



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# Bachelorthesis

Clemens Rubin Cohrs

Entwicklung einer IEC61850 konformen  
Erweiterungskarte zur Übertragung  
von Mess- und Alarmdaten

Clemens Rubin Cohrs

Entwicklung einer IEC61850 konformen  
Erweiterungskarte zur Übertragung  
von Mess- und Alarmdaten

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 Dierks  
Zweitgutachter : Prof. Dr. Jochen Schneider

Abgegeben am 31. Oktober 2014

**Clemens Rubin Cohrs**

**Thema der Bachelorthesis**

Entwicklung einer IEC61850 konformen Erweiterungskarte zur Übertragung von Mess- und Alarmdaten

**Stichworte**

IEC 61850, Datenerfassung, Mikrokontroller, Hardwareentwicklung, SCL, IED, Softwareentwicklung

**Kurzzusammenfassung**

Diese Arbeit handelt von der Entwicklung einer Erweiterungskarte für ein Multi-Gas-in-Öl-Analysesystem. Mit Hilfe der zu entwickelnden Erweiterungskarte sollen Mess- und Alarmdaten normkonform gemäß IEC 61850 übertragen werden. In der Arbeit werden zudem die Planung und die Durchführung des Hard- und Softwaredesigns beschrieben. Darüber hinaus werden die Inbetriebnahme und die Durchführung der dazugehörigen Konformitätstests dargestellt.

**Clemens Rubin Cohrs**

**Title of the paper**

Development of an IEC 61850 compatible extension card for transmitting measurement- and alarm data.

**Keywords**

IEC 61850, data processing, micro controller, hardware development, SCL, IED, software development

**Abstract**

This thesis deals with the development of an extension card for a multi-gas-in-oil-analysesystem. The extension card to be developed shall be used for transmitting measurement and alarm data in accordance with IEC 61850. The planning and implementation of the hardware and software design are outlined. Furthermore, the commissioning and implementation of related conformity testings are described.

# Inhalt

1. Einleitung.....	9
2. Überblick über den Betrieb.....	11
3. IST-Analyse .....	12
3.1 HYDROCAL.....	12
3.2 Bewertung.....	14
3.3 Vorstellung der IEC 61850.....	15
4. Aufgabenstellung .....	20
5. Entwicklung der Hardware der Erweiterungskarte.....	22
5.1 Hardwarekonzept.....	23
5.1.1 Modul 1: Entwicklung der Grundschialtung.....	24
5.1.2 Modul 2: Kommunikation mit dem HYDROCAL.....	25
5.1.3 Modul 3 Ethernetschnittstelle des SC143.....	26
5.2 Inbetriebnahme.....	30
5.2.1 Phase 1: erste Inbetriebnahme.....	30
5.2.2 Phase 2: Redesign .....	32
5.2.3 Phase 3: zweite Inbetriebnahme .....	34
6. Entwicklung der SCL Dateien.....	37
6.1 Eingesetzte Software.....	37
6.2 Entwicklung der ICD Dateien.....	38
6.3 Entwicklung der CID Dateien.....	47
7. Entwicklung der Serverapplikation .....	48
7.1 Anforderungsanalyse .....	48
7.1.1 Stakeholder und Zieldefinition.....	48
7.1.2 Use-Case-Ermittlung .....	53
7.2 Grobdesign .....	61
7.2.1 Zu unterstützende Hardware .....	61
7.2.2 Entwicklungsumgebung .....	61
7.2.3 Schnittstellen.....	61
7.2.4 Grundfunktionen.....	63
7.2.5 Programmablauf .....	65

<b>7.3</b>	Umsetzung .....	66
<b>7.3.1</b>	Debugging .....	66
<b>7.3.2</b>	Funktionsgruppe UART .....	67
<b>7.3.3</b>	Funktionsgruppe Alarme / Sensoren / Systeminformationen .....	68
<b>7.3.4</b>	Funktionsgruppe Netzwerkparameter.....	69
<b>7.3.5</b>	Funktionsgruppe Serverfunktionen / Systemfunktionen.....	70
<b>8.</b>	Tests .....	72
<b>8.1</b>	Auswahl von Testtools .....	72
<b>8.2</b>	Test mit Simflex Client Simulator .....	73
<b>8.3</b>	Test mit Omicron IEDScout .....	74
<b>8.4</b>	Test der SCL Datei .....	75
<b>8.5</b>	Integrationstest.....	76
<b>8.6</b>	Bewertung der Testergebnisse .....	77
<b>9.</b>	Fazit .....	78
<b>9.1</b>	Bewertung des Zeitmanagements .....	78
<b>9.2</b>	Bewertung des Projektverlaufes .....	79
<b>9.3</b>	Ausblick .....	80
<b>10.</b>	Literaturverzeichnis.....	81
<b>11.</b>	Anhang .....	83
<b>12.</b>	Versicherung über die Selbstständigkeit .....	85

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1</b> Screenshot Hydrossoft (vgl. EMH 2, 2013, S. 1).....	13
<b>Abbildung 2</b> Überblick der verwendeten Protokolle (vgl. Quelle, SystemCORP , 2010, S. 4).....	16
<b>Abbildung 3</b> Kommunikationsübersicht (vgl. Quelle, SystemCORP 1, 2010, S. 9).....	17
<b>Abbildung 4</b> Beispiel für einen logischen Knoten .....	19
<b>Abbildung 5</b> Blockschaltbild des Hardwareentwurfes.....	23
<b>Abbildung 6</b> Beispiel Grundschtung des SC143 (vgl. Quelle, Beck 1, 2010, S. 54).....	24
<b>Abbildung 7</b> Spannungsreglung (vgl. Quelle, Anhang 2) .....	24
<b>Abbildung 8</b> Überwachungsschaltkreis für den Reset (vgl. Quelle, Anhang 1, S. 1).....	25
<b>Abbildung 9</b> Serielle Debugschnittstelle (vgl. Quelle, Anhang 6, S. 1).....	25
<b>Abbildung 10</b> Beschaltung des Modemsockel des HYDROCAL (vgl. Quelle, Anhang 1, S. 1) .....	26
<b>Abbildung 11</b> Anschlussschema des IP175GH .....	27
<b>Abbildung 12</b> PHY-to-PHY Verbindung Controllerplatine Version 1(vgl. Quelle, Anhang 1, S. 1) .....	28
<b>Abbildung 13</b> Controller Platine .....	29
<b>Abbildung 14</b> Interfaceplatine 96138 mit 2xRJ45 mit 1x RJ45 und 1x SC Anschluss 96139.....	29
<b>Abbildung 15</b> Controllerplatine mit aufgesteckter Interfaceplatine .....	29
<b>Abbildung 16</b> Angepasstes Schirmblech mit befestigter Interfaceplatine .....	29
<b>Abbildung 17</b> Ausgabe von "IPCFG" .....	30
<b>Abbildung 18</b> Integration eines Transformators in die Schaltung.....	33
<b>Abbildung 19</b> PHY-to-PHY Verbindung Controllerplatine Version 2 (vgl. Quelle, Anhang 6, S. 2) .....	33
<b>Abbildung 20</b> Layout Controllerplatine Version 2 .....	35
<b>Abbildung 21</b> Layout der Controllerplatine Version 3 .....	36
<b>Abbildung 22</b> ICD Designer .....	38
<b>Abbildung 23</b> Übersicht über den LN Physical device information (vgl. IEC 61850 7 – 4, 2010, S. 24) 40	40
<b>Abbildung 24</b> Übersicht über LN Insulation medium supervision (vgl. IEC 61850 7 – 4, 2010, S. 93). 42	42
<b>Abbildung 25</b> LN GGIO (vgl. IEC 61850 7 – 4, 2010, S. 45).....	45
<b>Abbildung 26</b> Screenshot Omicron IED-Scout V2 .....	46

<b>Abbildung 27</b> Use-Case Daten auslesen .....	54
<b>Abbildung 28</b> Use-Case CID Datei ändern.....	58
<b>Abbildung 29</b> Use-Case Systemstart.....	60
<b>Abbildung 30</b> Programmablauf einer IEC 61850 Serverapplikation (vgl. System Corp 1, 2010 S. 14) .	65
<b>Abbildung 31</b> Ablaufplan Updatefunktionen.....	68
<b>Abbildung 32</b> Ablaufplan Netzwerkparameter.....	69
<b>Abbildung 33</b> Test der Serververbindung mit "Simflex Client Simulator" .....	73
<b>Abbildung 34</b> Protokolldatei des Tests .....	73
<b>Abbildung 35</b> HYDROCAL 1005 mit IEC 61850 Erweiterungskarte .....	76

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1</b> Zeitplanung des Projektes .....	21
<b>Tabelle 2</b> Eigenschaften des SC143 (vgl. Quelle, BECK 2, 2010) .....	22
<b>Tabelle 3</b> Zuordnungstabelle LPHD .....	41
<b>Tabelle 4</b> Zuordnungstabelle SIML.....	43
<b>Tabelle 5</b> Zuordnungstabelle für GGIO .....	45
<b>Tabelle 6</b> Ziel 1 (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 61) .....	50
<b>Tabelle 7</b> Ziel 2 (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 61) .....	51
<b>Tabelle 8</b> Ziel 3 (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 61) .....	51
<b>Tabelle 9</b> Ziel 4 (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 61) .....	52
<b>Tabelle 10</b> Use-Case Daten auslesen (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 68) .....	53
<b>Tabelle 11</b> Use-Case Netzwerkparameter einstellen (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 68) .....	55
<b>Tabelle 12</b> Use-Case Netzwerkparameter einstellen (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 68) .....	56
<b>Tabelle 13</b> Use-Case CID Datei ändern (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 68) .....	57
<b>Tabelle 14</b> Use-Case Systemstart (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 68).....	59
<b>Tabelle 15</b> Liste der HYDROCAL-Befehle.....	62
<b>Tabelle 16</b> Liste der PIS10 Befehle (vgl. Quelle, SYSTEM CORP S.13 2010) .....	62
<b>Tabelle 17</b> Sensorzuordnung HYDROCAL.....	70
<b>Tabelle 18</b> Übersicht über die durchgeführten Tests mit "Simflex Client Simulator" .....	74
<b>Tabelle 19</b> Übersicht über die durchgeführten Tests mit "Simflex SCL Checker".....	75
<b>Tabelle 20</b> aktualisierter Zeitablauf des Projektes.....	78



## **Abkürzungsverzeichnis**

CID	Configured IED Description
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Events
ICD	IED Capability Description
IEC	International Electrotechnical Commission
IED	Intelligent Electronic device
LN	Logical Node
MII	Media Independent Interface
MMS	Manufacturing Messaging Specification
RTOS	Real Time Operating System
SCL	Substation Configuration Language
SNTP	Simple Network Time Protocol
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
XML	Extensible Markup Language

# 1. Einleitung

In Umspannwerken werden, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten, eine Vielzahl von Messgeräten unterschiedlichster Hersteller zur Überwachung eingesetzt. Jedes Messgerät verfügt über eigene Tools zur Fernüberwachung in Leitstellen, weil jeder Hersteller seine eigene Gerätesoftware mitliefert. Um die Überwachung eines Umspannwerks mit Messgeräten unterschiedlicher Hersteller zu vereinfachen, wurde die Norm IEC 61850 eingeführt. Die IEC 61850 ist ein objektorientiertes Übertragungsprotokoll.

Eines dieser Messgeräte sind HYDROCAL Multi-Gas-in-Öl-Analysesysteme des Unternehmens „EMH Energiemesstechnik GmbH“, die der Überwachung der Hochspannungstransformatoren dienen. Es gibt Leitstellensoftware, die von HYDROCAL Kunden eingesetzt werden, die die IEC 61850 als Schnittstelle verwenden. Der HYDROCAL bietet zurzeit keine Möglichkeit gemäß IEC 61850 zu kommunizieren.

In dieser Arbeit wird eine Erweiterungskarte entwickelt, welche es dem HYDROCAL ermöglicht normgerecht nach IEC61850 Mess- und Alarmdaten zu übertragen.

Auf diese Weise soll die Integration des HYDROCALs in ein zentralisiertes Überwachungssystem aller Messgerätedaten ermöglicht werden.

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut:

Nach einer Vorstellung des Unternehmens „EMH Energiemesstechnik GmbH“ in Kapitel 2 folgt in Kapitel 3 die IST-Analyse. Darin wird zuerst der HYDROCAL vorgestellt und anschließend aufgezeigt, welche Vorteile die Übertragung der Messwerte mittels IEC 61850 bietet. In diesem Kapitel werden auch die Grundbegriffe und Inhalte der Norm IEC 61850 näher erläutert.

In Kapitel 4 folgt dann die Konkretisierung der Aufgabenstellung die Teilung des Projekts in die drei Teilbereiche: Entwicklung der Hardware der Erweiterungskarte, Entwicklung der SCL Datei und die Entwicklung der Serverapplikation. Darüber hinaus wird die Zeitplanung für das Projekt beschrieben.

In Kapitel 5 wird die Entwicklung der Hardware der Entwicklungskarte beschrieben. In Abschnitt 5.1 wird das Hardwarekonzept erstellt. Darin wird die Entwicklung der Schaltung

beschrieben. Nach der Fertigung wird die Inbetriebnahme der Erweiterungskarte in Abschnitt 5.2 beschrieben. Dabei werden mehrere Tests und Redesigns durchgeführt bis die Erweiterungskarte einsatzbereit ist.

Kapitel 6 beschreibt die Programmierung der benötigten SCL Dateien. Es wird beschrieben, welche Werkzeuge zur Erstellung der Dateien eingesetzt werden. Anschließend wird der normgerechte Aufbau des ICD Datei erläutert.

In Kapitel 7 geht es um die Entwicklung der Serversoftware. Dazu kann in Abschnitt 7.1 die Anforderungsanalyse nachvollzogen werden. Nach der Festlegung der Stakeholder werden die Ziele definiert und die Use-Cases erfasst werden. In Abschnitt 7.2 werden im Grobdesign der grundlegende Aufbau mit allen benötigten Funktionsgruppen entwickelt. Die Besonderheiten die bei der Umsetzung der Serversoftware aufgetreten sind, werden in Abschnitt 7.3 beschrieben.

Nach der Fertigstellung der Serversoftware wird die Erweiterungskarte weiteren Tests unterzogen. Dabei wurde ein Fokus auf die Kompatibilität mit anderen IEC 61850 Clients unterschiedlicher Hersteller gelegt. In Kapitel 8 werden die eingesetzten Testwerkzeuge vorgestellt und die Probleme, die es bei der Durchführung der Tests gab, beschrieben. Am Ende des Kapitels erfolgt eine Einschätzung zur Qualität der Tests.

Kapitel 9 bildet den Abschluss dieser Arbeit. Hier wird das Projekt noch einmal final bewertet. Es werden Aussagen zum tatsächlichen Zeitmanagement getroffen und Ausblicke in die Projektzukunft gewagt.

## **2. Überblick über den Betrieb**

Die „EMH Energie-Messtechnik GmbH“, im weiteren EMH genannt, ist ein mittelständisches Unternehmen, welches im Jahre 1984 gegründet wurde. Zurzeit sind 48 Mitarbeiter beschäftigt. Das Betätigungsfeld der EMH Energie-Messtechnik GmbH liegt in der Entwicklung und Fertigung von Präzisionsmesstechnik zur Leistungs- und Energiemessung für Energieversorger in Deutschland und der gesamten Welt. Zu den Produkten zählen Messgeräte für die Prüfung von Energiezählern und Anlagen zur Prüfung von größeren Stückzahlen von Elektrizitätszählern in den Prüfstellen von Zählerherstellern, Energieversorgern oder Dienstleistungsunternehmen. Diese Messgeräte unterliegen strengen Präzisionsanforderungen, da sie nach ihrer Zulassung durch die Physikalisch Technische Bundesanstalt im amtlichen Eichwesen verwendet werden. Das Unternehmen ist nach DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert und betreibt ein akkreditiertes Labor nach DIN EN ISO 17025, sowie eine akkreditierte Inspektionsstelle nach DIN EN ISO 17020 (vgl. EHM 1, o.J., S. 1).

## 3. IST-Analyse

### 3.1 HYDROCAL

Eines der Kernprodukte, das die EMH entwickelt, ist der HYDROCAL. Der HYDROCAL ist ein am Transformator fest installiertes Multi-Gas-in-Öl-Analyse-System. Es dient der Transformatorüberwachung. Der HYDROCAL besteht aus einer Mess- und Controllerkarte und mehreren Messkammern. Die Geräte und ihre einzelnen Komponenten werden in Litauen produziert und gefertigt. Je nach Gerätetyp können bis zu 8 unterschiedliche Gase gemessen werden. Gemessen werden können folgende Gase:

- Wasserstoff ( $H_2$ )
- Kohlenmonoxid ( $CO$ )
- Kohlendioxid ( $CO_2$ )
- Methan ( $CH_4$ )
- Azetylen ( $C_2H_2$ )
- Äthylen ( $C_2H_4$ )
- Ethan ( $C_2H_6$ )

Der HYDROCAL entnimmt dem Transformator eine Ölprobe und analysiert diese. Je nach Auftreten der oben aufgeführten Gase, können Fehler im Transformator frühzeitig erkannt werden, um Störungen und Ausfälle zu verhindern. Ein Auftreten von Wasserstoff kann ein Anzeichen auf einen Fehler des Isolationssystems sein. Kohlenstoffmonoxid tritt zum Beispiel beim Zersetzen der Papierisolierung auf. Können bei einer Messung Azetylen und Äthylen nachgewiesen werden, sind das mögliche Indikatoren für eine Überhitzung, eine Teilentladung oder für hochenergetische Lichtbögen. (vgl. EMH 2, 2010, S. 1).

Der HYDROCAL kann durch weitere transformationspezifische Sensoren bedarfsorientiert erweitert werden. Dadurch ist es dem Kunden möglich auch Fremdsensoren zu integrieren und mit Hilfe des HYDROCAL weitere Funktionen und Arbeitsschritte zu überwachen. Dazu

stehen bis zu vier analoge Eingänge 0/4-20mA und bis zu sechs über Jumper konfigurierbare Analogeingänge bereit (vgl. EMH 2, 2010, S. 1).

Weiter bietet der HYDROCAL die Möglichkeit mit Hilfe von Relaisausgängen Alarme zu übertragen oder Steuerfunktionen zu übernehmen.

Die Steuerung des HYDROCAL kann direkt am Gerät über ein Display und eine Tastatur erfolgen. Für den lokalen Zugriff stehen eine RS485- und eine Ethernetschnittstelle zur Verfügung. Sowohl RS485, als auch die Ethernetschnittstelle können mit hauseigenen Protokollen oder MODBUS RTU/ASCII/TCP-Protokoll betrieben werden. Für den Fernzugriff stehen als Option ein on-board GSM- oder Analogmodem und ein on-board DNP3 seriell Modem zur Verfügung. (vgl. EMH 2, 2013, S. 1).

Mit Hilfe der Kommunikationsschnittstellen kann der HYDROCAL mit der PC Software Hydrosoft verbunden werden. Hydrosoft ermöglicht die Konfiguration und Verwaltung der angeschlossenen HYDROCAL Geräte. Die gespeicherten Messdaten können aus dem Gerät ausgelesen, aufbereitet und grafisch dargestellt werden. Im Falle eines vom HYDROCAL ausgelösten Alarms können verschiedene Personen per E-Mail informiert werden. (vgl. EMH 2, 2013, S. 1).

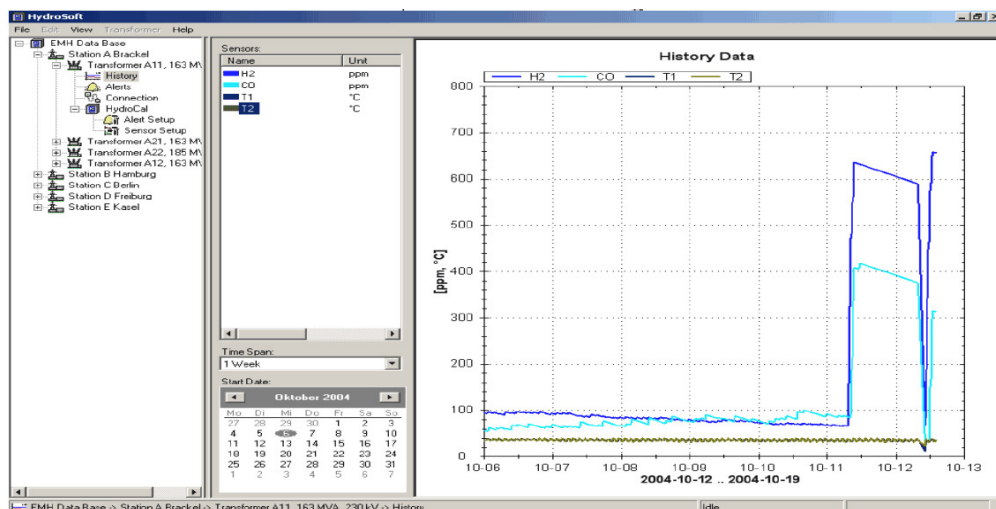


Abbildung 1 Screenshot Hydrosoft (vgl. EMH 2, 2013, S. 1).

HYDROCAL Geräte werden weltweit für die Überwachung von Hochspannungstransformatoren zum Beispiel in Umspannwerken eingesetzt.

In Umspannwerken oder Kraftwerken gibt es zur Überwachung des Betriebs eine Vielzahl von verschiedenen Überwachungseinrichtungen von verschiedenen Herstellern. Jeder Hersteller liefert ein eigenes Tool um das Gerät zu steuern und zu überwachen. Beim HYDROCAL erfolgt dieses über Hydrossoft.

Andere Unternehmen bieten Softwarelösungen, die eine Überwachung von Geräten unterschiedlicher Hersteller ermöglichen an. Die Überwachung der Geräte „Substations“ kann auf diese Weise zentralisiert erfolgen. Diese Lösungen sind modular aufgebaut. Einige EMH-Kunden setzen zur zentralen Überwachung die Software „Siemens Simotion SCOUT v4“ ein. Die Software erlaubt mit Hilfe der IEC 61850 die verschiedene Substations abzubilden und zu überwachen. HYDROCAL Geräte verfügen zurzeit über keine Möglichkeit über IEC 61850 zu kommunizieren. Daher ist es nicht möglich einen HYDROCAL in Überwachungssysteme zu integrieren.

Eine Integration des HYDROCAL in Fremdsysteme ist momentan mit Hilfe analoger 0-20mA Ausgängen möglich.

### **3.2 Bewertung**

Die IST-Analyse zeigt zwei verschiedene Ansätze der Überwachung, wenn Geräte verschiedener Hersteller gleichzeitig eingesetzt werden. Der erste Ansatz, speziell auf die Geräte abgestimmte Softwarelösungen der Hersteller zu nutzen, hat den Vorteil, dass sie sämtliche Funktionen des Gerätes optimal abbilden. In der „Gas-in-Öl-Analyse“ des HYDROCAL mit Hydrossoft gibt es Verfahren, wie zum Beispiel das Duval Dreieck. Bei diesem werden ausgewählte Messwerte in Relation gesetzt und auf einem Dreieck dargestellt. Je nach Ölsorte gibt es auf diesem Dreieck verschiedene Zonen, welche für verschiedene Fehler im Transformatorbetrieb hindeuten. Die Überwachung der Gaskonzentrationen können mit Hydrossoft viel detaillierter erfasst und in Relation gesetzt werden.

Ein Nachteil dieses Ansatzes ist die fehlende Übersicht aller zur Überwachung notwendigen Messdaten. Die Überwachung ist für den Facharbeiter aufwendig und zeitintensiv. Die Wartung und die Schulung solcher dezentralen Softwarelösungen sind aufwendig und kostspielig. Aus diesem Grund wünschen sich die Unternehmen eine zentrale Überwachung ihrer Umspannwerke.

Der zweite Ansatz, eine zentrale Überwachung Mittels IEC 61850, erfüllt diese Forderung. Sie ermöglicht ein zentrales Sammeln und Überwachen von Mess- und Alarmdaten. Die IEC 61850 dient als Schnittstelle zwischen den Substations und der Kontrollsoftware. Alle Geräte, die überwacht werden sollen, müssen in dem festgeschriebenen logischen Knoten vorhanden sein oder durch einzelne Komponenten beschrieben werden können. Sonderfunktionen der herstellereigenen Software können jedoch nicht verwendet werden.

Aus der Ist-Analyse folgt, dass ein Bedarf nach einer Möglichkeit besteht HYDROCAL Geräte mit Hilfe der IEC 61850 in kundeneigene Softwarelösungen zu integrieren. Zurzeit steht keine Möglichkeit zur Verfügung einen HYDROCAL mit einem zentralen Überwachungssystem wie „Siemens Simotion SCOUT v4“ zu verbinden, da der HYDROCAL keine Kommunikation mittels IEC 61850 unterstützt.

Im Gegenzug gilt es bei einer Umsetzung zu klären, ob alle Funktionen des HYDROCAL in der IEC 61850 vorgesehen sind.

### **3.3 Vorstellung der IEC 61850**

Diese Arbeit befasst sich mit der IEC 61850 „Communication Networks and Systems in Substations“. Zum leichteren Verständnis werden die Kernpunkte noch einmal zusammengefasst.

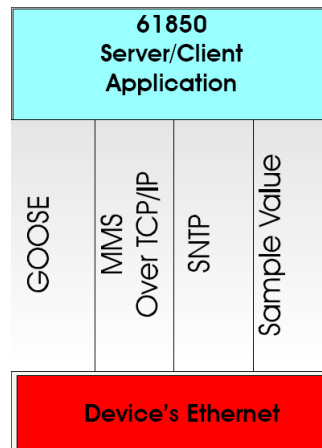
Hinter der IEC 61850 „Communication Networks and Systems in Substations“ verbirgt sich ein allgemeines Übertragungsprotokoll, welches in der Kommunikation in Schaltanlagen der Mittel- und Hochspannungstechnik Anwendung findet.

Das Ziel der IEC 61850 ist es eine Interoperabilität zwischen Geräten unterschiedlicher Hersteller zu ermöglichen.

Zur Kommunikation wird die „Manufacturing Messaging Specification“ kurz MMS über das Protokoll TCP/IP eingesetzt. Die MMS arbeitet objektorientiert und unterstützt dabei zentrale und verteilte Systeme. Dieser Standard erlaubt Standardoperationen wie Lesen und Schreiben und ermöglicht es Benachrichtigungen zu senden (vgl. IEC 61850-7-2, IEC 61850-8-1,2010). Für zeitkritische Operationen, wie die Übertragung schneller Abtastwerte oder zeitkritischer Nachrichten, können „Generic Object Oriented Substation Events“ kurz GOOSE



verwendet werden. Diese ermöglichen eine Echtzeitübertragung (vgl. SystemCORP, 2010, S. 5).



**Abbildung 2 Überblick der verwendeten Protokolle (vgl. Quelle, SystemCORP 1, 2010, S. 4)**

Für die zeitliche Synchronisation mit anderen Geräten wird das „Simple Network Time Protocol“ kurz SNTP verwendet. SNTP ist eine weniger komplexe Version des Network Time Protocol und findet auf Embedded-Systemen und in zeitunkritischen Bereichen Anwendung. Bei der IEC 61850 wird das SNTP dazu eingesetzt, Objekten einen Zeitstempel zuzuweisen (vgl. IEC 61850-8-1, 2010). Der Austausch von Daten kann auch mit Hilfe von „Sampled Values“ (vgl. IEC 61850-7-3, 2010) nach dem Publisher/Subscriber Prinzip erfolgen. Die Daten werden zu Datensätzen zusammengefasst, mit einem Zeitstempel versehen, bereitgestellt und zwischengespeichert. Der Subscriber liest die Daten des Publishers aus dem Zwischenspeicher aus und prüft anhand des Zeitstempels das Alter der Daten (vgl. SystemCORP 1, 2010, S. 4).

Das IEC 61850 Protokoll arbeitet objektorientiert. Geräte, in der IEC 61850 meist Substation genannt, werden durch die Verwendung von IEC 61850 zu „Intelligent Electronic Devices“ kurz IEDs. Auf dem IED läuft eine Client- oder Serveranwendung, welche mit anderen Geräten über die bereits beschriebenen Möglichkeiten GOOSE, MMS, SNTP oder Sampled Values kommuniziert (vgl. SystemCORP 1, 2010, S. 5).

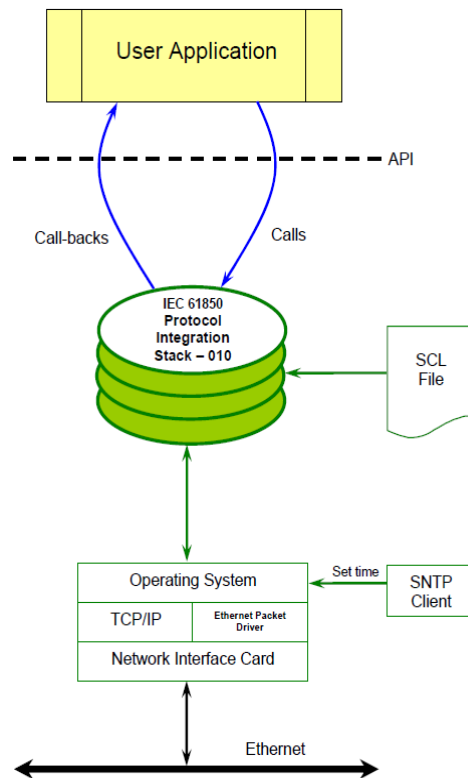


Abbildung 3 Kommunikationsübersicht (vgl. Quelle, SystemCORP 1, 2010, S. 9)

Abbildung 3 zeigt eine Kommunikationsübersicht der IEC 61850. Auf dem IED läuft eine Software, welche die eigentliche Funktionalität des Gerätes gewährleistet, zum Beispiel die Firmware eines Messgerätes. Diese Software übergibt die Daten an den IEC 61850 Protokoll Integration Stack. Dieser Stack hat die Aufgabe des Transportes der Daten. In dieser Arbeit wird der PIS10 von SystemCORP für den Bau der IEC 61850 Serverapplikation verwendet. Als physisches Übertragungsmedium dient Ethernet.

Die IEC 61850 ermöglicht die hersteller- und plattformunabhängige Kommunikation zwischen verschiedenen IEDs. Die Kommunikation erfolgt objektorientiert. Die verschiedenen IEDs werden mit Hilfe der „Substation Configuration Language“ kurz SCL beschrieben. In einer SCL Datei wird das IED, mit in der IEC 61850 festgelegten Eigenschaften beschrieben. (vgl. SystemCORP, 2010, S. 5)

Diese SCL Datei wird auf dem Server hinterlegt und kann vom Client abgerufen werden. Damit haben Client und Server eine gemeinsame, genormte Basis, mit der ein Datenaustausch möglich ist. In der SCL Datei wird das betreffende IED genau beschrieben. SCL basiert auf der Extensible Markup Language XML. Es handelt sich um eine Sprache, die

sowohl für den Menschen, als auch für Maschinen lesbar ist. Beide Sprachen dienen dem universellen Austausch von Daten.

Die wichtigsten Elemente einer SCL Datei werden im Folgenden beschrieben.

Im Header wird die Revision der IEC 61850 und die Sprache der SCL Datei festgelegt. Der Kommunikationsteil der SCL Datei enthält die verwendeten Netzwerkparameter des IED. Die Parameter umfassen IP-Adresse, Subnetzmaske, Gateway, MAC-Adresse und weitere Informationen wie zum Beispiel die VLAN-Zugehörigkeit. Mit diesen Daten kann eine Verbindung zwischen Client und Server aufgebaut werden.

Die eigentliche Funktion des IED wird mit Hilfe von logischen Knoten „Logical Nodes“ kurz LN beschrieben. Die IEC 61850-7-4 „Grundlegende Kommunikationsstruktur – Kompatible Logikknoten- und Datenklassen (vgl. IEC 61850-7-4, 2010)“ beschreibt die verschiedenen Logical Nodes. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel für einen logischen Knoten. Der Name des Knoten lautet KTNK und definiert einen Tank. Bei Verwendung muss dem logischen Knoten eine Instanz-Nummer zugewiesen werden, um diesen bei Verwendung später zuordnen zu können. Die Namensbildung ist in IEC 61850 – 2 definiert. Die verschiedenen Datenobjekte stellen die Eigenschaften und Funktionen des Tanks dar. Aus den Objekten wird das IED je nach Anforderungen abgebildet. Das Objekt TnkTyp „Type of Data“ stellt eine Information darüber dar, welche Art von Daten sich hinter dem Objekt verbirgt. Dieses Objekt ist für diesen Knoten zwingend erforderlich „mandatory“. Weitere Objekte sind in diesem Fall zum Beispiel Messwerte wie der Füllstand und Volumen oder diverse Statusinformationen über den Zustand des Tankes. Diese Objekte sind „optional“. Jedem Objekt ist eine Datenklasse „common data class“ zugeordnet. In der Datenklasse werden die Attribute des Datenobjektes festgelegt. Jedem verwendeten Attribut eines Datenobjektes wird ein Datentyp zugewiesen.

### 5.9.5 LN: Tank Name: KTNK

Logical node KTNK shall be used to represent the physical device of a tank, such as a hydraulic oil tank. The tank can be pressurised or not. If used to represent a tank for pressurised gas, only the pressure MV will be used. If used for an oil sump, only the level MV will be used. For a simple level sensor, the SLVL logical node can be used instead.

KTNK class				
Data object name	Common data class	Explanation	T	M/O/C
LNNName		The name shall be composed of the class name, the LN-Prefix and LN-Instance-ID according to IEC 61850-7-2, Clause 22.		
<b>Data objects</b>				
<i>Descriptions</i>				
EENName	DPL	External equipment nameplate		O
<i>Status information</i>				
EEHealth	ENS	External equipment health		O
<i>Measured and metered values</i>				
LevPct	MV	Level in the tank (as percentage of full tank level)		O
VIm	MV	Volume of media in tank		O
<i>Settings</i>				
VImCap	ASG	Total volume capacity		O
TnkTyp	ENG	Type of data representing the tank fill status (pressure only, level only, both pressure and level)		M

Abbildung 4 Beispiel für einen logischen Knoten (vgl. IEC 61850 7 – 4, 2010, S. 49)

Die Kommunikation mittels IEC 61850 bietet die folgenden Vorteile:

**Interoperabilität:** Die Verwendung der IEC 61850 bietet eine Grundlage für den Informationsaustausch zwischen Geräten unterschiedlicher Hersteller. Darüber hinaus ermöglicht sie eine hardwareplattformunabhängige Kommunikation

**Globalität:** Die IEC 61850 ist weltweit gültig und findet in großem Umfang Anwendung.

**Kostengünstig:** Als Übertragungsmedium wird Ethernet verwendet. Ethernet steht in den meisten Fällen bereits zur Verfügung bzw. ist in der Installation günstiger als andere Lösungen. Die Wartung einer einzelnen Softwarelösung ist einfacher und damit günstiger.

**Sicherheit:** Ethernet bietet Möglichkeiten der Fehlererkennung und Korrektur, durch Verwendung von Redundanz und Netzwerkprotokollen(vgl. Quelle, E.ON, 2008, S. 24).

## 4. Aufgabenstellung

Aus der IST-Analyse lässt sich ein Bedarf ableiten HYDROCAL Geräte mit Hilfe der IEC 61850 in kundeneigene Softwarelösungen zu integrieren und auf diese Weise eine zentrale Überwachung zu ermöglichen. Im Vorwege der Arbeit wurde ein Mikrocontroller der Firma BECK-IPC ausgewählt und ein Entwicklungsboard DK61 angeschafft. Dieser setzt den PIS10 Stack aus dem Hause SystemCORP ein und ermöglicht einen normgerechten Betrieb eines IEC 61850 Servers.

Ziel der Arbeit ist die Konzepterstellung für die Hardware, die Erstellung des Schaltplans und die Inbetriebnahme der Erweiterungskarte. Weiter muss eine Serverapplikation entwickelt werden, welche die Mess- und Alarmdaten vom HYDROCAL abfragt und an den PIS 10 Stack übergibt.

Das Projekt wurde daher in drei große Aufgabenbereiche unterteilt.

1. Entwicklung der Hardware der Erweiterungskarte
2. Entwicklung der SCL Dateien
3. Entwicklung einer Serverapplikation

Im Folgenden werden die detaillierten Anforderungen an die drei Bereiche näher definiert.

### **Bereich Hardware:**

Erstens, die zu entwickelnde Erweiterungskarte für IEC 61850 konforme Kommunikation soll in die bereits vorhandenen Konfigurationen integrierbar sein. Zweitens an der Mess- und Controllerkarte darf nichts geändert werden.

HYDROCAL-Geräte werden mit verschiedenen Konnektivitätsoptionen für Ethernet, über 10/100 Base-TX Kupferleitungen und 100 Base-FX Glasfaserleitungen ausgeliefert. Der HYDROCAL soll weiterhin mit lediglich einer Datenleitung angeschlossen werden. Die erforderliche Netzwerkschnittstelle für die IEC 61850 muss innerhalb des HYDROCALs mit den bestehenden Schnittstellen kombiniert werden. Dieses ermöglicht ein Upgrade bereits bestehender HYDROCALs.

**Bereich SCL Datei:**

Für die Integration von HYDROCAL-Geräten in eine kundenspezifische integrierte Überwachung mit Hilfe der IEC 61850 muss das HYDROCAL-Gerät zunächst mit Hilfe der SCL normgerecht beschrieben werden. Die Funktion der verschiedenen SCL Dateien wird in Kapitel 6 beschrieben.

**Bereich Serverapplikation:**

Weiterhin ist eine IEC 61850 kompatible Serveranwendung zu entwickeln. Die Software muss in der Lage sein eine Verbindung zum HYDROCAL aufzubauen, Mess- und Alarmdaten vom HYDROCAL abzufragen und dem korrekten Objekt des IED zuzuweisen. Dabei ist es unerlässlich, dass die Software selbstständig auf dem Mikrocontroller läuft. Gleichzeitig soll es über das Display möglich sein Konfigurationsänderungen am Mikrocontroller durchzuführen.

**Zeitplanung**

Für die Durchführung des Projektes sind 13 Wochen vorgesehen. Es gibt 2 Meilensteine, um den Fortschritt des Projektes bewerten zu können. Der erste Meilenstein der zu erreichen ist, ist die Fertigstellung der ICD Dateien. Dieser Meilenstein wurde ausgewählt, weil erst nach Fertigstellung der ICD Dateien mit der Entwicklung der Serverapplikation begonnen werden kann. Der 2. Meilenstein der ausgewählt wurde ist die Inbetriebnahme der Hardware. Erst wenn die Hardware zuverlässig funktioniert, kann die Software in seiner geplanten Umgebung im HYDROCAL getestet werden.

KW31	KW32	KW33	KW34	KW35	KW36	KW37	Erklärung
							Hardware-Entwicklung
				MS1			ICD-Entwicklung
							Software-Entwicklung
KW38	KW39	KW40	KW41	KW42	KW43		Erklärung
MS2							Hardware-Entwicklung
							ICD-Entwicklung
							Software-Entwicklung

Tabelle 1 Zeitplanung des Projektes

## 5. Entwicklung der Hardware der Erweiterungskarte

Aus den Anforderungen der Aufgabenstellung wurde die Schaltungsentwicklung in verschiedene Module unterteilt.

- Modul 1: Grundschtaltung des SC143
- Modul 2: Kommunikation mit dem HYDROCAL
- Modul 3: Ethernetschnittstelle des SC143

Anschließend erfolgten die Inbetriebnahme und ein Test.

### Eingesetzter Mikrocontroller

Im Vorwege der Arbeit wurde ein Mikrocontroller der Firma BECK IPC wegen der in der Tabelle aufgeführten Eigenschaften ausgewählt und ein Entwicklungsboard DK61 für erste Tests angeschafft. Bei dem Mikrocontroller handelt es sich um einen SC143. Im Lieferumfang befindet sich eine Lizenz für die Verwendung des IEC 61850 PIS10 Software Stack. Diese Lizenz ermöglicht den Betrieb eines IEC 61850 Servers auf dem SC143.

Eigenschaft	Ausstattung des SC143
Bauform	BGA177(25x25x5mm )
CPU	SC186EX/96MHZ
RAM	8MB
Flashdisk	8MB
UART	4 serielle Verbindungen
Netzwerk	1x10/100BaseT, 1x MII
Betriebssystem	RTOS

Tabelle 2 Eigenschaften des SC143 (vgl. Quelle, BECK 2, 2010)

## 5.1 Hardwarekonzept

Für das Grundkonzept wurde dieses Blockschaltbild entwickelt:

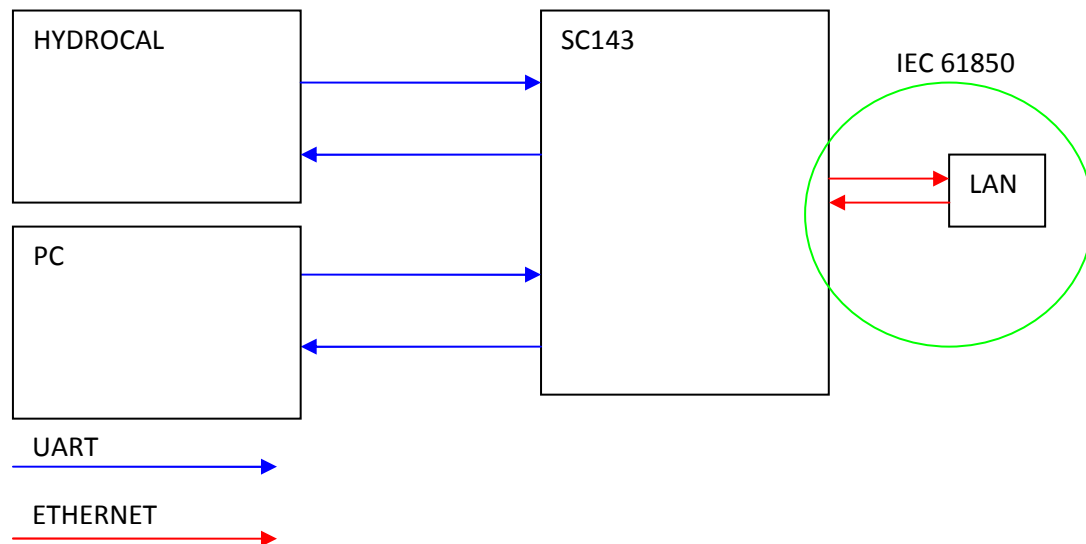


Abbildung 5 Blockschaltbild des Hardwareentwurfes

Die Erweiterungskarte soll in den bestehenden Modemsockel eingesetzt werden. Über diesen soll die Spannungsversorgung und die Kommunikation zwischen SC143 und HYDROCAL via serieller Schnittstelle ermöglicht werden. Für Updates des SC143 und für Supportzwecke wird eine weitere vorhandene serielle Schnittstelle verwendet. Mit Hilfe einer Netzwerkschnittstelle wird der SC143 mit dem Netzwerk verbunden.



### 5.1.1 Modul 1: Entwicklung der Grundschaltung

Zuerst wurde die Grundschaltung des SC143 entwickelt. Als Grundlage dient ein Schaltungsbeispiel des Herstellers Beck (vgl. Abbildung 6).

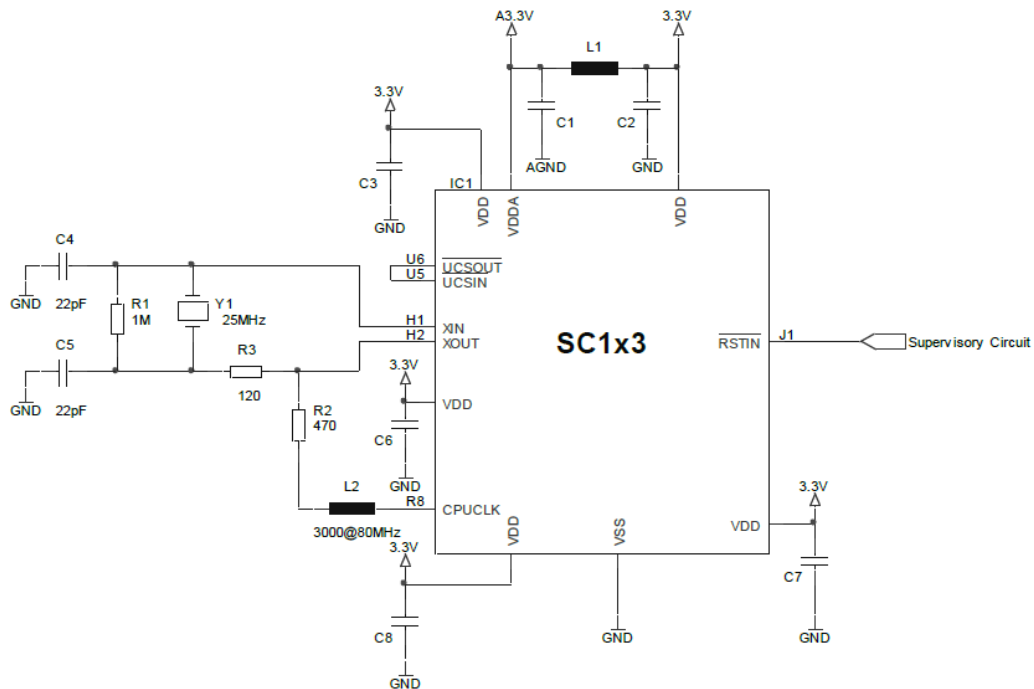


Abbildung 6 Beispiel Grundschaltung des SC143 (vgl. Quelle, Beck 1, 2010, S. 54)

Der SC143 hat eine Betriebsspannung von 3,3 Volt. Die vom HYDROCAL für Modems zur Verfügung stehende Betriebsspannung beträgt jedoch 5V. Laut Datenblatt verträgt der SC143  $3,3V + 5\%$  (vgl. BECK 1, 2010, S. 44). Die Betriebsspannung darf demnach nicht höher als 3,465V liegen. Die Spannung muss daher begrenzt werden. Dieses Problem wurde durch den Einsatz eines LT1129 Spannungsreglers gelöst. Dieser regelt die Eingangsspannung von 5V auf eine Ausgangsspannung von 3,3V um (vgl. Linear Technology, 1994). Abbildung 7 zeigt die eingesetzte Schaltung.

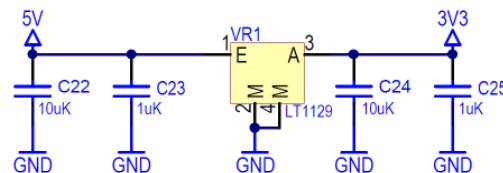


Abbildung 7 Spannungsreglung (vgl. Quelle, Anhang 2)

Wie auf Abbildung 6 zu erkennen ist, wird ein externer Überwachungsschaltkreis für den Reset des SC143 benötigt. Ein interner Überwachungsschaltkreis existiert nicht (vgl. BECK 1, 2010, S. 41). Der Überwachungsschaltkreis dient zum Überwachen der Eingangsspannung. Wenn die Betriebsspannung unter einen bestimmten Wert fällt, oder eine Resetaktion initiiert, muss dies dem SC143 mitgeteilt werden. Zu diesem Zweck wurde ein MAX6713 in die Schaltung eingesetzt (vgl. MAXIM, 2005). Hierbei handelt es sich um einen Mikrocontroller, welcher in der Lage ist ein Resetsignal zu erzeugen. Abbildung 8 zeigt die Beschaltung für den MAX6713. Der Pin für den manuellen Reset wurde in diesem Projekt auf die Betriebsspannung geschaltet. Die Verwendung eines Resetknopfs auf der Platine kann innerhalb eines geschlossenen Gehäuses als unnötig betrachtet werden, weil die Platine im Betrieb nicht erreicht werden kann.

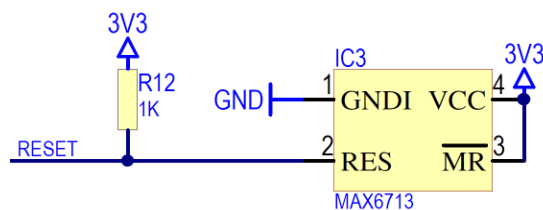


Abbildung 8 Überwachungsschaltkreis für den Reset (vgl. Quelle, Anhang 1, S. 1)

Die serielle Debugschnittstelle wurde an die Schnittstelle UART1 des SC143 angeschlossen. Sie arbeitet mit TTL Pegeln.

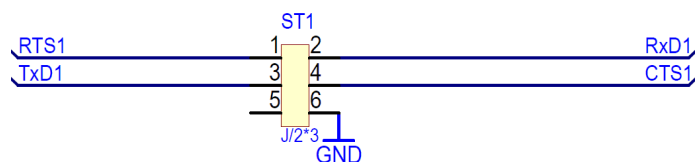


Abbildung 9 Serielle Debugschnittstelle (vgl. Quelle, Anhang 6, S. 1)

### 5.1.2 Modul 2: Kommunikation mit dem HYDROCAL

Die Software des SC143 soll Mess- und Alarmdaten über die serielle Schnittstelle vom HYDROCAL abfragen. Der HYDROCAL arbeitet mit 5V und der SC143 arbeitet mit 3,3V. Die Pegel für die Kommunikation liegen somit beim HYDROCAL höher als beim SC143. Beim SC143 musste untersucht werden, ob die 5V TTL Pegel des HYDROCAL den Chip des SC143 nicht beschädigen. Die Lösung dazu wurde im Datenblatt des SC143 gefunden. Die seriellen Schnittstellen werden als 5V tolerant beschrieben (vgl. BECK 1, 2010, S. 13). Eine direkte Kopplung sollte möglich sein. Der SC143 arbeitet bei der seriellen Kommunikation mit 3,3V

TTL Pegeln. Eine Untersuchung bis zu welchem Pegel der HYDROCAL die gesendeten Signale sicher erkennt, ist nötig. Laut Definition liegt ein High-Pegel bei TTL ab einer Spannung von 2,0V am Eingang an. Weiter gilt für 3,3V TTL, dass der Ausgangshighpegel mindestens 2,4V beträgt (vgl. Ne555, 2009). Dies bedeutet eine Differenz von 400mV im schlimmsten Fall. Aufgrund der kurzen Entfernung ist nicht mit größeren ohmschen Verlusten zu rechnen. Abbildung 10 zeigt die Beschaltung eines Modemsockels. An diesen Sockel ist die UART0 des SC143 angeschlossen. Die 5V und Ground GND werden ebenfalls vom Modemsockel bezogen.

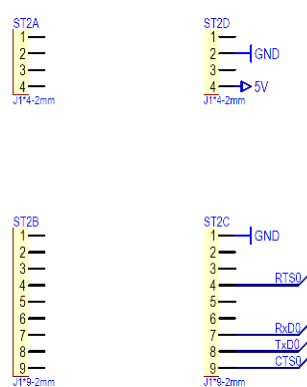


Abbildung 10 Beschaltung des Modemsockel des HYDROCAL (vgl. Quelle, Anhang 1, S. 1)

### 5.1.3 Modul 3 Ethernetschnittstelle des SC143

Im Handbuch des SC143 wird ein Beispielschaltkreis für den Anschluss einer Netzwerkschnittstelle an den SC143 gezeigt (vgl. Quelle Beck 1, 2010, S. 55). Wie auf dem Bild erkennbar ist, werden die Signale des SC143 an einen Pegelwandler vom Typ FS23 übergeben, welcher die Signale für die RJ45-Schnittstelle ST1 vorbereitet. Laut Aufgabenstellung soll der HYDROCAL lediglich mit einer Datenleitung angeschlossen werden können. Wenn die Schaltung aus dem Handbuch umgesetzt werden würde, so hätte man zum einen die Netzwerkschnittstelle des HYDROCAL und zum anderen die Schnittstelle des SC143. Eine solche Schaltung entspricht jedoch nicht der Vorgabe, dass nur eine Datenleitung zum HYDROCAL führen soll. Es muss eine Möglichkeit gefunden werden, die Netzwerkverbindungen innerhalb des Gerätes zusammenzuschalten und über eine Leitung nach außen zu transportieren. Diese Aufgaben können durch den Einsatz eines Ethernet-Switch realisiert werden. Der Switch muss sowohl über Ports für die Verbindung mit Kupferleitungen, als auch über Ports für die Verbindung mit Glasfaserleitungen verfügen.

Eine Möglichkeit ist einen kleinen Switch im Gehäuse unterzubringen. Dieses ist aber auf Grund der Platzverhältnisse im HYDROCAL nicht möglich. Ebenso schwierig ist es die Spannungsversorgung sicherzustellen. Eine andere Möglichkeit ist den Switch an die Außenseite des Gerätes anzubringen. Doch auch diese Möglichkeit würde sich als unpraktisch erweisen. In diesem Falle wäre eine separate Stromversorgung von außen notwendig. HYDROCAL-Geräte werden auch im Offshore Bereich verwendet. Daher muss ein Switch, der im Außenbereich des HYDROCAL befestigt ist, muss auch für diese widrigen Bedingungen geschaffen sein. Der Einsatz eines IP175GH von der Firma IC Plus stellt eine adäquate Möglichkeit dar den HYDROCAL mit dem Netzwerk zu verbinden. Es handelt sich bei diesem Switch um eine One-Chip-Lösung mit einer Größe von 6mm x 6mm und bietet alle Funktionalitäten eines herkömmlichen Ethernet Switches (vgl. ICPLUS, 2013, S. 1). Es ist möglich bis zu fünf 100BaseTX Schnittstellen oder vier 100BaseTX Schnittstellen und eine 100BaseFX Schnittstelle an den Chip anzuschließen. Der IP175GH wurde in die Schaltung des SC143 integriert. Der SC143 wurde direkt an den IP175GH angeschlossen. Des Weiteren wurde an eine Schnittstelle die interne Schnittstelle des HYDROCAL und an die andere Schnittstelle die Zuleitung von außen angeschlossen. Abbildung 11 zeigt das Anschlussschema.

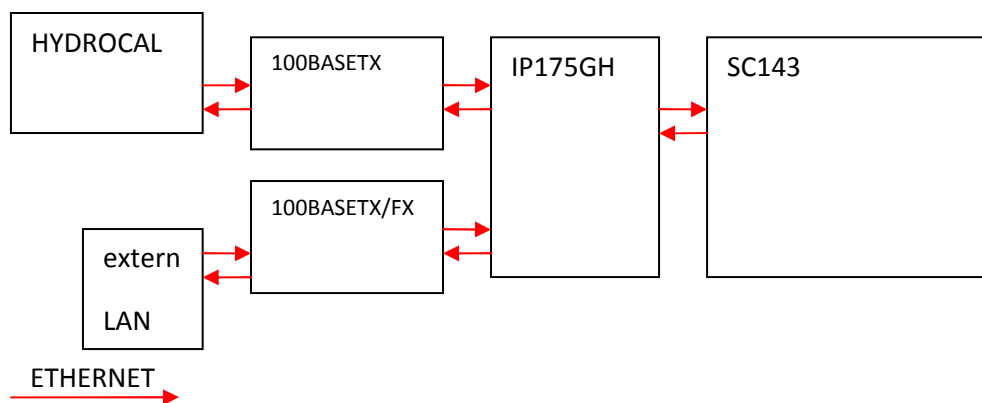


Abbildung 11 Anschlussschema des IP175GH

Der Hersteller des IP175GH stellt in der Dokumentation keine Beispiele zur Verfügung, wie der IP175GH anzuschließen ist. Die Standardbeschaltung der meisten Pins des IP175GH konnte jedoch der Dokumentation entnommen werden (vgl. ICPLUS, 2013, S. 11). Als problematisch stellte sich die direkte Kopplung des SC143 mit dem IP175GH heraus. Bei der ersten Umsetzung wurde zur Kopplung beider Controller Kondensatoren zwischen RX+, RX-,

TX+ und TX- gesetzt, um hochfrequente Störsignale herauszufiltern. Wie in der Beispielschaltung von Beck vorgeschlagen wird, werden Widerstände im Bereich von ca. 50  $\Omega$  verwendet.

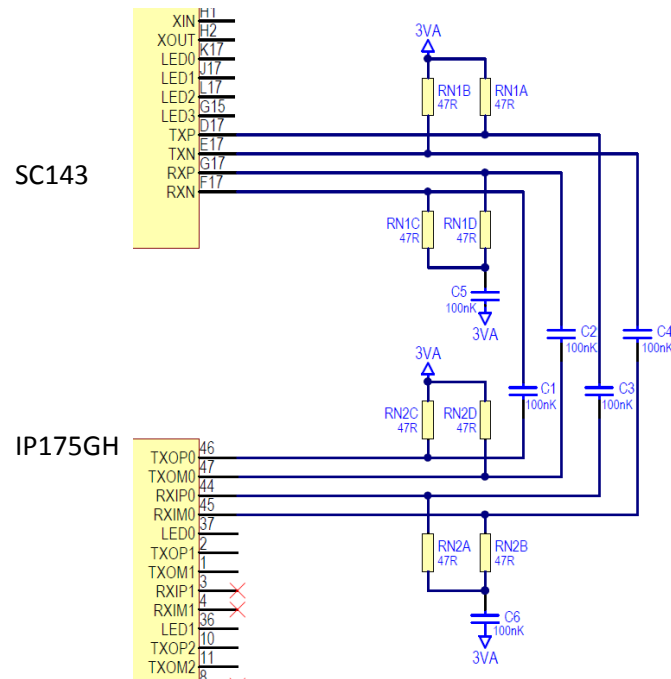


Abbildung 12 PHY-to-PHY Verbindung Controllerplatine Version 1(vgl. Quelle, Anhang 1, S. 1)

Nach der Zusammenstellung aller schaltungsrelevanten Bauteile kann der Schaltplan an die Konstruktions- und Layoutabteilung übergeben werden, um die Platine zu layouten.

Es wurde festgestellt, dass der Einsatz von SMD Bauteilen aufgrund des geringen Platzangebotes über dem Modemsockel des HYDROCALS und dem großen Platzbedarf SC143 notwendig ist (vgl. Abbildung 13). Des Weiteren wurde wegen des geringen Platzangebots auf der Controllerkarte entschieden, die beiden Netzwerkschnittstellen auf eine Huckepackkarte auszulagern. Das Auslagern der Anschlüsse hat den Vorteil, dass für die beiden Anschlusskombinationen des HYDROCAL 100BASETX oder 100BaseFX die gleiche Controllerplatine verwendet werden kann und in diesem Fall nur die Interfaceplatine umgesteckt werden muss (vgl. Abbildung 14).



Abbildung 13 Controller Platine

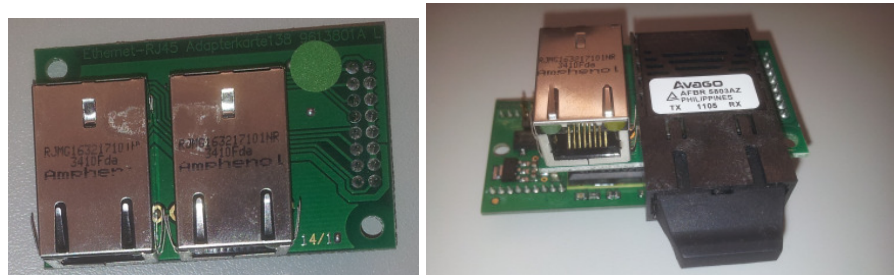


Abbildung 14 Interfaceplatine 96138 mit 2xRJ45 mit 1x RJ45 und 1x SC Anschluss 96139

Für den realen Einsatz wurde das Schirmblech durch die Konstruktionsabteilung angepasst. Die Interfaceplatine wird auf diesem Blech montiert. Die Controllerplatine steckt fest im Modemslot der Mess- und Controllerkarte des HYDROCALS (vgl. Abbildung 15 und 16)

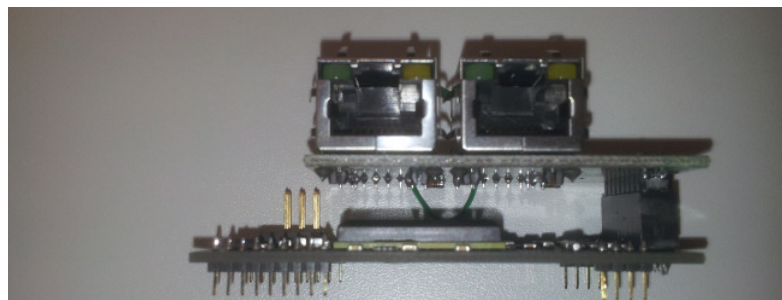


Abbildung 15 Controllerplatine mit aufgesteckter Interfaceplatine

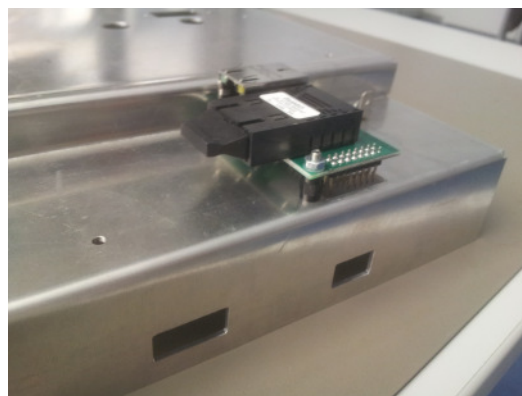


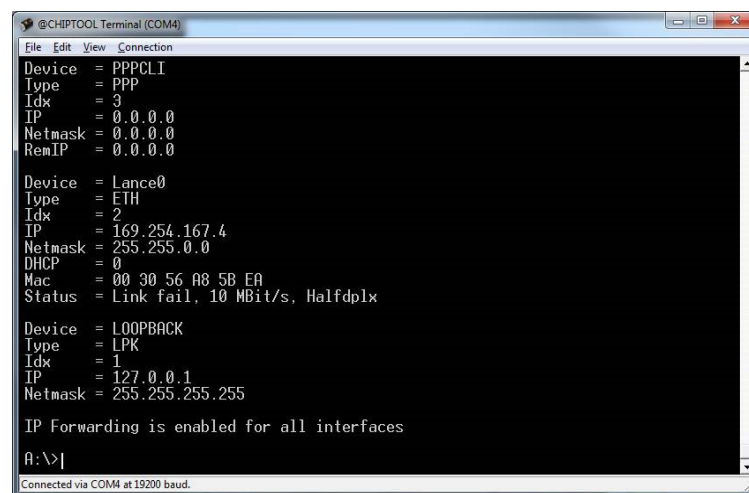
Abbildung 16 Angepasstes Schirmblech mit befestigter Interfaceplatine

## 5.2 Inbetriebnahme

Mit Hilfe des Layouts und des Bestückungsplans wurde ein erster Prototyp gefertigt. Die Inbetriebnahme erfolgte in mehreren Phasen.

### 5.2.1 Phase 1: erste Inbetriebnahme

Nachdem der Prototyp mit der Betriebsspannung versorgt wurde, wurde eine Terminalverbindung zum SC143 über die DEBUG-Schnittstelle der Controllerplatine hergestellt. Die Kommunikation zwischen DEBUG-Computer und SC143 funktionierte. Anschließend sollte überprüft werden, ob eine Netzwerkverbindung zum IP175GH besteht. Der Befehl „IPCFG“ gibt die aktuellen Netzwerkparameter des SC143 aus.



```
@CHIPTOOL Terminal (COM4)
File Edit View Connection
Device = PPPCLI
Type = PPP
Idx = 3
IP = 0.0.0.0
Netmask = 0.0.0.0
RemIP = 0.0.0.0

Device = Lance0
Type = ETH
Idx = 2
IP = 169.254.167.4
Netmask = 255.255.0.0
DHCP = 0
Mac = 00 30 56 A8 5B EA
Status = Link fail, 10 MBit/s, Halfduplex

Device = LOOPBACK
Type = LPK
Idx = 1
IP = 127.0.0.1
Netmask = 255.255.255.255

IP Forwarding is enabled for all interfaces

A:\>|
Connected via COM4 at 19200 baud.
```

Abbildung 17 Ausgabe von "IPCFG"

Unter Status kann der aktuelle Konnektivitätsstatus des Netzwerkinterface entnommen werden. Das Netzwerkinterface zeigte einen „Link fail“ an. Dieses steht hierbei für eine inaktive oder gestörte Netzwerkverbindung. Um die Ursache des Fehlers zu finden, wurden mehrere Tests durchgeführt:

**Test 1:** Prüfung der Bauteile: Es wurde geprüft, ob die physischen Verbindungen vorhanden und angeschlossen sind. Dazu wurde der Durchgang von Bauteil zu Bauteil überprüft. Weiter wurde überprüft, ob die Betriebsspannung an den richtigen Stellen anliegt. Dieser Test ergab, dass die Bestückung der Bauteile den Vorgaben des Schaltplans entsprechend durchgeführt wurde.

**Test 2:** Pin-Test: Es wurde geprüft, ob alle Pins des SC143 richtig angeschlossen sind und mit der Platine verbunden sind. Dazu wurde auf einem Steckbrett die Beispielnetzwerkschaltung aus dem Handbuch des SC143 nachgebaut und eine RJ45 Schnittstelle angeschlossen. Dazu wurde die Verbindung zum IP175GH durch Entfernen der Koppelkondensatoren getrennt. Die Schaltung auf dem Steckbrett wurde mit den Pins auf der Controllerplatine verbunden. Anschließend wurde ein Netzwerkkabel angeschlossen und die Verbindung erneut getestet. Die Verbindung konnte hergestellt werden. Der Test war erfolgreich. Er zeigte, dass es möglich ist eine Netzwerkverbindung mit einer direkt an den SC143 angeschlossene RJ45 Buchse aufzubauen.

**Test 3:** Prüfung des IP175GH und der Interfacekarte 96138: In diesem Test sollte die Interfacekarte 96138 und der Switch IP175GH überprüft werden. Dazu wurde überprüft, ob eine Verbindung von einer Schnittstelle der Interfacekarte zur anderen hergestellt werden kann. Dieser Test war nicht erfolgreich. Es konnte keine Verbindung aufgebaut werden. Weiterhin fiel auf, dass von keinem der Ports eine Verbindung zum Switch aufgebaut wurde.

Aus diesem Test wird deutlich, dass der Fehler in Verbindung zwischen dem Switch und den Ports zu suchen ist.

#### **Fehlersuche:**

Zuerst wurde überprüft, ob durch Tauschen der Receive- und Transmitleitungen das Problem behoben werden kann. Beim Verbinden einer Schnittstelle mit dem Switch werden die Receivepins mit den Receivepins der Schnittstelle verbunden. Der Versuch den Receivepin mit dem Transmitpin zu verbinden, führte zu keinem Erfolg und wurde daher wieder rückgängig gemacht. Als nächstes wurde ermittelt, dass der IP175GH über interne 50  $\Omega$ -Widerstände verfügt (vgl. ICPLUS, 2013, S. 1). Die eingefügten Widerstände störten den Verbindungsaufbau. Nach Entfernen der 50  $\Omega$ -Widerstände, die in die Schaltung eingesetzt wurden, wurde der Test wiederholt. Dieser Test war erfolgreich. Es wurde ein Pingtest durchgeführt. Mit diesem Test konnte festgestellt werden, dass die Anschlussschaltung, der am Switch IP175GH angeschlossenen Ports, überarbeitet werden musste.



### 5.2.2 Phase 2: Redesign

Im nächsten Versuch soll die geänderte Schaltung inbetriebgenommen werden. Diese nach Test 2 geänderte Schaltung wurde mit der Schaltung aus Test 1 verbunden. Dazu wurden die Koppelkondensatoren wieder in die Schaltung eingesetzt und die Schaltung auf dem Steckbrett abgetrennt. Erneut wurde die Verbindung vom Switch zum SC143 getestet. Der Konnektivitätstest blieb weiterhin erfolglos, sodass die Fehlersuche fortgesetzt wird.

#### Fehlersuche:

Zuerst wurde überprüft, ob durch Tauschen der Receive- und Transmitleitungen das Problem behoben werden kann. Bei der Verbindung zweier Microcontroller, werden im Normalfall, die Transmitpins des einen Controllers mit den Receivepins des anderen Controllers verbunden. Um den Fehler ausschließen zu können, dass einer der Controller eine direkte Verbindung erfordert, wurden an der Stelle der Koppelkondensatoren die Receivepins des SC143 mit den Receivepins des IP175GH verbunden. Dieses führte jedoch zu keiner Veränderung des Ergebnisses des Verbindungstest. Der Fehler wurde daher in der kapazitiven Kopplung der beiden Controller vermutet. Eine Recherche nach ähnlichen Problemen ergab, dass es häufiger Probleme in diesem Bereich gibt. Der deutschen Distributor TOPAS, welche den IP175GH in Deutschland verkauft, beschreibt auf der Firmenhomepage, dass bei einer kapazitiven Kopplung einer „PHY-to-PHY“-Verbindung, die Integrität der Signale verletzt werden kann (vgl. TOPAS, 2012). Zur Lösung dieses Problems wurde der Einsatz eines Single-Transformators empfohlen. Der Transformator „HALO TG110-5006N1RL“ wird zur Behebung solcher Probleme explizit empfohlen (vgl. HALO, 2013). Der Transformator unterscheidet sich von den Pegelumsetzern, die zum Anschluss einer Schnittstelle eingesetzt werden, darin, dass die Spule auf der Anschlussseite der Schnittstelle fehlt. Der Singletransformator wird anstelle der Kondensatoren in die Schaltung eingesetzt. Mit Hilfe von dünnem Kupferlackdraht wurde der Singletransformator mit der Schaltung verbunden (Abbildung 18).

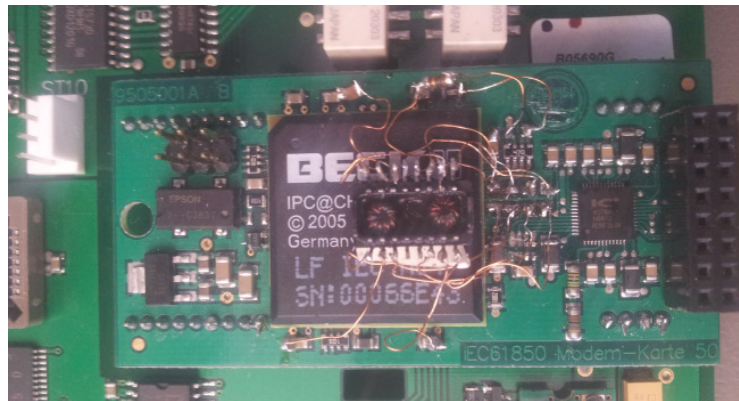


Abbildung 18 Integration eines Transformators in die Schaltung

Anschließend wurde die Konnektivität erneut wie anfangs beschrieben getestet. Jetzt war dieser Test erfolgreich.

### Ergebnis:

Nach erfolgreichem Test wurde der Schaltplan (vgl. Quelle, Anhang 6) angepasst und ein Redesign durchgeführt. Der Single Transformator konnte aufgrund seiner Ausmaße nicht ohne weiteres in die Schaltung integriert werden. Abbildung 19 zeigt die aktualisierte Schaltung.

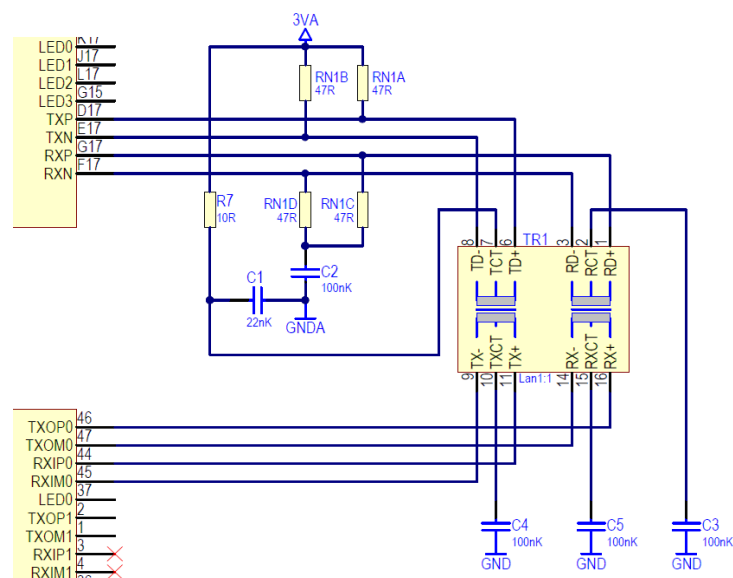


Abbildung 19 PHY-to-PHY Verbindung Controllerplatine Version 2 (vgl. Quelle, Anhang 6, S. 2)

Nach dem Redesign der Controllerplatine wurde ein erster Prototyp gefertigt und bestückt. Die Inbetriebnahme dieser Platine wird im Folgenden beschrieben.

### 5.2.3 Phase 3: zweite Inbetriebnahme

Wie bei der ersten Inbetriebnahme wurde die Controllerplatine mit Betriebsspannung versorgt und die Kommunikation des SC143 über die DEBUG-Schnittstelle getestet. Anschließend wurde die Netzwerkverbindung des SC143 getestet. Erneut war keine Kommunikation zwischen IP175GH und SC143 möglich.

**Test 1:** Die Kommunikation über zwei Ports des IP175GH konnte jedoch erfolgreich getestet werden. Der Fehler musste demnach in der Kommunikation zwischen SC143 und IP175GH liegen. Nach dem Auslöten des Single-Transformators wurde eine Netzwerkschnittstelle direkt auf die leeren Lötstellen auf der Seite des SC143 gelötet, um die vollständige Funktion der Leiterbahnen und des IP175GH sicherzustellen. Dieser Test war erfolgreich.

**Test 2:** Anschließend sollte analog dazu die Verbindung vom SC143 zum Transformator überprüft werden. Es konnte auch mittels einer externen Schnittstelle keine Netzwerkverbindung mit dem SC143 hergestellt werden. Im nächsten Schritt wurden daher die Werte der Bauteile und die Verbindungen der Bauteile vom ersten und zweiten Prototyp miteinander verglichen. Es konnte kein Unterschied festgestellt werden. Mögliche Fehlerquellen könnten noch nicht angeschlossene Pins des SC143, Layoutfehler oder ein nicht berücksichtigter Seiteneffekt sein. Da bei der Verwendung von Kupferlackdrähten beim ersten Versuch keine Störfaktoren die Konnektivität beeinträchtigten, konnte dieser Fehler bei der Prüfung des zweiten Prototyps hinten angestellt werden.

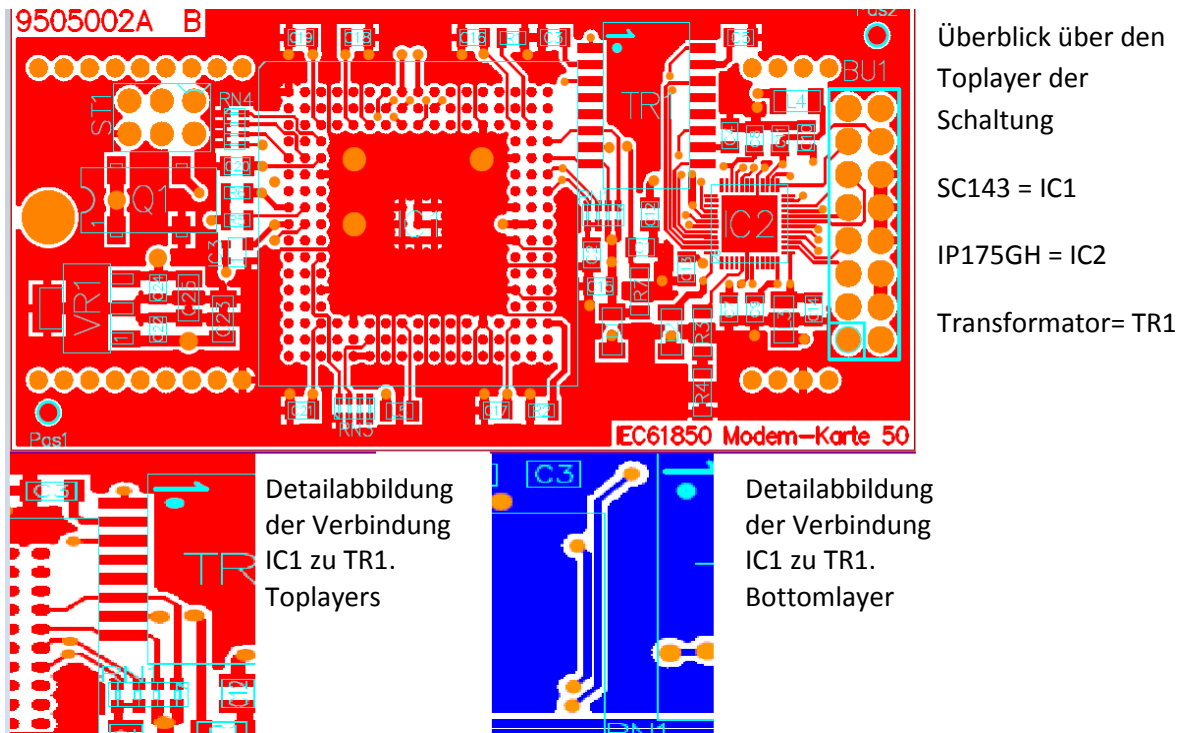


Abbildung 20 Layout Controllerplatine Version 2

Abbildung 20 zeigt das Layout der Controllerplatine 2. Zur Fehlersuche wurde die Schaltung auf mögliche Layout- oder Fertigungsfehler untersucht. Ebenso bieten die Durchkontaktierungen ein Fehlerpotential. Diese verbinden den Top- und Bottomlayer miteinander. Zum Test wurden die auf dem Bottomlayer befindlichen Leiterbahnen aufgetrennt. Die jetzt fehlende Verbindung wurde durch eine Kupferlackdrahtverbindung ersetzt. Dieses führte jedoch zu keiner Veränderung des Verhaltens.

Als nächste mögliche Fehlerquelle wurden die Kontakte der Transmit- und der Receivepins des SC143 überprüft. Aufgrund der Bauform des Mikrocontrollers konnten diese jedoch nicht überprüft werden. Eine Messung der Spannungsverhältnisse an den Centerports des Transformators ergab, dass am Transmitcenter eine kaum messbare Spannung von wenigen Millivolt anliegt. Eine Widerstandsmessung ergab einen Widerstand von mehreren Megaohm. Beide Ergebnisse deuten auf einen nicht richtig angeschlossenen Pin hin. Aufgrund der Bauart des SC143 konnte dieser Fehler jedoch nicht eindeutig nachgewiesen werden. Die Ergebnisse der Messungen gaben jedoch den Anlass für ein weiteres Redesign. Dabei wurde die Position des Transformators erneut geändert. Weiter wurde darauf geachtet, dass der SC143 eine größere Massefläche erhält, um auftretende Störfaktoren wie Durchkontaktierungen in diesem Bereich zu vermeiden. (vgl. Abbildung 21).

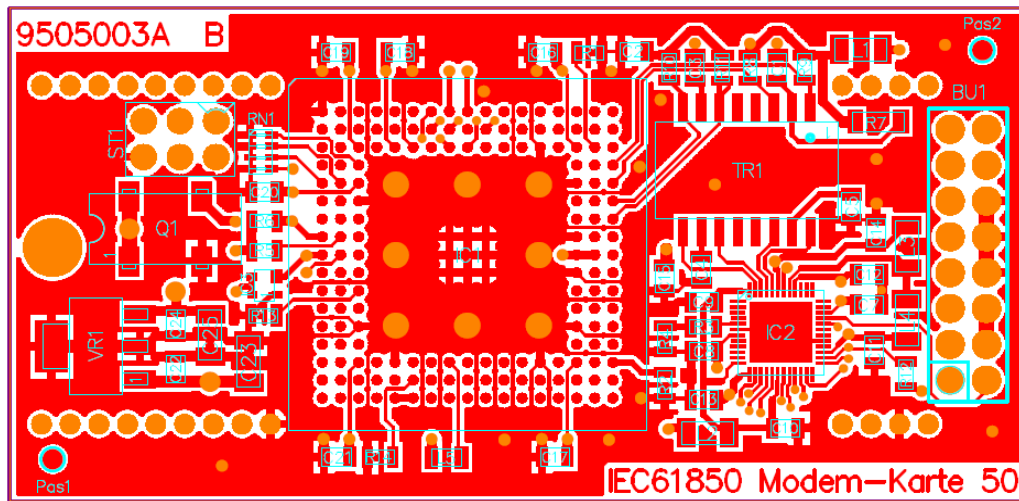


Abbildung 21 Layout der Controllerplatine Version 3

Bei der 3. Inbetriebnahme der Controllerplatine traten keine Probleme mehr mit der Netzwerkkommunikation auf. Es wurde die Kommunikation in beide Richtungen sowie mit verschiedenen Topologien getestet.

## 6. Entwicklung der SCL Dateien

Mit Hilfe der „Substation Configuration Language“ wird das IED beschrieben. Es gibt verschiedene Arten von SCL Dateien. Die für diese Arbeit relevanten Dateien werden im folgenden Kapitel erläutert. In den Fertigungs- und Bestückungsphasen der Hardware konnte parallel mit der Arbeit an der SCL Datei begonnen werden.

Es gibt die ICD „IED Capability Description“ und die CID „Configured IED Description“. Die ICD enthält alle logischen Knoten, um das IED zu beschreiben. Die Datentypen sind in dieser Datei bereits vorhanden. Die Werte in ICD sind mit „Defaultwerten“ bereits vorkonfiguriert. Wenn die Datei später im IED zum Einsatz kommen soll, müssen verschiedene Parameter angepasst werden. Damit Server und Client mit einander kommunizieren können, müssen für den späteren Betrieb der Kommunikationsteil und der Name in der CID Datei konfiguriert werden (vgl. Anhang 4). Im Kommunikationsteil müssen IP-Adressen, Subnetzmaske und Gateway des Servers eingetragen werden. Der IED-Name ist für die richtige Zuordnung bei der Überwachung hilfreich. Werden diese Daten in die ICD eingetragen, wird aus der ICD eine CID. Die CID ist demnach eine für das einzelne Gerät für den Betrieb notwendige Datei (vgl. IEC 61850-6, 2010, S. 201).

### 6.1 Eingesetzte Software

In diesem Abschnitt wird die Entwicklung dieser beiden Dateien beschrieben. Für die Entwicklung in der SCL sind keine Tools notwendig. SCL Dateien können mit einfachen Texteditoren erstellt und bearbeitet werden. Es gibt jedoch Programme, die bei der Erstellung von SCL Dateien hilfreich sind. Die Firma Beck IPC liefert zu ihren Entwicklungskits eine Demoversion des ICD-Designer, einem Designtools für ICD Dateien, aus. Dieses speziell für den Bau von ICD Dateien ausgelegte Programm ermöglicht mit Hilfe einer grafischen Benutzeroberfläche ein einfaches Erstellen von SCL Dateien. Besonders unterstützt es die Erstellung logischer Knoten. Bereits bei der Auswahl des logischen Knoten werden die erforderlichen Objekte hinzugefügt und optional erforderliche Datenobjekte können per Checkbox hinzugefügt werden (vgl. SystemCORP 2, 2014). Jedem Datenobjekt wird ein Datentyp zugeordnet. Der ICD Designer übernimmt die Erstellung der Datentypklassen und die Zuordnung der Objekte zu den Datentypen. Gegenüber einem einfachen Editor bietet der Designer den Vorteil, dass die Struktur der Dateien überprüft und auf Fehler

hingewiesen wird. Es ist ebenfalls möglich, SCL Dateien für die Edition 1 und die Edition 2 der IEC 61850 zu erstellen. Die Demoversion unterstützt ICD Dateien mit bis zu 100 Datenattributen. Bei der Entwicklung der ICD Datei für die HYDROCAL-Geräte wurde diese Grenze jedoch überschritten. Die ICD Dateien wurden daher in mehreren Etappen erstellt und dann nach und nach im Editor zusammengefügt.

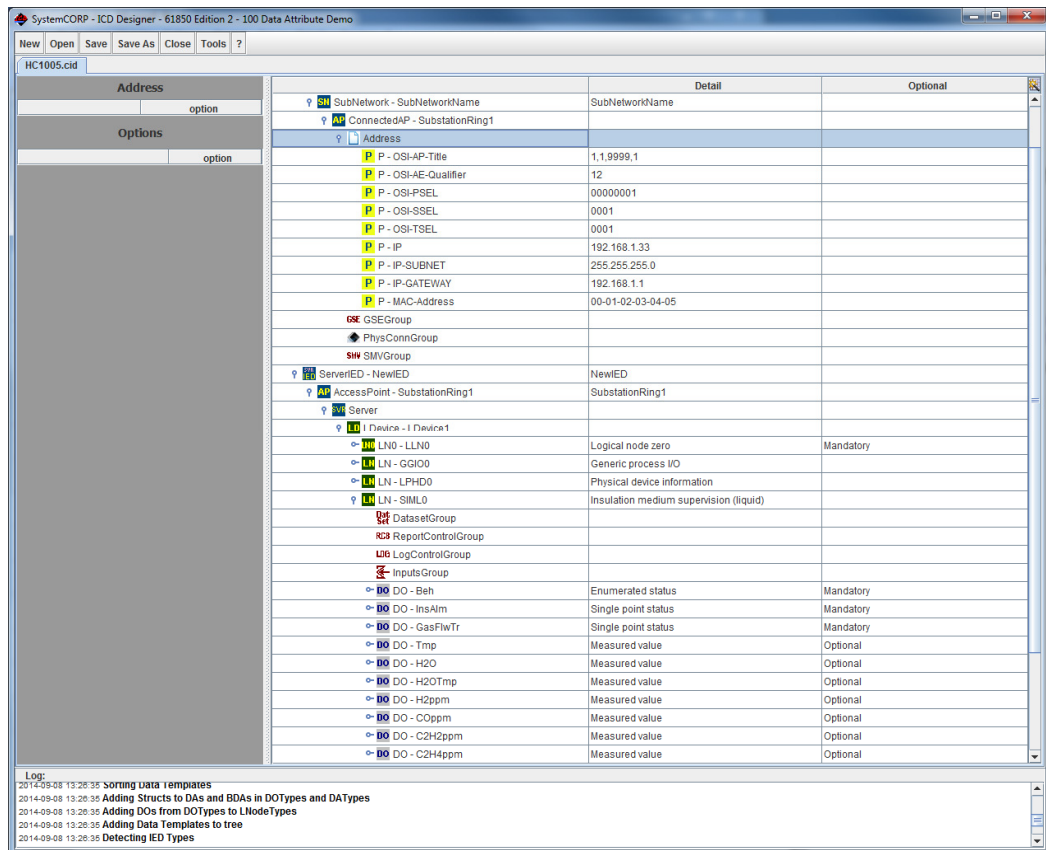


Abbildung 22 ICD Designer

## 6.2 Entwicklung der ICD Dateien

Zuerst werden alle zu beschreibenden Daten des HYDROCALs zusammengetragen, wie der Hersteller, der Gerätetyp, die Seriennummer und die Firmwareversion.

Diese Daten sollen bei der einfacheren Identifikation des Geräts helfen. Jedem Gerät wird eine eindeutige **Seriennummer** zugeordnet.

## **Systemstatus**

Der Gerätestatus des Gerätes gibt Informationen über den Zustand des HYDROCAL aus. Es handelt sich dabei um einen 32Bit Hexadezimalwert, aus welchem im Fehlerfall der Fehler abgelesen werden kann.

## **Sensordaten**

Je nach Gerätetyp müssen unterschiedliche Messwerte übertragen werden. Alle HYDROCAL-Geräte können den Wasserstoff- und Kohlenstoffmonoxidgehalt im Transformatorenöl, die Ölfeuchte, die Öltemperatur und die Messzellentemperatur bestimmen. Der HYDROCAL 1005 und 1008 können zusätzlich noch Acetylen und Ethylen messen. Der HYDROCAL 1008 kann als einziges der HYDROCAL-Messgeräte Kohlenstoffdioxid, Methan und Ethan messen (vgl. Abschnitt 3.1).

## **Alarmdaten**

Alle HYDROCAL – Geräte bieten die Möglichkeit bis zu 16 Alarme zu konfigurieren. Jeder Sensor kann mehreren Alarmen zugeordnet werden. So werden verschiedene Alarmstufen für verschiedene Schwellenwerte ermöglicht. Aber einem Alarm kann nur jeweils ein Sensor zugeordnet werden. Der entsprechende Sensor wird nach Aktivierung überwacht. Je nach Konfiguration des Alarms kann auf Überschreitung, Unterschreitung oder das Betreten bzw. Verlassen eines Bereiches geprüft werden. Mögliche Reaktionen auf eine der beschriebenen Alarmbedingungen sind: Eintragungen im Datenspeicher, das Aktivieren eines digitalen Ausgangs und/oder das Senden einer SMS (nur bei GSM Modem). Mit der neuen Erweiterungskarte sollen der Alarmstatus und der Konfigurationsstring des Alarms übertragen werden können.

## **Suche nach geeigneten logischen Knoten**

Um die benötigten Daten normkonform nach IEC 61850 übertragen zu können, müssen die Daten logischen Knoten zugeordnet werden. Die logischen Knoten sind in der IEC 61850-7-4 definiert. Für jeden HYDROCAL-Typ wurde eine ICD Datei erstellt, um die Unterschiede in der Konfiguration richtig abbilden zu können.



Es gibt in der IEC 61850 keinen logischen Knoten der alle geforderten Daten zur Verfügung stellt. Die „ICD IED HYDROCAL“ musste daher aus mehreren verschiedenen logischen Knoten zusammengefügt werden.

#### EN 61850-7-4:2010

#### 5.3.2 LN: Physical device information Name: LPHD

This LN is introduced in this Part to model common issues for physical devices.

LPHD class			
Data object name	Common data class	Explanation	T M/O/C
<b>Data objects</b>			
<i>Descriptions</i>			
PhyNam	DPL	Physical device name plate	M
<i>Status information</i>			
PhyHealth	ENS	Physical device health	M
OutOv	SPS	Output communications buffer overflow	O
Proxy	SPS	Indicates if this LN is a proxy	M
InOv	SPS	Input communications buffer overflow	O
NumPwrUp	INS	Number of power-ups	O
WrmStr	INS	Number of warm starts	O
WacTrg	INS	Number of watchdog device resets detected	O
PwrUp	SPS	Power-up detected	O
PwrDn	SPS	Power-down detected	O
PwrSupAlm	SPS	External power supply alarm	O
<i>Controls</i>			
RsStat	SPC	Reset device statistics	T O
Sim	SPC	Receive simulated GOOSE or simulated SV	O
<i>Settings</i>			
<b>Data sets (see IEC 61850-7-2)</b>			
Inherited and specialised from logical node class (see IEC 61850-7-2)			
<b>BufferedReportControlBlock (see IEC 61850-7-2)</b>			
Inherited and specialised from logical node class (see IEC 61850-7-2)			
<b>UnbufferedReportControlBlock (see IEC 61850-7-2)</b>			
Inherited and specialised from logical node class (see IEC 61850-7-2)			
<b>Services (see IEC 61850-7-2)</b>			
Inherited and specialised from logical node class (see IEC 61850-7-2)			

Abbildung 23 Übersicht über den LN Physical device information (vgl. IEC 61850 7 – 4, 2010, S. 24)

Die Suche nach einem geeigneten logischen Knoten für die Geräteidentifikation und die Gerätestati konnte im logischen Knoten „Physical device information“ LPHD gefunden werden. Abbildung 23 zeigt einen Auszug aus der IEC 61850 – 7 – 4, welcher den logischen Knoten LPHD beschreibt. Im Datenobjekt PhyNam, „Physical device name plate“, konnten passende Attribute für die notwendigen Daten (Hersteller, Gerätetyp, Seriennummer und Firmwareversion) zugeordnet werden. Dem Datenobjekt PhyHealth, „Physical device health“, konnte der Systemstatus zugeordnet werden. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über

den LN „Physical device information“ mit einer Zuordnung der Daten des HYDROCAL. Der Zeitstempel wird für die zeitliche Zuordnung der Nachrichten, der in Tabelle 3 befindlichen Attribute benötigt. Mit ihm kann festgestellt werden, wie alt eine Nachricht ist. Damit ist der Bereich Hardwarestatus abgedeckt. Der logische Knoten „LPHD“ wird in allen drei HYDROCAL-Typen verwendet.

Datentyp	Zugeordnetes Attribut	Beschreibung der Daten
STRING	LPHD0/PhyNam/vendor	Abfrage des Herstellers
STRING	LPHD0/PhyNam/swRev	Abfrage der Softwarerevision
STRING	LPHD0/PhyNam/serNum	Abfrage der Seriennummer
STRING	LPHD0/PhyNam/model	Abfrage des Modells
STRING	LPHD0/PhyHealth/stVal	Abfrage des Systemstatus
Timestamp	LPHD0/PhyHealth/t	zugeordneter Zeitstempel

**Tabelle 3 Zuordnungstabelle LPHD**

Revision 2 der IEC 61850 – 7 – 4 ist 2010 erschienen und erhält eine Vielzahl neuer logischer Knoten. Seit Januar 2014 unterstützt der IEC 61850 „Stack“ von SystemCORP, der auf dem SC143 von Beck implementiert ist, Revision 2 der IEC 61850. Gas-in-Flüssigkeitsmessungen werden durch den logischen Knoten SIML „Insulation medium supervision (liquid)“ abgedeckt.

### 5.14.5 LN: Insulation medium supervision (liquid) Name: SIML

For a description of this LN, see IEC 61850-5. The insulation medium is a liquid such as oil, like that used for example for some transformers and tap changers. For other measuring objects related to the same IED, a new instance of SIML may be used. If the new measuring point(s) is/are related to a new IED a new instance of SIML shall be used.

SIML class				
Data object name	Common data class	Explanation	T	M/O/C
LNNName		The name shall be composed of the class name, the LN-Prefix and LN-Instance-ID according to IEC 61850-7-2, Clause 22.		
<b>Data objects</b>				
<b>Status information</b>				
InsAlm	SPS	Insulation liquid critical (refill insulation medium)		M
InsBlk	SPS	Insulation liquid not safe (block device operation)		O
InsTr	SPS	Insulation liquid dangerous (trip for device isolation)		O
TmpAlm	SPS	Insulation liquid temperature alarm		O
GasInsAlm	SPS	Gas in insulation liquid alarm (may be used for Buchholz alarm)		O
GasInsTr	SPS	Gas in insulation liquid trip (may be used for Buchholz trip)		O
GasFlwTr	SPS	Insulation liquid flow trip because of gas (may be used for Buchholz trip)		O
InsLevMax	SPS	Insulation liquid level maximum		O
InsLevMin	SPS	Insulation liquid level minimum		O
H2Alm	SPS	H <sub>2</sub> alarm		O
H2Wrn	SPS	H <sub>2</sub> warning level		O
MstAlm	SPS	Moisture alarm		O
MstWrn	SPS	Moisture warning		O
<b>Measured and metered values</b>				
Tmp	MV	Insulation liquid temperature		O
Lev	MV	Insulation liquid level (usually in m)		O
Pres	MV	Insulation liquid pressure		O
H2O	MV	Relative saturation of moisture in insulating liquid (in %)		O
H2OPap	MV	Relative saturation of moisture in insulating paper (in %)		O
H2OAir	MV	Relative saturation of moisture in air in expansion volume (in %)		O
H2OTmp	MV	Temperature of insulating liquid at point of H <sub>2</sub> O measurement		O
H2ppm	MV	Measurement of Hydrogen (H <sub>2</sub> in ppm)		O
N2ppm	MV	Measurement of N <sub>2</sub> in ppm		O
COppm	MV	Measurement of CO in ppm		O
CO2ppm	MV	Measurement of CO <sub>2</sub> in ppm		O
CH4ppm	MV	Measurement of CH <sub>4</sub> in ppm		O
C2H2ppm	MV	Measurement of C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> in ppm		O

Abbildung 24 Übersicht über LN Insulation medium supervision (vgl. IEC 61850 7 – 4, 2010, S. 93)

Abbildung 24 zeigt die verfügbaren Objekte des „LN SIML“. Unter „Measured and metered values“ sind Messwerte für die Konzentration von Wasserstoff, Acetylen, Ethylen, Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, Methan und Ethan im Transformatoröl, die Ölfeuchte und die Öltemperatur des Transformatoröls und die Messezelltemperatur vorgesehen. Jedem Messwert wird ein Zeitstempel zugeordnet. Dieser wird dem Zeitpunkt der Messung zugewiesen.

Tabelle 4 zeigt eine Zuordnung der Messwerte der verschiedenen HYDROCAL-Geräte zu den vorgesehenen Datenobjekten der „LN SIML“.

HYDROCAL	Zugeordnetes Attribut	Beschreibung
1003/5/8	SIML0/H20/mag/f	Abfrage des aktuellen Messwertes der Ölfeuchte
	SIML0/H20/mag/t	zugeordneter Zeitstempel
1003/5/8	SIML0/H20Tmp/mag/f	Abfrage der aktuell gemessenen Öltemperatur
	SIML0/H20Tmp/mag/t	zugeordneter Zeitstempel
1003/5/8	SIML0/H2ppm/mag/f	Abfrage des aktuellen Sensorwert für H2
	SIML0/H2ppm/mag/t	zugeordneter Zeitstempel
1003/5/8	SIML0/COppm/mag/f	Abfrage des aktuellen Sensorwert für CO
	SIML0/COppm/mag/t	zugeordneter Zeitstempel
1003/5/8	SIML0/CO2ppm/mag/f	Abfrage des aktuellen Sensorwert für CO2
	SIML0/CO2ppm/mag/t	zugeordneter Zeitstempel
1008	SIML0/CH4ppm/mag/f	Abfrage des aktuellen Sensorwert für CH4
	SIML0/CH4ppm/mag/t	zugeordneter Zeitstempel
1005/1008	SIML0/C2H2ppm/mag/f	Abfrage des aktuellen Sensorwert für C2H2
	SIML0/C2H2ppm/mag/t	zugeordneter Zeitstempel
1005/1008	SIML0/C2H4ppm/mag/f	Abfrage des aktuellen Sensorwert für C2H4
	SIML0/C2H4ppm/mag/t	zugeordneter Zeitstempel
1008	SIML0/C2H6ppm/mag/f	Abfrage des aktuellen Sensorwert für C2H6
	SIML0/C2H6ppm/mag/t	zugeordneter Zeitstempel
1003/5/8	SIML0/Tmp/mag/f	Abfrage der aktuell gemessenen Zelltemperatur
	SIML0/Tmp/mag/t	zugeordneter Zeitstempel

**Tabelle 4 Zuordnungstabelle SIML**

In Abbildung 24 ist ebenfalls erkennbar, dass für Wasserstoff und Ölfeuchte vordefinierte Alarmobjekte vorhanden sind. Definierte Alarmobjekte für andere Gase und für die Temperaturen fehlen. Diese müssten mit generellen Alarmobjekten abgebildet werden. HYDROCAL-Messgeräte bieten die Möglichkeit 16 frei definierbare Alarmer zu konfigurieren. Daraus ergibt sich eine Vielzahl unterschiedlicher Kombinationen. Es ist nicht möglich voranzusehen, welcher Alarm welchem Sensor zugewiesen wird. Die Konfiguration der Alarmer wird vom Benutzer definiert. Um diese kundenindividuellen Einstellungen zu ermöglichen muss die ICD Datei bereits alle logische Knoten, die später benötigt werden, enthalten. Es gibt drei Möglichkeiten dieses Problem zu lösen.

1. Eine Möglichkeit ist das Hinzufügen der während der Laufzeit tatsächlich benötigten logischen Knoten. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass die verwendeten Alarmer genau auf das richtige Objekt abgebildet werden können. Nachteil ist der erhebliche Programmieraufwand für die Entwicklung der Serverapplikation für die Vielzahl unterschiedlicher Konfigurationsmöglichkeiten. Für jeden Alarm müsste das richtige

Objekt generiert und in die ICD Datei geschrieben werden. Weiterhin ergibt sich hieraus eine erhöhte Fehleranfälligkeit. Möglichkeit eins wurde daher ausgeschlossen.

2. Es können alle möglichen Alarmkombinationen vorkonfiguriert werden. Vorteilhaft an diesem Vorgehen ist, dass kein erweiterter Programmieraufwand erforderlich ist. Die Alarmer könnten den vorgesehenen Objekten zugeordnet werden. Ein Nachteil ist, dass die ICD Datei sehr groß und unübersichtlich wird. Der Konfigurationsaufwand steigert sich jedoch erheblich.

Folgende Objekte müssten angelegt werden:

16x H2 Alarm

16x Ölfeuchtealarm

16x Gasalarm

16x Temperaturalarm (aus anderem LN)

Dieses ergibt 64 Objekte von denen maximal 16 genutzt werden.

Diese Idee wurde daher verworfen.

3. Die dritte letztlich umsetzbare Alternative ist die Verwendung von 16 generellen Alarmobjekten. Es werden in der ICD Datei 16 Alarmobjekte angelegt, die bei Verwendung einem bestehenden Objekt zugewiesen werden. Dieses bietet den Vorteil, dass kein großer Programmieraufwand an der Serverapplikation und bei der Entwicklung der ICD Datei entsteht. Nachteilig ist, dass vorgesehene Objekte der IEC 61850 nicht benutzt werden. Es könnten Fehler bei der Integration in Fremdsysteme entstehen, wenn der Anwender die vorgesehenen Objekte anstelle der generellen der IEC 61850 verwendet. Das Risiko der falschen Zuordnung besteht in jedem Fall, weil die Zuordnung der Daten bei der Integration durch den Menschen erfolgt. Um dieses Risiko zu minimieren wird für eine bessere Übersicht und einer erleichterten Integration eine Zuordnungstabelle angelegt (vgl. Anhang 8). Diese wird zusammen mit der Erweiterungskarte geliefert.

### 5.7.3 LN: Generic process I/O Name: GGIO

This node shall be used only to model in a generic way process devices that are not predefined by the groups S, T, X, Y, or Z. If needed, all data objects listed in Clause 6 can be used single or multiple for a dedicated application of LN GGIO. Data objects with proper semantic meaning should be preferred. The extension rules according to IEC 61850-7-1, Clause 14 shall be followed.

GGIO class				
Data object name	Common data class	Explanation	T	M/O/C
LNNName		The name shall be composed of the class name, the LN-Prefix and LN-Instance-ID according to IEC 61850-7-2, Clause 22.		
<b>Data objects</b>				
<i>Descriptions</i>				
EENName	DPL	External equipment name plate		O
<i>Status information</i>				
EEHealth	ENS	External equipment health		O
LocKey	SPS	Local or remote key		O
Loc	SPS	Local control behaviour		O
IntIn1	INS	Integer status input		O
Alm1	SPS	General single alarm		O
Wm1	SPS	General single warning		O
Ind1	SPS	General indication (binary input)		O
<i>Measured and metered values</i>				
AnIn1	MV	Analogue input		O
AnOut1	APC	Controllable analogue output		O
CntRs1	BCR	Counter, resettable		O
<i>Controls</i>				
OpCntRs	INC	Resettable operation counter		O
LocSta	SPC	Switching authority at station level		O
SPCSO1	SPC	Single point controllable status output		O
DPCSO1	DPC	Double point controllable status output		O
ISCSO1	INC	Integer status controllable status output		O

Abbildung 25 LN GGIO (vgl. IEC 61850 7 – 4, 2010, S. 45)

Wenn es kein passendes definiertes Objekt gibt, kann der logische Knoten GGIO "Generic process I/O" (vgl. Abbildung 25). Im LN GGIO gibt es das Objekt Alm1 „General Single Alarm“. Für die 16 Alarmer wurden 16 Instanzen dieser Objekte angelegt. Für jeden Alarm gibt es ein Attribut, welches beschreibt, ob der Alarm konfiguriert ist. Ein weiteres Attribut ist der Alarmzustand. Ein konfigurierter Alarm hat einen Status, mit dem der Alarmzustand beschrieben wird. Das dritte Attribut, welches übertragen werden muss, ist ein Statusstring, der den Alarm näher beschreibt. Tabelle 5 zeigt die verwendeten Attribute und die zugeordneten Daten des HYDROCALS. Es werden in der Tabelle lediglich die Beschreibung des 1. Alarms gezeigt, die Alarmer 2- 16 sind analog aufgebaut.

Zugeordnetes Attribut	Beschreibung
GGIO1/Alm1/subEna	Abfrage des aktuellen Konfigurationszustand des Alarms 1 (0 = nicht konfiguriert)
GGIO1/Alm1/stVal	Abfrage des aktuellen Alarmzustandes des Alarms 1
GGIO1/Alm1/cdcNs	Abfrage des aktuellen Alarmstrings des Alarms 1
GGIO1/Alm1/t	zugeordneter Zeitstempel

Tabelle 5 Zuordnungstabelle für GGIO

Nachdem allen Daten des HYDROCAL passende Objekte zugeordnet werden konnten, wird mithilfe des ICD Designers die ICD Datei erstellt. Ein Problem ist, dass die Datei, aufgrund der Beschränkungen der Demoversion nicht komplett erstellt werden konnte. Die fertige ICD Datei überschreitet das erlaubte Maximum von 100 Attributen. Die ICD Datei wurde daher in mehreren Etappen erstellt und dann nach und nach im Editor zusammengefügt. Dabei mussten die Datenklassen manuell angepasst werden.

Zur einfacheren Überwachung von Daten werden für jeden logischen Knoten ein Datensatz und ein Report angelegt. In einem Report können definierte Attribute gesammelt überwacht werden. Reports können sowohl in der ICD Datei, als auch in der Anlagensoftware definiert werden. Die erstellten Datensätze werden jeweils einem Report zugeordnet. Die Reports werden von der Anlagensoftware sequenziell vom Server abgefragt. Die Anlagensoftware überprüft den Zeitstempel der Daten und die übertragene Daten. Bei Bedarf können diese Daten weiterverarbeitet werden. Abbildung 26 zeigt einen Screenshot aus einer IEC 61850 Clientsoftware „Omicron IED Scout V2“. Er zeigt beispielhaft, wie eine Clientsoftware das Reporting im praktischen Einsatz nutzt. In diesem Fall werden die Daten des Reports alle fünf Sekunden überprüft. Das kleine Ausrufezeichen ist ein Hinweis auf eine Änderung der Daten. Alle für den Kunden relevanten Daten seiner verschiedener Mess- und Überwachungsgeräte sind mittels der Übertragung des IEC 61850 direkt auf einen Blick zu sehen. Für den Kunden ist dies ein großer Vorteil. In diesem Fall werden zwei verschiedene HYDROCAL-Geräte überwacht.

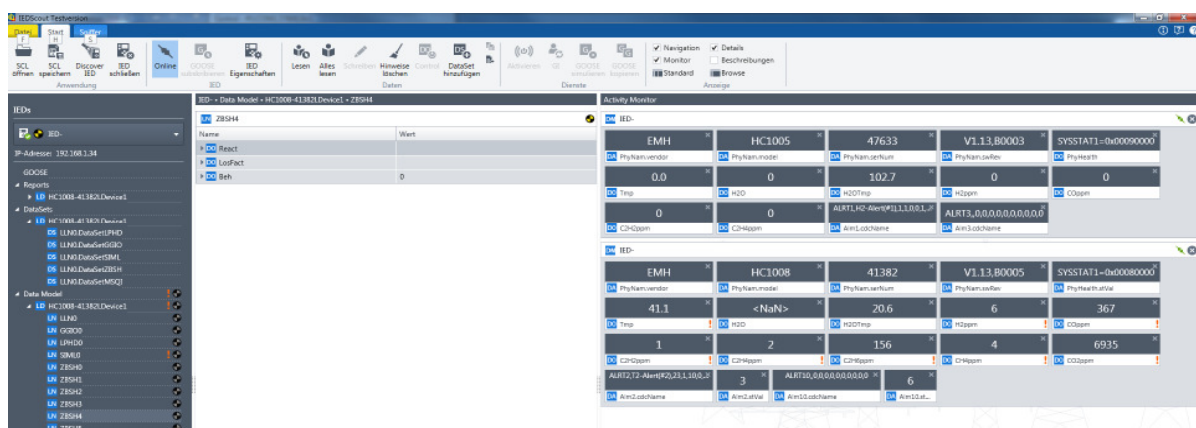


Abbildung 26 Screenshot Omicron IED-Scout V2

### **6.3 Entwicklung der CID Dateien**

Die CID Datei ist eine konfigurierte ICD Datei. Durch eintragen eines IED Namen und der Zuweisung von Netzwerkparametern wird aus einer ICD Datei eine CID Datei. Aus der Aufgabenstellung in Kapitel 4 ergibt sich, dass die Netzwerkparameter und der IED Name während der Laufzeit bei Bedarf geändert werden können. Daraus folgt, dass auch die CID Datei während der Laufzeit geändert werden muss. Die Aufgabe des Änderns der CID Datei ist eine der Aufgabe der Serverapplikation. Die Erstellung der Serversoftware wird im folgenden Kapitel 7 beschrieben. Die Tests auf Normkonformität der Serversoftware und der ICD Datei werden im Kapitel 8 erläutert.



## **7. Entwicklung der Serverapplikation**

Im nächsten Abschnitt wird die Entwicklung der Serverapplikation beschrieben. Die Serverapplikation soll auf dem SC143 implementiert werden.

### **7.1 Anforderungsanalyse**

Die in Kapitel 4 definierten Anforderungen, die an die Software der Erweiterungskarte gestellt werden, sollen zunächst in einer Anforderungsanalyse näher betrachtet werden. Dazu sollen im ersten Schritt die Stakeholder ermittelt werden (vgl. Kleuker, 2013, S. 56ff).

#### **7.1.1 Stakeholder und Zieldefinition**

Die Stakeholder können in die folgenden 12 Gruppen unterteilt werden (vgl. Kleuker, 2013, S. 56ff).

Endanwender:

- Fachkräfte in Leitstellen von Umspannwerken (Kunden)
- HYDROCAL Servicetechniker
- Vertriebsmitarbeiter auf Messen

Management des Auftragnehmers:

- Geschäftsführer der EMH
- Vorstand MTE

Käufer des Systems:

- HYDROCAL Kunden, die die IEC 61850 zur Überwachung von HYDROCAL - Geräten einsetzen möchten

Prüfer, Auditoren:

- QM-Abteilung EMH

## Entwickler:

- Projektleiter: Leitender Ingenieur B. Riepenhusen
- Hardware: Schaltung C. Cohrs, Konstruktion H. Luger, Layout U. Putensen und T. Heinrich
- Software: C. Cohrs
- Firmware: K. Ahlers

## Wartungs- und Servicepersonal:

- Fachkräfte in Leitstellen von Umspannwerken (Kunden)
- HYDROCAL Servicetechniker

## Schulungs- und Trainingspersonal:

- EMH-Schulungspersonal

## Marketing und Vertriebsabteilung:

- EMH-Vertrieb
- MTE-Vertrieb

## Systemschützer:

- Entwickler

## Standards und Gesetze:

- IEC 61850

## Projekt- und Produktgegner:

- Mitbewerber

## Kulturkreis:

- HYDROCALs werden global eingesetzt

Die Interessen der aufgelisteten Stakeholder müssen bei der Entwicklung der Erweiterungskarte beachtet werden. Ein besonderes Augenmerk ist hierbei auf die Gruppe der Endanwender zu legen. Die unternehmensinternen Stakeholder in der Entwicklung, in der Dokumentation und das Schulungspersonal sind für die Berücksichtigung dieser Interessen hauptverantwortlich zuständig. In der Praxis ist im Servicefall die Ausbildung des Servicepersonals unabdinglich wichtig, um dem Endanwender qualifiziert Hilfestellung geben zu können. Weiterhin muss die Entwicklungsabteilung ein nach IEC 61850 konformes Produkt entwickeln. Dieses wird durch das interne Qualitätsmanagement in der QM-Abteilung, kontrolliert. Durch den Einsatz einer weltweitgültigen Norm, spielt der Kulturkreis einzig für die Erstellung der Dokumentation eine Rolle.

Als nächstes werden die Ziele definiert und den beschriebenen Stakeholdern Zielen zugeordnet.

Ziel 1:	Die Software muss die Mess- und Alarmdaten aus dem HYDROCAL auslesen und IEC 61850 Clientsoftwarelösungen zur Verfügung stellen.
Stakeholder:	Entwickler, Prüfer, IEC 6180, Endanwender
Auswirkung auf Stakeholder:	Entwicklung: Die HYDROCAL-Firmware muss erweitert werden, sodass alle Daten abgefragt werden können.  Prüfer, Endanwender: Es muss bei der Entwicklung sichergestellt werden, dass die Serversoftware kompatibel zu gängigen Clientanwendungen ist.  IEC 61850: Die Daten des HYDROCAL müssen dem richtigen logischen Knoten zugewiesen werden.
Randbedingung:	
Abhängigkeiten:	Ziel 4 Es müssen für jeden HYDROCAL die passenden Werte gewählt werden
Sonstiges:	

Tabelle 6 Ziel 1 (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 61)

Ziel 2:	Die Software muss autonom laufen.
Stakeholder:	Entwickler, Wartungs- und Servicepersonal, Endanwender
Auswirkung auf Stakeholder:	Entwickler: Fehlfunktionen abfangen Wartungs- und Servicepersonal, Endanwender: Im Servicefall muss das Servicepersonal dem Endanwender qualifizierte Hilfestellung geben können.
Randbedingung:	
Abhängigkeiten:	Ziel 3 Das System muss Konfigurationsänderungen selbstständig erkennen und die CID Datei anpassen.
Sonstiges:	

Tabelle 7 Ziel 2 (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 61)

Ziel 3:	Die Netzwerkparameter der Erweiterungskarte sollen über das Display des HYDROCALs eingestellt werden können
Stakeholder:	Entwickler, Endanwender, Schulungspersonal
Auswirkung auf Stakeholder:	Entwickler: Die HYDROCAL Firmware muss über ein Menü erweitert werden, in welchem die Konfigurationsdaten für die IEC 61850 Erweiterungskarte geändert werden können. Die neuen Funktionen müssen im Benutzerhandbuch eingetragen werden. Die Software muss die entsprechenden Einträge in der CID Datei vornehmen.  Endanwender, Schulungspersonal: Der Endanwender muss in der Bedienung mit dem Adapter geschult werden.
Randbedingung:	
Abhängigkeiten:	Ziel 2
Sonstiges:	

Tabelle 8 Ziel 3 (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 61)

Ziel 4:	Die Software muss mit den verschiedenen HYDROCAL-Geräten funktionieren.
Stakeholder:	Entwickler
Auswirkung auf Stakeholder:	Entwickler: Die Software muss den angeschlossenen HYDROCAL erkennen und die richtige CID Datei erstellen und laden.
Randbedingung:	
Abhängigkeiten:	Ziel 1
Sonstiges:	

Tabelle 9 Ziel 4 (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 61)

### 7.1.2 Use-Case-Ermittlung

Nach der Zieldefinition sollen die Grundfunktionalitäten der Software mit Hilfe von Use-Cases ermittelt werden. Aus den Use-Cases werden die funktionalen Anforderungen abgeleitet (vgl. Kleuker, 2013, S. 79).

Name des Use-Case	Daten auslesen
Nummer	U1
Autor/ Fachverantwortlicher	C. Cohrs
Version	1.0, 01.Sept.2014, Erstellung
Kurzbeschreibung	Liest Daten aus dem HYDRCOAL aus und übergibt sie an das entsprechende IEC 61850 Objekt
Beteiligte Aktoren	Systemintern, HYDROCAL-Firmware
Referenzen	HYDROCAL-Handbuch
Vorbedingungen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. HYDROCAL ist gestartet</li> <li>2. Software der Erweiterungskarte ist gestartet</li> <li>3. CID Datei angepasst</li> <li>4. IEC 61850 Server gestartet</li> </ol>
Typischer Ablauf	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stelle Verbindung zum HYDROCAL her.</li> <li>2. Überprüfe den Typ des HYDROCAL.</li> <li>3. Frage den Wert X des HYDROCAL ab</li> <li>4. Übergabe an entsprechendes IEC 61850 Objekt</li> </ol>
Alternativer Abläufe	Tritt ein Verbindungsfehler auf, wird die Erweiterungskarte neu gestartet.
Kritikalität	Sehr hoch, System macht ohne Funktionalität keinen Sinn

Tabelle 10 Use-Case Daten auslesen (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 68)

Wenn neue Mess- und Alarmdaten im HYDROCAL vorliegen, muss das System fähig sein, die Messdaten vom HYDROCAL abzufragen und den richtigen Objekten des CID Dateien zuzuordnen.

Wenn keine Verbindung zum HYDROCAL aufgebaut werden kann, oder ein anderer Fehler vorliegt, muss das System in der Lage sein, die Erweiterungskarte neu zu starten.

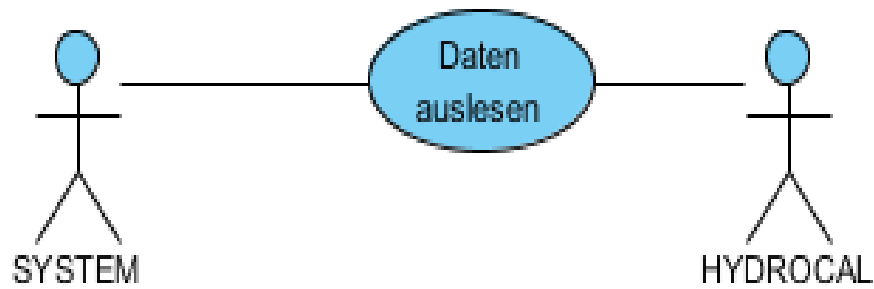


Abbildung 27 Use-Case Daten auslesen

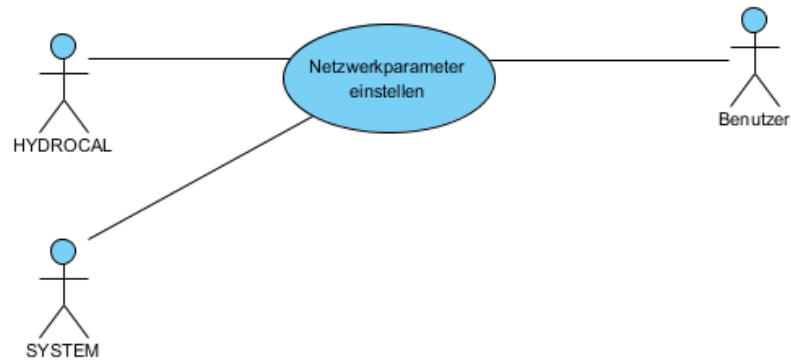
Name des Use-Case	Netzwerkparameter einstellen
Nummer	U2
Autor/ Fachverantwortlicher	C. Cohrs
Version	1.0, 01.Sept.2014, Erstellung
Kurzbeschreibung	Anwender stellt Netzwerkparameter am Display des HYDROCAL ein
Beteiligte Aktoren	Systemintern, HYDROCAL Firmware, Endanwender
Referenzen	HYDROCAL-Handbuch
Vorbedingungen	1. HYDROCAL ist gestartet 2. Software der Erweiterungskarte ist gestartet
Typischer Ablauf	1. Anwender stellt über Displayfunktionen des HYDROCAL die Netzwerkparameter für das IEC 61850 Interface ein 2 System stellt Verbindung zum HYDROCAL her 3. System prüft ob es eine Änderung an der Konfiguration gab 4. System stellt geänderte Parameter im System ein 5. System stellt geänderte Parameter in der CID Datei ein System startet neu
Alternativer Abläufe	Wenn keine Änderung erforderlich, normalen Betrieb fortsetzen.
Kritikalität	Sehr hoch, System macht ohne Funktionalität keinen Sinn
Verknüpfungen	Ziel 3

Tabelle 11 Use-Case Netzwerkparameter einstellen (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 68)



Wenn der Benutzer am HYDROCAL Netzwerkparameter einstellt, die das Netzwerkinterface der Erweiterungskarte betreffen, muss das System in der Lage sein, die geänderten Parameter in der CID Datei zu ändern und die Änderungen am Interface zu speichern.

Wenn keine Änderungen am Interface vorliegen, soll das System mit dem normalen Betrieb fortfahren.



**Tabelle 12 Use-Case Netzwerkparameter einstellen (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 68)**

Name des Use-Case	CID Datei ändern
Nummer	U3
Autor/ Fachverantwortlicher	C. Cohrs
Version	1.0, 01.Sept.2014, Erstellung
Kurzbeschreibung	Parameter in der CID Datei eintragen
Beteiligte Aktoren	Systemintern, Anwender
Referenzen	HYDROCAL-Handbuch
Vorbedingungen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. HYDROCAL ist gestartet</li> <li>2. Software der Erweiterungskarte ist gestartet</li> <li>3. Systemänderung vom User initiiert oder vom System erkannt</li> </ol>
Typischer Ablauf	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alte CID Datei öffnen</li> <li>2. Backup anlegen</li> <li>3. Richtige Stelle in der CID Datei finden</li> <li>4. Neue Parameter aus der HYDROCAL Firmware auslesen oder generieren</li> <li>5. Neue Parameter an die gefundene Stelle schreiben</li> <li>6. Gerät neu starten</li> </ol>
Alternativer Abläufe	Bei Fehlern Backupdatei wiederherstellen.
Kritikalität	Sehr hoch, System macht ohne Funktionalität keinen Sinn
Verknüpfungen	Ziel 2

Tabelle 13 Use-Case CID Datei ändern (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 68)

Wenn Parameter an der CID Datei geändert werden müssen, muss das System fähig sein, eine Backupdatei aus der bestehenden CID Datei zu erzeugen.

Wenn Parameter im CID Datei geändert werden müssen, muss das System fähig sein, den richtigen Parameter in der Datei zu finden und zu ändern.

Wenn das CID Datei durch einen Fehler zerstört wird, muss das System in der Lage sein die Backupdatei wiederherzustellen.



Abbildung 28 Use-Case CID Datei ändern

Name des Use-Case	Systemstart
Nummer	U4
Autor/ Fachverantwortlicher	C. Cohrs
Version	1.0, 01.Sept.2014, Erstellung
Kurzbeschreibung	Startvorgang des Systems
Beteiligte Aktoren	Systemintern
Referenzen	HYDROCAL-Handbuch
Vorbedingungen	1. HYDROCAL ist gestartet
Typischer Ablauf	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Herstellen der Verbindung zum HYDROCAL</li> <li>2. Auslesen der derzeitig anliegenden Geräteparameter</li> <li>3. Schreiben der Parameter in die CID Datei</li> <li>4. Starten des IEC 61850 Servers</li> </ol>
Alternativer Abläufe	Im Fehlerfall wird das Gerät nach 3 Minuten neu gestartet.
Kritikalität	Sehr hoch, System macht ohne Funktionalität keinen Sinn
Verknüpfungen	Ziel 2

**Tabelle 14 Use-Case Systemstart (vgl. Quelle, Kleuker, 2013, S. 68)**

Wenn der HYDROCAL gestartet wurde, muss das System in der Lage sein selbstständig zu starten.

Wenn das System startet, muss das System in der Lage sein, den Typ des angeschlossenen HYDROCAL zu erkennen und das richtige CID Datei zu laden und die aktuellen Netzwerkparameter in das CID Datei zu schreiben.

Wenn das CID Datei vorbereitet wurde, muss das System in der Lage sein, einen IEC 61850 Server zu starten.

Wenn der Server nicht gestartet werden kann, muss das System in der Lage sein, sich ggf. neu zu starten.

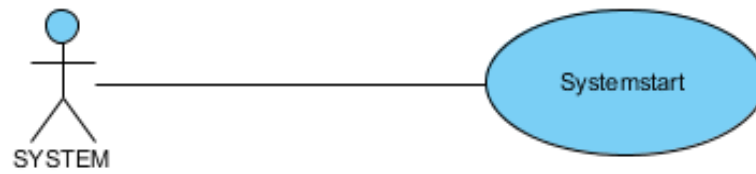


Abbildung 29 Use-Case Systemstart

## 7.2 Grobdesign

Nachdem die Anforderungen an die Serversoftware in Teil 7.1 präzisiert wurden, kann mit dem groben Design der Software begonnen werden. (vgl. Kleuker, 2013, S. 94)

### 7.2.1 Zu unterstützende Hardware

Die Serversoftware soll auf dem in Aufgabenteil 5 beschriebenen SC143 aus dem Hause Beck betrieben werden. Dieser nutzt das Echtzeitbetriebssystem @CHIP-RTOS. Dieses verfügt über ein FAT-Dateisystem und erlaubt dem Anwender selbstentwickelte Applikationen in Form von ausführbaren Dateien auszuführen. Vom Anwender entwickelte Programme können via FTP an das Gerät übertragen werden. (vgl. BECK 3, 2012).

### 7.2.2 Entwicklungsumgebung

Für erste Tests und für die Einarbeitung in die Thematik wurde ein DK61 Entwicklungsboard beschafft. Das DK61 Entwicklungsboard aus dem Haus „BECK IPC“ enthält die Software „Paradigm C/C++“. Es handelt sich hierbei um eine Entwicklungsumgebung, welche einen Borland Compiler einsetzt. Sie ist speziell für die Entwicklung von Applikationen in C für die Mikrocontroller aus dem Hause BECK IPC ausgelegt. Weiterhin bietet sie Möglichkeiten, den Code direkt auf den Mikrocontroller zu laden. Weiter ist es möglich, die selbstgeschriebene Applikation auf dem Chip zu debuggen (vgl. BECK 4, 2012).

### 7.2.3 Schnittstellen

Die zu entwickelnde Software muss zwei verschiedene Systeme mit einander verbinden. Ein System ist die HYDROCAL Firmware. Der HYDROCAL muss die abzufragenden Daten zur Verfügung stellen. Die Daten können über die serielle Schnittstelle abgefragt werden. Die HYDROCAL-Befehle, die von der Software benutzt werden müssen, können der folgenden Tabelle 15 entnommen werden. Alle Befehle müssen mit einem Carriage Return abgeschlossen werden.

<b>HYDRCOAL -Befehl</b>	<b>Beschreibung</b>
VER5	Abfrage des Herstellers
VER1	Abfrage der Seriennummer
SYSSTAT	Abfrage des Systemstatus
READAX	Abfrage des aktuellen Konfigurationszustand des Alarms X (0 = nicht konfiguriert)
ALRTX	Abfrage des aktuellen Alarmstrings des Alarms 1
READSX	Abfrage des aktuellen Sensorwert für Sensor X (Sensorzuordnung ist abhängig vom Gerätetyp)
PAR159	IED Name (max. 31 Zeichen wenn leer) IED HC 100X - SN
UXTIME,0	Abfrage des Zeitstempels der letzten Messung
UXTIME,1	Abfrage des derzeitigen Zeitstempels
PAR131	Abfrage des DHCP Flag
PAR158	Abfrage der IP-Adresse des IEC 61850 Interface
PAR134	Abfrage der Subnetzmaske des IEC 61850 Interface
PAR135	Abfrage der Gateway-Adresse des IEC 61850 Interface
PAR157	Abfrage eines Konfigurationsänderungsflag

Tabelle 15 Liste der HYDRCOAL-Befehle

Das zweite System zu dem eine Schnittstelle geschaffen werden muss, ist die des PIS 10 Protokoll-Stack. Der PIS 10 Protokoll-Stack stellt Funktionen zur Verfügung, die für den Betrieb eines IEC 61850 Servers notwendig sind. Die folgende Tabelle 16 zeigt mögliche Befehle des PIS-10-Stacks und beschreibt deren Funktion (vgl. SystemCORP 1, 2010, S.13).

<b>Befehl</b>	<b>Beschreibung</b>
IEC61850_Create	Erstellt einen IEC 61850 Server oder Client mit den folgenden Funktionen
IEC61850_LoadSCLFile	Lädt die SCL Datei, um die Server oder Clientkonfiguration zu erhalten
IEC61850_Start	Startet den IEC 61850 Server oder Client
IEC61850_Stop	Stoppt den IEC 61850 Server oder Client
IEC61850_Free	Gibt Server- oder Clientobjekte wieder frei
IEC61850_Read	Liest den Wert eines Datenattributes
IEC61850_Write	Schreibt den Wert eines Datenattributes
IEC61850_Update	Updatet den Wert eines Datenattributes

Tabelle 16 Liste der PIS10 Befehle (vgl. Quelle, SYSTEM CORP 1, 2010, S. 13)

### **7.2.4 Grundfunktionen**

Nachdem im letzten Abschnitt die Schnittstellen beschrieben wurden, werden in diesem Abschnitt die grundlegenden Funktionen erläutert, welche für den Betrieb notwendig sind. Da es sich bei der zu entwickelnden Software um ein C-Programm handelt, entfallen Überlegungen zum Klassendesign.

#### **Funktionsgruppe UART**

Es muss eine Funktion geben, mit der das Programm eine Verbindung über die serielle Schnittstelle zum HYDROCAL aufbaut, einen Befehl an den HYDROCAL sendet und die Antwort vom HYDROCAL sendet. Die Funktion muss den zu senden Befehl entgegennehmen und die Antwort zurückgeben.

#### **Funktionsgruppe Alarme**

Es muss eine Funktion geben, welche die Alarmdaten vom HYDROCAL abrufen und für den IEC 61850 Server vorbereitet.

#### **Funktionsgruppe Sensoren**

Es muss eine Funktion geben, welche die Sensordaten vom HYDROCAL abrufen und für den IEC 61850 Server vorbereitet.

#### **Funktionsgruppe Netzwerkparameter**

Es muss eine Funktion geben, welche prüft, ob sich das Konfigurationsänderungsflag des HYDROCAL geändert hat. Dieses Flag gibt Auskunft darüber, ob sich die Netzwerkparameter, die über das Display des HYDROCAL geändert werden können und die Adapterkarte betreffen, geändert haben. Des Weiteren muss es eine Funktion geben, die die einzustellenden Netzwerkparameter vom HYDROCAL abfragt und im Netzwerkinterface des SC143 hinterlegt. Die neuen Parameter müssen von einer anderen Funktion in der CID Datei eingetragen werden.

#### **Funktionsgruppe Serverfunktionen**

Die in Tabelle 16 beschriebenen Funktionen werden unter dieser Kategorie zusammengefasst.



**Funktionsgruppe Systeminformationen**

Es muss eine Funktion geben, welche die Systeminformationen vom HYDROCAL abrufen und für den IEC 61850 Server vorbereiten.

**Funktionsgruppe Systemfunktionen**

Es muss eine Funktion zum Neustarten des Servers geben. In einer Hauptschleife sollen die einzelnen Funktionen der Funktionsgruppen aufgerufen werden. Alle 60 Sekunden sollen die Werte aktualisiert werden. Dieser Wert ist ausreichend, weil der HYDROCAL alle 20 Minuten eine Messung durchführt.

### 7.2.5 Programmablauf

Für die Entwicklung des Programmablaufes wurde ein Beispiel aus der Anleitung für den PIS10 Stack von SystemCORP zur Hilfe genommen (vgl. Abbildung 30).

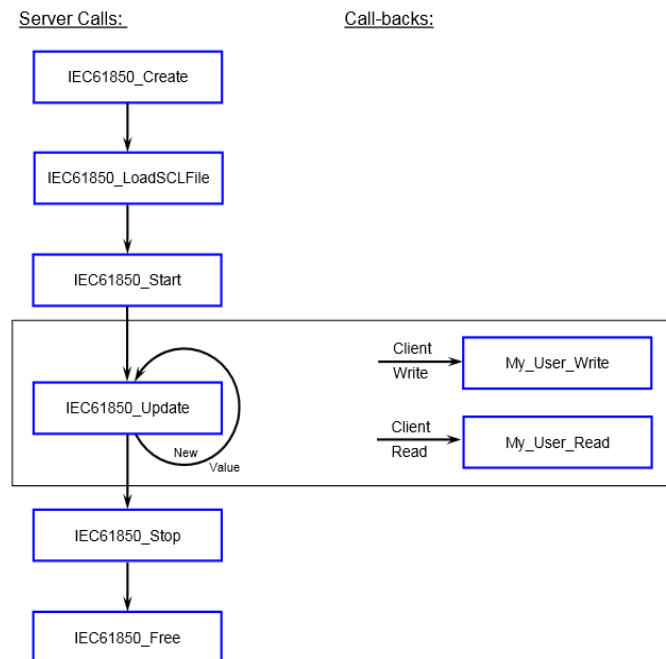


Abbildung 30 Programmablauf einer IEC 61850 Serverapplikation (vgl. System Corp 1, 2010, S. 14)

Wenn der Server gestartet wurde, läuft die Updatefunktion „IEC61850\_Update“ in einer Endlosschleife. Neue Daten können über Callbackfunktionen vom Client übergeben oder übernommen werden.

Der Ablauf der Serverfunktionen soll bei der Umsetzung der Serverapplikation übernommen werden. Zusätzlich zu den gezeigten Funktionen in Abbildung 30, wird das Auslesen der Daten des HYDROCALs (vgl. Use-Case U1) in einer externen Schleife realisiert. Ebenso soll bereits beim Systemstart der Typ des HYDROCALs erkannt werden. Bei der Planung des Systemflusses wurde ebenso berücksichtigt, dass die Parameter des Netzwerkinterfaces der Erweiterungskarte zu jeder Zeit vom Benutzer über das Display geändert werden können (vgl. Use-Case U2). Liegt eine Änderung vor wird die CID Datei angepasst und der SC143 neu gestartet. Damit ist auch der Use-Case U3 erfüllt. Alle Änderungen wurden in einem Ablaufplan zusammengetragen (vgl. Anhang 10).

## 7.3 Umsetzung

Mit Abschluss der in Abschnitt 7.2 beschriebenen vorausgehenden Arbeiten abgeschlossen wurden, konnte mit der Entwicklung der Serversoftware begonnen werden. Die Software basiert auf einer Beispielsoftware, die dem DK61 beiliegt (vgl. SystemCORP 2012 S. 29). In diesem Abschnitt werden die Besonderheiten, die es bei der Softwareentwicklung zu beachten gab, beschrieben. Der komplette Source Code befindet sich im Anhang (vgl. CODE 1).

### 7.3.1 Debugging

Das Debugging mit dem SC143 wird über eine ausführbare Datei „PROBE.EXE“ durchgeführt (vgl. BECK5, 2006, S. 25). Diese wird über eine Terminalverbindung oder automatisch beim Systemstart über die „Autoexec.bat“ gestartet. In der Entwicklungsumgebung kann ausgewählt werden, über welches Medium debugged werden soll. Zur Wahl stehen serielle Schnittstellen oder TCP/IP (vgl. BECK5, 2006, S. 25ff.). Wenn das Debugging gestartet wird, wird das Programm automatisch auf den SC143 geladen und kann dann, wie in anderen Entwicklungsumgebungen, debugged werden. Bei der Entwicklung ist jedoch aufgefallen, dass ein Debugging nur mit kleineren Programmen möglich ist. Immer wenn versucht wurde ein umfassenderes Programm zu debuggen gab es die Fehlermeldung, dass nicht genug Speicher vorhanden ist um das Programm zu starten. Dieser Fehler erschwerte gleichzeitig auch die Fehlersuche und dessen Behebung. Dieses Problem konnte auch nicht mit dem technischen Support des Herstellers des SC143 gelöst werden. Letztlich blieb als einzige Möglichkeit zu debuggen der Einsatz von Debugprints.

### 7.3.2 Funktionsgruppe UART

Die Funktionsgruppe UART enthält eine Funktionen zur Übertragung von Daten über den Port 0 der seriellen Schnittstelle des SC143.

Diese Funktion basiert auf einer Demofunktion für die serielle Schnittstelle (vgl. BECK6, 2008). Der Aufbau der Funktion wird im Folgenden erläutert. Die Implementierung ist dem Anhang zu entnehmen (vgl. CODE 1, uart.c). Nach der Initialisierung der Schnittstelle werden zuerst die Lese und die Schreibpuffer geleert. Im nächsten Schritt wird blockweise der Befehl an den HYDROCAL übertragen. Wenn die Übertragung abgeschlossen wurde, wird geprüft, ob eine Antwort des HYDROCAL im Lesebuffer vorliegt. Wenn Zeichen empfangen werden, werden diese zu einem Antwortstring zusammengesetzt. Dieser Antwortstring ist der Rückgabewert der Funktion.

Beim Test der Funktion musste der Fall berücksichtigt werden, was passiert, wenn der HYDROCAL nicht antwortet. Das kann passieren, wenn der Befehl der gesendet wurde, nicht korrekt übertragen wurde. Dieser Fehler tritt vereinzelt auf, wenn die HYDROCAL Firmware die Baudrate der seriellen Schnittstelle des Modemssockels, über welchen der HYDROCAL mit der Erweiterungskarte kommuniziert, nicht übereinstimmt. In diesem Fall wird kein „Carriage Return“ empfangen und die Schleife zum Empfang von Befehlen wird nicht verlassen. Für diesen Fall wurde ein Timeout eingerichtet, welcher nach 30 erfolglosen Wartezyklen á 50 ms einen Neustart der Erweiterungskarte initiiert (vgl. CODE 1, uart.c).

### 7.3.3 Funktionsgruppe Alarme / Sensoren / Systeminformationen

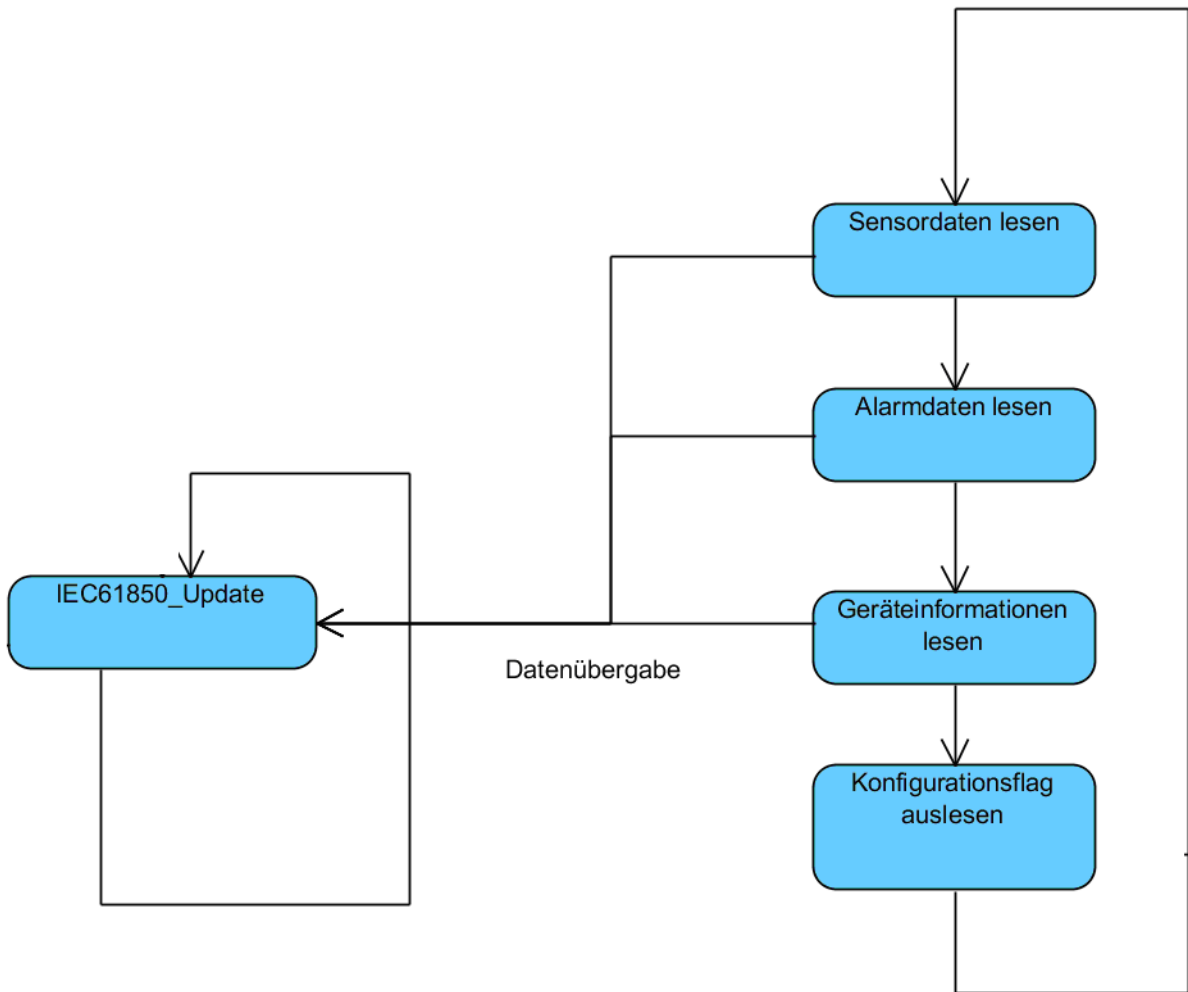


Abbildung 31 Ablaufplan Updatefunktionen

In einer Schleife werden die Funktionen aus den Funktionsgruppen Alarme, Sensoren und Systeminformationen aufgerufen. Zum Auslesen der Daten senden die verschiedenen Funktionen Befehle an den HYDROCAL. Dazu werden die Funktionen aus der Funktionsgruppe UART verwendet. Die neuen Daten werden an die Funktion „IEC61850\_Update“ übergeben (vgl. Abbildung 31). Anschließend können die neuen Daten übertragen werden. IEC 61850 Clientapplikationen können die aktuellen Daten jetzt abrufen.

### 7.3.4 Funktionsgruppe Netzwerkparameter

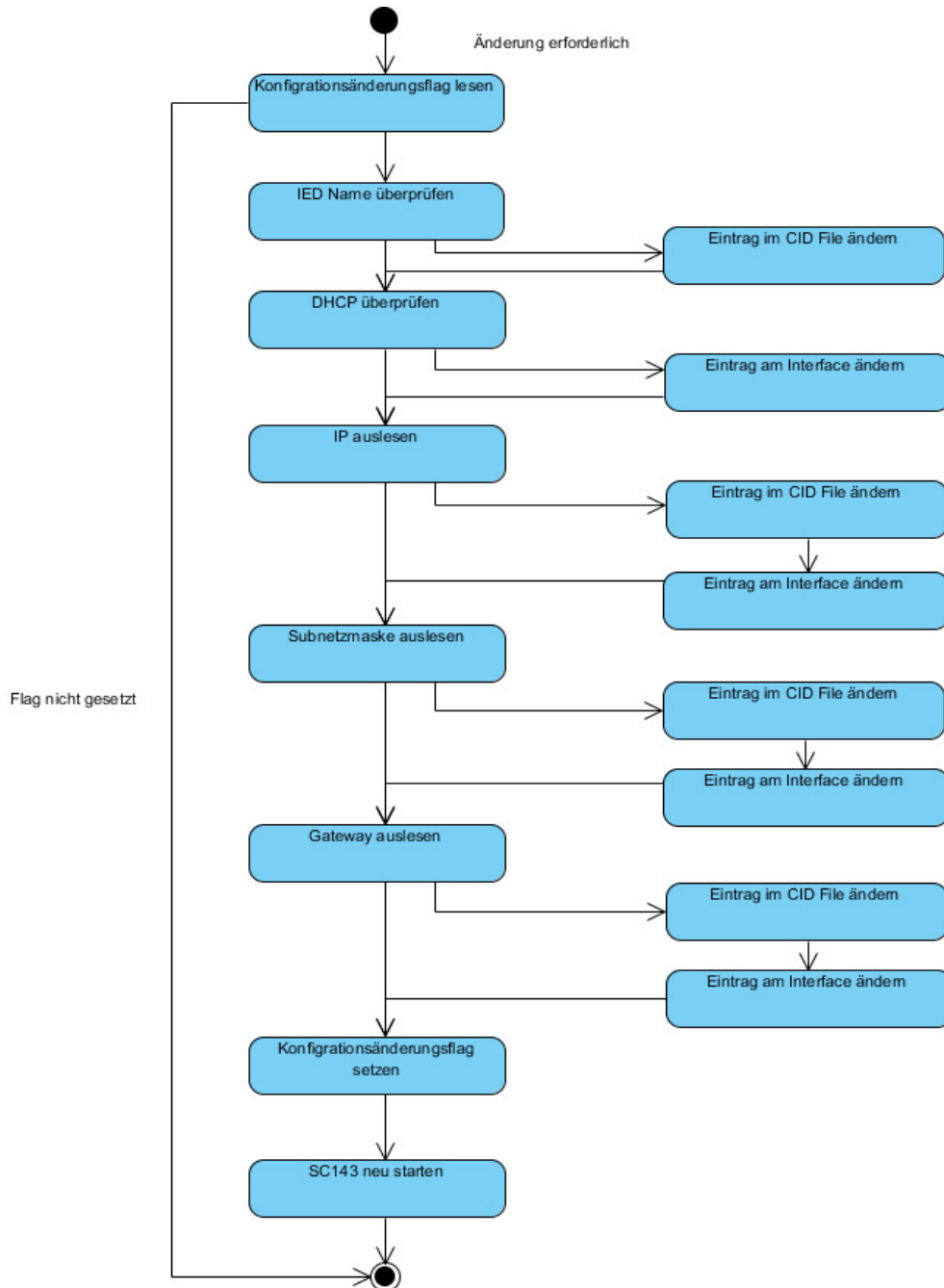


Abbildung 32 Ablaufplan Netzwerkparameter

Für die Funktionsgruppe Netzwerkparameter wurde zur besseren Übersicht der in Abbildung 32 dargestellte Ablaufplan erstellt. Bei der Umsetzung musste darauf geachtet werden, dass die Daten an der richtigen Stelle der CID Dateien eingetragen werden. Dazu werden Standardfunktionen aus der „string.h“ verwendet (vgl. CODE 1, netsetup.c). Die Änderungen am Netzwerkinterface des SC143 werden durch Änderungen an der Systemkonfigurationsdatei „system.ini“ geändert. Die API-Funktion „BIOS\_Set\_Ini\_String“

ändert den übergebenen Eintrag einer ebenfalls zu übergebenden Kategorie der „Ini Datei“ (vgl. BECK7, 2010). Nach einem Neustart werden die Daten aus der Konfigurationsdatei auf dem Interface aktiv. Der DHCP Status wird mit Hilfe der Api-Funktionen „Get\_DHCP\_Status“ (vgl. BECK8, 2010) und „Set\_DHCP\_Status“ (vgl. BECK9, 2010) ausgelesen und gegebenenfalls geändert.

### 7.3.5 Funktionsgruppe Serverfunktionen / Systemfunktionen

Es musste ein Weg gefunden werden die Uhrzeiten von HYDROCAL und SC143 miteinander zu synchronisieren. In der Beispielapplikation wird ein externer NTP verwendet, welcher die Uhr des SC143 stellt (vgl. SystemCORP 1, 2012, S. 29). Die Uhrzeit des NTP Servers wird verwendet, um ein IEC 61850 Datenobjekt eine Uhrzeit zu zuordnen. Der Nachteil ist, dass wenn kein NTP Server zur Verfügung steht, die Uhr nicht gestellt ist. Daher wurde entschieden, dass die Uhr des HYDROCAL die Zeitbasis darstellt. Beim Systemstart ruft der SC143 die Zeit vom HYDROCAL ab und stellt seine Uhr. Bei Funktionen die Messdaten betreffen wird der Zeitstempel der letzten Messung übergeben. Bei den Alarmen und den Systeminformationen wird die aktuelle Uhrzeit übergeben. Der HYDROCAL stellt die Daten als UNIX-Zeitstempel zur Verfügung.

Die Daten des HYDROCALs werden den Objekten des IEDs mithilfe eines fünfstelligen Zahlencode zugeordnet. Jedem Objekt der CID Datei ist dabei eine einzigartige Nummer zugeordnet (vgl. Anhang Zuordnungstabelle).

ID	HC1003	HC1005	HC1008
1	H2	H2	H2
2		C2H2	C2H2
3		C2H4	C2H4
4	CO	CO	CO
5	Cell Temp.	Cell Temp.	CO2
6	Oil Temp.	Oil Temp.	C2H6
7	Oil Hum	Oil Hum	CH4
22			Cell Temp.
23			Oil Temp.
24			Oil Hum

Tabelle 17 Sensorzuordnung HYDROCAL

Es sollten die HYDROCAL-Gerätetypen HYDROCAL1008, HYDROCAL1005 und HYDROCAL1003 gleichermaßen unterstützt werden. Tabelle 4 in Kapitel 6 zeigt die unterschiedlichen Ausstattungsmerkmale der Geräte. Der Befehl zum Abrufen der Sensoren setzt sich aus dem

Befehl „READS“ und der SensorID „ID“ zusammen. Die Zuordnung der SensorID zu den Sensoren ist jedoch bei den verschiedenen Geräten unterschiedlich (vgl. Tabelle 17). Es ist wichtig, dass der richtige Sensorwert dem richtigen Objekt des IED zugeordnet wird. Entscheidend ist auch, dass wirklich die richtige CID Datei geladen wird. Hierzu muss der korrekte Gerätetyp erkannt werden. In der Serverapplikation wird deshalb vor dem Start des IEC 61850 Servers, zuerst der Gerätetyp ermittelt (vgl. CODE 1, physicaldata.c). Anschließend wird die passende CID Datei angepasst und der Server gestartet. Zusätzlich zur Geräteerkennung wird die Sensorkonfiguration entsprechend der oben aufgelisteten Sensorzuordnungen aktualisiert. Diese Art der Geräteerkennung ermöglicht einen transparenten Zugriff auf die Sensoren, sodass für zusätzliche Sensorzuordnungen kein weiterer Code geschrieben werden muss. Wenn sich etwas an der HYDROCAL Sensorzuordnung ändern sollte, muss lediglich die Sensorzuordnung in der Serversoftware geändert werden.



## 8. Tests

In diesem Kapitel werden die Tests der Serversoftware und der ICD Datei beschrieben. Das Testen auf Normkonformität wird in Teil 10 der IEC 61850 beschrieben.

Nach der Fertigstellung der Software für die Erweiterungskarte wurde nach Möglichkeiten gesucht, die Software zu testen. Dabei muss sichergestellt werden, dass die Software kompatibel mit IEC 61850 Clientsoftware ist. Ferner muss auch die Zuordnung der Daten zu den Objekten überprüft werden. Ein Test mit der vom jeweiligen Kunden eingesetzten Software z. B. der „Siemens Simotion SCOUT v4“ wäre am sinnvollsten gewesen. Die Softwarelösung konnte jedoch nicht zur Verfügung gestellt werden.

Wie in Kapitel 6 beschrieben, wird die Edition 2 der IEC 61850 verwendet. Die eingesetzten Tools müssen daher kompatibel zur Edition 2 der IEC 61850 sein.

Im folgenden Abschnitt werden zwei alternative Testtools beschrieben, mit dem die Erweiterungskarte losgelöst vom Hersteller getestet werden konnte.

### 8.1 Auswahl von Testtools

Die Internetrecherche nach geeigneten Tools ermöglichte die Auswahl des Programms „Simflex Client Simulator“ aus dem Hause GridClone. Er bietet die Möglichkeit, automatisierte Test auf Normkonformität nach IEC 61850 – 10 durchzuführen (vgl. GridClone, 2012). Die Software wird auch von Zertifizierungslaboren wie dem TÜV Süd eingesetzt, um IEC 61850 Serverapplikationen Normkonformität zu zertifizieren. Neben dem „Simflex Client Simulator“ wurde zur Überprüfung der Normkonformität von SCL und ICD Dateien das Softwaretool „Simflex SCL Checker“ empfohlen.

SystemCORP nutzt in einem Beispiel (vgl. SystemCORP 1, 2010, S. 11) die Software „Omicron IEDScout“ zur Überprüfung einer ICD Datei. Im August 2014 wurde eine aktuelle Version des „IEDScout“ veröffentlicht. Dieses Programm eignet sich laut Hersteller für die Anwendungsbereiche: Prüfen, Fehlersuche, Inbetriebnahme und IED-Entwicklung (vgl. Omicron, 2014). Die angegebenen Anwendungsbereiche passen somit zu den Anforderungen.

## 8.2 Test mit Simflex Client Simulator

Der „Simflex Client Simulator“ bietet Testroutinen zur Konformitätsprüfung nach IEC 61850 - 10. In einer Telefonkonferenz mit der Firma GridClone wurden die grundlegenden Funktionen der Software erläutert. Im Anschluss konnte eine Testversion der Software zwei Wochen lang getestet werden. Die Testversion umfasst jedoch nur einen kleinen Teil des Tests. Die Kosten für eine Vollversion des „Simflex Client Simulator“ überstiegen das Projektbudget erheblich. Es wurde entschieden die Software trotz des eingeschränkten Leistungsumfangs einzusetzen, um die Serverapplikation der Erweiterungskarte grundlegend zu überprüfen zu können. Der erste Test war ein Verbindungstest. Gestestet wird, ob sich der IEC 61850 Client mit dem IEC 61850 Server verbinden kann. Nach der Verbindung fordert der Client vom Server die eingeschalteten Services und das Serververzeichnis ab. Als nächstes ruft der Client die Struktur der logischen Knoten vom Server ab. Dieser Test schlug fehl, dem Testprotokoll in Abbildung 33 zu entnehmen ist.

```

11:35:23.956 IEC61850Engine      Generating Data Model from New Device_1 (R)
11:35:23.976 IEC61850Engine      Associate (SUCCESS)
11:35:23.982 IEC61850Engine      GetServicesSupported from New Device_1, (SUCCESS)
11:35:23.992 IEC61850Engine      GetServerDirectory(LOGICAL_DEVICE) From New Device_1, (SUCCESS)
Retrieving logical nodes
Retrieving logical nodes
11:35:24.030 IEC61850Engine      GetLogicalDeviceDirectory from New Device_1, (TRANSPORT_ERROR_NETWORK_ERROR): HC1008LDevice1
11:35:24.055 IEC61850Engine      Cannot retrieve the list of logical nodes for HC1008LDevice1. (error = TRANSPORT_ERROR_NETWORK_ERROR)
Retrieving data definitions
11:35:24.070 IEC61850Engine      Release (DECODE_ERROR)
Idle

```

Abbildung 33 Test der Serververbindung mit "Simflex Client Simulator"

**Fehlersuche:** Der Fehler wurde zusammen mit dem Hersteller der Software untersucht. Während des Tests mit dem „Simflex Client Simulator“ werden im Hintergrund die Server-Clientkommunikation protokolliert. Zusammen mit dem Supportteam von GridClone wurden diese Protokolldateien ausgewertet.

14	18	5642200	192.168.1.12	192.168.1.12	TCP	66	49945 >	iso-tsap [SYN, ACK] Seq=	11	GGIO0	5513A1M11
15	18	5642200	192.168.1.12	192.168.1.33	TCP	54	49945 >	iso-tsap [ACK] Seq=1	12	GGIO0	5513A1M11
16	18	5974050	192.168.1.12	192.168.1.33	COTP	76	CR	TPDU src-ref: 0x0001 dst-ref	13	GGIO0	5513A1M11
17	18	5997480	192.168.1.33	192.168.1.12	COTP	76	CC	TPDU src-ref: 0xfe00 dst-ref	14	GGIO0	5513A1M11
18	18	6011650	192.168.1.12	192.168.1.33	MMS	245		initiate-RequestPDU	15	GGIO0	5513A1M11
19	18	6057370	192.168.1.33	192.168.1.12	MMS	216		initiate-ResponsePDU	16	GGIO0	5513A1M11
20	18	6082090	192.168.1.12	192.168.1.33	MMS	90		confirmed-RequestPDU	17	GGIO0	5513A1M11
21	18	6101750	192.168.1.33	192.168.1.12	MMS	86		confirmed-ResponsePDU	18	GGIO0	5513A1M11
22	18	6106370	192.168.1.12	192.168.1.33	MMS	90		confirmed-RequestPDU	19	GGIO0	5513A1M11
23	18	6125870	192.168.1.33	192.168.1.12	MMS	86		confirmed-ResponsePDU	20	GGIO0	5513A1M11
24	18	6130260	192.168.1.12	192.168.1.33	MMS	90		confirmed-RequestPDU	21	GGIO0	5513A1M11
25	18	6151870	192.168.1.33	192.168.1.12	MMS	102		confirmed-ResponsePDU	22	GGIO0	5513A1M11
26	18	6156680	192.168.1.12	192.168.1.33	MMS	104		confirmed-RequestPDU	23	GGIO0	5513A1M11
27	18	6333560	192.168.1.33	192.168.1.12	COTP	1085		DT TPDU (0) [COTP fragment, 102	24	GGIO0	5513A1M11
28	18	7937050	192.168.1.33	192.168.1.12	COTP	1085		[TCP Retransmission] DT TPDU (0	25	GGIO0	5513A1M11
29	18	7937530	192.168.1.12	192.168.1.33	TCP	66	49945 >	iso-tsap [ACK] Seq=372	26	GGIO0	5513A1M11
30	18	7948710	192.168.1.33	192.168.1.12	MMS	288		[Malformed packet]	27	GGIO0	5513A1M11
31	18	7973380	192.168.1.12	192.168.1.33	MMS	108		confirmed-RequestPDU	28	GGIO0	5513A1M11
32	18	8017670	192.168.1.33	192.168.1.12	MMS	286		confirmed-ResponsePDU	29	GGIO0	5513A1M11

Abbildung 34 Protokolldatei des Tests

Abbildung 34 zeigt einen Ausschnitt des Datenverkehrs des fehlgeschlagenen Tests. In Paket 27 wird ein Teil der Verzeichnisstruktur des CID Datei an den Client übertragen. Anschließend wird das Paket wiederholt gesendet. Der „Simflex Client Simulator“ erkennt

diese Fehlübertragung und das „malformed Packet 30“. Dies führte zum Abbruch und damit zum fehlgeschlagenen Test.

Die Ursache dieses Fehlers wird beim PIS10 Stack der Firma SystemCORP vermutet. Das Problem wurde daher an den deutschen Distributor BECK weitergeleitet. BECK gab daraufhin eine aktualisierte Version der PIS10-Stack-Bibliothek frei. Die aktualisierte Bibliothek wurde in der Serverapplikation gegen die alte Bibliothek ausgetauscht und der Test wiederholt. Der Test konnte jetzt erfolgreich durchgeführt werden.

Testname	Beschreibung
Srv1	Prüft den kompletten Verbindungsaufbau
Srv2	Prüft, ob beim Verbindungsaufbau eine Liste der logischen Knoten heruntergeladen werden kann
Srv3	Prüft, ob beim Verbindungsaufbau eine Liste von Objekten heruntergeladen werden kann
Srv4	Prüft in einer, ob wiederholt Daten für die Objekte vom Server abgerufen werden können

Tabelle 18 Übersicht über die durchgeführten Tests mit "Simflex Client Simulator"

Tabelle 18 zeigt die durchgeführten Tests mit dem „Simflex Client Simulator“. Die beschriebenen Tests waren erfolgreich. Das Testprotokoll befindet sich im Anhang (vgl. Anhang 11).

### 8.3 Test mit Omicron IEDScout

Von der Herstellerseite konnte eine 30 Tage Testversion des „Omicron IEDScout V4“ heruntergeladen und installiert werden. Nach der Installation muss im „IEDScout“ eine Verbindung zum IEC 61850 Server aufgebaut werden. Dazu wird die IP-Adresse, die in der CID Datei des IED eingetragen ist, eingegeben. Anschließend wird eine Verbindung zum IEC 61850 Server aufgebaut. Es konnte jedoch keine Verbindung aufgebaut werden. Als Fehlermeldung gab der „IEDScout“ „Fehlercode DAT00045“ aus. Die Hilfedatei des Programms lieferte keine weiteren Informationen zum Fehlercode. Daher wurde Omicron kontaktiert. In einer Mail antwortet der Product Manager des „IEDScout“, dass das Problem bekannt sei, und der Fehler beim „IEDScout“ liegt. Die Behebung des Fehlers wird im nächsten Release implementiert sein. Um dennoch die Software testen zu können, stellt Omicron ein Betarelease des „IEDScout“ zur Verfügung, in welchem das Verbindungsproblem nicht mehr auftreten soll (vgl. Mail1 2014).

Die Betaversion des „IEDScout“ konnte eine Verbindung zur in Kapitel 7 entwickelten IEC 61850 Serverapplikation aufbauen. Anschließend wurde überprüft, ob die CID Datei korrekt vom Server heruntergeladen wurde und die in Abschnitt 6.2 beschriebenen logischen Knoten vorhanden sind.

Die Prüfung war erfolgreich. Somit konnte nachgewiesen werden, dass die CID Datei von einer externen Clientapplikation lesbar ist.

Als nächstes wurde geprüft, ob die Daten des HYDROCAL dem richtigen Objekt des IED zugeordnet werden und von der Clientsoftware „IEDScout“ gelesen werden können. Dazu wurden im HYDROCAL verschiedene Mess- und Alarmwerte simuliert. Diese werden von der Serversoftware vom HYDROCAL abgerufen und mittels IEC 61850 übertragen. „IEDScout“ kann den Inhalt der Objekte des CID auslesen und anzeigen. Die vom „IEDScout“ empfangenen Daten wurden mit den Daten des HYDROCAL verglichen. IED Daten und HYDROCAL-Daten stimmten überein.

#### 8.4 Test der SCL Datei

Die ICD Datei wurde mit Hilfe des „Simflex SCL Checkers“ überprüft. Auch hier stand nur eine Testversion mit geringerem Funktionsumfang zur Verfügung. Es wurden alle freigeschalteten Tests erfolgreich durchgeführt. Die Tests werden nachfolgend in der Tabelle 19 kurz zusammengefasst (vgl. Tabelle 19). Das Testprotokoll befindet sich im Anhang. (vgl. Anhang 12).

Testname	Beschreibung
sCnf1	Testet, ob die Dateistruktur zum angegebenen Header passt
sCnf2	Testet, ob das IED mit der CID Datei antwortet, welches mit der Vorgabe übereinstimmt
sMdl1	Testet, ob alle vorgeschriebenen Objekte in jedem logischen Knoten vorhanden sind
sMdl4	Testet, ob die Namenkonventionen eingehalten werden (Namenlänge, Objekterweiterungen)
sMdl8	Überprüfung der Aufzählungen
sMdil10	Überprüfung der Datenklassen

Tabelle 19 Übersicht über die durchgeführten Tests mit "Simflex SCL Checker"

## 8.5 Integrationstest

Neben den Tests der Client-Serverkommunikation in den vorausgehenden Abschnitten 8.2 und 8.3 wurde die Kommunikation zwischen der HYDROCAL-Firmware und der Serverapplikation getestet. Dazu wurde ein HYDROCAL 1005 mit einer Erweiterungskarte ausgestattet und das Schirmblech installiert (vgl. Abbildung 35).

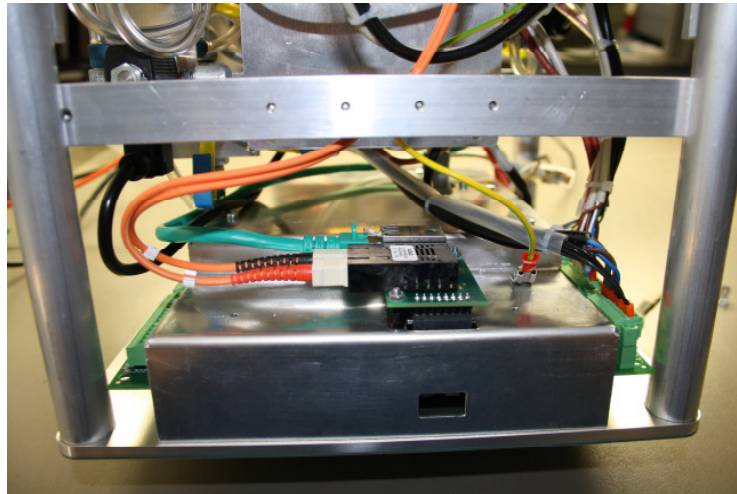


Abbildung 35 HYDROCAL 1005 mit IEC 61850 Erweiterungskarte

Anschließend wurden am Display des HYDROCALs verschiedene IP-Adressen eingestellt. Es wurde sowohl die statische, als auch die dynamische Adressvergabe getestet. Anschließend wurde überprüft, ob die Änderungen von der Serverapplikation übernommen werden. Es wurde ein Problem in der Zusammenarbeit zwischen HYDROCAL und Erweiterungskarte erkannt. Sobald ein serielles Kabel an den RS232 Port des HYDROCAL angeschlossen wird, unterbricht der HYDROCAL automatisch die serielle Verbindung zur Erweiterungskarte. Erst wenn die Schnittstelle wieder frei ist, kann die Erweiterungskarte wie geplant arbeiten. Es handelt sich hierbei jedoch um ein geplantes Sicherheitsmerkmal des Herstellers. Die RS232 Schnittstelle erhält eine höhere Priorität vor allen anderen Schnittstellen im HYDROCAL. Im Notfall ist das Gerät noch über die RS232-Schnittstelle erreichbar. Weiter wurde beobachtet, dass die Erweiterungskarte bei einem Neustart des HYDROCALs eingeschaltet bleibt, wenn die Erweiterungskarte neu gestartet werden muss, muss die Spannungsversorgung des HYDROCAL getrennt werden oder die Spannungsversorgung des Modemsockels abgeschaltet und später wieder eingeschaltet werden.

## 8.6 Bewertung der Testergebnisse

Es wurden in den vorausgehenden Abschnitten umfangreiche Tests mit Tools unterschiedlicher Hersteller durchgeführt. Bei beiden Tools gab es Probleme in der Kompatibilität des PIS10-Stack und dessen Funktionen. Bei den GridClonertools war erst ein Update, des PIS10 Stack notwendig, damit normkonforme IEC 61850 Clientapplikationen eine Verbindung aufbauen können. Beim Tool von Omicron musste auf eine Betaversion zurückgegriffen werden. Der schnelle Support der Unternehmen zeigt jedoch auch, dass das Thema Kompatibilität sehr wichtig für die Softwarehersteller ist. Dies zeigt aber auch, dass für Applikationen anderer Hersteller nicht mit hundertprozentiger Sicherheit Kompatibilität garantiert werden kann. Bei der Auslieferung des Produktes gilt es dieses besonders zu beobachten.

Positiv war, dass mit beiden Lösungen letztendlich die Serversoftware erfolgreich getestet werden konnte. Der durchgeführte Integrationstest aus Abschnitt 8.5 hat ergeben, dass sich die Erweiterungskarte in bestehende HYDROCAL-Konfigurationen integrieren lässt.

## 9. Fazit

Nachdem in Kapitel 8 die fertige Erweiterungskarte und die in Kapitel 7 entwickelte Software umfassend getestet wurden, wird das Projekt in diesem Abschnitt abschließend bewertet.

### 9.1 Bewertung des Zeitmanagements

In Kapitel 4 wurde ein zeitlicher Rahmen von 3 Monaten für das Projekt festgelegt. In diesem Abschnitt wird überprüft, in wieweit der geplante Aufwand für die einzelnen Teilbereiche eingehalten werden konnte. Über den Gesamtzeitraum betrachtet, wurde der zeitliche Rahmen eingehalten.

KW31	KW32	KW33	KW34	KW35	KW36	KW37	Erklärung
							Hardware Entwicklung
				MS1			ICD Entwicklung
							Software Entwicklung
KW38	KW39	KW40	KW41	KW42	KW43		Erklärung
			MS2				Hardware Entwicklung
							ICD Entwicklung
							Software Entwicklung

Tabelle 20 aktualisierter Zeitablauf des Projektes

Die in Kapitel 5 beschriebene Hardwareentwicklung hat aufgrund der zahlreichen Änderungen mehr Zeit in Anspruch genommen, als veranschlagt war. Die Leiterplattenherstellung verzögerte den Projektablauf. In der Produktionszeit der Leiterplatten konnte mit der Arbeit an der ICD Datei und später auch mit der Entwicklung der Serverapplikation begonnen werden. Dieses war aber nur möglich, weil bereits vor Projektstart das DK61 angeschafft wurde, auf welchem bereits vor Fertigstellung der Hardware die neu entwickelte Serverapplikation getestet werden konnte. Die Tests mit der selbstentwickelten Hardware konnten erst kurz vor der Beendigung des Projektes durchgeführt werden. Die Entwicklung der ICD Datei wurde pünktlich zum Termin des MS1 fertig gestellt. Bei der Arbeit an der Serverapplikation wurden jedoch noch immer wieder kleine Änderungen durchgeführt. Die letzten beiden Wochen des Projektes, die in der Planung bewusst freigehalten wurden, wurden für Langzeittests genutzt.

## 9.2 Bewertung des Projektverlaufes

In diesem Abschnitt soll der Verlauf des Projektes „Entwicklung einer IEC 61850 konformen Erweiterungskarte“ bewertet werden.

In der IST-Analyse in Kapitel 3 wurde ein Bedarf für die Erweiterung des HYDROCAL mit einer Möglichkeit mit Systemen zu kommunizieren, die die IEC 61850 als Schnittstelle einsetzen, ermittelt. Dafür wurde zuerst ein Konzept für die Erweiterungskarte entwickelt. Das Konzept der Erweiterungskarte bietet mehrere Vorteile. Die Schaltung der Controllerplatine bleibt unangetastet. So wird das Umrüsten bereits ausgelieferter HYDROCAL-Geräte bei Serienreife zukünftig möglich. Die Erweiterungskarte kann in allen drei HYDROCAL-Typen verwendet werden. Auf diese Weise wird die Produktion durch die Fertigung größerer Stückzahlen wirtschaftlich, da die Produktionskosten sinken. Durch den Einsatz des IP175GH Ethernetswitch kann der HYDROCAL weiterhin mit nur einer Datenzuleitung betrieben werden. Auch diese Vorgabe aus der Aufgabenstellung konnte erfüllt werden. Die Integration in neue und die Nachrüstung in bereits bestehende Überwachungssysteme wird für Hersteller und Kunden attraktiv. Durch den Einsatz von steckbaren Interfacekarten hat der Kunde die Wahl, welche Übertragungstechnologie verwendet werden soll.

Die Kopplung des IP175GH und des SC143 bereitete größere Schwierigkeiten als angenommen. Durch die notwendigen Redesigns, die in Abschnitt 5.2 ausführlich dokumentiert wurden, verzögerte sich die Fertigstellung der Hardware der Erweiterungskarte.

Die ICD Datei ermöglicht der Serverapplikation die Abbildung des HYDROCAL. Dadurch wird der HYDROCAL zu einem IED. Diese Datei bildet die Basis der Interoperabilität mit anderen Softwarelösungen. Die Erstellung erforderte eine genaue Einarbeitung in die IEC 61850. Die Abbildung der Alarme zeigt aber auch, dass es Fälle gibt, in denen kein passender logischer Knoten existiert und Kompromisse einzugehen sind. Die Fähigkeit, der Serverapplikation die CID Datei dynamisch zu erzeugen, ermöglicht einen wartungsarmen Betrieb des HYDROCAL.

Die abschließenden Tests aus Kapitel 8 belegen, dass sich die Erweiterungskarte in bestehende Konfigurationen einbinden lässt. Die Serverapplikation ist kompatibel zu Softwarelösungen anderer Hersteller und so weit wie es die Tests in 8.2 und 8.4 ergeben haben normkonform ist. Die Übertragung der Mess- und Alarmdaten wurde ebenfalls



getestet. HYDROCAL - Geräte können mit der neuen Erweiterungskarte in Kundensysteme integriert werden, die das IEC61850 Protokoll verwenden. Durch den Einsatz der IEC 61850 bietet der HYDROCAL dem Kunden einen höheren Investitionsschutz, weil auch bei Wechsel der übergeordneten Software zur Überwachung die Kompatibilität durch die Verwendung von festgelegten Normen unproblematisch sein sollte. Die Tests aus Kapitel 8 haben jedoch ergeben, dass die Kompatibilität noch nicht garantiert werden kann. Eine Aussage, in wie weit die Software der Erweiterungskarte kompatibel zu Lösungen anderer Anbieter, wie „Siemens Simotion SCOUT v4“ ist, kann erst nach einer Erprobungsphase im Kundenumfeld getroffen werden.

### **9.3 Ausblick**

Die entwickelte Erweiterungskarte bietet für zukünftige Erweiterungen des HYDROCAL eine gute Basis. Die Software ist für Konfigurationsänderungen in der Firmware vorbereitet, sodass bei Änderungen der Firmware ein geringer Programmieraufwand entsteht.

Die IEC 61850 bietet jedoch noch weitere Möglichkeiten, die in diesem Projekt nicht betrachtet werden konnten. In Zukunft sollen noch andere Funktionen des HYDROCAL, wie das „bushing monitoring“, mit Hilfe der IEC 61850 verfügbar gemacht werden. Es wäre möglich die Konfiguration des HYDROCAL nicht nur über das Display sondern auch mit Hilfe der IEC 61850 durchzuführen.

## 10. Literaturverzeichnis

BECK 1, „Hardware Manual“,

2010, [http://beck-ipc.com/files/manual/SC1X3HW\\_v106\\_100218.pdf](http://beck-ipc.com/files/manual/SC1X3HW_v106_100218.pdf)

(Abruf: 21.Okt.2014) Anhang 1

BECK 2, „sc143“,

2010, <http://beck-ipc.com/de/products/sc1x3/sc143.asp>,

(Abruf: 08.Okt.14)

BECK 3, „rtos - real-time operation system“,

2010, <http://www.beck-ipc.com/de/products/rtos/index.asp>,

(Abruf: 08.Okt.2014)

BECK 4, „dk61“,

2010, <http://www.beck-ipc.com/de/products/sc1x3/dk61.asp#more>,

(Abruf: 12.Okt.2014)

BECK 5, „Getting Started - IPC@CHIP Embedded Web Controller Family - IEC 61850 Basics“,

2010, [http://www.beck-ipc.com/files/manual/Getting\\_Started\\_DK61\\_IEC61850\\_v10.pdf](http://www.beck-ipc.com/files/manual/Getting_Started_DK61_IEC61850_v10.pdf),

(Abruf: 22.Okt.2014)

BECK 6, „Beispiele Serielle Schnittstellen FOSSIL“,

2011, [http://www.beck-ipc.com/de/download/load.asp?f=/examples/api/fossil\\_v3.03.zip](http://www.beck-ipc.com/de/download/load.asp?f=/examples/api/fossil_v3.03.zip),

(Abruf: 23.Okt.2014)

BECK 7, „@CHIP-RTOS C Library - BIOS API“,

2010, <http://www.beck-ipc.com/files/api/scxxx/CLIB/BIOS/bios223.htm>,

(Abruf: 20.Okt.2014)

BECK 8, „@CHIP-RTOS C Library - BIOS API“,

2010, <http://www.beck-ipc.com/files/api/scxxx/CLIB/TCPIP/tcp73.htm>,

(Abruf: 20.Okt.2014)

BECK 9, „@CHIP-RTOS C Library - BIOS API“,

2010, <http://www.beck-ipc.com/files/api/scxxx/CLIB/TCPIP/tcp72.htm>,

(Abruf: 20.Okt.2014)

EMH 1, „Über uns“,

ohne Jahr, [http://www.emh.eu/cms/front\\_content.php?idart=64](http://www.emh.eu/cms/front_content.php?idart=64) (Abruf: 28.10.2014)

EMH 2, „HYDROCAL 1008 Multi Gas in Öl Analysesystem mit Transformator

Überwachungsfunktionen“, 2013,

[http://www.emh.eu/cms/upload/pdf\\_Dateien/Data\\_sheet\\_HYDROCAL\\_1008\\_german\\_EMH.](http://www.emh.eu/cms/upload/pdf_Dateien/Data_sheet_HYDROCAL_1008_german_EMH.pdf)

pdf, (Abruf: 27.10.2014)

E.ON, „Vorgehensweisen und Erfahrungen mit der IEC 61850 bei der E.ON Thüringer Energie AG“, 2008,

[https://www.vde.com/de/Regionalorganisation/Bezirksvereine/Thueringen/Facharbeit%20regional/Arbeitskreise/Informationstechnik/Documents/MCMS/Schulz\\_IEC.pdf](https://www.vde.com/de/Regionalorganisation/Bezirksvereine/Thueringen/Facharbeit%20regional/Arbeitskreise/Informationstechnik/Documents/MCMS/Schulz_IEC.pdf),

(Abruf: 29.10.2014)

GridClone, „GrindClone SimFlex™ Client Simulator“,

2012, <http://gridclone.com/pages/simflexcs.html>,

(Abruf: 21.Okt.2014)

HALO, „TG110-5006N1RL.pdf“, 2013, Anhang 5

ICPLUS, „IP175G/ GH Data Sheet“, 2013, Anhang 2

Kleuker, Stephan, „Grundkurs Software-Engineering mit UML Der pragmatische Weg zur erfolgreichen Softwareprojekten“, Springer Vieweg, 2013

Linear Technology, „LT1129/LT1129-3.3/LT1129-5 Micropower Low Dropout Regulators with Shutdown“, 1994, Anhang 3

Mail1, Pers. Email „RE: Omicron IED Scout Demo v4 //RID: 14-007103“,

(Abruf: 16.Sept.2014), Anhang 13

MAXIM, „4-Pin SC70 Microprocessor Reset Circuits with Manual Reset Input“, 2005,

Anhang 4

Ne555, „LOGIK-PEGEL TTL, 5V-CMOS, 3,3V-CMOS“, 2009, <http://www.ne555.at/elektronik-grundlagen/digitaltechnik/310-logik-pegel-ttl-5v-cmos-33v-cmos.html>, (27.Okt.14)

Omicron, „IEDScout Vielseitiges Werkzeug für die Arbeit mit IEC 61850-Geräten“,

2014, <https://www.omicron.at/de/products/all/secondary-testing-calibration/iedscout/noc/1/>,

(Abruf: 21.Okt.2014)

SystemCORP 1, „IEC 61850 Protocol API User Manual - Protocol Integration Stack“,

2010, [http://www.beck-ipc.com/files/manual/IEC61850\\_Protocol\\_API\\_UserManual\\_v02.pdf](http://www.beck-ipc.com/files/manual/IEC61850_Protocol_API_UserManual_v02.pdf),

(Abruf: 23.10.2014)

SystemCORP 2, „ICD Designer2 New Release“,

2014, <http://www.systemcorp.com.au/products/tools/icd-designer/>,

(Abruf: 21.Okt.2014)

TOPAS, „Newsletter“,

2012,

[http://www.topas.de/newsletter1.html?&no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=178&cHash=7cd29f4241c6c26ddc61505ca16e84c7](http://www.topas.de/newsletter1.html?&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=178&cHash=7cd29f4241c6c26ddc61505ca16e84c7)

(Abruf: 28.Okt.14)

## **11. Anhang**

Der Anhang befindet sich in elektronischer Form auf einem Datenträger und kann bei Herrn Prof. Dr. rer. nat. Henning Dierks und Herrn Prof. Dr. Jochen Schneider eingesehen werden.

Der Inhalt des Datenträgers ist folgendermaßen aufgebaut:

### **Struktur der CD**

#### **Bachelorarbeit.pdf**

#### **Ordner Datenblätter**

- Anhang 1 BeckSC1X3HW\_v106\_100218.pdf
- Anhang 2 IP175Gx-DS-R01.61-20130702.pdf
- Anhang 3 LT1129.pdf
- Anhang 4 MAX6711.pdf
- Anhang 5 TG110-5006N1RL.pdf

#### **Ordner Hardware**

- Anhang 6 Schaltpläne.pdf
- Anhang 7 Bestückungspläne.pdf

#### **Ordner IEC 61850 Normen**

#### **Ordner SCL Files**

- Anhang 8 ICD-Datenbeschreibung.pdf
- Anhang 9 ICD-Files

**Ordner Sourcecodes**

- CODE 1 - Sourcecodeverzeichnis der entwickelten Serverapplikation
- CODE 2 – Sourcecodeverzeichnis mit Beispielcodes
- Anhang 10 Prorammblaufplan.pdf

**Ordner Testprotokolle**

- Anhang 11 Client Simulator.txt
- Anhang 12 SCL-Checker.txt
- Anhang 13 Mail.pdf

## 12. Versicherung über die Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §16(5) APSO-TI-BM ohne fremde Hilfe selbstständig 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, 31. Oktober 2014  
Ort, Datum

Unterschrift