



**HySense® CM 100/  
HySense® CL 1xx  
Öl-Zustandsensoren**  
Bedienungsanleitung

# BEDIENUNGSANLEITUNG

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | Leistungsmerkmale und Messprinzipien .....  | 4  |
| 1.1   | Allgemeines .....   | 4  |
| 1.2   | Temperaturmessung .....   | 4  |
| 1.3   | Feuchtigkeitsmessung .....  | 4  |
| 1.3.1 | Relative Feuchtigkeit .....   | 4  |
| 1.3.2 | Absolute Feuchtigkeit .....   | 5  |
| 1.4   | Leitfähigkeitsmessung .....   | 5  |
| 1.5   | Messung der relativen Permittivität .....   | 5  |
| 1.6   | Füllstandsmessung .....   | 6  |
| 1.7   | Betriebsstundenzähler .....   | 6  |
| 1.8   | Datenlogger .....   | 6  |
| 1.9   | Ölzustand .....   | 6  |
| 1.10  | Bestimmung der Remaining Useful Lifetime (RUL) .....  | 6  |
| 1.11  | Gültigkeitsbereich und Rahmenbedingungen der automatischen Ölzustandsbeurteilung und RUL-Berechnung ..... | 7  |
| 1.12  | Übersicht aller gemessenen und abgeleiteter Parameter .....   | 8  |
| 1.13  | Kalibrierung und Überprüfung der Sensorfunktion .....   | 10 |
| 1.14  | Übersicht ausgegebener Parameter für einzelne Befehle .....   | 10 |
| 2.    | Technische Daten .....  | 13 |
| 2.1   | Allgemeine Daten .....  | 13 |
| 2.2   | Abmessungen .....   | 14 |
| 3.    | Montage .....   | 15 |
| 3.1   | Zulässige mechanische Belastungen .....   | 16 |
| 4.    | Elektrischer Anschluss .....  | 17 |
| 4.1   | Allgemeines und Sicherheitshinweis .....  | 17 |
| 4.2   | Analoge Stromausgänge (4..20 mA) - Messung ohne Lastwiderstand .....                                      | 17 |
| 4.3.  | Analoge Stromausgänge (4..20 mA) - Messung mit Lastwiderstand .....                                       | 17 |
| 4.3.1 | Lastwiderstand .....  | 18 |
| 4.3.2 | Kalibrierung .....  | 18 |
| 5.    | Kommunikation .....   | 20 |
| 5.1   | Serielle Schnittstelle (RS232) .....  | 20 |
| 5.1.1 | Schnittstellenparameter .....   | 20 |
| 5.2   | Befehlsliste .....  | 21 |
| 5.2.1 | Lesebefehle .....   | 21 |
| 5.3   | Schreibbefehle .....  | 22 |
| 5.4   | CRC Berechnung .....  | 24 |
| 5.5   | Terminalprogramm (Beispiel Microsoft Windows Hyper Terminal) .....  | 24 |
| 5.6   | Setzen der analogen Stromanfänge .....  | 25 |
| 5.7   | Sequentielle Ausgabe der Werte .....  | 26 |
| 5.8   | Ausgabetriggerung .....   | 26 |
| 5.9   | Speichertriggerung .....  | 26 |
| 5.10  | Konfiguration für automatische Zustandsbewertung .....  | 27 |
| 6.    | CAN .....   | 27 |
| 6.1   | CAN Kommunikation .....   | 27 |
| 6.2   | CANopen .....   | 28 |
| 6.3   | „CANopen Object Dictionary“ allgemein .....   | 28 |
| 6.4   | CANopen Communication Objects .....   | 29 |
| 6.5   | Service Data Object (SDO) .....   | 30 |
| 6.6   | Process Data Object (PDO) .....   | 31 |
| 6.7   | PDO Mapping .....   | 32 |
| 6.8   | „CANopen Object Dictionary“ detailliert .....   | 33 |
| 7     | Inbetriebnahme .....  | 38 |
| 7.1   | Inbetriebnahme mit RS232 Schnittstelle .....  | 38 |
| 7.2   | Inbetriebnahme mit CAN Schnittstelle .....  | 38 |
| 7.3   | Funktionsumfang in Abhängigkeit der Konfiguration .....   | 38 |
| 8     | Fehlerbehebung .....  | 40 |
| 9     | Anwendungsbeispiel .....  | 42 |
| 10    | Anhang .....  | 43 |
| 10.1  | Errorbits Aufschlüsselungen .....   | 43 |

## **Sicherheits- und Bedienhinweise vor Inbetriebnahme lesen!**

**Hinweis:** Darstellungen entsprechen nicht immer genau dem Original. Durch irrtümlich gemachte Angaben entsteht kein Rechtsanspruch. Konstruktionsänderungen vorbehalten.

Die angegebenen Daten dienen der Produktbeschreibung. Sollten auch Angaben zur Verwendung gemacht werden, stellen diese nur Anwendungsbeispiele und Vorschläge dar. Katalogangaben sind keine zugesicherten Eigenschaften.

Die Angaben entbinden den Verwender nicht von eigenen Beurteilungen und Prüfungen.

Unsere Produkte unterliegen einem natürlichen Verschleiß- und Alterungsprozess.

© Alle Rechte bei Hydrotechnik GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.  
Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht verbleibt bei uns.

# 1. LEISTUNGSMERKMALE UND MESSPRINZIPIEN

## 1.1 Allgemeines

Der HySense® CM 100 / HySense® CL 120 / CL 130 / CL 160 (nachstehend CM 100 / CL 120 / CL 130 / CL 160 genannt) dient der Messung und Dokumentation von Veränderungen der Eigenschaften des Hydraulik- und Schmiermediums sowie zur gleichzeitigen Feuchte- und Temperaturmessung. Die entsprechenden Messwerte, auf deren Basis die Erkennung der Eigenschaftsveränderung geschieht, sowie die Temperatur und Feuchte, werden kontinuierlich erfasst, gespeichert und können zu jedem Zeitpunkt über eine serielle Schnittstelle ausgelesen werden. Die Abweichung der Messwerte von einer gespeicherten Referenz deutet auf Veränderungen hin, die interpretiert und näher untersucht werden sollten.

Aus gemessenen Öl-Parameteränderungen können Hinweise auf Zustandsänderungen wie z.B. Ölalterung, -auffrischung, -wechsel oder Wassereinbrüche abgeleitet werden. Hierdurch können Schäden ggf. bereits im frühen Stadium erkannt oder ganz vermieden werden. Dieses bietet die Möglichkeit durch geeignete Maßnahmen schwerwiegende Maschinenstörungen zu vermeiden sowie Wartungs- und Ölwechselintervalle zu verlängern. Ferner können aus den gemessenen Parametern und deren Änderung Informationen bzgl. durchgeführter Anlagenwartungen oder des Einsatzes des vorgeschriebenen Schmierstofftyps abgeleitet und dokumentiert werden.

Unter welchen Randbedingungen Zustandsveränderungen zu detektieren sind, ist in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Der Sensor erfasst die folgenden physikalischen Ölkenngößen sowie deren zeitlichen Verlauf:

- › Temperatur
- › relative Feuchtegehalt
- › Leitfähigkeit
- › relative Permittivität des Fluids
- › Füllstand<sup>1</sup>

Da insbesondere die Leitfähigkeit und die relative Permittivität eine starke Abhängigkeit von der Temperatur aufweisen, verfügt der Sensor über die Möglichkeit, diese Kenngrößen auf eine feste Referenztemperatur umzurechnen. Für die Umrechnung misst der Sensor kontinuierlich bei verschiedenen Temperaturen und ermittelt hierdurch die Temperaturgradienten der Kenngrößen.

Für die Ermittlung des Temperaturgradienten sind bei Inbetriebnahme des Sensors einige Temperaturzyklen erforderlich. Während des Betriebes wird der Temperaturgradient auch bei einem Wechsel oder bei Alterung des Öles kontinuierlich angepasst.

Die einzelnen Messgrößen sowie die weitere Sensorfunktionen werden im Folgenden näher beschrieben:

## 1.2 Temperaturmessung

Für die Messung der Öltemperatur kommt ein PT 1000 Platin-Widerstandsfühler zum Einsatz. Der Messbereich erstreckt sich von -20 °C bis 120 °C. Da sich der Widerstandsfühler direkt im Öl befindet, sollte die Leitfähigkeit des umgebenden Mediums einen Wert von 3 µSm (-1) nicht überschreiten.

## 1.3 Feuchtigkeitsmessung

Die Messung der relativen Feuchtigkeit (Formelzeichen:  $\varphi$ ) geschieht mit Hilfe eines kapazitiven Messwandlers. Der kapazitive Feuchtefühler detektiert die relative Feuchtigkeit im Messbereich zwischen 0 % und 100 %. Bei Vorliegen von freiem Wasser oder Emulsionen zeigt der Sensor 100 % an. Da sich der Feuchtefühler direkt im Öl befindet, sollte die Leitfähigkeit des umgebenden Mediums einen Wert von 3 MS/m nicht überschreiten.

### 1.3.1 Relative Feuchtigkeit

Unter der relativen Feuchtigkeit  $\varphi$  versteht man das Verhältnis der tatsächlich im Öl enthaltenen ( $\rho_w$ ) zur maximal möglichen Menge gelösten Wassers an der Sättigungsgrenze ( $\rho_{w,max}$ ).

$$\varphi = \frac{\rho_w}{\rho_{w,max}} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Da die Sättigungsgrenze, also die maximal aufnehmbare Wassermenge  $\rho_{w,max}$ , stark temperaturabhängig ist, ändert sich mit der Temperatur die relative Feuchtigkeit, auch wenn der absolute Wasseranteil konstant bleibt. In der Regel können Öle mit zunehmender Temperatur mehr Wasser aufnehmen bevor die Sättigungsgrenze erreicht ist.

<sup>1</sup> Nur bei CL120, CL130 und CL160

### 1.3.2 Absolute Feuchtigkeit

Die absolute Feuchtigkeit ist kein physikalisch gemessener Wert. Sie wird aus der relativen Feuchtigkeit  $\phi$  und der Sättigungsgrenze  $\rho_{W,max}$  gemäß folgender Formel (3-2) bestimmt.

$$\rho_w = \frac{\phi \cdot \rho_{W,max}}{100\%} \quad (2)$$

Die Sättigungsgrenze  $\rho_{W,max}$  ist vom Öltyp und der Temperatur abhängig und muss im Labor ermittelt werden.

### 1.4 Leitfähigkeitsmessung

Öle weisen im Frischzustand eine charakteristische Leitfähigkeit auf. Da die Leitfähigkeit im Rahmen der Herstellungsschwankungen ölspezifisch ist, stellt sie bereits ein Kriterium zur Unterscheidung von Ölen dar. Um Öle auf Basis der Leitfähigkeit unterscheiden zu können muss die Leitfähigkeit bei einer bestimmten Temperatur oder die Änderung der Leitfähigkeit über der Temperatur signifikant unterscheidbar sein.

Auch kann ein Eintrag von Fremdstoffen (fest/flüssig) erkannt werden, insofern sich hierdurch eine Änderung der Leitfähigkeit bei einer bestimmten Temperatur oder der Leitfähigkeit über der Temperatur ergibt.

Ölwechsel, Ölvermischungen und Kontaminationen können somit unter den genannten Randbedingungen auf Basis der Leitfähigkeit detektiert werden.

Zu berücksichtigen ist ferner, dass auch Chargenschwankungen und Ölalterung einen Einfluss auf die Leitfähigkeit haben.

Die Leitfähigkeit kann sich aufgrund diverser Alterungsvorgänge ändern, so dass in diesem Fall auch der Alterungsverlauf anhand der Leitfähigkeit verfolgt werden kann. Der Messbereich der Leitfähigkeit erstreckt sich von 100 bis ca. 800.000 pS/m.

Da die Leitfähigkeit stark von der Temperatur abhängig ist<sup>1</sup>, führt der Sensor eine interne Umrechnung auf eine Referenztemperatur von 40 °C durch. Als zusätzliche Kenngröße fällt bei dieser Umrechnung der Temperaturgradient der Kenngröße an, der wie oben beschrieben ebenfalls für die Charakterisierung des Öles verwendet werden kann.

### 1.5 Messung der relativen Permittivität

Die relative Permittivität  $\epsilon_{O_i}$  des Fluids ist ein Maß für dessen Polarität. Grundöle und Additivepakete mit unterschiedlicher Chemie und von verschiedenen Herstellern können sich in ihrer Polarität unterscheiden. Die Polarität und der Verlauf der Polarität des Fluids über der Temperatur sind somit Eigenschaften, durch die unter bestimmten Randbedingungen, so z.B. unter Berücksichtigung von Chargenschwankungen, Ölverwechslungen, Ölvermischungen und Auffrischungen erkannt werden können.

Öle ändern ihre Polarität meist während des Alterungsvorganges. Insofern es hierdurch zu einer signifikanten Änderung der Polarität kommt, kann somit auch der Alterungsverlauf überwacht werden. Der Messbereich der relative Permittivität liegt zwischen 1...7.

Da die relative Permittivität von der Temperatur abhängig ist, führt der Sensor eine interne Umrechnung auf eine Referenztemperatur von 40 °C durch. Als zusätzliche Kenngröße fällt bei dieser Umrechnung der Temperaturgradient der Kenngröße an, der – wie oben beschrieben – ebenfalls für die Charakterisierung des Öles herangezogen werden kann.

Hinweis:

Bei Anwendung in stark leitfähigen Flüssigkeiten kann die Messung der relative Permittivität trotz der integrierten Kompensation einer Querverbeeinflussung unterliegen.

<sup>1</sup> Höhere Leitfähigkeit des Öls wirkt sich negativ auf die Genauigkeit der Messung aus.

## 1.6 Füllstandsmessung<sup>1</sup>

Der Sensor verfügt über kapazitive Füllstandserfassung. Der Füllstand wird nach dem gleichen Prinzip wie die Dielektrizitätskonstante gemessen. Als Referenz für die Messung wird die vom Sensor erfasste Dielektrizitätskonstante herangezogen. Dieses Verfahren ermöglicht es den Füllstand kapazitiv zu erfassen, ohne dass der Typ des Fluids angegeben werden muss.

Hinweis:

Bei Anwendung in stark leitfähigen Flüssigkeiten kann die Messung der Füllstandes trotz der integrierten Kompensation einer Querbeflussbeeinflussung unterliegen.

## 1.7 Betriebsstundenzähler

Der Sensor verfügt über einen integrierten Betriebsstundenzähler, dessen Werte auch nach Stromunterbrechung noch vorhanden sind. Nach der Unterbrechung fängt der Zähler beim letzten Zeitwert vor der Unterbrechung wieder an zu zählen.

## 1.8 Datenlogger

Durch den integrierten Betriebsstundenzähler, der arbeitet, sobald der Sensor an die Spannungsversorgung angeschlossen wird ist es möglich, den gemessenen Kennwerten eine Betriebsstundenzeit zuzuordnen. Der Zeitstempel, die gemessenen vier Größen Temperatur, Ölfeuchte, Leitfähigkeit und relativer Dielektrizitätskonstante sowie die weiteren abgeleiteten Kennwerte werden im Sensor-Ringspeicher abgelegt (vgl. Kapitel 5.8). Insgesamt können über 6000 Datensätze im Speicher abgelegt werden.

## 1.9 Ölzustand

Generell werden unter Ölalterung alle Veränderung von Parametern und Eigenschaften des Öles während der Lebensdauer verstanden. Ziel ist es anhand der Veränderung der mit dem Sensor gemessenen Parameter auf signifikante Alterungsvorgänge des Öles zu schließen. Die automatische Öl-Zustandsanalyse geht hierüber jedoch hinaus. Ziel ist es hierbei nicht nur die Alterung, sondern auch weitere Zustandsveränderungen zu detektieren. Mögliche Zustandsänderungen sind:

- › Ölalterung (z.B. Oxidation des Öles)
- › Kontamination mit Fremdfüssigkeiten
- › Wassereintrich (z.B. hoher Wassergehalt oder freies Wasser)
- › Ölwechsel, auch Wechsel auf falschen Öltyp
- › Ölauffrischung
- › Ölvermischung

Ziel einer automatischen Auswertung ist es, den Anwender bei der Interpretation der Kennwerte zu unterstützen und diverse Zustände und Zustandsveränderungen aus den aktuellen Messdaten und gespeicherten Historiendaten zu erkennen. Diese Erkennung von Zuständen und Zustandsveränderungen im Rahmen der verwendeten Regelbasis ist jedoch nur zuverlässig möglich, wenn die Messwerte und deren Qualität diese Interpretation grundsätzlich zulassen (vgl. Kapitel 1.1).

Eine detaillierte Beschreibung aller erkennbaren Zustandsveränderungen sowie deren Abfrage, Speicherung und Parametrierung ist im Anhang zu finden.

## 1.10 Bestimmung der Remaining Useful Lifetime (RUL)

Neben der Klassifikation verschiedener Zustände bzw. Zustandsänderungen ist eine weitere Sensorfunktion, die verbleibende Restlebensdauer (RUL = Remaining Useful Lifetime) auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten abzuschätzen.

Hierbei wird zwischen zwei verschiedenen Ansätzen unterschieden.

Abbildung 1 zeigt den beispielhaften Verlauf einer Alterungskenngröße über der Betriebszeit.

Nach einem Ölwechsel verändern sich die Ölparameter über einen langen Zeitraum hinweg nicht bzw. nicht signifikant. Erst nach der sogenannten Inkubationszeit (Phase 1), bzw. sobald bestimmte Additive, wie z.B. die Antioxidantien, aufgebraucht sind, beginnt die beschleunigte Ölalterung, die häufig progressiv abläuft (Phase 2).

Phase II ist durch einen beschleunigten Alterungsverlauf und somit Veränderung von Alterungskenngrößen charakterisiert. In diesem Bereich kann auf Basis des Signaltrends der diversen gemessenen Parameter eine Extrapolation bis zum Erreichen einer vorbestimmten Alterungsgrenze und somit die verbleibende Restlebensdauer (RUL) errechnet werden.

<sup>1</sup>Nur bei CL120, CL130 und CL160

Hinweis:

Die Grenzwerte sollten anwendungsspezifisch angepasst werden. Es handelt sich bei der ermittelten Restlebensdauer um einen Richtwert, der durch lineare Extrapolation ermittelt wurde. Es ist zu berücksichtigen, dass Alterungsprozesse auch nichtlinear ablaufen können.

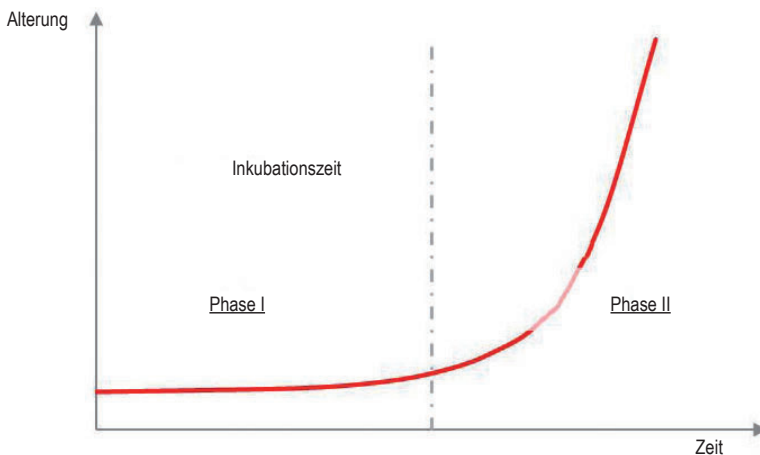


Abbildung 1: Theoretischer Alterungsverlauf

Da sich in der Phase I die gemessenen Kennwerte nicht verändern, kann auch die RUL auf Kennwertebasis nicht bestimmt werden.

In dieser Phase kann die RUL jedoch auf Basis der Temperaturbelastung an der Messstelle abgeschätzt werden. Dieses ist zulässig, solange die Temperatur die maßgebliche Belastung für das Öl darstellt und maßgebend für die Alterungsgeschwindigkeit ist (Gesetz von Arrhenius). Hierzu erfasst der Sensor kontinuierlich ein Temperaturhistogramm. Zudem ist die Übertragung der Daten nur für vergleichbare Anwendungen und gleiche Öltypen zulässig.

## 1.11 Gültigkeitsbereich und Rahmenbedingungen der automatischen Ölzustandsbeurteilung und RUL-Berechnung

Für eine automatische Zustandsbeurteilung sind einige Randbedingungen zu berücksichtigen:

- › Zustandsveränderungen können nur dann erkannt werden, wenn die Informationen in den gemessenen Parametern enthalten sind. Z.B. sind auf Basis der gemessenen Parameter in der Regel keine Aussagen über den Verbrauch von Antioxidantien möglich.
- › Einzelne kritische Veränderungen im Öl können sich im Extremfall überlagern, so dass die resultierende Gesamtänderung diesen Zustand nicht widerspiegelt.
- › Es gibt für die jeweiligen Zustände bzw. Zustandsveränderungen Grenzen der Detektierbarkeit, bei denen die zugrundeliegenden Signaländerungen bzw. Änderungsgradienten nicht erkannt werden.
- › Die automatische Zustandsbeurteilung kann durch Quereinflüsse gestört werden.
- › Die Berechnung der RUL ist nur eine grobe Abschätzung. Bei offenen Systemen mit unkontrollierbarem Eintrag von Kontaminationen und in Systemen mit stark variierenden Betriebsbedingungen nimmt die Unsicherheit der Kennwertaussage zu. Starke Einfluss auf die Ergebnisse hat zudem die Parametrierung.
- › Durch eine rein rechnerische Abschätzung der RUL aus gemessenen Belastungsparametern können spontane Zustandsveränderungen nicht vorhergesagt werden.

Insgesamt kann bei einer ausreichenden Datenmenge und zielgerichteter Parametrierung meist eine zufriedenstellende Genauigkeit und Vorhersage des Alterungsverlaufs erreicht werden.

## 1.12 Übersicht aller gemessener und abgeleiteter Parameter

Für die Charakterisierung des Ölzustandes werden die bereits oben beschriebenen 5 Originalkennwerte gemessen. Diese Parameter und ihre Bedeutung sind in der folgenden Tabelle nochmals aufgeführt.

| #              | Parameter                        | Kürzel | Einheit | Erklärung  |
|----------------|----------------------------------|--------|---------|--|
| 1              | Betriebsstunden                  | Time   | h       | zählt, sobald Stromversorgung eingeschaltet ist  |
| 2              | Temperatur                       | T      | °C      | Öltemperatur   |
| 3              | relative Permittivität (rel. DK) | P      | -       | Polarität der Flüssigkeit. Frischöle unterscheiden sich in P und können somit unterschieden werden. Ferner ändert sich P während der Ölalterung. |
| 4              | Leitfähigkeit                    | C      | pS/m    | Frishöle unterscheiden sich in C und können somit unterschieden werden. Ferner ändert sich C während der Ölalterung.                             |
| 5              | rel. Ölfeuchte                   | RH     | %       | Rel. Feuchte zwischen 0 und 100%   |
| 6 <sup>1</sup> | Füllstand                        | L      | %       | Füllstand zwischen 0 und 100   |

Tabelle 1: Ermittelte Originalkennwerte

Die Parameter weisen eine Abhängigkeit von der Temperatur auf, die durch den Sensor kompensiert wird. Bei dieser Kompensation fallen zwei zusätzliche Temperaturgradienten an, die für die Zustandsauswertung herangezogen werden.

| # | Original Parameter | Abgeleitete Kenngröße<br>Kürzel | Einheit  | Erklärung                           |
|---|--------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------------|
| 1 | P                  | PTG                             | 1/K      | rel. DK - Temperaturgradient        |
| 2 | C                  | CTG                             | (pS/m)/K | Leitfähigkeit - Temperaturgradient  |
| 3 | RH                 | HTG                             | %/K      | rel. Ölfeuchte - Temperaturgradient |

Tabelle 2: Abgeleitete Temperaturgradienten

Aus den Original-Parametern P, C und RH sowie den ermittelten Temperaturgradienten PTG, CTG und HTG errechnet der Sensor die temperaturkompensierten Parameter P40 und C40 und H20, H40 in der gleichen Einheit wie der jeweilige Original-Parameter.

Hinweis:

Die Genauigkeit der Ermittlung von PTG, CTG und HTG sowie die Güte der Temperaturkompensation sind fluidabhängig.

| # | Original Parameter | Abgeleitete Kenngröße<br>Kürzel | Erklärung   |
|---|--------------------|---------------------------------|---|
| 1 | P                  | P40                             | rel. DK bei Referenztemperatur von 40 °C          |
| 2 | C                  | C40                             | Leitfähigkeit bei Referenztemperatur von 40 °C    |
| 3 | RH                 | RH20 <sup>2</sup>               | rel. Ölfeuchte kompensiert auf 20 °C Öltemperatur |

Tabelle 3: Temperaturkompensierte Kennwerte

<sup>1</sup> Nur bei CL120, CL130 und CL160

<sup>2</sup> Kompensation der relativen Feuchte auf 20 °C ist stark vom Fluid, Temperaturprofil und anderen Randbedingungen abhängig



Aus den Original-Parametern, den Temperaturgradienten und den kompensierten Kennwerten werden vom Sensor wiederum zeitliche Gradienten bestimmt. Die zeitlichen Gradienten geben insbesondere einen Hinweis darauf, um welche Zustandsänderung es sich handelt.

| # | Original Parameter | Abgeleitete Kenngröße Kürzel | Einheit  | Erklärung                             |
|---|--------------------|------------------------------|----------|---------------------------------------|
| 1 | P40                | LGP40                        | 1/h      | Langzeitgradient von P40              |
| 2 | P40                | MGP40                        | 1/h      | P40-Gradient über mittleren Zeitraum  |
| 3 | P40                | SGP40                        | 1/h      | Kurzzeitgradient von P40              |
| 4 | C40                | LGC40                        | (pS/m)/h | Langzeitgradient C40                  |
| 5 | C40                | MGC40                        | (pS/m)/h | C40-Gradient über mittleren Zeitraum  |
| 6 | C40                | SGC40                        | (pS/m)/h | Kurzzeitgradient von C40              |
| 7 | T                  | LGT                          | K/h      | Langzeitgradient der Öltemperatur     |
| 8 | T                  | SGT                          | K/h      | Kurzzeitgradient der Öltemperatur     |
| 9 | H2O                | SGH2O                        | %/h      | Kurzzeitgradient von H <sub>2</sub> O |

Tabelle 4: Zeitliche Gradienten

Schnelle Änderungen weisen z.B. auf Nachfüllen von Öl hin, langsame Gradienten können je nach Größe auf Kontamination mit einer Fremdflüssigkeit oder eine Ölalterung hindeuten. Der Sensor bestimmt hierzu Kurzzeitgradienten, bei denen die Mittelungszeit wenige Stunden beträgt und Langzeitgradienten, bei denen die Mittelungszeit einige hundert bis einige tausend Stunden beträgt.

Eine Übersicht aller zur Bewertung herangezogener Parameter ist in Kapitel 10 gegeben.

Folgende Abbildung gibt eine grafische Übersicht über das Zusammenspiel der gemessenen Parameter und Algorithmen im Sensor.

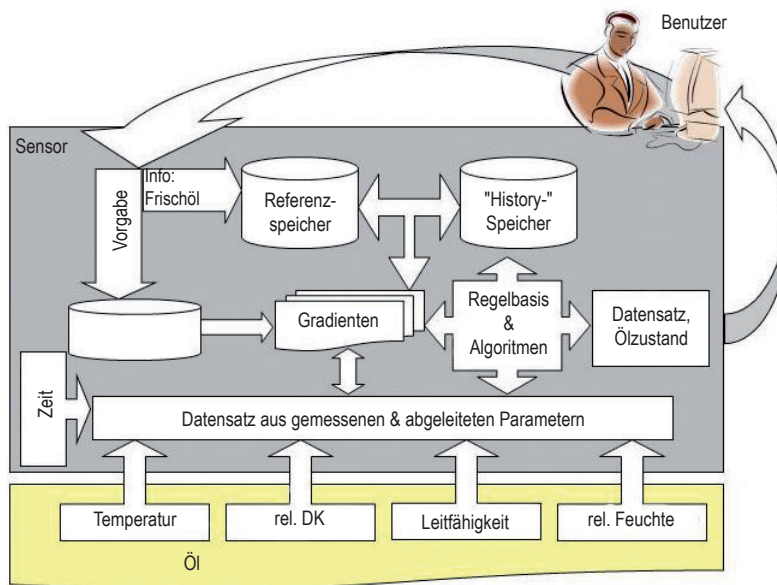


Abbildung 2: Datenabläufe und Zusammenspiel der gemessenen Parameter und Algorithmen im Sensor

## 1.13 Kalibration und Überprüfung der Sensorfunktion

Der Sensor ist so entwickelt, dass er den spezifizierten Belastungen über lange Zeiträume ausgesetzt werden kann.

Bei Fluiden oder Anwendungen, bei denen keine Erfahrungsbasis bzgl. der Langzeitstabilität des Sensors vorhanden ist, sollte spätestens alle 2 Jahre eine Überprüfung und Kalibration des Sensors im Labor erfolgen.

## 1.14 Übersicht ausgegebener Parameter für einzelne Befehle

Die Sensoren unterstützen eine Reihe von Befehlen um die gemessenen, abgeleiteten und berechneten Parameter des Öls auszugeben. Die Antworten auf einzelne Befehle werden in den nachfolgenden Tabellen aufgelistet. Je nach Version der Sensorfirmware kann sich die Reihenfolge oder auch der Inhalt der Ausgaben unterscheiden.

| #  | Parametername | Einheit | Erklärung  |
|----|---------------|---------|--|
| 1  | Time          | h       | Betriebsstundenzähler des Sensors  |
| 2  | T             | °C      | Temperatur des Fluids  |
| 3  | L             | %       | Höhe des Ölpegels auf Messbereich bezogen (nur bei Level Sensoren)   |
| 4  | P             | -       | Relative Permittivität des Fluids  |
| 5  | P40           | -       | Relative Permittivität des Fluids kompensiert auf 40 °C Fluidtemperatur  |
| 6  | C             | pS/m    | Leitfähigkeit des Fluids   |
| 7  | C40           | pS/m    | Leitfähigkeit des Fluids kompensiert auf 40 °C Fluidtemperatur   |
| 8  | RH            | %       | Relative Feuchte des Fluids  |
| 9  | RH20          | %       | Relative Feuchte des Fluids kompensiert auf 20 °C (Raumtemperatur) Fluidtemperatur<br>(wird nur ausgegeben, wenn der Sensor nicht für AH Ausgabe konfiguriert ist) |
| 10 | AH            | ppm     | Absoluter Wassergehalt des Fluids<br>(wird nur ausgegeben, wenn der Sensor entsprechend für dieses Öl kalibriert ist)  |
| 11 | TMean         | °C      | Durchschnittliche Temperatur des Fluids seit Start des Lernvorgangs, bzw. Indikation einer Ölneubefüllung  |
| 12 | PCBT          | °C      | Temperatur der Elektronik, bzw. des Sensors  |
| 13 | RULT          | h       | Temperaturbasierte verbleibende Standzeit (Remaining Useful Lifetime, RUL) des Öls   |
| 14 | RULLG         | h       | Langzeitgradienten- und Grenzwertbasierte RUL des Öls  |
| 15 | RUL           | h       | Zusammengefasste und gewichtete RUL  |
| 16 | APP40         | %       | Alterungsfortschritt (Aging Progress, AP) auf P40 und gesetzten Grenzwerten basierend  |
| 17 | APC40         | %       | AP auf C40 und gesetzten Grenzwerten basierend   |
| 18 | AP            | %       | Zusammengefasster und gewichteter AP   |
| 19 | fB            | -       | Temperaturlastfaktor seit Start des Lernvorgangs, bzw. Indikation einer Ölneubefüllung   |
| 20 | OAge          | h       | Ölalter, Zeit seit Start des Lernvorgangs, bzw. Indikation einer Ölneubefüllung  |
| 21 | ERC           | -       | Zusammenfassung automatisch erkannter Ölzustände   |

Tabelle 5: Antwort auf den Befehl „RVal“

| #  | Parametername | Einheit    | Erklärung  |
|----|---------------|------------|--|
| 1  | Time          | h          | Betriebsstundenzähler des Sensors                                |
| 2  | PTG           | 1/k        | Temperaturgradient der relativen Permittivität                   |
| 3  | CTG           | ln(pS/m)/K | Temperaturgradient des natürlichen Logarithmus der Leitfähigkeit |
| 4  | HTG           | %/K        | Temperaturgradient der relativen Feuchte                         |
| 5  | LGP40         | 1/h        | Langzeitgradient von P40   |
| 6  | LGC40         | (pS/m)/h   | Langzeitgradient von C40   |
| 7  | LGT           | K/h        | Langzeitgradient der Öltemperatur                                |
| 8  | MGP40         | 1/h        | P40-Gradient über mittleren Zeitraum                             |
| 9  | MGC40         | (pS/m)/h   | C40-Gradient über mittleren Zeitraum                             |
| 10 | SGP40         | 1/h        | Kurzzeitgradient von P40   |
| 11 | SGC40         | (pS/m)/h   | Kurzzeitgradient von C40   |
| 12 | SGT           | K/h        | Kurzzeitgradient der Öltemperatur                                |
| 13 | SGH20         | %/h        | Kurzzeitgradient von H <sub>2</sub> O                            |

Tabelle 6: Antwort auf den Befehl "RGrad"

| #  | Parametername | Einheit | Erklärung   |
|----|---------------|---------|---|
| 1  | AO1           | -       | Einstellung für den Analogausgang 1   |
| 2  | AO2           | -       | Einstellung für den Analogausgang 2   |
| 3  | ETrig         | -       | Fehlergetriggertes Speichern in History (1 = ein, 0 = aus)  |
| 4  | TrAu          | min     | Periodische Übertragung des Datensatzes wie dieser bei RVal-Befehl ausgegeben wird im Zeitabstand von angegeben Minuten (Bereich 1..60 Minuten, bei Einstellung 0 ist die automatische Übertragung ausgeschaltet) |
| 5  | ORef          | -       | Zustand des automatischen Lernvorgangs (0: abgeschlossen, 1..30: noch im Gange, > 30: nicht gestartet)  |
| 6  | COEN          | -       | CANopen Kommunikation (0: ausgeschaltet, 1: eingeschaltet)  |
| 7  | MemInt        | min     | Zeitabstand in dem in History Daten abgelegt werden (Standardeinstellung: 20 Minuten)   |
| 8  | COSpd         | kBit/s  | Geschwindigkeit des CAN-Busses  |
| 9  | COID          | -       | NodeID des Sensors  |
| 10 | COHBeat       | ms      | CANopen Heart Beat des Sensors  |
| 11 | TPDO1ID       | -       | TPDO 1 COB-ID für CANopen   |
| 12 | TPDO2ID       | -       | TPDO 2 COB-ID für CANopen   |
| 13 | TPDO1Type     | -       | TPDO 1 Typ für CANopen  |
| 14 | TPDO2Type     | -       | TPDO 2 Typ für CANopen  |
| 15 | TPDO1Timer    | ms      | TPDO 1 Timer für CANopen  |
| 16 | TPDO2Timer    | ms      | TPDO 2 Timer für CANopen  |
| 17 | RULowr        | h       | Timer für Überschreiben der RUL-Berechnung (bei Ausfall eines Sensors in der Anlage kann der Austauschsensor den RUL-Wert des vorhergehenden Sensor bekommen, von dem an die RUL heruntergezählt wird)            |

Tabelle 7: Antwort auf den Befehl "RCon"

| #  | Parametername | Einheit | Erklärung  |
|----|---------------|---------|--|
| 1  | LimP40%       | 5       | Grenzwert für Ölalterung für P40 in % vom Frischölwert (Standard: 5 %)   |
| 2  | LimC40%       | %       | Grenzwert für Ölalterung für C40 in % vom Frischölwert nach oben (Standard: 300 %), erlaubte Abweichung nach unten wird automatisch aus dieser Vorgabe berechnet |
| 3  | LimT          | °C      | Erlaubte Maximaltemperatur für das Öl<br>(bei Überschreitung wird ein entsprechendes Bit in ERC gesetzt, Standardwert: 85 °C)                                    |
| 4  | LimTMean      | °C      | Erlaubte durchschnittliche Maximaltemperatur für das Öl<br>(bei Überschreitung wird ein entsprechendes Bit in ERC gesetzt, Standardwert: 65 °C)                  |
| 5  | RULh          | h       | Referenzwert für die Standzeit des Öls in Stunden<br>(vom Maschinenhersteller vorzugeben)  |
| 17 | RULfB         | -       | Referenzwert für die Standzeit des Öls (vom Maschinenhersteller vorzugeben)  |

Tabelle 8: Antwort auf den Befehl "RLim"

| #  | Parametername | Einheit  | Erklärung   |
|----|---------------|----------|---|
| 1  | RefStat       | -        | Zustand des automatischen Lernvorgangs<br>(0: abgeschlossen, 1..30: noch im Gange, > 30: nicht gestartet) |
| 2  | RefC40        | pS/m     | Gelernter Referenzwert der Leitfähigkeit bei 40 °C des Frischöls  |
| 3  | RefP40        | -        | Gelernter Referenzwert der relativen Permittivität bei 40 °C des Frischöls                                |
| 4  | RefCTG        | (pS/m)/K | Gelernter Referenzwert des Temperaturgradienten der Leitfähigkeit   |
| 17 | RefPTG        | 1/K      | Gelernter Referenzwert des Temperaturgradienten der relativen Permittivität                               |

Tabelle 9: Antwort auf den Befehl "RORef"

## 2 TECHNISCHE DATEN

### 2.1 Allgemeine Daten

| Sensordaten                                 | Größe   | Einheit                       |
|---|---|-------------------------------|
| max. Betriebsdruck                          | 50  | bar                           |
| Betriebsbedingungen:                        |   |                               |
| Temperatur <sup>1</sup>                     | -20...+85   | °C                            |
| Rel. Feuchtigkeit <sup>1</sup>              | 0...100   | % r. H. (nicht kondensierend) |
| Kompatible Flüssigkeiten                    | Mineralöle (H, HL, HLP, HLPD, HVLP)<br>Synthetische Ester (HETG, HEPG, HEES, HEPR) Polyalkylenglykole (PAG)<br>Zink- and aschefreie Öle (ZAF)<br>Polyalphaolefine (PAO) |                               |
| Benetzte Materialien                        | Aluminium, HNBR, Polyurethanharz, Epoxidharz, Chemisch-Nickel/Gold (ENIG), Lötzinn (Sn96,5Ag3Cu0,5NiGe), Aluminiumoxid, Glas (DuPont QQ550), Gold, Silber-Palladium     |                               |
| Schutzklasse <sup>2</sup>                   | IP67  |                               |
| Spannungsversorgung <sup>3</sup>            | 9...33  | V                             |
| Stromaufnahme                               | max. 0,2  | A                             |
| Ausgang                                     |   |                               |
| Stromausgang (2x) <sup>4</sup>              | 4...20  | mA                            |
| Genauigkeit Stromausgang <sup>5</sup>       | ±2  | %                             |
| Schnittstellen                              | RS232/CAN   | -                             |
| Anschlussmaße                               |   |                               |
| Gewindeanschluss                            | G $\frac{3}{4}$   | Zoll                          |
| Anzugsdrehmoment Gewindeanschluss           | 45±4,5  | Nm                            |
| Elektrischer Anschluss                      | M12x1, 8-polig  | -                             |
| Anzugsdrehmoment M12-Stecker                | 0,1   | Nm                            |
| Messbereich                                 |   |                               |
| rel. Dielektrizitätskonstante               | 1...7   | -                             |
| rel. Feuchte                                | 0...100   | %r.H.                         |
| Leitfähigkeit                               | 100...800000  | pS/m                          |
| Temperatur                                  | -20...+85   | °C                            |
| Füllstand                                   | 115/288/515   | mm                            |
| Messauflösung                               |   |                               |
| rel. Dielektrizitätskonstante               | 1*10 <sup>-4</sup>  | -                             |
| rel. Feuchte                                | 0,1   | %r.H.                         |
| Leitfähigkeit                               | 1   | pS/m                          |
| Temperatur                                  | 0,1   | K                             |
| Füllstand                                   | 0,1   | %                             |
| Messgenauigkeit <sup>6</sup>                |   |                               |
| rel. Dielektrizitätskonstante <sup>7</sup>  | ±0,015  | -                             |
| rel. Feuchtigkeit (10...90%) <sup>8</sup>   | ±3  | %r.H.                         |
| rel. Feuchtigkeit (<10%, >90%) <sup>8</sup> | ±5  | %r.H.                         |
| Leitfähigkeit (100...2000pS/m)              | ±200  | pS/m                          |
| Leitfähigkeit (2000...800000pS/m)           | Typ <±10  | %                             |
| Temperatur                                  | ±2  | K                             |
| Füllstand                                   | Typ <±5   | %                             |
| Reaktionszeit Feuchtemessung (0 auf 100 %)  | <10   | min                           |
| Gewicht                                     | 170/210/250   | g                             |

<sup>1</sup> Außerhalb des spezifizierten Messbereichs sind u.U. keine plausiblen Messwerte zu erwarten

<sup>2</sup> Bei aufgeschraubtem Stecker

<sup>3</sup> Automatische Abschaltung bei U < 8 V und U > 36 V, bei Load-Dump Impulsen über 50V ist ein externer Schutz vorzusehen

<sup>4</sup> Ausgänge IOut1 und IOut2 sind frei konfigurierbar (vgl. Schnittstellen- und Kommunikationsbefehle)

<sup>5</sup> Bezogen auf das analoge Stromsignal (4...20mA)

<sup>6</sup> Werkskalibrierung

<sup>7</sup> Bezogen auf n-Pentan bei 25 °C

<sup>8</sup> Kalibriert an Luft bei Raumtemperatur

## 2.2 Abmessungen

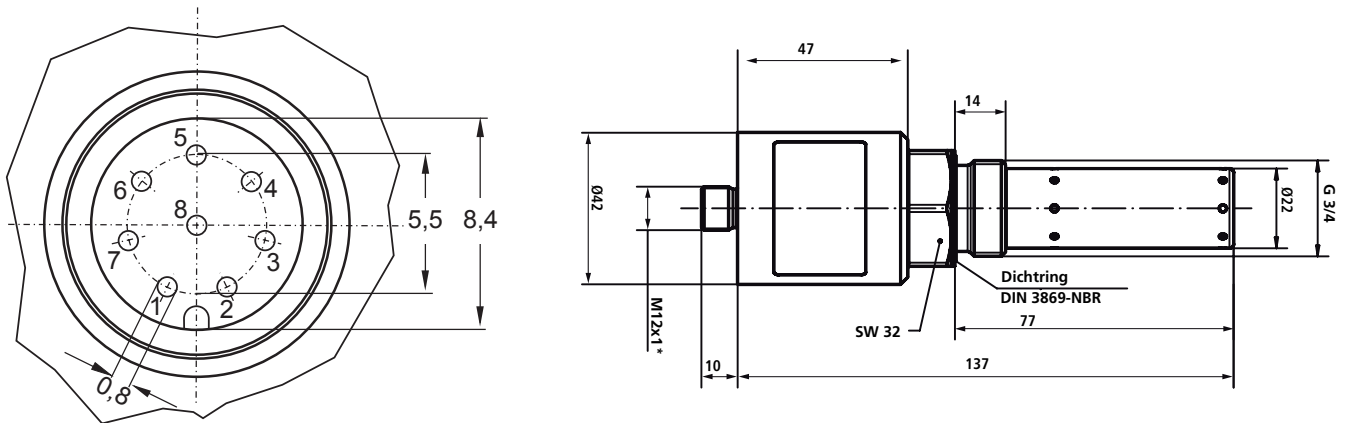


Abbildung 3: Anschlussmaße

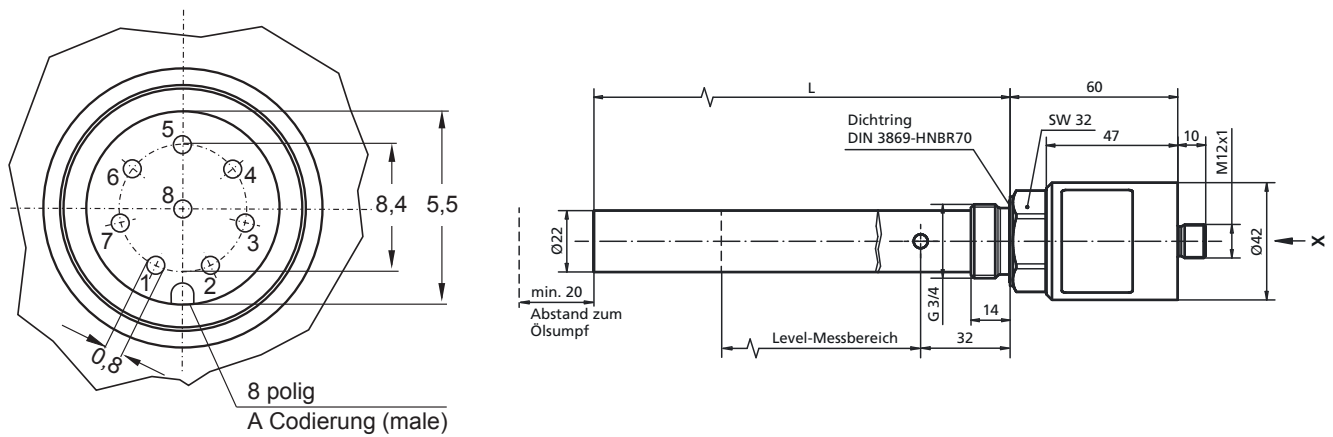


Abbildung 4: Anschlussmaße

CL120: L = 200 mm, Füllstands-Meßbereich = 115 mm

CL130: L = 375 mm, Füllstands-Meßbereich = 288 mm

CL160: L = 615 mm, Füllstands-Meßbereich = 515 mm

### 3 MONTAGE

Der Sensor ist als Einschraubsensor mit einem  $\frac{3}{4}$ "-Gewinde ausgeführt. Der Füllstands-Sensor muss von oben senkrecht in den Tank der Anwendung eingeschraubt werden, der CM100 Sensor kann entweder seitlich in den Tank oder über einen Leitungsadapter in eine durchströmte Rohrleitung eingebaut werden.

Für die Zustandsüberwachung ist es erforderlich, dass beim CL 120, CL130 und CL160 die unteren 5 cm des Sensors von Öl umspült sind. Der Messkopf des CM100 sollte sich immer im Öl befinden. Generell sind bei der Platzierung des Sensors die maximal zulässigen Drücke und Temperaturen zu beachten (vgl. Kapitel 2).

Schrauben Sie den Sensor in eine vorbereitete Aufnahme im Tank. Die Abdichtung zur Ölseite erfolgt über einen Profil-Dichtring. Um eine korrekte Abdichtung zu gewährleisten, sollte die Dichtfläche der Sensoraufnahme speziell vorbereitet sein und einen maximalen Rauheitswert  $R_{\max}=16$  aufweisen. Das Anzugsmoment des Sensors liegt bei  $45 \text{ Nm} \pm 4,5 \text{ Nm}$ .

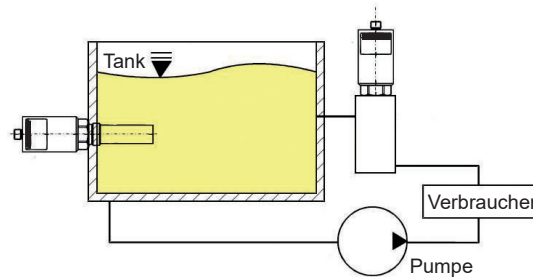


Abbildung 5: Einbauoptionen

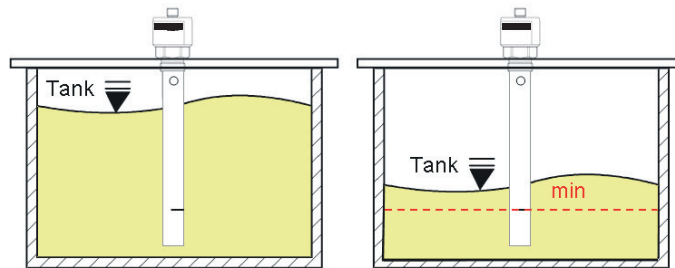


Abbildung 6: Einbauoptionen

Um eine korrekte Funktion zu gewährleisten, beachten Sie bitte die folgenden Richtlinien bzgl. Einbaulage und -ort des Sensors (vgl.: Abbildung 5, Abbildung 6, Abbildung 7):

- › Um ein für den Ölzustand charakteristisches Ölvolmen zu analysieren sollte der Sensor nicht unmittelbar im Ölsumpf des Tanks angeordnet werden.
- › Idealerweise erfolgt bei Tankeinbau eine Montage in der Nähe der Rücklauf- oder Spülleitung.
- › Achten Sie darauf, dass der Sensor in allen Betriebssituationen der Anlage vollständig von Öl bedeckt ist. Beachten Sie insbesondere das Pendelvolmen des Tanks bzw. eine mögliche Schrägstellung. Schaumbildung im Tank sollte vermieden werden.
- › Bei Einbau in der Rücklauf- oder Spülleitung ist darauf zu achten, dass die Spülleitung in keiner Betriebssituation leer laufen darf.
- › Um thermische Einflüsse möglichst zu vermeiden, sollte der Sensor nicht in unmittelbarer Nähe von heißen Komponenten und Bauteilen (z.B. Motor) installiert werden.
- › Um eine Umrechnung der Kennwerte auf eine Referenztemperatur zu ermöglichen, sind variierende Öltemperaturen erforderlich. Je größer die Temperaturschwankungen sind, umso schneller kann der Temperaturgradient bestimmt werden

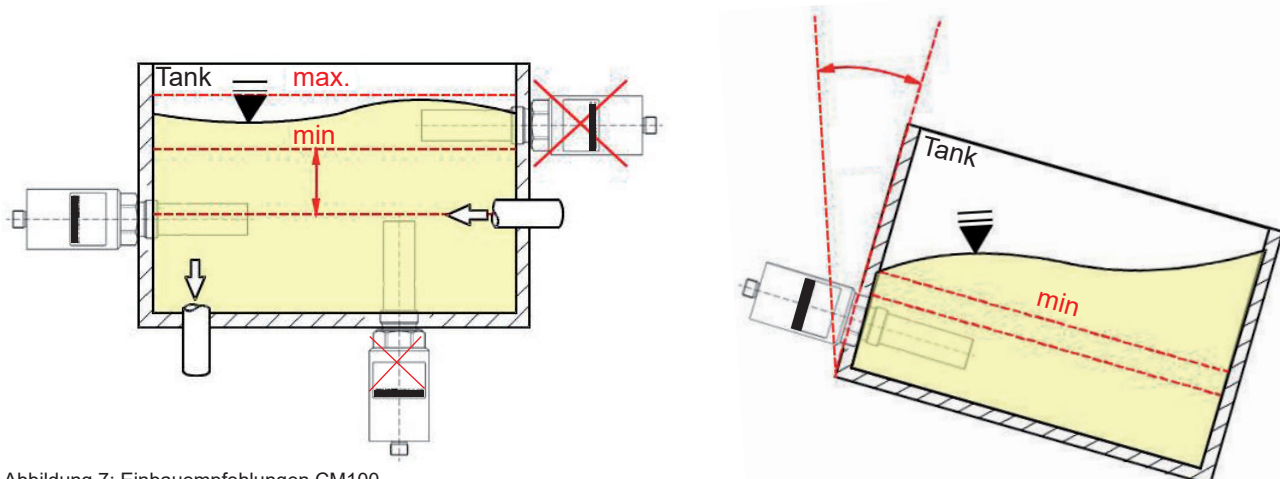


Abbildung 7: Einbauempfehlungen CM100

### 3.1 Zulässige mechanische Belastungen

Die zulässigen mechanischen Belastungen für die Sensoren sind in Tabelle 10 aufgeführt. Bei Überschreitung der Vibrationsfestigkeit der Level-Sensoren ist eine zusätzliche mechanische Stabilisierung am unteren Ende des Sensors vorzusehen.

| Belastung  | Größe                | Einheit  |
|--|----------------------|----------|
| max. Vibration in Längsrichtung<br>CM100, CL120, CL130, CL160<br>Prüfung angelehnt an DIN EN 60068-2-6 | f: 5 - 9<br>A: +-15  | HZ<br>mm |
|  | f: 9 - 200<br>a: 10  | HZ<br>g  |
| max. Vibration in Querrichtung<br>CM100<br>Prüfung angelehnt an DIN EN 60068-2-6                       | f: 5 – 9<br>A: +- 15 | HZ<br>mm |
|  | f: 9 - 200<br>a: 10  | HZ<br>g  |
| max. Vibration in Querrichtung<br>CL120, CL130, CL160  | Nicht spezifiziert   | -        |

Tabelle 10: Zulässige mechanische Belastungen



## 4 ELEKTRISCHER ANSCHLUSS

### 4.1 Allgemeines und Sicherheitshinweis

Das Gerät darf nur von einer Elektrofachkraft installiert werden. Befolgen Sie die nationalen und internationalen Vorschriften zur Errichtung elektrotechnischer Anlagen.

Spannungsversorgung nach EN50178, SELV, PELV, VDE0100-410/A1.

Schalten Sie für die Installation die Anlage spannungsfrei und schließen Sie das Gerät folgendermaßen an:

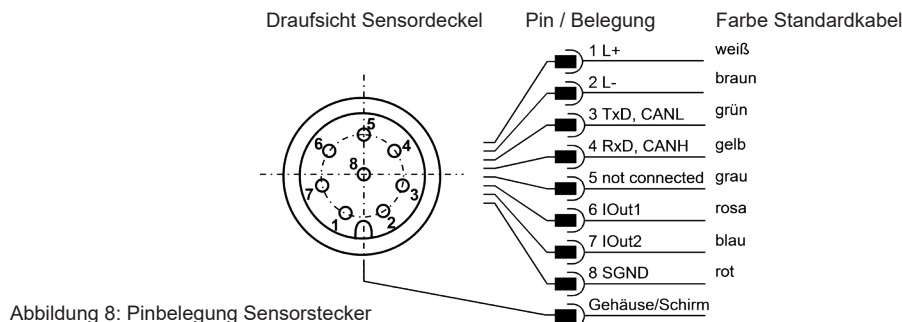


Abbildung 8: Pinbelegung Sensorstecker

Die zulässige Betriebsspannung liegt zwischen 9V und 33V DC. Das Sensorkabel ist geschirmt auszuführen.

Um die Schutzklasse IP67 zu erreichen, dürfen nur geeignete Stecker und Kabel verwendet werden. Das Anzugsdrehmoment für den Stecker beträgt 0,1 Nm.

### 4.2 Analoge Stromausgänge (4...20 mA) - Messung ohne Lastwiderstand

Die Strommessung sollte mit einem geeigneten Strommessgerät entsprechend der nächsten Abbildung erfolgen.

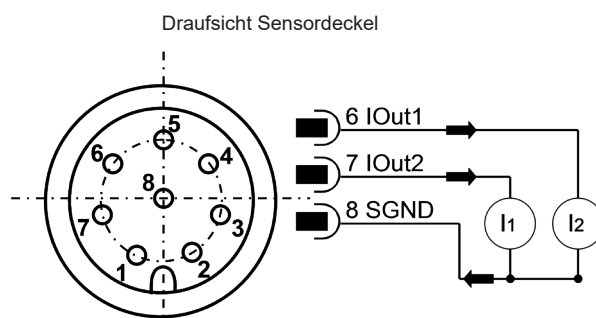


Abbildung 9: Vermessung der analogen 4...20 mA Ausgänge ohne Lastwiderstände

Die Zuordnung des gemessenen Stromwertes zur Kenngröße kann im Kapitel 4.3.2 entnommen werden.

### 4.3 Analoge Stromausgänge (4...20 mA) - Messung mit Lastwiderstand

Um die Ströme der analogen Stromausgänge messen zu können, muss entsprechend Abbildung 10 ein Lastwiderstand an jeden Ausgang angeschlossen werden. Der Lastwiderstand sollte, je nach Versorgungsspannung, zwischen 25 Ohm und 200 Ohm liegen. Mit einem Voltmeter kann nun die Spannung, die über dem jeweiligen Widerstand abfällt, gemessen werden.

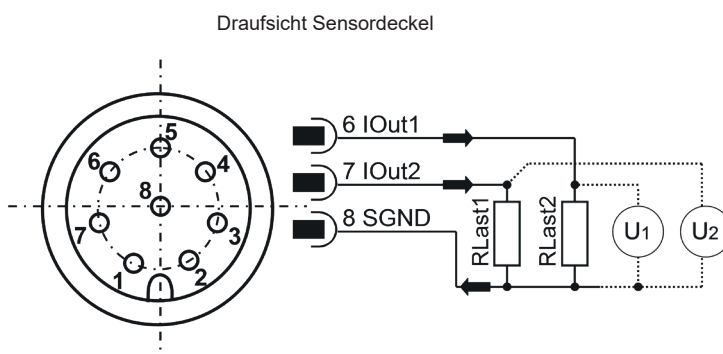


Abbildung 10: Anschluss der Lastwiderstände zur Vermessung der analogen 4...20 mA Ausgänge.

Die Standardkonfiguration sieht auf Kanal 1 die Öltemperatur und auf Kanal 2 die relative Feuchtigkeit vor. Eine Änderung der Kanalbelegung ist möglich und ist im Kapitel 5 beschrieben.

### 4.3.1 Lastwiderstand

Der Lastwiderstand kann nicht beliebig gewählt werden. Er muss entsprechend der Versorgungsspannung des Sensors angepasst sein. Der maximale Lastwiderstand kann mit der Formel (3) berechnet werden. Alternativ steht die Tabelle 11 zur Verfügung.

$$R_{\max} / \Omega = U_{\text{Versorgung}} / V \cdot 25 (\Omega / V) - 200 \Omega \quad 25 \Omega \leq R_{\max} \leq 200 \Omega \quad (3)$$

| $R_{\max}$ in $\Omega$ | $U_{\text{Versorgung}}$ in V |
|------------------------|------------------------------|
| 25                     | 9                            |
| 50                     | 10                           |
| 100                    | 12                           |
| 150                    | 14                           |
| 200                    | 16                           |

Tabelle 11: Bestimmung des Lastwiderstandes in Abhängigkeit der Versorgungsspannung

### 4.3.2 Kalibrierung

| Ausgabegröße X           | Ausgabebereich          | Größengleichung  | Formel            |
|--------------------------|-------------------------|--|-------------------|
| T in °C                  | -20°C...120°C           | $X / ^\circ\text{C} = \frac{U / V}{R / \Omega} \cdot 8750 (^{\circ}\text{C} / \text{A}) - 55^{\circ}\text{C}$  | (4)               |
| RH in %                  | 0%...100%               | $X / \% = \frac{U / V}{R / \Omega} \cdot 6250 (\% / \text{A}) - 25\%$  | (5)               |
| H2O; H40 in %            | 0%...100%               | $X / \% = \frac{U / V}{R / \Omega} \cdot 6666,67 (\% / \text{A}) - 33,33\%$<br>4mA: Lernen   | (6)               |
| AH in ppm                | 0ppm...AHScI            | $X / \text{ppm} = \frac{U / V}{R / \Omega} \cdot \frac{\text{AHScI}}{16 \cdot 10^{-3} \text{A}} - \frac{\text{AHScI}}{\text{ppm} 4}$                                       | (7)               |
| P; P40                   | 1...5                   | $X = \frac{U / V}{R / \Omega} \cdot 266,67 \left(\frac{1}{\text{A}}\right) - 0,3333$<br>< 5mA: Lernen oder Sensor teilweise an Luft  | (8)               |
| C; C40 in pS/m           | 100pS/m... 1000100 pS/m | $X / \text{pS}/\text{m} = \frac{U / V}{R / \Omega} \cdot 6,667 \cdot 10^7 \left(\frac{\text{pS}}{\text{A}}\right) - 333233 \frac{\text{pS}}{\text{m}}$<br><5mA: Lernen     | (9)               |
| AP in %                  | 0%...100%               | $X = \frac{U / V}{R / \Omega} \cdot 6250 \left(\frac{\%}{\text{A}}\right) - 25\%$  | (10)              |
| L in %                   | 0%...100%               | $X = \frac{U / V}{R / \Omega} \cdot 6250 \left(\frac{\%}{\text{A}}\right) - 25\%$  | (11) <sup>1</sup> |
| log(C); log(C40) in pS/m | 1pS/m...1000000 pS/m    | $X / \text{pS}/\text{m} = 10^{\left(\frac{U / V}{R / \Omega} \cdot 375 \left(\frac{\text{pS}}{\text{A}}\right) - 1,5 \log \left(\frac{\text{pS}}{\text{m}}\right)\right)}$ | (12)              |

Tabelle 12: Berechnung des Ausgabeparameter der analogen Stromausgänge

<sup>1</sup> Nur bei Füllstands-Sensoren

Standardmäßig wird die Temperatur im Bereich zwischen -20 °C und 120 °C und die relative Feuchtigkeit zwischen 0 und 100 % auf den Stromausgängen abgebildet. Der obere Grenzwert für die absolute Feuchtigkeit (AHScI) ist für die Skalierung der analogen Stromausgänge notwendig. Dieser ist frei einstellbar (siehe Tabelle 13). Der Grenzwert ist jedoch ölspezifisch und muss zusammen mit den anderen Parametern, die für die Messung der absoluten Feuchtigkeit notwendig sind, im Labor ermittelt werden. Die Skalierung der Stromausgänge ist linear.

|                         |                 |              |           |         |
|-------------------------|-----------------|--------------|-----------|---------|
| Iout in mA              | 4               | 5            | 12        | 20      |
| T in °C                 | -20             | -11,25       | 50        | 120     |
| RH, H20, H40 in %       | 0               | 6,25         | 50        | 100     |
| AH in ppm               | 0               | 0,0625*AHScI | 0,5*AHScI | AHScI   |
| P; P40                  | Lernmodus aktiv | 1            | 2,867     | 5       |
| C; C40 in pS/m          | Lernmodus aktiv | 100          | 466807    | 1000100 |
| log(C); log(40) in pS/m | 1               | 2,37         | 1000      | 1000000 |
| AP                      | 0               | 6,26         | 50        | 100     |
| L                       | 0               | 6,25         | 50        | 100     |

Tabelle 13: Skalierung der analogen Stromausgänge

## 5 KOMMUNIKATION

Die Kommunikation mit dem Sensor erfolgt wahlweise über eine serielle RS232 Schnittstelle, CANopen oder über zwei analoge 4...20 mA Ausgänge.

Standardmäßig werden die Sensoren mit aktiviertem CAN-Bus ausgeliefert. Bei Bedarf kann über den entsprechenden Eintrag im Objektverzeichnis dauerhaft auf die R232 Schnittstelle umgeschaltet werden. Die Änderung wird nach Neustart des Sensors wirksam.

Des Weiteren ist es möglich, über einen PC mit einem entsprechenden Terminalprogramm in den Kommunikationsmodus RS323 zu gelangen, in dem während des Startvorgangs die Raute Taste (#) gedrückt wird. Der Sensor meldet sich mit seiner ID (bspw. \$HYDROTECHNIK;CV100;SN;000015;0.55.15;CRC:b). Meldet sich der Sensor innerhalb von 10 Sekunden nach Anlegen der Stromversorgung nicht, muss der Vorgang wiederholt werden. Anschließend kann über den Befehl „WCOEN0“ der Sensor in den RS232-Modus dauerhaft gesetzt werden (in Kapitel 5.1 genauer beschrieben).

### 5.1 Serielle Schnittstelle (RS232)

Der Sensor verfügt über eine serielle Schnittstelle, über welche er ausgelesen und konfiguriert werden kann. Dazu wird ein PC und ein entsprechendes Terminalprogramm bzw. eine Auslesesoftware benötigt. Dies wird in den nächsten Kapiteln beschrieben.

Zunächst müssen Sie einen vorhandenen, freien COM-Port an Ihrem Rechner wählen, an dem Sie den Sensor anschließen. Ein geeignetes Kommunikationskabel für die serielle Verbindung zwischen Sensor und Rechner/Steuerung ist unter Bestellnummer 8824-T7-00.00 (Schnittstellenkabel), 8808-50-01.03 (Y-Verteiler) und 8812-00-00.36 (Netzteil) erhältlich.

Wird der Sensor im CAN-Modus gestartet, muss er zunächst wieder in den RS232-Modus versetzt werden. Nach dem Anschluss des Sensors an die Stromversorgung hört der Sensor hierzu auf der Leitung, ob er an eine serielle Schnittstelle angeschlossen ist (Schnittstellenkonfiguration siehe unten) und ob ein definiertes Zeichen („#“) gesendet wird, das während der Startphase anliegen muss. Wird das Zeichen nicht gesendet, so springt der Sensor in den CANopen-Modus. Versteht er das gesendete Zeichen, so geht er in den Kommunikationsmodus über RS232. Hier kann der RS232-Modus dauerhaft über den Befehl „WCOEN0“ aktiviert werden. Bei Neustart des Sensors wird dann automatisch im RS232-Modus gestartet und obiger Ablauf kann entfallen.

#### 5.1.1 Schnittstellenparameter

- › Baudrate: 9600
- › Daten-Bits: 8
- › Parität: keine
- › Stopp-Bits: 1
- › Flusskontrolle: Keine

## 5.2 Befehlsliste

Im Folgenden sind alle Schnittstellenbefehle zur Kommunikation mit dem Sensor aufgeführt. Diese können mit einem Terminalprogramm, wie z.B. dem Microsoft Windows Hyper Terminal, an den Sensor übergeben werden.

### 5.2.1 Lesebefehle

| #  | Befehlsformat | Bedeutung  | Rückgabeformat  |
|----|---------------|--|---|
| 1  | RVal[CR]      | Lesen aller Messwerte mit anschließender Checksumme (CRC), vgl. Kapitel 10, Kapitel 1.12   | \$ Time:x.xxx[h];T:xx.x[°C];<br>...;CRC:x[CR][LF]   |
| 2  | RID[CR]       | Lesen der Identifikation mit anschließender Checksumme (CRC)   | \$HYDROTECHNIK;HYSENSE CM100;<br>SN:xxxx;...;CRC:x[CR][LF]  |
| 3  | RCon[CR]      | Lesen der Konfigurationsparameter und CAN Konfiguration mit anschließender Checksumme (CRC)  | \$AO1:x;AO2:x;...;<br>CRC:x[CR][LF]   |
| 4  | RGrad[CR]     | Lesen der Parametergradienten mit anschließender Checksumme (CRC), vgl. Kapitel 10, Kapitel 1.12   | \$Time:x.xxx[h]; PTG:x.xxx[1/K]; CTG:x.xxxx[pS/m/K];...;<br>CRC:x[CR][LF]   |
| 5  | RMemO[CR]     | Lesen der Speicherorganisation, Parameter und Einheit der Daten wird ausgegeben  | Time [h]; T [°C]; P [-];P40 [-];PTG [1/K];C [pS/m];... [CR][LF]   |
| 6  | RMemS[CR]     | Lesen der Anzahl der speicherbaren Datensätze  | MemS: xxxx[CR][LF]  |
| 7  | RMemU[CR]     | Lesen der Anzahl der gespeicherten Datensätze  | MemU: xxxx[CR][LF]  |
| 8  | RMem[CR]      | Lesen des gesamten Speichers, inkl. Organisation, Datensätze sind durch [CR][LF] getrennt, Unterbrechung mit beliebigem Tastendruck  | Time [h]; T [°C]; P [-];P40 [-];PTG [1/K];... [CR][LF]<br>x.xxx;x.xxxx;x.xxxx;x.xxxx; x.xxxx;... [CR][LF]                       |
| 9  | RMem-n[CR]    | Lesen der letzten n Datensätze im Speicher mit anschließender Checksumme (CRC) pro Datensatz, Trennung der Daten mit Semikolon, Trennung der Datensätze mit [CR][LF], beginnend mit dem ältesten Datensatz, Unterbrechung mit beliebigem Tastendruck   | \$x.xxx;x.xxxx;x.xxxx;x.xxxx; x.xxxx;...<br>;CRC:x[CR][LF]<br>...<br>\$x.xxx;x.xxxx;x.xxxx;x.xxxx; x.xxxx;...<br>;CRC:x[CR][LF] |
| 10 | RMem-n;i[CR]  | Lesen von i Datensätzen im Speicher, beginnend bei dem (aktueller Datensatz)- (n Datensätze) mit anschließender Checksumme (CRC) pro Datensatz, Trennung der Daten mit Semikolon, Trennung der Datensätze mit [CR][LF], beginnend mit dem ältesten Datensatz, Unterbrechung mit beliebigem Tastendruck | \$x.xxx;x.xxxx;x.xxxx;x.xxxx; x.xxxx;...<br>;CRC:x[CR][LF]<br>...<br>\$x.xxx;x.xxxx;x.xxxx;x.xxxx; x.xxxx;...<br>;CRC:x[CR][LF] |
| 11 | RMemH-n[CR]   | Lesen der Datensätze der letzten n Stunden im Speicher mit anschließender Checksumme (CRC) pro Datensatz, Trennung der Daten mit Semikolon, Trennung der Datensätze mit [CR][LF], beginnend mit dem ältesten Datensatz, Unterbrechung mit beliebigem Tastendruck                                       | \$x.xxx;x.xxxx;x.xxxx;x.xxxx; x.xxxx;...<br>;CRC:x[CR][LF]<br>...<br>\$x.xxx;x.xxxx;x.xxxx;x.xxxx; x.xxxx;...<br>;CRC:x[CR][LF] |
| 12 | RORef[CR]     | Lesen gespeicherter Referenzwerte RefStat (Status des Lernvorgangs: 255 nicht angestoßen, 30..1 Lernvorgang läuft, 0 Lernvorgang abgeschlossen), RefC40, RefP40, RefCTG, RefPTG  | \$RefStat:x[-];RefC40:x[pS/m];... ;CRC:x[CR][LF]  |
| 13 | RLim[CR]      | Lesen gesetzter Grenzwerte für Alarmer und Berechnung des AgingProgress-Wertes und RUL Standardwerte:<br>LimitP40%: 5.0 %<br>LimitC40%: 400 %<br>MaxT: 80 °C<br>MaxTMean: 50 °C<br>RULh: 0h (nicht gesetzt)<br>RULfB: 0 (nicht gesetzt)<br>LMax: 90 % <sup>1</sup><br>LMin: 20 % <sup>1</sup>          | \$LimitP40%:x.x[%]; LimitC40%:x[%];<br>MaxT:x[°C]; MaxTMean:x.x[°C];... ;CRC:x[CR][LF]  |

Tabelle 14: Serielle Kommunikation-Lesebefehle

## 5.3 Schreibbefehle

| #  | Befehlsformat   | Bedeutung  | Rückgabeformat          |
|----|-----------------|--|-------------------------|
| 1  | SONew[CR]       | Legt aktuellen Zustand als frisches Öl ab. Alle Parameter werden gelöscht (Gradienten, Referenzwerte, gelernte Werte), Ölalter wird auf 0 h gesetzt, Lernvorgang wird angestoßen (Dauer: ca. 250 Betriebsstunden), Daten im Speicher bleiben erhalten  | ok[CR][LF]              |
| 2  | WAH-ScIx[CR]    | Setzen des Limits der absoluten Feuchtigkeit. Dieser Wert ist entscheidend für die Skalierung bei der Ausgabe über die 4..20 mA Schnittstelle.   | AHScI:xxxx[CR][LF]      |
| 3  | SAO1x[CR]       | Belegung des ersten Stromausganges mit einem entsprechenden Messwert. Standard relative Feuchtigkeit (siehe Kapitel 5.6)   | SAO1:x[CR][LF]          |
| 4  | SAO2x[CR]       | Belegung des zweiten Stromausganges mit einem entsprechenden Messwert. Standard: Temperatur (siehe Kapitel 5.6)  | SAO2:x[CR][LF]          |
| 5  | CTime[CR]       | Löscht den Betriebsstundenzähler   | ok[CR][LF]              |
| 6  | CMem[CR]        | Löscht alle Daten im Verlaufsspeicher  | ok[CR][LF]              |
| 7  | WMemIntn[CR]    | Setze Speicherintervall auf n Minuten<br>Wertebereich n: 1..1440 Minuten   | MemInt:n [min] [CR][LF] |
| 8  | SMemD[CR]       | Legt die aktuell vorliegenden Daten im Speicher als neuen Datensatz ab   | ok[CR][LF]              |
| 9  | WCOENx[CR]      | Aktiviert bzw. deaktiviert den CANopen-Modus.<br>x = 0: CAN deaktiviert, x = 1: CAN aktiviert<br>Umsetzung beim nächsten Neustart  | COEN:x[CR][LF]          |
| 10 | WCOSpdx[CR]     | Setzt die Baudrate der CAN Schnittstelle<br>x = Baudrate in kBit/s<br>unterstützt werden folgende Baudraten<br>(jeweils in kBit/s): 10, 20, 50, 100, 125, 250, 500<br>Umsetzung beim nächsten Neustart   | COSpd:x[CR][LF]         |
| 11 | WCOIDx[CR]      | Setze die Node-ID für CANopen-Modus.<br>Wertebereich x: 0..127<br>COB-ID der TPDOs wird automatisch auf Standardwerte gesetzt<br>TPDO1 COB-ID: 0x180+Node-ID<br>TPDO2 COB-ID: 0x280+Node-ID<br>TPDO3 COB-ID: 0x380+Node-ID<br>TPDO4 COB-ID: 0x480+Node-ID<br>Umsetzung beim nächsten Neustart  | COID:xxx[CR][LF]        |
| 12 | WCOHBeat-n[CR]  | Setze Heart Beat Time für CANopen-Modus.<br>Wertebereich x: 0..10000ms, Auflösung: 50ms<br>Wenn n = 0, ist Heart Beat ausgeschaltet<br>Entspricht SDO-Eintrag Index: 0x1017<br>Umsetzung beim nächsten Neustart  | COHBeat:n[ms] [CR][LF]  |
| 13 | WTPDOyn[CR]     | Setze TPDOy-COB-ID für CANopen-Modus.<br>Wertebereich y: 1..2<br>Wertebereich n: 384..1279 (0x180..0x4FF)<br>Entspricht SDO-Eintrag Index: 0x180y, Sub: 1<br>TPDO3-COB-ID ist nicht änderbar und immer auf 0x380+Node-ID festgelegt<br>TPDO4-COB-ID <sup>1</sup> ist nicht änderbar und immer auf 0x480+Node-ID festgelegt<br>Umsetzung beim nächsten Neustart | TPDOy:n[CR][LF]         |
| 14 | WTPDOyTypen[CR] | Setze TPDOy-Typ für CANopen-Modus.<br>Wertebereich y: 1..2<br>Wertebereich n: 1..240, 254, 255<br>Entspricht SDO-Eintrag Index: 0x180y, Sub 2<br>TPDO3-Typ ist nicht änderbar und entspricht immer dem TPDO2 Typ<br>Umsetzung beim nächsten Neustart   | TPDOyType:n [CR][LF]    |

| #  | Befehlsformat        | Bedeutung  | Rückgabeformat            |
|----|----------------------|--|---------------------------|
| 15 | WTPDOyTimern<br>[CR] | Setze TPDOy-Timer für CANopen-Modus.<br>Wertebereich y: 1..2<br>Wertebereich n: 0..10000ms, Auflösung: 50ms<br>Wenn n = 0, ist Heart Beat ausgeschaltet<br>Entspricht SDO-Eintrag Index: 0x1017<br>TPDO3- und TPDO4 <sup>1</sup> -Timer ist nicht änderbar und entspricht immer dem TPDO2 Timer Umsetzung beim nächsten Neustart | TPDOyTimer:n[ms] [CR][LF] |
| 16 | WLimP40%n<br>[CR]    | Setze Grenzwert für erlaubte Änderung P40 gegenüber gelerntem Referenzwert in %<br>Bei Annäherung und Überschreitung der aktuellen P40 Abweichung an diesen Wert werden Warnungen und Alarime gesetzt<br>Wertebereich n: 1.0..100.0%<br>Standardwert n: 5 %  | LimP40%:n[%] [CR][LF]     |
| 17 | WLimC40%n<br>[CR]    | Setze Grenzwert für erlaubte Änderung C40 gegenüber gelerntem Referenzwert in %<br>Bei Annäherung und Überschreitung der aktuellen C40 Abweichung an diesen Wert werden Warnungen und Alarime gesetzt<br>Wertebereich n: 1.0..1000.0%<br>Standardwert n: 300 %   | LimC40%:n[%] [CR][LF]     |
| 18 | WLimTn [CR]          | Setze Grenzwert für erlaubte Maximaltemperatur<br>Bei Überschreitung des Grenzwerts wird Alarm gesetzt<br>Wertebereich n: 20.0..120.0 °C<br>Standardwert n: 80 °C  | LimT: n.n[°C][CR][LF]     |
| 19 | WLimTmeann<br>[CR]   | Setze Grenzwert für erlaubte maximale Durchschnittstemperatur<br>Bei Überschreitung des Grenzwerts wird Alarm gesetzt<br>Wertebereich n: 20.0..120.0 °C<br>Standardwert n: 60 °C   | LimT:n.nn[°C][CR][LF]     |
| 20 | SETrign [CR]         | Schaltet eventgetriggerte Speicherung von Messwerten aus (n = 0) oder an (n = 1)<br>Wertebereich n: 0..1<br>Standardwert n: 0  | MemETrig:n[CR][LF]        |
| 21 | WRULhn [CR]          | Eingeben der Referenzstandzeit des aktuellen Öls für Temperaturbasierte RUL-Berechnung (vgl. Kapitel 1.10)   | RULh:n[CR][LF]            |
| 22 | WRULfBn [CR]         | Eingeben des Referenzlastfaktors des aktuellen Öls für Temperaturbasierte RUL-Berechnung (vgl. Kapitel 1.10)   | RULfB:n[CR][LF]           |
| 23 | STrAu[n][CR]         | Schaltet automatische Übertragung von Messwerten aus (n = 0) oder an (n = 1..60), alle n Minuten, Übertragung entspricht der Antwort auf Befehl RVal<br>Wertebereich n: 0..60<br>Standardwert n: 0   | TrAu:n[min][CR][LF]       |
| 24 | WLMaxn <sup>1</sup>  | Setze maximal erlaubten Füllstand in %<br>Bei Überschreitung dieses Grenzwertes wird ein Alarm gesetzt<br>Wertebereich n: 0 ...100 %<br>Standardwert n: 90 %   | LMax: n[%] [CR][LF]       |
| 25 | WLMinn <sup>1</sup>  | Setze minimal erlaubten Füllstand in %<br>Bei Unterschreitung dieses Grenzwertes wird ein Alarm gesetzt<br>Wertebereich n: 0 ...100 %<br>Standardwert n: 20 %  | LMin:n[%] [CR][LF]        |

Tabelle 15: Serielle Kommunikation - Schreibbefehle

Hinweis:

[CR] = [Carriage Return (0xD)]      [LF] = [Linefeed (0xA)]

<sup>1</sup> nur bei Füllstands-Sensoren

## 5.4 CRC Berechnung

Jedes Zeichen, das im String gesendet wird (inkl. Linefeed und Carriage Return), muss aufsummiert werden, wobei ein Wertebereich von 8 Bit (0→255) zugrunde liegt. Ist das Ergebnis gleich NULL, so ist kein Fehler vorhanden.

Beispiel eines gesendeten Strings: RH:31[%];CRC:Ù[CR][LF]

| Zeichen | Wert |
|---------|------|
| R       | 82   |
| H       | 72   |
| :       | 58   |
| 3       | 51   |
| 1       | 49   |
| [       | 91   |
| %       | 37   |
| ]       | 93   |
| :       | 59   |
| X       | 67   |
| P       | 82   |
| X       | 67   |
| :       | 58   |
| Ù       | 217  |
| [CR]    | 13   |
| [LF]    | 10   |
| Summe   | 0→OK |

Tabelle 16: Beispiel einer Prüfsummenberechnung (CRC)

## 5.5 Terminalprogramm (Beispiel: Microsoft Windows Hyper Terminal)

Ist der Sensor mit einem PC verbunden und wird mit Spannung versorgt, kann mit ihm, unter Benutzung eines beliebigen Terminalprogramms, kommuniziert werden. Im Internet werden verschiedene Terminalprogramme als Freeware angeboten. Die einfachste Möglichkeit besteht darin, das im Lieferumfang von Microsoft Windows enthaltene „Hyper Terminal“ zu benutzen. Standardmäßig ist dieses Programm unter Start/Programme/Zubehör/Kommunikation zu finden. Wenn Sie das Programm gestartet haben, erscheinen nacheinander drei Fenster, in denen zunächst ein Name für die Verbindung, ein COM Port und die korrekten Kommunikationsparameter angegeben werden müssen. Die drei Fenster sind in Abbildung 11 bis Abbildung 13 dargestellt.



Abbildung 11: Microsoft Windows Hyper Terminal-Vergabe eines Namens für eine neue Verbindung



Abbildung 12: Microsoft Windows Hyperterminal-Wahl der Schnittstelle zur Kommunikation

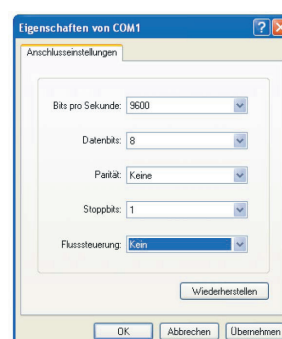


Abbildung 13: Microsoft Windows Hyperterminal-Wahl der Schnittstellenparameter



In dem nachfolgenden Eingabefenster können die entsprechenden Befehle zum Auslesen oder Konfigurieren eingegeben werden. Die Befehlsliste ist unter Kapitel 5.2 aufgeführt.

Beachten Sie hierbei, dass standardmäßig alle Zeichen, welche in das Terminalprogramm über die Tastatur eingegeben werden, nicht auf dem Bildschirm angezeigt werden. Dies kann im Hyper Terminal über die Option „Lokales Echo aktivieren“ geändert werden.

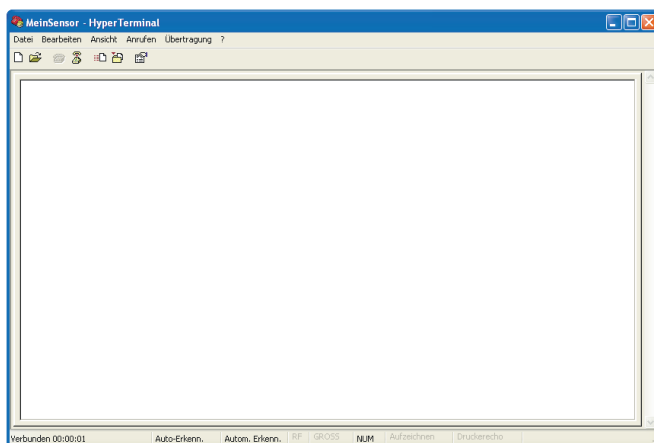


Abbildung 14: Windows Hyper Terminal - Eingabefenster

## 5.6 Setzen der analogen Stromausgänge

Die beiden analogen Stromausgänge sind ab Werk voreingestellt. Auf Kanal 1 (Pin 6, vgl. Abbildung 8) wird die Temperatur und auf Kanal 2 (Pin 7, vgl. Abbildung 8) die relative Feuchtigkeit ausgegeben. Der Sensor bietet jedoch die Möglichkeit, die voreingestellten Ausgabeparameter zu ändern. Der Befehl hierzu lautet: „SAO1x[CR]“ und „SAO2x[CR]“ mit dem entsprechenden

Nummernschlüssel x. Tabelle 17 zeigt die möglichen Parameter für die Konfiguration der analogen Ausgänge.

| Nummernschlüssel x | Parameter  |
|--------------------|--|
| 0                  | Temperatur (T)   |
| 1                  | Relative Feuchtigkeit (RH)   |
| 2                  | Absolute Feuchtigkeit (AH) <sup>1</sup>  |
| 3                  | Alterungsfortschritt (AP)  |
| 4                  | Relative Permittivität (P)   |
| 5                  | Relative Permittivität bei 40 °C (P40)   |
| 6                  | Leitfähigkeit (C)  |
| 7                  | Leitfähigkeit bei 40 °C (C40)  |
| 8                  | Relative Feuchtigkeit bei 20 °C (H20)  |
| 9                  | Relative Feuchtigkeit bei 40 °C (H40)  |
| 10                 | Füllstand <sup>2</sup>   |
| 11                 | log(Leitfähigkeit) (log(C)) (ab Version 1.21.12)   |
| 12                 | log(Leitfähigkeit bei 40 °C) (log(C40)) (ab Version 1.21.12)   |
| 30                 | Alarm<br>4mA = kein Alarm<br>20mA = Ölstand zu niedrig (Sensor an Luft oder bei Levelsensor Ölstand < gesetztes Minimum) oder freies Wasser (>95 %) oder sehr hoher Wassergehalt (>75 %) oder gesetzte maximale Öltemperatur überschritten |
| 40                 | Sequentielle Ausgabe von T, rel. H, P, C, P40, C40, AP und L <sup>2</sup>  |
| 100                | Ausgabe fest auf 4 mA  |
| 101                | Ausgabe fest auf 12 mA   |
| 102                | Ausgabe fest auf 20 mA   |

Tabelle 17: Nummernschlüssel für die Ausgabeparameter der analogen Stromausgänge

<sup>2</sup> Nur bei Füllstands-Sensoren verfügbar

## 5.7 Sequentielle Ausgabe der Werte

Eine sequentielle Ausgabe der wichtigsten Parameter ist über die analogen Schnittstellen möglich. Der Sensor wird dazu entsprechend der Vorgaben in Tabelle 17 konfiguriert. Der entsprechend konfigurierte Sensor gibt die wichtigsten Parameter auf die in folgende Abbildung dargestellte Weise aus.

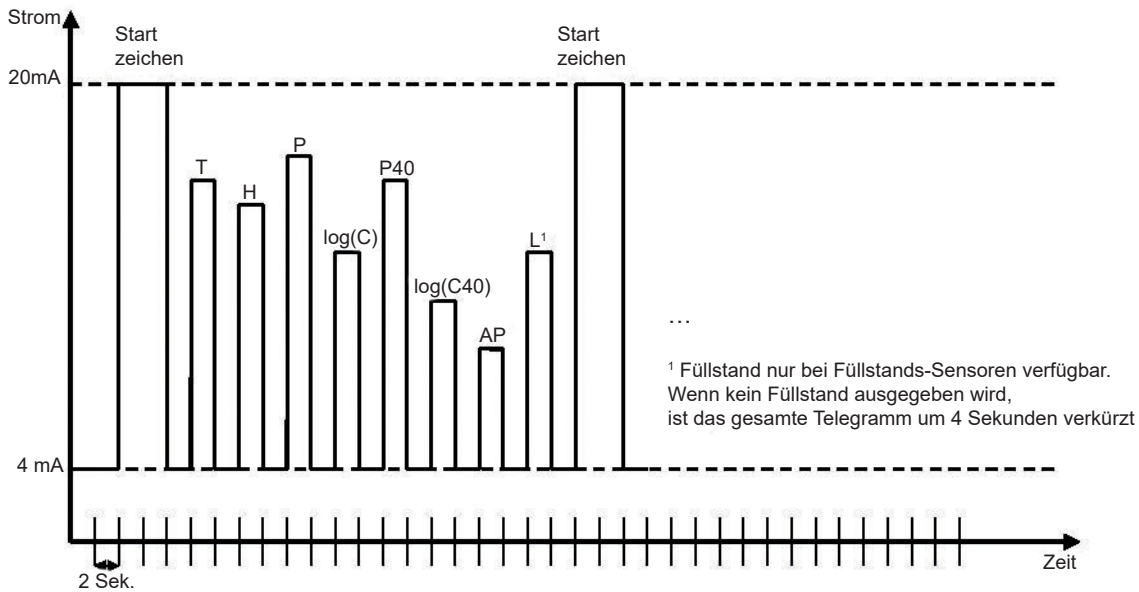


Abbildung 15: Sequentielle Ausgabe der Werte über analoge Schnittstelle

## 5.8 Ausgabetriggerung

Die Ausgabe von Messwerten über die RS232-Schnittstelle kann prinzipiell auf zwei unterschiedliche Arten, zeitgetriggert oder befehlsgetriggert, geschehen.

Die Befehlsliste zur Abfrage von Kennwerten ist in Kapitel 5.2 und im Anhang wiedergegeben. Es gibt sowohl Befehle zur Abfrage der aktuellen Kennwerte, als auch zur Abfrage der Kennwerte aus naher Vergangenheit (Zeit kann je nach gewählter Einstellung variieren).

## 5.9 Speichertriggerung

Um den geräte- und programmiertechnischen Aufwand für den Anwender gering zu halten wird die automatische Auswertung der Sensorkennwerte im Sensor vorgenommen. Die anfallenden Daten werden event-, zeit- oder befehlsgetriggert im Daten- und Fehlerspeicher abgelegt. Unter Event wird eine Änderung des Zustandscodes zusammengefassten Zustände verstanden. Die eventabhängige Speicherung kann mit Hilfe des Befehl SETrig eingestellt werden (vgl. Kapitel 5.2).

## 5.10 Konfiguration für automatische Zustandsbeurteilung

Für die automatische Zustandsbewertung ist der Sensor bereits mit Standardwerten vorkonfiguriert. Sollen einzelne Konfigurationswerte geändert werden, ist ein Vorgehen empfohlen wie in Tabelle 18 aufgeführt (Beispiel für Standardkonfiguration).

| Schritt |  | Parameter                                |
|---------|--|--|
| 1       | Einstellen des Speicherintervalls auf 20 Minuten | WSaveInt20.0[ENTER]                      |
| 2       | Schreiben der Alterungsgrenzwerte                | WLimP40 5.0[ENTER]<br>WLimC40 300[ENTER] |
| 3       | Schreiben der Temperaturgrenzwerte               | WLimT80.0[ENTER]<br>WLimTMean50.0[ENTER] |
| 4       | Falls bekannt Referenzstandzeit des Öls setzen   | WRULhxxxx[ENTER]                         |
| 5       | Falls bekannt Referenzlastfaktor des Öls setzen  | WRULfBxxxx[ENTER]                        |
| 6       | Speicher bei Bedarf löschen                      | CMem[ENTER]                              |
| 7       | Kennzeichen des aktuellen Öls als Frischöl       | SONew[ENTER]                             |

Tabelle 18: Vorgehen für Standardkonfiguration des Sensors

Nach einem Ölwechsel sind diese Schritte mit angepassten Parametern zu wiederholen, insofern der Öltyp sich geändert hat. Bei gleichem Öltyp wie vor dem Ölwechsel reicht es aus Schritt 7 durchzuführen (Kennzeichnen des aktuellen Öls als Frischöl). Sensor setzt intern gelernte Werte, Gradienten, Ölalter, etc. zurück und initialisiert einen neuen Lernzyklus, der bis zu 250 Stunden dauern kann. Während dieser Zeit sind die auf gelernte Werte und Gradienten angewiesene Zustandsbewertungen nicht detektierbar. Zustandserkennung für Temperaturüberschreitung und Wassereinbruch funktioniert weiterhin.

Der 64Bit Hexcode wird durch 16 Hexzahlen dargestellt.

Die Wertigkeit und Bedeutung der einzelnen Bits ist Tabelle 33 zu entnehmen.

Die zeitgesteuerte Ausgabe kann per Befehl (vgl. Kapitel 5.7) aktiviert bzw. deaktiviert werden.

## 6 CAN

### 6.1 CAN Kommunikation

Die CAN-Schnittstelle entspricht der „CAN 2.0B Active Specification“. Die Datenpakete entsprechen dem in Abbildung 16 gezeigten Format. Die Abbildung dient nur Anschauungszwecken, die Umsetzung entspricht der CAN 2.0B Spezifikation.

Der Sensor unterstützt eine begrenzte Anzahl an Übertragungsgeschwindigkeiten auf dem CAN-Bus (vgl. Tabelle 19).

| Durch CiA empfohlene und vom Sensor unterstützte Datenraten |             |               |  |
|---|-------------|---------------|--|
| Datenrate   | Unterstützt | CiA Draft 301 | Buslänge (nach CiA Draft Standard 301) |
| 1 Mbit/s  | nein        | ja            | 25 m                                   |
| 800 kbit/s  | nein        | ja            | 50 m                                   |
| 500 kbit/s  | ja          | ja            | 100 m                                  |
| 250 kbit/s  | ja          | ja            | 250 m                                  |
| 125 kbit/s  | ja          | ja            | 500 m                                  |
| 100 kbit/s  | ja          | nein          | 750 m                                  |
| 50 kbit/s   | ja          | ja            | 1000 m                                 |
| 20 kbit/s   | ja          | ja            | 2500 m                                 |
| 10 kbit/s   | ja          | ja            | 5000 m                                 |

Tabelle 19: Unterstützte Busgeschwindigkeiten bei CANopen Kommunikation und zugehörige Kabellängen

Die elektrischen Parameter der CAN-Schnittstelle sind in Tabelle 20 aufgeführt.

| Parameter                           | Größe | Einheit |
|-------------------------------------|-------|---------|
| Typ. Antwortzeit bei SDO-Anfragen   | <10   | ms      |
| Max. Antwortzeit bei SDO-Anfragen   | 150   | ms      |
| Versorgungsspannung CAN-Transceiver | 3,3   | V       |
| Terminierung integriert             | nein  | -       |

Tabelle 20: Elektrische Parameter CAN-Schnittstelle

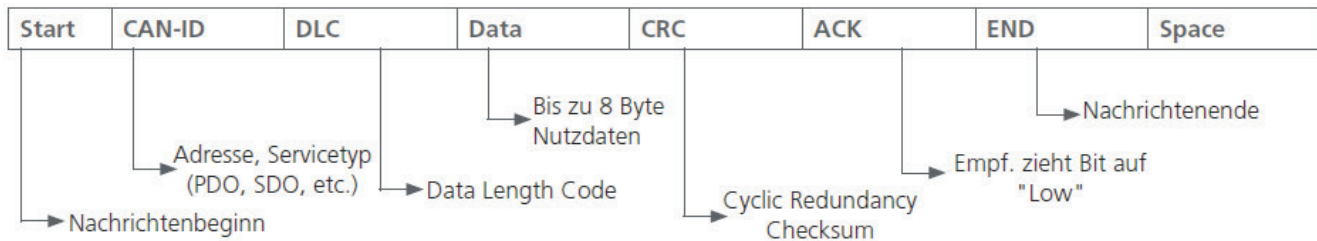


Abbildung 16: CAN Nachrichtenformat

### 6.2 CANopen

CANopen definiert das was, nicht das wie wird etwas beschrieben. Mit den implementierten Verfahren wird ein verteiltes Kontrollnetz umgesetzt das von sehr einfachen Teilnehmern bis zu sehr komplexen Steuerungen miteinander verbinden kann, ohne, dass es zu Kommunikationsproblemen zwischen den Teilnehmern kommt.

Das zentrale Konzept von CANopen ist das sogenannte Device Object Dictionary (OD), ein Konzept wie es ebenfalls bei anderen Feldbussystemen eingesetzt wird.

Im Nachfolgenden wird zuerst auf Object Dictionary, dann auf Communication Profile Area (CPA), und anschließend auf das CANopen Kommunikationsverfahren an sich eingegangen.

#### 6.2.1 „CANopen Object Dictionary“ allgemein

Das CANopen Object Dictionary (OD) ist ein Objektverzeichnis in dem jedes Objekt mit einem 16 Bit Index angesprochen werden kann. Jedes Objekt kann aus mehreren Datenelementen bestehen, die über ein 8 Bit Subindex adressiert werden können.

Das prinzipielle Layout eines CANopen Objektverzeichnisses ist in folgender Tabelle dargestellt.

| CANopen Object Dictionary |        |   |
|---------------------------|--------|---|
| Index (hex)               |        | Objekt  |
| 0000                      |        | -   |
| 0001                      | - 001F | Statische Datentypen (Boolean, Integer)   |
| 0020                      | - 003F | Komplexe Datentypen (bestehend aus Standarddatentypen)                                      |
| 0040                      | - 005F | Komplexe Datentypen, herstellerspezifisch   |
| 0060                      | - 007F | Statische Datentypen (geräteprofilspezifisch)   |
| 0080                      | - 009F | Komplexe Datentypen (geräteprofilspezifisch)  |
| 00A0                      | - 0FFF | reserviert  |
| 1000                      | - 1FFF | Communication Profile Area (z.B. Gerätetyp, Fehlerregister, unterstützte PDOs,...)          |
| 2000                      | - 5FFF | Communication Profile Area (herstellerspezifisch)   |
| 6000                      | - 9FFF | Geräteprofilspezifische Device Profile Area (z.B. "DSP-401 Device Profile for I/O Modules") |
| A000                      | - FFFF | reserviert  |

Tabelle 21: Allgemeine CANopen Object Dictionary Struktur

## 6.2.2 CANopen Communication Objects

Bei CANopen übertragene Kommunikationsobjekte sind durch Dienste und Protokolle beschrieben und sind folgendermaßen klassifiziert:

- › Network Management (NMT) stellt Dienste und für Businitialisierung, Fehlerbehandlung und Knotensteuerung
- › Process Data Objects (PDOs) dienen zur Übertragung von Prozessdaten in Echtzeit
- › Service Data Objects (SDOs) ermöglichen den Lese- und Schreibzugriff auf das Objektverzeichnis eines Knotens
- › Special Function Object Protokoll ermöglicht anwendungsspezifische Netzwerksynchronisation, Zeitstempel Übertragung und Emergency Nachrichten

Im Folgenden wird die Initialisierung des Netzes mit einem CANopen Master und einem Sensor beispielhaft beschrieben.

Nach Anlegen des Stromes verschickt der Sensor eine Boot Up Nachricht innerhalb von ca. 5 Sekunden und sobald der Preoperational-Zustand erreicht ist. In diesem Zustand werden vom Sensor nur die Heartbeat-Nachrichten verschickt, falls er entsprechend konfiguriert ist (Punkt A in Abbildung 17).

Anschließend kann der Sensor über SDOs konfiguriert werden, in den meisten Fällen ist dies nicht notwendig, da die einmal eingestellten Kommunikationsparameter automatisch vom Sensor gespeichert werden (vgl. Punkt B in Abbildung 17).

Um den Sensor in den Operational Zustand zu versetzen, kann entweder eine entsprechende Nachricht an alle CANopen Teilnehmer oder speziell an den Sensor verschickt werden. Im Operational Zustand verschickt der Sensor die unterstützten PDOs entsprechend seiner Konfiguration entweder in periodischen Zeitabständen oder auf Synch-Nachrichten getriggert (vgl. Punkt C in Abbildung 17).

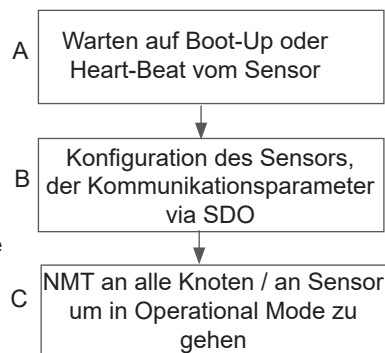


Abbildung 17: CANopen Bus Initialisierungsprozess

Je nach Zustand des Sensors stehen verschiedene Dienste des CANopen Protokolls zur Verfügung (vgl. Tabelle 22).

| Verfügbarkeit der Dienste in Abhängigkeit des Sensorzustandes |              |                 |             |         |
|---|--------------|-----------------|-------------|---------|
| Com. Object   | Initialising | Pre-Operational | Operational | Stopped |
| PDO   |              |                 | X           |         |
| SDO   |              | X               | X           |         |
| Synch   |              | X               | X           |         |
| BootUp  | X            |                 |             |         |
| NMT   |              | X               | X           | X       |

Tabelle 22: Verfügbare CANopen Dienste in verschiedenen Sensorzuständen

## 6.2.3 Service Data Object (SDO)

Service Data Objects dienen dem Schreib- und Lesezugriff auf das Objektverzeichnis des Sensors. Die SDOs werden jeweils quittiert und die Übertragung findet immer nur zwischen zwei Teilnehmern statt, ein sogenanntes Client/Server-Modell (vgl. Abbildung 18).

Der Sensor kann ausschließlich als Server funktionieren, beantwortet also nur SDO-Nachrichten und schickt von sich aus keine Anfragen an andere Teilnehmer. Die SDO-Nachrichten vom Sensor an Client haben als ID die NodeID+0x580. Bei Anfragen vom Client an den Sensor (Server) wird bei der SDO-Nachricht als ID die NodeID+0x600 erwartet.

Das Standardprotokoll für SDO-Transfer, benötigt 4 Byte um die Senderichtung, Datentyp, den Index und den Subindex zu kodieren. Somit bleiben noch 4 Byte von den 8 Byte eines CAN-Datenfeldes für den Dateninhalt. Für Objekte, deren Dateninhalt größer als 4 Byte ist, gibt es zwei weitere Protokolle für sogenannten fragmentierten oder segmentierten SDO-Transfer.

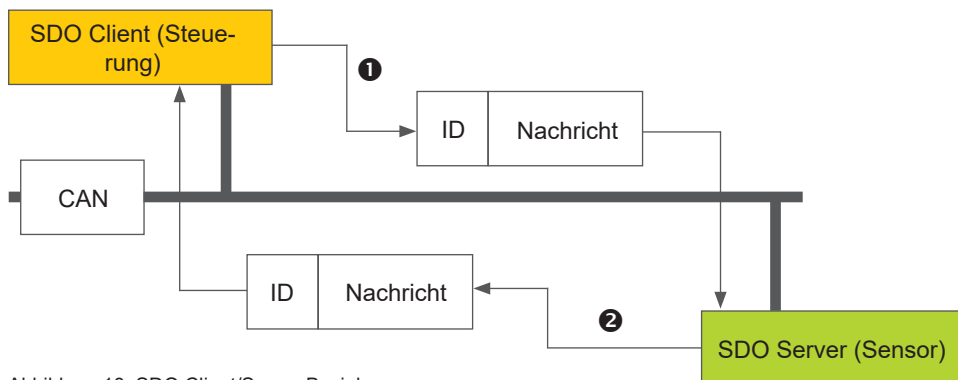


Abbildung 18: SDO Client/Server Beziehung

SDOs sind dazu gedacht den Sensor über Zugriff auf das Objektverzeichnis zu konfigurieren, selten benötigte Daten oder Konfigurationswerte anzufragen oder größere Datenmengen herunter zu laden. Die SDO Eigenschaften im Überblick:

- › Auf alle Daten im Objektverzeichnis kann zugegriffen werden
- › Bestätigte Übertragung
- › Client/Server Beziehung bei der Kommunikation

Die Steuerungs- und Nutzdaten einer nicht segmentierten SDO-Standardnachricht verteilen sich auf die CAN-Nachricht wie es in Tabelle 23 dargestellt ist. Die Nutzdaten einer SDO-Nachricht sind bis zu 4 Byte groß. Mit Hilfe der Steuerungsdaten einer SDO-Nachricht (Cmd, Index, Subindex) wird die Zugriffsrichtung auf das Objektverzeichnis und ggf. der übertragene Datentyp bestimmt. Für die genauen Spezifikationen des SDO Protokolls sollte der „CiA Draft Standard 301“ konsultiert werden.

| CAN         | CAN-ID        | DLC | Nutzdaten CAN Message |       |          |                               |   |   |   |   |
|-------------|---------------|-----|-----------------------|-------|----------|-------------------------------|---|---|---|---|
|             |               |     | 0                     | 1     | 2        | 3                             | 4 | 5 | 6 | 7 |
| CANopen SDO | COB-ID 11 Bit | DLC | Cmd                   | Index | Subindex | Nutzdaten CANopen SDO Message |   |   |   |   |

Tabelle 23: Aufbau einer SDO Nachricht

Ein Beispiel für eine SDO Abfrage der Seriennummer des Sensors aus dem Objektverzeichnis an Index 0x1018, Subindex 4, mit Datenlänge 32 Bit ist im Folgenden dargestellt. Der Client (Steuerung) schickt dazu eine Leseanfrage an den Sensor mit der ID „NodeID“ (vgl. Tabelle 24).

| CAN                            | CAN-ID         | DLC  | Nutzdaten CAN Message |       |      |        |               |           |           |           |
|--------------------------------|----------------|------|-----------------------|-------|------|--------|---------------|-----------|-----------|-----------|
|                                |                |      | 0                     | 1     | 2    | 3      | 4             | 5         | 6         | 7         |
| CANopen                        | COB-ID 11 Bit  | DLC  | Cmd                   | Index |      | Subidx | Nutzdaten SDO |           |           |           |
|                                |                |      |                       | 1     | 0    | 0      | 3             | 2         | 1         | 0         |
| Nachricht vom Client an Sensor | 0x600 + NodeID | 0x08 | 0x40                  | 0x18  | 0x10 | 0x04   | dont care     | dont care | dont care | dont care |

Tabelle 24: SDO Downloadanfrage durch den Client an den Server

Der Sensor antwortet mit entsprechender SDO-Nachricht (vgl. Tabelle 25) in der der Datentyp, Index, Subindex und die Seriennummer des Sensors kodiert sind, hier beispielhaft die Seriennummer 200123 (0x30DBB).

| CAN                            | CAN-ID         | DLC  | Nutzdaten CAN Message |       |      |        |               |      |      |      |
|--------------------------------|----------------|------|-----------------------|-------|------|--------|---------------|------|------|------|
|                                |                |      | 0                     | 1     | 2    | 3      | 4             | 5    | 6    | 7    |
| CANopen                        | COB-ID 11 Bit  | DLC  | Cmd                   | Index |      | Subidx | Nutzdaten SDO |      |      |      |
|                                |                |      |                       | 1     | 0    | 0      | 3             | 2    | 1    | 0    |
| Nachricht vom Client an Sensor | 0x580 + NodeID | 0x08 | 0x43                  | 0x18  | 0x10 | 0x04   | 0xBB          | 0x0D | 0x30 | 0x00 |

Tabelle 25: SDO Downloadantwort durch den Server an den Client

Ein Beispiel für den Upload von Daten (Heartbeat-Zeit) über SDO in das Objektverzeichnis des Sensors an Index 0x1017 mit Datenlänge 16 Bit ist im Folgenden dargestellt. Der Client (Steuerung) schickt dazu eine Schreibanfrage an den Sensor mit der ID „NodeID“ (vgl. Tabelle 26) um die Heartbeat-Zeit auf 1000 ms zu setzen (0x03E8).

| CAN                            | CAN-ID         | DLC  | Nutzdaten CAN Message |       |      |        |               |      |   |   |
|--------------------------------|----------------|------|-----------------------|-------|------|--------|---------------|------|---|---|
|                                |                |      | 0                     | 1     | 2    | 3      | 4             | 5    | 6 | 7 |
| CANopen                        | COB-ID 11 Bit  | DLC  | Cmd                   | Index |      | Subidx | Nutzdaten SDO |      |   |   |
|                                |                |      |                       | 1     | 0    | 0      | 3             | 2    | 1 | 0 |
| Nachricht vom Client an Sensor | 0x600 + NodeID | 0x08 | 0x2B                  | 0x17  | 0x10 | 0x00   | 0xE8          | 0x03 | 0 | 0 |

Tabelle 26: SDO Uploadanfrage durch den Client an den Server

Der Sensor antwortet mit entsprechender SDO-Nachricht (vgl. Tabelle 27) in der bestätigt wird, dass der Zugriff erfolgreich war und der Index und Subindex kodiert, sind auf die der Zugriff erfolgte.

| CAN                            | CAN-ID         | DLC  | Nutzdaten CAN Message |       |      |        |               |      |      |      |
|--------------------------------|----------------|------|-----------------------|-------|------|--------|---------------|------|------|------|
|                                |                |      | 0                     | 1     | 2    | 3      | 4             | 5    | 6    | 7    |
| CANopen                        | COB-ID 11 Bit  | DLC  | Cmd                   | Index |      | Subidx | Nutzdaten SDO |      |      |      |
|                                |                |      |                       | 1     | 0    | 0      | 3             | 2    | 1    | 0    |
| Nachricht vom Client an Sensor | 0x580 + NodeID | 0x08 | 0x60                  | 0x17  | 0x10 | 0x00   | 0x00          | 0x00 | 0x00 | 0x00 |

Tabelle 27: SDO Uploadantwort durch den Server an den Client

## 6.2.4 Process Data Object (PDO)

PDOs sind ein oder mehrere Datensätze, die aus dem Objektverzeichnis in die bis zu 8 Bytes einer CAN-Nachricht gespiegelt sind um Daten schnell und mit möglichst wenig Zeitaufwand von einem „Producer“ zu einem oder mehreren „Consumern“ zu übertragen (vgl.: Abbildung 19). Jedes PDO hat eine einzigartige COB-ID (Communication Object Identifier), wird nur von einem einzigen Knoten verschickt, kann aber von mehreren Knoten empfangen werden und braucht nicht quittiert/bestätigt zu werden.

PDOs eignen sich ideal dazu Daten von Sensoren zur Steuerung oder von der Steuerung Daten zu Aktoren zu übertragen. PDO Attributen des Sensors im Überblick:

- › Sensor unterstützt drei Sende-PDOs (TPDOs), keine Empfangs-PDOs (RPDOs). Die Füllstands-Sensoren unterstützen vier TPDOs.
- › Das Mapping der Daten in PDOs ist fest und kann nicht verändert werden
- › COB-IDs für TPDO1 und TPDO2 können frei gewählt werden, TPDO3 hat immer die COB ID 0x380+NodeID (TPDO4 bei Level Sensoren hat immer die COB-ID 0x480+NodeID)
- › TPDO1 und TPDO2 kann Event/Timer getriggert oder zyklisch auf SYNCH getriggert übertragen werden und ist jeweils für die beiden TPDOs individuell einstellbar, TPDO3 (und TPDO4 bei Level Sensoren) übernimmt die Einstellungen des TPDO2

Der Sensor unterstützt zwei unterschiedliche PDO Übertragungsmethoden.

1. Bei der Event- bzw. Timer-getriggerten Methode wird die Übertragung durch einen sensorinternen Timer oder Event ausgelöst
2. Bei der SYNCH-getriggerten Methode findet die Übertragung als Antwort auf eine SYNCH-Nachricht statt (CAN-Nachricht durch einen SYNCH-Producer ohne Nutzdaten). Die Antwort mit PDO erfolgt entweder bei jedem empfangenen Synch oder einstellbar alle n-Empfangene SYNCH-Nachrichten.

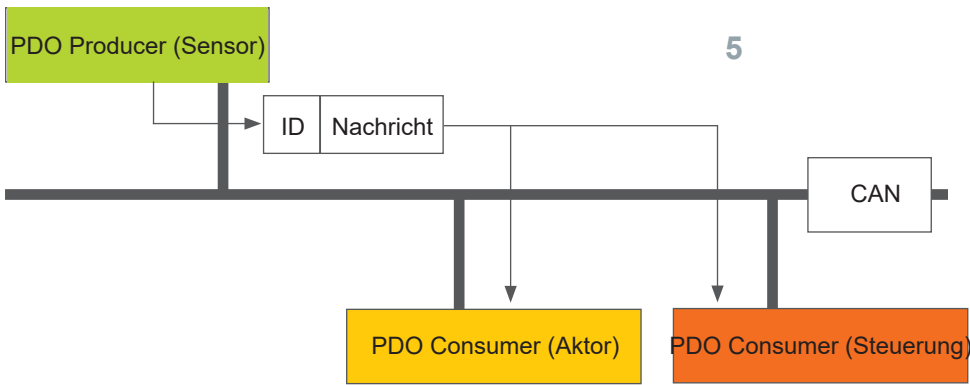


Abbildung 19: PDO Consumer/Producer Beziehung

## 6.2.5 PDO Mapping

Der Sensor unterstützt drei bis vier Transmit PDOs (TPDOs) um einen möglichst effizienten Betrieb des CAN-Busses zu ermöglichen. Der Sensor unterstützt kein dynamisches Mapping von PDOs, die Mappingparameter im OD sind also nur lesbar, aber nicht beschreibbar.

Folgende zeigt das Prinzip des Mappings von Objekten aus dem OD in ein TPDO, es entspricht der CiA DS-301. Welche Objekte in TPDO 1 bis 4 gemappt sind, kann im OD an Index 0x1A00 bis 0x1A03 ermittelt werden. Die Struktur der PDO-Mappingeinträge ist in Abbildung 20 dargestellt. Des Weiteren hat jedes TPDO eine Beschreibung der Kommunikationsparameter, also Übertragungstyp, COB-ID und gegebenenfalls Event Timer. Die Kommunikationsparameter für TPDO 1 bis 4 sind im OD an Index 0x1800 bis 0x1803 dokumentiert.

Byte: MSB

LSB

|                |                  |                            |
|----------------|------------------|----------------------------|
| Index (16 Bit) | Subindex (8 Bit) | Objektlänge in Bit (8 Bit) |
|----------------|------------------|----------------------------|

Abbildung 20: Grundstruktur eines PDO Mappingeintrags

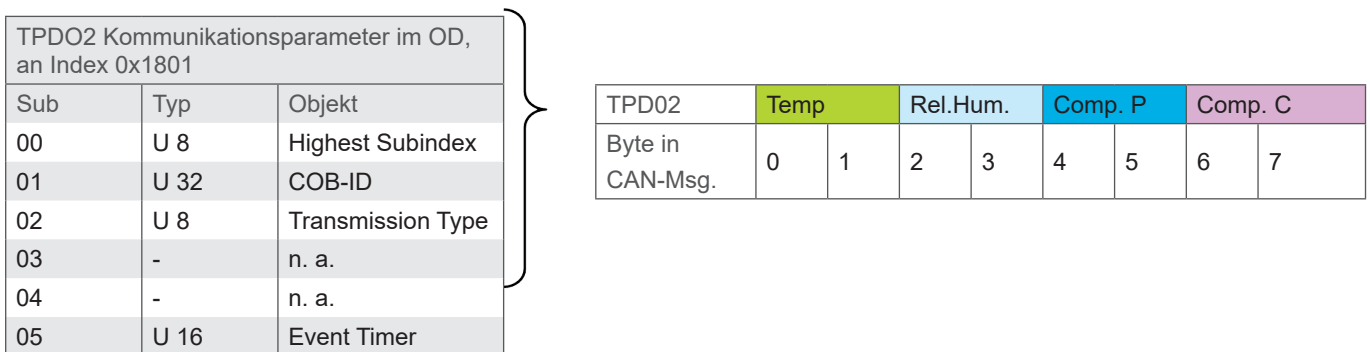
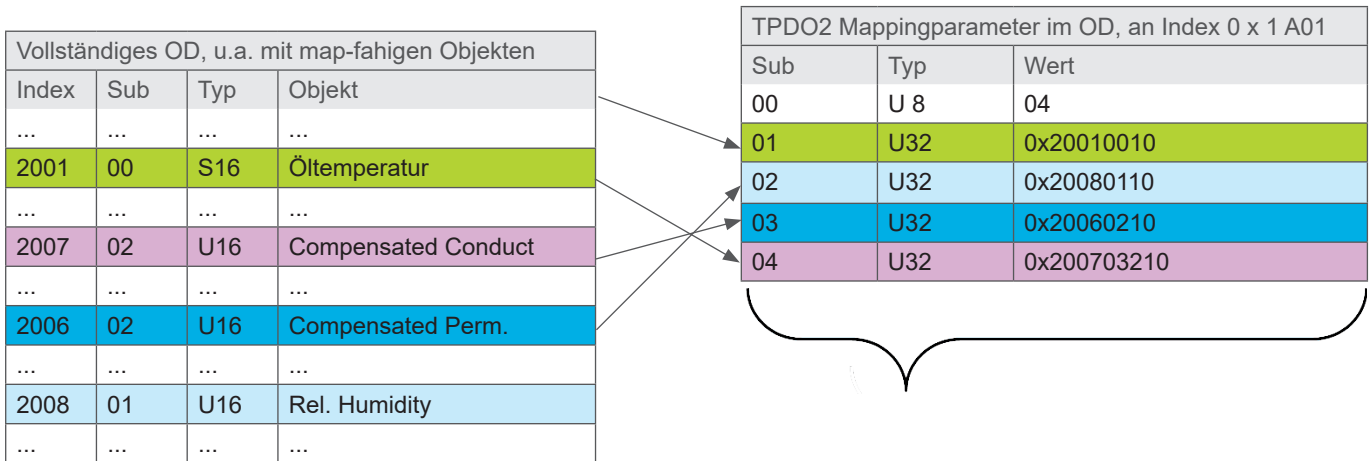


Abbildung 21: Prinzip des Mappings von mehreren OD-Objekten in ein TPDO



Der Sensor unterstützt bestimmte Typen des TPDO (vgl. Tabelle 28), die für die jeweiligen Kommunikationsparameter der TPDOs eingetragen werden können.

| Durch Sensor unterstützte TPDO Typen |             |          |                |          |           |
|--------------------------------------|-------------|----------|----------------|----------|-----------|
| Typ                                  | unterstützt | zyklisch | nicht zyklisch | synchron | asynchron |
| 0                                    | ja          |          | X              | X        |           |
| 1-240                                | ja          | X        |                | X        |           |
| 241-253                              | nein        |          |                |          |           |
| 254                                  | ja          |          |                |          | X         |
| 255                                  | ja          |          |                |          | X         |

Tabelle 28: Beschreibung der TPDO Typen

## 6.2.6 „CANopen Object Dictionary“ detailliert

Das vollständige Objektverzeichnis des Sensors ist in Tabelle 29 und Tabelle 30 aufgeführt. In Tabelle 29 ist der kommunikationsbezogene Teil vom Objektverzeichnis abgebildet. Die hier möglichen Einstellungen entsprechen, bis auf wenige Ausnahmen, dem CANopen Standard wie dieser in DS 301 beschrieben ist. Durch die eingesetzte Hardwareplattform ergeben sich einige Einschränkungen hinsichtlich der Kommunikation. Die Einstellschritte für „heartbeat time“ (Index 1017h), „TPDO1 event timer“ (Index 1800h, Subindex 5), „TPDO2 event timer“ (Index 1801h, Subindex 5), „TPDO3 event timer“ (Index 1802h, Subindex 5) sind auf 50 ms limitiert, statt der vorgesehenen 1 ms. Dies bedeutet, dass diese Objekte beispielsweise auf 0 ms, 50 ms, 250 ms eingestellt werden können, aber nicht auf 35 ms, 125 ms, etc.

| Communication Profile Area |     |                               |        |       |                          |  |
|----------------------------|-----|-------------------------------|--------|-------|--------------------------|--|
| Idx (hex)                  | Sub | Name                          | Type   | Attr. | Default                  | Notes  |
| 1000                       | 0   | Device type                   | U32    | ro    | 194h                     | Sensor, see DS 404   |
| 1001                       | 0   | Error register                | U8     | ro    | 00h                      | mandatory, see DS301   |
| 100A                       | 0   | Manufacturer Software Version | string | ro    | depends current firmware | e.g.: "1.01"   |
| 1017                       | 0   | Producer heartbeat time       | U16    | rw    | 3E8h                     | heartbeat time in ms, granularity of 50ms (instead of 1ms, e.g. can be set to 0, 50, 150, but not to 20) range: 0..10000 |
| 1018                       |     | identity object               | record | ro    |                          |  |
|                            | 0   | Number of entries             | U8     | ro    | 04h                      | largest sub index  |
|                            | 1   | Vendor ID                     | U32    | ro    | 0000001C0                | HYDROTECHNIK GMBH  |
|                            | 2   | Product Code                  | U32    | ro    | Device dependant         | CM100: 0x434D0064<br>CL120: 0x434C0078<br>CL130: 0x434C0082<br>CL160: 0x434C00A0   |
|                            | 3   | Revision Number               | U32    | ro    | Device dependant         | CM100: 1010<br>CL120: 1200<br>CL130: 1375<br>CL160: 1615   |
|                            | 4   | Serial Number                 | U32    | ro    |                          | Device dependant<br>lower 3 bytes contain the serial number, the top byte is reserved for future use                     |
| 1800                       |     | Transmit PDOs Parameter       | record |       |                          |  |
|                            | 0   | Number of entries             | U8     | ro    | 05h                      | largest sub index  |
|                            | 1   | COB-ID                        | U32    | rw    | 180h + NodeID            | COB-ID used by PDO, range: 181h..1FFh, can be changed while not operational  |
|                            | 2   | Transmission type             | U8     | rw    | FFh                      | cyclic+synchronous, asynchronous values: 1-240, 254, 255   |

| Idx (hex) | Sub | Name                      | Type   | Attr. | Default                         | Notes  |
|-----------|-----|---------------------------|--------|-------|---------------------------------|--|
|           | 5   | Event Timer               | U16    | rw    | 1388h                           | event timer in ms for asynchronous TPDO1, value has to be a multiple of 50 and max 12700 |
| 1801      |     | Transmit PDO2 Parameter   | record |       |                                 |  |
|           | 0   | Number on entries         | U8     | ro    | 05h                             | largest sub index  |
|           | 1   | COB-ID                    | U32    | rw    | 280h +NodeID                    | COB-ID used by PDO, range: 281h..2FFh, can be changed while not operational              |
|           | 2   | Transmission type         | U8     | re    | FFh                             | cyclic+synchronous, asynchronous values: 1-240, 254, 255                                 |
|           | 5   | Event timer               | U16    | rw    | 1388h                           | event timer in ms for asynchronous TPDO2, value has to be a multiple of 50 and max 12700 |
| 1802      |     | Transmit PDO3 Parameter   | record |       |                                 |  |
|           | 0   | Number on entries         | U8     | ro    | 05h                             | largest sub index  |
|           | 1   | COB-ID                    | U32    | ro    | 380h + NodeID                   | COB-ID used by PDO, cannot be changed  |
|           | 2   | Transmission type         | U8     | ro    | Copy of TPDO2 Transmission Type | cyclic+synchronous, asynchronous, copy TPDO2 Transmission Type                           |
|           | 5   | Event timer               | U16    | ro    | copy of TPDO2 event timer       | event timer in ms for asynchronous TPDO3, copy of TPDO2 event timer                      |
| 1803      |     | Transmit PDO4 Parameter   | record |       |                                 | only for Level sensors   |
|           | 0   | Number of entries         | U8     | ro    | 05h                             | largest sub index  |
|           | 1   | COB-ID                    | U32    | ro    | 480h +NodeID                    | COB-ID used by PDO, cannot be changed  |
|           | 2   | Transmission type         | U8     | ro    | Copy of TPDO2 Transmission Type | cyclic+synchronous, asynchronous, copy TPDO2 Transmission Type                           |
|           | 5   | Event timer               | U16    | ro    | copy of TPDO2 event timer       | event timer in ms for asynchronous TPDO4, copy of TPDO2 event timer                      |
| 1A00      |     | TPDO1 Mapping Parameter   | record |       |                                 |  |
|           | 0   | Number of entries         | U8     | ro    | 04h                             | largest sub index  |
|           | 1   | 1st app obj. to be mapped | U32    | co    | 20000410h                       | Alarms   |
|           | 2   | 2nd app obj. to be mapped | U32    | co    | 20000310h                       | Information  |
|           | 3   | 3rd app obj. to be mapped | U32    | co    | 20000210h                       | Status   |
|           | 4   | 4th app obj. to be mapped | U32    | co    | 20000110h                       | Sensor Status  |
| 1A01      |     | TPDO2 Mapping Parameter   | record |       |                                 |  |
|           | 0   | Number of entries         | U8     | ro    | 04h                             | largest sub index  |
|           | 1   | 1st app obj. to be mapped | U32    | co    | 20010010h                       | Temperature  |
|           | 2   | 2nd app obj. to be mapped | U32    | co    | 20080110h                       | Humidity   |
|           | 3   | 3rd app obj. to be mapped | U32    | co    | 20060210h                       | Permittivity @ 40 °C   |
|           | 4   | 4th app obj. to be mapped | U32    | co    | 20070210h                       | Conductivity @ 40 °C   |
| 1A02      |     | TPDO3 Mapping Parameter   | record |       |                                 |  |
|           | 0   | Number of entries         | U8     | ro    | 03h                             | largest sub index  |
|           | 1   | 1st app obj. to be mapped | U32    | co    | 20050510h                       | RUL in h   |
|           | 2   | 2nd app obj. to be mapped | U32    | co    | 20050210h                       | Oil Age in h   |
|           | 3   | 3rd app obj. to be mapped | U32    | co    | 10180420h                       | Sensor serial number   |
| 1A03      |     | TPDO4 Mapping Parameter   | record |       |                                 | only for Level sensors   |
|           | 0   | Number of entries         | U8     | ro    | 01h                             | largest sub index  |
|           | 1   | 1st app obj. to be mapped | U32    | co    | 200B0108h                       | Oil level in %   |
|           | 2   | 2nd app obj. to be mapped | U32    | co    | 20060110h                       | Permittivity, multiplied by 1000   |
|           | 3   | 3rd app obj. to be mapped | U32    | co    | 20070110h                       | Conductivity, divided by 100 in pS/m   |

Tabelle 29: "Communication Profile Area", kommunikationsbezogenes Objektverzeichnis

Alle öl- und sensorbezogenen Objekte sind im Objektverzeichnis ab Index 2000h platziert und in Tabelle 30 gezeigt. Dieser Teil des Objektverzeichnisses ist sensorspezifisch und bildet die durch den Sensor gemessenen und abgeleiteten Parameter für das Öl ab. Des Weiteren werden einige Konfigurationsmöglichkeiten unterstützt, um beispielsweise die Werte für Maximaltemperatur einzustellen oder die notwendigen Einstellungen für die Berechnung der RUL zu treffen.

| Manufacturer-specific Profile Area |     |   |        |       |         |   |
|------------------------------------|-----|---|--------|-------|---------|---|
| Idx (hex)                          | Sub | Name  | Type   | Attr. | Default | Notes   |
| 2000                               |     | Condition Monitoring Bitfield                                   | array  |       |         |   |
|                                    | 0   | Number of entries   | U8     | ro    | 04h     | largest sub index   |
|                                    | 1   | Sensor status bits  | U16    | ro    |         | see chapter "1.9 Ölzustand"   |
|                                    | 2   | Oil status bits   | U16    | ro    |         |   |
|                                    | 3   | Oil information bits  | U16    | ro    |         |   |
|                                    | 4   | Oil alarm bits  | 000u16 | ro    |         |   |
| 2001                               |     |   |        |       |         |   |
|                                    | 0   | Oil Temperature   | S16    | ro    |         | Oil temperature in °C multiplied by 10  |
| 2005                               |     | Time related parameters   | record |       |         |   |
|                                    | 0   | Number of entries   | U8     | ro    | 08h     | largest sub index   |
|                                    | 1   | Sensor up time  | U32    | ro    |         | Operating time in seconds   |
|                                    | 2   | Oil ae  | U16    | ro    |         | Time since last last oil change in hours  |
|                                    | 3   | Save interval   | U16    | rw    | 20      | Save interval in minutes  |
|                                    | 4   | Sensor total up time  | U32    | ro    |         | Total sensor operating time in hours  |
|                                    | 5   | Remaining Useful Lifetime                                       | U16    | ro    |         | Remaining Lifetime of the oil in hours, see chapter "1.10 Bestimmung der Remaining Useful Lifetime (RUL)"       |
|                                    | 6   | Remaining Useful Lifetime, temperature based                    | U16    | ro    |         | Temperature component of RUL  |
|                                    | 7   | Remaining Useful Lifetime, oil characteristics based            | U16    | ro    |         | Oil characteristics component of RUL  |
|                                    | 8   | Remaining Useful Lifetime overwrite function                    | U16    | wo    |         | RUL overwrite function, see chapter "1.10 Bestimmung der Remaining Useful Lifetime (RUL)"                       |
|                                    | 9   | Status of oil age counter                                       | U8     | rw    |         | Oil age counter, running after boot up (value > 0), to stop counter write a 0, no saving, always 1 after reboot |
| 2006                               |     | Permittivity related parameters of the oil                      | record |       |         |   |
|                                    | 0   | Number of entries   | U8     | ro    | 06h     | largest sub index   |
|                                    | 1   | Permittivity  | U16    | ro    |         | Permittivity, multiplied by 1000  |
|                                    | 2   | Permittivity, temperature compensated to 40 °C                  | U16    | ro    |         | P @ 40 °C, multiplied by 1000   |
|                                    | 3   | Permittivity, deviation from fresh oil value in %               | S16    | ro    |         | deviation of P @ 40 °C from teached value in %, multiplied by 100   |
|                                    | 4   | Threshold for Permittivity, deviation from fresh oil value in % | S16    | rw    |         | LimitP40%, threshold for deviation of P @ 40 °C from teached value in %, multiplied by 100                      |
|                                    | 5   | Aging Progress of Permittivity in %                             | U16    | ro    |         | P @ 40 °C Aging Progress in %, multiplied by 10   |
|                                    | 6   | Permittivity fresh oil value                                    | U16    | rw    |         | Permittivity of the oil, compensated to 40 °C, multiplied by 1000   |

| Idx (hex) | Sub  | Name  | Type   | Attr. | Default | Notes   |
|-----------|------|---|--------|-------|---------|---|
| 2007      |      | Conductivity related parameters of the oil                      | record |       |         |   |
|           | 0    | Number of entries   | U8     | ro    | 06h     | largest sub index   |
|           | 1    | Conductivity  | U16    | ro    |         | Conductivity, divided by 100, 0..1000000pS/m  |
|           | 2    | Conductivity, temperature compensated to 40 °C                  | U16    | ro    |         | Conductivity @ 40 °C, divided by 100, 0..1000000pS/m  |
|           | 3    | Conductivity, deviation from fresh oil value in %               | S16    | ro    |         | Deviation of C @ 40 °C from taught value in %, multiplied by 10                                 |
|           | 4    | Threshold for Conductivity, deviation from fresh oil value in % | S16    | rw    |         | LimitC40 %, threshold for deviation of C @ 40 °C from taught value in %, multiplied by 100      |
|           | 5    | Aging Progress of Conductivity in %                             | U16    | rw    |         | C @ 40 °C Aging Progress in %, multiplied by 10   |
|           | 6    | Conductivity, fresh oil value                                   | U16    | ro    |         | Conductivity of the oil, compensated to 40 °C, divided by 100, 0..1.000.000pS/m                 |
| 2008      |      | Humidity related parameters of the oil                          | record |       |         |   |
|           | 0    | Number of entries   | U8     | ro    | 03h     | largest sub index   |
|           | 1    | rel. Humidity   | S16    | ro    |         | rel. Humidity of the oil, multiplied by 10, Range: 0.0..100.0%                                  |
|           | 2    | rel. Humidity, temperature compensated to 40 °C                 | S16    | ro    |         | rel. Humidity of the oil in % multiplied by 10, compensated to 40 °C, range: 0.0..100.0 %       |
|           | 3    | Condensation temperature  | S16    | ro    |         | Temperature where the water in Oil would condensate to free water, Value in °C, Range: 0..100°C |
| 2009      |      | Temperature related parameters of the oil                       | record |       |         |   |
|           | 0    | Number of entries   | U8     | ro    | 07h     | largest sub index   |
|           | 1    | Current Oil Temperature   | S16    | ro    |         | Oil temperature of the oil in °C, multiplied by 10  |
|           | 2    | Current Sensor Temperature                                      | S16    | ro    |         | Sensor temperature in °C, multiplied by 10  |
|           | 3    | Mean Temperature  | S16    | ro    |         | Mean Temperature of the oil since last oil change in °C multiplied by 10                        |
|           | 4    | Threshold for Oil Temperature                                   | S16    | rw    | 85      | Temperature where an alarm bit is set multiplied by 10, range: 100..1000                        |
|           | 5    | Threshold for Mean Temperature                                  | S16    | rw    | 65      | Temperature where an alarm bit is set multiplied by 10, range: 100..1000                        |
| 200A      |      | Temperature Histogram   | array  |       |         |   |
|           | 0    | Number of entries   | U8     | ro    | 1Eh     | largest sub index   |
|           | 1    | Temperature class <0 °C   | U16    | ro    |         | counts in class <0°C  |
|           | 2    | Temperature class 0 °C..<5 °C                                   | U16    | ro    |         | counts in class 0°C..<5 °C  |
|           | .... |   | U16    | ro    |         | ....  |
|           | 30   | Temperature class >140 °C                                       | U16    | ro    |         | counts in class >140 °C   |
| 200C      |      | Aging Progress  | U16    | ro    |         | Aging Progress in % multiplied by 10  |
| 200B      |      | Level related Parameters  | record |       |         | Only for level sensors  |
|           | 0    | Number of entries   | U8     | ro    | 3h      | largest sub index   |
|           | 1    | Level   | U8     | ro    |         | Level in %  |
|           | 2    | Threshold for max. oil level                                    | U8     | rw    | 90      | Level where an alarm bit is set, range: 0..100  |

| Idx (hex) | Sub | Name   | Type   | Attr. | Default | Notes  |
|-----------|-----|--|--------|-------|---------|--|
|           | 3   | Threshold for im. oil level                  | U8     | rw    | 20      | Level where an alarm bit is set, range: 0..100   |
| 2020      |     | Commandos                                    | record |       |         |  |
|           | 0   | Number of entries                            | U8     | ro    | 3h      | largest sub index  |
|           | 1   | New Oil                                      | U8     | wo    |         | new oil commandos<br>0x01 = new oil, same as RS232 command "SONew"   |
|           | 2   | Rule Base settings                           | U8     | wo    |         | rule base commandos<br>0x00 = error triggered saving off<br>0x01 = error triggered saving on                               |
|           | 3   | CANopen Enable                               | U8     | wo    |         | CAN enable status on next reboot, CANopen can be disabled, need RS232 to be activated again!<br>0x00 = off<br>0x01 = on    |
| 2021      |     | Node ID                                      | U8     | rw    |         | NodeID of the sensor, will be used on next reboot  |
| 2030      |     | RULfB and RULh settings                      | record |       |         |  |
|           | 0   | Number of entries                            | U8     | ro    | 2h      | largest sub index  |
|           | 1   | RUL Reference Load Factor fB * 1000          | U16    | rw    |         | reference load factor fB multiplied by 1000  |
|           | 2   | RUL Reference Lifetime in Hours              | U16    | rw    |         | 100..30000 h, reference life time for this oil in this application   |
| 2100      |     | Readmem control functions                    | record |       |         |  |
|           | 0   | Number of entries                            | U8     | ro    | 3h      | largest sub index  |
|           | 1   | Size of history memory, data sets            | U16    | ro    |         | size of mem in datasets, device dependent  |
|           | 2   | Used history memory (write pointer)          | U16    | ro    |         | used datasets in mem   |
|           | 3   | Reading pointer, dataset                     | U16    | rw    |         | autoincrementing read pointer for history memory reading expressed as datasets, can be between 0 and current write pointer |
| 2101      |     | Readmem Initiate segmented SDO data download | U16    | ro    |         | Appropriate Pointer has to be set (with 2100sub3) before start reading, Size of the record will be sent back on reading    |

Tabelle 30: "Manufacturer-specific Profile Area", sensorbezogener Teil des CANopen Kommunikationsprofils

## 7 INBETRIEBNAHME

Im nachfolgenden wird die Inbetriebnahme des Sensors jeweils mit der RS232 und der CAN-Schnittstelle beschrieben.

Prüfen Sie, ob das Gerät ordnungsgemäß und sicher eingebaut und elektrisch angeschlossen ist. Für ordnungsgemäße Funktionalität des Sensors müssen die in Kapitel 2.1 und Kapitel 3 aufgeführten Randbedingungen eingehalten werden.

### 7.1 Inbetriebnahme mit RS232 Schnittstelle

Nach Anschluss des Sensors an die Spannungsversorgung meldet sich der Sensor über die RS232 automatisch mit seiner Sensor-Identnummer (vgl. Kapitel 5.1).

Der Sensor ist nun betriebsbereit und kann mit Hilfe der analogen Ausgänge oder digitalen Schnittstelle ausgelesen werden. Eine Übersicht über die unterstützten Befehle ist in Kapitel 5.2 gegeben.

### 7.2 Inbetriebnahme mit CAN Schnittstelle

Der Sensor wird standardmäßig mit aktivierter CAN-Schnittstelle ausgeliefert. Die Umstellung des Kommunikationsmodus ist in Kapitel 5 beschrieben. Im Auslieferungszustand ist die CANopen-Schnittstelle des Sensors entsprechend der folgenden Tabelle konfiguriert.

| Standardkonfiguration CANopen Schnittstelle |                                    |              |
|---|------------------------------------|--------------|
| Parameter                                   | Eingestellter Wert                 | RS232 Befehl |
| Node-ID                                     | 0x64 (dez: 100)                    | WC0ID        |
| CAN Baudrate                                | 250 kBit/s                         | WC0Spd       |
| Heart Beat - Timer                          | 1000 ms                            | WHBeat       |
| TPDO1 ID                                    | Node ID + 0x180 = 0x1E4 (dez: 484) | WTPDO1       |
| TPDO2 ID                                    | Node ID + 0x280 = 0x2E4 (dez: 740) | WTPDO2       |
| TPDO3 ID                                    | Node ID + 0x380 = 0x3E4 (dez: 996) | -            |
| TPDO1 Type                                  | 255                                | WTPDO1Type   |
| TPDO2 Type                                  | 255                                | WTPDO2Type   |
| TPDO3 Type                                  | = TPDO2 Type                       | -            |
| TPDO1 Timer                                 | 5000 ms                            | WTPDO1Timer  |
| TPDO2 Timer                                 | 5000 ms                            | WTPDO2Timer  |
| TPDO3 Timer                                 | = TPDO2 Timer                      | -            |
| TPDO4 Timer (nur bei Level Sensoren)        | = TPDO2 Timer                      | -            |
| CAN aktiviert                               | 0                                  | WCOEN        |

Tabelle 31: CANopen Standardkonfiguration

Ein Verfahren wie mit dem Sensor trotz aktivierter CAN-Kommunikation über RS232 Schnittstelle kommuniziert werden kann, ist in Kapitel 5 beschrieben.

### 7.3 Funktionsumfang in Abhängigkeit der Konfiguration

In Abhängigkeit des gewünschten Funktionsumfangs kann der Sensor durch zusätzliche Informationen konfiguriert werden um die entsprechenden Funktionen bieten zu können. Tabelle 32 bietet eine Übersicht über die notwendige Konfiguration des Sensors zu jeweiligem Funktionsumfang. Eine Auskunft über die Konfiguration des Sensors gibt das Kapitel 5.9.

| Notwendige Konfigurationen zum Funktionsempfang  |  |
|--|--|
| Funktionsumfang / Szenario   | Notwendige Informationen zur Anlage/Konfigurationsbedarf   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>› Grundparameter: Temperatur, Feuchte, P, C, P40, C40</li> <li>› Durchschnittstemperatur, Lastfaktor seit Inbetriebnahme des Sensors</li> <li>› Kurzzeitgradienten</li> <li>› Alarmer zu Wassergehalt, „Niedriger Ölstand“</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>› Keine weitere Informationen zur Anlage notwendig</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>› Alarmer zu Temperaturüberschreitung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>› Grenzwerte für maximale und durchschnittliche Temperatur müssen an die Anwendung angepasst werden</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>› Kontaminationserkennung mit sonstigen Ölen/Fluiden</li> <li>› Langzeitgradienten</li> <li>› Alterungsfortschritt der Kennwerte (P40 und C40)</li> <li>› Alarmer für Alterungsfortschritt der Grenzwerte</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>› Lernprozess muss jeweils bei Frischöl angestoßen werden</li> <li>› Lernprozess muss jeweils bei Frischöl angestoßen werden</li> <li>› Grenzwerte für P40 und C40 müssen konfiguriert sein (falls die Standardkonfiguration nicht ausreicht)</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>› Vorhersage für “Remaining Useful Lifetime” des Öls</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>› Lernprozess muss jeweils bei Frischöl angestoßen werden</li> <li>› Grenzwerte für P40 und C40 müssen konfiguriert sein (mehr Informationen vorliegen als durch Standardkonfiguration vorgegeben)</li> <li>› Lastfaktor der Anlage (vgl.: Kapitel 10) und zugehörige Standzeit des Öl müssen bekannt sein</li> </ul> |

Tabelle 32: Funktionsumfang in Abhängigkeit der Konfiguration

## 8 FEHLERBEHUNG

| Fehler: Keine Sensorkommunikation mit Hyperterminal              |  |
|--|--|
| Ursache  | Maßnahme   |
| › Kabel ist nicht korrekt angeschlossen                          | › Überprüfen Sie bitte zunächst den korrekten elektrischen Anschluss des Sensors bzw. des Daten- und Stromkabels. Berücksichtigen Sie bitte die vorgeschriebene Anschlussbelegung.   |
| › Betriebsspannung liegt außerhalb des vorgeschriebenen Bereichs | › Bitte betreiben Sie den Sensor im Bereich zwischen 9 V und 33 V DC.  |
| › Schnittstellenkonfiguration ist fehlerhaft                     | › Überprüfen und korrigieren Sie gegebenenfalls die Einstellungen der Schnittstellen-Parameter (9600, 8,1, N, N). Testen Sie die Kommunikation mit Hilfe eines Terminal-Programms ggf. unter Verwendung eines Schnittstellenprüfers. |
| › Falscher Kommunikationsport gewählt                            | › Überprüfen und korrigieren Sie die Wahl des Kommunikationsports (z.B. COM1).   |
| › Fehlerhafte Schreibweise der Sensorbefehle                     | › Überprüfen Sie die Schreibweise der Sensorbefehle. Achten Sie insbesondere auf Groß- und Kleinschreibung.<br>› Der Sensor gibt bei ungültigen Befehlen die eingegebene Zeichenfolge mit einem vorangestelltem Fragezeichen zurück. |
| › Kabel falsch oder defekt                                       | › Verwenden Sie möglichst Hydrotechnik Datenkabel  |
| › RS-232-Schnittstelle ist nicht aktiviert                       | › Aktivieren Sie die RS232-Schnittstelle mit einem Terminalprogramm, wie in Kapitel 5 beschrieben.   |

| Fehler: Messwerte sind nicht plausibel bzw. Messwerte schwanken  |   |
|--|---|
| Ursache  | Maßnahme  |
| › Sensor misst Luft aufgrund eines stark pendelnden Tankvolumens | › Überprüfen Sie, ob der Sensor korrekt, gemäß Einbauvorschriften eingebaut ist.  |
| › Sensor misst Luft im Öl oder polare Ablagerungen im Ölsumpf    | › Überprüfen Sie, ob der Sensor korrekt, gemäß Einbauvorschriften eingebaut ist.  |
| › Das Öl ist stark verschäumt                                    | › Überprüfen Sie, ob der Sensor korrekt, gemäß Einbauvorschriften eingebaut ist. Ein Verschäumung ist besonders bei Getrieben und bei ungünstigen Einbaupositionen zu erwarten. |
| › Messwerte liegen außerhalb der Spezifikation                   | › Beachten Sie die technischen Daten und betreiben Sie den Sensor innerhalb der angegebenen Messbereiche.   |

| Fehler: Kein Analogausgang                                       |  |
|--|--|
| Ursache  | Maßnahme   |
| › Kabel ist nicht korrekt angeschlossen                          | › Überprüfen Sie bitte zunächst den korrekten elektrischen Anschluss des Sensors bzw. des Daten- und Stromkabels. Berücksichtigen Sie bitte die vorgeschriebene Anschlussbelegung. |
| › Betriebsspannung liegt außerhalb des vorgeschriebenen Bereichs | › Bitte betreiben Sie den Sensor im Bereich zwischen 9 V und 33 V DC.  |
| › Schnittstellenkonfiguration ist fehlerhaft                     | › Überprüfen und korrigieren Sie gegebenen falls die Einstellungen für die Analogen Ausgänge.  |
| › Falsche Beschaltung der Analogausgänge                         | › Beachten Sie die Angaben zum Messen der Analogausgänge   |



Fehler: Keine Sensorkommunikation über CAN

| Ursache  | Maßnahme   |
|--|--|
| › Kabel ist nicht korrekt angeschlossen                          | › Überprüfen Sie bitte zunächst den korrekten elektrischen Anschluss des Sensors bzw. des Daten- und Stromkabels. Berücksichtigen Sie bitte die vorgeschriebene Anschlussbelegung. |
| › Betriebsspannung liegt außerhalb des vorgeschriebenen Bereichs | › Bitte betreiben Sie den Sensor im Bereich zwischen 9 V und 33 V DC.  |
| › Schnittstellenkonfiguration ist fehlerhaft                     | › Überprüfen und korrigieren Sie gegebenenfalls die Einstellungen der Schnittstellen-Parameter. Die zu wählende Einstellung hängt von der Konfiguration des Sensors ab.            |
| › CAN-Schnittstelle ist nicht aktiviert                          | › Aktivieren Sie die CAN-Schnittstelle mit einem Terminalprogramm, wie in Kapitel 5 beschrieben.   |

Fehler: Fehlmessung der absoluten Feuchtigkeit

| Ursache                                 | Maßnahme  |
|---|---|
| › Kalibrierparameter falsch eingestellt | › Die Kalibrierparameter sind ölspezifisch und müssen einprogrammiert werden. |
| › Messbereich falsch eingestellt        | › Der Messbereich ist ölspezifisch und muss einprogrammiert werden.           |

## 9 ANWENDUNGSBEISPIEL

Der Ölzustand ist eine aus vielen Parametern gebildete Größe. Grenzwerte für spezifische Ölparameter sind von der jeweiligen Anwendung, so z.B. den eingesetzten Komponenten und Materialien abhängig. Die Art und Geschwindigkeit der Ölparameterveränderung ist wiederum abhängig von der Anwendung, der spezifischen Anlagenbelastung sowie dem eingesetzten Druck- oder Schmiermedium.

Es ist somit nicht möglich universell gültige Grenzwerte einzelner Parameter zu definieren. Im Folgenden sind jedoch einige Charakteristika für Zustandsveränderungen von Druck- und Schmierstoffen exemplarisch aufgeführt. Die genannten Werte sind als Richtwerte zu verstehen. Für eine anlagenspezifische Anpassung der Richtwerte sind Laboruntersuchungen notwendig.

| Zustand/Zustandsänderung    | Kriterium  |
|-----------------------------|--|
| 1. Ölauffrischung/Ölwechsel | <p>Charakteristisch für eine Auffrischung geringerer Mengen an Öl ist die Änderung der Sensor-<br/>           kenngößen innerhalb kurzer Zeit. Je nach Temperatur, Medienviskosität, Anströmbedingung<br/>           und Vermischung im System ist das Nachfüllen von Öl bereits innerhalb weniger Stunden<br/>           festzustellen. Gleiches gilt für einen Ölwechsel.</p> <p>Bei einem Ölwechsel kann, insofern der Sensor während des Ölwechsels betrieben wird, bei<br/>           Ölablass ein zwischenzeitlicher Abfall der Messwerte auf den jeweiligen Luftwert erkannt<br/>           werden. Ob eine Ölauffrischung detektiert werden kann, hängt maßgeblich von der<br/>           nachgefüllten Ölmenge, dem Unterschied der Ölkenngößen sowie der Auflösung des<br/>           Sensors ab.</p> <p>Relative Permittivität (DK):<br/>           Wird ein Öl mit einer - gegenüber dem aktuell im System vorhandenen Medium - höheren<br/>           oder niedrigeren relativen DK aufgefüllt, so steigt bzw. fällt der Wert nach homogener<br/>           Vermischung. Diese Zustandsveränderung tritt auf, wenn ein anderer Öltyp aufgefüllt wird<br/>           bzw. wenn das im System befindliche Öl bereits eine Veränderung infolge von Alterungsef-<br/>           fekten aufweist. Wird ein Öl mit exakt gleicher relativer DK wie das im System befindliche Öl<br/>           aufgefüllt, so ist dieses anhand dieses Parameters nicht festzustellen. Dennoch kann die<br/>           Ölauffrischung anhand anderer, im folgenden beschriebenen Parameter erkannt werden.</p>  |
| 2. Einsatz korrekten Öls    | <p>Der Einsatz vorgeschriebener Schmierstoffe kann anhand der Leitfähigkeit und der relativen<br/>           DK überprüft werden. Für die Frischöle müssen die jeweiligen Kenngößen vorliegen. Es<br/>           kann dann ein Abgleich zwischen den theoretisch vorliegenden und den aktuell gemessenen<br/>           Werten geschehen.</p>  |
| 3. Ölalterung               | <p>Bei der oxidativen Alterung von Druck- und Schmiermedien entstehen in der Regel polare<br/>           Alterungsprodukte. Typischerweise entstehen Aldehyde und Ketone und in der weiteren<br/>           Folge saure und höhermolekulare Alterungsprodukte. In Analyselaboren wird häufig die<br/>           Neutralisationszahl NZ als charakteristische Größen für die Bestimmung freier Säuren im Öl<br/>           verwendet. Da Öle bereits im Frischölzustand unterschiedliche Neutralisationszahlen<br/>           aufweisen, wird in der Regel der Trendverlauf der NZ beobachtet. Eine Änderung der NZ um<br/>           2 mg KOH/g wird beispielsweise bei Hydraulikölen als Indikator für einen Ölwechsel gese-<br/>           hen.</p> <p>Relative Permittivität (DK):<br/>           Die Zunahme an polaren Ölbestandteilen ist mit dem Sensor anhand der relativen DK zu<br/>           verfolgen. Ebenso wie bei der Beobachtung der NZ ist der Trendverlauf und weniger die<br/>           absolute Kenngöße entscheidend. Aufgrund einer Oxidation ist typischerweise ein Anstieg<br/>           der relativen DK festzustellen. Die Änderung wird in der Regel langsam verlaufen. Ist eine<br/>           Änderung der relativen DK von mehr als 10 bis 20 % gegenüber dem Frischölwert feststel-<br/>           len, sollte das Öl näher untersucht werden. Eine nähere Untersuchung ist ebenfalls dann<br/>           angeraten, wenn die Änderungsgeschwindigkeit des Signals deutlich zunimmt und ein<br/>           progressiver Signalverlauf festzustellen ist.</p> <p>Leitfähigkeit:<br/>           Im Zuge der Alterung unterliegt die Leitfähigkeit ebenso wie die relative DK einer Verände-<br/>           rung. In vielen Fällen steigt die Anzahl an Ladungsträgern im Öl an und die Leitfähigkeit<br/>           nimmt zu.</p> <p>Im Sensor werden die Frischölwerte von Leitfähigkeit und relativer DK gespeichert. Die<br/>           Ölalterung kann so z.B. durch einen Vergleich von Frischölwerten und aktuellen Kennwerten<br/>           erkannt werden. Der Sensor nimmt diese Auswertung selbständig vor und leitet hieraus den<br/>           sogenannten Alterungsfortschritt (AP) ab.</p> |

## 10 ANHANG

### 10.1 Errorbits Aufschlüsselungen

| Block | #  | Bit | Typ          | Beschreibung   | Empfohlener Ampelstatus |
|-------|----|-----|--------------|--|-------------------------|
| 1     | 0  | 0   | Alarm        | Niedriger Ölstand Zusammenfassung  | ROT                     |
| 1     | 1  | 1   | Alarm        | Sensor an Luft   | ROT                     |
| 1     | 2  | 2   | Alarm        | Reserviert   | ROT                     |
| 1     | 3  | 3   | Alarm        | Sensor teilweise an Luft   | ROT                     |
| 1     | 4  | 4   | Alarm        | Freies Wasser (RH > 95 %)  | ROT                     |
| 1     | 5  | 5   | Alarm        | Extremer Wassergehalt (RH > 75 %)  | ROT                     |
| 1     | 6  | 6   | Alarm        | Aktuelle Temperatur überschreitet Grenzwert  | ROT                     |
| 1     | 7  | 7   | Alarm        | Mittelwert aus Temperaturhistorie überschreitet Grenzwert  | -                       |
| 1     | 8  | 8   | Alarm        | Ölalterung*, Parameter überschreiten gesetzte Limits   | ROT                     |
| 1     | 9  | 9   | Alarm        | Reserviert   | -                       |
| 1     | 10 | 10  | Alarm        | Reserviert   | -                       |
| 1     | 11 | 11  | Alarm        | Reserviert   | -                       |
| 1     | 12 | 12  | Alarm        | Ölwechsel ist anzuraten* ** (RUL <= 0h)  | ROT                     |
| 1     | 13 | 13  | Alarm        | Reserviert   | -                       |
| 1     | 14 | 14  | Alarm        | Prognose: freies Wasser bei Raumtemperatur**   | -                       |
| 1     | 15 | 15  | Alarm        | Prognose: extremer Wassergehalt bei Raumtemperatur**   | -                       |
| 2     | 16 | 0   | Info/Warnung | Reserviert   | -                       |
| 2     | 17 | 1   | Info/Warnung | Reserviert   | -                       |
| 2     | 18 | 2   | Info/Warnung | Reserviert   | -                       |
| 2     | 19 | 3   | Info/Warnung | Füllstand über gesetzten Limit (nur bei Level Sensoren)  | -                       |
| 2     | 20 | 4   | Info/Warnung | Hoher Wassergehalt (RH > 50 %)   | GELB                    |
| 2     | 21 | 5   | Info/Warnung | Reserviert   | -                       |
| 2     | 22 | 6   | Info/Warnung | Reserviert   | -                       |
| 2     | 23 | 7   | Info/Warnung | Reserviert   | -                       |
| 2     | 24 | 8   | Info/Warnung | Reserviert   | -                       |
| 2     | 25 | 9   | Info/Warnung | Temperatur: Messbereich überschritten  | -                       |
| 2     | 26 | 10  | Info/Warnung | Humidity: Messbereich überschritten  | -                       |
| 2     | 27 | 11  | Info/Warnung | Conductivity: Messbereich überschritten  | -                       |
| 2     | 28 | 12  | Info/Warnung | rel. DK: Messbereich überschritten   | -                       |
| 2     | 29 | 13  | Info/Warnung | Öl entspricht nicht vorgegebenem Referenzöl<br>(die Kennwerte des Öls weichen zu stark von den Werten<br>des gelernten Frischöls ab) | -                       |
| 2     | 30 | 14  | Info/Warnung | Anderer Öltyp detektiert als bei vorherige Füllung/<br>gesetztes Referenzöl* **  | -                       |
| 2     | 31 | 15  | Info/Warnung | Reserviert   | -                       |
| 2     | 32 | 0   | Info/Warnung | Lernphase noch nicht abgeschlossen, wird nach<br>Kennzeichen des aktuellen Öls als Frischöl gesetzt                                  | -                       |
| 3     | 33 | 1   | Info/Warnung | Langsamer Wassereintrag**  | -                       |
| 3     | 34 | 2   | Info/Warnung | Referenzwert geändert (Referenzwerte / Limits wurden<br>extern neu gesetzt, bleibt für ca. 15s aktiv)                                | -                       |
| 3     | 35 | 3   | Info/Warnung | Reserviert   | -                       |
| 3     | 36 | 4   | Info/Warnung | Prognose: hohe relative Feuchte bei Raumtemperatur**   | -                       |
| 3     | 37 | 5   | Info/Warnung | Demnächst Ölwechsel anzuraten*<br>(RUL unter 15 % der Referenzstandzeit)   | GELB                    |

| Block | #  | Bit | Typ              | Beschreibung  | Empfohlener Ampelstatus |
|-------|----|-----|------------------|---|-------------------------|
| 3     | 39 | 7   | Info/<br>Warnung | PowerUp (Sensor wurde neu gestartet, bleibt für ca. 15s aktiv)  | -                       |
| 3     | 40 | 8   | Info/<br>Warnung | Reserviert  | -                       |
| 3     | 41 | 9   | Info/<br>Warnung | Reserviert  | -                       |
| 3     | 42 | 10  | Info/<br>Warnung | Reserviert  | -                       |
| 3     | 43 | 11  | Info/<br>Warnung | Reserviert  | -                       |
| 3     | 44 | 12  | Info/<br>Warnung | Öltyp Erkennung**<br>44: HLP<br>45: HEPR<br>44+45: HEES/HETG  | -                       |
| 3     | 45 | 13  |                  |   | -                       |
| 3     | 46 | 14  | Info/<br>Warnung | Gradienten noch nicht zuverlässig   | -                       |
| 3     | 47 | 15  | Info/<br>Warnung | Eventabhängige Speicherung deaktiviert  | -                       |
| 4     | 48 | 0   | Error            | Reserviert  | -                       |
| 4     | 49 | 1   | Error            | Sensorfehler (Zusammenfassung der Selbstdiagnose, Sensor teilweise ausgefallen oder spezifizierter Messbereich stark überschritten) | -                       |
| 4     | 50 | 2   | Error            | Prognose Alterung nicht plausibel* **   | -                       |
| 4     | 51 | 3   | Error            | Elektroniktemperatur außerhalb zulässigem Bereich   | -                       |
| 4     | 52 | 4   | Error            | Humidity: Messwert außerhalb zulässigem Bereich   | -                       |
| 4     | 53 | 5   | Error            | Temperatur: Messwert außerhalb zulässigem Bereich   | -                       |
| 4     | 54 | 6   | Error            | Conductivity: Messwert außerhalb zulässigem Bereich   | -                       |
| 4     | 55 | 7   | Error            | rel. DK: Messwert außerhalb zulässigem Bereich  | -                       |
| 4     | 56 | 8   | Error            | Reserviert  | -                       |
| 4     | 57 | 9   | Error            | Reserviert  | -                       |
| 4     | 58 | 10  | Error            | Reserviert  | -                       |
| 4     | 59 | 11  | Error            | Reserviert  | -                       |
| 4     | 60 | 12  | Error            | Reserviert  | -                       |
| 4     | 61 | 13  | Error            | Reserviert  | -                       |
| 4     | 62 | 14  | Error            | Reserviert  | -                       |
| 4     | 63 | 15  | Error            | Reserviert  | -                       |

Tabelle 33: Detektierbare Zustandsveränderungen und die zugeordnete Bit-Codierung

\* Diese Parameter stehen nach einem Ölwechsel erst nach abgeschlossener Lernphase, je nach Anlage nach 10 bis 250 Betriebsstunden und mehreren Lastzuständen, zur Verfügung, da die benötigten Gradienten erst nach einiger Lernzeit hinreichend genau bestimmt werden können

\*\* Diese Zustandsbewertung befindet sich zur Zeit in der Erprobungsphase

## 10.2 Lastfaktor einer Anlage

Für die Berechnung des Lastfaktors einer Anlage muss ein typischen Temperaturverlauf oder Temperaturhistogramm an der Messstelle des Sensors vorliegen. Mit Formel (13) kann der Lastfaktor aus einem Temperaturhistogramm berechnet werden.  $H_n$  bezeichnet die Anzahl der Zählungen in der aktuell betrachteten Temperaturklasse des Histogramms,  $N$  ist die Gesamtanzahl der Zählungen im Histogramm,  $T_{\text{klasse}}$  ist die Durchschnittstemperatur der aktuell betrachteten Klasse und  $T_{\text{max}}$  ist auf 95 °C zu setzen.

$$\mathcal{B} = \sum_{n=0}^{n=N} \left[ \frac{H_n}{N} \cdot 1,5^{\frac{T_{\text{klasse}} - T_{\text{max}}}{0}} \right] \quad (13)$$

Der Sensor ermittelt autonom den Lastfaktor an der Einsatzstelle. Alternativ kann dieser Lastfaktor als Referenz herangezogen werden, wenn die Maschine als ein repräsentatives Gerät mit durchschnittlicher Last angesehen werden kann.







**Hydrotechnik GmbH**  
D-65549 Limburg  
Tel.: +49 6431 4004 0  
Email: [info@hydrotechnik.com](mailto:info@hydrotechnik.com)  
[www.hydrotechnik.com](http://www.hydrotechnik.com)

L3402-CM10-G926C0-00