

Manual **IRS21**

Version V1.30 (08/2007)



Inhaltsverzeichnis

<u>ALLGEMEINES</u>	<u>4</u>
<u>1 LAGERBEDINGUNGEN</u>	<u>5</u>
<u>2 BETRIEBSBEDINGUNGEN</u>	<u>5</u>
<u>3 ZULASSUNGEN</u>	<u>5</u>
<u>4 QUALITÄT</u>	<u>6</u>
<u>5 SYSTEMBESCHREIBUNG</u>	<u>7</u>
5.1 HARDWARE	7
5.2 DIE SCHNITTSTELLEN	9
<u>6 EINBAU UND INSTALLATION</u>	<u>11</u>
6.1 VORBEREITUNG	11
6.2 MONTAGE	12
6.3 ANSCHLUSS DER ZULEITUNG	13
6.4 INBETRIEBNAHME UND PRÜFUNG	15
<u>7 WARTUNG</u>	<u>15</u>
7.1 AUSTAUSCH DER SENSORIK	15

8	IRS-21 PROTOKOLL	17
8.1	EINLEITUNG	17
8.1.1	IRS-21 BUSPROTOKOLLE	17
8.2	BINÄRPROTOKOLL	18
8.2.1	TELEGRAMMAUFBAU (BYTESERIELL VON OBEN NACH UNTEN)	18
8.2.2	PHYSIKALISCHER RAHMEN	18
8.2.3	BEFEHLE	19
8.2.4	FESTLEGUNG DER IDENTIFIKATION	23
8.3	ASCII-PROTOKOLL (IRS-21 <-> HOSTRECHNER)	24
8.3.1	PHYSIKALISCHER RAHMEN UND BESONDERHEITEN	24
8.3.2	BEFEHLE ZUR MESSWERTABFRAGE	25
8.3.3	EEPROM-EINSTELLUNG + RS485-BUS-ADRESSIERUNG	28
8.4	BINÄRPROTOKOLL (IRS-21 ÜBER OPUS200/300 <-> HOSTRECHNER)	29
8.4.1	PHYSIKALISCHE ANBINDUNG UND HARDWARESTRUKTUR	29
8.4.2	SOFTWAREPROTOKOLL	29
8.4.3	TELEGRAMM- UND DATENFORMAT	30
8.4.4	KONFIGURATION DER OPUS200 MODULE	32
8.4.5	KONFIGURATION DES STRAßENSENSORS	33
ANHANG		35
CRC-BERECHUNG FÜR IRS-20/21		35
BEISPIEL EINER CRC-BERECHNUNG IN C		35

Allgemeines

Der Straßensensor IRS-20/21 dient zur Überwachung des Straßenzustandes.

Im Gegensatz zu den meisten anderen am Markt befindlichen Sensoren wird der Straßenzustand bereits im Sensor ermittelt. Möglich wurde dies durch einen leistungsfähigen Mikrocontroller und ein Sensorsystem, das aus folgenden Komponenten besteht:

- Temperaturmessung an der Oberfläche.
Zusätzlich können 2 weitere Temperatursensoren zur Messung z.B. für Fahrbahn-Tiefenmessungen angeschlossen werden. Die ermittelten Werte spielen für die Zustandsbestimmung keine Rolle.
- Multifrequenzmessung
- Salzkonzentrations- und Gefriertemperaturmessung
- Ermittlung der Wasserfilmhöhe auf der Sensoroberfläche

Abhängig von den Messwerten errechnet die Software des IRS-20/21 anhand von Korrelationen einen möglichen Straßenzustand.

Das Modell arbeitet in einem Temperaturbereich von -20°C ... $+60^{\circ}\text{C}$. Oberhalb einer Temperatur TPOS (Werkseinstellung 2°C) gibt es die Zustände „Trocken“, „Restsalz“, „Feucht“ und „Nass“. Unterhalb von TPOS gibt es zusätzlich die Zustände „Überfrierende Nässe“, „Raureif / trockener Schnee“ und „Eis / nasser Schnee“.

Der IRS-20 unterstützt ausschließlich das Kommunikationsprotokoll zum Luft-OPUS-2 Datenlogger.

Der IRS-21 dient zur Anbindung an einen beliebigen Hostrechner, der in der Lage ist, eines der in Kapitel 9 beschriebenen Kommunikationsprotokolle zu unterstützen.

Der Sensor zeichnet sich weiterhin durch folgende Merkmale aus:

- Kompakter Aufbau und leichte Installation
- Wartungsarm
- Beständig gegenüber physikalischen und chemischen Einflüssen
- Austauschbarkeit auch im installierten Zustand möglich
- Datenübertragung über RS485 (IRS-21)
- Messzeit $< 2\text{s}$, dadurch geringer Stromverbrauch

1 Lagerbedingungen

zulässige Umgebungstemperatur	:	-30 °C ... +70 °C
zulässige rel. Feuchte	:	0...100 % rel. Feuchte

2 Betriebsbedingungen

zulässige Umgebungstemperatur	:	-30 °C ... +70 °C
zulässige rel. Feuchte	:	0...100 % rel. Feuchte
Schutzart	:	IP68

3 Zulassungen

Im Einzelnen erfüllt das oben aufgeführte Gerät folgende Normen:

2,4 GHz-Radar

EN 300 440-1,-2

EN 301 489-1,-3

Störfestigkeit (EN 61 000-6-2):

EN 61 000-4-2	ESD
EN 61 000-4-3	HF-Feld
EN 61 000-4-4	Burst
EN 61 000-4-5	Surge
EN 61 000-4-6	leitungsführte Beeinflussung
EN 61 000-4-29	Beeinflussung der DC-Versorgung

Störaussendung (EN 61 000-6-3):

IEC / CISPR 22 Klasse B



Fellbach, 31.08.2007

Axel Schmitz-Hübsch

4 Qualität

Gewährleistung : 2 Jahre
Wartungsintervall : 1 x jährlich

5 Systembeschreibung

5.1 Hardware

Der Sensor besteht prinzipiell aus 2 Komponenten:

- Grund-Gehäuse mit Anschlusskabel für Kommunikation und Versorgung
- Gehäuse-Deckel mit Sensorik und Auswerteelektronik

Beide Komponenten sind über 6 Schrauben miteinander verbunden.

Auf der Sensoroberfläche sind zwei konzentrische Ringe angeordnet, welche Bestandteile der Multifrequenzmessung sind. Daneben liegen in einer Vertiefung zwei Elektroden, die Aufschluss über die Salzkonzentration und damit die Gefriertemperatur geben. In der Mittelelektrode der Multifrequenzsensorik ist weiterhin ein Temperaturfühler eingebaut, der die Oberflächentemperatur bestimmt.

Unterhalb der restlichen Oberfläche befindet sich ein Impedanzsensor mit dessen Hilfe die Wasserfilmhöhe oberhalb des Deckels bestimmt werden kann.

Direkt verbunden mit dem Deckel ist auch die Leiterplatte, auf der die Signalkonditionierung und die Auswertung stattfinden.

Wichtig!!

Die Stromaufnahme während der Messzeit beträgt ca. 200 mA. Damit Fehlmessungen durch Eigenerwärmung ausgeschlossen werden können, sollte der IRS-20/21 nur für ca. 2 Sekunden mit Strom versorgt werden.

Beim IRS-20 wird dies bereits durch die OPUS 2 - Steuerung bewerkstelligt.

Der IRS-21 **muss** durch das Steuerprogramm des Hostsystems ein- und ausgeschaltet werden.

Nach der Datenabfrage sollte also der Sensor spannungslos sein. Die Messintervalle sollten einen Abstand von ≥ 1 Minute haben.

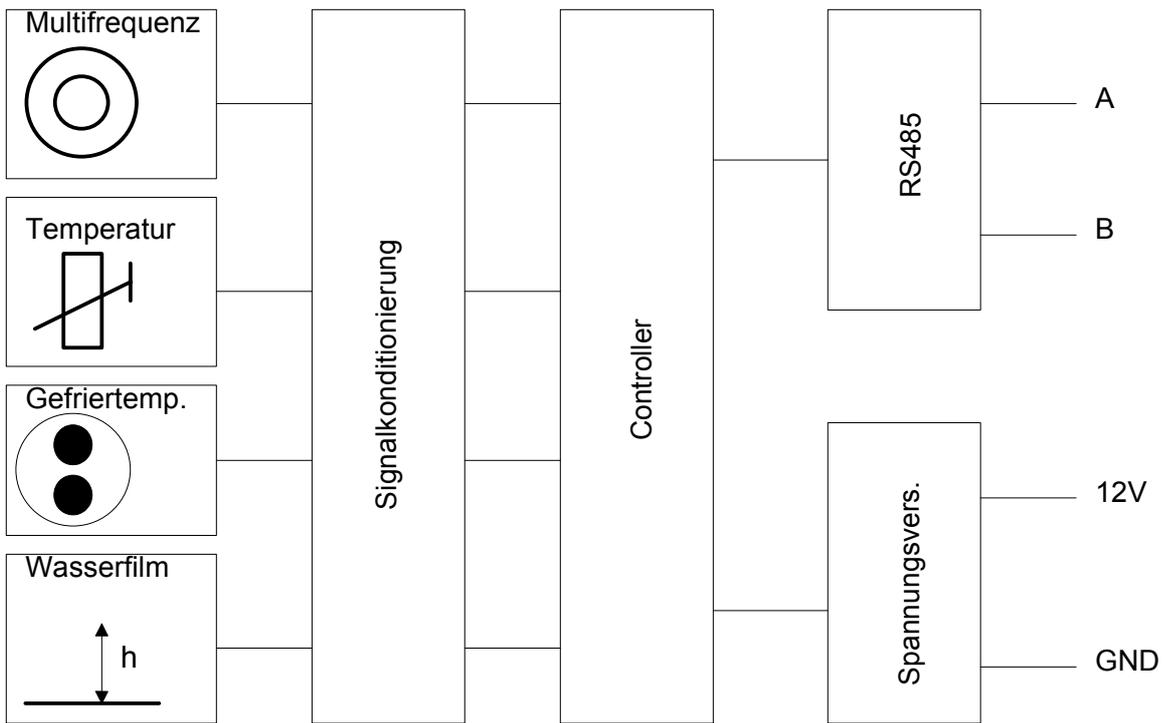


Abb. 1: Blockschaltbild des IRS-20/21

5.2 Die Schnittstellen

In der Abbildung 2 sind drei mögliche Kombinationen dargestellt wie der IRS-21 mit Endgeräten kommunizieren kann. Beachten Sie bitte auch das Manual 8410.KON2.

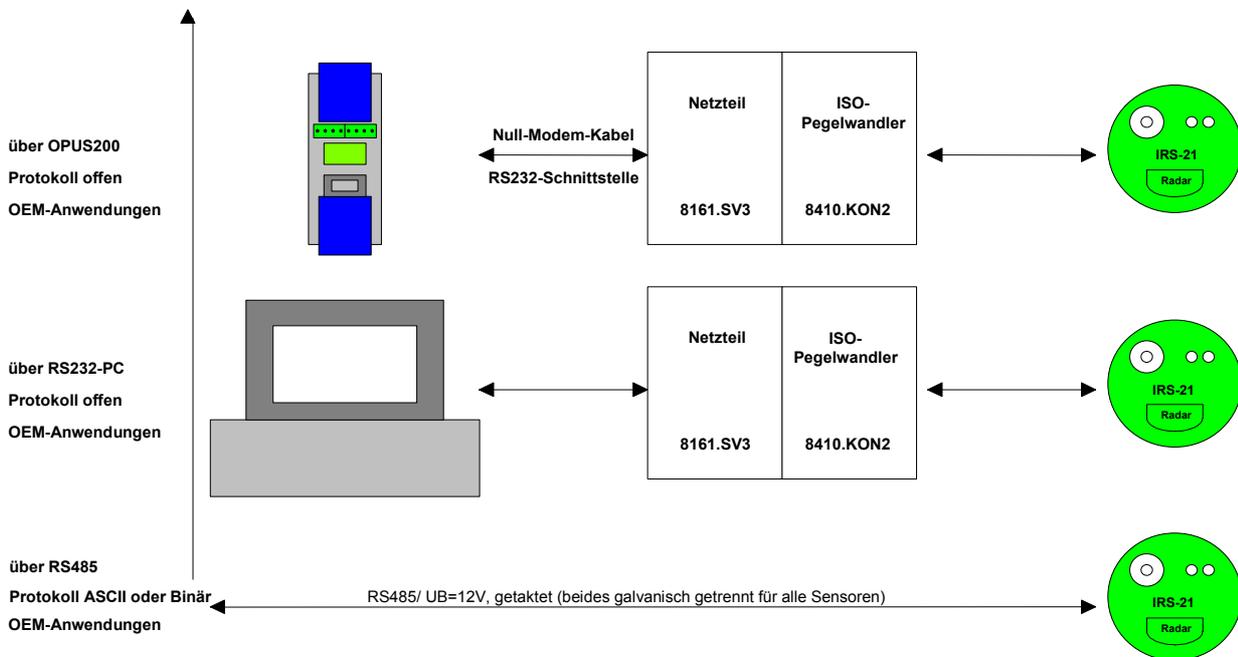


Abb. 2: Anschlussmöglichkeiten des IRS-21

Die Kombination IRS-21 und OPUS 200 ist dann sinnvoll, wenn außer den IRS-21 Daten noch weitere Messwerte über eine gemeinsame Schnittstelle verteilt werden sollen. Die Abfrage erfolgt über die RS232-Schnittstelle des OPUS 200/300 Datenloggers.

Die Kombination IRS-21 und PC (RS232-Endgerät) kommt dann zum Einsatz, wenn das Endgerät eine RS232-Schnittstelle besitzt. Über die Modem-Steuerverleitungen RTS / DTR können mit Hilfe eines geeigneten Programms die Datenrichtung (vom Host zum IRS-21 bzw. vom IRS-21 zum Host) als auch die Spannungsversorgung des IRS-21 geschaltet werden. Diese Funktionalität ist in der Kombination Netzteil (8161.SV3) und Pegelwandler (8410.KON2) enthalten. Die Endgeräte-Software ist dafür verantwortlich, dass die Spannungsversorgung nicht länger als für die Datenabfrage notwendig anliegt. Die Messintervalle sollten einen Abstand von ≥ 1 Minute haben.

Wird der Sensor direkt über die RS485-Schnittstelle abgefragt, gelten die gleichen Bedingungen.

Beim Einsatz des Pegelwandlers (8410.KON2) muss seitens der Host (PC)-Steuersoftware folgendes beachtet werden:

- Modem-Steuerleitung 'DTR' (Pin 4 eines 9-pol. RS232-Kabels) schaltet die IRS-Versorgung ,ein' (H-Pegel [ca. +10 V]) bzw. ,aus' (L-Pegel [ca. -10V]). Den Einschaltzustand kennzeichnet eine rote LED auf der Leiterplatte des Pegelwandlers.
- Modem-Steuerleitung 'RTS' (Pin 7 eines 9-pol. RS232-Kabels) steuert die Datenrichtung (halbduplex) vom Host zum IRS (L-Pegel [ca. -10V]) bzw. vom IRS zum Host (H-Pegel [ca. +10V]).
- Der IRS ist immer der Slave. Die Kommunikation wird also immer vom Hostprogramm eingeleitet.
- Vor Einleitung der Kommunikation muss ca. 2 Sekunden die IRS - Versorgung eingeschaltet sein, damit der Sensor in der Lage ist seine Messungen durchzuführen. Ein vom Hostsystem zu früh gesendeter Befehl wird ignoriert.
- Unmittelbar nach Übertragung des Befehlstelegramms **muss** der Host durch die ,RTS'-Steuerleitung die Datenrichtung des Pegelwandlers auf ,IRS nach Host' umschalten.
- Der Pegelwandler sendet alle vom Host geschickten Zeichen unmittelbar zurück (Echo). Diese sollten von der Steuersoftware ignoriert werden.
- Der IRS wartet ca. 100 ms mit seiner Antwort.
- Nach Übertragung der IRS - Antwort sollte die Datenrichtung wieder auf ,Host nach IRS' geschaltet und die Stromversorgung für den Straßensensor deaktiviert werden.

Die Protokolle zur Datenübertragung sind ab Kapitel 9 beschrieben.

6 Einbau und Installation

Der Fahrbahnsensor wird in der Mitte der Richtungsfahrbahn montiert. Bei zweispurigen Richtungsfahrbahnen erfolgt die Montage in der linken Fahrspur.

6.1 Vorbereitung

Für die Aufnahme des Sensors ist eine Bohrung mit einem Durchmesser $D > 16$ cm und einer Tiefe $T = 6$ cm erforderlich. Für die Zuleitung wird ein Schlitz mit einer Breite von $B = 2$ cm und einer Tiefe $T = 5$ cm in die Fahrbahn gefräst.

Achtung! Bei Brückenkonstruktionen ist darauf zu achten, daß die Isolationsschicht nicht beschädigt wird (eine Tiefe von 6 cm kann hier nicht in jedem Fall eingehalten werden).

Für den Temperatursensor 1 (optional) wird ein Schlitz in einem Winkel von ca. 68° , bezogen auf den Schlitz der Zuleitung, benötigt. Der Schlitz wird mit einer Breite von $B = 2$ cm, einer Tiefe $T = 5$ cm und einer Länge $L = 35$ cm in die Fahrbahn gefräst.

Für den Temperatursensor 2 (optional) wird eine 30 cm tiefe Bohrung mit einem Durchmesser von 2 cm benötigt. Diese ist, bezogen auf den Schlitz der Zuleitung, in einem Winkel von ca. -68° am äußeren Rand der Bohrung für den Straßensensor anzubringen.

Die externen Temperaturfühler weisen die Schutzart IP67 auf. Ein dauerhafter Einsatz unter Wasser ist zu vermeiden.

6.2 Montage

Warnung: Die Kabelverschraubungen dürfen keinesfalls geöffnet werden!

Eine Kürzung der Zuleitung ist nur am schaltschrankseitigen Ende der Zuleitung zulässig. Die Zuleitung muss in einem Schutzrohr so verlegt werden, dass sich Ausdehnungen des Fahrbahnbelags nicht auf die Zuleitung übertragen können. Die Leitungen am Fahrbahnsensor dürfen auch während des Einbaus nicht mit Zugkräften belastet werden!

Warnung: Eine Verletzung des Kabelmantels an der Zuleitung oder an den externen Fühlern führt zu Wassereintritt in den Sensor! Sensoren mit beschädigten Leitungen dürfen nicht eingebaut werden und können nur durch Luft repariert werden.

Der Straßensensor wird in die vorgesehene Bohrung so eingesetzt, dass er mit der Fahrbahnoberfläche bündig abschließt. Dazu wird die Einbauhilfe, die bei der Auslieferung bereits montiert ist, auf den Rand des Fahrbahnbelags aufgesetzt. Gegebenenfalls ist der Sensor durch Verbiegen der Einbauhilfe auszurichten.

Wichtig:

Der Straßensensor darf unter keinen Umständen über die Oberfläche des Fahrbahnbelags hinausragen (Beschädigung durch Räumfahrzeuge!).

Die Hohlräume werden mit Gießharzbeton ausgegossen.

Wichtig: Die Reaktionswärme beim Aushärten des Gießharzbetons kann Temperaturen über 80 °C erreichen, wodurch der Fahrbahnsensor beschädigt wird. Es dürfen ausschließlich Vergussysteme eingesetzt werden, bei denen die Temperatur beim Aushärten unter 80 °C bleibt!

Nach Aushärtung des Gießharzbetons ist die Einbauhilfe zu entfernen und die grüne Schutzfolie abzuziehen. Die Befestigungsschrauben der Einbauhilfe werden in die offenen Bohrungen des Sensors wieder eingesetzt (Drehmoment 2 Nm).

6.3 Anschluss der Zuleitung

Die Zuleitung des Straßensensors wird im Schaltschrank mit der Stromversorgung und dem Bussystem der Auswerteeinheit verbunden.

Anschlussbelegung der Zuleitung des Straßensensors:

braun	positive Versorgungsspannung
weiß	negative Versorgungsspannung
gelb	RS485_A
grün	RS485_B

Achtung, ein Vertauschen der Anschlüsse führt zur Zerstörung des Straßensensors!

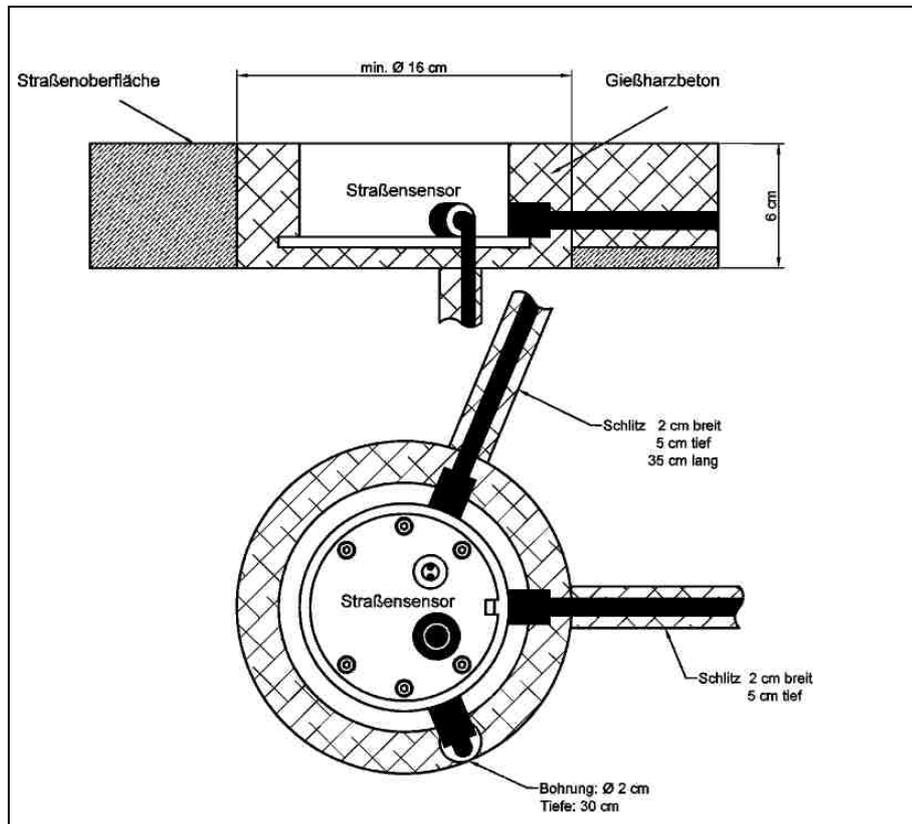


Abb. 3: IRS20/21 Einbau in der Strasse

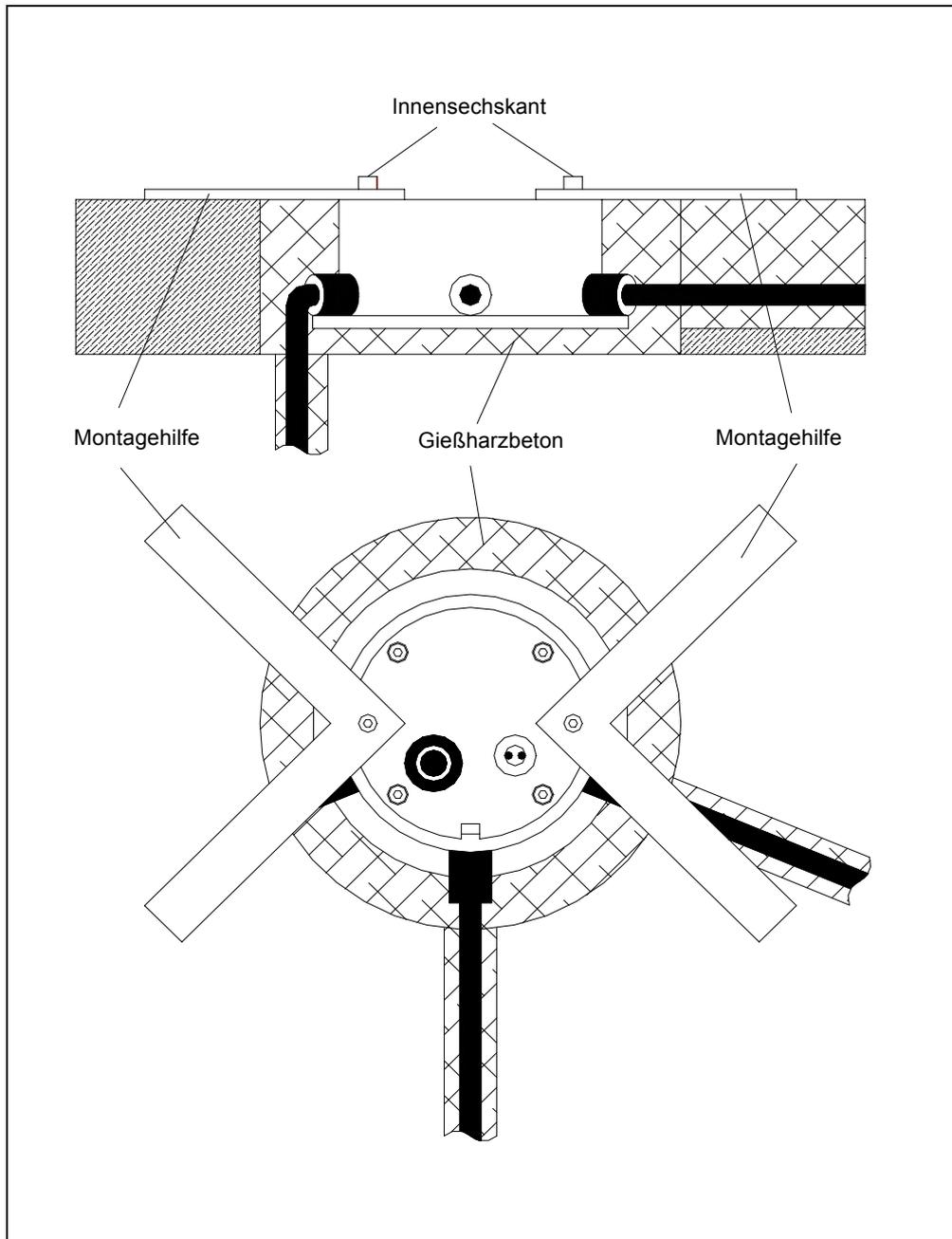


Abb. 4: Montage des IRS20/21

6.4 Inbetriebnahme und Prüfung

Nach erfolgter Installation des Straßensensors ist die Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

Dazu ist der Sensor an die Auswerteeinheit anzuschließen. Es ist zu prüfen, ob die Kommunikation zwischen Sensor und Auswerteeinheit einwandfrei funktioniert. Der von der Auswerteeinheit ermittelte Straßenzustand sollte bei trockenem **und** nassem Sensor getestet werden.

7 Wartung

Der Straßensensor sollte einmal pro Jahr gewartet werden. Dies umfasst die optische Inspektion des Gehäuses. Es empfiehlt sich die Sensoroberfläche bei groben Verschmutzungen zu reinigen. Bei erheblichen mechanischen Beschädigungen des Sensors, welche die Dichtigkeit des Gehäuses beeinträchtigen könnten, ist ein Austausch des Sensors zu empfehlen. Dies gilt auch dann, wenn der Kunststoffeinsatz des Sensors durch Verschleiß stark abgenutzt ist.

7.1 Austausch der Sensorik

Ist der Kunststoffeinsatz des Straßensensors durch mechanische Einwirkungen unbrauchbar geworden, oder die Sensorik beschädigt, kann der Kunststoffeinsatz ausgetauscht werden, ohne dass der Austausch des gesamten Gehäuses notwendig ist.

Achtung:

Der Austausch darf nur bei trockener Fahrbahn vorgenommen werden!

Zum Ausbau des Kunststoffeinsatzes werden alle sechs Innensechskantschrauben entfernt. Am Rand der Abdeckung befindet sich eine kleine Aussparung, die zur Aufnahme eines Schraubendrehers dient. Damit lässt sich der Kunststoffeinsatz herausheben. Es ist zu beachten, dass die Verbindungskabel an der Unterseite des Sensors nicht abgerissen werden. Die Steckverbindungen müssen ohne Zugbelastung der Kabel abgezogen werden!

Wichtig:

Bei Austausch der Sensorik ist in jedem Fall die Ringdichtung zu erneuern und ein neuer Trockenmittelbeutel einzulegen!

Das Gehäuse ist vor dem Einbau des neuen Sensors gründlich zu reinigen. Auch geringe Verunreinigungen des Dichtungssitzes führen langfristig zum Ausfall des Sensors! Im Gehäuse darf keine Feuchtigkeit eingeschlossen werden! Der neue Trockenmittelbeutel darf erst unmittelbar vor dem Einbau aus der versiegelten Schutzverpackung entnommen werden. Der Aufkleber zeigt die Funktionsfähigkeit an (blau: o.k., rosa: das Trockenmittel ist verbraucht).

Beim Anschließen der Steckverbinder an den neuen Sensor ist zu beachten, dass die Elektronik des Sensors nicht berührt wird. Elektrostatische Entladungen (ESD) zerstören den Sensor!

Die Dichtung ist mit Silikonfett einzusetzen. Die Dichtung darf beim Einbau des Kunststoffdeckels nicht verkanten. Der Kunststoffdeckel muss sich ohne Kraftaufwand in das Gehäuse einlegen lassen. Die Gewinde der Befestigungsschrauben sind einzufetten. Die Schrauben werden zuerst leicht eingeschraubt und dann über kreuz angezogen (Drehmoment 2 Nm).

8 IRS-21 Protokoll

8.1 Einleitung

Die intelligenten Straßensensoren sind in zwei Varianten für zwei unterschiedliche Schnittstellentypen verfügbar:

- IRS-20: Ausschließlich zur Anbindung an den Lufft - Datenlogger OPUS-2.
(Die Protokollbeschreibung dieser Schnittstelle ist nicht Bestandteil dieses Manuals)
- IRS-21: Flexible Verknüpfung mehrerer Straßensensoren über eine RS485-Schnittstelle (2-Draht, halbduplex) mit einem kundenspezifischen Hostrechner

8.1.1 IRS-21 Busprotokolle

Um eine einfache Anbindung an ein übergeordnetes Hostsystem zu ermöglichen, stellt der IRS-21 2 verschiedene Übertragungsprotokolle zur Verfügung:

- Binärprotokoll (Kapitel 10.2)
Datenrahmen begrenzt durch die Steuerzeichen STX (02h) und ETX (03h)
CRC – Prüfung
- ASCII-Protokoll (Kapitel 10.3)
Klartextprotokoll mit Abschlusszeichen CR (0Dh) + LF (0Ah)

Beide Arten sind busfähig, d.h. jeder Straßensensor kann mit einer eigenen Adresse versehen an einen Hostrechner angeschlossen werden.

8.2 Binärprotokoll

Das Binärprotokoll dient der Ankopplung eines Hostrechners (z.B. OPUS 200) an den intelligenten Straßensensor via RS485. Es gelten folgende Konventionen:

8.2.1 Telegrammaufbau (Byteseriell von oben nach unten)

Bytenummer	Bedeutung	Kürzel	Wertebereich
1	Telegrammstart	STX	0x02
2	Identifikation	ID	0 ... 250
3	Länge	CNT	1 ... 255
4	Befehl	CMD	0 ... 255
5 ... n	zusätzliche Daten	D0 ... Dn	0 ... 254 Bytes
n + 1	Block-Check	CRC_L	16 Bit CRC-Prüfsumme von ID bis zum letzten Datenbyte
n + 2		CRC_H	
n + 3	Telegrammende	ETX	0x03

8.2.2 Physikalischer Rahmen

Schnittstelle: RS485 – 2 - Draht (halbduplex)

Datenbits: 8

Stopbits: 1

Parität: keine

Baudrate: 19200 Baud (Default-Einstellung)

(1200 Bd., 2400 Bd., 4800 Bd., 9600 Bd., 19200 Bd., 38400 Bd. einstellbar)

Prüfsumme: 16 Bit CRC vom Ident.-Byte (ID) bis zum letzten Datenbyte

CRC-Polynom: $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ (LSB-first-Modus); s. Anhang

Timeout: Max. 0.5 Sek. nach Anfrage vom Host muss Antwort vom IRS-21 vorliegen

Ident: Bei Auslieferung = 0

8.2.3 Befehle

8.2.3.1 Abfrage von Daten vom IRS21 zum Host

Sensor ist angeschlossen (CMD = 0x00)

Host: STX, ID, CNT = 2, CMD = 0x00, D0, CRC_L = 0x51, CRC_H = 0x08, ETX

IRS-21: STX, ID, CNT = 2, CMD = 0x00, Invertierter D0 - Wert, CRC_L, CRC_H, ETX

Beispiel: Host sendet D0 = 0x55, IRS21 antwortet mit D0 = 0xAA

Abfrage von Soft- und Hardwarestand (CMD = 0x01)

Host: STX, ID, CNT = 1, CMD = 0x01, CRC_L, CRC_H, ETX

IRS-21: STX, ID, CNT = 3, CMD = 0x01, D0 = HW, D1 = SW, CRC_L, CRC_H, ETX

Beispiel: HW = 04 -> Hardwarestand 0.4; SW = 23 -> Softwarestand 2.3

Abfrage von Sensordaten einzeln (CMD = 0x02)

Host: STX, ID, CNT = 2, CMD = 0x02, D0 = Sensor (siehe Tabelle), CRC_L, CRC_H, ETX

IRS-21: STX, ID, CNT = 3, CMD = 0x02, D0 = Lowbyte (siehe Tabelle), D1 = Highbyte (siehe Tabelle unten), CRC_L, CRC_H, ETX

Host D0 = Sensor	Sensortyp	Bereich	IRS-21 D0 = Low- / D1 = Highbyte
0	Interner Temperatur-Sensor	0 ... 2000 Digits = -50,0 °C ... +150,0 °C.	0 ... 2000 bei Fehler 50000
1	Externer Temperatur-Sensor - 1	0 ... 2000 Digits = -50,0 °C ... +150,0 °C.	0 ... 2000 bei Fehler 50000
2	Externer Temperatur-Sensor - 2	0 ... 2000 Digits = -50,0 °C ... +150,0 °C.	0 ... 2000 bei Fehler 50000
3	Multifrequenz – 1000k	0 ... 255 Digits	0 ... 255 / 0

4	Multifrequenz – 500k	0 ... 255 Digits	0 ... 255 / 0
5	Multifrequenz – 200k	0 ... 255 Digits	0 ... 255 / 0
6	Multifrequenz – 51k	0 ... 255 Digits	0 ... 255 / 0
7	Salzkonzentration	0 ... 250 Digits = 0,0 % ... 25, 0% (NaCl)	Lowbyte: 0 ... 255
	Gefriertemperatur	0 ... 250 Digits = 0,0 °C ... -25.0 °C.	Highbyte: 0 ... 255
8	Impedanzsensor	0 ... 250 Digits = Normwert	Lowbyte: 0 ... 250
		0...255 Digits = Feuchteadaption	Highbyte: 0 ... 255
9	Wasserfilmhöhe	0 ... 4000 Digits = 0 ... 4000 µm	0 ... 4000

Abfrage von Sensordaten zur Speicherung im Host als Block (CMD = 0x03)

Host: STX, ID, CNT = 1, CMD = 0x03, CRC_L = 0x43, CRC_H = 0x2B, ETX

IRS-21: STX, ID, CNT = x, CMD = 0x03, D0 ... D13 (siehe Tabelle unten), CRC_L,
CRC_H, ETX

IRS-21 D0 ... D11	Bedeutung
0 / 1	Interner Temperatursensor (0 ... 2000 Digits = -50,0 °C ... +150,0 °C.) (Byte 0 = Lowbyte, Byte 1 = Highbyte)
2 / 3	Externer Temp.-Sensor - 1 (0 ... 2000 Digits = -50,0 °C ... +150,0 °C.) (Byte 2 = Lowbyte, Byte 3 = Highbyte)

4 / 5	Externer Temperatursensor – 2 (0 ... 2000 Digits) (Byte 4 = Lowbyte, Byte 5 = Highbyte)
6 / 7	Byte 6 = Gefriertemperatur (0 ... 250 Digits) Byte 7 = 0
8 / 9	Byte 8 = Radar-Normwert (0 ... 250 Digits) Byte 9 = 0
10 / 11	Wasserfilmhöhe (0 ... 4000 Digits = 0 ... 4000 µm) (Byte 10 = Lowbyte, Byte 11 = Highbyte)
12 / 13	<p>Byte 12 = Definierter Fahrbahnzustand (0 ... 99)</p> <p>0: Trocken 1: Feucht 2: Nässe 3: Eis 4: Raureif / Schnee 5: Restsalz 6: Überfrierende Nässe > 6: undefinierter Zustand</p> <p>Byte 13 = Physikalischer Fahrbahnzustand (0 ... 99)</p> <p>0: Trocken 1: Restsalz 2: Feucht 3: Nässe 4: Überfrierende Nässe 5: Raureif 6: Trockener Schnee 7: Trockenes Eis 8: Nasser Schnee 9: Eis > 9: undefinierter Zustand</p> <p>Der definierte Straßenzustand ist eine Untermenge des physikalischen Straßenzustandes.</p>

Abfrage von EEPROM - Speicherstellen einzeln (CMD = 0x04)

Host: STX, ID, CNT = 3, CMD = 0x04, D0 = Lowbyte - Adresse, D1 = Highbyte - Adresse, CRC_L, CRC_H, ETX

IRS-21: STX, ID, CNT = 5, CMD = 0x04, D0 = Lowbyte - Adresse, D1 = Highbyte - Adresse, D2 = Lowbyte - Datum, D3 = Highbyte - Datum, CRC_L, CRC_H, ETX

Anmerkung: Der Adressumfang des EEPROMS beim Straßensensor geht von 0 ... 2047.

Abfrage von EEPROM - Speicherstellen als Block (CMD = 0x05)

Host: STX, ID, CNT = 4, CMD = 0x05, D0 = Lowbyte - Startadresse, D1 = Highbyte - Startadresse, Wortanzahl, CRC_L, CRC_H, ETX

IRS-21: STX, ID, CNT = 3 + 2 x Wortanzahl, CMD = 0x05, D0 = Lowbyte - Startadresse, D1 = Highbyte - Startadresse, D2 = Lowbyte - Datum₀, D3 = Highbyte - Datum, D4 = Lowbyte - Datum₁, ..., Dn = Highbyte - Datum_n, CRC_L, CRC_H, ETX

Anmerkung: Die Wortanzahl ist pro Block auf 32 (= 64 Byte) begrenzt.

8.2.3.2 Übertragen von Daten vom Host zum IRS-21**Beschreiben von EEPROM - Speicherzellen einzeln (CMD = 0x10)**

Host: STX, ID, CNT = 5, CMD = 0x10, D0 = Lowbyte - Adresse, D1 = Highbyte - Adresse, D2 = Lowbyte - Datum, D3 = Highbyte - Datum, CRC_L, CRC_H, ETX

IRS-21: STX, ID, CNT = 1, ACK = 0x06 = OK bzw. NACK = 0x15 = Fehler, CRC_L, CRC_H, ETX

ASCII-Protokoll sperren (CMD = 0x11)

Host: STX, ID, CNT = 1, CMD = 0x11, CRC_L = 0xD0, CRC_H = 0x18, ETX

IRS21: STX, ID, CNT = 1, ACK = 0x06 = OK, CRC_L, CRC_H, ETX

ASCII-Protokoll freigeben (CMD = 0x12)

Host: STX, ID, CNT = 1, CMD = 0x12, CRC_L = 0x4B, CRC_H = 0x2A, ETX

IRS21: STX, ID, CNT = 1, ACK = 0x06 = OK, CRC_L, CRC_H, ETX

RESET - IRS-21 (CMD = 0x1F)

Host: STX, ID, CNT = 1, CMD = 0x1F, CRC_L = 0xAE, CRC_H = 0xF1, ETX

IRS-21: STX, ID, CNT = 1, ACK = 0x06 = OK, CRC_L, CRC_H, ETX

Anmerkung: Nach der 'OK' - Übertragung wird der Sensor zurückgesetzt

8.2.3.3 IRS-21-Antwort bei falschen Daten vom Host

IRS-21: STX, ID, CNT = 1, NACK = 0x15 = Not Acknowledge (Daten wurden nicht akzeptiert), CRC_L, CRC_H, ETX

8.2.4 Festlegung der Identifikation

Es sind 2 Szenarien denkbar:

- Aufbau einer neuen Buslinie
- Zuschaltung eines weiteren Sensors an eine vorhandene Buslinie

Die werksseitige Identifikation [kurz ID] (= 0) sollte hier vorab separat geändert worden sein. Mit ID = 0 wird jeder Sensor an einer Buslinie angesprochen.

Wichtig!

Der neu in die Buslinie eingefügte Sensor **muss** sich von den bisher eingebauten Sensoren in seiner ID unterscheiden. Wie oben schon erwähnt sollte die neue ID > 0 sein. Der Adressbereich geht von 0 ... 250.

Der Befehl zur Übertragung der neuen Identifikation entspricht im wesentlichen dem zum Beschreiben von EEPROM-Zellen:

Host: STX, ID, CNT = 5, CMD = 0x10, D0 = 0x05, D1 = 0x00, D2 = neuer ID, D3 = 0x00, CRC_L, CRC_H, ETX

IRS-21: STX, ID, CNT = 1, ACK = 0x06 = OK bzw. NACK = 0x15 = Fehler, CRC_L, CRC_H, ETX

Damit der Sensor die neue ID übernimmt, muss dieser durch den Reset-Befehl (noch mit alter Identifikation) oder durch Aus- -> Einschalten neu gestartet werden.

8.3 ASCII-Protokoll (IRS-21 <-> Hostrechner)

Zusätzlich zu dem oben genannten Binärprotokoll können in Klartext Messwerte vom IRS-21 abgerufen werden. Notwendig ist eine Terminalsoftware, welche die Konvertierung von RS232 / RS485 unterstützt.

8.3.1 Physikalischer Rahmen und Besonderheiten

Parameter	Optionen auf Anfrage	Werkseinstellung
Baudrate	2400 - 38400 Baud	19200 Baud
Datenbits	8 (fix)	8
Stoppbits	1 (fix)	1

Schnittstellen-Parameter für das ASCII-Protokoll

Folgende Besonderheiten müssen beachtet werden:

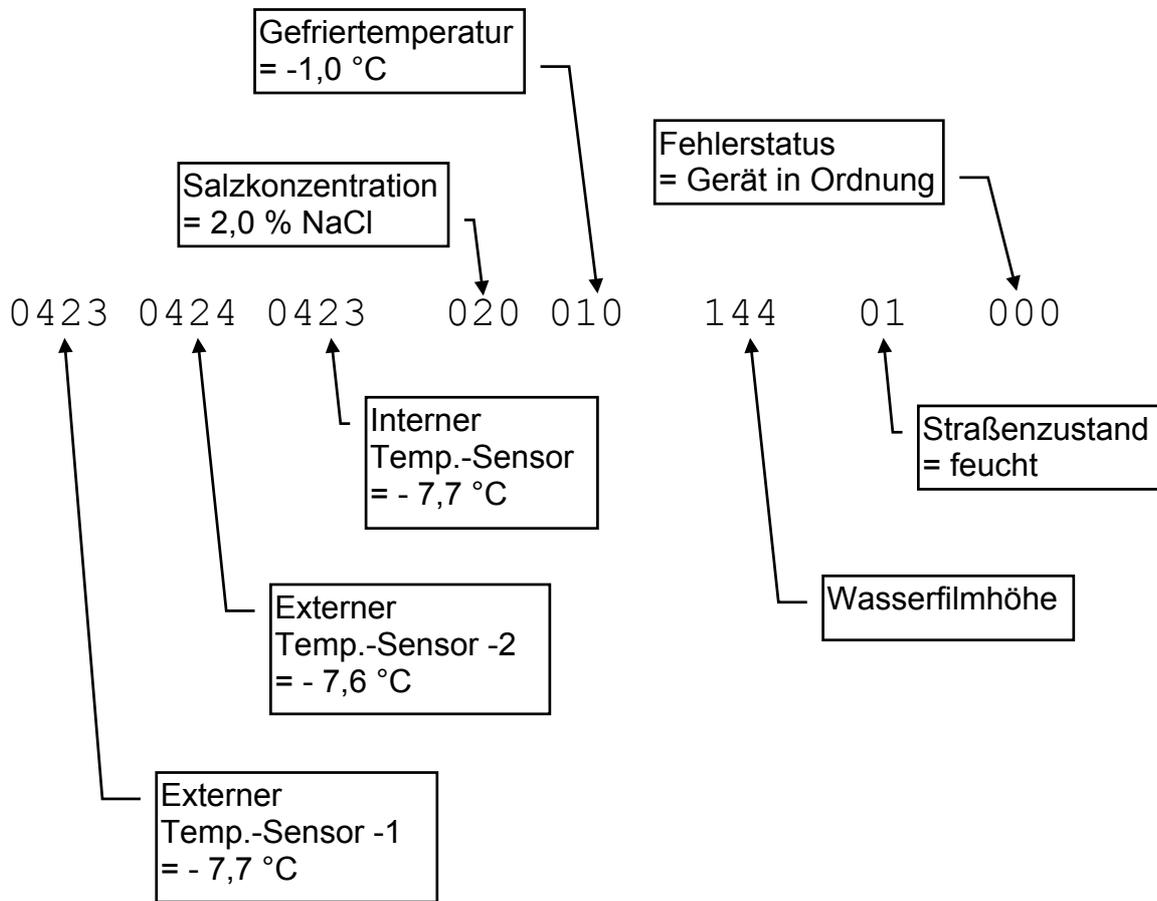
- Jedem Befehl vom Host muss ein ‚&‘ oder ein ‚\$‘ vorangestellt werden.
- Der Abschluss eines Telegramms vom Host zum IRS-21 bildet ein ‚CR‘ (= 0Dh). Nachfolgende Zeichen werden ignoriert.
- Der Abschluss einer Antwort vom IRS zum Host bildet immer ‚CR & LF‘ (= 0Dh & 0Ah).
- Werden vom IRS zum Host mehrere Messwerte übertragen (z.B. die Werte der 3 Temperatursensoren), so werden diese durch 1 ‚Space‘ (= 20h) voneinander getrennt. Messwertgruppen (z.B. Wasserfilm & Straßenzustand) sind durch 3 ‚Spaces‘ voneinander getrennt.
- Bei Fehlern (z.B. falsche E2-Speicherzelle) sendet der IRS ‚NACK‘ + ‚CR‘ + ‚LF‘
- Bei Datenübergabe können auch weniger als die angegebenen Ziffern angegeben werden (z.B. Adresse 24 des EEPROMS lesen: Befehl EL0024 + ‚CR‘ oder EL24 + ‚CR‘).

8.3.2 Befehle zur Messwertabfrage

Befehl	Funktion
&T +'CR'	<p>Ausgabe der normierten Werte von 3 Temperatursensoren:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Wert = Externer Sensor-1 2. Wert = Externer Sensor-2 3. Wert = Interner Sensor <p>Der jeweilige Wertebereich umfasst 0 ... 2000 Digits = -50,0 ° ... +150,0 °C. Bei nicht angeschlossenen oder fehlerhaften Sensoren ist der Wert immer 'xxxx'.</p>
&F +'CR'	<p>Ausgabe der normierten Werte von 4 Frequenzen der Multifrequenzmessung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Wert = F1000k-Bereich 2. Wert = F500k-Bereich 3. Wert = F200k-Bereich 4. Wert = F51k-Bereich <p>Der jeweilige Wertebereich umfasst 0 ... 255 Digits. Bei trockener oder nasser, sauberer Straße tendiert der Wert in Richtung 255. Umgekehrt nähert sich dieser '000' an, wenn die Straße feucht und schmutzig ist. Bei nicht abgeglichener oder fehlerhafter Frequenzmessung werden die Werte immer auf 'xxx' gesetzt.</p>
&L +'CR'	<p>Ausgabe der normierten Werte der Leitfähigkeitsmessung.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Wert = Konzentration der Salzlösung von 0 ... 250 Digits = 0,0 % ... 25,0 % (NaCl) 2. Wert = Gefriertemperatur der Salzlösung von 0 ... 250 Digits = 0,0 °C ... -25,0 °C. <p>Bei nicht bestimmbarer Messung werden beide Werte auf 'xxx' gesetzt. Der Messbereich zur Bestimmung der Salzkonzentration geht von -20 ... + 15 °C (interner Temperatursensor).</p>
&R +'CR'	<p>Ausgabe der normierten Wasserfilmhöhe im Bereich 0 ... 250 Digits.</p> <p>Bei trockener Straße tendiert der Wasserfilmwert gegen 150 (= Trocken). Bei zunehmender Wasserfilmhöhe läuft der Wert in Richtung '000'.</p> <p>Bei nicht abgeglichener Wasserfilmmessung wird der Wert immer auf 'xxx' gesetzt. Die Wasserfilmbestimmung arbeitet bis +60°C.</p>

&Z +'CR'	Ausgabe des Straßenzustands im Bereich 0... 99: 0 = Trocken 1 = Feucht 2 = Nässe 3 = Eis 4 = Rauhreif / Schnee 5 = Restsalz 6 = Überfrierende Nässe 98, 99 = undefinierte Werte (Der Straßenzustand konnte nicht ermittelt werden) Unterhalb von -20 °C und oberhalb von +60 °C wird der Zustand 99 ausgegeben.
&A +'CR'	Ausgabe aller oben angegebenen Werte in der Reihenfolge T, L, R, Z. Zwischen den Messwertgruppen (z.B. 'T' und 'F') werden jeweils 3 'Spaces' (= 20h) mit ausgegeben. Es wird außerdem der Fehlerstatus des Sensors am Ende der Zeile mit übertragen Folgende Fehlerzustände wurden festgelegt: '000' = Das Gerät ist in Ordnung '001' = Die externen Temperatursensoren sind nicht angeschlossen oder defekt > '001' = Das Gerät ist defekt
&V +'CR'	Ausgabe der Hard- und Softwareversion. z.B. 0.4 (= HW-Version) 2.0 (= SW-Version) 16.06.00 (SW-Erstellungsdatum)

Beispiel für die Datenausgabe nachdem vom Host der Befehl &A,␣ gesendet wurde
(Standard-Ausgabe)



8.3.3 EEPROM-Einstellung + RS485-Bus-Adressierung

Befehl + Daten	Funktion
&ELxxxx + 'CR'	EEPROM-Speicherzelle der Adresse xxxx lesen. Adresse = 0 ... 2047, ausgegebener Wert = 0 ... 65535 (2 Byte) Antwort: yyyyy (= E2-Inhalt) + ,CR' + ,LF'
&Essxxxx yyyyy + 'CR'	EEPROM schreiben an Adresse xxxx mit Wert yyyyy Adresse=0 ... 2047, Wert=0 ... 65535 Antwort: yyyyy (= geschriebener und wieder ausgelesener E2-Inhalt) + ,CR' + ,LF'.
\$ + 'CR'	RS485-Bus-Ident (Adresse) und Bus-Selektor (Auswahl) lesen Antwort: xxx (= Ident) + 3 Spaces + yyy (= Selektor) + ,CR' + ,LF'.
\$lxxx + 'CR'	Vergabe eines RS485-Bus-Identen (Adresse) sowie Einstellung des Bus-Selektors auf diese Adresse. Ident-Nr.= 1 ... 255 Antwort: xxx (= Ident) + 3 Spaces + yyy (= Selektor) + ,CR' + ,LF'.
\$Sxxx + 'CR'	Neuen RS485-Bus-Selektor setzen (= Auswahl eines IRS) Selektor-Nr = 0 ... 255 Antwort: xxx (= Ident) + 3 Spaces + yyy (= Selektor) + ,CR' + ,LF'.

Die IRS-Bus-Adressierung ist erst ab der SW-Version V2.2 möglich.

Anmerkungen zum RS485-Bus-Identen bzw. – Selektor:

Der Bus-Ident entspricht der Busadresse beim Binär-Protokoll.

Der Bus-Selektor dient zur Auswahl eines bestimmten IRS. Alle anderen Teilnehmer verhalten sich am Bus passiv, bis eine neue Selektor-Nummer gesetzt wird. Eine neue Ident-Nummer kann nur bei einem ausgewählten IRS erfolgen. Dabei wird die Selektor-Nummer gleichzeitig mit der neuen Ident-Nummer auf diesen neuen Wert gesetzt. Der IRS bleibt damit trotz geänderter ID weiterhin selektiert. Jeder Bus-Teilnehmer **muss** seine eigene Ident-Nummer besitzen.

8.4 Binärprotokoll (IRS-21 über OPUS200/300 <-> Hostrechner)

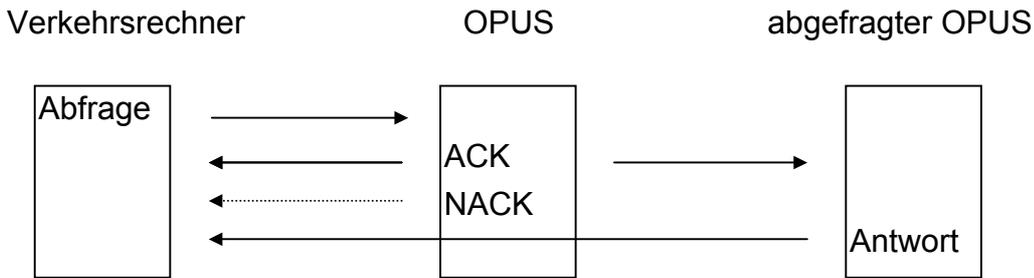
8.4.1 Physikalische Anbindung und Hardwarestruktur

Die Anbindung der Sensoren an die Verkehrsrechner erfolgt über OPUS 200 Module. An diese Module kann jeweils 1 Strassensensor oder 2 Standard-Sensoren (Temperatur / Feuchte etc.) angeschlossen werden. Die Module sind über einen CAN Bus miteinander verbunden. Bei Bedarf können weitere Module hinzugefügt werden. Jedes dieser Module kann Schnittstelle zum Verkehrsrechner sein (Ausnahme: Das Modul für den intelligenten Straßensensor nicht). Die Anbindung erfolgt hierbei über die RS232 Schnittstelle. Die Baudrate beträgt 19200 mit 8 Datenbits, ohne Parität und einem Stopbit (**8N1**). Über die RS232-Schnittstelle können alle angeschlossenen Sensoren adressiert und abgefragt werden.

8.4.2 Softwareprotokoll

Die Adressierung und Abfrage der Sensoren erfolgt über ein definiertes Protokoll durch den Verkehrsrechner. Der Verkehrsrechner sendet in zyklischen Abständen ein Abfragetelegramm an jeden der angeschlossenen OPUS200. Hat der OPUS an dem die serielle Schnittstelle angeschlossen ist das Telegramm richtig empfangen, sendet dieser ein ACK Telegramm. Wurde ein Fehler festgestellt, sendet er ein NACK Telegramm. Wurde das Telegramm richtig empfangen, sendet der abgefragte OPUS200 die aktuellen Werte an den Verkehrsrechner zurück.

Die Abfrage muss synchron erfolgen. Die Sensoren bzw. Transmitter initiieren selbst keine Nachrichten. Die Float Messwerte werden linear auf einen normierten Wertebereich von 0 - 65520 abgebildet, wobei 0 dem minimalen Messwert und 65520 dem maximalen Messwert des konfigurierten Sensors entspricht. Die Werte oberhalb 65520 dienen als Fehlercodes.



8.4.3 Telegramm- und Datenformat

8.4.3.1 Datenformat:

LONG: LowLowByte LowHighByte HighLowByte HighHighByte

INT: LowByte HighByte

8.4.3.2 Telegrammformat

Abfragetelegramm

Byte	1	2	3	4	5	6	7	8
Online Datenabfrage	?	N	x	x	x	x	c	c

x : Adresse des OPUS200 als LONG

cc: Summe aller vorangegangenen Bytes als INT (LSB first)

Antworttelegramm

Byte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Online Daten Antwort bei bis zu 4 Messwerten,	?	N	v1	v1	v2	v2	v3	v3	v4	v4	c	c
bei mehr als 4 Messwerten folgt ein 2. Telegramm	?	N	v5	v5	v6	v6	v7	v7	c	c	-	-

v1 – v7: Maximal 7 Messwerte, jeweils als INT.

Die Anzahl der Messwerte die von einem OPUS geliefert werden ist abhängig von der jeweiligen Konfiguration. Liefert der OPUS nur die Mittelwerte über das Speicherintervall, werden nur 2 Messwerte v1 und v2 gesendet. Sollen zusätzlich die minimalen oder maxi-

malen oder beide Werte über das Speicherintervall geliefert werden erhöht sich die Anzahl auf 4 bzw. 6 Messwerte.

Bei Anschluss eines IRS21 können bis zu 7 Messwerte übertragen werden.

cc: Summe aller vorangegangenen Bytes als INT (LSB first)

ACK / NACK Telegramm auf eine Onlineabfrage

Byte	1	2	3	4	5
ACK Telegramm	\$?	N	c	c
NACK Telegramm	#	?	N	c	c

cc: Summe aller vorangegangenen Bytes als INT (LSB first)

8.4.3.3 Sonderfall Intelligenter Straßensensor (IRS-21)

Der intelligente Straßensensor verwendet für die Übermittlung der Daten das selbe Telegrammformat wie die Standardsensoren. Wird der Straßensensor abgefragt, sendet dieser 2 Telegramme mit insgesamt 6 bzw. 7 Messwerten. Im Gegensatz zu den Standardsensoren sind diese Messwerte nicht die Min-, Max- und Mittelwerte von 2 Sensoren, sondern haben eine spezielle Bedeutung. Im Einzelnen sind dies:

v1: interner Temperatursensor IRS21	-50 °C – 150 °C
v2: externer Temperatursensor 1 IRS21	-50 °C – 150 °C
v3: externer Temperatursensor 2 IRS21	-50 °C – 150 °C
v4: Gefriertemperatur	-25 °C – 0 °C

Bei Konfiguration zur Übertragung der normierten Wasserfilmhöhe:

v5: normierten Wasserfilmhöhe	0 - 250
v6: Wasserfilmhöhe	0 – 4000 µm
v7: Fahrbahnzustand	0 – 99

Bei Konfiguration ohne Übertragung der Wasserfilmhöhe:

v5: Wasserfilmhöhe 0 - 4000 μm

v6: Fahrbahnzustand 0 – 99

Die Messwerte werden bis auf den Fahrbahnzustand im Übertragungsnormal übertragen und müssen entsprechend umgerechnet werden. Der Fahrbahnzustand wird direkt übertragen (d.h. 0 - 99).

8.4.3.4 Fehlercodes

Folgende Fehlercodes sind definiert:

Bezeichnung	Wert	
Value Overflow	0xFFF 3	Der Eingangsbereich des Sensors wurde unter- oder überschritten, oder kein Sensor angeschlossen
Conf Error	0xFFF 4	Es wurde eine unsinnige Konfiguration festgestellt
Xor Error	0xFFF 5	Die Prüfsumme über das E2 ist falsch
Invalid Value	0xFFF D	

8.4.4 Konfiguration der OPUS200 Module

Die Konfiguration eines OPUS200 erfolgt über die Software SmartControl. Mit SmartControl können alle Sensoren konfiguriert werden mit Ausnahme des Intelligenten Straßensensors. Die Konfiguration eines OPUS200 hat direkten Einfluss auf die Größe und Anzahl der Antworttelegramme auf eine Onlineabfrage (s. Telegrammformat Antworttelegramm).

8.4.5 Konfiguration des Straßensensors

Damit ein OPUS 200 den Straßensensor ansprechen kann, muss dieser von Hand konfiguriert werden. Dies geschieht im Monitormodus durch Setzen der E2 Stelle 368 auf den Wert 98 (OPUS 200 an die serielle Schnittstelle anschließen, mit !xxxxx (xx = id des OPUS) in den Monitormodus schalten. Der OPUS sollte eine kleine Meldung auf das Terminal ausgeben.) Im Monitormodus mit dem Befehl

ES 368 98

die E2 Stelle beschreiben.

Durch Setzen der E2 Stelle 367 lässt sich das Ausgabeformat einstellen. Wenn hier der Wert 98 steht, wird die normierte Wasserfilmhöhe nicht übertragen und die Kodierung des Strassenzustandes ändert sich. (Befehl: **ES 367 98**)

Nach dem Neustart sollte im Display „FASS“ erscheinen.

Wird ein OPUS 200 für den Straßensensor konfiguriert, dann hat er folgende Einstellungen:

Abtastrate	60 Sekunden
Speicherrate	10 Minuten
Modus	Schlafmodus

Die gelieferten Werte (s. Telegrammformat: Sonderfall Intelligenter Straßensensor) haben folgende Bedeutung:

v1: interner Temperatursensor	Temperatur der Fahrbahnoberfläche im Bereich -50°C - 150°C
v2: externer Temperatursensor 1	Temperatur des ersten externen Temperatursensors im Bereich -50°C - 150°C
v3: externer Temperatursensor 2	Temperatur des zweiten externen Temperatursensors im Bereich -50°C - 150°C
v4: Gefriertemperatur	Gefriertemperatur der Salzlösung auf der Strasse im Bereich -25°C - 0°C

Bei Konfiguration zur Übertragung der normierten Wasserfilmhöhe (E2-Stelle 367 != 98):

v5: normierte Wasserfilmhöhe (Qualitative Wasserfilmhöhe)

0	Viel Wasser
150	kein Wasser (Leerlauf des Radarsensors)
250	Viel Eis

v6: Wasserfilmhöhe Wasserfilmhöhe zwischen 0 und 4000 µm

v7: Fahrbahnzustand Fahrbahnzustand

0	trocken
1	Restsalz
2	feucht
3	Nässe
4	Überfrierende Nässe
5	Raureif
6	trockener Schnee
7	trockenes Eis
8	nasser Schnee
9	Eis
> 9	undefinierter Zustand

Bei Konfiguration ohne Übertragung der normierten Wasserfilmhöhe (E2-Stelle 367 == 98):

v5: Wasserfilmhöhe Wasserfilmhöhe zwischen 0 und 4000 µm

v6: Fahrbahnzustand Fahrbahnzustand

0	nicht bestimmbar
1	trocken
2	feucht
3	nass
4	Restsalz
5	Überfrierende Nässe / Raureif
6	Schnee
7	Eis
99	Fahrbahnzustand nicht ermittelbar

Anhang

CRC-Berechnung für IRS-20/21

Berechnung der CRC erfolgt nach folgenden Regeln:

Polynom: $1021h = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ (LSB-first-mode)

Startwert: 0000h

(Achtung! Im Gegensatz zum UMB-Protokoll ist hier der Startwert für die CRC-Berechnungen nicht FFFFh nach CCITT sondern 0000h!!)

Bitte beachten, dass die Prüfsumme mit dem zweiten Byte des Telegramms beginnt.

Beispiel einer CRC-Berechnung in C

Soll die CRC-Berechnung für mehrere Bytes erfolgen, muss die bisher berechnete CRC in einer unsigned short-Variable (die zu Beginn einer Prüfreihe auf 0000h initialisiert werden muss) zwischengespeichert werden.

```

/*****
Funktion:      16 Bit CRC-Berechnung für IRS-20/21
-----
Aufruf:       calc_crc(unsigned short crc_buff, unsigned char input)
-----
Rückgabe:     Neu berechnete 16-Bit CRC-Prüfsumme
-----
Beschreibung: Berechnet nach dem CRC-Polynom  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$  die
                Prüfsumme für 'input'.
                'crc_buff' ist die bisher berechnete Prüfsumme. Diese muss
                zu Beginn einer Prüfreihe auf 0x0000 gesetzt werden.
*****/
unsigned short calc_crc(unsigned short crc_buff, unsigned char input)
{
    unsigned char i;
    unsigned short x16; // we will use this to hold the XOR mask
    for (i=0; i<8; i++)
    {
        // XOR current D0 and next input bit to determine x16 value
        if( (crc_buff & 0x0001) ^ (input & 0x01) )

```

```
        x16 = 0x8408;
    else
        x16 = 0x0000;
    // shift crc buffer
    crc_buff = crc_buff >> 1;
    // XOR in the x16 value
    crc_buff ^= x16;
    // shift input for next iteration
    input = input >> 1;
}
return(crc_buff);
}

// ***** MAIN *****
void main(void)
{
    // example: CRC for 8 Bytes
    unsigned char values[8] =
        {0x30, 0x31, 0x32, 0x33, 0x34, 0x35, 0x36, 0x37};
    // initialise startvalue 0000h
    unsigned short crc = 0x0000;
    // calculation
    for(int n = 0; n < 8; n++)
    {
        crc = calc_crc(crc, values[n]);
    }
    // output
    printf("\ndata:  30h, 31h, 32h, 33h, 34h, 35h, 36h, 37h");
    printf("\nCRC:   %04Xh\n", crc);
}
```

Ausgabe:

```
data:  30h, 31h, 32h, 33h, 34h, 35h, 36h, 37h
CRC:   84CFh
```