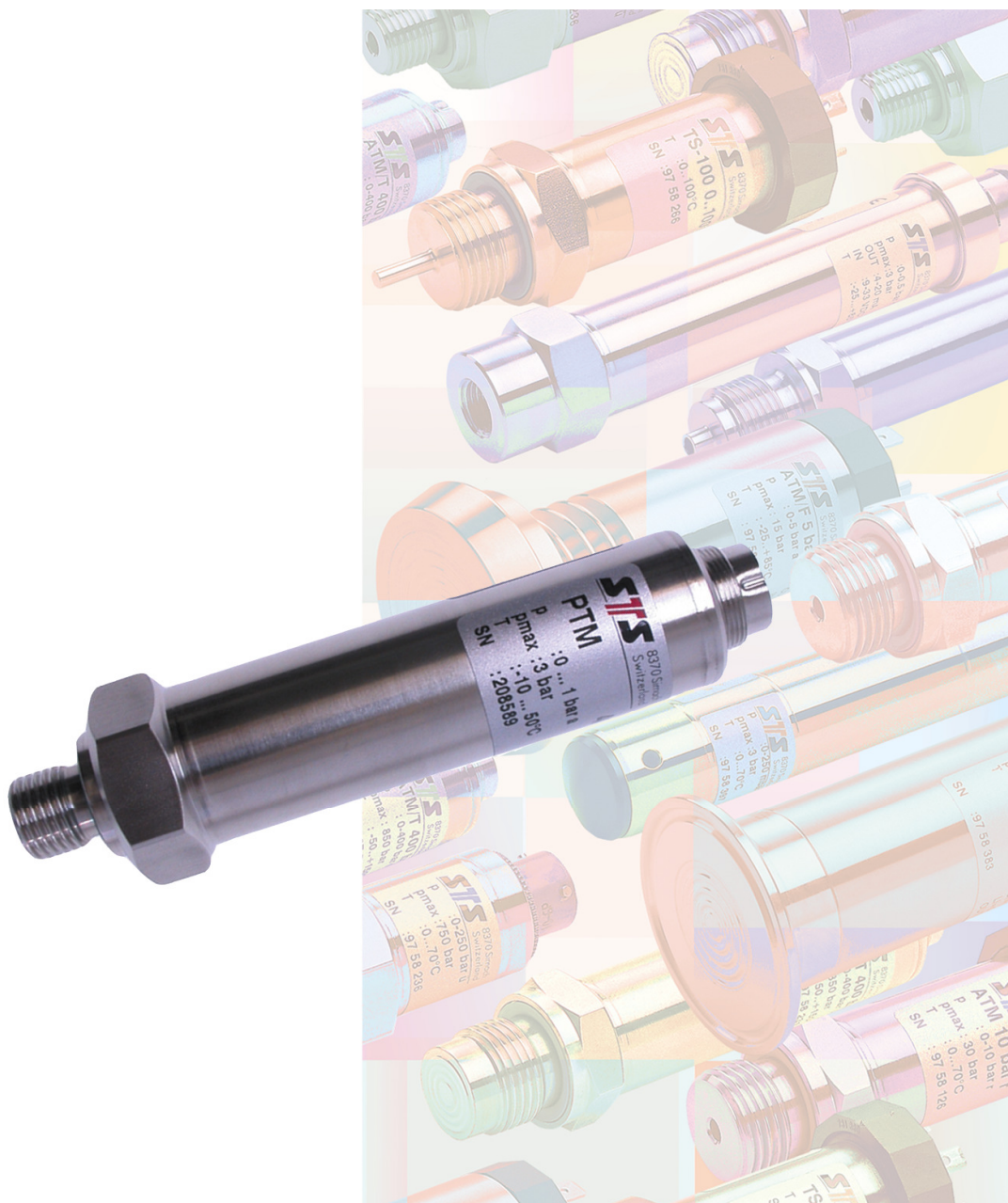




Revisionsgeschichte

Version	Datum	Autor	Beschreibung
DDB003A	13.12.2002	RB	Erstellt
DDB003B	03.02.2004	HU	Literatur angepasst; Kapitel 1 ergänzt; Kapitel 2 – 5 neu aufgeteilt und strukturiert, teilweise ergänzt; Kapitel 4 neu
DDB003C	19.02.2008	DH	Inhalt angepasst

Inhalt

Revisionsgeschichte	2
Inhalt	3
Literatur	6
Konventionen / Abkürzungen	6
1 PTM Transmittertypen	7
1.1 Allgemeines	7
1.1.1 Anwender-Skalierung	7
1.1.2 Rekalibration	7
1.1.3 Temperaturkompensation	7
1.1.4 Dämpfung	8
1.2 PTM 2-Leiter	8
1.2.1 Funktionen	8
1.2.2 Schnittstelle	8
1.3 PTM digital	9
1.3.1 Funktionen	9
1.3.2 Schnittstelle	9
2 Modbus	10
2.1 Allgemeines	10
2.1.1 Zusammenfassung	10
2.1.2 Befehlsaufbau	10
2.1.3 Beispiel-Code CRC16	11
3 STS Layer 7 Protokoll	12
3.1 Allgemeines	12
3.2 Standard-Befehle	12
3.2.1 Befehlsübersicht	12
3.2.2 Function Code 03: Druck und Temperatur auslesen	13
3.2.3 Function Code 30: Seriennummer lesen	13
3.2.4 Function Code 31: Versionsnummer auslesen	13
3.3 Erweiterte-Befehle	14
3.3.1 Befehlsübersicht	14
3.3.2 Parameterübersicht	14
3.3.3 Function Code 112: Parameterflash löschen	14
3.3.4 Function Code 114: Passwort für Parameterflash-Modifikationen	15
3.3.5 Function Code 136: User-Parameter 1 auslesen	16
3.3.6 Function Code 137: User-Parameter 2 auslesen	16
3.3.7 Function Code 234: Werks-Parameter 1 auslesen	17
3.3.8 Function Code 235: Werks-Parameter 2 auslesen	17

3.3.9	Function Code 152: User-Parameter 1 schreiben	18
3.3.10	Function Code 153: User-Parameter 2 schreiben	20
4	Modbus Layer 7 Protokoll	22
4.1	Allgemeines	22
4.2	Standard-Befehle	22
4.2.1	Befehlsübersicht	22
4.2.2	Function Code 04: Read Input Register	23
4.2.3	Startindexübersicht	23
4.2.4	Startindex 0: Druckmesswert	23
4.2.5	Startindex 1: Temperaturmesswert	23
4.2.6	Startindex 7: Software Version	23
4.3	Erweiterte-Befehle	24
4.3.1	Befehlsübersicht	24
4.3.2	Function Code 03: Read Holding Register	24
4.3.3	Function Code 16: Write Multiple Register	24
4.3.4	Startindexübersicht	24
4.3.5	Startindex 0: Befehlssatz Layer 7	25
4.3.6	Startindex 2: Passwort für Parameterflash-Modifikationen	25
4.3.7	Startindex 4: Passwort für Parameterflash-Modifikationen und löschen	25
4.3.8	Startindex 20: Adresse	25
4.3.9	Startindex 21: DämpfungsfILTER	26
4.3.10	Startindex 22: Druck Nullpunktskalierung Analogausgang	26
4.3.11	Startindex 23: Druck Fullscale-Skalierung Analogausgang	26
4.3.12	Startindex 24: Temperatur Nullpunktskalierung Analogausgang	26
4.3.13	Startindex 25: Temperatur Fullscale-Skalierung Analogausgang	26
4.3.14	Startindex 26: Druck Nullpunkt-Rekalibration	26
4.3.15	Startindex 27: Druck Fullscale-Rekalibration	27
4.3.16	Startindex 30...37: Gerätebeschreibung	27
4.3.17	Startindex 200+201: Nenndruck	28
4.3.18	Startindex 202+203: Nullpunktdruck	28
4.3.19	Startindex 204+205: Temperaturbereichsende	28
4.3.20	Startindex 206+207: Temperaturbereichsanfang	29
4.3.21	Startindex 210+211: Seriennummer	29
4.3.22	Startindex 212: Hardware-Version	29
4.3.23	Startindex 213: Hardware-Index	29
4.3.24	Startindex 214: Drucktyp	29
4.3.25	Startindex 215: Temperatur-Kalibrationstyp	29
4.4	Exceptionhandling	29
4.4.1	Allgemeines	30
4.4.2	Exceptionantwort	30

4.4.3	Exceptioncodes	30
4.5	Vorgehen beim Schreiben in den Speicher	31
5	Vorgehen und Berechnungen	32
5.1	Rekalibration	32
5.1.1	Allgemeines	32
5.1.2	STS Layer 7 Protokoll	32
5.1.3	Modbus Layer 7 Protokoll	33
5.1.4	Berechnung	33
5.2	Einheitenumrechnungen	34
5.2.1	Druckeinheiten	34
5.2.2	Temperatureinheiten	34

Literatur

- [1] MODBUS over Serial Line, Specification & Implementation Guide V1.0
<http://www.modbus.org> → Bereich Modbus Standard Library
- [2] MODBUS Application Protocol Specification V1.1
<http://www.modbus.org> → Bereich Modbus Standard Library

Konventionen / Abkürzungen

P	Druck
P _{NP}	Nullpunktdruck
P _N	Nenndruck
P _{Ein}	Einschaltdruckpunkt der Relais
P _{Aus}	Ausschaltdruckpunkt der Relais
NP	Nullpunkt
T	Temperatur
T _{NP}	Temperaturbereichsanfang
T _N	Temperaturbereichsende
DW	Datenwort
DB	Datenbyte
@	bei

1 PTM Transmittertypen

Es gibt drei unterschiedliche PTM Transmittertypen. Diese vereinen die gleiche Grundfunktionen, welche unter Kapitel 1.1 Allgemeines beschrieben ist, und spezifische Funktionen. Diese sind in den folgenden Kapiteln 1.2 bis 1.4 aufgeführt und in den Blockschaltbildern ersichtlich.

1.1 Allgemeines

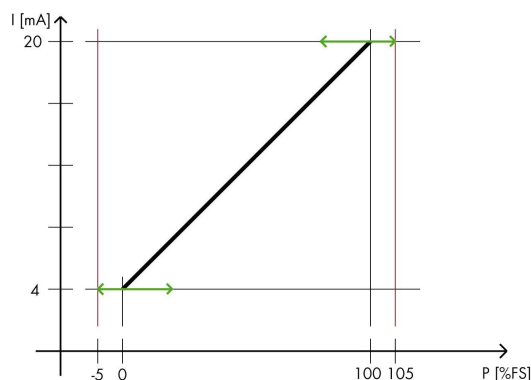
1.1.1 Anwender-Skalierung

Durch die Anwender-Skalierung kann eingestellt werden, welcher Druckbereich am Analogausgang (4...20 mA) ausgegeben wird. Es gelten folgende Einstellungsbereiche:

Druck@4mA:	-5 ... 105 %FS
Druck@20mA:	-5 ... 105 %FS

Wobei die minimale Spanne (Druck@20mA - Druck@4mA) nicht kleiner als 25% des Nennbereiches und nicht kleiner als 50 mbar sein darf.

Als Beispiel ist bei einem Transmitter mit 1bar Nennbereich eine Einstellung von 20%@4mA bis 80%@20mA, respektive 20%@4mA bis -5%@20mA zulässig.



Figur 1: Anwender-Skalierung

Der digitale Ausgang ist nicht skalierbar. Der Messbereich ist hier immer direkt auf 0...10000 Punkte abgebildet. Diese entsprechen 0...100 % des Messbereichs.

1.1.2 Rekalibration

Mit der Rekalibration des Druckmesskanals können Langzeitdrifte korrigiert werden. Es besteht die Möglichkeit sowohl den Nullpunkt (P_{NP}) als auch den Endwert (P_N) zu rekalibrieren. Diese können je um +/- 5 % verändert werden. Dazu ist die Messung des Signals durch den PTM und ein parallel gemessener Referenzwert nötig.

1.1.3 Temperaturkompensation

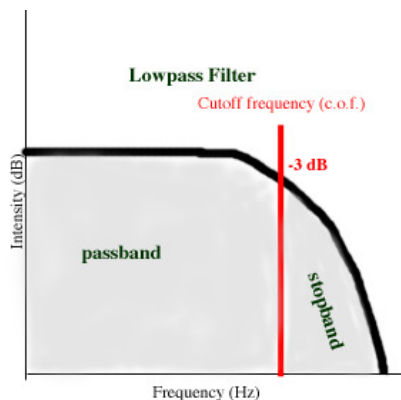
Grundsätzlich werden bei den PTM Transmitter zwei Arten von Temperaturkompensation unterschieden. Bei der aktiven Temperaturkompensation wird das Temperaturverhalten im Ofen ausgemessen und die entsprechenden Kompensationsdaten im Speicher abgelegt. Die Temperaturkompensation im Betrieb des Sensors erfolgt somit rechnerisch. Bei der passiven Temperaturkompensation wird das Temperaturverhalten mittels Widerständen kompensiert. Da somit nur lineare Anteile korrigiert werden können, ist diese Methode nicht ganz so genau wie die aktive Kompensation.

1.1.4 Dämpfung

Um unerwünschte, schnelle Druckänderungen am Ausgangssignal zu unterdrücken, kann die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters entsprechend gewählt werden.

Mit der Dämpfung wird die Anstiegsrate des Ausgangssignals bedämpft. Je kleiner die eingestellte Grenzfrequenz, desto grösser ist die eingestellte Bedämpfung.

Es stehen Grenzfrequenzen von 30 Hz (Standard), 10 Hz, 1 Hz und 0.1 Hz zur Verfügung.



Figur 2: Dämpfung

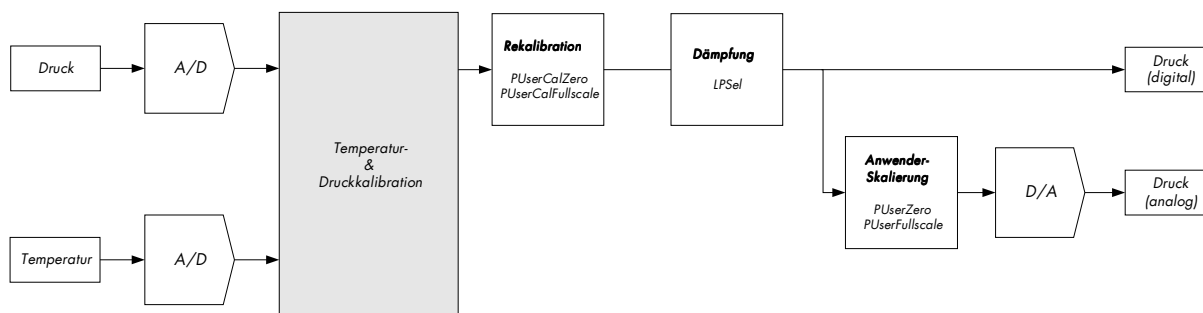
1.2 PTM 2-Leiter

1.2.1 Funktionen

Der PTM 2-Leiter bietet folgende Funktionalitäten:

- Anwender-Skalierung des analogen Druckmesskanals
- Rekalibrierung des Druckmesskanals
- Temperaturkompensation aktiv oder passiv
- Dämpfungsfilter

Die Berechnungen der einzelnen Parameter sind beim jeweiligen Modbus-Befehl ersichtlich.



Figur 3: Signalflussplan PTM 2-Leiter

1.2.2 Schnittstelle

Für die Kommunikation mit dem PTM 2-Leiter werden zwei Arten von Modulationen verwendet. Die Kommunikation von PC zum Transmitter wird durch eine Speisespannungsmodulation realisiert. Der Transmitter antwortet dem PC über eine Strommodulation. Somit werden die Leiter der Stromschleife zur Kommunikation verwendet.

Es ist zu beachten, dass aus den oben genannten Gründen während eines Kommunikationsvorganges am analogen Ausgang nicht gemessen werden kann.

Es gelten folgende Einstellungen:

Protokoll:	Modbus (siehe Kapitel 2) mit STS Layer 7 (siehe Kapitel 3)
Default-Adresse:	240 (bei Transmitter vor Februar 2004: 255)
Übertragungsrate:	1200 Baud
Datenbits:	8
Parität:	keine
Stopbit:	2

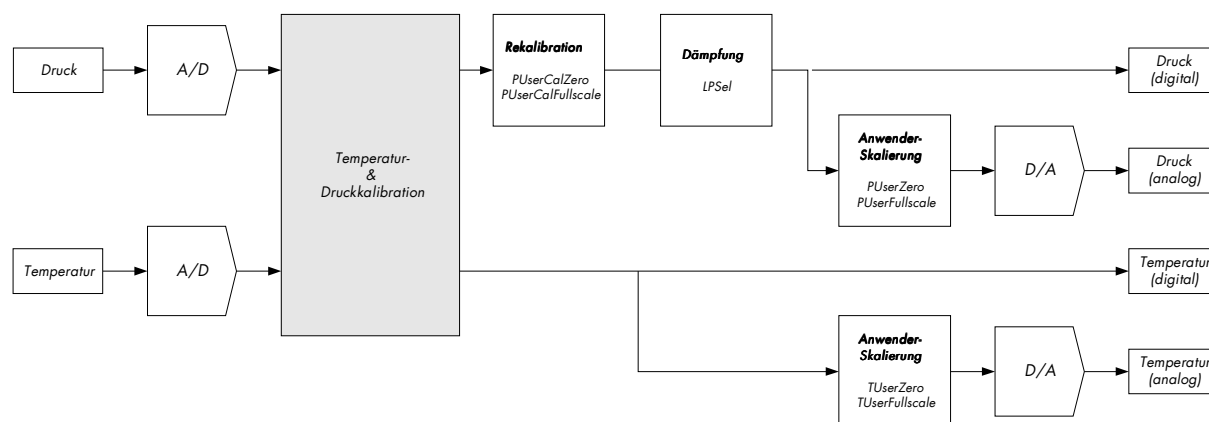
1.3 PTM digital

1.3.1 Funktionen

Der PTM digital bietet folgende Funktionalitäten:

- Anwender-Skalierung des analogen Druckmesskanals
- Rekalibrierung des Druckmesskanals
- Temperaturkompensation aktiv oder passiv
- DämpfungsfILTER
- Digitaler Temperatursignal (nur bei aktiver Temperaturkompensation)
- Analoges Temperatursignal mit Anwender-Skalierung (Option bei aktiver Temperaturkompensation)

Die Berechnungen der einzelnen Parameter sind beim jeweiligen Modbus-Befehl ersichtlich.



Figur 4: Signalflussplan PTM digital

1.3.2 Schnittstelle

Zur Kommunikation mit dem PTM digital wird eine RS485-Schnittstelle verwendet. Es gelten folgende Einstellungen:

Protokoll:	Modbus (siehe Kapitel 2) mit Modbus Layer 7 (siehe Kapitel 4)
Default-Adresse:	240 (bei Transmitter vor Februar 2004: 255)
Übertragungsrate:	9600 Baud
Datenbits:	8
Parität:	keine
Stopbit:	2

2 Modbus

2.1 Allgemeines

Das Dokument [1] MODBUS over Serial Line beschreibt die Grundlagen der Modbus Kommunikation. Es beschreibt die Schichten (Layer) 1 und 2 des ISO/OSI Schichtenmodells.

Die Schicht 7 beschreibt die Interpretation der Daten. Bei den PTM Transmittern werden zwei unterschiedliche Schicht 7 Protokolle verwendet. Diese werden in den Kapiteln 3 und 4 dieses Dokumentes beschrieben.

2.1.1 Zusammenfassung

- Modbus ist ein Master-Slave Kommunikationsprotokoll.
- Modbus-Telegramme im RTU oder Binär-Modus beginnen immer mit einer Adresse (0 ... 247) und einem Function Code (Fcn-Code). Danach folgen die Datenbytes (DB). Den Abschluss bilden 2 Bytes mit der CRC-Summe.
- Die Zustände der Kommunikation (Senden/Empfangen/Abbruch) werden über
- Timeouts gesteuert.
- Die Byteihenfolge zur Übertragung eines Datenwords ist folgendermassen geregelt:
 Daten STS Layer 7: Lo – Hi Byte
 Daten Modbus Layer 7: Hi – Lo Byte
 CRC bei beiden: Lo – Hi Byte

2.1.2 Befehlsaufbau

Befehlsrahmen:

Modbus Nachricht (Befehl oder Antwort)								
Adresse	Fcn-Code	DB1	DB2	DB3		DBn	CRC lo	CRC hi
1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte		1 Byte	1 Byte	1 Byte

Die Anzahl Datenbytes (DB) ist aus der Definition der jeweiligen Befehle zu entnehmen. Im weiteren Verlauf dieses Dokumentes werden die Adresse und die CRC-Summe nicht mehr explizit angegeben, sind jedoch immer Bestandteil des Modbus-Telegramms.

Die CRC-Summe wird in einzelne Bytes aufgeteilt, wobei zuerst das Low-Byte und dann das High-Byte übertragen wird. (siehe nachfolgendes Beispiel)

Es gilt daher: $CRC = CRC_{hi} * 256 + CRC_{lo}$

Die CRC-Summe wird über die Adresse, Function Code und Datenbytes gebildet. Ist die Anfrage fehlerhaft, wird keine Antwort zurückgegeben.

Beispiel: STS Layer 7 → Function Code 03 Druck- und Temperatur lesen

Befehl

Parameter	Beispiel (Hex)	Beispiel (Dezimal)	Beschreibung
Adresse	11	17	
Funktionscode	03	03	
CRC low	2E	7470	CRC16
CRC high	1D		

Antwort

Parameter	Beispiel (Hex)	Beispiel (Dezimal)	Beschreibung
Adresse	11	17	
Funktionscode	03	03	
Druck low	2E	5678	Druck in %FS * 100 (5687 = 56.78% FS)
Druck high	16		
Temperatur low	FB	251	Temperatur in %FS * 100 (251 = 2.51%FS)
Temperatur high	00		
CRC low	0A	5130	CRC16
CRC high	14		

2.1.3 Beispiel-Code CRC16

Als CRC-Summe wird der CRC16-Code verwendet. Um an dieser Stelle Missverständnisse zu vermeiden, ist der C-Code angefügt:

```
unsigned short calcCRC16 (unsigned char *data, unsigned short count)
{
    unsigned int fcs = 0xFFFFU;           /* initial Frame Check Sequence (FCS) value */
    unsigned int d, i, k;
    for (i = 0; i < count; i++)
    {
        d = (((unsigned int) (*data++)) << 0U);
        for (k = 0; k < 8; k++)
        {
            if (((fcs ^ d) & 0x0001U) == 1)
            {
                fcs = (fcs >> 1) ^ 0xA001U; /* Generator Polynomial 0xA001U */
            }
            else
            {
                fcs = (fcs >> 1);
            }
            d >>= 1;
        }
    }
    return(fcs);
}
```

3 STS Layer 7 Protokoll

3.1 Allgemeines

Das STS Layer 7 Protokoll wird beim Sensortyp 2-Leiter verwendet.

Der digitale PTM kann aus dem Modbus Layer 7 auf das STS Layer 7 Protokoll umgeschaltet werden, wobei diese Umschaltung nicht abgespeichert werden kann (flüchtig). Anschliessend stehen die Befehle des STS Layer 7 Protokolls auch dem digitalen PTM zur Verfügung.

Bei diesem Protokoll gelten folgende Nebenbedingungen zum Modbus:

1. Die Daten werden als 2-Byte Datenworte (DW) übertragen, d.h. die Anzahl Datenbytes ist immer ein Vielfaches von 2.
2. Die maximale Anzahl an Datenbytes liegt bei 16, 8 DW. Die maximale Telegrammlänge inklusive Adresse, Funktionscode und CRC-Summe ist somit 20 Bytes.
3. Die Adresse 0 (Broadcast) ist immer für alle Transmitter aktiv, egal auf welche Adresse der Transmitter eingestellt ist (dies widerspricht den Dokumenten [1] und [2]). Das bedeutet aber, dass der Broadcast nicht in einem Netzwerk mit mehreren gleichzeitig angeschlossenen Transmittern verwendet werden kann, da sonst die Antworten der Transmitter kollidieren.
4. Es werden die Adressen 1...255 als mögliche Transmitteradressen zugelassen. Default ist die Adresse 240 (vor Februar 2004 Adresse 255).
5. Die Function Codes liegen im Bereich 3...255. Dies widerspricht Modbus, da dort nur Codes kleiner 128 vergeben werden und Codes grösser als Exception verwendet werden.

3.2 Standard-Befehle

3.2.1 Befehlsübersicht

Nachfolgend sind die Standard-Befehle aufgelistet. Die Sende- und Antwortlänge sind in Datenbytes inklusive Adresse, Function Code und CRC-Summe angegeben.

Function Code	Beschreibung	2-Leiter	Digital	Sendelänge	Antwortlänge
03	Druck und Temperatur auslesen	X	X	4	8
04	Relaiszustand auslesen			4	8
30	Seriennummer auslesen	X	X	4	8
31	Firmware Versionsnummer auslesen	X	X	4	6

Tabelle 1: Befehlsübersicht Standard Befehle

3.2.2 Function Code 03: Druck und Temperatur auslesen

Befehl	Antwort				
03	03	Druck		Temperatur	
1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte

Liest den Druck und beim digitalen, aktiv kompensierten Transmitter zusätzlich die Temperatur aus. Beim 2-Leiter Transmitter enthält das Temperaturfeld keine gültigen Daten, der Datenrahmen bleibt aber gleich.

Druck Wertebereich: 0 ... 10000 Punkte

$$\text{Umrechnung: } P[\text{bar}] = \text{Druck} * \frac{(P_N[\text{bar}] - P_{NP}[\text{bar}])}{10000} + P_{NP}[\text{bar}]$$

Temperatur Wertebereich: 0 ... 10000 Punkte

$$\text{Umrechnung: } T[^\circ\text{C}] = \text{Temperatur} * \frac{(T_N[^\circ\text{C}] - T_{NP}[^\circ\text{C}])}{10000} + T_{NP}[^\circ\text{C}]$$

3.2.3 Function Code 30: Seriennummer lesen

Befehl	Antwort				
30	30	SN1		SN2	
1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte

Liest die Seriennummer aus.

Wertebereich: Ganzzahl (32bit Unsigned Integer) zwischen 0 und ($2^{32}-1$)
Aufgeteilt in 2 DW (SN1 und SN2) zu je 2 Bytes.

Berechnung: Seriennummer = SN2 * 65536 + SN1

Beispiel: SN1 = 53597

SN2 = 2

-> Seriennummer = 184669

3.2.4 Function Code 31: Versionsnummer auslesen

Befehl	Antwort		
31	31	Versionsnummer	
1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte

Liest die Software-Versionsnummer aus.

Version Wertebereich: Ganzzahl (16bit Unsigned Integer) zwischen 0 und 65535

Berechnung: Softwareversion = Versionsnummer / 100

Beispiel: Versionsnummer 202 $\equiv$ Softwareversion 2.02

3.3 Erweiterte-Befehle

3.3.1 Befehlsübersicht

Nachfolgend sind die erweiterten Befehle aufgelistet. Die Send- und die Antwortlänge sind in Datenbytes inklusive Adresse, Function Code und CRC-Summe angegeben.

Function Code	Beschreibung	2-Leiter	Digital	Sendelänge	Antwortlänge
112	User Daten löschen	X	X	4	6
114	User-Passwort setzen	X	X	6	6
136	User-Parameter 1 auslesen	X	X	4	20
137	User-Parameter 2 auslesen	X	X	4	20
138	User-Parameter 3 auslesen	X	X	4	20
152	User-Parameter 1 schreiben	X	X	20	5
153	User-Parameter 2 schreiben	X	X	20	5
154	User-Parameter 3 schreiben	X	X	20	5
234	Werks-Parameter 1 auslesen	X	X	4	20
235	Werks-Parameter 2 auslesen	X	X	4	20

Tabelle 2: Befehlsübersicht erweiterte Befehle

3.3.2 Parameterübersicht

User-Parameter	Function Code
Adresse	136, 152
LPSEL	136, 152
PUserZero	136, 152
PUserFullscale	136, 152
TUserZero	136, 152
TUserFullscale	136, 152
PUserCalZero	136, 152
PUserCalFullscale	136, 152
Description	137, 153
Pon1	138, 154
Poff1	138, 154
DelayOn1	138, 154
DelayOff1	138, 154
Pon2	138, 154
Poff2	138, 154
DelayOn2	138, 154
DelayOff2	138, 154

Werks-Parameter	Function Code
PMax	234
PMin	234
TMax	234
TMin	234
SN (SN1, SN2)	235
HW_Nummer	235
HW_Index	235
PType	235
CalType	235

Tabelle 3: Parameterübersicht erweiterte Befehle

3.3.3 Function Code 112: Parameterflash löschen

Befehl	Antwort	
112	112	Antwort

1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte
--------	--------	--------	--------

Löscht das Parameterflash. Damit dieser Befehl ausgeführt werden kann, muss zuerst das Passwort gesendet werden (siehe Function Code 114, Kapitel 2.3.4).

Antwort Wertebereich: 0 Fehler
1 korrekt

Anmerkung:

Durch den Löschvorgang entstehen beim PTM 2-Leiter Stromspitzen, wodurch die Kommunikation gestört werden kann (d.h. die Antwort des Transmitters wird gestört). Als Workaround kann das Anwenderprogramm die Antwort ignorieren und durch einen Lesezugriff sicherstellen, dass der Löschvorgang erfolgreich war (bei den Befehlen 136 – 138 müssen alle Datenwörter 65535 sein).

Anmerkung:

Bitte beachten Sie das Kapitel: 5.1 Vorgehen beim Schreiben in den Speicher

3.3.4 Function Code 114: Passwort für Parameterflash-Modifikationen

Befehl			Antwort		
114	2001		114	Antwort	
1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte

Damit ein Löschen oder Schreiben des Parameter-Flash möglich ist, muss zuerst das Passwort übertragen werden. Nach Eingabe des Passwortes sind Lösch- und Schreiboperationen innerhalb der nächsten 10 Minuten resp. bis zum nächsten Reset möglich.

Antwort Wertebereich: 0 Passwort inkorrekt
1 Passwort korrekt

3.3.5 Function Code 136: User-Parameter 1 auslesen

Befehl	Antwort															
136	136	Adresse			LPSel		PUserZero		PUserFullscale		TUserZero		TUserFullscale		PUserCalZero	
1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.

Liest die Adresse, Dämpfung, Skalierungs- und Rekalibrations-Parameter aus.

Adresse Wertebereich: 1 ... 255

0 ist für Broadcast reserviert und nicht als Adresse zulässig.
240 ist der Defaultwert bei Auslieferung.

LPSel Beschreibung: Repräsentiert die eingestellte Dämpfung am Analogausgang.

Wertebereich: 0: ca. 30 Hz, Standard
1: 10 Hz
2: 1 Hz
3: 0.1 Hz

PUserZero Beschreibung: Nullpunktskalierung Analogausgang Pout von -5...105 %FS

Wertebereich: 19500 ... 30500, Standard: 20000 @ 0%FS

Berechnung: $4mA @ P[bar] = \frac{(P_{UserZero} - 20000)}{10000} * (P_N[bar] - P_{NP}[bar]) + P_{NP}[bar]$

PUserFullscale Beschreibung: Fullscale-Skalierung Analogausgang Pout von -5...105 %FS

Wertebereich: -500 ... 10500, Standard: 10000 @ 100%FS

Berechnung: $20mA @ P[bar] = \frac{P_{UserFullscale}}{10000} * (P_N[bar] - P_{NP}[bar]) + P_{NP}[bar]$

TUserZero Beschreibung: Nullpunkt-Skalierung Analogausgang Tout von -5...105 %FS

Wertebereich: 19500 ... 30500, Standard: 20000 @ 0%FS

Berechnung: $4mA @ T[°C] = \frac{(T_{UserZero} - 20000)}{10000} * (T_N[°C] - T_{NP}[°C]) + T_{NP}[°C]$

TUserFullscale Beschreibung: Fullscale-Skalierung Analogausgang Tout von -5...105 %FS

Wertebereich: -500 ... 10500, Standard: 10000 @ 100%FS

Berechnung: $20mA @ T[°C] = \frac{T_{UserFullscale}}{10000} * (T_N[°C] - T_{NP}[°C]) + T_{NP}[°C]$

PUserCalZero Beschreibung: Nullpunkt-Rekalibration

Wertebereich: 19500 ... 30500, Standard: 20000 @ 0%FS

Berechnung: siehe Kapitel 5.2 Rekalibration

PUserCalFullscale Beschreibung: Fullscale-Rekalibration

Wertebereich: -500 ... 10500, Standard: 10000 @ 100%FS

Berechnung: siehe Kapitel 5.2 Rekalibration

3.3.6 Function Code 137: User-Parameter 2 auslesen

Befehl	Antwort															
137	137	Desc1			Desc2		Desc3		Desc4		Desc5		Desc6		Desc7	
1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.

Liest die Description aus. Die Description umfasst maximal 16 Zeichen. Die Werte der einzelnen Bytes entsprechen den Dezimalwerten der ASCII-Tabelle, wobei das Low-Byte von Desc1 das erste und das High-Byte von Desc8 das letzte Zeichen darstellt. Werden nicht alle Zeichen benötigt, so werden die restlichen Bytes mit Nullen initialisiert. (siehe auch Function Code 153)

3.3.7 Function Code 234: Werks-Parameter 1 auslesen

Befehl	Antwort															
234	PMax1		PMax2		PMin1		PMin2		TMax1		TMax2		TMin1		TMin2	
1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.

Liest die Werksparameter der Druck- und Temperaturbereiche aus.

Alle	Wertebereich:	Ganzzahl (32bit Integer) zwischen 0 und $(2^{32}-1)$ Aufgeteilt in 2 DW zu je 2 Bytes.
PMax1, PMax2	Beschreibung:	Nenndruck des Transmitters
	Berechnung:	$P_{Max} = P_{Max2} * 65536 + P_{Max1}$ wenn $P_{Max} > 2^{31}$ $P_{Max} = (P_{Max2} * 65536 + P_{Max1}) - 2^{32}$ $P_N[bar] = \frac{P_{Max}}{100000}[bar]$ <i>Beispiel:</i> $P_{Max1} = 54464$ $P_{Max2} = 1$ $\rightarrow P_{Max} = 120000$ $\rightarrow P_N = 1.2 bar$
PMin1, PMin2	Beschreibung:	Nullpunktdruck des Transmitters
	Berechnung:	$P_{Min} = P_{Min2} * 65536 + P_{Min1}$ wenn $P_{Min} > 2^{31}$ $P_{Min} = (P_{Min2} * 65536 + P_{Min1}) - 2^{32}$ $P_{NP}[bar] = \frac{P_{Min}}{100000}[bar]$ <i>Beispiel:</i> $P_{Min1} = 31072$ $P_{Min2} = 65534 \rightarrow P_{Min} = -100'000$ $\rightarrow P_{NP} = -1 bar$
TMax1, TMax2	Beschreibung:	Temperaturbereichsende des Transmitters
	Berechnung:	$T_{Max} = T_{Max2} * 65536 + T_{Max1}$ wenn $T_{Max} > 2^{31}$ $T_{Max} = (T_{Max2} * 65536 + T_{Max1}) - 2^{32}$ $T_N[°C] = \frac{T_{Max}}{100000}[°C]$
TMin1, TMin2	Beschreibung:	Temperaturbereichsanfang des Transmitters
	Berechnung:	$T_{Min} = T_{Min2} * 65536 + T_{Min1}$ wenn $T_{Min} > 2^{31}$ $T_{Min} = (T_{Min2} * 65536 + T_{Min1}) - 2^{32}$ $T_{NP}[°C] = \frac{T_{Min}}{100000}[°C]$

3.3.8 Function Code 235: Werks-Parameter 2 auslesen

Befehl	Antwort															
235	SN1		SN2		HW_Ver		HW_Index		PTyp		CalTyp					
1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.

Liest die Werkspareparameter Seriennummer, Hardware Version, Hardware Index, Drucktyp und Kalibrationstyp aus.

SN1, SN2	Beschreibung: Seriennummer des Transmitters Wertebereich: Ganzzahl (32bit Integer) zwischen 0 und ($2^{32}-1$) Aufgeteilt in 2 DW (SN1 und SN2) zu je 2 Bytes. Berechnung: $\text{Seriennummer} = \text{SN2} * 65536 + \text{SN1}$ <i>Beispiel:</i> $\text{SN1} = 53597$ $\text{SN2} = 2 \rightarrow \text{Seriennummer} = 184669$
HW_Ver	Beschreibung: Hardware-Version des Transmitterprintes Wertebereich: 0 ... 9999 Darstellung: 6.00.xxxx.A
HW_Index	Beschreibung: Hardware-Index des Transmitterprintes Wertebereich: 65 ... 90 (ASCII-Werte dezimal für A ... Z) Darstellung: 6.00.0000.x
PTyp	Beschreibung: Gibt den Drucktypen des Transmitters an Wertebereich: 0: a Absolutdruck 1: g Relativdruck 2: sg Überdruck
CalTyp	Beschreibung: Temperatur-Kalibrationstyp Wertebereich: 0: passive Temperaturkompensation 1: aktive Temperaturkompensation (Erklärung zur aktiven resp. passiven Temperaturkompensation siehe Kapitel 1 PTM Transmittertypen)

3.3.9 Function Code 152: User-Parameter 1 schreiben

Befehl																Antwort		
152	Adresse				LPSEL		PUserZero		PUserFullscale		TUserZero		TUserFullscale		PUserCalZero		PUserCalFullscale	
1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.

152	1
1 B.	1 B.

Schreibt die Adresse, Dämpfung, Skalierungs- und Rekalibrations-Parameter ins Flash.

Adresse: Wertebereich: 1 ... 255;
 0 ist für den Broadcast reserviert und nicht als Adresse zulässig.
 240 ist der Defaultwert bei Auslieferung.

LPSEL: Beschreibung: Repräsentiert die eingestellte Dämpfung am Analogausgang.
 Wertebereich:

0:	ca. 30 Hz	Standard
1:	10 Hz	
2:	1 Hz	
3:	0.1 Hz	

Für die Berechnungen von PUserZero und PUserFullscale ist zu folgendes zu beachten:
 Die minimale Spanne ($P[\text{bar}]@20\text{mA} - P[\text{bar}]@4\text{mA}$) darf nicht kleiner als 25% des Nennbereiches und nicht kleiner als 50 mbar sein.

PUserZero Beschreibung: Nullpunktskalierung Analogausgang Pout von -5...105 %FS

Wertebereich: 19500 ... 30500, Standard: 20000 @ 0%FS

Berechnung:
$$P_{UserZero} = \frac{(P[bar] @ 4mA - P_{NP}[bar])}{(P_N[bar] - P_{NP}[bar])} * 10000 + 20000$$

PUserFullscale Beschreibung: Fullscale-Skalierung Analogausgang Pout von -5...105 %FS

Wertebereich: -500 ... 10500, Standard: 10000 @ 100%FS

Berechnung:
$$P_{UserFullscale} = \frac{P[bar] @ 20mA - P_{NP}[bar]}{(P_N[bar] - P_{NP}[bar])} * 10000$$

Für die Berechnungen von TUserZero und TUserFullscale ist folgendes zu beachten:

Die minimale Spanne ($T[°C] @ 20mA - T[°C] @ 4mA$) darf nicht kleiner als 25% des Nennbereiches sein.

TUserZero Beschreibung: Nullpunkt-Skalierung Analogausgang Tout von -5...105 %FS

Wertebereich: 19500 ... 30500, Standard: 20000 @ 0%FS

Berechnung:
$$T_{UserZero} = \frac{(T[°C] @ 4mA - T_{NP}[°C])}{(T_N[°C] - T_{NP}[°C])} * 10000 + 20000$$

TUserFullscale Beschreibung: Fullscale-Skalierung Analogausgang Tout von -5...105 %FS

Wertebereich: -500 ... 10500, Standard: 10000 @ 100%FS

Berechnung:
$$T_{UserFullscale} = \frac{(T[°C] @ 20mA - T_{NP}[°C])}{(T_N[°C] - T_{NP}[°C])} * 10000$$

PUserCalZero Beschreibung: Nullpunkt-Rekalibration

Wertebereich: 19500 ... 30500, Standard: 20000 @ 0%FS

Berechnung: siehe Kapitel 5.2 Rekalibration

PUserCalFullscale Beschreibung: Fullscale-Rekalibration

Wertebereich: -500 ... 10500, Standard: 10000 @ 100%FS

Berechnung: siehe Kapitel 5.2 Rekalibration

3.3.10 Function Code 153: User-Parameter 2 schreiben

Befehl															
153	Desc1			Desc2			Desc3			Desc4			Desc5		
1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.

Antwort		
153	1	
1 B.	1 B.	1 B.

Schreibt die Description ins Flash. Sie umfasst maximal 16 Zeichen. Die Werte der einzelnen Bytes entsprechen den Dezimalwerten der ASCII-Tabelle, wobei das Low-Byte von Desc1 das erste und das High-Byte von Desc8 das letzte Zeichen darstellt. Werden nicht alle Zeichen benötigt, so werden die restlichen Bytes mit Nullen initialisiert.

Beispiel: Zeichenkette 0 – 10 mWs/g

Zeichen	ASCII (Hex)	DW (Hex)	DW (Dez)	Description
"0"	0x30	2030h	8240d	Desc1
" "	0x20			
"_"	0x2D	202Dh	8237d	Desc2
" "	0x20			
"1"	0x31	3031h	12337d	Desc3
"0"	0x30			
" "	0x20	6D20h	27936d	Desc4
"m"	0x6D			
"W"	0x57	7357h	29527d	Desc5
"s"	0x73			
" "	0x20	6720h	26400d	Desc6
"g"	0x67			
	0x00	0000h	0d	Desc7
	0x00			
	0x00	0000h	0d	Desc8
	0x00			

Vorgehen beim Schreiben in den Speicher

Aufgrund des Speicheraufbaus ist es notwendig beim Beschreiben des Flashs folgenden Ablauf einzuhalten:

1. Lesen der User-Parameter (Function Code 136 – 138)
2. Zwischenspeicherung der Werte im PC
3. Senden des Passwortes (Function Code 114)
4. Löschen des Flashs (Function Code 112)
5. evtl. Auslesen des Flashs (Kontrolle des Löschvorgangs) (Function Code 136 – 138)
Beim Zurücklesen müssen die Parameter die Werte 65535 enthalten.
→ Da ab hier die Adresse somit auf einem undefinierten Wert steht, zum Schreiben der Parameter die Adresse 0 verwenden, unter welcher die Transmitter jederzeit, unabhängig von der Adresseneinstellung, angesprochen werden können.
6. Zusammenstellen der neuen User-Parameter
7. Schreiben der User-Parameter (Function Code 152 – 154)
Es müssen immer alle drei Function Codes nacheinander geschrieben werden!
Es können nicht einzelne Parameter oder Zeilen partiell überschrieben werden!
8. Auslesen des Flashs (Kontrolle des Schreibvorganges) (Function Code 136 – 138)
Sollte der Schreibvorgang fehlgeschlagen sein, muss bei Punkt 4 weitergefahren werden.

4 Modbus Layer 7 Protokoll

4.1 Allgemeines

Das Modbus Layer 7 Protokoll wird beim PTM digital verwendet, der mit der RS485 Schnittstelle netzwerkfähig ist.

Als Grundlage dieses Protokolls ist das Dokument [2], MODBUS Application Protocol Specification, zu betrachten.

Die Zugriffe auf die Daten werden über fixe Funktionscodes mit einem Indexsystem gelöst. Es wird dazu ein Startindex (SI; ab welchem Index lesen/schreiben) und die Länge (L; wie viele Indizes) mitgegeben. Teilweise wird die Länge auch mit einem ByteCount (BC) mitgegeben, wobei ByteCount mit der Formel $2 * \text{Länge}$ zu berechnen ist.

Bei diesem Protokoll gelten folgende Nebenbedingungen zum Modbus:

1. Die Parameter (Daten ohne Startindex, Länge oder ByteCount) werden als 2-Byte Datenworte (DW) übertragen.
2. Die maximale Anzahl an Parameterbytes (Daten ohne Startindex, Länge oder ByteCount) liegt bei 16, 8 DW. Die maximale Telegrammlänge inklusive Adresse, Funktionscode, Startindex, Länge, ByteCount und CRC-Summe ist somit 25 Bytes (bei Funktionscode 16, Write Multiple Registers).
3. Die Adresse 0 ist im Modbus Layer 7 Protokoll eine Broadcastadresse, dass heisst, dass alle angeschlossenen Transmitter den Befehl ausführen und keiner antwortet.
4. Es werden die Adressen 1...247 als mögliche Transmitteradressen zugelassen. Default ist die Adresse 240.
5. Die Startindizes sind immer so angelegt worden, dass maximale Blöcke von acht aufeinander folgenden Indizes entstehen. Diese Länge kann der Empfangspeicher des PTM noch verarbeiten.

4.2 Standard-Befehle

4.2.1 Befehlsübersicht

Nachfolgend sind die Standard-Befehle aufgelistet. Die Sende- und Antwortlänge sind in Datenbytes inklusive Adresse, Function Code und CRC-Summe angegeben.

Function Code	Beschreibung	2-Leiter	Digital	Sendelänge	Antwortlänge
04	Read Input Registers		X	8	$5 + 2 * \text{Länge}$

Tabelle 4: Befehlsübersicht Standard-Befehle

4.2.2 Function Code 04: Read Input Register

Befehl					Antwort							
04	StartIndex		Länge		04	ByteCount	DW1		DW2			DWn
1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.		1 B. 1 B.

Die Anzahl der Datenwörter (1...maximal 8) ist von der aufgerufenen Länge abhängig.
ByteCount wird dabei zu den Anzahl gesendeten Datenbytes, oder $2 * \text{Länge}$.

4.2.3 Startindexübersicht

Die Parameter können im Funktionscode 04 unter folgendem Startindex ausgelesen werden:

User-Parameter	Startindex	Zugriff
Druck Messwert	0	r
Temperatur Messwert	1	r
Software Version	7	r

Tabelle 5: Startindexübersicht Standard-Befehle

Zugriff r: nur lesen

4.2.4 Startindex 0: Druckmesswert

Druck Wertebereich: 0 ... 10000 Punkte

$$\text{Umrechnung: } P[\text{bar}] = \text{Druck} * \frac{(P_N[\text{bar}] - P_{NP}[\text{bar}])}{10000} + P_{NP}[\text{bar}]$$

4.2.5 Startindex 1: Temperaturmesswert

Temperatur Wertebereich: 0 ... 10000 Punkte

$$\text{Umrechnung: } T[^\circ\text{C}] = \text{Temperatur} * \frac{(T_N[^\circ\text{C}] - T_{NP}[^\circ\text{C}])}{10000} + T_{NP}[^\circ\text{C}]$$

4.2.6 Startindex 7: Software Version

Version Wertebereich: Ganzzahl (16bit Unsigned Integer) zwischen 0 und 65535

Berechnung: Softwareversion = Versionsnummer / 100

Beispiel: Versionsnummer 202 $\equiv$ Softwareversion 2.02

4.3 Erweiterte-Befehle

4.3.1 Befehlsübersicht

Nachfolgend sind die erweiterten Befehle aufgelistet. Die Sende- und Antwortlänge sind in Datenbytes inklusive Adresse, Function Code und CRC-Summe angegeben.

Function Code	Beschreibung	2-Leiter	Digital	Sendelänge	Antwortlänge
03	Read Holding Registers		X	8	5 + 2 * Länge
16	Write Multiple Registers		X	9 + 2 * Länge	8

Tabelle 6: Befehlsübersicht erweiterte Befehle

4.3.2 Function Code 03: Read Holding Register

Befehl					Antwort						
03	StartIndex	Länge			03	ByteCount	DW1	DW2		DWn	
1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.

Die Anzahl der Datenwörter (1...maximal 8) ist von der aufgerufenen Länge abhängig. ByteCount wird dabei zu den Anzahl gesendeten Datenbytes, oder 2 * Länge.

4.3.3 Function Code 16: Write Multiple Register

Befehl							Antwort				
16	StartIndex	Länge		BC	DW1		DWn	16	StartIndex	Länge	
1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.

Die Anzahl der Datenwörter (1...maximal 8) ist von der verwendeten Länge abhängig. ByteCount wird dabei zu den Anzahl zu sendenden Datenbytes, oder 2 * Länge.

4.3.4 Startindexübersicht

Die Parameter können mit den beiden Funktionscodes 03 und 16 unter folgendem Startindex ausgelesen oder beschrieben werden:

User-Parameter	Startindex	Zugriff	Werks-Parameter	Startindex	Zugriff
Befehlssatz Layer 7	0	rw	PMax	200 + 201	r
User-Passwort setzen	2	w	PMin	202 + 203	r
User-Passwort setzen + Daten löschen	4	w	TMax	204 + 205	r
Adresse	20	rw	TMin	206 + 207	r
LPSEL	21	rw	SN (SN1, SN2)	210 + 211	r
PUserZero	22	rw	HW_Nummer	212	r
PUserFullscale	23	rw	HW_Index	213	r
TUserZero	24	rw	PTyp	214	r
TUserFullscale	25	rw	CalTyp	215	r
PUserCalZero	26	rw			

PUserCalFullscale	27	rw
Description (je zwei Zeichen)	30...37	rw

Tabelle 7: Startindexübersicht erweiterte Befehle

Zugriff	r:	nur lesen
	w:	nur schreiben
	rw:	lesen und schreiben

4.3.5 Startindex 0: Befehlssatz Layer 7

Liest oder setzt den zu verwendenden Befehlssatz auf Layer 7 Ebene.

Befehlssatz	Wertebereich:	0 1	Modbus Layer 7 Befehlssatz STS Layer 7 Befehlssatz
-------------	---------------	--------	---

Nach dem Aufstarten ist der digitale Transmitter immer im Modbus Layer 7 Befehlssatz. Der Modus STS Layer 7 Befehlssatz lässt sich nicht speichern, das ist ein flüchtiger Zustand. Dieser wird bei einem Reset zurückgesetzt.

Wichtig: Im STS Layer 7 Befehlssatz sind die beiden Funktionscodes 03 und 16 nach Modbus Layer 7 Befehlssatz auch implementiert worden. Damit lässt sich ein Transmitter auch wieder zurück auf den Modbus Layer 7 Befehlssatz setzen.

4.3.6 Startindex 2: Passwort für Parameterflash-Modifikationen

Damit ein Löschen oder Schreiben des Parameter-Flash möglich ist, muss zuerst das Passwort übertragen werden. Nach Eingabe des Passwortes sind Lösch- und Schreiboperationen innerhalb der nächsten 10 Minuten resp. bis zum nächsten Reset möglich.

Dieser Befehl hat nur Schreibzugriff!

Befehl Wertebereich: 2001 User Passwort

4.3.7 Startindex 4: Passwort für Parameterflash-Modifikationen und löschen

Damit ein Löschen oder Schreiben des Parameter-Flash möglich ist, muss zuerst das Passwort übertragen werden. Nach Eingabe des Passwortes sind Lösch- und Schreiboperationen innerhalb der nächsten 10 Minuten resp. bis zum nächsten Reset möglich. Gleichzeitig wird mit diesem Befehl das Parameterflash auch gleich gelöscht und ist anschliessend bereit für Schreibzugriffe.

Dieser Befehl hat nur Schreibzugriff!

Befehl Wertebereich: 2001 User Passwort

4.3.8 Startindex 20: Adresse

Adresse	Beschreibung: Geräteadresse des Modbus Protokolls Wertebereich: 1 ... 247 0 ist für Broadcast reserviert und nicht als Adresse zulässig. 240 ist der Defaultwert bei Auslieferung.
---------	---

4.3.9 Startindex 21: Dämpfungsfiter

LPSel:	Beschreibung:	Repräsentiert die eingestellte Dämpfung am Analogausgang des Druckmesskanals.
	Wertebereich:	0: ca. 30 Hz Standard 1: 10 Hz 2: 1 Hz 3: 0.1 Hz

4.3.10 Startindex 22: Druck Nullpunktskalierung Analogausgang

PUserZero	Beschreibung:	Nullpunktskalierung Analogausgang Pout von -5...105 %FS
	Wertebereich:	19500 ... 30500, Standard: 20000 @ 0%FS
lesen:		$4mA @ P[bar] = \frac{(P_{UserZero} - 20000)}{10000} * (P_N[bar] - P_{NP}[bar]) + P_{NP}[bar]$
schreiben:		$P_{UserZero} = \frac{(P[bar] @ 4mA - P_{NP}[bar])}{(P_N[bar] - P_{NP}[bar])} * 10000 + 20000$

4.3.11 Startindex 23: Druck Fullscale-Skalierung Analogausgang

PUserFullscale	Beschreibung:	Fullscale-Skalierung Analogausgang Pout von -5...105 %FS
	Wertebereich:	-500 ... 10500, Standard: 10000 @ 100%FS
lesen:		$20mA @ P[bar] = \frac{P_{UserFullscale}}{10000} * (P_N[bar] - P_{NP}[bar]) + P_{NP}[bar]$
schreiben:		$P_{UserFullscale} = \frac{P[bar] @ 20mA - P_{NP}[bar]}{(P_N[bar] - P_{NP}[bar])} * 10000$

4.3.12 Startindex 24: Temperatur Nullpunktskalierung Analogausgang

TUserZero	Beschreibung:	Nullpunkt-Skalierung Analogausgang Tout von -5...105 %FS
	Wertebereich:	19500 ... 30500, Standard: 20000 @ 0%FS
lesen:		$4mA @ T[°C] = \frac{(T_{UserZero} - 20000)}{10000} * (T_N[°C] - T_{NP}[°C]) + T_{NP}[°C]$
schreiben:		$T_{UserZero} = \frac{(T[°C] @ 4mA - T_{NP}[°C])}{(T_N[°C] - T_{NP}[°C])} * 10000 + 20000$

4.3.13 Startindex 25: Temperatur Fullscale-Skalierung Analogausgang

TUserFullscale	Beschreibung:	Fullscale-Skalierung Analogausgang Tout von -5...105 %FS
	Wertebereich:	-500 ... 10500, Standard: 10000 @ 100%FS
lesen:		$20mA @ T[°C] = \frac{T_{UserFullscale}}{10000} * (T_N[°C] - T_{NP}[°C]) + T_{NP}[°C]$
schreiben:		$T_{UserFullscale} = \frac{(T[°C] @ 20mA - T_{NP}[°C])}{(T_N[°C] - T_{NP}[°C])} * 10000$

4.3.14 Startindex 26: Druck Nullpunkt-Rekalibration

PUserCalZero	Beschreibung:	Nullpunkt-Rekalibration
--------------	---------------	-------------------------

Wertebereich: 19500 ... 30500, Standard: 20000 @ 0%FS
 Berechnung: siehe Kapitel 5.2 Rekalibration

4.3.15 Startindex 27: Druck Fullscale-Rekalibration

PUserCalFullscale Beschreibung: Fullscale-Rekalibration
 Wertebereich: -500 ... 10500, Standard: 10000 @ 100%FS
 Berechnung: siehe Kapitel 5.2 Rekalibration

4.3.16 Startindex 30...37: Gerätebeschreibung

Die Description umfasst maximal 16 Zeichen. Die Werte der einzelnen Bytes entsprechen den Dezimalwerten der ASCII-Tabelle, wobei das Low-Byte von Desc1 das erste und das High-Byte von Desc8 das letzte Zeichen darstellt. Werden nicht alle Zeichen benötigt, so werden die restlichen Bytes mit Nullen initialisiert.

Beispiel: Zeichenkette 0 – 10 mWs g

Zeichen	ASCII (Hex)	DW (Hex)	DW (Dez)	Description
"0"	0x30	2030h	8240d	Desc1
" "	0x20			
"."	0x2D	202Dh	8237d	Desc2
" "	0x20			
"1"	0x31	3031h	12337d	Desc3
"0"	0x30			
" "	0x20	6D20h	27936d	Desc4
"m"	0x6D			
"W"	0x57	7357h	29527d	Desc5
"s"	0x73			
" "	0x20	6720h	26400d	Desc6
"g"	0x67			

	0x00	0000h	0d	Desc7
	0x00			
	0x00	0000h	0d	Desc8
	0x00			

4.3.17 Startindex 200+201: Nenndruck

Datentyp signed long

PM_{Max1}, PM_{Max2} Beschreibung: Nenndruck des Transmitters
 Berechnung: $PM_{Max} = PM_{Max2} * 65536 + PM_{Max1}$
 wenn $PM_{Max} > 2^{31}$
 $PM_{Max} = (PM_{Max2} * 65536 + PM_{Max1}) - 2^{32}$
 $P_N [bar] = \frac{PM_{Max}}{100000} [bar]$
 Beispiel: $PM_{Max1} = 54464$
 $PM_{Max2} = 1$ -> $PM_{Max} = 120000$
 -> $P_N = 1.2 bar$

4.3.18 Startindex 202+203: Nullpunktdruck

Datentyp signed long

PM_{Min1}, PM_{Min2} Beschreibung: Nullpunktdruck des Transmitters
 Berechnung: $PM_{Min} = PM_{Min2} * 65536 + PM_{Min1}$
 wenn $PM_{Min} > 2^{31}$
 $PM_{Min} = (PM_{Min2} * 65536 + PM_{Min1}) - 2^{32}$
 $P_{NP} [bar] = \frac{PM_{Min}}{100000} [bar]$
 Beispiel: $PM_{Min1} = 31072$
 $PM_{Min2} = 65534$ -> $PM_{Min} = -100'000$
 -> $P_{NP} = -1 bar$

4.3.19 Startindex 204+205: Temperaturbereichsende

Datentyp signed long

TMax₁, TMax₂ Beschreibung: Temperaturbereichsende des Transmitters
 Berechnung: $TMax = TMax2 * 65536 + TMax1$
 wenn $TMax > 2^{31}$
 $TMax = (TMax2 * 65536 + TMax1) - 2^{32}$
 $T_N [°C] = \frac{TMax}{100000} [°C]$

4.3.20 Startindex 206+207: Temperaturbereichsanfang

Datentyp	signed long
TMin1, TMin2	Beschreibung: Temperaturbereichsanfang des Transmitters
	Berechnung: $TMin = TMin2 * 65536 + TMin1$
	wenn $TMin > 2^{31}$
	$TMin = (TMin2 * 65536 + TMin1) - 2^{32}$
	$T_{NP} [^{\circ}C] = \frac{TMin}{100000} [^{\circ}C]$

4.3.21 Startindex 210+211: Seriennummer

Datentyp	unsigned long
SN1, SN2	Beschreibung: Seriennummer des Transmitters
	Wertebereich: Ganzzahl (32bit Integer) zwischen 0 und $(2^{32}-1)$
	Aufgeteilt in 2 DW (SN1 und SN2) zu je 2 Bytes.
	Berechnung: $Seriennummer = SN2 * 65536 + SN1$
	Beispiel: $SN1 = 53597$
	$SN2 = 2 \rightarrow Seriennummer = 184669$

4.3.22 Startindex 212: Hardware-Version

HW_Ver	Beschreibung: Hardware-Version des Transmitterprintes
	Wertebereich: 0 ... 9999
	Darstellung: 6.00.xxxx.A

4.3.23 Startindex 213: Hardware-Index

HW_Index	Beschreibung: Hardware-Index des Transmitterprintes
	Wertebereich: 65 ... 90 (ASCII-Werte dezimal für A ... Z)
	Darstellung: 6.00.0000.x

4.3.24 Startindex 214: Drucktyp

PTyp	Beschreibung: Gibt den Drucktypen des Transmitters an
	Wertebereich: 0: a Absolutdruck
	1: g Relativdruck
	2: sg Überdruck

4.3.25 Startindex 215: Temperatur-Kalibrationstyp

CalTyp	Beschreibung: Temperatur-Kalibrationstyp
	Wertebereich: 0: passive Temperaturkompensation
	1: aktive Temperaturkompensation
	(Erklärung siehe Kapitel 1 PTM Transmittertypen)

4.4 Exceptionhandling

4.4.1 Allgemeines

Im Modbus Layer 7 Protokoll werden fehlerhafte Zugriff auf einen Knoten von diesem mit einer Exception beantwortet. Fehlerhaft bedeutet dabei aber nicht:

- Falsche Geräteadresse
- Fehlerhafte CRC-Summe

Bei diesen Fällen darf keine Antwort gesendet werden.

Die Exceptionantwort zeichnet sich dadurch aus, dass der Funktionscode um 128 erhöht worden ist. Als Beispiel wird bei einem Funktionscode 03 die Antwort bei einer Exception mit dem Funktionscode 131 empfangen.

4.4.2 Exceptionantwort

Befehl					Antwort	
xx					xx + 128	ExceptionCode
1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.	1 B.

Wie oben beschrieben wird der Funktionscode bei der Antwort um 128 erhöht. Mit dem Exceptioncode kann herausgefunden werden, warum beim Empfänger ein Fehler aufgetreten ist.

4.4.3 Exceptioncodes

Als Exceptioncodes kommen dabei in Frage:

ExceptionCode	Fehlerbeschreibung
1	Der im Befehl verwendete Funktionscode wird vom Gerät nicht unterstützt.
2	a) Der im Befehl verwendete StartIndex wird vom Gerät nicht unterstützt. b) Die im Befehl verwendete Länge ist zu gross für diesen StartIndex.
3	Die im Befehl verwendete Länge ist 0.
4	a) Auf einem im Befehl verwendeten Index sind nicht genug Rechte vorhanden (schreiben/lesen). b) Der Wertebereich der zu schreibenden Daten ist verletzt worden.

Tabelle 8: Exceptioncodes

4.5 Vorgehen beim Schreiben in den Speicher

Aufgrund des Speicheraufbaus ist es notwendig beim Beschreiben des Flashs folgenden Ablauf einzuhalten:

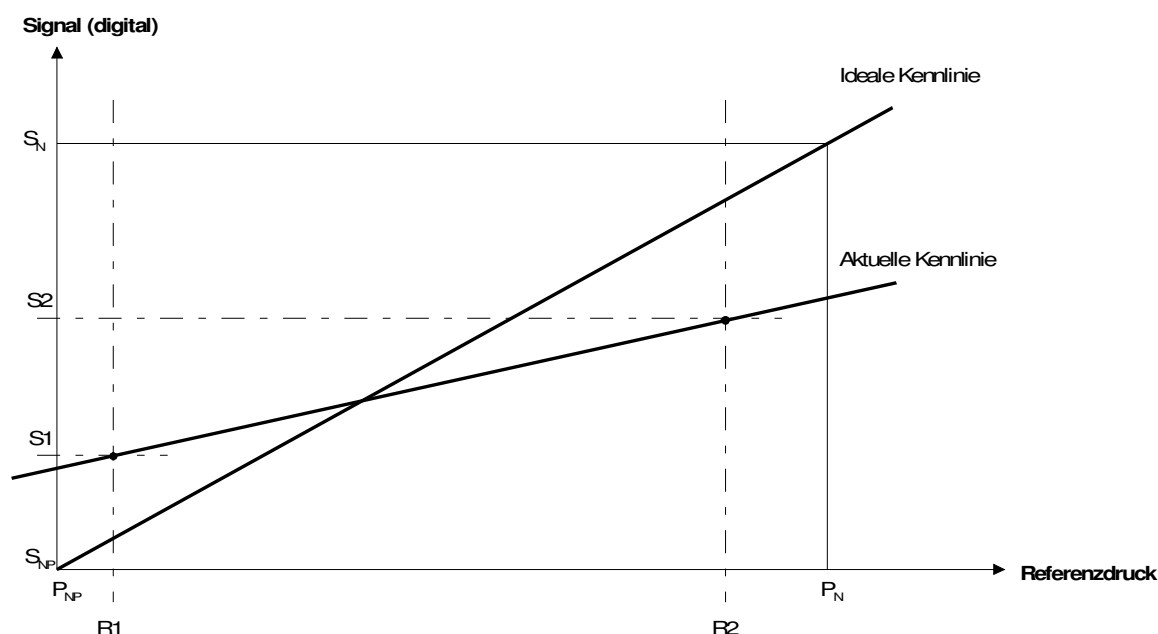
1. Lesen der User-Parameter (Function Code 03, Startindex 20 + 30, je Länge 8)
2. Zwischenspeicherung der Werte im PC
3. Schreiben des Passwortes und Löschen des Flashs (Function Code 16, Startindex 4, Länge 1)
Nach dem Löschen des Flashs ist die Adresse per Default auf 240 (0xF0) eingestellt, bis sie mit dem ersten Schreibzugriff auf den Startindex 20 neu gesetzt wird, siehe Punkt 6.
Deshalb sollte die Adresse 240 nur verwendet werden, wenn nur ein Transmitter im Netz ist.
Sobald mehrere Transmitter im Netz angeschlossen sind, so sollte kein Transmitter auf der permanenten Adresse 240 betreiben werden, da sonst beim Parametrisieren Kollisionen auf dem Bus auftreten können!
4. evtl. Auslesen des Flashs (Kontrolle des Löschvorgangs) (Function Code 03, Startindex 20 + 30, je Länge 8)
Beim Zurücklesen müssen die Parameter die Werte 65535 enthalten.
5. Zusammenstellen der neuen User-Parameter
6. Schreiben der User-Parameter (Function Code 16, Startindex 20 + 30, je Länge 8)
Es ist zu beachten, dass als erstes der Startindex 20 beschrieben werden soll, damit die Adresse neu gesetzt wird. Ab hier kann anschliessend die richtige Adresse weiter verwendet werden.
Es müssen immer alle drei Indexblöcke nacheinander geschrieben werden!
Es können nicht einzelne Parameter oder Zeilen partiell überschrieben werden!
7. Auslesen des Flashs (Kontrolle des Schreibvorganges) (Function Code 03, Startindex 20 + 30, je Länge 8)
Sollte der Schreibvorgang fehlgeschlagen sein, muss bei Punkt 3 weitergefahren werden.

5 Vorgehen und Berechnungen

5.1 Rekalkulation

5.1.1 Allgemeines

Die Sensoren sind vom Werk aus kalibriert. Aufgrund von Langzeitdrifts können jedoch Nullpunkt- und Fullscale-Fehler entstehen. Die Rekalkulation ermöglicht es, beides in einem gewissen Mass zu kompensieren. Es ist zu empfehlen, dass eine Rekalkulation nur dann durchgeführt wird, wenn eine Druckreferenz zur Verfügung steht, die mindestens 5 mal genauer als die Sensorgenauigkeit ist. Weiter ist zu beachten, dass die Sensorlage für die Kalibration entscheidend sein kann. Im Werk werden die Sensoren aufrecht, mit der Messzelle nach unten, bei Raumtemperatur abgeglichen.



Figur 7: Berechnung der Rekalkulation

Kürzel	Beschreibung	Wertebereich	Einheit
P_{NP}	Nullpunktdruck des Transmitters	fest nach Auftrag	[Einheit]
P_N	Nennndruck des Transmitters	fest nach Auftrag	[Einheit]
R1	Referenzdruck im Bereich von -5 ... 10 %FS	Referenzmessung	[Einheit]
R2	Referenzdruck im Bereich von 90 ... 105 %FS	Referenzmessung	[Einheit]
S_{NP}	Digitales Drucksignal bei Nullpunktdruck des Transmitters	0	[Digits]
S_N	Digitales Drucksignal bei Nennndruck des Transmitters	10000	[Digits]
S1	Digitales Drucksignal bei R1	PTM Messung, -500 ... 10500	[Digits]
S2	Digitales Drucksignal bei R2	PTM Messung, 500 ... 10500	[Digits]

Tabelle 9: Rekalkulationssignale

5.1.2 STS Layer 7 Protokoll

Die Werte S1 und S2 werden mit dem Function Code 03 (siehe Kapitel 3.2.2) ausgelesen. Wichtig ist, dass die Referenzdruckwerte R1 und R2 gleichzeitig mit S1 und S2 bestimmt werden. PUserCalFullscale

und PUserCalZero werden mit dem Function Code 136 (siehe Kapitel 3.3.5) ausgelesen und mit dem Function Code 152 (siehe Kapitel 3.3.10) beschrieben.

5.1.3 Modbus Layer 7 Protokoll

Die Werte S1 und S2 werden mit dem Function Code 04 und Startindex 0 (siehe Kapitel 4.2.4) ausgelesen. Wichtig ist, dass die Referenzdruckwerte R1 und R2 gleichzeitig mit S1 und S2 bestimmt werden. PUserCalFullscale und PUserCalZero werden mit dem Function Code 03 und Startindex 26 und 27 (siehe Kapitel 4.3.14/15) ausgelesen und mit dem Function Code 16 und Startindex 26 und 27 (siehe Kapitel 4.3.14/15) beschrieben.

5.1.4 Berechnung

Die Berechnung für die Rekalibration der PTM-Transmitter ergibt sich wie folgt:

Aktuelle Steigung im PTM berechnen:

$$G_{PTM} = \frac{10000}{(PUserCalFullscale_{alt} - (PUserCalZero_{alt} - 20000))}$$

Offset

Bei einer reinen Offset-Rekalibration gilt:

$$G = \frac{(S_N - S1)}{(P_N - R1)}$$

Bei einer Offset- und Fullscale-Rekalibration gilt:

$$G = \frac{(S2 - S1)}{(R2 - R1)}$$

somit ergibt sich:

$$PUserCalZero_{neu} = PUserCalZero_{alt} + \frac{(S1 - (R1 - P_{NP}) * G)}{G_{PTM}}$$

Fullscale

Wird eine reine Fullscale-Rekalibration durchgeführt:

$$G = \frac{(S2 - S_{NP})}{(R2 - P_{NP})}$$

Wird eine Offset- und Fullscale-Rekalibration gemacht:

$$G = \frac{(S2 - S1)}{(R2 - R1)}$$

somit ergibt sich:

$$PUserCalFullscale_{neu} = PUserCalFullscale_{alt} - \frac{(S_N - S2 - (P_N - R2) * G)}{G_{PTM}}$$

5.2 Einheitenumrechnungen

5.2.1 Druckeinheiten

Im Folgenden sind die Umrechnungsfaktoren zur Umrechnung einer beliebigen Einheit in die Einheit bar angegeben.

Einheit	Umrechnungsfaktor
bar	1
ft H ₂ O	0.02989
ft WC	0.02989
hPa	0.001
inHG	0.03386
inH ₂ O	0.00249
inWG	0.00249
kg [*] /cm ²	0.98067
kPa	0.01
kp/cm ²	0.98067
lbf/in ²	0.06895
mbar	0.001
mCE	0.09807
mFC	0.07993

Einheit	Umrechnungsfaktor
mFG	0.09464
mH ₂ O	0.09807
mmHg	0.00133
mmH ₂ O	0.0001
mmWC	0.0001
mmWG	0.0001
mmWS	0.0001
MPa	10
mWC	0.09807
mWG	0.09807
mWS	0.09807
Pa	0.00001
psi	0.06895

Tabelle 10: Druckeinheiten

5.2.2 Temperatureinheiten

Kelvin -> Grad Celsius:

$$T[^{\circ}\text{C}] = T[\text{K}] - 273.15$$

Grad Celsius -> Kelvin:

$$T[\text{K}] = T[^{\circ}\text{C}] + 273.15$$

Grad Fahrenheit -> Grad Celsius:

$$T[^{\circ}\text{C}] = 5/9 * T[^{\circ}\text{F}] - 160/9$$

Grad Celsius -> Grad Fahrenheit:

$$T[^{\circ}\text{F}] = 9/5 * T[^{\circ}\text{C}] + 32$$