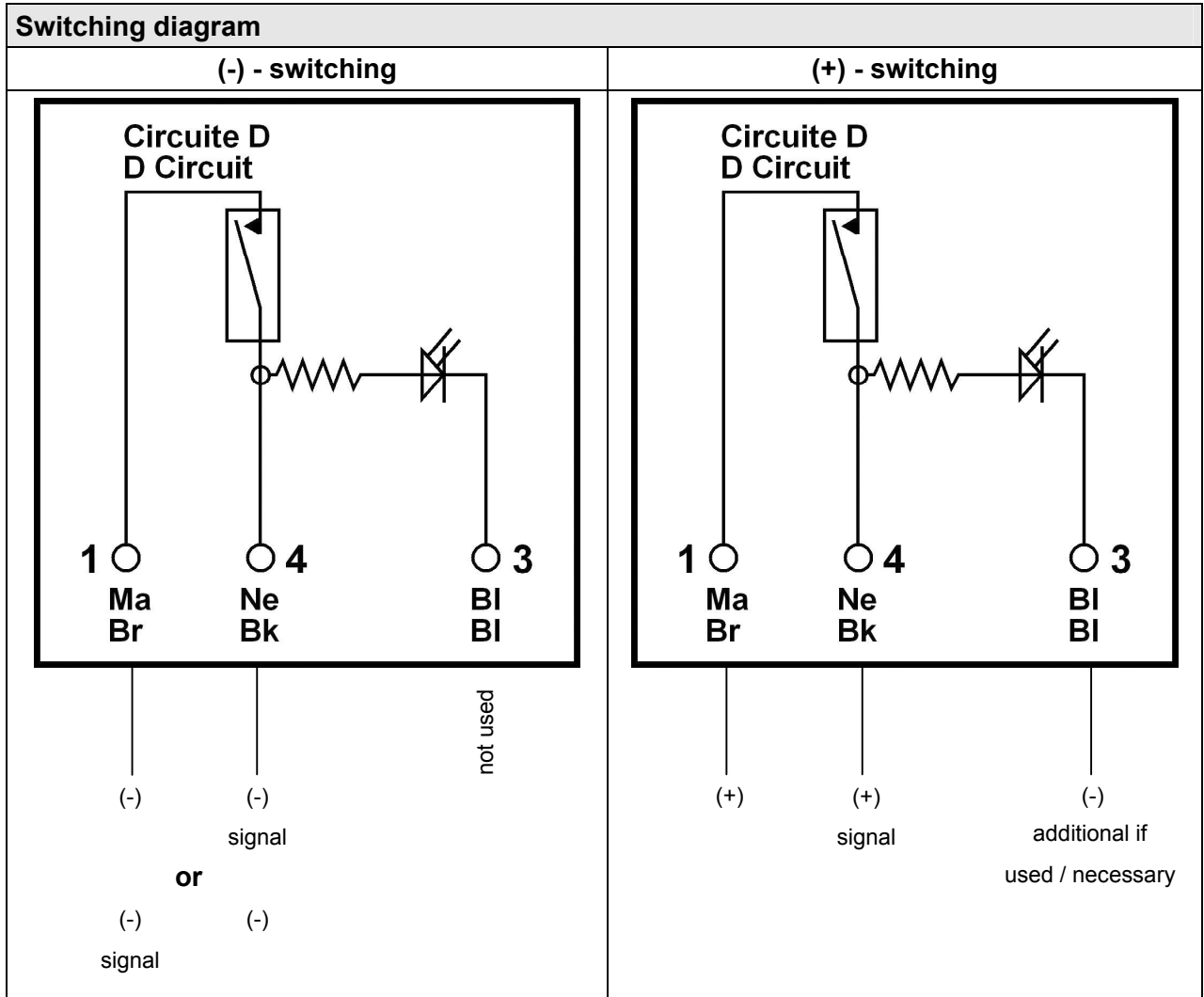
The magnetic proximity switch is installed with a template to ensure correct distance. Do not remove the template when installing a new magnetic proximity switch.

Installation

- Fit the magnetic proximity switch onto sliding gate valve (see above for mounting position).
- The magnetic proximity switch should be snug with the template.
- Fix the magnetic proximity switch with the provided fixation.

Datasheet

Magnetic proximity switch – 3 pole with LED (without cable)		Part-No.: 45-29683
29683_Datasheet_Magnetic-proximity-switch_Rev1.doc	2010-01-20	Rev. 1



© This document contains proprietary information of EVAC GmbH, and is issued in strict confidence. Except for the rights expressly granted by contract, this document may not, in whole or in part, be duplicated, reproduced, disclosed, or used for design or manufacturing purposes without written authorization from EVAC GmbH.

All units of measurement, illustrations and technical information have been carefully constructed. We reserve the right of modifications, as well as correcting failures, in order to help the improvement and security of the system.

Versicherung über die Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §16(5) ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen habe ich unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Hamburg, den 21.04.2010

Dimitri Weiß