

# Bachelorarbeit



**WINCOR**  
**NIXDORF**

## WN Serial COM Port Tester

Erstprüfer : Prof. Dr. Sven-Hendrik Voß  
Zweitprüfer : Prof. Dr. René Görlich

Eingereicht am  
30. September 2013

Eingereicht von: Matthias Hansert  
Matrikelnummer: 764369

---



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
2.1	Module . . . . .	3
2.2	Laufzeit . . . . .	3
2.3	Hardware . . . . .	4
2.4	Betriebssystem . . . . .	4
2.5	Logbuch . . . . .	4
2.6	Programminstanzen . . . . .	4
2.7	Master / Slave . . . . .	5
2.7.1	Master-Funktion . . . . .	5
2.7.2	Slave-Funktion . . . . .	5
2.7.3	Master / Slave Kombination mit Kurzschlussstecker . . . . .	5
2.7.4	Master / Slave Ablauf mit „Wobbeln“-Funktion . . . . .	5
2.7.5	Synchronisierungsprotokoll . . . . .	6
2.8	Teststruktur . . . . .	6
2.9	Benutzerschnittstelle . . . . .	6
2.9.1	GUI . . . . .	6
2.9.2	Kommandozeile . . . . .	6
2.10	Skriptfähigkeit . . . . .	7
2.11	Programmierung der Testparameter . . . . .	7
2.11.1	Schnittstellenoptionen zu Test . . . . .	7
2.11.2	Sendedaten aus Datei . . . . .	8
2.12	Fehlererkennung und Behandlung . . . . .	8
2.13	Neue Anforderungen . . . . .	9
2.13.1	Logbuch . . . . .	9
2.13.2	Synchronisierungsprotokoll . . . . .	9
2.13.3	Anhalten eines Tests . . . . .	9

---

---

2.13.4	Programmname . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Fachliches Umfeld</b>	<b>10</b>
3.1	RS-232 (Radio Sector 232) . . . . .	10
3.1.1	Definition . . . . .	10
3.1.2	Übertragung . . . . .	11
3.1.3	UART . . . . .	12
3.1.4	Paritätsbit . . . . .	12
3.1.5	Leitungen und Stecker . . . . .	12
3.1.6	Verwendung der RS-232 Schnittstelle bei Wincor Nixdorf . . . . .	13
3.2	Microsoft Windows API . . . . .	14
3.2.1	Definition . . . . .	14
3.2.2	Windows.h . . . . .	15
3.2.3	WinMain . . . . .	15
3.2.4	Graphic User Interface (GUI) . . . . .	16
3.2.5	Aufbau einer GUI . . . . .	16
3.2.6	Die RS-232 Schnittstelle und die Windows API . . . . .	21
<b>4</b>	<b>Lösungsansätze</b>	<b>25</b>
4.1	Fehlererkennung . . . . .	25
4.2	Master Slave Modus zwischen zwei Systemen . . . . .	25
4.3	C++ und die GUI . . . . .	26
<b>5</b>	<b>Systementwurf</b>	<b>27</b>
5.1	Klasse Window . . . . .	27
5.1.1	Design . . . . .	27
5.1.2	Aufbau . . . . .	29
5.1.3	Aufgaben . . . . .	29
5.2	Klasse Interpreter . . . . .	31
5.2.1	Aufgaben . . . . .	31
5.3	Struktur TestStruct . . . . .	33
5.3.1	Aufbau . . . . .	33
5.4	Klasse Com . . . . .	34
5.4.1	Aufgaben . . . . .	34
5.5	Klasse PortCommunications . . . . .	36
5.5.1	Schreiben . . . . .	36
5.5.2	Lesen . . . . .	37

---

5.6	Klasse TestManager . . . . .	38
5.6.1	Aufbau . . . . .	38
5.7	Klasse FixedTest . . . . .	39
5.7.1	Ablauf eines Tests . . . . .	39
5.7.2	Master und Slave . . . . .	39
5.8	Klasse IniFileHandler . . . . .	42
5.8.1	Übersetzer . . . . .	42
5.8.2	Schreiben . . . . .	42
5.8.3	Lesen . . . . .	43
5.9	Klasse Tools . . . . .	44
5.9.1	String Methoden . . . . .	44
5.9.2	Weitere Methoden . . . . .	44
5.10	Klasse TransferFileHandler . . . . .	45
5.10.1	Aufbau . . . . .	45
5.11	Klasse Logger . . . . .	45
5.12	Header Constants . . . . .	45
<b>6</b>	<b>Testbeschreibung</b>	<b>46</b>
6.1	Benutzerschnittstelle . . . . .	46
6.1.1	INI-Datei . . . . .	46
6.1.2	Kommandozeile . . . . .	47
6.1.3	Benutzeroberfläche . . . . .	48
6.2	Funktionseinheiten . . . . .	48
<b>7</b>	<b>Bedienungsanleitung</b>	<b>49</b>
7.1	Bedienung über die GUI . . . . .	49
7.2	Bedienung über die Kommandozeile . . . . .	50
7.3	Testmodus . . . . .	50
7.3.1	Automatic . . . . .	50
7.3.2	Wobble . . . . .	50
7.3.3	Fixed . . . . .	51
7.4	Übertragungsmodus . . . . .	51
7.4.1	Shorted . . . . .	51
7.4.2	Double . . . . .	51
7.4.3	Master . . . . .	51
7.4.4	Slave . . . . .	51

---

7.5	Schnittstelleneigenschaften . . . . .	52
7.6	Sendedaten . . . . .	52
7.7	Logger . . . . .	52
7.8	Wiederholungszähler . . . . .	52
7.9	Beim ersten Fehler anhalten . . . . .	52
7.10	Buttons . . . . .	53
7.11	Testdatei . . . . .	53
7.12	Einstellbare Werte . . . . .	53
7.13	Einfaches Beispiel . . . . .	54
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>56</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>58</b>
A.1	CD . . . . .	58
A.2	Template Class . . . . .	58
A.3	HandleMessage . . . . .	60
A.4	Readdata . . . . .	61
A.5	Writedata . . . . .	64
A.6	Logdatei . . . . .	66
A.7	Testdatei . . . . .	69
A.8	Errorcodes . . . . .	70
A.9	Klassendiagramm . . . . .	71
	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>75</b>

---







# Kapitel 1

## Einleitung

Gefordert ist ein Programm, das auf Wincor Nixdorf Mainboards und auf Erweiterungskarten (COM-Karten) implementierte RS-232/COM-Port-Hardware, die zugehörigen Hardware-Treiber und das BIOS, indirekt testet. Das Testtool wird in der Programmiersprache „C / C++“ entwickelt und wird auf die folgenden Betriebssystemen implementiert:

- Windows XP SP3 x86, x64
- Windows 7 x86, x64
- WinPE

Unter den möglichen Fehlerfällen wird das Tool Kabel- und Stecker-Fehler (Wackelkontakt durch schlechten mechanischen Kontakt der Stecker und der Buchsen) erkennen. Ebenso werden elektrische Fehler, die sich bei der Übertragung über ein langes Nullmodemkabel in Form von Paritätsfehlern zeigen oder die durch Windows-interne Ressourcenprobleme (Shared Interrupt) hervorgerufen werden erkannt.

Das Programm soll die Schwächen anderer Serial-Ports-Tools ergänzen, wie zum Beispiel die eingeschränkte Skriptfähigkeit und die Testautomatisierung. Diese aktuell verwendeten Tools unterstützen keine Zähler, keine Uhrzeit mit aktuellem Datum als Sendedaten und keinen Zufallsgenerator. Zudem können sie nicht von einem schreibgeschützten Medium gestartet werden. Das Tool soll direkt über die Windows API die COM Ports testen, da die Kunden von der Firma Wincor Nixdorf und die Applikationen die COM Ports über diese API steuern. Ein weiterer Vorteil der Nutzung der Windows API ist, dass die Scripting- und Automatisierungsoptionen besser implementierbar sind. Durch die Voraussetzung der Nutzung der Windows API, ist die Installation oder Implementierung des Tools auf einem Linux-System nicht möglich.

Das Programm besteht aus einer GUI, in der alle Programm- und Schnittstellenparameter (Baudrate, Stoppbits, Paritätsbit, Datenbits, Hardware und Software) eingestellt werden können. Wenn das Programm über die Kommandozeile oder ein Skript gestartet wird, muss eine Konfigurationsdatei oder die Konfigurationsparameter übergeben werden. Wie diese Datei strukturiert sein muss wird im Kapitel 5.8 behandelt.

---

# Kapitel 2

## Aufgabenstellung

Das Tool soll die RS-232 Schnittstelle testen und die Schwächen der vorhandenen Lösungen ergänzen. Die Firma Wincor Nixdorf besitzt derzeit schon ein Tool welches die Druckertestumgebung testet, dies ist aber auf Ruby basierend. Das Programm „WN Serial COM Port Tester“ soll mit Funktionsaufrufen der WinAPI programmiert werden. Die aktuell vorhandenen Lösungen, wie zum Beispiel das Programm „AGGsoft Serial Port Tester“ haben eingeschränkte Einstellungen und sind nicht ausführlich genug für die Voraussetzungen der Qualitätssicherung.

### 2.1 Module

Das Programm bietet dem Nutzer folgende Schnittstellen an um es zu bedienen:

- Windows-GUI (Graphical User Interface) mit allen Einstellmöglichkeiten und Start-Button.
- Kommandozeilen User Interface mit passenden Einstellmöglichkeiten, wie auch per GUI und Rückgabewerten (Exitcodes).
- Funktionskern, der aus beiden UI angesprochen wird und die eigentlichen Tests durchführt.

### 2.2 Laufzeit

Das Com-Port-Testprogramm kann von einem schreibgeschützten Medium (z.B. Windows-PE-CD) laufen, d.h. alle Schreibfunktionen (Log-Datei) sind per Option abschaltbar. Die Testparameter können in einer Konfigurationsdatei gespeichert und wieder geladen werden. Alle Ereignisse und Meldungen können in einer Log-Datei eingetragen werden.

Wenn das Programm mit einem Skript ausgeführt wird startet das Com-Port-Testprogramm und testet die Ports automatisch. Unter Ports sind die im die BEETLE<sup>1</sup> Systeme eingebaute COM Ports zu verstehen. Solche Ports sind Legacy oder durch PCI erweiterbare Ports.

---

<sup>1</sup>Wincor Nixdorf Kassensystem

---

## 2.3 Hardware

Folgende Hardware-Kombinationen werden unterstützt (die Reihenfolge hier gibt die Priorität der Implementierung wieder):

1. Test einer Schnittstelle mit Kurzschlussstecker auf einem System
2. Test zweier Schnittstellen mit Null-MODEM-Kabel (RxD/TxD gekreuzt; RTS/CTS gekreuzt, etc.) auf einem System
3. Test zweier Schnittstellen mit Null-MODEM-Kabel auf unterschiedlichen Systemen. Siehe dazu auch „Synchronisierungsprotokoll“

## 2.4 Betriebssystem

Das Programm „WN Serial COM Port Tester“ ist für folgende Zielbetriebssysteme entwickelt worden:

- Windows XP SP3 x86, x64; Windows 7 x86, x64; WinPE 2.x (WinXP) / 3.x (Win7)
- Windows 8 es erfolgt nur ein Test, der aussagt ob es kompatibel ist oder noch etwas zu tun wäre

Linux - Distributionen werden vom Programm nicht unterstützt.

## 2.5 Logbuch

Alle Ereignisse und Testschritte können zu Dokumentations- und Analysezwecken in einer Log-Datei gespeichert werden. Auch Fehler, die der Parser in der Testdatei(.ini) findet, werden in der Log-Datei eingetragen. Der Name der Log-Datei ist für jede Instanz und jedes Testsystem eindeutig zu wählen, wie im folgenden Beispiel zu sehen ist:

*<Programmname>\_<Computername>\_<Master/Slave>\_<Port>.csv*

Jeder Eintrag bekommt einen Uhrzeit und Datums-Stempel. Eine Zeile sieht dann wie folgt aus:

*<Datum>; <Uhrzeit>;<Ereignis>;<Wert>;<Kommentar>*

Die ersten beiden Einträge der Log-Datei:

*<Datum>; <Uhrzeit>;START;RS232-Port-Nummer; INI-Dateiname als Kommentar*

## 2.6 Programminstanzen

Das Programm kann in mehrfachen Programm-Instanzen gestartet werden. In der Regel läuft bei umfangreichen Tests für jeden zu testenden RS-232-Port eine Programm-Instanz. Das vermeidet aufwändige Thread-Programmierung eines einzigen Programms für alle Ports. Das ist keine feste Vorgabe, der Entwickler kann entscheiden welchen Lösungsweg als geeignet befindet.

---

## 2.7 Master / Slave

Jede Programminstanz wird als Master, Slave oder mit beiden Konfigurationen gestartet.

### 2.7.1 Master-Funktion

Im Master-Modus schickt die Schnittstelle die vorgegebenen Texte / Dateien mit den eingestellten Parametern an den Slave. Der Master wertet die dem Test zugeordnete INI-Datei aus, der Slave folgt nur dem Master. Der Master wartet auf das Echo oder auf eine Fehlermeldung und bewertet den Testschritt sobald der Test komplett und fehlerfrei empfangen worden ist. Zugleich bewertet er ob der Test erfolgreich oder fehlerhaft war. In beiden Fällen werden Fehler, Warnungen und Erfolgsmeldungen geloggt.

### 2.7.2 Slave-Funktion

Im Slave-Modus (Programminstanz auf gleichem System oder zweiten BEETLE/PC) werden die Daten komplett empfangen. Eventuelle Fehler werden ausgewertet und die Daten entweder als Echo oder eine Fehlermeldung wieder zurück gegeben.

### 2.7.3 Master / Slave Kombination mit Kurzschlussstecker

Im kombinierten Master / Slave-Modus (Kurzschlussstecker) übernimmt eine Instanz des Programms beides, das heißt, sie schickt sich selbst Daten und antwortet ebenso. Programm intern laufen aber die beiden Module (Master / Slave) weitestgehend getrennt ab.

### 2.7.4 Master / Slave Ablauf mit „Wobbeln“-Funktion

Die Master-Instanz übernimmt die Steuerung des Ablaufes, der Slave antwortet dem Master. In diesem Testmodus werden durch den Benutzer eingegebene Baudraten (Unter- und Obergrenze) gewobbelt<sup>2</sup>. Der Wobbeln-Ablauf kann über die GUI oder in der INI-Datei beschrieben werden. Der automatische Test erfolgt dann nur für die dort eingetragenen Parameter, z.B.:

$$\text{BAUD} = 9600 - 115200$$

Hier werden die Baudraten von 9600 bis 115200 für den Test berücksichtigt, aber 2400, 300, etc. werden nicht berücksichtigt. Wenn mehrere Parameter flexibel gesetzt / programmiert sind, werden alle Kombinationen getestet. Das kann dann durchaus eine nicht unerhebliche Testzeit beanspruchen.

Die Programminstanz öffnet die zugehörige Schnittstelle automatisch mit der ersten von allen der programmierten Optionen (Baudrate, Parität, etc.) und startet dann einen Testdurchlauf mit diesen Einstellungen. Wenn alle Daten fehlerfrei gesendet und danach auch das Echo fehlerfrei empfangen wurde, wird der Port geschlossen, mit der nächsten Kombination geöffnet und wieder Daten gesendet und empfangen. Wenn Fehler (Parität, Offline, etc.) vom Master erkannt oder vom Slave gesendet wurden, dann wird der letzte Schritt wiederholt. Jeder Lese- oder Schreibvorgang

---

<sup>2</sup>Für jede Standardbaudrate die einstellbar ist, inklusive der Unter- und Übergrenze, wird ein Test durchgeführt (aufsteigend)

---

wird fünf mal versucht. Wenn der aktuelle Test schon die x-te Fehler-Wiederholung war, dann stoppt das Programm und zeigt den Fehler an. Dieser Fehler-Zustand darf durch das Programm nicht verändert werden. Der Tester / Entwickler muss die Fehler analysieren.

### 2.7.5 Synchronisierungsprotokoll

Für den Wobbelmodus ist ein minimales Protokoll zur Synchronisation nötig. Wenn eine Programminstanz als Master gestartet wird, erhält sie die nötigen Schnittstellenparameter per GUI oder aus der Konfigurationsdatei. Sie sendet diese in Form eines Konfigurationspakets dem Slave. Solche Konfigurationspakete werden immer mit den Standardschnittstellenparametern (96,0,8,1) gesendet. Der Slave synchronisiert sich dann, d.h. programmiert -per WIN-API- seinen zu testenden Port mit den empfangenen Parametern und wartet auf Nutzdaten.

Wenn der erste Test erfolgreich war (Master hat gesendet und der Slave hat ein Echo geschickt), dann schickt der Master an den Slave die Parameter des nächsten Testschritts. Das ist nötig, weil im Fehlerfall (Echo fehlerhaft empfangen) der Slave nicht mehr synchron wäre, er weiß nur ob seine Daten fehlerfrei gesendet wurden, aber nicht ob der Empfang richtig angekommen ist. Der Slave kann so einfach nur mit Standard-Parametern gestartet werden und folgt dann dem Master.

## 2.8 Teststruktur

Gefordert ist eine einfache Trennung von Testablauf / Testoptionen und Testobjekt(RS-232-Port). Die Teststeuerung wird daher sowohl im Programm selbst, als auch über die Kommandozeile implementiert. Der Testablauf für jeden Port selbst ist in der zugehörigen Konfigurationsdatei vollständig, aber unabhängig vom zu testenden Port (RS-232-Port / V.24-Schnittstelle), beschrieben. Es können mehrere Konfigurationsdateien auf der Kommandozeile übergeben werden. Die Schnittstellenummer wird über die Kommandozeile festgelegt. So kann der gleiche Testablauf (INI-Datei) für jeden Port einzeln oder parallel durchgeführt werden.

## 2.9 Benutzerschnittstelle

### 2.9.1 GUI

In der GUI sind alle Programm- und Schnittstellenparameter einstellbar und können jederzeit aus der GUI in eine Konfigurationsdatei gespeichert werden. Das Windows-Fenster bietet also implizit auch die Funktion eines Konfigurationseditors mit eingebauter Syntaxüberprüfung.

### 2.9.2 Kommandozeile

Wenn die Kommandozeile keine Parameter bekommt, wird automatisch die GUI dargestellt. Die Kommandozeile nimmt folgende Optionen entgegen:

- -f INI\_Datei
- -f INI\_Datei /Port

In der INI Datei ist der Testvorgang beschrieben. Wenn kein "/Port" angegeben wurde, dann wird der Port in der INI Datei getestet. So sieht ein Programmaufruf aus:

---

- WN\_SerialCOMPortTester.exe KOMPLETT.INI
- WM\_SerialCOMPortTester.exe KOMPLETT.INI /COM3

## 2.10 Skriptfähigkeit

Per Kommandozeile gestartet, ist das Programm BATCH-/Script-fähig, d.h. es startet ohne weitere Benutzereingaben, loggt alle Ereignisse und auch Hinweise -zur Analyse nach dem Test- in die zugehörige Datei und beendet sich ebenso selbstständig. Fehler, Warnungen und Hinweise werden auf der Konsole ausgegeben. Als Option kann es auch im Hintergrund ohne jede Anzeige laufen.

## 2.11 Programmierung der Testparameter

Die Testparameter können direkt per GUI oder per INI-Datei eingestellt werden. Die aktuelle Testkonfiguration und der Ablauf kann in einer INI-Datei gespeichert und wieder geladen werden. Eine mit GUI erstellte INI-Datei kann über die Kommandozeile geladen werden. Diese INI-Datei hat die Windows-übliche Struktur mit „[“ und „]“ und ist per Notepad (oder anderen Editor) editierbar.

Sie enthält alle Informationen zur Steuerung der Programminstanz, dass heißt alle einstellbaren Schnittstellenparameter inklusive Wobbeloption (von-bis):

Baudrate = 1200-9600; Stopbbits = 1; Datenbits = 8; RTS\_CTS=yes; etc.  
Baudrate = min-max; Stopbbits = min-max; etc.

Für MIN/MAX siehe Schnittstellenoptionen. Timeout-Werte (für Echo-Antworten auf Datenpakete) sollten keine festen Zeiten programmiert sein, das Programm berechnet die Wartezeiten automatisch aus der aktuellen Baudrate. Verzögerungszeiten zwischen zwei Datenblöcken/Testschritten inklusive Zufallswert ist wünschenswert.

### 2.11.1 Schnittstellenoptionen zu Test

Folgende Werte sollen für den Benutzer einstellbar sein:

- Baudrate
- Parität
- Datenbits
- Stopbits
- Flusssteuerung

Das Programm kann hier mit Variablen MIN und MAX umgehen. Wenn beispielsweise die Zeile „BAUDRATE = MAX“ oder „BAUDRATE = MIN“ programmiert wurde, sucht das Programm die maximale bzw. minimale Baudrate, die angegebene RS-232-Port unterstützt und nutzt sie für den Test. Diese Werte werden aus „dem System“ –beispielsweise Registry oder MSPORTS.DLL direkt

ausgelesen. Manuell können diese MIN/MAX-Werte über den Gerätemanager ermittelt werden. Wenn keine Parameter übergeben wurden, startet das Programm mit diesen Standardparametern: 9600,odd,8,1,RTS/CTS (von der Wincor Nixdorf Anzeige BA66).

Die Wobbeloption wird in Form einer VON-BIS-Zeile implementiert:

BAUDRATE=300;2400;9600;115200	diese vier Werte werden getestet
BAUDRATE=MIN-MAX	alle möglichen Werte
BAUDRATE=300-9600;115200	alle Werte von 300 bis 9600 und 115200 im Test

### 2.11.2 Sendedaten aus Datei

Als Testdaten werden feste Texte (in der Regel ASCII Zeichen) oder auch Pattern aus einer Datei gesendet. Die Dateipfade / Sendetexte sind als Testparameter in der GUI oder Test-Datei) einstellbar. Wenn keine Sendedaten übergeben wurden, dann sendet das Programm zufällige, aber auf einem Protokollanalysator lesbare, ASCII-Zeichen: 0x20 ... 0x7F .

## 2.12 Fehlererkennung und Behandlung

Folgende mögliche Fehlerfälle muss ein solches Tool erkennen:

- Kabel-/Stecker-Fehler („Wackelkontakt“ durch schlechten mechanischen Kontakt Stecker/-Buchse)
- Elektrische Fehler, die sich bei Übertragung über langes Null-MODEM-Kabel im Form von Paritäts-, Rahmenfehlern, etc.
- Dauerhaft gezogene Kabel / Kurzschlussstecker
- Windows-interne Ressourcenprobleme (Shared Interrupts)

Bei Erkennung eines Übertragungsfehlers wird dieser in die Logdatei eingetragen und / oder auf der Konsole angezeigt und danach der letzte Block wiederholt. Nach der x-ten erfolglosen Wiederholung (Wert aus Test-Datei) erfolgt Testabbruch

## 2.13 Neue Anforderungen

### 2.13.1 Logbuch

Der Name der Logdatei soll um eine ID-Nummer erweitert werden. Wenn eine Logdatei auf dem Zielsystem schon vorhanden ist, wird diese Nummer hochgezählt.

*<Programmname>\_<Computername>\_<Master/Slave>\_<Port>\_<Nummer>.ini*

Wenn der Test direkt über die GUI konfiguriert wurde, dann werden diese Werte in einer INI-Datei vor dem Teststart gesichert und diese in die Logdatei eingetragen.

### 2.13.2 Synchronisierungsprotokoll

Das erste solcher Konfigurationspakete wird immer mit den Standardschnittstellenparametern (96,o,8,1) gesendet. Ein solches Paket beginnt mit einem Fluchtzeichen (in ASCII wäre das ESCAPE 0x1B) und wird vom Slave per Bestätigungszeichen (in ASCII ACK) beantwortet.

### 2.13.3 Anhalten eines Tests

Möchte der Benutzer ein Test vorzeitig beenden, gibt es eine Schaltfläche in der GUI die den Test anhält. Wird das Programm per Kommandozeile ausgeführt, dann kann der Benutzer den Test durch drücken der „ESC“ Taste stoppen.

### 2.13.4 Programmname

Der Programmname soll auf „SerialPortTester“ geändert werden.

---



# Kapitel 3

## Fachliches Umfeld

Die Quellen dieses Kapitel sind aus dem Wikipedia Artikel [Wik13], aus der MSDN Online Bibliothek [Mic13], aus den Büchern „C Programmers Guide to Serial Communications“ [Cam94], „Programming Windows“ [Pet98], „Visual C++ 2010“ [Lou10] und „V 24 / RS-232 Kommunikation“ [Cam90].

### 3.1 RS-232 (Radio Sector 232)

Der RS-232 ist ein Standard der in den 60er Jahren von dem US-amerikanischen Standardisierungskomitee Electronic Industries Association (EIA) bearbeitet und definiert wurde. Bei diesem Standard handelt es sich um eine serielle Schnittstelle, die für die serielle Kommunikation zwischen Rechnern und Modems für eine Punkt-zu-Punkt Verbindung (über Telefonleitungen) entwickelt wurde.

#### 3.1.1 Definition

Der RS-232 Standard definiert eine Verbindung zwischen einer Datenendeinrichtung (DEE, zum Beispiel das Terminal) und einer Datenübertragungseinrichtung (DÜE, zum Beispiel einem Modem) und dessen Parametern. Unter den einzelnen Parametern sind folgende Eigenschaften zu verstehen:

1. Spannungspegel
2. Übertragungsprotokoll (Handshake)
3. Stecker
4. Timing

Die Übertragung ist Bit-seriell, das heißt, die Bits werden hintereinander in einer Datenleitung verschickt. Eine bestimmte Menge an Bits entspricht einem Zeichen. Ein Zeichen besteht aus einem Startbit, aus vier bis acht Datenbits (Nutzdaten), aus ein oder zwei Stopbits und der Parität. Die Parität ist in dem Standard nicht definiert, wird aber benutzt, um Fehler zu erkennen und zu beheben. Im Allgemeinen ist die Parität nebensächlich, da sie aber in diesem Fall der Arbeit relevant ist wird sie im späteren Verlauf des Kapitels näher erklärt.

---

### 3.1.2 Übertragung

Das Startbit meldet dem Empfänger, dass die Übertragung anfängt. Die Start- und Stopbits haben inverse Pegeln. Ist eine Leitung im Ruhezustand oder hat sie die Stopbits erhalten, wird durch die Ankunft einer inversen Signalfanke der Empfänger aufmerksam gemacht, dass Nutzdaten ankommen werden. Bei der Ankunft eines Startbits tastet der Empfänger die Nutzdaten mit seiner Bitrate (Bits pro Sekunde) ab. Die Nutzdaten sind die Bitdarstellung von einem ASCII Zeichen. Die Länge der Daten sind einstellbar, dabei kann die Übertragung von vier bis acht Bits pro Zeichen eingestellt werden. Im Anschluss kommt mindestens ein Stopbit, es können auch 1.5 Bits oder zwei Bits eingestellt werden. 1.5 Bits sind sehr ungewöhnlich, aber damit ist gemeint, dass die Mindestdauer der Pause zwischen zwei ankommenden Zeichen 1.5 Bitzeichen entspricht.

Im Folgenden wird die Übertragung von einem Zeichen näher erläutert: Wird ein Zeichen 'z' übertragen, mit einem Startbit, acht Datenbits und zwei Stopbits, ist die Gesamtlänge der Übertragung elf Bits lang. 'z' entspricht laut ASCII Kodierung dem Wert 122 dezimal und „7A“ hexadezimal (0x7A). Die Bitdarstellung für 0x7 lautet „0111“ und für 0xA „1010“, zusammengesetzt ergibt sich für 0x7A = „01111010“. Die Übertragung in diesem Standard folgt dem LSB (Less significant Bit) zuerst, also werden die Bits vertauscht, demnach ergibt sich „0101 1110“. Davor wird eine Null hinzugefügt als Startbit und am Ende zwei Einsen als Stopbits. Demnach ergibt sich für die Übertragung des Zeichen 'z' folgenden Bitreihenfolge „0 0101 1110 11“, die versendet wird.

Die Datenübertragung unter RS-232 ist asynchron, das bedeutet es existiert kein gemeinsamer Takt. Die Bitraten zwischen Sender und Empfänger dürfen um wenige Prozent von einander abweichen, sonst wird der Empfänger das Wort zu schnell / langsam abtasten und falsch interpretieren. Dagegen muss die Baudrate bei Sender und Empfänger genau gleich sein. Beide Begriffe sind nicht zu verwechseln. Eine Bitrate definiert die übertragenen Bits pro Sekunde und die Baudrate die übertragenen Symbole pro Sekunde, wo jedes Symbol als definierte messbare Signaländerung im physischen Übertragungsmedium definiert ist. Da die Übertragung in diesem Standard binär ist, ist ein Symbol als ein Bit definiert. Dies hat zu Folge, dass in diesem Spezialfall der Übertragung die Bitrate und die Baudrate gleich sind. Bei anderen Übertragungsarten unterscheiden sie sich jedoch.

Die Baudrate ist vom Benutzer frei wählbar. Jedoch hat der Anwender die Kabellänge, den Leitungswiderstand und die Kapazität des Kabels zu beachten. Je länger das Kabel, desto stärker nimmt die Spannung ab. Nach Erfahrungswerten von Texas Instruments ist bei einer Baudrate von 9600, eine maximale Kabellänge von 152 Meter möglich. Bei 115200 muss das Kabel kürzer als 2 Meter sein.

Der Empfänger muss die Datenübertragung anhalten können, wenn er keine Daten mehr verarbeiten kann. Dieser Handshake wird softwaretechnisch oder über die Hardware mit Steuerleitungen realisiert. Bei der Softwarelösung werden am Sender spezielle Steuerzeichen gesendet. Dieses Protokoll ist als „Xon/Xoff“ bekannt. Es ist nur möglich dieses Protokoll zu benutzen wenn die Steuerzeichen (Xon = 0x11 und Xoff = 0x13) nicht in den Nutzdaten vorkommen. Bei der Hardwarelösung signalisieren Sender und Empfänger sich gegenseitig ihren Status. Solch ein Protokoll besteht zum Beispiel aus fünf Steuerleitungen (TxD, RxD, GND, RTS und CTS). Damit triviale Fehler vermieden werden, müssen Sender und Empfänger die gleichen Einstellungen haben. Das heißt dass die Baudrate, Stopbits, Parität, Handshake und Kabellänge übereinstimmen müssen.

---

### 3.1.3 UART

Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) ist eine elektronische Schaltung zur Realisierung von digitalen seriellen Schnittstellen (für diese Arbeit der sogenannte COM Port). Der UART ist zum Senden und Empfangen von Daten über eine Datenleitung vorgesehen. Im industriellen Bereich ist der UART unter dem RS-232 Standard sehr verbreitet. Auch bei Wincor Nixdorf wird diese Schnittstelle zum Steuern der COM Ports benutzt.

### 3.1.4 Paritätsbit

Wie schon erwähnt, ist die Parität nicht im RS-232 Standard definiert, aber sie ist für diese Arbeit relevant. Das Paritätsbit dient zur Erkennung fehlerhafter Übertragungen. Die Parität kann gerade (even) oder ungerade (odd) sein und wird durch die Anzahl an Einsen in einer Bitfolge bestimmt. Ist eine gerade Parität festgelegt, wird bei einer geraden Anzahl an Einsen eine Null angehängt, bei ungerader Anzahl eine Eins. Genau das Gegenteil geschieht bei ungerader Parität. Nach unserem Beispiel mit 0x7A wird bei gerader Parität eine Eins („0 0101 1110 **1** 11“) angehängt.

### 3.1.5 Leitungen und Stecker

Am Anfang wurde der 25-polige D-Sub-Stecker verwendet. Viele dieser 25 Leitungen sind reine Drucker- und Terminal-Steuerleitungen aus der elektromechanischen Zeit, somit sind sie für die modernere Peripherie überflüssig. So hat sich der 9-polige D-Sub-Stecker (COM Port) etabliert. Dieser Stecker war ursprünglich nicht für diesen Standard gedacht. Er wurde von IBM als Notlösung (um Platz zu sparen) für einen anderen Standard entwickelt. Der Stecker ist daher unter EIA/TIA-574 zu finden. Für die EIA-232-Datenübertragung werden selten andere Stecker benutzt.

Der 9-polige D-Sub-Stecker besteht aus folgenden Leitungen:

TxD, TX, TD	: Transmit Data, Leitung für ausgehende Daten
RxD, RX, RD	: Recieve Data, Leitung für ankommende Daten
RTS	: Request To Send, Sendanforderung
CTS	: Clear To Send, Sendeerlaubnis
DSR	: Data Set Ready, Einsatzbereitschaft
GND	: Ground, Signalmasse
DCD, CD, RLSD	: Data Carrier Detect, Erkennung einlaufende Daten
DTR	: Data Terminal Ready, Datenendeinrichtung ist bereit
RI	: Ring Indicator, Datenverbindungsaufbau

EIA-232 ist eine Spannungsschnittstelle, also werden die logische Null und Eins durch positive oder negative Spannungen vertreten. Die Datenleitungen (TxD und RxD) benutzt eine negative Logik. Spannungen zwischen -3V und -15V repräsentieren eine logische Eins. Signale zwischen -3V und +3V gelten als nicht definierte Signale. Die logische Null wird als eine Spannung zwischen +3V und +15V interpretiert. Beim Empfänger, wird ein Signal zwischen +3V und +15V auf den Steuerleitungen als aktiv betrachtet, und inaktiv zwischen -3V und -15V. Beim Sender üblicherweise  $\pm 12V$ .

Um Sender und Empfänger zu verbinden, gibt es verschiedene Kabelvarianten, abhängig vom Sender und Empfänger. Verbindet man einen Rechner (in der Regel mit einem Stecker) zu einem

---

Modem (mit einer Buchse) ist ein 1:1 Kabel nötig. Sind zwei Rechner miteinander verbunden, so ist die Rede von einem Nullmodemkabel, bei dem die Leitungen gekreuzt sind. Durch einen Loopback-Stecker bzw. Kurzschlussstecker wird die Sendeleitung direkt an die Empfangsleitung der gleichen Schnittstelle umgeleitet. Solch ein Stecker wird für die Entwicklung und deren Tests von Kommunikationsanwendungen und Hardware (UART) benutzt.

### 3.1.6 Verwendung der RS-232 Schnittstelle bei Wincor Nixdorf

Die aktuellen BEETLE Systeme haben einen integrierten UART im Chipsatz. Diese COM Ports werden „Onboard Ports“ genannt und sind „Legacy Devices“. Je nach System sind zwei bis sechs COM Ports eingebaut. Wenn ein Kunde weitere Schnittstellen benötigt, können über den PCI Bus die Anzahl an Ports erweitert werden. Diese Erweiterung findet durch eine Unix PCI Karte mit vier oder acht COM Ports statt. Der Kunde kann auch zwei Unix PCI Karten einbauen.

Eine andere Erweiterungsmöglichkeit sind „ITE“ COM Ports. Diese Ports sind direkt am PCI Bus angeschlossen und im Mainboard eingebaut. Die ITE COM Ports wurden eingebaut, weil der Super I/O in älteren Mainboards nur zwei Legacy COM Ports verwalten konnten. Um mehrere „On Board“ Ports dem Benutzer zur Verfügung zu stellen wurde der ITE Chip eingebaut. Modernere Mainboards sind in der Lage mehr als zwei COM Ports zu verwalten, und deswegen gibt es jetzt bis zu sechs Legacy Ports plus Erweiterungsmöglichkeiten.

Die vorgestellten Schnittstellen sind für das Testprogramm relevant. Es gibt noch einen anderen COM Port, der nicht in allen BEETLE Systemen vorhanden ist. Einige BEETLE Systeme haben ein iAMT (Intel Active Management Technologie)<sup>1</sup> Chip. Dieser Port ist ein virtueller Port. Durch einen Treiber (SOL, Serial Over LAN) wird der Datenverkehr von der seriellen Schnittstelle auf das LAN umgeleitet. Da es ein virtueller Port ist, wird es nicht möglich sein, diesen Port zu testen. Die detaillierte Verwendung von iAMT und SOL ist für diese Arbeit nicht relevant. Bitte wenden Sie sich für ausführliche Informationen an die angegebene Quelle.

Die BEETLE Systeme benutzen die COM Ports für verschiedene Zwecke. Für die Kassensysteme, werden an den COM Ports die Scanner und Kundenanzeigen angeschlossen. So kann das BEETLE System die beiden Peripheriegeräte mit Strom versorgen und Daten senden und empfangen. Es werden auch noch Drucker an die COM Ports angeschlossen. Bei älteren BEETLE Systemen wurden die Touchkomponenten für Bildschirme an die RS-232 Schnittstelle angeschlossen. Der Bildschirm war an eine Videoschnittstelle angeschlossen und die Touchsignale wurden über ein COM Port empfangen. Im Banking Bereich werden viele verschiedene Peripheriegeräte pro System über die RS-232 Schnittstelle gesteuert und mit Strom versorgt.

---

<sup>1</sup><http://software.intel.com/en-us/articles/using-intel-amt-serial-over-lan-to-the-fullest>; 30.08.2013

---

## 3.2 Microsoft Windows API

### 3.2.1 Definition

Die Microsoft Windows API „Application Programming Interface“ (Schnittstelle zur Anwendungsprogrammierung) ist ein Programmteil, das vom Windows Betriebssystem den Benutzern und vor allem Entwicklern angeboten wird, um Programme an das Betriebssystem anbinden zu können. Ein Betriebssystem (Microsoft Windows, Mac OS, Linux, etc.) ist für Entwickler und Programmierer durch die API definiert. Somit kann eine Applikation über die API alle Funktionsaufrufe ausführen, die ein Betriebssystem anbietet. Nicht nur Funktionen sind in einer API definiert, sondern bestimmte Datenstrukturen und Datentypen durch das Kommando *typedef* wie *LRESULT* oder *CALLBACK*.

Mit fast jedem neuen Microsoft Betriebssystem wird die Windows API erweitert und abgeändert. Die erste API, bekannt als *Win16*, für die 16-Bit Versionen von Microsoft Windows. Für Windows 1.0 hatte die API etwa 450 Funktionsaufrufe. Bei Windows 98 wurde die API auf 32-Bit und mehrere tausende Funktionsaufrufe ausgebaut. Ab Windows XP „x64 Edition“ und Windows Server 2003 wurde die API auch auf 64-Bit erweitert.

Der hauptsächlichsten Unterschiede zwischen den 16, 32 und 64 Bit Versionen von der API entstanden durch die verschiedenen Speicher und Prozessorarchitekturen. Unter der 16-Bit Architektur war die Registergröße 16 Bit groß, diese wurde bei den Prozessoren von Intel 8086 und 8088 eingesetzt. In der 32-Bit Architektur, 32 Bit groß bzw. in der 64-Bit, 62 Bit groß. Die Windows API ist in der Programmiersprache „C“ geschrieben. Deswegen war unter der 16-Bit Architektur der Datentyp *int* „nur“ 16 Bit lang (Zahlen von -32.768 bis 32.767) . In der Speicherverwaltung bestanden Speicheradressen aus einen 16-Bit Segment und einen 16-Bit Offset, der als Zeiger verwendet werden konnte. Für Programmierer war diese Verwaltung oft sehr umständlich, da der Programmierer sehr genau unterscheiden musste, zwischen *long* oder *far* und *short* oder *near* Zeiger.

Ab der 32-Bit Architektur entstand das „Flat Memory Model“. Hier konnte der Prozessor ohne Speichersegmentierung oder Pagingschemas direkt die gesamten Speicheradressen ansprechen. Somit wurde auch der *int* Datentyp auf 32 Bitgröße (Zahlen von -2.147.483.649 bis 2.147.483.647) definiert. Programme, die auf einem System mit einer 32-Bit Architektur geschrieben worden sind, benutzen einfache Zeigerwerte um direkt die Speicheradresse ansprechen zu können. Bei der Umstellung von 16-Bit auf 32-Bit blieben viele Funktionsaufrufe gleich, aber manche brauchten eine Umstellung auf 32-Bit, wie zum Beispiel das graphische Koordinatensystem für die GUI Darstellungen.

Aus Kompatibilitätsgründen sind die API's Rückwärts kompatibel. Die Kompatibilität entsteht durch eine Übersetzungsschicht. Es gibt zwei Wege der Übersetzung. Beim ersten Weg, werden 16-Bit Funktionsaufrufe durch eine Übersetzungsschicht in 32-Bit Funktionsaufrufe umgewandelt und dann vom Betriebssystem bearbeitet. Der andere Weg führt genau in die andere Richtung. Die 32-Bit Funktionsaufrufe werden durch die Übersetzungsschicht übersetzt und in 16-Bit Funktionsaufrufe umgewandelt. Diese werden dann vom System bearbeitet.

Die Benutzung der API ist nicht die einzige Möglichkeit, Anwendungen für die Windows Betriebssysteme zu programmieren. Aber durch die Benutzung der API ist eine bessere Effizienz

---

gewährleistet. Die Anwendungen können auch in Visual Basic oder Borland Delphi geschrieben werden, wo die objektorientierten Grundlagen von Pascal dem Programmierer viel Arbeit abnehmen. Durch die Verschachtelung mehrerer Programmierschichten, die im Endeffekt alle auf die API zugreifen, wird das Programm verlangsamt. Im späteren Verlauf der Leistungsoptimierung des Programms, wird der Programmierer früher oder später mit der Komplexität der API konfrontiert.

### API gegenüber .NET Framework

Microsoft hat dieses Framework speziell für die Windows-Plattformen entwickelt. Es ist eine Virtuelle Maschine mit einer Laufzeitumgebung für Microsoft Windows Anwendungen. Dieses Framework ähnelt in vielen Teilen der Java Virtual Machine. Das .NET Framework besteht aus einer Laufzeitumgebung und der .NET Framework-Bibliothek. Aus Sicht des Anwenders hat sich nichts geändert, aber für die Programmierer vieles. Das .NET Framework ist auf C++ und C# basierend und im Gegensatz zur API, objektorientiert. Die Framework-Bibliothek besteht aus verschiedenen Klassenbibliotheken, wie zum Beispiel die Windows Forms, Windows Presentation Foundations (GUI), Webdienste, etc. Ein großer Vorteil ist die Portierung der Programme, dafür muss aber das .NET Framework installiert sein. Das ist für diese Projekt essentiell, denn es soll auf schreibgeschützten Medien ausführbar sein (Win PE). Aus diesem Grund wird es von mir nicht verwendet.

### 3.2.2 Windows.h

Die Window.h Headerdatei ist die Masterdatei, die alle anderen Headerdateien inkludiert. In diesen Dateien sind die Funktionsaufrufe, Konstanten, Typdefinitionen und Datenstrukturen für das Windowsbetriebssystem definiert. Diese Headerdateien sind Teil der Dokumentation der API. IN Windows.h werden einiger Headerdateien inkludiert, wie zum Beispiel:

- WINBASE.H   Kernfunktionen
- WINDEF.H    Typdefinitionen
- WINNT.H     Typdefinitionen mit Unicode Unterstützung
- WINUSER.H   Funktionen für die Benutzerschnittstelle
- WINGDI.H    Graphische Schnittstelle

### 3.2.3 WinMain

C/C++ Programme fangen mit einer *int main()* Funktion an. Da die API auf C basiert, fangen Anwendungen mit Windows als Zielsystem mit einer ähnliche Funktion an. Unter Windows ist die *main* Funktion unter „WINBASE.H“ als:

```
int WINAPI WinMain(  
    HINSTANCE hInstance,  
    HINSTANCE hPrevInstance,  
    LPSTR lpCmdLine,  
    int nShowCmd  
);
```

deklariert. Der Bezeichner *WINAPI* beschreibt einen Datentyp. Dieser Datentyp ist definiert als *WINAPI \_\_stdcall*. *\_\_stdcall* ist eine Aufrufkonvention um Funktionen aus der Win32 API auf-

---

zurufen. Die *WinMain* Funktion enthält als Parameter zwei *HINSTANCE* Variablen, einen *LPSTR* (Zeiger auf eine Zeichenkette) und ein *int*.

*HINSTANCE* ist ein Handle auf eine Instanz. Das ist die Basisadresse von einem Modul im Systemspeicher (eine 32-Bitzahl, die auf ein Objekt zeigt). Der erste Parameter ist eine Instanz auf die aktuelle Anwendung. Der zweite Parameter wurde nur unter Win16 benutzt und ist in der Win32 API irrelevant, er wird automatisch auf *NULL* gesetzt. Der dritte Parameter enthält die Befehlszeilenargumente als Zeichenfolge. Aus dieser Zeichenfolge wertet das Programm aus, wie es ausgeführt werden soll. Der vierte und letzte Parameter ist ein Flag und gibt an, wie das Anwendungsfenster angezeigt werden soll (Minimiert, Maximiert oder Normalgröße).

### 3.2.4 Graphic User Interface (GUI)

Durch die Begrenzung der einzubauenden Hardware in den frühen Jahren des Computerzeitalters (Speicher und Prozessoren) waren alle Betriebssysteme Kommandozeileorientiert. Dies hat sich durch die Recherche von Xerox Palo Alto Research Center (PARC) geändert. Mitte der 70er Jahren wurde im Xerox PARC nach graphischen Benutzeroberflächen recherchiert. Von diesen Ergebnissen profitierten Macintosh und Windows, und bauten darauf ihre Betriebssysteme mit graphischen Benutzeroberflächen (Mac OS und Windows). Heutzutage kann man sich als Benutzer kaum eine Computerwelt ohne Benutzeroberflächen vorstellen. Die Windows API hat seit der Ankündigung (1983) und Veröffentlichung (1985) von Windows als Betriebssystem Funktionsaufrufe in die Headerdateien für die Programmierung von GUI's. Die Benutzung der API für die Programmierung von GUI's ist vielleicht „ältmodisch“, aber immerhin sehr genau und präzise. Im Gegensatz zu „GUI Builders“ wird kein unnötiger (und oft selbst für Programmierer unverständlicher) Code geschrieben. Der Überblick und das Verständnis der GUI Elemente wird durch die direkte Benutzung der API vereinfacht. Vor allem wird das Verständnis, wie eigentlich eine GUI unter Windows und Windows als Betriebssystem funktioniert, durch die Verwendung der API deutlicher.

### 3.2.5 Aufbau einer GUI

Nachdem die *WinMain* Funktion die nötigen Parameter bekommt und diese vom Programm ausgewertet werden, muss die GUI als solche gebaut und registriert werden. Eine GUI besteht aus drei Teilen.

#### Initialisierung und Erzeugung der GUI

Damit der Benutzer ein Programmfenster sehen kann, muss dieses zuerst deklariert und initialisiert werden. Danach wird dieses Fenster dem System bekannt gegeben, in dem es registriert wird. Um ein Fenster zu deklarieren muss eine Variable der Struktur *WNDCLASS* erzeugt werden. Diese Struktur wird in *WINUSER.H* definiert und beinhaltet verschiedene Variablen, die die Eigenschaften des jeweiligen Fenster beschreiben.

---

```
typedef struct
{
    UINT                style ;
    WNDPROC             lpfnWndProc ;
    int                 cbClsExtra ;
    int                 cbWndExtra ;
    HINSTANCE           hInstance ;
    HICON               hIcon ;
    HCURSOR             hCursor ;
    HBRUSH              hbrBackground ;
    LPCTSTR             lpszMenuName ;
    LPCTSTR             lpszClassName ;
}WNDCLASS, * PWNDCLASS ;
```

Die zwei wichtigsten Variablen dieser Struktur ist die Zweite und die Letzte Variablen. Die zweite Variable *WNDPROC lpfnWndProc* beschreibt die Fensterprozedur. Genauer zu dieser Variable wird demnächst erklärt. Die letzte Variable *LPCTSTR lpszClassName* beschreibt die Klasse des Fensters. Die Variable *HINSTANCE hInstance* muss dem Leser bekannt sein. Diese Variable wird auf den Wert gesetzt, welches das Programm über die *WinMain* bekommen hat. Alle andere Variablen der Struktur beschreiben wie das Fenster aussehen soll und sind für das Verständnis weiterhin irrelevant.

Nachdem die *WNDCLASS* Struktur deklariert und initialisiert wird, muss diese registriert werden. Durch den Aufruf der Funktion *RegisterClass*, die als Übergabeparameter einen Zeiger auf eine *WNDCLASS* Struktur hat, wird dem System bekannt gegeben, dass ein Fenster aufgebaut werden soll (mit den gesetzten Eigenschaften der *WNDCLASS* Struktur). Wenn das Registrieren erfolgreich war, muss das Fenster noch erzeugt werden. Das System kennt das Fenster bereits, aber es ist noch nicht sichtbar.

Damit ein Fenster sichtbar wird, muss der Programmierer die *CreateWindow*<sup>2</sup> Funktion aufrufen.

```
HWND WINAPI CreateWindow (
    In_opt LPCTSTR lpClassName,
    In_opt LPCTSTR lpWindowName,
    In     DWORD dwStyle,
    In     int x,
    In     int y,
    In     int nWidth,
    In     int nHeight,
    In_opt HWND hWndParent,
    In_opt HMENU hMenu,
    In_opt HINSTANCE hInstance,
    In_opt LPVOID lpParam
);
```

Diese Funktion ist sehr wichtig bei der Erzeugung von graphischen Oberflächen, denn man kann alle Arten von Fenstern damit erzeugen. Damit ist gemeint, dass diese Funktion nicht nur „Hauptfenster“, sondern auch die einzelnen GUI Elemente erzeugt. Der erste Parameter beschreibt dieses Verhalten. Die *CreateWindow* Funktion erwartet eine null terminierte Zeichenkette. Diese Zeichenkette ist immer eine vordefinierte Systemklasse. Zum Beispiel, um ein Schaltfläche zu erstellen

<sup>2</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms632679\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms632679(v=vs.85).aspx); 27.08.2013



len, muss hier als Parameter „button“ angegeben werden. Wenn der Programmierer ein von ihm erzeugtes Fenster darstellen will, muss er deswegen vorher im System eine Fensterklasse registrieren. Aus diesem Grund muss der Programmierer eine Fensterstruktur *WNDCLASS* registrieren. Um danach ein selbst gebautes Fenster zu erzeugen, muss der Programmierer den registrierten Fensterklassenname (*WNDCLASS lpzClassName*) angeben (anstatt „button“ oder andere vordefinierte Fensterklassen).

Der zweite Parameter beschreibt den dargestellten Name des Fensters. *DWORD dwStyle* ist eine Bitmaske, die die Darstellungsart des Fensters beschreibt. Die Darstellungsarten sind als konstante Werte (Window Styles<sup>3</sup>) in der *WINUSER.H* Headerdatei definiert. Um ein „traditionelles“ Fenster zu erzeugen muss hier *WS\_OVERLAPPEDWINDOW* angegeben werden. Die nächsten vier Parameter beschreiben die Positionierung im Bildschirm und die Breite und Höhe des Fensters.

*HWND hWndParent* beschreibt ein Handle auf ein anderes Fenster. Im Falle, dass dieses Fenster das Hauptfenster ist, wird hier *NULL* übergeben, sonst muss das Handle auf das „Parent Windows“ zeigen. Das *HMENU hMenu* ist für das Hauptfenster irrelevant. Es ist aber wichtig für Unterfenster (Popup Fenster oder GUI Elemente wie Knöpfe). *HMENU* ist eine Typdefinition für ein Handle auf ein Fenstermenü oder ein Unterfenster. Somit kann das Hauptfenster ein Kommando eines GUI Elements erkennen und auswerten, mehr dazu im Kapitel 3.2.5. Da auf den Parameter *HINSTANCE hInstance* im Vorlauf schon drauf eingegangen wurde wird er hier nicht mehr auf ihn drauf eingegangen. Der letzte Parameter beinhaltet Extrainformation, üblicherweise wird hier *NULL* angegeben.

Die *CreateWindow* Funktion liefert als Rückgabewert ein *HWND*. Dies steht für Handle auf ein Fenster. Somit kann der Programmierer und das Programm auf ein gewünschtes Fenster zugreifen. Um die erwähnten Parameter genauer zu verstehen, werden diese in den folgenden Beispiele erläutert.

```
HWND hwnd_Fenster = CreateWindow (

    szAwendungsName,           //Fensterklasse vom Programmierer registriert
    "Das ist eine Hauptfenster", //Text auf der Titelleiste
    WS_OVERLAPPEDWINDOW,      //Stil des Fensters
    CW_USEDEFAULT,             //Position in der X Koordinate des Bildschirmes
    CW_USEDEFAULT,             //Position in der Y Koordinate des Bildschirmes
    CW_USEDEFAULT,             //Länge des Fensters
    CW_USEDEFAULT,             //Breite des Fensters
    NULL,                      //Kein zugehöriges Hauptfenster
    NULL,                      //Keine Identifikationsnummer
    hInstance,                 //Programminstanz
    NULL,                      //keine extra Information
);
```

Um verschiedene GUI Elemente im Hauptfenster darstellen zu können, wie z.B. eine Schaltfläche, muss die Funktion mit den folgenden Parametern gesetzt werden:

---

<sup>3</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms632600\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms632600(v=vs.85).aspx); 27.08.2013

---

```

HWND Schaltfläche = CreateWindow (

    "button",                                //Fensterklasse Schaltfläche
    "Das ist eine Schaltfläche",              //Text auf die Schaltfläche
    WS_CHILD | WS_VISIBLE,                   //Child Fenster und anzeigen
    100,                                     //Position in der X Koordinate des Hauptfensters
    100,                                     //Position in der Y Koordinate des Hauptfensters
    50,                                     //Länge der Schaltfläche
    35,                                     //Breite der Schaltfläche
    hwnd_Fenster,                           //Zugehöriges Hauptfenster
    (HMENU) ID_Schaltfläche,                 //Identifikationsnummer, wird vorher deklariert
    NULL,                                   //keine Instanz
    NULL                                    //keine extra Information
);

```

Nachdem ein Hauptfenster erzeugt worden ist, muss dieses noch explizit mittels der Funktionen *ShowWindow(hwnd\_Fenster, iCmdShow)* und *UpdateWindow(hwnd\_Fenster)* angezeigt werden.

### Die Message Loop

Nachrichten zwischen verschiedenen Programmen werden unter Windows in sog. Nachrichtenschleifen, auch *message loop* genannt, verarbeitet. In diesen *message loops* werden Events von Schaltflächen oder Tastatureingaben ausgewertet und es wird dem entsprechend reagiert. Die ausgelösten Events werden von Windows in eine Nachricht übersetzt. Jede dieser Nachrichten ist eindeutig durch eine *MSG* Struktur beschrieben und eindeutig identifizierbar. Diese wird anschließend in die *message loop* hineingeschrieben und wenn möglich verarbeitet. Wird eine neue ankommende Nachricht empfangen während eine andere Nachricht bearbeitet wird, wird die neue Nachricht in die sog. „Message Queue“ (Warteschlange) geschrieben.

```

typedef struct tagMSG
{
    HWND      hwnd ;
    UINT      message ;
    WPARAM    wParam ;
    LPARAM    lParam ;
    DWORD     time ;
    POINT     pt ;
}
MSG, * PMSG;

```

Jede Nachricht hat als ersten Parameter ein Handle auf das zugehörige Fenster. Danach wird als zweiter Parameter ein *unsigned int (UINT)* übergeben, welches als ID der jeweiligen Nachricht zu verstehen ist. Diese Nachrichten sind in *WINUSER.H* deklariert und haben den Präfix *WM*, welches für „Window Message“ steht. Zum Beispiel: Wird ein Mausklick einem Fenster ausgelöst, sendet Windows eine Nachricht an das Fenster (durch *hwnd* angegeben) mit der Nachricht *WM\_RBUTTONDOWN*.

Die Parameter *wParam* und *lParam* sind 32-Bit Nachrichtenparametern, abhängig von der jeweiligen Nachricht. Wird zum Beispiel auf eine Schaltfläche gedrückt, wird die *WM\_COMMAND* Nachricht verschickt. Damit die Anwendung genau erkennen kann welche Aktion ausgeführt wor-

den ist, wird in *wParam* noch eine zwei Angabe mitgeschickt. In den oberen 16-Bits wird die Notifikation *BN\_CLICKED* verschickt. Dies deutet an, dass auf eine Schaltfläche geklickt worden ist. In den unteren 16-Bits von *wParam* wird die Identifikationsnummer (nach den obigen Beispiel: *ID\_Schaltfläche*) der Schaltfläche mitgeschickt. Mit diesen Informationen kann ein Programm genau auf die vom Benutzer ausgelösten Events reagieren. Beide 16-Bit Werte werden mit Hilfe der Makros *HIWORD*<sup>4</sup> und *LOWORD*<sup>5</sup> ausgewertet.

Der Parameter *time* gibt die Uhrzeit an, wann die Nachricht verschickt worden ist. Der Parameter *pt* ist eine *POINT* Struktur, wo die X und Y Koordinaten des Mausklicks gespeichert sind. Mit diesen Informationen erkennt das Fenster welche Schaltfläche betätigt wurde.

Eine Nachrichten Schleife ist standardmäßig so aufgebaut:

```
while (GetMessage (&msg, NULL, 0, 0))
{
    TranslateMessage (&msg);
    DispatchMessage (&msg);
}
```

Die *GetMessage* Funktion speichert in der *msg* Struktur die aktuelle Nachricht. Die drei anderen Parameter spezifizieren, dass alle Nachrichten (von der jeweilige Anwendung) in die Schleife geschrieben werden. Die Funktion liefert immer einen Wert ungleich Null, außer wenn die Nachricht *WM\_QUIT* lautet, denn damit wird die Schleife verlassen und das Programm beendet.

Die Funktion *TranslateMessage* gibt die Nachricht an das Betriebssystem weiter und übersetzt die virtuellen Tasten-Nachrichten auf tatsächliche Zeichen<sup>6</sup>. Die *DispatchMessage* Funktion gibt die Nachricht an Windows weiter, dabei wird die richtige Fensterprozedur (*WndProc* wird später erklärt) aufgerufen. Wenn die Fensterprozedur die Nachricht bearbeitet hat, wird die Nachricht zurück an Windows gesendet. Danach gibt Windows die bearbeitete Nachricht weiter an die jeweilige Anwendung und so kann die Schleife die nächste Nachricht laden und bearbeiten.

### Fensterprozedur: WndProc Funktion

Im vorigen Unterkapitel 3.2.5 wurde die schon einmal Fensterprozedur erwähnt, aber noch nicht detailliert auf sie eingegangen. In diesem Kapitel wird nun näher auf deren Eigenschaften und Funktionen eingegangen. Der Name der Funktion kann wie eine Variable gehandhabt werden. In dieser Variable stehen die Nachrichten die das jeweilige Fenster bearbeitet. Das hat zur Folge, dass eine Fensterstruktur die als *WNDCLASS wc* deklariert und mit den folgenden Parametern *WNDPROC lpfnWndProc* initialisiert *wc.lpfnWndProc = WndProc;* ist, muss die Fensterprozedur für dieses Fenster *WndProc* heißen. Wie die Fensterprozedur heißt ist irrelevant, solange die Namen in der Fensterklasse und die Prozedur übereinstimmen, somit sind Fenster und Prozedur verbunden. Eine Fensterprozedur wird wie folgt definiert:

```
LRESULT CALLBACK WndProc(
    HWND hwnd,
    UINT message,
    WPARAM wParam,
    LPARAM lParam);
```

Der Datentyp *CALLBACK* ist schon aus den vorigen Kapiteln bekannt und *LRESULT* ist eine

<sup>4</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms632657\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms632657(v=vs.85).aspx); 27.08.2013

<sup>5</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms632659\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms632659(v=vs.85).aspx); 27.08.2013

<sup>6</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms644955\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms644955(v=vs.85).aspx); 27.08.2013

Typdefinition vom Typ *long*. Die vier Parameter der Funktion sind die gleichen wie die ersten vier Parameter bei einer *MSG* Struktur. Falls ein Programm mehrere Fenster von der gleichen Fensterklasse hat, spezifiziert der erste Parameter welches Fenster (Handle) die Nachricht schickt. Programme rufen die Fensterprozedur in der Regel nicht auf, sondern Windows. Will ein Programm die Prozedur direkt aufrufen, dann wird die Funktion *SendMessage* benutzt. Auf diese Methode wird im Folgenden eingegangen.

Eine selbst geschriebene Fensterprozedur hat den Vorteil, dass ein Programm auf die Event reagiert, auf die man reagieren möchte. Es müssen nicht alle Event programmiert werden. Um vorzubeugen, dass Nachrichten unbearbeitet bleiben, wird am Ende der selbstgeschriebenen Fensterprozedur die *DefWindowProc* Funktion aufgerufen. Diese Methode bearbeitet alle möglichen Nachrichten und ist die default Fensterprozedur. Wenn diese Funktion nicht aufgerufen wird, werden grundlegende Funktionen in einer GUI nicht funktionieren.

Die erste Nachricht die eine Fensterprozedur bekommt ist die *WM\_CREATE* Nachricht. Hier baut der Programmierer alle GUI Elemente auf, mit Hilfe der *CreateWindow* Funktion (Schaltfläche Beispiel). Eine zweite wichtige Nachricht ist die *WM\_DESTROY* Nachricht. Diese Nachricht wird verschickt wenn, der Benutzer ein Fenster schließen möchte. Der Programmierer ruft die *PostQuitMessage(0)* Funktion auf und automatisch wird eine *WM\_QUIT* Nachricht verschickt. Somit wird das Fenster geschlossen, die Message Loop verlassen und das Programm bzw. Fenster richtig beendet.

Es gibt noch weitere Nachrichten, die man „manuell“ verschicken kann. Mit Hilfe der erwähnten Funktion *SendMessage* <sup>7</sup>. Die Funktion hat die gleichen Parameter wie eine Fensterprozedur. Durch das Handle wird angegeben, an welches Fenster die Nachricht verschickt werden soll. Durch den zweiten Parameter wird angegeben, welche Nachricht verschickt wird, und die letzten zwei Parameter sind Extraintformationen der Nachricht (wenn nötig). Möchte man im Ablauf des Programms zum Beispiel der Darstellungstext von unserer Schaltfläche ändern, wird die *SendMessage* Funktion so aufgerufen:

```
SendMessage(hwnd_Schaltfläche, WM_SETTEXT, 0, (LPARAM)"NeuerText");
```

### 3.2.6 Die RS-232 Schnittstelle und die Windows API

Über die Windows API hat man direkten Zugriff auf die RS-232 Schnittstelle. Zum Verwalten der Schnittstelle und zum Setzen der Eigenschaften gibt es verschiedene Datenstrukturen, die man aufrufen und ändern muss, je nach Bedarf.

#### Öffnen und Schließen eines Ports

Um Zugriff auf die Datenstrukturen zu bekommen, muss zuerst eine RS-232 Schnittstelle (COM Port) geöffnet werden. Durch die Funktion *CreateFile* <sup>8</sup> bekommt man ein Handle auf den angegebenen Port. Ein Handle ist eine Referenzwert zu einer vom Betriebssystem verwalteten Systemressource, in diesem Fall eine im System vorhandene RS-232 Schnittstelle. Mit *CreateFile* kann man auch Zugriff auf Dateien, Datenstreams und andere Kommunikationsressourcen bekommen. Das

---

<sup>7</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms644950\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms644950(v=vs.85).aspx); 28.08.2013

<sup>8</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa363858\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa363858(v=vs.85).aspx); 25.08.2013

---

Handle muss gespeichert werden, denn damit wird der jeweiliger Port identifiziert und für weitere Operationen angesprochen. Durch die *CreateFile* Funktion wird die Datei oder in diesem Fall die Input / Output Schnittstelle für diese Anwendung reserviert. Das heißt, für das Betriebssystem und andere Anwendungen steht diese Schnittstelle nicht mehr zur Verfügung.

Um den richtigen Zugriff auf einen Port zu haben, müssen auch die richtigen Flags bei dem Aufruf der *CreateFile* Funktion angegeben werden. Als Flags sind die folgende Parameter anzugeben:

- Schreib und Leserechte
- Non-Sharing Modus
- Öffnen von nur vorhandenen Schnittstellen
- Asynchron Modus

Um ein Programm „sauber“ zu beenden, müssen offene Handles geschlossen werden. Durch die Funktion *CloseHandle*<sup>9</sup> mit Angabe eines gültiges Handles wird dieses geschlossen und steht für das Betriebssystem und andere Anwendungen wieder zur Verfügung.

### Konfiguration eines Ports

Es gibt drei wichtige Strukturen, die für die Konfiguration einer COM Schnittstelle relevant sind. Mittels dieser Strukturen werden die Eigenschaften, einstellbare Parameter und Wartezeiten einer Schnittstelle, eingestellt.

Die *DCB*<sup>10</sup> Struktur definiert die Ansteuerungseigenschaften für die Schnittstelle. Um die Struktur für eine angegebene Schnittstelle zu laden, wird die Funktion *GetCommState* aufgerufen. Diese Struktur besteht aus 28 verschiedenen Variablen. Diese Variablen beschreiben wie die Schnittstelle konfiguriert ist. Man kann die Baudrate, Parität, Stopbits, Datenbits, Flusssteuerung und Fehlerbenachrichtigung einstellen.

Um die Schnittstelle richtig einzustellen und keine falsche Eingaben in die *DCB* Struktur zu schreiben, ist es sinnvoll vorher die *COMMPROP*<sup>11</sup> Struktur auszuwerten. Durch die Funktion *GetCommProperties* wird die Struktur für die angegebene Schnittstelle geladen. Diese Struktur besteht aus 18 Variablen und beschreibt die möglichen Einstellungen für diese Schnittstelle. Die Einstellungen werden aus dem Treiber der jeweiliger Schnittstelle (Onboard Ports, Sunix, Intel SOL oder ITE) gelesen. Der für diese Arbeit relevanten Parameter ist die maximale einstellbare Baudrate.

Während der Übertragung von Daten über eine serielle Schnittstelle sind maximale Wartezeiten fällig. Dieses Werte entstehen durch die Übertragungslänge und die eingestellte Baudrate. Auch die Wartezeit zwischen zwei ankommenden Bytes ist wichtig um das Ende der Übertragung bestimmen zu können. Diese Werte sollten dynamisch berechnet werden und danach in die Schnittstelle eingestellt werden. Dafür ist die *COMMTIMEOUTS*<sup>12</sup> Struktur zuständig. Die Struktur besteht aus fünf Variablen, die die Wartezeiten in Millisekunden angeben. Die erste Variable

---

<sup>9</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms724211\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms724211(v=vs.85).aspx); 25.08.2013

<sup>10</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa363214\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa363214(v=vs.85).aspx); 28.08.2013

<sup>11</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa363189\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa363189(v=vs.85).aspx); 28.08.2013

<sup>12</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa363190\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa363190(v=vs.85).aspx); 28.08.2013

beschreibt die Zeitüberschreitung zwischen zwei ankommenden Bytes. Wird dieser Wert überschritten, so wird die Leseoperation beendet. Der zweite und vierte Parameter (jeweils für Lesen und Schreiben) beschreiben die Zeit, die für die Übertragung aller Bytes nötig ist (für die aktuelle Schreib- oder Leseoperation). Diese Parameter sind von der Baudrate und der Bitlänge eines Zeichens abhängig. Damit ist gemeint, wie unter 3.1.2 erläutert, ein Zeichen kann aus 8 Bits plus Startbit, Stopbit und Parität bestehen. Also werden nicht genau 8 Bits (1 Byte) per Charakter, sondern oft mehr (11 Bits zum Beispiel) übertragen. Die Wartezeit wird durch die folgende Formel berechnet:

$$Wartezeit = \frac{Anzahl\ der\ Bits}{Baudrate} \times 1.1$$

In der Formel wird mal 1,1 multipliziert um eine Kulanz von 10% zu haben. Der dritte und fünfte Parameter sind eine extra Wartezeit, für jeweils Lesen und Schreiben, die zu der gesamte berechnete Wartezeit pro Lese-/Schreibvorgang addiert wird. Falls der berechnete Wert unter zehn Millisekunden beträgt, wird dieser auf zehn Millisekunden gesetzt.

Wenn ein Port geöffnet wird, muss die Art der Kommunikation angegeben werden. Die Kommunikation zwischen den Schnittstellen kann synchron (nonoverlapped) oder asynchron (overlapped) erfolgen. Für diese Arbeit habe ich mich für asynchrone Kommunikation entschieden. Dieser Art der Kommunikation ist etwas komplexer, bietet aber mehr Flexibilität und Effizienz.

### Lesen und Schreiben

Nachdem ein Port konfiguriert ist, wie es nötig ist, kann man diesen Port benutzen um Informationen zu schicken oder zu empfangen. Um in einen Port schreiben oder aus einem Port lesen zu können werden zwei verschiedene Funktionen benötigt. Um in einen Port zu schreiben wird die Funktion *WriteFile*<sup>13</sup> benötigt. Diese Funktion benötigt als ersten Parameter das Handle auf den geöffneten Port. Danach muss angegeben werden, welche Information geschrieben werden soll und die Größe dieser Information in Bytes. Als optionale Parameter kann man einen Zeiger in dem die Menge der geschriebene Bytes geschrieben wird und ein Zeiger zu einer *OVERLAPPED* Struktur übergeben. Die Kommunikation zwischen Ports in dieser Arbeit ist Asynchron, deswegen wird hier ein Zeiger auf eine Struktur übergeben.

Das Lesen aus einem Port geschieht sehr ähnlich. Die Funktion dafür heißt *ReadFile*<sup>14</sup>. Die Lese-funktion benötigt genau die gleichen Parameter wie die Schreibfunktion. Da die Lese und Schreibvorgänge sehr ähnlich sind, ist der Aufbau beider Funktionsaufrufe auch ähnlich. Um aus einem Port zu lesen oder zu schreiben muss zuerst eine *OVERLAPPED* Struktur deklariert werden. Somit versichern wir uns, dass die Kommunikation asynchron ist. Danach muss in der Struktur der Parameter *hEvent* initialisiert werden. Dieser Parameter ist ein Handle auf ein Event. Ein Event in diesem Fall ist der Schreibe- oder Lesevorgang. Durch dieses Event kann der Status des Vorgangs abgefragt werden. Als erstes wird die jeweilige Lese- oder Schreibfunktion aufgerufen. Wenn dieser Vorgang erfolgreich war, muss der Status abgefragt werden, um sicher zu sein, dass der Vorgang vollständig ist. Im Fall, dass sich das Schreiben oder Lesen noch verzögert, muss auf die Beendigung des Events gewartet werden. Zuerst muss abgefragt werden, ob ein Fehler entstanden ist. Wenn der Fehler *ERROR\_IO\_PENDING* heißt muss das Programm noch warten, sonst ist ein anderer Fehler entstanden. Um auf das Beenden eines Events zu warten und zu reagieren, wird die

---

<sup>13</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa365747\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa365747(v=vs.85).aspx); 28.08..2013

<sup>14</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa365467\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa365467(v=vs.85).aspx); 28.08.2013

Funktion *WaitForSingleObject*<sup>15</sup> aufgerufen. Diese Funktion wartet bis das angegebene Event (lesen oder schreiben) sein Status ändert oder nach einer bestimmten Zeit abläuft. Diese Zeit ist der Timeout, welcher vorher berechnet wurde. Wenn die Zeit abgelaufen ist, wird ein Timeout Fehler ausgegeben. Das heißt, das Programm muss noch warten. Ändert sich der Status des Events, bevor die Zeit abläuft, wird mittels der Funktion *GetOverlappedResult*<sup>16</sup> das Event noch abgefragt. Diese Funktion muss das Handle des Ports die *OVERLAPPED* Struktur und die Anzahl an Bytes die transferiert werden sollten, angeben. Wenn diese Funktion keine Fehler meldet, dann wurde der jeweilige Vorgang erfolgreich abgeschlossen. Im Fall eines Schreibvorgang, muss sichergestellt werden, dass alle Bytes geschrieben worden sind. Wird ein Lesevorgang durchgeführt, muss sicher gestellt werden, dass die komplette Information angekommen ist, bevor gelesen wird. Es kann daher zu Timeout Fehlern kommen. Um solche Fehler nicht als Abbruchbedingung zu melden, wird nach einer Vereinbarung mit dem Auftragsgeber, fünf mal versucht die Zeichen zu lesen oder zu schreiben. Wenn danach der Fehler noch vorliegt, wird dieser gemeldet.

---

<sup>15</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms687032\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms687032(v=vs.85).aspx); 28.08.2013

<sup>16</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms683209\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms683209(v=vs.85).aspx); 28.08.2013

---

# Kapitel 4

## Lösungsansätze

### 4.1 Fehlererkennung

Das Ziel des COM-Port-Test-Programm ist Fehler in der Systemhardware, beziehungsweise in der Kommunikation zwischen den Schnittstellen zu erkennen. Damit dieses Ziel erreicht wird, muss die Ermittlung eines Fehlers äußerst genau geschehen. So muss jeder Funktionsaufruf und Kommunikationsvorgang immer abgefragt werden. Bei jeder Abfrage müssen die Fehler ausgewertet und gemeldet werden. Nur so erfüllt das Testprogramm seinen Zweck. Die Herausforderung wird darin bestehen, die Fehler genau zu definieren und sie so zu melden, dass der Tester die Ursache sofort erkennen kann.

### 4.2 Master Slave Modus zwischen zwei Systemen

Die Synchronisierung zwischen zwei verschiedenen BEETLE Systemen wird eine große Herausforderung darstellen. Dafür wird ein kleines Protokoll oder Handshake definiert. In diesem Vorgang muss der Master wissen, dass der Slave fertig eingestellt und bereit für ein Datenverkehr ist. Dabei müssen beide Schnittstellen die richtige Einstellungsparameter (Baudrate, Paritätsbits, Stopbits, Datenbits, etc.) besitzen und konfigurieren.

Um das Protokoll oder Handshake zu definieren gibt es verschiedene Möglichkeiten. Zusätzlich müssen zuerst die Timeouts beachtet werden. Der Master darf keine Information oder Übertragungstexte senden, bevor der Slave nicht in der Lage ist, Daten zu empfangen. Wäre der Slave nicht bereit sein, würde der Master ein Lese-Timeout melden, weil er Daten verschickt hat, aber der Empfänger keine Daten zurück versendet. Im Gegensatz, darf der Slave nicht Daten erwarten, so lange der Master nicht in der Lage ist, Daten zu verschicken.

Als Grundidee, um dieses Problem zu lösen, werde ich Synchronisierungszeiten und Vorgänge einbauen, in dem der Master für eine definierte Zeit auf den Slave wartet. Wenn diese Zeit abgelaufen ist, wird dem Benutzer gemeldet, dass es Probleme mit der Synchronisierung beider Systeme gab und dass kein Test stattfinden wird. Ein großer Nachteil dieser Lösung ist, dass durch das Abfragen auf Bereitschaft ein Pollingverfahren<sup>1</sup> eingesetzt werden muss.

Im besten Fall, wenn keine Fehler bei der Kommunikation auftreten, wird es nicht so nötig sein,

---

<sup>1</sup>Das zyklische Abfragen eines Status

---



sich ständig zu Synchronisieren. Im Fehlerfall muss nach jedem Test eine Synchronisierung stattfinden. Empfängt der Slave verfälschte Informationen und meldet einen Fehler, wurde er sich sofort auf den nächsten Test vorbereiten. Das würde den gesamten Testvorgang verfälschen. Es werden weitere solche Fälle auftreten, auf die unterschiedlich reagiert werden muss.

Um das Pollingverfahren zu vermeiden, kann die Synchronisierung auf Basis von Events<sup>2</sup> basieren. Dabei erzeugt die Schnittstelle bei der Ankunft von einem Byte Interrupts. So kann der Slave reagieren, erst wenn der Master tatsächlich etwas verschickt hat. Um die Interrupts abzufragen, muss die Kommunikation Events von Windows abfragen. Wenn das System ein Interrupt empfängt, wird dieses im Programm als Event weitergeleitet.

Auf den ersten Blick wird das vollkommene Umgehen eines Pollingverfahrens schwer sein. Die Lösung wird sich durch Tests während der Entwicklung des "WN Serial COM Port Tester" ergeben. Je nach Testergebnis werde ich unterschiedliche Lösungen anwenden.

### 4.3 C++ und die GUI

Die graphische Oberflächen mit Anwendung von der Windows API besteht aus „C“ Code, und muss eine statische Fensterprozedur besitzen. Das heißt, es können beliebig viele Benutzeroberflächen kreiert werden, aber es gibt nur eine Prozedur, die die Nachrichten bearbeitet. Durch die Objektorientierung unter „C++“ entsteht ein Konflikt wegen der statischen Fensterprozedur. Um eine statische Methode zu definieren, müssen auch statische Variablen erzeugt werden. So werden diese Variablen nur einmal erzeugt, unabhängig davon, wie viele Fenster erstellt werden. Wenn die Methoden und die Variablen nicht statisch wären, würden bei der Ersetzung von mehreren Fenstern die versendeten Nachrichten durcheinander kommen.

Um dieses Problem zu umgehen wird mit Hilfe von einer *Template Class* die Oberfläche definiert. Eine Klasse wird definiert, in der die allgemeinen Eigenschaften eines Fensters gesetzt werden und die Nachrichten von jedem Fenster richtig umgeleitet werden. Dieses geschieht indem die benötigte statische Fensterprozedur in dem Template definiert wird. Die allerersten Nachrichten, die ein Programm erhält, um eine Oberfläche zu erzeugen, ist die „WM\_NCREATE“. Die Fensterprozedur fragt nach dieser Nachricht und wenn die Nachricht ankommt, wird durch einen Zeiger der Fensterhandle richtig gesetzt und an die richtige Prozedur weitergeleitet. Da diese Fensterprozedur statisch ist, egal wie viele Oberflächen kreiert werden, wird es nur einmal diese Fensterprozedur geben.

Die Fensterklasse erbt von der *Template Class* und kann eine eigene Fensterprozedur definieren. Die definierte Fensterprozedur in der Fensterklasse wird durch das Template die Nachrichten weiterleiten. Dadurch werde ich auch in der Lage sein, meine eigene Fenster so zu gestalten wie die Voraussetzungen es definieren, und falls es nötig ist, mehrere Fenster zu erzeugen.

---

<sup>2</sup><http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa450667.aspx>; 30.08.2013

---

# Kapitel 5

## Systementwurf

### 5.1 Klasse Window

Die Klasse *Window* baut die Benutzeroberfläche auf und speichert die Eingabe des Benutzers in Variablen. Diese Werte werden dann an die Klasse *Interpreter* weiter gegeben. In der Benutzeroberfläche werden die Eigenschaften für jeden Testvorgang eingestellt.

#### 5.1.1 Design

The image shows a graphical user interface (GUI) for a testing application, divided into three distinct sections labeled 1, 2, and 3.

**Section 1:** Contains settings for the main port and baud rate. It includes a 'Main Port' dropdown menu, a 'Baud rate' dropdown menu, a 'Slave Port for Double Test' dropdown menu, and a 'MAX baud rate' dropdown menu. To the right, there are two groups of radio buttons: 'Test Mode' with options 'Automatic', 'Wobble', and 'Fixed'; and 'Transfer' with options 'Shorted', 'Double', 'Master', and 'Slave'.

**Section 2:** Contains settings for parity, protocol, stop bits, and databits. It includes a 'Parity' group with radio buttons for 'None', 'Odd' (selected), and 'Even'; a 'Protocol' group with radio buttons for 'XON/XOFF', 'Hardware', and 'None' (selected); a 'StopBits' group with radio buttons for '1' (selected) and '2'; and a 'Databits' group with radio buttons for '7' and '8' (selected). Below these are a 'Load file to be transferred' text field with a 'Load file to send' button, a 'Text to send' text field with a 'Load text to send' button, a checked 'Logger' checkbox, a 'Repeater' checkbox with a value of '1', and a 'Stop on 1. Error' checkbox.

**Section 3:** Contains a row of buttons: 'Start', 'Close', 'Save', 'Load test file', 'Help', and 'Stop'.

Abbildung 5.1: Design der Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche ist in drei Abschnitte geteilt. Die verschiedenen Abschnitte sind in der Abbildung 5.1 zu erkennen. Genauer zu allen Parametern wird in Kapitel 7 und 3 erläutert. Der erste Abschnitt der Einstellungen behandelt die Testeinstellungen.

Diese Einstellung sind:

- Main Port: welcher COM Port soll getestet werden
- Baud rate: beschreibt mit welcher Baudrate der ausgewählte Port getestet werden soll
- Test Mode: definiert welchen Testvorgang der Benutzer haben möchte
- Transfer: legt fest, wie die Kommunikation dieses Ports stattfinden wird

Der Slave Port für „Double Test“ und „Max baud rate“ (grau dargestellt) sind abhängig vom Testmodus und Transfermodus.

Der zweite Abschnitt sind die Übertragungsparameter und drei weitere Testeinstellungen. Diese Parameter sind:

- Parity: Paritätsüberprüfung
- Protocol: Übertragungsprotokoll
- Stopbits: Anzahl der Stopbits
- Databits: Anzahl der Datenbits
- Logger: definiert ob eine Log-Datei erstellt werden soll
- Repeater: Anzahl der Testwiederholungen
- Stop on 1. Error: bestimmt ob bei der ersten Fehlererkennung angehalten werden soll
- Load file to be transferred: Übertragungsdatei die übertragen wird
- Text to send: Übertragungstext der gesendet wird

Die letzte Reihe von Elementen in der Benutzeroberfläche sind die Schaltflächen. Diese führen die jeweiligen Vorgänge aus.

- Start: startet einen Test
- Close: schließt das Test Tool
- Save: speichert in eine Testdatei mit den Einstellungen
- Load test file: lädt eine Datei die im Test übertragen wird
- Help: zeigt ein Fenster mit Erklärungen zum Test Tool
- Stop: stoppt den laufenden Test

Beim Drücken des Start-, Save- oder „Load test file“ Schaltfläche werden die Testeinstellungen an die Klasse *Interpreter* weitergegeben und dort werden diese verarbeitet.

---

### 5.1.2 Aufbau

Die Klasse *Window* erbt von der *Template class* in der Headerdatei *BaseWindow*. Die Headerdatei beinhaltet die Definition des Templates. Im Template, wird die für die Nachrichtenschleife nötige, statische Fensterprozedur deklariert. Hier wird nur nach der Nachricht *WN\_NCCREATE* abgefragt, wie bereits im Kapitel 4.3 erwähnt wurde. Wenn die Nachricht empfangen worden ist, werden die weiteren Nachrichten an das Handle des Fensterobjekts weitergeleitet. In dem Template wird außerdem auch eine Fensterklasse deklariert, registriert und danach erzeugt. Somit werden alle Nachrichten eines Fensterobjekts immer zuerst an die statische Fensterprozedur gesendet, diese leitet durch einen Zeiger und ein Handle die Nachricht an das korrekte Fenster weiter. Um genauer die Funktionalität des Templates zu verstehen, siehe bitte Anhang A.2.

### 5.1.3 Aufgaben

Die Klasse hinter der Benutzeroberfläche besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil bearbeitet die Eingabe des Benutzers und den Aufbau der Oberfläche, der zweite Teil die Weiterbearbeitung der Daten.

Der erste Teil besteht aus der Methode *HandleMessage*. Diese Methode ist die Fensterprozedur. Zuerst werden die Elemente, mit der Ankunft der Nachricht *WM\_CREATE* des Fensters aufgebaut. Danach wird auf die Nachricht *WM\_COMMAND* gewartet und jeweils reagiert. Wird zum Beispiel die Start Schaltfläche gedrückt, bekommt die *HandleMessage* Methode die *WM\_COMMAND* Nachricht mit dem Parameter *ID\_BT\_START*, das ist die Identifikationsnummer im Programm für die Startschaltfläche.

```
1  case WM_CREATE:
2  {
3      //Erzeuge alle GUI Elemente
4
5      //example: Start button
6      _hwnd_Start = CreateWindowA("button", "Start",
7      WS_CHILD | WS_VISIBLE,
8      POS_X + 20, POS_Y2 + 290, 70, 30, m_hwnd, (HMENU) ID_BT_START,
9      NULL, NULL);
10 }
11 break;
```

Wenn die Startschaltfläche gedrückt worden ist, fängt der zweite Teil der Klasse an. Der zweite Teil besteht aus der Weiterverarbeitung der Eingaben. Im Fall der Startschaltfläche, wird als erstes ein neuer Thread erzeugt. So kann die Benutzeroberfläche immer noch Nachrichten verarbeiten, während im Hintergrund das Programm die Datenverarbeitung beginnt. Der gleiche Vorgang geschieht, wenn die *Load test file* Schaltfläche gedrückt wird.

Wenn die Startschaltfläche gedrückt wird, ruft der Thread die Methode *SendTestSettings* auf. Die Eingabe werden weiter an einen Interpreter-Objekt gegeben. Dies geschieht in dem ein Objekt der Klasse *Interpreter* erzeugt wird und dessen Eigenschaften gesetzt werden.

```
1  case WM_COMMAND:
2  {
3      //Reagiere auf Klicks der Schaltfläche
4      //Beispiel: Startschaltfläche
5      case ID_BT_START:
6
7          //während des Tests werden die Elemente grau hinterlegt
8          viewAllElements(FALSE);
9
10         //erzeuge ein neuen Thread
11         _t1 = thread(&Window::sendTestSettings, this);
12
13         //abtrennen des Threads für den Test, während der Mainthread
14         //auf Stopp warten oder Testende
15         _t1.detach();
16     }
17     break;
```

---

## 5.2 Klasse Interpreter

Die Klasse *Interpreter* trennt die Benutzeroberfläche von der Fachlogik des Programms. Die Benutzeroberfläche kann den Interpreter aufrufen und hat Zugriff auf die *public* Methoden der Klasse. Der Interpreter kann nicht auf Elemente oder Methoden der Klasse *Window* zugreifen. Durch diese Trennung kann der Benutzer nie „unkontrolliert“ auf die Fachlogik zugreifen, nur über die Möglichkeiten die der Programmierer ihm anbietet.

### 5.2.1 Aufgaben

Eine Aufgabe des Interpreters ist die Überprüfung der Eingaben des Benutzers, bevor die Tests beginnen. Durch so genannte „setter“-Methoden werden die Eingabeparameter der GUI in lokalen Variablen gespeichert.

```
1 void Interpreter::setTransfer(int iTransfer)
2 {
3     this->_iTransfer = iTransfer;
4 }
```

Danach werden die lokalen Variablen auf Fehleingaben geprüft. Sind Fehler erkannt worden, werden diese dem Benutzer bekannt gegeben und alle Parameter in der Klasse werden auf einen Standardwert zurückgesetzt. Sind keine Fehleingaben erkannt worden, werden die Werte der Variablen in einer Datenstruktur gespeichert. Mehr zu dieser Struktur wird im Kapitel 5.3 behandelt. Im folgenden Quellcode wird eine Fehlerüberprüfung dargestellt, hierbei handelt es sich um den Übertragungsmodus, der abgefragt wird.

```
1 if (_iTransfer == DEFAULT_VALUE)
2 {
3     MessageBoxA(NULL, "Bitte_wählen_Sie_ein_Transfermodus_aus",
4                     WINDOW_TITLE, MB_OK | MB_ICONERROR);
5     setDefaultValues();
6 }
7 else
8 {
9     //speichern des Transfermodus
10    _testManager->testStruct.iTransfer = _iTransfer;
11 }
```

Die Werte in den Variablen müssen überprüft werden, um Fehler zu vermeiden. Da die Werte nicht nur aus Einstellungen in der Benutzeroberfläche stammen, sondern auch aus einer Testkonfigurationsdatei, können falsche Eingabe vorhanden sein. Zusätzlich zur Überprüfung der Eingabeparameter und setzen der lokalen Variablen, gibt die Klasse *Interpreter* die Testeinstellungen an die anderen Klassen weiter. Hier trennt sich das Programm in zwei Pfade. Der erste Pfad gibt die Datenstruktur an die Klasse *TestManager* weiter. Der zweite Pfad speichert oder liest eine Testkonfigurationsdatei aus. Im Fall, dass eine Testkonfigurationsdatei gelesen werden soll, wird als erstes die Klasse *IniFileHandler* aufgerufen und danach die Klasse *TestManager*, um einen Test mit den gelesenen Einstellungen zu starten. Sollen die Eingabeparameter der Benutzeroberfläche in einer Testkonfigurationsdatei gespeichert werden, werden die überprüften Eingabeparameter in einer vom Benutzer angegebenen Datei gespeichert. Dafür wird auch die Klasse *IniFileHandler* aufgerufen.

---

Da die Klasse *Interpreter* die Schnittstelle für die Kommunikation zwischen Fachlogik und der Benutzeroberfläche ist, wird auch durch diese Klasse die Meldung gegeben, den Test anzuhalten. Durch das Klicken der Schaltfläche „Stop“ in der Benutzeroberfläche wird eine boolesche Variable weiter an die Testlogik gegeben. Diese Variable wird vor jeder Testschleife abgefragt, ist sie gesetzt, dann wird der Test angehalten.

Die Klasse hat ein Objekt der Klasse *Com*, um in der Benutzeroberfläche die im System zur Verfügung stehenden COM Ports aufzulisten. Durch die Trennung der GUI von der Fachlogik, darf die *Window* Klasse kein Objekt der Klasse *Com* haben.

## 5.3 Struktur TestStruct

Eine *struct* oder Struktur dient dazu, mehrere logische zusammenhängende Variablen verschiedener Datentypen zusammenzufassen. In *C* beinhalten Strukturen nur Variablen, in *C++* wurden die Strukturen erweitert und dürfen auch Funktionen beinhalten. Der Unterschied von einer Klasse zu einer Struktur ist, dass die jeweiligen Attributen bzw. Eigenschaften mit Zugriffsrechten versehen werden können. In einer Struktur sind die Zugriffsrechte auf Elemente mit *public* definiert, in einer Klasse mit *private*<sup>1</sup>. Da ich nur Variablen benötige, und keine Methoden, habe ich mich für eine Struktur entschieden.

### 5.3.1 Aufbau

Die Datenstruktur fasst alle Eigenschaften für einem Test zusammen. Die *TestStruct* beinhaltet folgende Variablen und wird wie folgt definiert:

```
1  struct TestStruct
2  {
3      string sMasterPort;
4      string sSlavePort;
5      string sTextToTransfer;
6      string sFilePath;
7      int iTransfer;
8      int iBaud;
9      int iBaudrateMax;
10     int iTestMode;
11     int iParity;
12     int iProtocol;
13     int iStopbits;
14     int iDatabits;
15     int iTransTextMode;
16     int iRepeater;
17     bool bLoggerState;
18     bool bStopOnError;
19     vector<string> svBaudrates;
20 }
```

Jede dieser Variablen stellt einen Wert für eine Einstellung in der Benutzeroberfläche dar. Für eine genauere Erläuterung der Variablen und dessen Werte, siehe bitte Kapitel 7 und 5.8.

---

<sup>1</sup>[Lou10]

---



## 5.4 Klasse Com

Die Klasse *Com* umfasst alles für die Verwaltung eines COM Ports. Um aus einem COM Port lesen und schreiben zu können, müssen zuerst die Eigenschaften des jeweiligen Ports gesetzt werden. Alle Ports in einem System werden beim Systemstart mit einer Standardkonfiguration konfiguriert. Will der Benutzer Peripherieelemente an einem COM Port anschließen, die nicht die gleiche Schnittstellenkonfiguration besitzen wie die Schnittstelle im System, muss die Konfiguration des Ports angepasst werden. Dafür muss ein COM Port zuerst geöffnet werden, danach kann die Konfiguration geändert werden. Wenn diese beiden Schritte erfolgreich abgelaufen sind, können aus dem COM Port Informationen gesendet und empfangen werden. Als letzter Schritt ist es sehr wichtig den geöffneten COM Port wieder zu schließen. Somit steht der COM Port wieder für andere Applikationen und das System zur Verfügung.

### 5.4.1 Aufgaben

Um einen COM Port zu öffnen, wird die gleiche Systemfunktion aufgerufen, wie um eine Datei zu erzeugen. Die Funktion *CreateFile* gibt ein Handle auf den gewünschten COM Port. Durch dieses Handle wird der jeweilige Port für andere Operationen identifiziert.

```
1 hCom = CreateFile(portNumber.c_str(),
2                 GENERIC_READ | GENERIC_WRITE,
3                 0,
4                 NULL,
5                 OPEN_EXISTING,
6                 FILE_FLAG_OVERLAPPED,
7                 NULL);
```

Der erste Parameter der Funktion ist der Name des gewünschten Ports. Besitzt der COM Port einen Wert von eins bis neun, wird ein Wert wie „COM5“ gesetzt. Ist der Wert des Ports größer neun und maximal 256, muss der erste Parameter folgendermaßen gesetzt werden: „\\.\COM255“. Der zweite Parameter beschreibt die Zugriffsrechte auf den COM Port. Da wir Informationen senden und empfangen möchten, braucht das Programm Lese- und Schreibrechte. Sehr wichtig ist der fünfte Parameter, dieser beschreibt, dass nur existierende COM Ports geöffnet werden sollen. Die Funktion kann auch Dateien erzeugen, wenn diese nicht vorhanden sind. Im Fall von COM Ports, sollen nur die als Hardware im System vorhandene Ports geöffnet werden und keine neue COM Ports erzeugt werden. *FILE\_FLAG\_OVERLAPPED* setzt die Eigenschaft, dass der COM Port im asynchron Modus geöffnet werden soll.

Damit dem Benutzer in der Benutzeroberfläche nicht vorhandene COM Ports angeboten werden, werden bei der Erzeugung der GUI alle zur Verfügung stehende COM Ports aufgelistet. Dafür wird in einer Schleife versucht alle COM Ports zwischen Eins bis 256 zu öffnen. Alle die Ports die einen gültiges Handle zurück geben werden aufgelistet.

Wenn ein COM Port nicht erfolgreich geöffnet werden konnte, gibt die *CreateFile* Funktion ein nicht valides Handle zurück. Wird ein Port erfolgreich geöffnet, können die Eigenschaften des Ports bearbeitet werden. Wie in Unterkapitel 3.2.6 erklärt, werden die Eigenschaften des Ports durch verschiedene Strukturen gesetzt.

Für jeden Test kann der Benutzer die Baudrate einstellen. In der Benutzeroberfläche wird in Form einer Liste, in einer „Combo Box“, die unterstützten Baudrate aufgelistet. Um die Baudraten zu

ermitteln muss zuerst die Struktur *COMMPROP* geladen werden. In der Variable *dwSettableBaud* sind als Bitmaske die unterstützten Baudraten gespeichert. Der Algorithmus dafür sieht wie folgt aus:

```

1  //Lade die COMMPROP Struktur des geöffneten Ports
2  GetCommProperties(hCom, &commProp);
3
4  //Bitmaske mit den unterstützten Baudraten
5  bitset<32> bitMask ((int) commProp.dwSettableBaud);
6
7  //ignoriere die letzte 4 bits
8  for( int i = 0; i < 28; i++)
9  {
10     //falls das Bit gesetzt ist
11     if (bitMask.test(i) == true)
12     {
13         //dann wird die Baudrate unterstützt
14         vBaud.push_back(saDefaultBaudrates[i]);
15     }
16 }

```

In der Schleife wird geprüft ob das jeweilige Bit an der Stelle „i“ eine Eins oder Null ist. Falls es eine Eins ist, dann wird die Baudrate im Array an der Stelle „i“ in einen Vektor gespeichert. In diesem Vektor werden alle Baudraten gespeichert, die vom angegebenen Port unterstützt werden. Der Vektor gehört zur *Com* Klasse und wird vom ganzen Programm benutzt.

Die Timeoutwerte für die Lese- und Schreibzugriffe werden auch in dieser Klasse berechnet und gesetzt. Dafür muss eine Struktur *COMMTIMEOUTS* deklariert werden. Die Struktur wird je nach Testkonfiguration des Programms bearbeitet. Für das Test Tool wird in der Struktur die Zeit für die Übertragung eines Zeichens geschrieben. Die Berechnung des Timeoutwertes wird im Unterkapitel 3.2.6 behandelt.

```

1  //Port Timeout Struktur
2  COMMTIMEOUTS timeouts;
3
4  timeouts.ReadIntervalTimeout          = 20;
5  timeouts.ReadTotalTimeoutMultiplier = iTimeOut;
6  timeouts.ReadTotalTimeoutConstant    = 100;
7  timeouts.WriteTotalTimeoutMultiplier = iTimeOut;
8  timeouts.WriteTotalTimeoutConstant    = 100;
9
10 SetCommTimeouts(hCom, &timeouts);

```

Durch die Funktion *SetCommTimeouts* mit Angaben des geöffneten Ports und eine Referenz auf einer Variable der Struktur *COMMTIMEOUTS* werden die Timeouts gesetzt. Davor müssen die Elemente von der Struktur initialisiert werden. Die Werte *ReadTotalTimeoutMultiplier* und *WriteTotalTimeoutMultiplier* werden mit der berechnete Zeit pro Zeichen gesetzt. Für die anderen drei Variablen wurden die empfohlenen Werte aus der MSDN Online Bibliothek[Mic13] übernommen.

Objekte der Klasse *Com* können durch den Aufruf von zwei verschiedenen Konstruktoren erzeugt werden. Der erste Konstruktor ist der Standardkonstruktor, dieser wird für die Auflistung der zur Verfügung stehenden Ports und dessen Baudraten verwendet. Der zweite Konstruktor bekommt als Parameter einen String mit dem Namen des Ports. Dieser Port wird geöffnet, die Eigenschaften werden in lokalen Variablen geladen, um im weiteren Verlauf darauf zurückgreifen zu können und anschließend gespeichert.

## 5.5 Klasse PortCommunications

In der Klasse *PortCommunications* werden die Lese- und Schreiboperation ausgeführt. Die Klasse besteht aus zwei Konstruktoren, drei Methoden und einen Destruktor. Obwohl die Klasse nur aus drei Methoden besteht, ist diese Klasse die tatsächliche Klasse, die die Systemaufrufe für Senden und Empfangen von Daten behandelt.

Die erste Methode in der Klasse speichert ein Handle von einem geöffneten COM Port in einer lokalen Variable. Durch dieses Handle weiß die Klasse auf welchem Port die Lese- oder Schreibmethoden ihre Zugriffe ausüben sollen. Dieses Handle kann auch durch den Aufruf eines personalisierten Konstruktors gesetzt werden, dass als Parameter an den Konstruktor übergeben wird.

Das Schreiben in einen COM Port ist sehr ähnlich wie das Lesen. Beide Operationen werden in einer Schleife wiederholt bis alle Bytes aus dem Puffer gelesen worden sind. Der ganze Programmcode zu diesen Methoden kann in Anhang A.4 und A.5 gelesen werden. Im folgenden werden nur Ausschnitte der beiden Methoden erklärt.

### 5.5.1 Schreiben

Die Methode *writeData* erhält als Parameter den zu übertragenden Text und die Länge des Textes. Die Länge des Textes ist für den Schreibvorgang nötig, damit die Schreibmethode ermitteln kann, wann alle Bytes geschrieben worden sind. Bevor der Schreibvorgang beginnt, muss eine *OVERLAPPED* Struktur deklariert werden, die für das asynchrone Schreiben zuständig ist. In der Struktur wird die Variable *hEvent* initialisiert, indem ein neues Event deklariert wird.

Der Schreibvorgang wird in einer Schleife, die im Fehlerfall maximal fünf mal wiederholt wird, ausgeführt. In der Schleife wird die Methode *WriteFile* folgendermaßen aufgerufen:

```
1 WriteFile(hCom, lpBuf, dwSize, &dwWritten, &osWrite);
```

Als Parameter benötigt die Methode das Handle des Ports aus dem gelesen werden soll. Somit kann die Methode in den verschiedenen Testmodi den Sender und den Empfänger unterscheiden. Als zweiter Parameter wird der zu schreibende Text und als dritter Parameter die Länge des Textes übergeben. Der vierte und fünfte Parameter sind die Adresse der jeweiligen Variablen. In der Variable *dwWritten* wird die Anzahl der geschriebenen Bytes angegeben und die *osWrite* Variable ist die am Anfang des Schreibvorgang erstellte *OVERLAPPED* Struktur. War der Schreibversuch fehlerhaft, wird es dem Benutzer mitgeteilt, sonst wird die Methode *WaitForSingleObject* aufgerufen.

```
1 WaitForSingleObject(osWrite.hEvent, INFINITE);
```

Die Methode *WaitForSingleObject* bekommt als Parameter das am Anfang kreierte Event in der *OVERLAPPED* Struktur und eine Ablaufzeit. Die Methode wartet so lange bis das Event signalisiert wird. In diesem Fall ist das Timeout auf *INFINITE* gesetzt, damit das Schreiben vollständig beendet wird. Diesen Wert habe ich als Empfehlung aus der MSDN Online Bibliothek[Mic13] entnommen. Wenn das Event signalisiert wird, wird die Methode *GetOverlappedResult* auf diese Weise aufgerufen:

```
1 GetOverlappedResult(hCom, &osWrite, &dwWritten, FALSE);
```

Nun bekommt die Methode das Handle auf den COM Port, die Adresse der *OVERLAPPED* Struktur und die Adresse der Variablen *dwWritten*. Der letzte Parameter spezifiziert, ob auf das Event gewartet werden soll. Da aber in der Methode *WaitForSingleObject* schon gewartet wird bis das Event signalisiert wird, muss bei dem Aufruf von der Methode *GetOverlappedResult* nicht nochmal gewartet werden. Deswegen wird der letzte Parameter mit *FALSE* belegt.

Wenn die Methode *GetOverlappedResult FALSE* zurückliefert, wird der Benutzer den letzten Fehler gemeldet. Ist der Rückgabewert der Methode *TRUE*, bedeutet es, dass der Schreibzugriff beendet worden ist. Um zu erfahren ob der Zugriff erfolgreich war, werden die Variablen mit den zu schreibenden Bytes und die geschriebenen Bytes verglichen. Wenn dieser Wert sich von einander unterscheidet, dann ist die Zeit für den Schreibzugriff abgelaufen (time out). Sind beide Werte gleich, dann war der Vorgang erfolgreich und die Schreibmethode wird beendet.

### 5.5.2 Lesen

Die Lesemethode erhält die gleichen Parameter wie die Schreibmethode. Sie braucht auch eine *OVERLAPPED* Struktur um das Event abfragen zu können. Das Grundgerüst für die Lesemethode ist identisch wie die von der Schreibmethode. Beide Vorgänge werden in einer Schleife wiederholt, bis der Vorgang beendet wird oder ein Fehler gemeldet wird. Der Unterschied ist dass beim Lesen die Schleife nicht fünf mal wiederholt wird, sondern die Schleife sich unendlich wiederholt. Obwohl das programmiertechnisch nicht empfehlenswert ist, muss die Leseoperation so oft wiederholt werden, bis alle Bytes angekommen sind. Der Empfänger muss diese Daten durch ein Pollingverfahren aus dem Puffer lesen. Die Methode zum Lesen lautet:

```
1 ReadFile(hCom, ourBuf, dwSize, NULL, &osReader)
```

Die *ReadFile* Methode bekommt die gleichen Parameter wie die Schreibmethode. Der Unterschied ist, dass durch die asynchrone Kommunikation die Lesemethode nicht die Anzahl der gelesenen Bytes speichert, weil diese verfälscht sein könnten. Wird der Lesezugriff fehlerhaft ausgeführt, wird der Benutzer benachrichtigt, ansonsten werden die Methoden *WaitForSingleObject* und *GetOverlappedResult* aufgerufen. Die *WaitForSingleObject* Methode bekommt als Ablaufzeit einen vordefinierten Wert von 500 Millisekunden <sup>2</sup>. Die Methode *GetOverlappedResult* bekommt die gleichen Parameter wie im Schreibzugriff. Siehe vorheriges Unterkapitel 5.5.1.

Um zu ermitteln ob der Lesevorgang erfolgreich abgeschlossen worden ist, müssen die Anzahl der gelesenen Bytes mit der Anzahl der zu lesenden Bytes verglichen werden. Da die Lesemethode mehrmals aufgerufen wird, wird bei jedem Vorgang nicht die ganze Anzahl an Bytes gelesen, sondern nur ein Teil. Die gelesenen Bytes müssen in einem Puffer gespeichert werden, ohne die schon gelesenen Bytes zu überschreiben. Um dieses Problem zu lösen, wird ein Zeiger deklariert, der auf den Anfang des Puffers im ersten Lesezugriff zeigt. Mit Hilfe der Zeigerarithmetik, wird der Zeiger immer um die gelesene Anzahl von Bytes addiert. Um zu ermitteln wann alle Bytes gelesen worden sind, wird in einer Variablen die Anzahl an gelesenen Bytes subtrahiert. Wenn diese Variable gleich Null ist, dann wurden alle Bytes gelesen und der Lesevorgang wird erfolgreich abgebrochen. Um einen Fehler im Lesevorgang zu erkennen, darf eine Leseoperation maximal fünf mal in ein time-out geraten, ansonsten wird der Vorgang abgebrochen und der Benutzer wird benachrichtigt.

---

<sup>2</sup>[Mic13]

---

## 5.6 Klasse TestManager

Die Klasse *TestManager* bereitet die Testeinstellungen und die Testlogistik vor. In der Klasse werden die letzten Übertragungsparameter überprüft, besonders für den Wobbelntest und verschiedene Variablen auf seine Standardeinstellung gesetzt, damit der Testvorgang fehlerfrei beginnen kann.

### 5.6.1 Aufbau

Die Klasse besteht aus vier Methoden, wovon drei die Klasse *FixedTest* (Kapitel 5.7) aufrufen und die Test beginnen. Die anderen Methode bereiten die Eigenschaften der Klasse *TestManager* vor um die drei anderen Methoden aufzurufen. Die Methode *startManager* erzeugt ein Objekt der Klasse *Logger* (Kapitel 5.11) wenn die Log-Option gesetzt ist. Danach werden die lokalen Variablen auf ihre Standardwerte gesetzt und je nach Testeinstellung wird die richtige Testmethode aufgerufen. Es gibt drei Testmodi (Fixed, Wobble und Automatic) und jeder Testmodi hat verschiedene Testeinstellungen. Im Fall von *Fixed*, werden alle möglichen Test und Porteinstellungen berücksichtigt. Im *Wobble* Test wird zwischen einer Unter- und Obergrenze der Baudrate und bzw. oder der Parität gewobbel. Der *Automatic* Test ist ein vordefinierter Testfall. Hier muss der Benutzer nur den zu testenden COM Port auswählen und die gewünschte Transfermöglichkeit einstellen.

Im Fall von einem *Fixed* Test, wird in der Methode *startManager* die Methode *startFixedTest* aufgerufen. In der Methode *startFixedTest* wird als erstes ein Objekt der Klasse *FixedTest* erzeugt mit der aktuellen Teststruktur als Übergabeparameter. Ein Schleifenzähler wird initialisiert, dieser repräsentiert den *Repeater* der GUI oder Konfigurationsdatei. Wenn die Log-Option gesetzt ist, wird die Testeinstellungen in einer Testkonfigurationsdatei gespeichert. Als nächstes wird in einer „do-while“ Schleife die Methoden des Objektes *FixedTest* aufgerufen, abhängig von der Transfer-einstellung (Shorted, Double, Master, Slave). Ist der Transfermodus auf *Master* gesetzt, wird drei Sekunden gewartet, damit der Benutzer Zeit hat, das *Slave*-Modul auf einem anderen System zu starten. Die Schleife wird wiederholt so lange der Schleifenzähler nicht seine Grenze erreicht hat oder der Benutzer den Test abbricht (durch drücken der Stoppschaltfläche in der Benutzeroberfläche oder der „ESC“ Taste in der Kommandozeile). Ist die Option „stop on first error“ gesetzt und ein Fehler wurde in der Kommunikation erkannt, so wird auch die Schleife unterbrochen und der jeweilige Errorcode zurückgegeben.

Hat der Benutzer einen *Wobble* Test eingestellt, ist der Ablauf der Testvorbereitungen und der Abbruchkriterien gleich wie in einem *FixedTest*. Der einzige Unterschied zu einem *Fixed* Test ist, dass es zu einer Verschachtelung von Schleifen kommt. In diesem Test wird zwischen einer minimalen und maximalen Baudrate gewobbel. Dafür werden alle Standard einstellbaren Baudraten zwischen den Grenzen betrachten. Möchte der Benutzer durch die drei verschiedene Paritätseinstellungen (gerade, ungerade oder keine Parität) wobbeln, gibt es eine zweite Schleife, in der diese Eigenschaft wechselnd eingestellt wird. So werden im längsten Testfall für eine Baudrate, die drei verschiedenen Paritätseinstellungen eingestellt und für jede Paritätseinstellung der Test so oft wiederholt, wie im *Repeater* angegeben ist.

Der *Automatic* Test besitzt eine vordefinierte Testeinstellung. Für den angegebene COM Port wird eine feste Testkonfiguration gesetzt und diese so lange wiederholt, bis der Benutzer mit einem Abbruchkriterium den Test beendet. Für weitere Informationen über die Testeinstellungen und Testeigenschaften siehe bitte Kapitel 7.

---

## 5.7 Klasse FixedTest

Die Klasse *FixedTest* ist die Klasse, die die Kommunikation zwischen einem oder zwei COM Ports organisiert. Alle Testeinstellungen und organisatorisches wurde schon defaultmäßig eingestellt. Die Klasse besitzt Objekte der Klassen *PortCommunications* und *Com*, um die COM Ports zu verwalten und zwischen den einzelnen Ports zu kommunizieren.

### 5.7.1 Ablauf eines Tests

Für einen Test muss zuerst die ausgewählte Schnittstelle mit den ausgewählten Einstellungen eingestellt werden, unabhängig vom Testfall. Die *Master* und *Slave* Tests sind komplexer als ein *Shorted* oder *Double* Test. Als erstes muss der ausgewählte Port geöffnet werden und die Port Eigenschaften geladen werden. Mit dem Aufruf der Methode *setPortSettings* werden die angegebenen Schnittstelleneinstellungen für den Test eingestellt. Im Fall von einem *Shorted* Test muss nur eine Schnittstelle initialisiert werden. Handelt es sich um einen *Double* Test müssen die ausgewählten Ports mit den gleichen Parametern initialisiert werden.

Ist dieser Schritt erfolgreich abgeschlossen worden, dann kann der Informationsaustausch beginnen. In einem *Shorted* Test sendet und empfängt die gleiche Schnittstelle die Information. Diese wird verglichen um Fehler bei der Übertragung zu ermitteln. Ist es ein *Double* Test, gibt es getrennte Sender und Empfänger. Da aber beide Schnittstellen sich im gleichen System befinden, kann die gesendete und die empfangene Information auch verglichen werden. Das Ergebnis des Vergleichs wird in einen Vektor geschrieben, der am Ende der Übertragung als Ergebnis ausgegeben wird. Wird die Option „stop on first error“ gesetzt und Unterschied beim Vergleich erkannt, erfolgt ein Abbruch des Testvorgangs. Wenn das Ende der Übertragungsinformation (eine Zeile, eine Datei oder der vordefinierte Text) erreicht wird, werden die geöffneten Schnittstellen geschlossen und das Testergebnis dem Benutzer gemeldet. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, wie es im *Repeater* angegeben worden ist.

Zuständig für die Kommunikation einer Schnittstelle ist die Klasse *PortCommunications* (siehe Kapitel 5.5, für den Zugriff auf die Lese- und Schreibmethoden gibt es jeweils eine „Wrapper“ Methode, die unter Master und Slave Schnittstellen unterscheidet. So bleibt die Testlogik getrennt von der Kommunikationslogik.

### 5.7.2 Master und Slave

Das Grundgerüst für ein *Master* und *Slave* Testvorgang ähnelt einem *Shorted* Test. Der wesentliche Unterschied liegt an dem Problem, dass beide Schnittstellen sich nicht kennen und diese synchronisiert werden müssen. Als erstes werden beide Schnittstellen für einen Test vorbereitet, das heißt die COM Ports werden geöffnet, aber anstatt die Porteigenschaften auf die Testeinstellungen zu setzen, werden hier die Default-Einstellungen benutzt. Der Slave kennt die Testkonfiguration nicht, er kennt nur wie oft ein Test wiederholt wird und welchen Transfermodus er hat.

---



Der Slave liest die ankommende Information und schickt ein „ACK“ zurück. Danach wird die Information auf valide Werte überprüft und die Einstellungen werden gespeichert. In diesem Moment sind beide Schnittstellen synchron und bereit den Testvorgang mit den gewünschten Testeinstellungen zu starten. In beiden Schnittstellen werden die gewünschten Einstellungen gesetzt, und die Schnittstellen versuchen sich erneut zu synchronisieren. Ist die Synchronisation erfolgreich, schickt der Master erneut eine Kopfzeile an den Slave und danach den Übertragungstext. Der Slave antwortet auf die Kopfzeile beim erfolgreichen Empfangen mit einem „ACK“ und beim Empfang vom Übertragungstext wird dieser zurück geschickt. Nachdem der Master den Übertragungstext versendet, wartet er auf die Antwort des Slaves in Form vom versendeten Text. Der Master liest den empfangenen Text aus seinem Puffer und vergleicht es mit dem versendeten Text. Werden keine Fehler festgestellt, wird der Vorgang wiederholt bis das Ende der Übertragung erreicht ist.

---



## 5.8 Klasse IniFileHandler

Die Klasse *IniFileHandler* behandelt das Lesen und Speichern von Testeinstellungen in einer Datei, einer so genannten Testkonfigurationsdatei. Das Format dieser Datei basiert auf der von Windows vorgegebenen Initialisierungsdateien (.ini, INI-Datei). Mit Hilfe der Methoden *WritePrivateProfileString*<sup>3</sup> und *GetPrivateProfileString*<sup>4</sup> können jeweils die Testparameter geschrieben und gelesen werden. Das Format einer INI-Datei ist folgendermaßen aufgebaut:

```
[Sektion]
;Kommentar
Variable=Wert
```

In Kapitel 7 werde genauer die Parameter und die Werte für eine Datei erläutert. Die Klasse ist in drei Arten von Methoden getrennt, diese sind Lese-, Schreib- und Übersetzermethoden.

### 5.8.1 Übersetzer

Die Übersetzermethoden bekommen einen Parameter, der entweder geschrieben oder im Programm gespeichert wird. In beiden Fällen muss der Parameter auf Gültigkeit geprüft werden. Wird der Parameter in einer INI-Datei geschrieben, muss er in manchen Fällen, wie zum Beispiel bei der Baudrate, zuerst von einer Zahl auf einen String umgewandelt werden. Wird die Baudrate gelesen, muss dieser String auf eine Zahl umgewandelt werden und geprüft werden, ob der gelesene/umgewandelte Wert ein gültiger Wert ist. Dieser Vorgang gilt für alle anderen Parameter auch.

### 5.8.2 Schreiben

Durch den Aufruf der Methode *WritePrivateProfileString* mit folgenden Parameter wird die Baudrate in eine Datei gespeichert:

```
1 WritePrivateProfileString(ComPort, "Baudrate", "9600", Dateipfad);
```

Die Variable *Dateipfad* spezifiziert die Zielfile in der die Schlüssel/Variable *Baudrate* geschrieben werden soll. Der Wert für den Eintrag ist *9600*. Der Eingabeparameter *ComPort* ist die Bezeichnung für einen COM Port und gibt an in welcher Sektion die Variable *Baudrate* geschrieben werden soll. Der Eintrag für den Aufruf dieser Methode lautet:

```
[COM2]
;Das ist die Baudrate
Baudrate=9600
```

Auf diese Weise werden alle Testeigenschaften in einer INI-Datei gespeichert. Durch die Trennung von Sektionen werden die Parameter für verschiedene COM Ports bei einem neuen Eintrag nicht überschrieben.

<sup>3</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms725501\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms725501(v=vs.85).aspx); 22.09.2013

<sup>4</sup>[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms724353\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms724353(v=vs.85).aspx); 22.09.2013

### 5.8.3 Lesen

Will der Benutzer Werte, beziehungsweise die Baudrate, aus einer INI-Datei lesen, muss er die Methode *GetPrivateProfileString* mit folgenden Parametern aufrufen:

```
1  GetPrivateProfileString(ComPort, "Baudrate", NULL,  
2                          Puffer, GrößeDesPuffers, Dateipfad);
```

Die bekannten Parameter sind die gleichen wie bei der Schreibmethode. *Puffer* ist eine Variable, in der der gelesene Wert geschrieben wird und *GrößeDesPuffers* gibt die Größe des Puffers an. So wird der String *9600* in die Variable *Puffer* geschrieben. Durch Aufruf der entsprechenden Übersetzermethode, wird die gelesene Baudrate in eine Zahl umgewandelt und im Programm gespeichert.

---

## 5.9 Klasse Tools

Die Klasse *Tools* ist eine Sammlung von verschiedenen Hilfsmethoden, die in den anderen Klassen aufgerufen werden.

### 5.9.1 String Methoden

In den anderen Klassen ist es immer wieder nötig Variablen in Strings umzuwandeln. Die Methode *convertToString* konvertiert ganze Zahlen, Multibyte Zeichenketten und Zeiger auf Zeichenketten zu einem String. Der Eingabeparameter der Funktion wird in einen *stringstream* geschrieben und dieser Stream wird als String zurückgegeben.

Eine weitere Methode heißt *printTime*, diese Methode fragt die Uhrzeit im System ab und schreibt diese in einen String, der zurück gegeben wird. Die Methode *delSpaces* löscht alle Leerzeichen in das an die Methode übergebene String.

```
1 s.erase(remove_if(s.begin(), s.end(), isspace), s.end());
```

Der Löschvorgang wird mit Hilfe von der String-Klassenmethode *erase* und der *Template Class remove\_if* durchgeführt. Die Anfang- und Enditeratoren des Strings werden an die *Templa Class* gegeben somit wird das Zeichen markiert welches gelöscht werden soll. Die Zeichen sind alle Leerzeichenmöglichkeiten (Tabs, CarriageReturn, NewLine, etc.) zu verstehen, diese werden durch die Funktion *isspace* abgefragt und von der *erase* Methode gelöscht.

Die letzte Methode teilt die durch Leerzeichen übergebene Zeichenkette in einzelnen Strings und schreibt diese in einen Vektor vom Typ String. Diese Methode wird angewendet um die, über die Kommandozeile eingegebenen Parameter zu erkennen und einzeln auswerten zu können. Die letzte Stringmethode wird für den Übertragungstext benutzt. Wenn ein Übertragungstext so genannte Fluchtzeichen beinhalten soll, werden diese als Hexadezimalwerte eingegeben und in dieser Methode durch ein Zeichen ersetzt.

### 5.9.2 Weitere Methoden

Eine andere Art von Methoden in dieser Klasse ist die *printErrorVector* Methode. Diese Methode gibt die Ergebnisse der Tests aus, jeweils über die GUI als Fenster oder in der Logdatei. Die Methode *errorCodeParser* bekommt als Eingabeparameter ein Exitcode eines Funktionsaufrufes und gibt die Erklärung dieses Exitcodes als String zurück. Die *wait* Methode bekommt eine Zahl als Eingabeparameter. Diese Zahl dient als Multiplikator mit dem die Zehn Millisekunden multipliziert werden, das Ergebnis ist die zu wartende Zeit. Die Methode wird bei der Synchronisierung von einem Master und einen Slave benutzt. Die letzte Methode in der Klasse *Tools* zeigt dem Benutzer einen Hilfetext an, wenn falsche Eingabeparameter in der Kommandozeile eingegeben worden sind.

---

## 5.10 Klasse TransferFileHandler

Die Klasse *TransferFileHandler* behandelt die Dateien die in einer Übertragung gesendet werden sollen. Die Klasse öffnet, liest und schließt die Datei.

### 5.10.1 Aufbau

Die Klasse öffnet mittels der Methode *openFile* eine Datei die als Eingabeparameter angegeben worden ist. Eine Variable vom Typ *ifstream* (input file stream) wird deklariert. Durch die Methode *open* wird der Pfad der Datei angegeben und die Methode versucht diese Datei zu öffnen. Falls die Datei nicht geöffnet werden konnte, wird der Benutzer benachrichtigt. Ist die Datei erfolgreich geöffnet worden, wird jede Zeile in der Datei bis zum Ende gelesen und in einem Vektor gespeichert. Danach wird die Datei geschlossen.

## 5.11 Klasse Logger

Die Klasse *Logger* erzeugt auf Wunsch des Benutzers eine Logdatei, worin alle Testereignisse geschrieben werden. Wird ein Objekt von der Klasse *Logger* erzeugt, wird als erstes eine Datei im „%temp%“ Ordner angelegt und der Puffer des Objekts *clog* (output stream) auf die Logdatei umgeleitet. Ein Beispiel einer Logdatei, bitte siehe Anhang A.6.

## 5.12 Header Constants

In die Headerdatei *Constants* werden alle Konstanten für das Programm deklariert. Unter anderem sind hier die Werte für:

- Programmversion
- ID der GUI-Elemente
- Errorcodes
- Baudraten
- TestStruct (siehe 5.3)

deklariert.

---

# Kapitel 6

## Testbeschreibung

Als letzter Schritt für die Beendigung der Entwicklung des Testprogrammes müssen Tests für die Funktionseinheiten und die Benutzerschnittstelle durchgeführt werden.

### 6.1 Benutzerschnittstelle

In den Tests für die Benutzerschnittstellen müssen alle Parameter getestet werden, in die der Benutzer einen Fehler eingeben kann. Im Testprogramm gibt es einen Abschnitt, wo alle Parameter überprüft werden. Folgende Testfälle (siehe Tabelle) müssen von diesem Programmabschnitt abgefangen werden und dem Benutzer gemeldet werden, welche Eingaben fehlerhaft waren. Diese Fehleingaben werden mit einer passenden Fehlermeldung dem Benutzer ausgegeben. Folgende Teststrategien werden ausgeübt:

- Positivtest:** erwartete Eingabe für den jeweiligen Parameter (bei einer Zahl wird ein gültiger numerischer Wert eingegeben)
- Negativtest:** unerwartete Eingabe für den jeweiligen Parameter (bei einer Zahl wird ein Text eingegeben)
- Grenzwertest:** gültige und ungültige Grenzwerte

Für die Dokumentation der Tests werden die Positivtests nicht berücksichtigt.

#### 6.1.1 INI-Datei

In einer INI-Datei müssen alle gelesenen Parameter auf plausible Werte überprüft werden. Eine Liste mit den Bedeutungen der Errorcodes ist im Anhang A.8 nachzuschlagen.

Testfall	Fehler	Kommentar	Errorcode
COM0	falscher COM Port	kein gültiger Wert, Datei wird als Leer interpretiert	-12
COM1	falscher COM Port	nicht im System vorhanden	-6
COM256	falscher COM Port	nicht im System vorhanden	-6
COM257	falscher COM Port	kein gültiger Wert, Datei wird als Leer interpretiert	-12
baudrate=Min-Max	falscher Parameter	MIN-MAX	-17
baudrate=-MAX	unvollständiger Parameter	fehlt eine minimale Baudrate	-17

Testfall	Fehler	Kommentar	Errorcode
baudrate=MIN-	unvollständiger Parameter	fehlt eine maximale Baudrate	-17
baudrate=-9600-115200	negative Baudrate	ungültige Eingabe wird nicht interpretiert	-15
parity=Min-Max	falscher Parameter	MIN-MAX	-9
parity=1	falscher Parameter	nur Text	-9
parity=ODD	falscher Parameter	odd, even, none	-9
databits=6	falscher Parameter	7, 8	-9
databits=9	falscher Parameter	7, 8	-9
databits=text	falscher Parameter	nur Zahlen	-9
protocol=0	nur Text	none, hardware, XON/XOFF	-9
protocol=NONE	falscher Parameter	none, hardware, XON/XOFF	-9
stopbits=text	nur Zahlen	1, 2	-9
stopbits=0	falscher Parameter	1, 2	-9
stopbits=3	falscher Parameter	1, 2	-9
transfertextmode=sometext	falscher Parameter	default, text, file	-9
transfertextmode=default transfertext=teststring	unnötiger Parameter	wird nicht betrachtet	0
transfertextmode=file transfertext	nicht definiert	Dateipfad muss angegeben werden	-9
transfertext=	leerer Parameter	Parameter muss angegeben werden	-9
transfertext=C:\	ungültiger Dateipfad	gültiger Pfad muss angegeben werden	-13
transfertextmode=text transfertext	nicht definiert	Übertragungstext muss angegeben werden	-9
transfertext=	leerer Parameter	Parameter muss angegeben werden	-9
logger=keine	falscher Parameter	true, false	-9
logger=123	falscher Parameter	true, false	-9
stoponfirsterror=nein	falscher Parameter	true, false	-9
stoponfirsterror=321	falscher Parameter	true, false	-9
repeater=-1	falscher Parameter	nur Zahlen $\geq 0$	-9
repeater=text	falscher Parameter	nur Zahlen $\geq 0$	-9

Bei einer Testdatei mit mehreren Sektionen, werden zuerst alle Eingaben gelesen und geprüft. Wird ein Fehler gefunden, wird dieser dem Benutzer gemeldet. Sind ungültige Sektionen wie [COM0] oder [COM257] in der Testdatei eingetragen, werden diese vom Testprogramm nicht betrachtet. Alle anderen gültigen Eingaben werden geprüft und getestet.

### 6.1.2 Kommandozeile

In der Kommandozeile kann der Benutzer eine vollständige Testdatei angeben oder eine Testdatei wo die Sektion als [COM] definiert ist, plus die Angabe welcher Port getestet werden soll.

*SerialPortTester.exe C:\Testdateien\Testdatei1.ini*

*SerialPortTester.exe C:\Testdateien\Testdatei2.ini /COM1*

Testfall	Fehler	Kommentar	Errorcode
C:\Testdateien	falscher Dateipfad	Dateipfad gibt keine Datei an	-12
C:\Testdateien\Datei	falscher Dateipfad	Dateipfad gibt keine gültige Testdatei an	-12
C:\Testdatei.ini /com1	falscher COM Port	Portbezeichnung ungültig, muss COM1 sein	-1
C:\Testdatei.ini /COM0	falscher COM Port	Portname ungültig	-1
C:\Testdatei.ini COM1	falscher Parameter	Parameter muss mit / beginnen	-1
C:\Testdatei.ini /COM1 /COM2	falscher Parameter	zu viele Parameter	-1
/COM0	falscher Parameter	Dateipfad fehlt	-1

### 6.1.3 Benutzeroberfläche

In der Benutzeroberfläche werden nur gültige Parameter angeboten, außer die Baudraten, der Wiederholungszähler (Repeater), die Übertragungsdatei und der Übertragungstext. Die Baudraten werden für jeden COM Port vom System abgefragt. Durch die Tests wurde festgestellt, dass manche Baudraten angeboten werden, die nicht wirklich unterstützt werden. Der Benutzer kann im Fehlerfall, mit Hilfe der Kommandozeile und den Befehl *mode* sicherstellen, dass die Baudrate tatsächlich nicht unterstützt wird. Bei den anderen Parametern werden Fehler erkannt, da die Überprüfung für die GUI oder Testdatei die gleiche ist.

## 6.2 Funktionseinheiten

Die Funktionstests basieren auf den Funktionen des Testprogrammes. Die verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten werden getestet. Durch die Ausführlichkeit des Tests werden nur die durchgefallenen Tests erläutert. Laut den Testergebnissen gibt es keine Einschränkungen in den Testmodi (Automatic, Wobble und Fixed) und in den Transfermodi *Shorted* und *Double*. Wird der Transfermodus *Master-Slave* in einem System getestet, wurden keine Probleme erkannt. Wird die gleiche Einstellung in zwei verschiedenen Systemen ausgeführt, kommt es öfters zu Synchronisierungsproblemen nach dem ersten Testschritt<sup>1</sup>. Wenn beide Schnittstellen im ersten Testschritt sich erfolgreich synchronisieren und den ersten Testschritt erfolgreich abschließen, müssen sich für einen neuen Testschritt nochmal synchronisieren. Bei diesen Vorgang kommt es zu einem Fehler und beide Schnittstellen erkennen sich nicht.

---

<sup>1</sup>Unter Testschritt ist zu verstehen, dass ein Test aus mehreren Schritten besteht. Für jede mögliche Testkonfiguration wird ein Testschritt definiert. Wird für ein *Fixed-Shorted* Test der Wiederholungszähler auf Zehn gesetzt, besteht dieser Test aus Zehn Testschritten

---

# Kapitel 7

## Bedienungsanleitung

Das Testprogramm kann über die Kommandozeile oder direkt über die Benutzeroberfläche bedient werden. Je nach Testmodus muss der Benutzer folgende Parameter angeben, um erfolgreich einen Test zu starten:

In beiden Fällen je nach Testmodus,

<b>Parameter</b>	<b>GUI Element</b>
COM Port	: Main Port
Baudrate	: Baud rate
Test Modus	: Test Mode
Übertragungsmodus	: Transfer
Slave Port	: Slave Port
Maximale Baudrate	: MAX baud rate
Parität	: Parity
Übertragungsprotokoll	: Protocol
Stopbits	: Stopbits
Datenbits	: Databits
Übertragungsdatei	: Load file to be transfered
Übertragungstext	: Send text
Logger	: Logger
Wiederholungszähler	: Repeater
Beim ersten Fehler anhalten	: Stop on 1. error
Start	: Start
Schließen	: Close
Speichern	: Save
Testdatei laden	: Load test file
Hilfe	: Help
Stop	: Stop

Eine vollständige Liste der Errorcodes, die das Programm erzeugen kann, ist im Anhang A.8.

### 7.1 Bedienung über die GUI

Mit der GUI kann der Benutzer einen Test starten, mit einer Eingabe von Parametern oder durch das Laden einer Testdatei. Der Benutzer kann auch eine Testdatei erstellen, in dem er die Parameter in der GUI einstellt und diese speichert.

---



## 7.2 Bedienung über die Kommandozeile

Über die Kommandozeile kann der Benutzer eine Testdatei und den zu testende Port angeben. Wenn keine Parameter angegeben worden sind, wird die GUI gestartet. Um eine Testdatei zu laden muss folgender Programmaufruf erfolgen:

*SerialPortTester.exe Dateipfad\Testdatei.ini*

Um einen speziellen Port zu testen, muss dieser Port noch dazu angegeben werden. Bitte beachten, dass die Testdatei nur die Konfiguration für einen Port haben darf, die „Sektion“ muss „[COM]“ heißen. Um den COM Port COMx zu testen, muss der Programmaufruf folgendermaßen gestaltet sein:

*SerialPortTester.exe Dateipfad\Testdatei.ini /COM1*

Um den Testvorgang zu stoppen, kann der Benutzer die ESC-Taste drücken. Es kann zu einer Verzögerung beim Beenden des Programmes kommen (besonderes bei niedrigen Baudraten oder langen Übertragungstexten), da die angefangene Übertragung nicht unterbrochen wird.

## 7.3 Testmodus

### 7.3.1 Automatic

Der Automatic Test ist ein vordefinierter Testfall. Für diesen Test muss der Benutzer nur den Übertragungsmodus und den zu testenden Port angeben. Der Test wird immer mit folgenden Parametern gestartet.

Parameter	Wert
Main Port	: Vom Benutzer wählbar
Baud rate	: 9600
Test Mode	: Automatic
Transfer	: Vom Benutzer wählbar
Slave Port	: Wenn nötig, vom Benutzer wählbar
Parity	: Odd
Protocol	: Hardware
Stopbits	: 1
Databits	: 8
Send text	: Default, fest kodiert
Logger	: Ja
Repeater	: Unendlich

Der Test wird so lange wiederholt bis der Benutzer den Test stoppt oder wenn die Eigenschaft *stop on first error* gesetzt ist und ein Fehler erkannt wird.

### 7.3.2 Wobble

In einem Wobble Test kann der Benutzer alle Parameter einstellen. Die wichtigsten Parametern sind die minimale und maximale Baudrate. Diese Werte geben die Unter- und Obergrenze der Baudraten an. Alle Standard einstellbaren Baudraten werden für einen Test eingestellt. Es ist

---

möglich zwischen drei verschiedenen Paritätseinstellungen (ungeraden, gerade und keine Parität) zu wobbeln. Diese Option ist nur über eine Testdatei einstellbar.

### 7.3.3 Fixed

Im Fixed Test muss der Benutzer alle Parameter einstellen. In diesem Testverlauf werden sich die Parameter nicht ändern und der gleiche Test wird so oft wiederholt wie in der Option „Repeater“.

## 7.4 Übertragungsmodus

Jeder Testmodus kann in vier Übertragungsmodus eingestellt werden, die den Testablauf bestimmen. Die Einstellungen für einen Übertragungsmodus sind abhängig von dem eingestellten Testmodus.

### 7.4.1 Shorted

Im Shorted Modus muss an der angegebenen Schnittstelle ein Kurzschlussstecker angeschlossen werden. Hier ist der Port, Master und Slave gleichseitig. Der Port schickt und empfängt die Daten sofort.

### 7.4.2 Double

Hier werden zwei COM Ports in einem System getestet. Mittels eines Null-Modem-Kabel wird Port1 an Port2 angeschlossen. Port1 sendet die Übertragungsinformation und Port2 empfängt diese.

### 7.4.3 Master

Der Master Modus verlangt zwei verschiedene Systeme. Im System1 schickt der Master Daten und wartet auf eine Antwort. Der Master kennt seinen Slave nicht. System1 und System2 werden durch ein Null-Modem-Kabel verbunden. Der Master macht die Fehlerauswertung, so lange keine Lese- oder Schreibfehler im Slave geschehen sind.

### 7.4.4 Slave

Der Slave im System2 wartet auf den Eingang der Daten von System1. Der Slave kennt sein Master nicht, er empfängt Daten und schickt die gleichen Daten zurück, damit der Master die Fehlerauswertung durchführen kann. Im Slave Modus müssen nur folgende Parameter eingestellt werden:

- COM Port
  - Bei einem „Double“ Test die minimale und maximale Baudrate
  - Logger
  - Repeater (gleicher Wert wie der Master)
-

- Textübertragungsmodus
- Übertragungstext oder Übertragungsdatei

## 7.5 Schnittstelleneigenschaften

**Baudrate** Die Baudrate mit der getestet werden soll

**Parity** Hier kann der Benutzer zwischen gerade, ungerade oder keine Parität auswählen

**Protocol** Der Benutzer ist in der Lage das Übertragungsprotokoll zu bestimmen. Zur Auswahl steht Xon/Xoff, Hardware oder kein Protokoll

**Stopbits** Mit diesem Parameter werden die Stopbits eingestellt, entweder 1 oder 2 Stopbits

**Databits** Hier wird bestimmt, wie viele Bits ein Zeichen hat, 7 oder 8 Bits pro Zeichen

## 7.6 Sendedaten

Durch klicken der Schaltfläche „Load file to send“ kann der Benutzer eine Datei auswählen, diese wird dann beim Testen geöffnet und Zeilenweise verschickt. Ist eine Zeile in der Übertragungsdatei länger als 100 Zeichen, werden nur die ersten 100 Zeichen betrachtet. Möchte der Benutzer einen spezifischen Text senden, muss er diesen unter „Send text“ eingeben und „Load text to send“ klicken. In einer Testdatei darf der Übertragungstext nicht länger als 100 Zeichen lang sein. Wenn keiner dieser beiden Möglichkeiten benutzt wird, wird ein im Programm fest kodierter Text übertragen.

## 7.7 Logger

Wenn die Checkbox ausgewählt ist, wird eine Textdatei im „%temp%“ Verzeichnis angelegt und alle Meldungen werden dort mitgeloggt. Die Datei hat immer den Namen des Ports, der getestet wird. Bei schreibgeschützten Medien, wie im Fall von Windows PE, darf diese Option nicht gewählt werden.

## 7.8 Wiederholungszähler

Der Wiederholzähler gibt an, wie oft ein Testschritt wiederholt werden soll. Unter Testschritt ist zu verstehen, jeder Schreibe- und Lesevorgang mit verschiedenen einstellbaren Parametern.

## 7.9 Beim ersten Fehler anhalten

Diese Option gilt für die Fehlersuche. Wenn diese Option gesetzt ist, hält das Testprogramm beim ersten erkannten Fehler an. So kann der Tester nach Fehler suchen. Wenn diese Option nicht

---

gesetzt ist, werden die Fehler am Ende des Testvorgangs gemeldet oder geloggt. So kann eine Fehlerstatistik erzeugt werden.

## 7.10 Buttons

**Start** Beginnt einen Test mit den eingegeben Parametern

**Close** Beendet das Test Tool

**Save** Speichert die ausgewählten Einstellungen in einer Testdatei

**Load test file** Lädt eine vom Benutzer ausgewählte Testdatei

**Help** Zeigt die Hilfe zum Programm

**Stop** Stoppt den Testvorgang. Es kann zu einer Verzögerung beim Beenden des Programmes kommen (besonderes bei niedrigen Baudraten oder langen Übertragungstexte), da die angefangene Übertragung nicht unterbrochen wird

## 7.11 Testdatei

In einer Testdatei wird die Testkonfiguration gespeichert. Eine Testdatei kann manuell oder mit Hilfe der GUI erzeugt werden. Die Testdatei ist wie eine Datei aus der Registrierungsdatenbank (Windows Registry) aufgebaut. In „[ ]“ wird der Port angegeben und darunter die jeweilige Testparameter. Für ein Beispiel siehe bitte Anhang A.7.

## 7.12 Einstellbare Werte

Die Einstellparameter können folgende Werte in der GUI oder Testdatei zugewiesen bekommen:

**Main/Master und Slave Port** im System vorhandene COM Ports. Diese werden für den Benutzer in der GUI aufgelistet.

**Baudrate** Für den ausgewählten COM Port einstellbare Baudraten

**Test Mode** automatic, wobble, fixed

**Transfer Mode** shorted, double, master, slave

**Parity** none, odd, even

---

**Protocol** XON/XOFF, hardware, none

**Stopbits** 1, 2

**Databits** 7, 8

**File to send** Pfad zu einer Testdatei. Wenn eine Zeile länger als 100 Zeichen ist, werden nur die ersten 100 Zeichen übertragen

**Text to send** Vom Benutzer auswählbarer String der übertragen wird. Wenn eine Zeile länger als 100 Zeichen ist, werden nur die ersten 100 Zeichen übertragen

**Logger** Gibt an ob eine Log-Datei angelegt wird oder keine

**Repeater** Anzahl der Testwiederholungen

### 7.13 Einfaches Beispiel

Ein Benutzer will zum Beispiel den Port COM1 testen. Dieser soll an den COM2 Port die Wörter „Hallo Welt“ schicken. Als Baudrate ist 9600 vorgegeben, mit einer geraden Parität, Xon/Xoff Protokoll, sieben Datenbits und zwei Stopbits. Der Test soll fünfmal wiederholt werden und eine Log-Datei soll geschrieben werden.

Als erstes muss der Benutzer unter *Main Port* „COM1“ auswählen. Danach werden die möglichen Baudraten in *Baud rate* aufgelistet. Dort muss der Benutzer 9600 wählen. Da nur eine bestimmte Konfiguration gegeben ist, ohne Variablen, wird auf „Fixed“ unter *Test Mode* geklickt und als Übertragungsmodus „Double“ ausgewählt. Unter *Parity* wird „Even“, *Protocol* wird „XON/XOFF“, *Stopbits* wird „2“ und *Databits* wird „7“ ausgewählt.

---

The screenshot shows the Serial Port Tester GUI with the following settings:

- Main Port:** COM1
- Baud rate:** 9600
- Slave Port for Double Test:** COM2
- MAX baud rate:** (empty)
- Test Mode:** Fixed
- Transfer:** Double
- Parity:** Even
- Protocol:** XON/XOFF
- Stopbits:** 2
- Databits:** 7
- Load file to be transferred:** (empty)
- Text to send:** (empty)
- Logger:** checked
- Repeater:** 1
- Stop on 1. Error:** unchecked

Buttons at the bottom: Start, Close, Save, Load test file, Help, Stop.

Abbildung 7.1: Beispiel der Testeinstellungen

Unter *Send text* soll der Benutzer „Hallo Welt“ schreiben. Will der Benutzer Escape-Sequenzen schicken, müssen diese als Hexadezimal Werte angegeben werden (zum Beispiel \0a oder \0d). Danach wird auf *Load text to send* geklickt. Ein Pop-Up Fenster meldet, dass der Text geladen worden ist. Damit der Test fünfmal wiederholt wird, muss im *Repeater* eine fünf anstatt der eins eingetragen werden. Danach ist die GUI konfiguriert und der Benutzer kann auf *Start* klicken.

The screenshot shows the Serial Port Tester GUI with the following settings:

- Main Port:** COM1
- Baud rate:** 9600
- Slave Port for Double Test:** COM2
- MAX baud rate:** (empty)
- Test Mode:** Fixed
- Transfer:** Double
- Parity:** Even
- Protocol:** XON/XOFF
- Stopbits:** 2
- Databits:** 7
- Load file to be transferred:** (empty)
- Text to send:** Hallo Welt
- Logger:** checked
- Repeater:** 5
- Stop on 1. Error:** unchecked

A pop-up window titled "Serial Port Tester version ..." is displayed in the center, showing "Text loaded" and an "OK" button.

Buttons at the bottom: Start, Close, Save, Load test file, Help, Stop.

Abbildung 7.2: Beispiel laden eines Textes

Durch ein Pop-Up Fenster wird dem Benutzer gemeldet, wenn der Test abgeschlossen ist. Um eine Evaluation des Tests machen zu können muss die Log-Datei ausgewertet werden.

## Kapitel 8

# Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Verwendung der Windows API konnte ich meine Kenntnisse und das Verständnis für das Windows Betriebssystem erweitern. Leider war es schwer aktuelle Quellen und Literatur für die Entwicklung des Programms „SerialPortTester“ zu finden. Da die Windows API heutzutage kaum noch eine Verwendung findet und der Trend in Richtung des .NET Frameworks geht, kann nur auf die Windows API als Referenz zurückgegriffen werden. Durch das selbständige Entwickeln dieser Bachelorarbeit konnte ich viel Erfahrung in der Planung und Entwicklung eines Projektes sammeln. Ebenso konnte ich meine Programmierkenntnisse erweitern.

Durch die Verkürzung meiner Bearbeitungszeit der Bachelorarbeit konnte ich einen Punkt der Anforderungsliste nicht fertigstellen. Im *Master-Slave* Test (zwei getrennte Systeme) tritt zurzeit noch ein Fehler auf, wenn mehr als eine Wiederholung dieses Testschrittes durchgeführt werden soll. Dabei werden die Schnittstellen im folgenden Testschritt nicht mehr synchronisiert. Ein weiterer Punkt ist eine bessere Lösung hinsichtlich der Wartezeit-Strategie (der Slave muss 3 Sekunden nach dem Start des Mastertest gestartet werden) für die Initialisierung des *Master-Slave* Tests zu entwickeln.

Das Programm könnte in Hinsicht der Einstellungsparameter Stopbits, Datenbits und die Parität erweitert werden. Es gibt noch die Möglichkeit 1.5 Stopbits einzustellen, aber dieses wird nur bei niedrigeren Anzahl als 7 und 8 Datenbits unterstützt. Im Fall von der Parität könnten die Eigenschaften *Markierung* und *Leerzeichen* noch hinzugefügt werden.

---

# Abbildungsverzeichnis

5.1	Design der Benutzeroberfläche . . . . .	27
5.2	Ablauf des Master-Slave Test . . . . .	40
7.1	Beispiel der Testeinstellungen . . . . .	55
7.2	Beispiel laden eines Textes . . . . .	55
A.1	Klassendiagramm . . . . .	71
A.2	Klassendiagramm Teil 1 . . . . .	72
A.3	Klassendiagramm Teil 2 . . . . .	73
A.4	Klassendiagramm Teil 3 . . . . .	74



# Anhang A

## Anhang

### A.1 CD

Inhalt:

- Quellcode
- Quellen
- PDF-Datei dieser Arbeit
- Ausführbare Datei (*SerialPortTester.exe*)

## A.2 Template Class

```

1 // Quelle:
2 // http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/
3
4 template <class DERIVED_TYPE>
5 class BaseWindow
6 {
7 public:
8     //Windows default STATIC message handler
9     static LRESULT CALLBACK WindowProc(HWND hwnd, UINT uMsg,
10                                         WPARAM wParam, LPARAM lParam)
11     {
12         DERIVED_TYPE *pThis = NULL;
13
14         if (uMsg == WM_NCCREATE)
15         {
16             //extract pointer
17             CREATESTRUCT* pCreate = (CREATESTRUCT*)lParam;
18             pThis = (DERIVED_TYPE*)pCreate->lpCreateParams;
19             SetWindowLongPtr(hwnd, GWLP_USERDATA, (LONG_PTR)pThis);
20
21             pThis->m_hwnd = hwnd;
22         }
23         else
24             pThis = (DERIVED_TYPE*)GetWindowLongPtr(hwnd, GWLP_USERDATA);
25
26         if (pThis)
27             return pThis->HandleMessage(uMsg, wParam, lParam);
28         else
29             return DefWindowProc(hwnd, uMsg, wParam, lParam);
30     } //WindowProc
31
32
33 BaseWindow() : m_hwnd(NULL) { }
34
35 BOOL Create(LPCSTR lpWindowName,
36             DWORD dwStyle,
37             DWORD dwExStyle = 0,
38             int x = WINDOW_X,
39             int y = WINDOW_Y,
40             int nWidth = WIN_WIDTH,
41             int nHeight = WIN_HEIGHT,
42             HWND hWndParent = 0,
43             HMENU hMenu = 0)
44     {
45         //Window properties
46         WNDCLASS wc = {0};
47
48         //wc.lpszClassName = L"Serial Port Tester";
49         wc.hbrBackground = GetSysColorBrush(COLOR_3DFACE);
50         wc.hCursor = LoadCursor(0, IDC_ARROW);
51         wc.hIcon = LoadIcon(NULL, IDI_APPLICATION);
52         wc.lpfnWndProc = DERIVED_TYPE::WindowProc;
53         wc.hInstance = GetModuleHandle(NULL);
54         wc.lpszClassName = ClassName();
55

```

---

```
56     RegisterClass(&wc);
57
58     //main window creation and handle
59     m_hwnd = CreateWindowEx(
60         dwExStyle, ClassName(), lpWindowName, dwStyle, x, y,
61         nWidth, nHeight, hWndParent, hMenu, GetModuleHandle(NULL), this);
62
63         return (m_hwnd ? TRUE : FALSE);
64     }//create
65
66     HWND window() const { return m_hwnd;}
67
68 protected:
69
70     virtual LPCSTR  ClassName() const = 0;
71     virtual LRESULT HandleMessage(UINT uMsg,
72                                     WPARAM wParam, LPARAM lParam) = 0;
73
74     HWND m_hwnd;
75 };
```

---

## A.3 HandleMessage

```
1 LRESULT Window::HandleMessage(UINT uMsg, WPARAM wParam, LPARAM lParam)
2 {
3     switch (uMsg)
4     {
5
6     case WM_CREATE:
7         {
8             //Create all GUI Elements
9
10            //example: Start button
11            _hwnd_Start = CreateWindowA("button", "Start",
12            WS_CHILD | WS_VISIBLE,
13            POS_X+20, POS_Y2 + 290, 70, 30, m_hwnd, (HMENU) ID_BT_START,
14            NULL, NULL);
15        }
16        break;
17
18    case WM_COMMAND:
19        {
20            //React to GUI Elements actions
21
22            //example: Start button
23            case ID_BT_START:
24
25                //hide the elements while testing
26                viewAllElements(FALSE);
27
28                //start a new thread
29                _t1 = thread(&Window::sendTestSettings, this);
30
31                //detach the thread so it can test and
32                //main thread waits for it to finish
33                //or waits for the user to press stop
34                _t1.detach();
35            }
36            break;
37
38    case WM_DESTROY:
39        PostQuitMessage(0);
40        break;
41
42    //call the default window procedure for the other messages
43    default:
44        return DefWindowProc(m_hwnd, uMsg, wParam, lParam);
45    }
46    return TRUE;
47 }
```

---

## A.4 Readdata

```

1 bool PortCommunications::readData(char * lpBuf, DWORD dwSize)
2 {
3     int iCounter = 0;
4     int iErr;
5     DWORD dwRead;
6     DWORD dwRes;
7     char ourBuf[100] = {0};
8     int ourCount = dwSize;
9     char *ourPtr = lpBuf;
10
11     BOOL fWaitingOnRead = FALSE;
12     OVERLAPPED osReader = {0};
13
14     // Create the overlapped event. Must be closed before exiting
15     // to avoid a handle leak.
16     osReader.hEvent = CreateEvent(NULL, TRUE, FALSE, NULL);
17
18     if (osReader.hEvent == NULL)
19     {
20         // Error creating overlapped event; abort.
21         clog<<"error_creating_overlapped_event,_abort"<<endl;
22         CloseHandle(osReader.hEvent);
23         return FALSE;
24     }
25
26     while(true)
27     {
28         //if not waiting on read operation, then read
29         if (!fWaitingOnRead)
30         {
31             // Issue read operation.
32             if (!ReadFile(hCom, ourBuf, dwSize, NULL, &osReader))
33             {
34                 //if not true
35                 iErr = GetLastError();
36                 if (iErr != ERROR_IO_PENDING) // read not delayed?
37                 { // Error in communications; report it.
38                     clog << "Error_reading_port._System_Error:_" << iErr << endl;
39                     return FALSE;
40                 }
41                 else
42                 {
43                     clog << "\noperation_not_completed_yet._buffer_->"
44                         << ourBuf << endl;
45                     fWaitingOnRead = TRUE;
46                 }
47             }
48             else
49             {
50                 // read completed immediately
51                 clog << "read_completed_immediately" << endl;
52                 CloseHandle(osReader.hEvent);
53                 return TRUE;
54             }
55         }

```

---

```
56
57
58     if (osReader.hEvent == NULL)
59     {
60         clog << "Unexpected_NULL_object_" << endl;
61         return FALSE;
62     }
63
64     dwRes = WaitForSingleObject(osReader.hEvent, WAIT_FOR_READ_OBJ);
65
66     switch(dwRes)
67     {
68         // Read completed. The state of the specified object is signaled
69         case WAIT_OBJECT_0:
70             if (!GetOverlappedResult(hCom, &osReader, &dwRead, FALSE))
71             {
72                 // Error in communications; report it.
73                 iErr = GetLastError();
74                 clog << "Error_reading_port._System_Error:_" << iErr << endl;
75                 CloseHandle(osReader.hEvent);
76                 return FALSE;
77             }
78
79             clog << "GetOverlappedResult_was_ok" << endl;
80
81             if(dwRead == 0)
82             {
83                 clog << "No_data_available_to_be_read._Buffer_empty" << endl;
84                 CloseHandle(osReader.hEvent);
85                 return FALSE;
86             }
87
88             //reset for next read, this was successful
89             iCounter = 0;
90
91             memcpy(ourPtr, ourBuf, dwRead);
92             ourPtr += dwRead;
93             ourCount -= dwRead;
94
95             if(ourCount <= 0)
96             {
97                 clog << "read_operation_completed" << endl;
98                 CloseHandle(osReader.hEvent);
99                 return TRUE;
100             }
101
102             // Reset flag so that another read operation can be issued.
103             fWaitingOnRead = FALSE;
104             break;
105
106         case WAIT_TIMEOUT:
107             //the time out interval elapsed,
108             //and the objects state is nonsignaled
109
110             // Operation isn't complete yet. fWaitingOnRead flag isn't
111             // changed since I'll loop back around, and I don't want
112             // to issue another read until the first one finishes.
113             iCounter++;
```

---

```
114         if(iCounter == 5)
115         {
116             clog << "to_many_object_timeouts._ABORT" << endl;
117             return FALSE;
118         }
119         clog << "operation_isnt_complete_yet,_carry_on..."<<endl;
120
121         break;
122
123     default:
124         // Error in the WaitForSingleObject; abort.
125         // This indicates a problem with the OVERLAPPED structure's
126         // event handle.
127         clog << "Error_while_reading_in_the_WaitForSingleObject,\n"
128             << "problem_with_the_overlapped_stucture_handle" << endl;
129         iErr = GetLastError();
130         clog << "Unexpected_Error_WaitForSingleObject._System_Error:_"
131             << iErr << endl;
132         CloseHandle(osReader.hEvent);
133         return FALSE;
134     } //switch
135
136 } //while
137 }
```

---

## A.5 Writedata

```

1
2 bool PortCommunications::writeData(const char * lpBuf, DWORD dwSize)
3 {
4     int iCounter = 0;
5     int iErr;
6     OVERLAPPED osWrite = {0};
7     DWORD dwWritten;
8     DWORD dwRes;
9     BOOL fRes = FALSE;
10
11     // Create this write operation's OVERLAPPED structure hEvent.
12     osWrite.hEvent = CreateEvent(NULL, TRUE, FALSE, NULL);
13     if (osWrite.hEvent == NULL)
14         // Error creating overlapped event handle.
15         return FALSE;
16
17     do
18     {
19         clog << "...Write_attempt_number:_ " << iCounter + 1 << endl;
20         // Issue write
21         if (!WriteFile(hCom, lpBuf, dwSize, &dwWritten, &osWrite))
22         {
23             iErr = GetLastError();
24             if (iErr != ERROR_IO_PENDING)
25             {
26                 // WriteFile failed, but it isn't delayed. Report error.
27                 fRes = FALSE;
28                 iCounter++;
29                 clog << "Error_writing_to_port._System_Error:_ "
30                     << iErr << endl;
31             }
32             else
33             {
34                 // Write is pending.
35                 dwRes = WaitForSingleObject(osWrite.hEvent, INFINITE);
36                 switch(dwRes)
37                 {
38                     // Overlapped event has been signaled.
39                     case WAIT_OBJECT_0:
40                         if (!GetOverlappedResult(hCom, &osWrite, &dwWritten, FALSE))
41                         {
42                             iErr = GetLastError();
43                             fRes = FALSE;
44                             iCounter++;
45                             clog << "Error_writing_to_port._System_Error:_ "
46                                 << iErr << endl;
47                         }
48                         else
49                         {
50
51                             if (dwWritten != dwSize)
52                             {
53                                 // The write operation timed out.
54                                 clog << "The_write_operation_timed_out" << endl;
55                                 fRes = FALSE;

```



```

56         iCounter++;
57     }
58     else
59     {
60         //Write operation completed successfully
61         fRes = TRUE;
62     }
63 }
64 break;
65
66 default:
67     // An error has occurred in WaitForSingleObject.
68     iErr = GetLastError();
69     clog << "Write_error_in_WaitForSingleObject.\nThis_usually_"
70         << "indicates_a_problem_with_the_overlapped_"
71         << "event_handle." << endl;
72     clog << "Error_writing_to_port._System_Error:_"
73         << iErr << endl;
74     fRes = FALSE;
75     iCounter++;
76     break;
77 } //switch
78
79 //else to error pending
80
81 //writefile
82 else
83 {
84     // WriteFile completed immediately.
85     if (dwWritten != dwSize) {
86         // The write operation timed out.
87         clog << "The_write_operation_timed_out" << endl;
88         fRes = FALSE;
89         iCounter++;
90     }
91     else
92         fRes = TRUE;
93 }
94
95 if(fRes == TRUE)
96 {
97     CloseHandle(osWrite.hEvent);
98     return fRes;
99 }
100
101 }while(iCounter < 5);
102
103 CloseHandle(osWrite.hEvent);
104
105 return fRes;
106 }

```

---

## A.6 Logdatei

Logdatei für ein *Fixed-Shorted* Test mit default Übertragungstext:

```
1 ++++++
2 ++++++
3 ++  Thu Sep 26 13:04:48 2013      ++
4 ++  Serial Port Tester           ++
5 ++  Version 0.80                  ++
6 ++++++
7 ++++++
8
9
10 TEST NR. 1
11 *****
12
13 Communication Settings
14 -----
15 * Port          COM1
16 * Baud rate     9600
17 * Parity        1
18 * Stopbits      1
19 * Databits      8
20 * Protocol      2
21 -----
22
23 -----
24 Transmission started
25 Thu Sep 26 13:04:48 2013
26 -----
27 Text line nr.: 1
28 time out: 30 ms
29
30 --> main port writes
31 ...Write attempt number: 1
32 write was true
33
34 --> main port reads buffer
35 sSendData Freude, schöner Götterfunken,
36 sTemp      Freude, schöner Götterfunken,
37 read was true
38
39
40 Text line nr.: 2
41 time out: 21 ms
42
43 --> main port writes
44 ...Write attempt number: 1
45 write was true
46
47 --> main port reads buffer
48 sSendData Tochter aus Elysium!
49 sTemp      Tochter aus Elysium!
50 read was true
51
52
53 Text line nr.: 3
54 time out: 27 ms
```

```
55
56 --> main port writes
57 ...Write attempt number: 1
58 write was true
59
60 --> main port reads buffer
61 sSendData Wir betreten feuertrunken,
62 sTemp      Wir betreten feuertrunken,
63 read was true
64
65
66 Text line nr.: 4
67 time out: 29 ms
68
69 --> main port writes
70 ...Write attempt number: 1
71 write was true
72
73 --> main port reads buffer
74 sSendData Himmlische, Dein Heiligthum.
75 sTemp      Himmlische, Dein Heiligthum.
76 read was true
77
78
79 Text line nr.: 5
80 time out: 28 ms
81
82 --> main port writes
83 ...Write attempt number: 1
84 write was true
85
86 --> main port reads buffer
87 sSendData Deine Zauber binden wieder,
88 sTemp      Deine Zauber binden wieder,
89 read was true
90
91
92 Text line nr.: 6
93 time out: 30 ms
94
95 --> main port writes
96 ...Write attempt number: 1
97 write was true
98
99 --> main port reads buffer
100 sSendData Was die Mode streng getheilt,
101 sTemp      Was die Mode streng getheilt,
102 read was true
103
104
105 Text line nr.: 7
106 time out: 29 ms
107
108 --> main port writes
109 ...Write attempt number: 1
110 write was true
111
112 --> main port reads buffer
```

---

```
113 sSendData Alle Menschen werden Brüder,
114 sTemp      Alle Menschen werden Brüder,
115 read was true
116
117
118 Text line nr.: 8
119 time out: 29 ms
120
121 --> main port writes
122 ...Write attempt number: 1
123 write was true
124
125 --> main port reads buffer
126 sSendData Wo Dein sanfter Flügel weilt
127 sTemp      Wo Dein sanfter Flügel weilt
128 read was true
129
130 -----
131 Transmission finished
132 Thu Sep 26 13:04:49 2013
133 -----
134      Test Results
135
136 LineNr. | ExitCode
137 1       | 0
138 2       | 0
139 3       | 0
140 4       | 0
141 5       | 0
142 6       | 0
143 7       | 0
144 8       | 0
145
146
147 Transmission finished successfully
148
149 closing logger
```

---

## A.7 Testdatei

Testdatei für ein *Fixed-Shorted* Test:

```
[COM1]
TestMode=fixed
TransferMode=shorted
BaudRate=9600
Parity=odd
Protocol=none
Stopbits=1
Databits=8
TransferTextMode=default
TransferText=
Logger=true
StopOnFirstError=false
Repeater=1
```

Testdateien für ein *Automatic Master-Slave* Test:

[COM4]	[COM5]
TestMode=automatic	TestMode=automatic
TransferMode=master	TransferMode=slave
Logger=true	Logger=true
StopOnFirstError=true	StopOnFirstError=true

Testdatei für ein *Wobble-Double* Test:

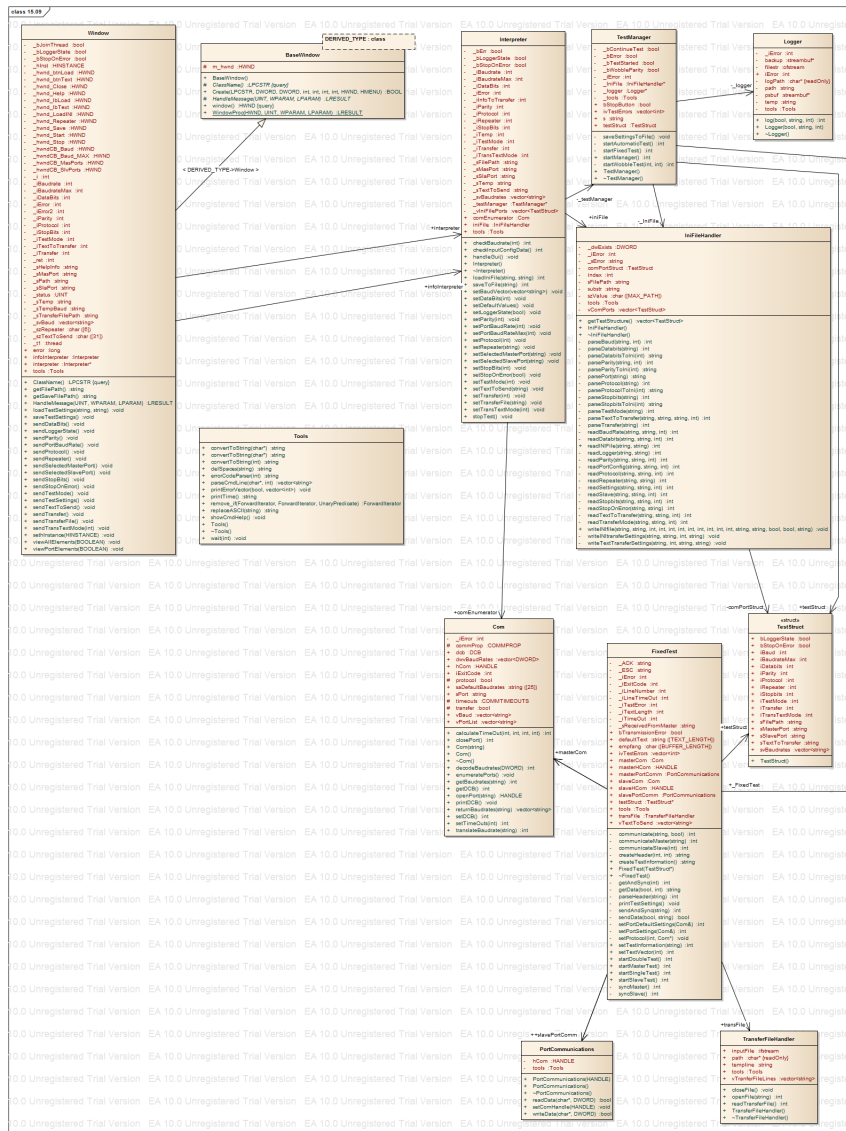
```
[COM2]
TestMode=wobble
TransferMode=double
SlavePort=COM3
BaudRate=9600-115200
Parity=odd
Protocol=XON/XOFF
Stopbits=1
Databits=8
TransferTextMode=default
TransferText=CustomText
Logger=true
StopOnFirstError=false
Repeater=1
```

---

## A.8 Errorcodes

Errorcode	Beschriftung	Beschreibung
0	ERROR_SUCCESS	System definierter Errorcode für Erfolg
-1	ERROR_CMD_SYNTAX	Falscher Syntax in der Kommandozeile
-2	ERROR_CREATE_GUI	Fehler bei dem Aufbau der Benutzeroberfläche
-3	ERROR_PORT_OPEN	Der angegebene COM Port konnte nicht geöffnet werden
-4	ERROR_CLOSE_PORT	Der offene COM Port konnte nicht geschlossen werden
-5	ERROR_GET_DCB	Die Kontrollstruktur des geöffneten COM Ports konnte nicht geladen werden
-6	ERROR_BAUDRATE	Fehler beim Laden oder Interpretieren der Baudraten für den angegebenen COM Port
-7	ERROR_SET_TIMEOUTS	Fehler beim Setzen der Timeoutwerte für den angegebenen COM Port
-8	ERROR_LOG	Fehler bei der Erzeugung des Logfiles
-9	ERROR_INI	Inkorrekter Parameter in der Testdatei
-10	ERROR_SET_DCB	Fehler beim Setzen der Kontrollstruktur des geöffneten COM Ports
-11	ERROR_INPUT	Ein Eingabeparameter in der Benutzeroberfläche ist fehlerhaft
-12	ERROR_NO_FILE	Die angegebene Testdatei existiert nicht, beinhaltet keine gültige COM Ports oder ist leer
-13	ERROR_FILE_NOT_OPEN	Angegebene Übertragungsdatei konnte nicht geöffnet werden
-14	ERROR_EMPTY_FILE	Angegebene Übertragungsdatei ist leer
-15	ERROR_BAUD_MINMAX	Maximale Baudrate muss größer der minimalen Baudrate sein
-16	ERROR_MISSING_PAR	Ein Parameter fehlt, um die Testdatei zu speichern. Siehe pop-up Fenster für mehr Information
-17	ERROR_PARSE	Fehler bei der Übersetzung eines Parameters aus der Testdatei
-18	ERROR_READ_PORT	Fehler im Lesevorgang auf einem COM Port. Wenn vorhanden, siehe Log-Datei
-19	ERROR_WRITE_PORT	Fehler im Schreibvorgang auf einem COM Port. Wenn vorhanden, siehe Log-Datei
-20	ERROR_CMP_STR	Gesendeter und empfangener String sind ungleich
-21	ERROR_WAIT_SLAVE	Master hat auf Antwort des Slaves gewartet, aber keine ist angekommen
-22	ERROR_WAIT_MASTER	Slave hat auf Anfrage des Masters gewartet, aber keine ist angekommen
-23	ERROR_SYNC	Fehler im Synchronisationsvorgang zwischen Master und Slave
-24	ERROR_PARSE_SLAVE	Empfangene Testinformation ist fehlerhaft
-25	ERROR_MSG_HEADER	Empfangene Kopfzeile ist fehlerhaft
-26	ERROR_ESC	Benutzer hat ESC-Taste in der Kommandozeile gedrückt und den Test abgebrochen

## A.9 Klassendiagramm



### Abbildung A.1: Klassendiagramm

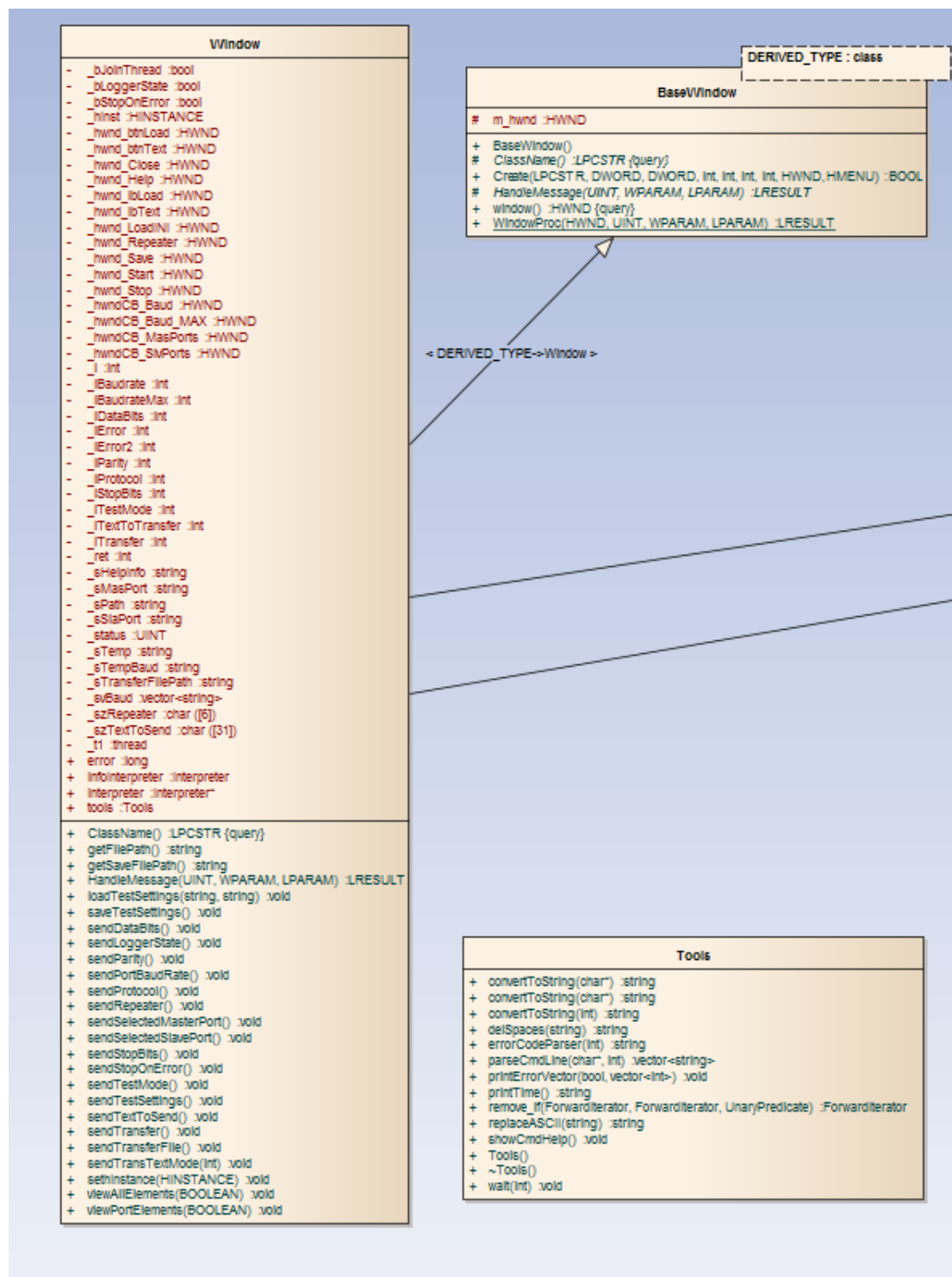


Abbildung A.2: Klassendiagramm Teil 1



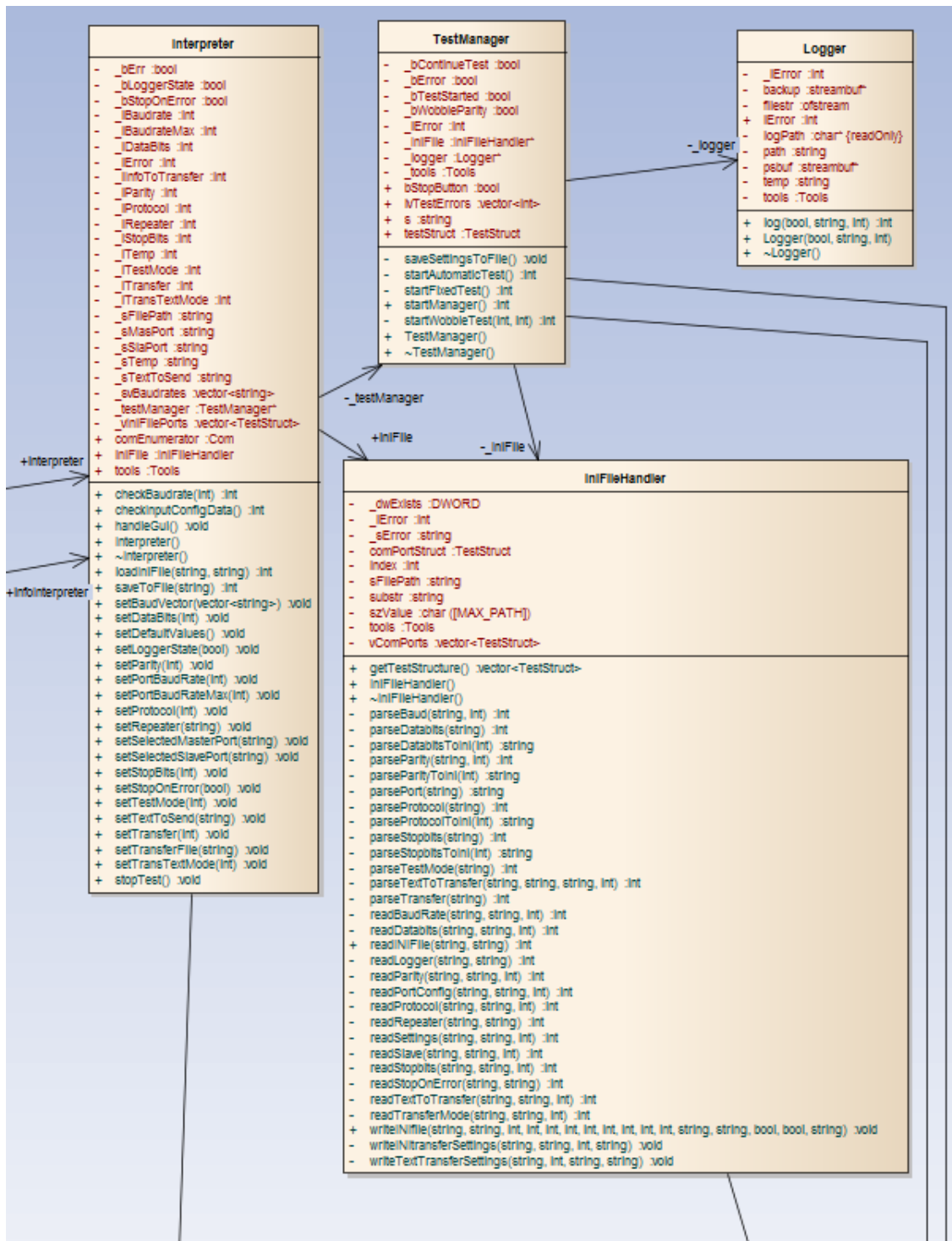


Abbildung A.3: Klassendiagramm Teil 2

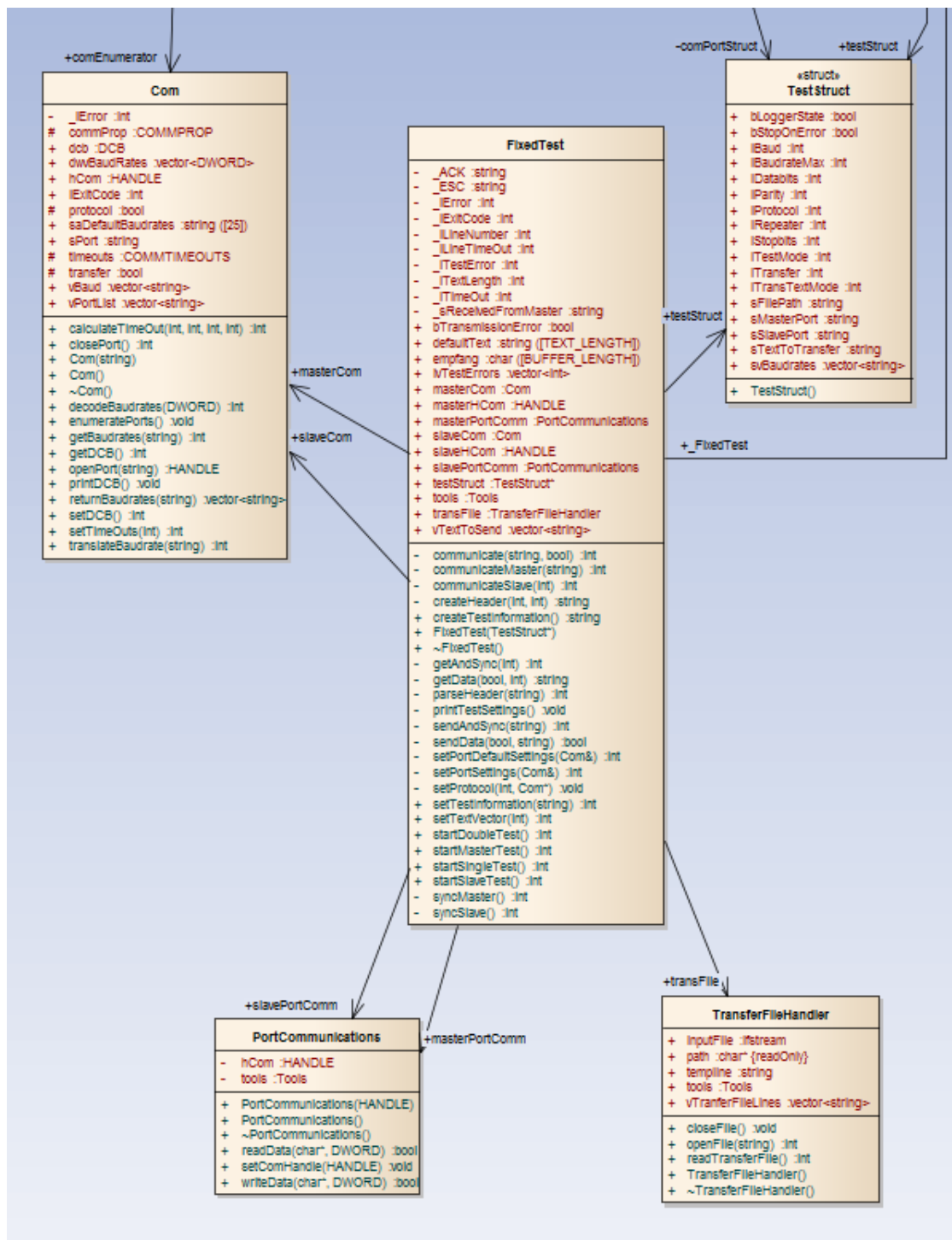


Abbildung A.4: Klassendiagramm Teil 3

# Literaturverzeichnis

- [Cam90] Joe Campbell. *V 24 / RS-232 Kommunikation*. Sybex-Verlag GmbH, 1990.
- [Cam94] Joe Campbell. *C Programmers Guide to Serial Communications*. SAMS Publishing, 1994.
- [Lou10] Dirk Louis. *Visual C++ 2010*. Addison-Wesley, 2010.
- [Mic13] Microsoft, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff802693.aspx>. *Serial Communications*, August 2013.
- [Pet98] Charles Petzold. *Programming Windows*. Microsoft Press, 1998.
- [Wik13] Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/RS-232>. *RS-232*, August 2013.
-