



Open Metering System Technical Report 09

Guide to Wired M-Bus Installations Installationsleitfaden für Wired M-Bus

**Version 1.0.3 / 2022-05-27
Release**

English Version | Deutsche Ausgabe

© Open Metering System Group e.V., 2022

Document History | Versionsübersicht

Version	Date	Comment	Editor
0.9.0	2021-09-27	First draft	AG4, A. Reissinger
0.9.1	2021-10-14	Title changed to OMS-TR09	AG4, A. Reissinger
0.9.2	2021-11-17	Bilingual version after translation and AG4 review	AG4, A. Reissinger
0.9.3	2021-12-16 and 2021-12-21	Inclusion of review comments New images in 3.3 and 3.9	AG4 and A. Reissinger
1.0.0	2022-01-31	Release candidate	A. Reissinger
1.0.1	2022-03-18 and 2022-03-30	Consideration of feedback by OMS internal review	AG4, A. Reissinger
1.0.2	2022-04-26	Consideration of feedback by OMS internal review	AG4, A. Reissinger
1.0.3	2022-05-27	Copyright remark added to front page Release	A. Reissinger

Version	Datum	Kommentar	Autor
0.9.0	2021-09-27	Erster Entwurf	AG4, A. Reissinger
0.9.1	2021-10-14	Titel auf OMS-TR09 geändert	AG4, A. Reissinger
0.9.2	2021-11-17	Zweisprachige Version nach Übersetzung und Review	AG4, A. Reissinger
0.9.3	2021-12-16 und 2021-12-21	Einarbeitung der Reviewkommentare Neue Bilder in 3.3 and 3.9	AG4 und A. Reissinger
1.0.0	2022-01-31	Release candidate	A. Reissinger
1.0.1	2022-03-18 und 2022-03-30	Berücksichtigung der Kommentare aus der OMS-Mitgliederbefragung	AG4, A. Reissinger
1.0.2	2022-04-26	Berücksichtigung der Kommentare aus der OMS-Mitgliederbefragung	AG4, A. Reissinger
1.0.3	2022-05-27	Hinweis auf das Copyright auf der Titelseite hinzugefügt Release	A. Reissinger

Contents | Inhalte

English Version Deutsche Ausgabe	1
Document History Versionsübersicht	2
Contents Inhalte.....	4
Tables Tabellen	9
Figures Abbildungen.....	9
English Version.....	11
1 Foreword	11
2 The wired M-Bus solution - an overview	12
2.1 Introduction (b, a, p)	12
2.2 The EN 13757 family (b, a, p).....	12
2.3 The EN 13757-2 (b, a, p).....	13
2.4 The principle of wired M-Bus communication (b, a, p)	13
2.5 Installation and topology (b, a, p)	14
2.6 Communication and power supply (a).....	14
2.7 Requirements for the master (a).....	15
2.8 Data formats and telegrams (a).....	16
2.9 User data exchange (a)	16
2.10 Search for bus nodes (a)	17
2.11 Unit load or meter? (a, p).....	17
2.12 Readout frequency (a, p)	17
3 Planning and installation	19
3.1 Introduction.....	19
3.2 Device types (a, p).....	19
3.2.1 Introduction	19
3.2.2 Master.....	19
3.2.3 Slave.....	19
3.2.4 Converter	19
3.2.5 Gateway.....	20
3.2.6 Repeater	20
3.2.7 Splitter.....	20
3.2.8 Sniffer	20
3.2.9 Concentrator/Data logger/Data center.....	20
3.3 Electrical installation (b, a, p).....	21
3.4 Topology (a, p).....	23
3.4.1 Introduction	23
3.4.2 Point-to-point	23

3.4.3	Linear	23
3.4.4	Star	23
3.4.5	Combined	24
3.4.6	Ring.....	25
3.5	Wiring (a, p)	25
3.6	Common cable types (a, p)	25
3.7	Distribution (a, p)	26
3.8	Recommendations for action (a, p)	26
3.9	Gateways and media converters (a, p)	26
3.10	Typical installations (a, p)	27
3.10.1	M-Bus Master as readout device	27
3.10.2	PC as readout device	27
3.10.3	Integration into networks	27
3.10.4	Reading of large networks.....	28
4	Troubleshooting (a)	31
4.1	Introduction	31
4.2	Testing of the M-Bus network (a)	31
4.2.1	Introduction	31
4.2.2	Voltage measurement.....	31
4.2.3	Current measurement.....	32
4.2.4	Resistance measurement.....	32
4.2.5	Capacitance measurement.....	33
4.2.6	Evaluation	33
4.3	Fault analysis and localisation in the M-Bus network (a)	34
4.3.1	Introdction	34
4.3.2	Voltage at master too low	34
4.3.3	Voltage at slave too low.....	34
4.3.4	Resistance on the M-Bus is too low	35
4.3.5	Current through M-Bus is too high.....	35
4.3.6	Capacitance in M-Bus too high.....	35
4.3.7	Special case of dynamic errors	35
4.3.8	Other installation errors	36
4.4	Testing of communication (a)	36
4.4.1	Introduction	36
4.4.2	Addresses not unique	37
4.4.3	Secondary addressing not possible.....	37
4.4.4	Slaves do not always respond.....	37
4.4.5	Wrong baud rate is used	37

4.4.6	Error in telegram header.....	38
4.4.7	Use of other protocols.....	38
4.5	Malfunctions on the M-Bus (a).....	38

Deutsche Ausgabe	39
1 Vorwort	39
2 Der M Bus - ein Überblick	40
2.1 Einleitung (b, a, p).....	40
2.2 Die Norm EN 13757 (b, a, p)	40
2.3 Die Norm EN 13757-2 (b, a, p).....	41
2.4 Das Prinzip der verdrahteten M-Bus-Kommunikation (b, a, p).....	41
2.5 Installation und Topologie (b, a, p)	42
2.6 Kommunikation und Spannungsversorgung (a)	42
2.7 Anforderungen an den Master (a)	43
2.8 Datenformate und Telegramme (a)	43
2.9 Nutzdatenaustausch (a)	44
2.10 Suche nach Busteilnehmern (a)	45
2.11 Standardlast oder Zähler? (a, p).....	45
2.12 Auslesehäufigkeit (a, p)	45
3 Planung und Installation	47
3.1 Einführung	47
3.2 Gerätetypen (a, p).....	47
3.2.1 Einführung	47
3.2.2 Master	47
3.2.3 Slave	47
3.2.4 Konverter	47
3.2.5 Gateway.....	48
3.2.6 Repeater	48
3.2.7 Splitter.....	48
3.2.8 Sniffer	48
3.2.9 Konzentrator/Datenlogger/Datenzentrale	49
3.3 Elektroinstallation (b, a, p)	49
3.4 Topologie (a, p).....	51
3.4.1 Einführung	51
3.4.2 Punkt-zu-Punkt	51
3.4.3 Linear	51
3.4.4 Sternförmig	51
3.4.5 Kombiniert.....	52
3.4.6 Ring.....	53
3.5 Leitungsführung (a, p)	53
3.6 Übliche Kabeltypen (a, p)	53
3.7 Verteilung (a, p)	54

3.8	Handlungsempfehlungen (a, p)	54
3.9	Gateways und Medienwandler (a, p).....	54
3.10	Typische Installationen (a, p).....	55
3.10.1	M-Bus Master als Auslesegerät.....	55
3.10.2	PC als Auslesegerät	55
3.10.3	Integration in Netzwerke.....	55
3.10.4	Auslesung großer Netze.....	56
4	Fehlersuche (a)	59
4.1	Einführung	59
4.2	Prüfung des M-Bus-Netzes (a).....	59
4.2.1	Einführung	59
4.2.2	Spannungsmessung	59
4.2.3	Strommessung.....	59
4.2.4	Widerstandsmessung	60
4.2.5	Kapazitätssmessung	60
4.2.6	Auswertung	61
4.3	Fehleranalyse und -lokalisierung im M-Bus-Netz (a)	61
4.3.1	Einführung	61
4.3.2	Spannung am Master zu gering	61
4.3.3	Spannung am Slave zu gering	62
4.3.4	Widerstand im M-Bus ist zu gering.....	62
4.3.5	Strom durch M-Bus ist zu hoch	63
4.3.6	Kapazität im M-Bus zu hoch.....	63
4.3.7	Sonderfall dynamische Fehler	63
4.3.8	Sonstige Installationsfehler.....	63
4.4	Prüfung der Kommunikation (a).....	64
4.4.1	Einführung	64
4.4.2	Adressen nicht eindeutig	64
4.4.3	Sekundäradressierung nicht möglich	65
4.4.4	Slaves antworten sporadisch nicht	65
4.4.5	Falsche Baudrate wird genutzt	65
4.4.6	Fehler im Telegrammkopf.....	65
4.4.7	Nutzung anderer Protokolle	65
4.5	Störungen auf dem M-Bus (a)	66

Tables | Tabellen

Table 1 – Three versions of this installation guide	12
Table 2 – Cable type 0,5 mm ² (37 Ω/km, 100 nF/km)	21
Table 3 – Cable type 1,5 mm ² (13 Ω/120 nF)	22
Table 4 – Expected values for a functioning M-Bus	33
Tabelle 1 – Drei Versionen dieses Installationshandbuchs	40
Tabelle 2 – Kabeltyp 0,5 mm ² (37 Ω/km, 100 nF/km)	49
Tabelle 3 – Kabeltyp 1,5 mm ² (13 Ω/120 nF)	50
Tabelle 4 – Erwartungswerte für funktionierenden M-Bus.....	61

Figures | Abbildungen

Figure 1 - M-Bus official logo	12
Figure 2 - Bit representation on M-Bus, using a master with 36 V mark voltage as example	15
Figure 3 - Comparison of primary and secondary addressing using an example	16
Figure 4 - Point-to-point connection.....	23
Figure 5 - Linear bus topology	23
Figure 6 – Star topology	24
Figure 7 - Combined bus topology.....	24
Figure 8 - Readout by means of M-Bus master	27
Figure 9 - Readout by means of level converter	27
Figure 10 - Client/push operation	28
Figure 11 - Server/pull operation	28
Figure 12 - Peer/Push-pull operation	28
Figure 13 - Use of repeaters for many meters	29
Figure 14 - Use of gateways in distributed systems	30
Figure 15 - Voltage measurement on the M-Bus	31
Figure 16 - Current measurement on the M-Bus.....	32
Figure 17 - Resistance measurement on the M-Bus.....	32
Figure 18 - Capacitance measurement on the M-Bus.....	33
Figure 19 - 2nd resistance measurement with short circuit on critical path	34
Figure 20 - Recording of communication (red = transmit, yellow = receive) using an oscilloscope.....	36

Abbildung 1 - Offizielles M-Bus-Logo.....	40
Abbildung 2 - Bitdarstellung beim M-Bus am Beispiel eines Masters mit 36 V Mark-Spannung	43
Abbildung 3 - Vergleich von Primär- und Sekundäradressierung am Beispiel.....	44
Abbildung 4 - Punkt-zu-Punkt-Verbindung.....	51
Abbildung 5 - Lineare Bus-Topologie.....	51
Abbildung 6 - Sternförmige Bus-Topologie	52
Abbildung 7 - Kombinierte Bus-Topologie.....	52
Abbildung 8 – Auslesung mittels M-Bus Master.....	55
Abbildung 9 - Auslesung mittels Pegelwandler	55
Abbildung 10 – Client/Push-Operation.....	56
Abbildung 11 – Server/Pull-Operation	56
Abbildung 12 – Peer/Push-Pull-Operation	56
Abbildung 13 - Einsatz von Repeatern für viele Zähler	57
Abbildung 14 - Einsatz von Gateways in verteilten Anlagen	58
Abbildung 15 - Spannungsmessung am M-Bus.....	59
Abbildung 16 - Strommessung im M-Bus.....	60
Abbildung 17 - Widerstandsmessung am M-Bus	60
Abbildung 18 - Kapazitätsmessung am M-Bus	60
Abbildung 19 – 2. Widerstandsmessung mit Kurzschluss im kritischen Pfad	62
Abbildung 20 - Aufzeichnung der Kommunikation (rot = senden, gelb = empfangen) mittels Oszilloskops	64

English Version

1 Foreword

This technical report has been prepared by the OMS working group AG4 and is intended to be a design and installation guide document for installers and planners of wired M-Bus system solutions.

2 The wired M-Bus solution - an overview

2.1 Introduction (b, a, p)

M-Bus is a bus system, which is especially suited for the reading of consumption meters.

An M-Bus system consists of an M-Bus master and a number of meters with M-Bus interface.

A network can include different device types and manufacturers.

The wired M-Bus ("Meter-Bus") was developed in the 1980's for reading and collecting consumption data from consumption meters. The physical and link layer parameters for wired communication over twisted pairs was originally specified in EN 1434-3:1997 ("M-Bus") for heat meters. Today, the wired M-Bus is standardized in EN 13757. This standard is a compatible and interoperable extension of a part of EN 1434-3:2008 and includes also other measured media (e.g. water, gas, thermal energy, heat cost allocators) Today, wired M-Bus can be found in all types of consumption meters and it is established as an independent standard coming with an official logo.



Figure 1 - M-Bus official logo

This installation guide addresses various focus groups (see Table 1).

Table 1 – Three versions of this installation guide

Chapter	Basic installation guide (b)	Advanced guide (a)	Planners guide (p)
2.1 to 2.4	X	X	X
2.5 to 2.9		X	
2.10, 2.11		X	X
3.1		X	X
3.2	X	X	X
3.3		X	X
3.4 to 3.9		X	X
4		X	

2.2 The EN 13757 family (b, a, p)

The wired M-Bus is an integrated part of a standard family – the EN 13757 family.

This standard family is maintained by a Technical Committee (TC 294) in CEN.

[CEN Technical Bodies - CEN/TC 294 \(cencenelec.eu\)](http://cencenelec.eu)

The scope for CEN/TC 294 is:

Standardization of communications interfaces for metering and submetering systems for Water, Fuel Gases, Heat and similar energies and fluids where the protocols are applied to the meters, sensors and actuators and systems used to provide metering services. Security features like Confidentiality, Authenticity and Integrity are provided at the application and lower layers. Cooperation with CENELEC and ETSI, with regard to a consistent protocol and use of spectrum, is an essential condition for achieving interoperability between different parts of a system. Excluded from this scope are areas, which are under the responsibility of CLC/TC 205 and CEN/TC 247.

The year 2021 version of the EN 13757 family "Communication systems for meters" consists of 7 parts and a technical report TR 17167.

- Communication systems for meters — Part 1: Data exchange
- Communication systems for meters — Part 2: Wired M-Bus communication
- Communication systems for meters — Part 3: Application protocols
- Communication systems for meters — Part 4: Wireless meter readout
- Communication systems for meters — Part 5: Wireless M-Bus relaying
- Communication systems for meters — Part 6: Local Bus
- Communication systems for meters — Part 7: Transport and security services

- Communication systems for meters — Accompanying TR to EN 13757-2, -3 and -7, Examples and supplementary information

2.3 The EN 13757-2 (b, a, p)

The EN 13757-2 is maintained by TC 294/WG4 (Working Group 4)

[CEN Technical Bodies - CEN/TC 294/WG 4 \(cencenelec.eu\)](http://cencenelec.eu)

The scope for CEN/TC 294/WG4 is:

Prepare, maintain and evolve standards for the lower layers for bidirectional wired data exchange and for the upper layers for uni- and bidirectional data exchange of metering systems, taking into account:

- the scope of CEN/TC 294;
- the nominal service life of the devices in the market.

Maintain EN 1434-3 of the EN 1434 series hosted at CEN/TC 176.

2.4 The principle of wired M-Bus communication (b, a, p)

The M-Bus operates according to the single master/multiple slaves principle and thus has a central device (M-Bus master, M-Bus repeaters), which communicates with M-Bus slaves. Up to 250 M-Bus slaves (using primary addresses) can be connected to a single M-Bus master.

The M-Bus slaves have a primary and a secondary address. It is also possible to have an enhanced secondary address.

- Primary address (000-250)
- Secondary address (M-Bus ID no. 00000000-99999999/manufacturer, device type, version)
- Enhanced secondary address (M-Bus ID no. 00000000-99999999/manufacturer, device type, version/M-Bus fabrication no. 00000000-99999999)

Communication on the M-Bus is always initiated by the M-Bus master. If it sends a request or a command over the M-Bus, it is received by all M-Bus slaves. Based on the transmitted address, an M-

Bus slave is addressed, which then processes the request and, if necessary, responds to it. In addition, the M-Bus can communicate via broadcast whereby all slaves connected to the master get the same command (e.g. a normalisation command).

For large M-Bus networks, it is recommended to use the secondary/enhanced secondary address unique for each meter. The communication takes a little longer, but in this way one can theoretically address up to 100 million meters directly without any initial effort for parameterisation. This is an advantage especially for new and large M-Bus installations.

Primary addressing is suitable for smaller systems and higher read-out rates. In addition, this can be parameterized at the meters in most cases. The installer can therefore replace two identical meters, e.g. for maintenance purposes, without having to adjust the readout infrastructure. Only the primary addresses have to match.

2.5 Installation and topology (b, a, p)

Especially during installation, the wired M-Bus shows its advantages. A simple two-wire cable is sufficient for the connection, whereby the topology (tree, star, bus) of the network can be freely selected. In addition, the two-wire connection is polarity-independent.

It should be noted that the shielding is connected only to the M-Bus Master ground potential, but is open at the slave side to avoid ground loops.

The maximum expansion of the M-Bus depends on the wire cross-section, baud rate and number of devices on the bus.

It is highly recommended to always use twisted pair type cable.

2.6 Communication and power supply (a)

The greatest advantage of the M-Bus is the direct supply to the bus nodes with power.

The M-Bus uses voltage and current modulation for communication,. The master sends the outgoing data by modulating the voltage on the bus between the mark voltage (logical 1) of 24 to 42 V and the space voltage (logical 0), which is about 12 V below the mark voltage. Some common masters switch between 36 V (mark) and 24 V (space), for example. Both states ensure the continuous supply of the slaves. These detect the voltage levels and can thus receive the data. The slaves, on the other hand, respond by current modulation with a level of maximum 1,5 mA for a logical 1 and a level increase of 11 to 20 mA for a logical 0. In the idle state, both master and slave output a logical 1 to the bus – that is why 36 V is present at the master in the example above– and each slave consumes a maximum current of 1,5 mA.

A slave with one so-called unit load (UL) may consume max. 1,5 mA current. The M-Bus standard allows the use of up to 4 standard loads (max. 6,0 mA) for one slave. OMS-S2, Annex P, P.2.1.5 states that the number of unit loads (UL) shall be listed in the data sheet, and the number shall be printed on the device.

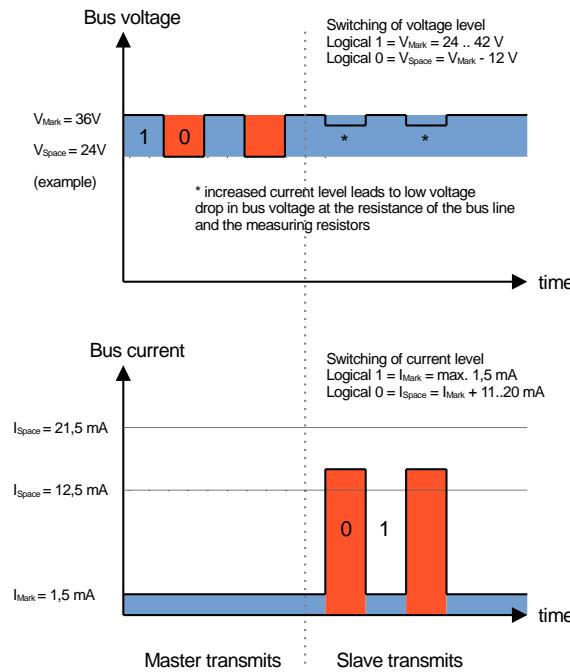


Figure 2 - Bit representation on M-Bus, using a master with 36 V mark voltage as example

The transmission rates 300, 2400, 9600, 19200 and 38400 baud are allowed for M-Bus, whereby 2400 baud is mostly used. According to EN13757 a transmission rate of 300 baud is mandatory for all M-Bus slaves and automatic baud rate detection is highly recommended. However, according to [OMS-S2], Annex P, P.2.2.1, 300 and 2400 baud are mandatory and automatic baud rate detection is also mandatory.

2.7 Requirements for the master (a)

An essential feature for the master is that it must guarantee the supply of the slaves. With 36 V bus voltage and 250 possible slaves, this results in a power of over 13 W even in the idle state. In addition, the master provides, for example, both 24 V and 36 V bus voltage, between which it must switch within significantly less than 100 μs to ensure stable communication.

It is not sufficient to measure only the current for the receiving logic. Starting at about seven nodes, it is no longer possible to clearly allocate the absolute value. 20 slaves, for example, can draw 25 mA in the idle state (logic 1), but this also corresponds to five slaves, one of which is currently transmitting a logic 0. This requires complex current detection and especially the detection of the quiescent current.

Current modulations above 50 mA must be detected as collisions. This occurs when several slaves respond simultaneously. Overlapping and falsification of the response data would be the result. The receive logic therefore requires three adaptive current thresholds: Collision, logic 0 and logic 1 (quiescent current).

2.8 Data formats and telegrams (a)

Datagrams specified in EN 13757-2 are used for communication.

The simplest telegram is the *Single Character*, which is used with M-Bus for acknowledgement. Further telegrams are the *Short Frame* with 3 bytes of user data, the *Long Frame* with up to 252 bytes of user data and the *Control Frame* without user data.

The communication on M-Bus is always initiated by the master. Two types of transmission services are used. One is the send-confirmed principle and the other is the request-response principle.

The shortest communication can be found in the telegram *SND_NKE* for initializing the slaves. The master sends it as a short frame and receives a single character as confirmation.

It receives the same response after sending the long frame telegram *SND_UD*, to send user data to the slaves. This can be used, for example, to change the date or to set parameters.

To read out the data (e.g. meter reading) from the slaves, the master sends a short frame telegram (*REQ_UD1* or *REQ_UD2*). The slave responds to both requests with a long frame telegram *RSP_UD*, which contains the requested data.

Status data is queried by the master sending the telegram *REQ_SKE* as a short frame and receiving the response *RSP_SKE* as a short or long frame.

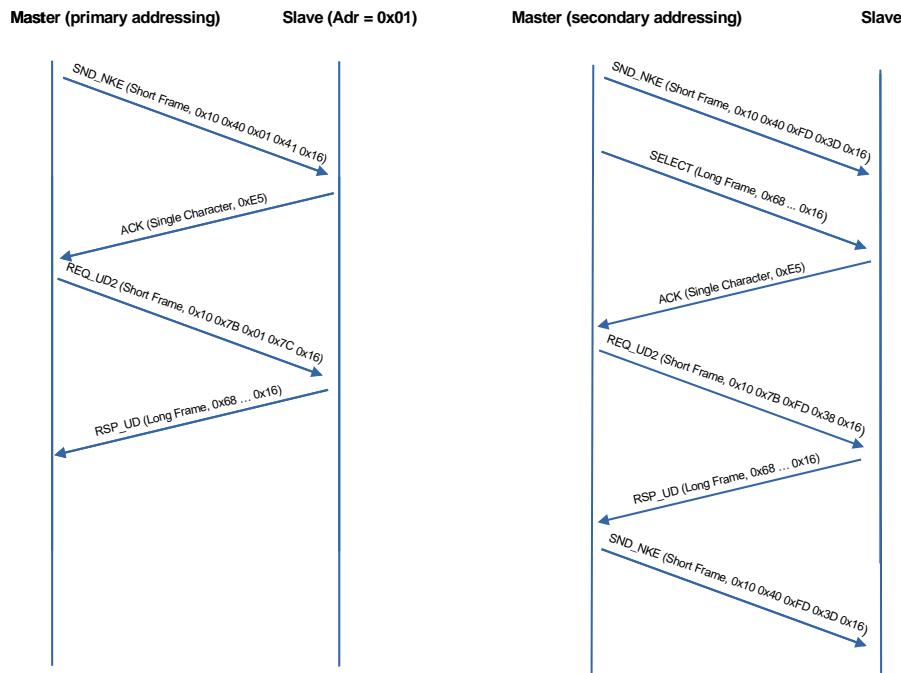


Figure 3 - Comparison of primary and secondary addressing using an example

2.9 User data exchange (a)

The long frame telegram is used for the transmission of user data. The CI field as part of this frame specifies the type of data contained and its arrangement.

According to the CI field for the long header, the header of the telegram contains, among others, the meter manufacturer, the serial number, the type of meter (device type/medium) and version. This data forms the basis for the logical assignment of meter readings to a physical meter in a database.

The header is followed by the meter data (with corresponding CI field) in the so-called variable data format (*Variable Data Response*). This format is very powerful. Using DIF and VIF fields (*Data Information Field* and *Value Information Field*) and additional extensions, values and units can be decoded from these combinations. The interpretation requires higher effort to implement the software for the master.

2.10 Search for bus nodes (a)

During commissioning, it is important that the connected devices can be detected and allocated by the master. The primary search and the secondary search can be used for this purpose.

A master usually uses the short frame telegram REQ_UD for the primary search. By incrementing the address in the address field, the 250 possible addresses can be addressed or searched. The existing and addressed meters respond accordingly and are thus found.

In most cases, the primary addresses of the slaves are neither configured nor clearly allocated after installation. Therefore, the secondary search is very useful for initial commissioning. The method is called *Wildcard Search*; it uses wildcards to search all possible secondary addresses. This is an iterative process that searches specific address ranges as a whole and, when one or more slaves are detected (within that range), refines the search accordingly. The address range is logically understood as a tree structure and searched node by node. This process can take less than 10 minutes for small networks or up to hours for large networks, depending on the bus structure and the secondary addresses occurring.

2.11 Unit load or meter? (a, p)

The EN 13757 specifies a standard load (UL, unit load) of 1,5 mA. This is the current consumption that a meter should not exceed in the idle state. Many meters are using 1 UL. High-quality measuring systems or sensor couplers may require more energy from the M-Bus and therefore have a higher current consumption.

This idle current consumption of meters is often specified as a multiple of the unit load. While meters with 2 UL are still frequently found, there are also exotic sensor couplers which consume up to 16 UL. However, the M-Bus standard only allows a maximum of 4 unit loads.

This must be taken into account in particular when selecting master devices and cables for an installation. OMS-S2, Annex P, P.2.1.5 states that the number of unit loads (UL) shall be listed in the data sheet, and the number shall be printed on the device.

2.12 Readout frequency (a, p)

Since all M-Bus communication is initiated by the master, only the master determines how frequently data is read out. The frequency thus results from the requirements of the system doing the further processing.

Typical examples:

- Electricity meter for billing/load profile: quarter-hourly
- Water meter and thermal energy meter for billing purposes: daily
- Thermal energy meter for heating control: minute by minute
- Sensors for room monitoring: every minute

However, there are exceptions and limitations here.

Some meters, especially thermal energy meters, do not take advantage of being supplied completely from the M-Bus or at least having the communication part supplied from the M-Bus. These meters limit the number of M-Bus readouts since the meter temporarily stops M-Bus communication to prolong

battery life time. This can lead to difficulties when troubleshooting (see also [OMS-S2], Annex P, P.2.1.9).

3 Planning and installation

3.1 Introduction

The planning and installation of M-Bus networks requires the consideration of many points, which are described in this guide. Despite, or perhaps because of the simplicity of the M-Bus, misunderstandings and errors often occur. In the following some aspects are described and recommendations are given.

3.2 Device types (a, p)

3.2.1 Introduction

An M-Bus network can connect different devices. For a consistent use of terminology, it is important to know the different terms and to distinguish them from each other. Misunderstandings can thus be avoided. A list can be found below.

3.2.2 Master

The master on the M-Bus controls the communication process and is also responsible for the operation of the M-Bus, i.e. the power supply. There must be exactly one master in each M-Bus section. Examples of masters include:

- Level converter
- Gateway
- Data concentrator

3.2.3 Slave

The slave in the M-Bus is a communication partner of the master that answers the master's requests. As a rule, a slave is providing measured data. Examples include:

- Consumption meter
- Pulse-M-Bus adaptor
- Analog-M-Bus adaptor

3.2.4 Converter

Converters have in common that M-Bus requests/responses are exchanged between master and slave without modification of the data content and, apart from an optional power supply, do not actively influence the communication.

A converter describes both level converters on layer 1 and 2 of the ISO/OSI layer model (i.e. voltage, current and timing) as well as protocol converters on layer 2 and higher of the ISO/OSI layer model (i.e. transparent forwarding of M-Bus requests or responses via third data access layers with subsequent conversion to M-Bus).

Examples of converters are:

- Level converters: TTL/RS232/RS485 to M-Bus
- Protocol converters: M-Bus via Ethernet/USB tunnel

PCs or microcontrollers can be expanded by an M-Bus interface by means of a converter (Virtual COM Port) and connected to an M-Bus. Converters are available both master-side and slave-side, although in typical usage master-side converters are meant.

3.2.5 Gateway

Gateway refers to a converter on higher layers in the ISO/OSI layer model (e.g. layer 4 for TCP). Here, the gateway first processes the M-Bus raw data by reordering, packaging, or (partial) interpretation or modification, and then transmits it to the remote station. Examples of gateways are:

- Modbus TCP gateway
- Modbus UDP gateway

Gateways are pure communication nodes that do not provide their own data on the M-Bus. As a rule, gateways are master devices.

3.2.6 Repeater

In general terms, a repeater is a signal amplifier that re-conditions the communication signals for transmission over a longer section. Extensive M-Bus networks with a large number of nodes can be connected in this way.

For this purpose, the repeaters act on the one hand as slaves in the external network and on the other hand as masters in the sub-network to be connected. The repeater thus provides the bus voltage and the required unit loads in its sub-network. Furthermore, a repeater retains a defined number of standard loads for itself. This relieves the actual master. The repeater forwards the communication data unchanged to the respective opposite network. In addition, some repeaters can also operate several M-Bus sections in parallel as a master.

A repeater does not provide its own data on the M-Bus, as it is designed purely as a communication node.

3.2.7 Splitter

A splitter is generally used for splitting and distribution. This results in two constellations with the M-Bus:

- Several masters on the same M-Bus network
- Several independent M-Bus networks on one master or several parts of an M-Bus network are operated individually (reduction of unit loads)

Splitters can be used electronically or realised via simple switching elements (e.g. relays). It should be noted in any case that the M-Bus must be supplied with voltage for a minimum time after the switchover (due to the associated voltage drop) so that all slaves are correctly initialized again and can respond to incoming requests.

A splitter does not provide its own data on the M-Bus.

3.2.8 Sniffer

Sniffers are generally passive nodes in a communication network. They are used to monitor communication in order to analyze it more detailed with regard to e.g. troubleshooting.

A sniffer can also be used for a parallel data readout of M-Bus systems. This is advantageous for extending existing installations or the connection to a changed infrastructure.

A sniffer does not provide its own data on the M-Bus, as it is designed as a passive communication node.

3.2.9 Concentrator/Data logger/Data center

A concentrator is generally a data collector. In contrast to the gateway, the concentrator stores the data, essentially in order to visualise it later or forward it via remote access (WAN). A typical example is the Smart Meter Gateway (SMGW).

Concentrators do not provide their own data on the M-Bus.

3.3 Electrical installation (b, a, p)

Before mounting and connecting the consumption meters, the installer or his customer must ensure that the existing M-Bus network is installed and functions in accordance with the specifications of the manufacturer of the M-Bus master:

- The electrical installation must comply with the standard rules of engineering and be carried out professionally.
- Ideally, a cable of type J-Y(St)Y 2x2x0,8 mm (wire cross-section 0,5 mm², wire resistance 37 Ω/km, cable capacitance 100 nF/km) or a cable of type LiYCY 2x1,5 mm² (wire resistance 13 Ω/km, cable capacitance 120 nF/km) should be used as the transmission medium.
- The necessary wire resistance as well as the cable capacitance must be taken into account when designing the network.
- As network topology, star and tree structure are permitted. Closed ring topologies are not permitted.
- The shielding should be connected only to the M-Bus Master ground, but should be left open at the slave side.
- Terminating resistors must not be installed in the network.
- Power connections or power supply units should be available for each required M-Bus master, gateway, level converter or repeater.
- Cable lengths and number of meters can correspond to the following table (guide values), but must follow the specifications of the supplier of the M-Bus master:

Table 2 – Cable type 0,5 mm² (37 Ω/km, 100 nF/km)

Baud rate/Number of meters	10	50	150	250
300 baud	10000 m	2000 m	700 m	400 m
2400 baud	4000 m	2000 m	700 m	400 m
9600 baud	1000 m	1000 m	700 m	400 m

Possible cable lengths with all meters placed at the end of the cable network.

Baud rate/Number of meters	10	50	150	250
300 baud	10000 m	3500 m	1200 m	700 m
2400 baud	4000 m	3500 m	1200 m	700 m
9600 baud	1000 m	1000 m	1000 m	700 m

Possible cable lengths with meters equally distributed in the cable network.

Table 3 – Cable type 1,5 mm² (13 Ω/120 nF)

Baud rate/Number of meters	10	50	150	250
300 baud	10000 m	8000 m	2800 m	1600 m
2400 baud	4000 m	4000 m	2800 m	1600 m
9600 baud	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m

Possible cable lengths with all meters placed at the end of the cable network.

Baud rate/Number of meters	10	50	150	250
300 baud	10000 m	10000 m	4800 m	2800 m
2400 baud	4000 m	4000 m	4000 m	2800 m
9600 baud	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m

Possible cable lengths with meters equally distributed in the cable network.

Considering cable lengths, there are two aspects to be considered, the resistive length and the capacitive length.

The resistive length is the maximum distance occurring between master and slave. This is caused by the resistance of the bus wiring and must therefore also be considered when selecting the cross-section.

The capacitive length is the total length of all M-Bus lines added together. This is caused by the capacitance of all installed cables.

3.4 Topology (a, p)

3.4.1 Introduction

Topology refers to the spatial arrangement of the connection lines between the slaves and the master, i.e. the readout device. The M-Bus allows the following topologies:

3.4.2 Point-to-point

In a point-to-point connection, exactly one end device (slave) is connected to exactly one readout device (master). Such topologies are usually found with pulse interfaces or RS-232 interfaces.

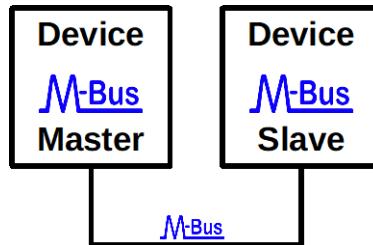


Figure 4 - Point-to-point connection

This is used in an M-Bus system only if one meter is connected or if very large distances have to be covered. This application does not use the advantages of a bus system.

3.4.3 Linear

Linear bus structures are usually easy to implement. The cabling effort and material usage is low. However, the installation is increasingly error-prone with each additional connection. A disadvantage is the commissioning and expansion of such systems and also the distance between the master and the outermost slave (resistive length).

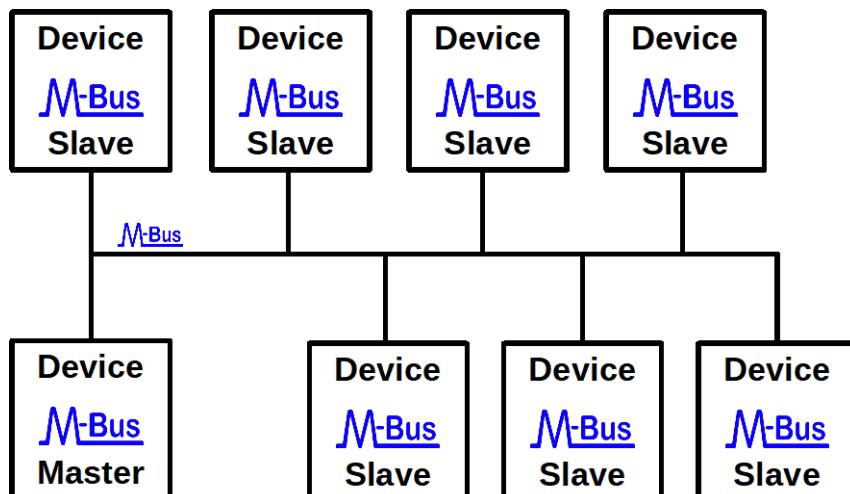


Figure 5 - Linear bus topology

3.4.4 Star

Star connections are common and in principle the best bus topology. Here, a single device can be removed or installed at any time without any major changes to the bus. Commissioning and troubleshooting are also easier. The disadvantage is the extensive installation and the resulting cable length of the entire bus (capacitive length).

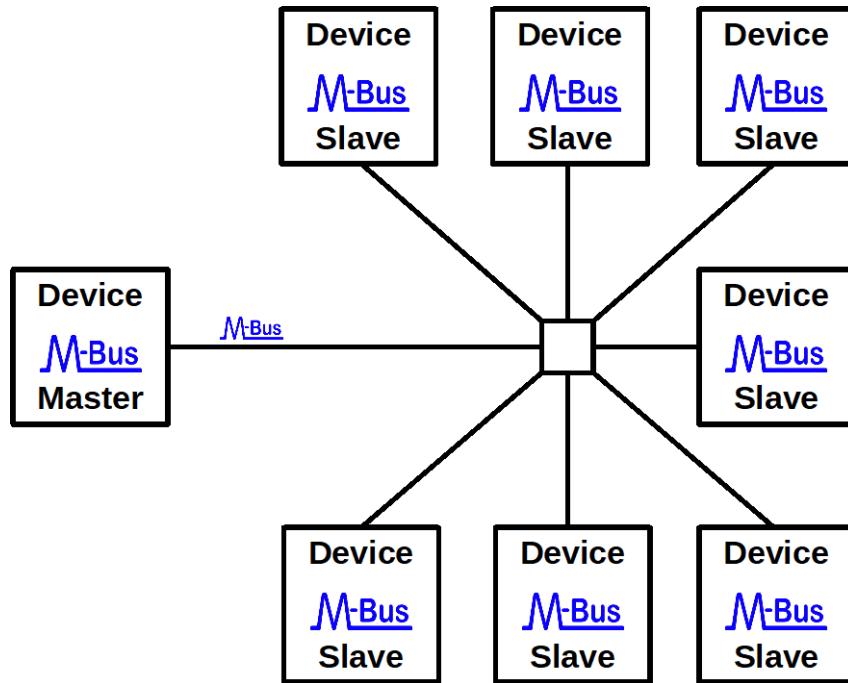


Figure 6 – Star topology

3.4.5 Combined

The combination of star and linear connections allows optimal use of the advantages and disadvantages of each type. This structure is therefore most often seen in practice. The implementation should generally be a good compromise between installation, commissioning and maintenance effort. The resistive and capacitive length of the M-Bus should be considered carefully.

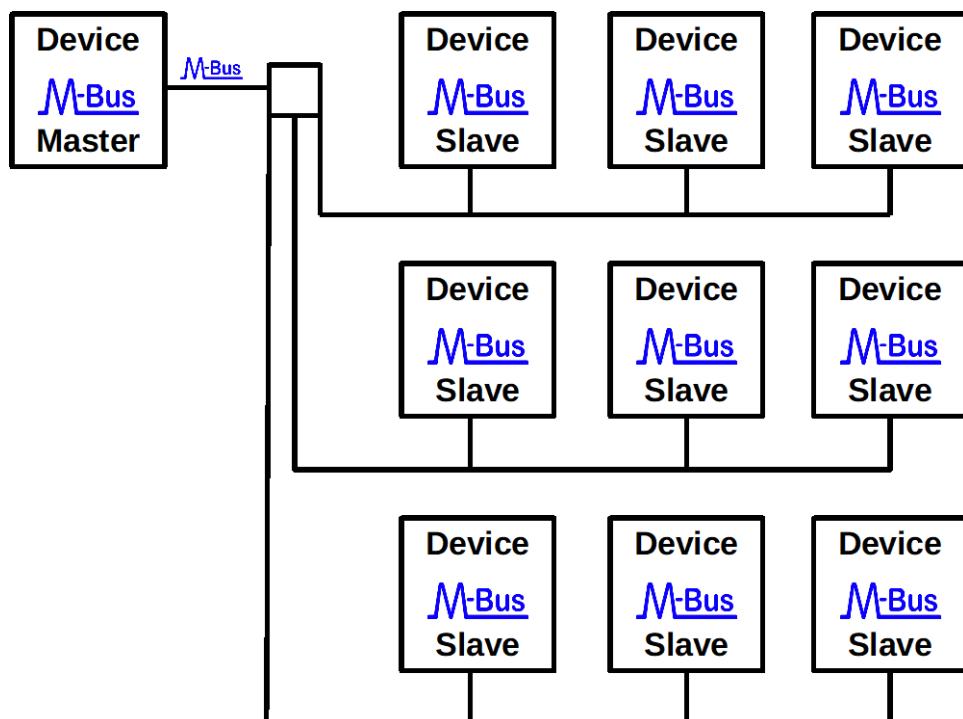


Figure 7 - Combined bus topology

3.4.6 Ring

There are some special bus systems using ring structures. This cannot be used for the M-Bus, however. A ring structure does not take advantage of the reverse polarity protection, since the bus line returns to the master device and enables the possibility for short circuits. Please do never use a ring topology in M-Bus systems.

3.5 Wiring (a, p)

In order to ensure a high level of transmission reliability, wiring should be given high priority in bus systems. The M-Bus is very robust against interferences, due to the high levels and data protection in the protocol. Signal interferences can still lead to longer readout times, interruptions and data loss.

To minimize interferences the following basic rules should be considered:

- All cable connections should be as short as possible.
- All data cables should be routed as far away as possible from power cables and critical loads such as motors, transformers, switchgear, and radio equipment.
- The cable should be used solely for the M-Bus.
- It is preferable to use cables with stranded wires.
- Shielded cables are preferred, but the shielding should only be connected at the master side. The shielding should be connected through extensions/junctions. Cable shielding increases the capacitance of the line, however.
- There should be no ground coupling via the M-Bus. The bus may be operated with a maximum of one ground coupling (preferably master). The compensating currents which occur otherwise via the bus system interfere with data transmission or can lead to the destruction of individual devices.
- With the recommended cable J-Y(St)Y 2x2x0,8 mm, two wires remain for free use. In special cases with a high voltage drop between the master and the slaves it is recommended to connect these two wires in parallel with the first two wires, and thus reduce the line resistance of the cable connection.

3.6 Common cable types (a, p)

Standard lines such as those used in communications technology can be used for the cabling. The following cables are suggested:

- Type J-Y(St)Y 2x2x0,6 mm: This cable is suitable for small installations and as a spur line from distribution or junction boxes to a meter.
- Type J-Y(St)Y 2x2x0,8 mm: This cable is suitable for medium to large installations and for main lines between the master and the distribution or junction boxes.

Technical data can be found in [OMS-S2], Annex P, P.3.1.1.1.

3.7 Distribution (a, p)

The quality of the wire connections is essential for the quality of an M-Bus system. The following recommendations should be considered for ensuring a secure connection, even after prolonged operation:

- Spring clamp terminals should always be preferred to screw terminals.
- Stranded wires are only to be used with ferrules.
- Screw terminals must not be used without wire protection.
- A spring clamp terminal may only be used with one wire. For multiple wires, connecting terminals with a corresponding number of springs must be used.
- For all spring terminals, especially those with plug-in terminal connection, the cross-section of the terminal opening must be selected to match the wire diameter.

The distribution systems must be secured with seals in order to guarantee the requirements for billing relevant remote meter reading. This must be provided, if necessary.

3.8 Recommendations for action (a, p)

Certain solutions have been established in daily use:

- Multiple unused wire pairs in a cable can be used for a later expansion of the M-Bus network.
- Larger distances can be achieved by dividing the network into several or smaller sections (i.e. fewer devices per section).
- Star cabling close to the master simplifies subsequent troubleshooting and allows individual sections to be easily disconnected.

3.9 Gateways and media converters (a, p)

In larger distributed systems, but also in existing installations, the M-Bus is not completely installed in one piece. Due to expansion, galvanic coupling or structural conditions the M-Bus is split into parts. Individual sections are then sometimes logically connected to each other via LAN infrastructure such as Ethernet or fiber optics.

Gateways or media converters must be inserted in such systems.

The use of such devices increases the parametrisation effort, however, and implies a possible source of error. Such a configuration should be carefully planned and prepared. Here are some examples:

- The IP addresses must be configured correctly (for example: IP, subnet, gateway).
- The appropriate LAN standard must be supported by all devices (for example: Ethernet TCP, Multi-Mode-FO).
- Master and slaves must be distributed correctly in each M-Bus section.
- The communication sequence must match (e.g. Unicast, Broadcast, Point-To-Point).
- Both communication directions (sending and receiving) are covered.

3.10 Typical installations (a, p)

3.10.1 M-Bus Master as readout device

In this installation variant, a device communicates as an M-Bus master directly with the M-Bus slaves via an integrated M-Bus interface. The M-Bus protocol is processed in the respective devices for the M-Bus master and the M-Bus slave(s).

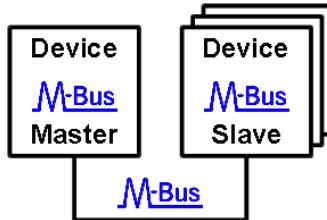


Figure 8 - Readout by means of M-Bus master

3.10.2 PC as readout device

In the following installation variant, the PC acts as M-Bus master and communicates with the M-Bus slaves via converter. The converter forwards the requests of the master transparently (i.e. without changing the data) to the respective slaves. The same applies to the corresponding responses of the slaves to the master. The M-Bus protocol is processed in the respective devices for the M-Bus master and the M-Bus slave(s).

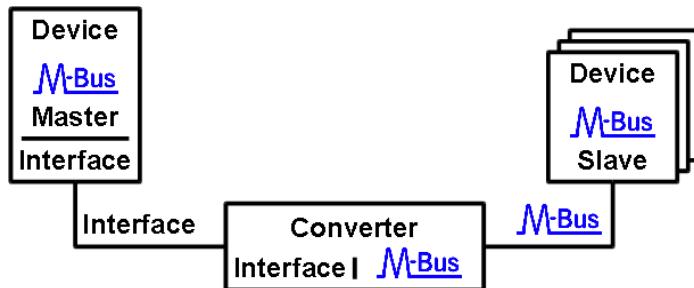


Figure 9 - Readout by means of level converter

3.10.3 Integration into networks

The stand-alone solutions described above can basically be integrated into a network in three different ways, but all solutions require an additional interface at the device that acts as M-Bus master. In this context, a device acting as an M-Bus master without intermediate storage of M-Bus data is referred to as a gateway, and with intermediate storage of M-Bus data, as a concentrator. This integration into a network can be done via an M-Bus interface with corresponding protocol stack or via customer-specific interfaces, protocols and data formats:

- Client/push operation: The device acting as M-Bus master independently (i.e. periodically or event-controlled) establishes connection(s) with previously configured system(s) and transmits the data requested (gateway) or collected (concentrator) via M-Bus, as for example when connecting to a database.

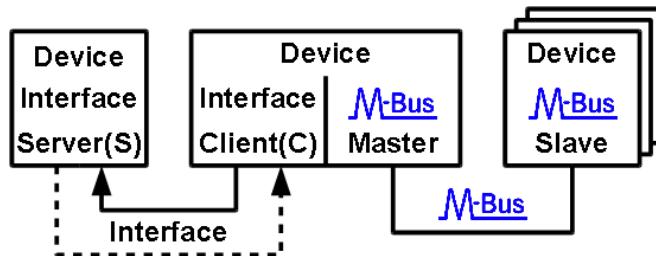


Figure 10 - Client/push operation

- Server/pull operation: The device acting as M-Bus master waits for incoming connection(s) in order to subsequently transmit the data requested (gateway) or collected (concentrator) via M-Bus, as for example with a connection via Modbus client.

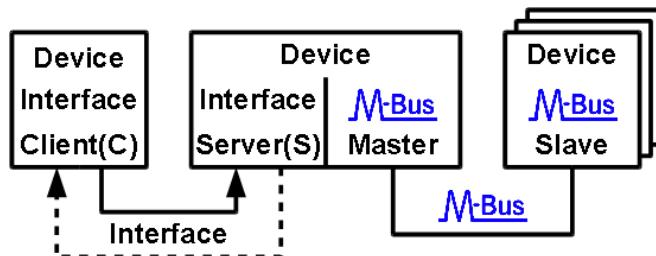


Figure 11 - Server/pull operation

- Peer/push-pull operation: Furthermore, a variety of scenarios are conceivable in which the role of the device acting as M-Bus master cannot be clearly defined, so that a mixture (peer) of the previously described roles can exist either temporarily or continuously.

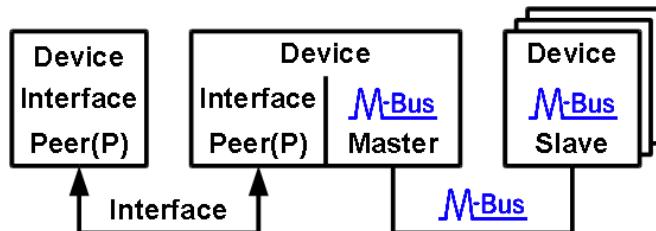


Figure 12 - Peer/Push-pull operation

3.10.4 Reading of large networks

Large networks have two potential challenges:

- Large expansion and the resulting line resistances or capacitances
- Large number of meters and the resulting high load on the master

The most obvious solution for this is the use of repeaters in order to be able to reach all M-Bus slaves in a common network by means of one M-Bus master.

Repeaters can be inserted into the M-Bus line for long distances. In this way, they amplify the signals in their respective sub-section. The applicability of this principle is only limited by signal propagation times.

Repeaters can also be used with a large number of meters. The high current demand of the meters can thus be distributed among several (individual) masters with their sub-sections. The only limit to be mentioned here is the addressability of the meters (primary address: 250/ID of the secondary address: 100,000,000). However, with each additional meter the readout cycle of all meters increases (300 baud → approx. 8 s per meter, 2400 baud → approx. 2 s per meter, 9600 baud → approx. 1 s per meter).

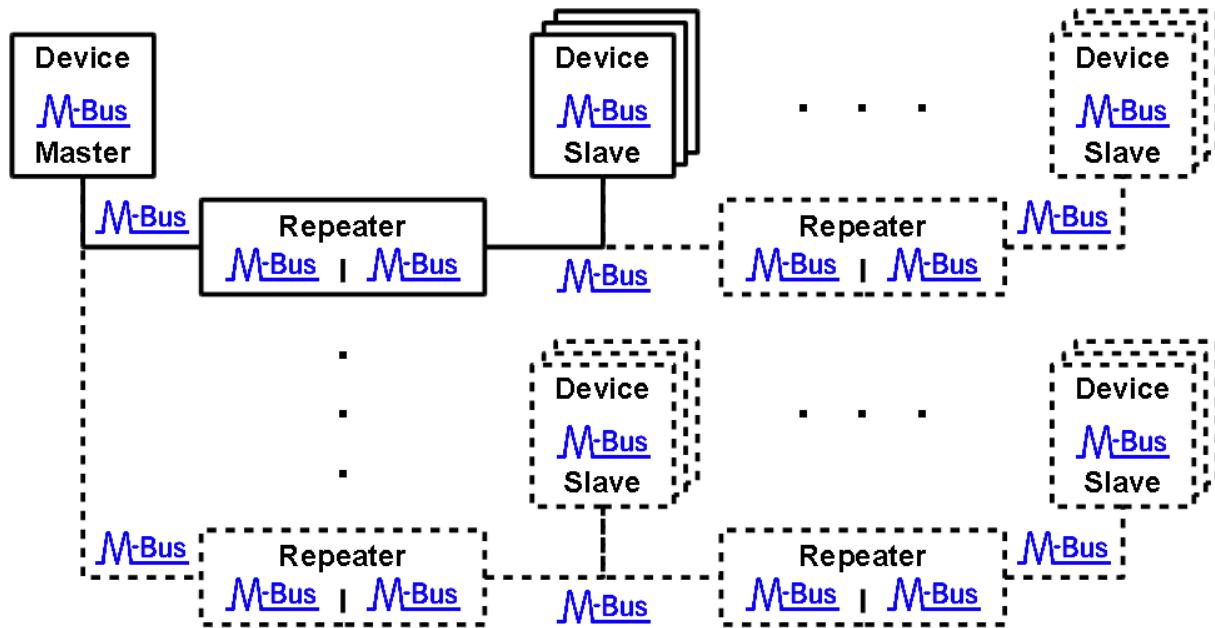


Figure 13 - Use of repeaters for many meters

Alternatively, large networks can be separated into several M-Bus sections, which do not necessarily need a physical or logical connection to each other, but can be aggregated via a common network, if necessary.

This approach requires the use of gateways or concentrators, as these act as physical M-Bus masters and can convert the data into an appropriate format, each for the connected medium (see section 3.9.3).

The logical difference between the variants is the location where the meter data is processed.

With Ethernet gateways, meter reading is the responsibility of the master computer. This makes the requests to each meter and must process the response. Then it must convert the response into a format for the further processing layers, since the Ethernet gateways only make the raw M-Bus data available to the master computer.

With Modbus TCP gateways the meter reading and conversion of the data is done directly by these gateways. The master computer then only accesses the values stored in the registers as a Modbus client. These correspond to a standardised format and can therefore be processed directly.

In both variants, the master computer must be able to address a corresponding number of gateways via individual virtual COM-ports, generic TCP or Modbus TCP connections.

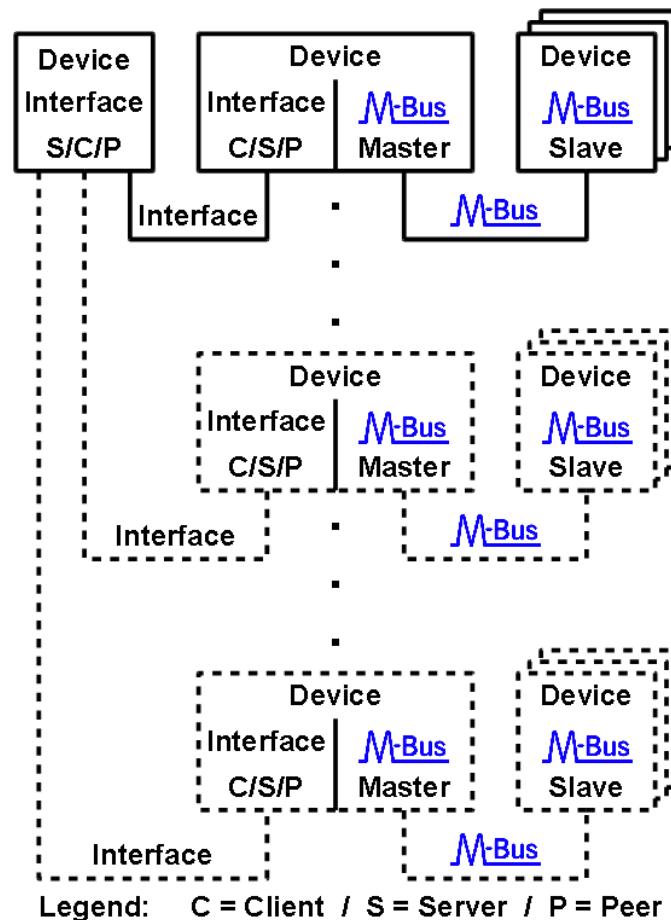


Figure 14 - Use of gateways in distributed systems

4 Troubleshooting (a)

4.1 Introduction

Problems occasionally occur in M-Bus systems. These are usually caused by faults in the infrastructure, defects in meters or incompatibilities. The following chapters show methods to detect, isolate and eliminate errors.

4.2 Testing of the M-Bus network (a)

4.2.1 Introduction

One source of error in M-Bus systems can be a non-functional M-Bus cable network. Cabling plans including topology with information on cable lengths and types (please observe the recommendation for cable types, see [OMS-S2], Annex P, P.3.1.1.1) as well as the installation locations of junction boxes should serve as a basis for the testing of the M-Bus network.

Simple defects can be detected and localised step by step with the help of a multimeter.

These measurements should be performed without any communication taking place on the M-Bus.

4.2.2 Voltage measurement

The voltage is measured between the two lines of the M-Bus by means of a multimeter while they are connected to the master.

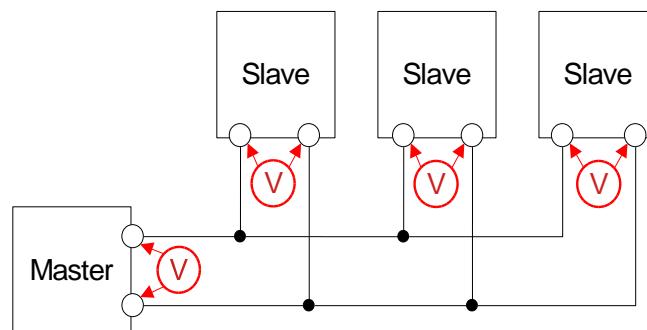


Figure 15 - Voltage measurement on the M-Bus

The multimeter must be set to a voltage range of at least 50 V DC.

4.2.3 Current measurement

The current measurement is carried out by means of a multimeter in alternation between both lines of the M-Bus directly at the master, while these are connected with one wire to the master and with the other wire to the multimeter.

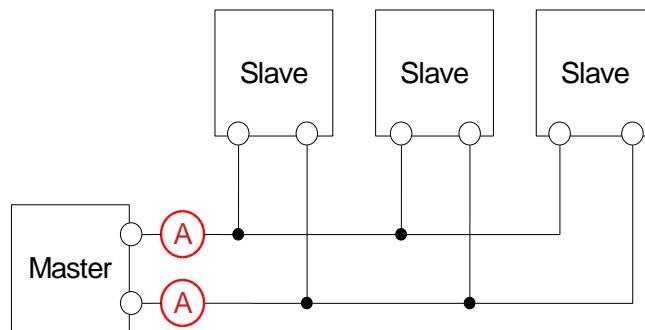


Figure 16 - Current measurement on the M-Bus

The multimeter must be set to a current range of at least 1 A DC.

4.2.4 Resistance measurement

The resistance measurement is carried out by means of a multimeter between the two lines of the M-Bus while the master is not connected.

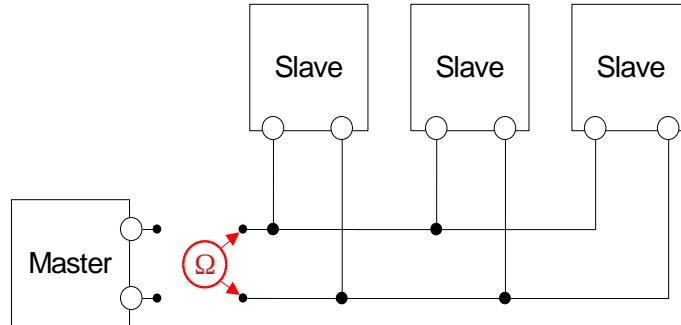


Figure 17 - Resistance measurement on the M-Bus

The multimeter must be set to a resistance range of at least 100 kΩ.

4.2.5 Capacitance measurement

The capacitance measurement is carried out by means of an appropriately equipped multimeter between the two lines of the M-Bus while the master is not connected.

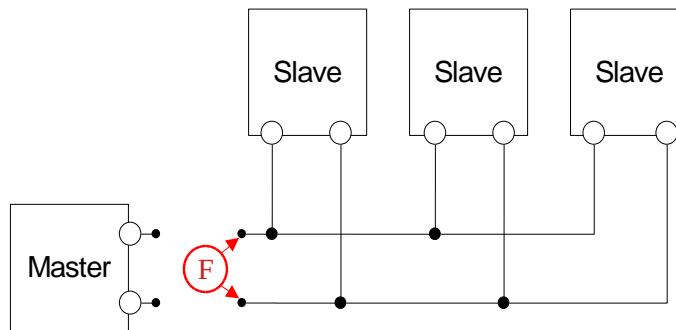


Figure 18 - Capacitance measurement on the M-Bus

Set the multimeter to a capacitance range not exceeding $1 \mu\text{F}$.

4.2.6 Evaluation

The following table gives the range of good values for intact M-Bus networks based on the previous measurements:

Table 4 – Expected values for a functioning M-Bus

Measurement	Valid range/setpoint
Voltage at the master ^a	Approx. 30...42 V DC
Voltage at the meter	≥ 24 V DC
Current in one of the M-Bus lines	\leq Number of connected slaves $\times 1,5$ mA ^b
Difference of the currents in both M-Bus lines	<1 mA
Resistance M-Bus ^c	$>>470 \Omega$
Resistance per both M-Bus lines to PE (protective earth)	$>20 \text{ M}\Omega$
Capacitance M-Bus	<1 μF

^a For the specific voltage values, consult the specification/data sheet of the master.
^b Assuming that every slave consumes 1 UL (=1,5 mA) (up to 4 UL are allowed per slave). Examples: 30 slaves = 45 mA, 250 slaves = 375 mA
^c This value is measured using a digital multi meter with a measuring voltage below 9 V.

4.3 Fault analysis and localisation in the M-Bus network (a)

4.3.1 Introcution

Based on these measurements, appropriate steps can be taken to locate faults.

4.3.2 Voltage at master too low

With a master connected to the M-Bus, the voltage between both M-Bus connections is too low. Proceed as follows:

- Disconnect the M-Bus from the master and measure again. If a valid voltage is now present, there is an error in the M-Bus network. For this, measure the resistance and current on the M-Bus.
- If the voltage is still too low even after disconnecting the M-Bus from the master, there is a defect in the master. Check its power supply and status indicators.

The master may be a device that operates with lower bus voltages specifically for small installations (*local bus*). This may cause compatibility problems with the slaves.

4.3.3 Voltage at slave too low

With a slave connected to the M-Bus, the voltage between both M-Bus connections is too low. Proceed as follows:

- Measure the voltage at the master. If it is too low, first follow the steps in section 4.3.2.
- If the voltage at the master is in a valid range, the voltage drop on the M-Bus is too high. Measure the resistance of the faulty section by performing the resistance measurement according to section 4.2.4, first performing a normal measurement and then a second measurement with the M-Bus lines short-circuited at the point where the too-low voltage was detected. According to clause 4.2.4 the first measurement should result in a value $>>470 \Omega$, the second measurement a value $<<470 \Omega$.

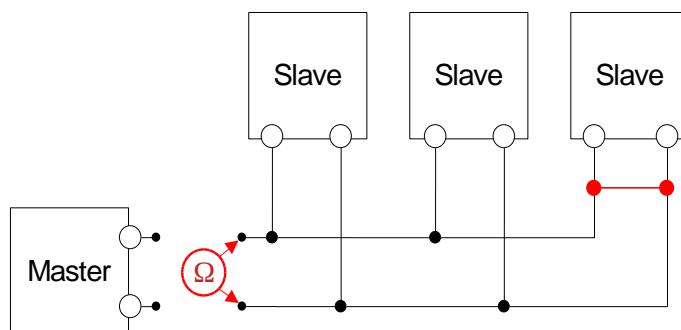


Figure 19 - 2nd resistance measurement with short circuit on critical path

- If the loop resistance is too high, replace the cable.

4.3.4 Resistance on the M-Bus is too low

If the resistance measurement shows that the total resistance of the bus system is too low, proceed as follows:

- Disconnect sections, parts or meters from the M-Bus step by step, continuously measuring the resistance between the master-side line ends. As soon as the resistance is in a valid range again, the cause of the fault has been narrowed down and can now be located step by step by connecting and disconnecting. Fix the cause of error accordingly.
- If the resistance is still too low despite disconnecting all meters or sections, there is a short circuit in the cable that is currently still connected. Replace the cable.
- Proceed similarly when searching for connections to PE (protective earth).

4.3.5 Current through M-Bus is too high

If the current measurement shows that the current consumption of the entire bus is too high, proceed as follows for further analysis:

- Disconnect sections, parts or meters of the M-Bus step by step while continuously measuring the current. As soon as the current is in a valid range again, the cause of the fault has been narrowed down and can now be located step by step. Fix the cause of error accordingly.
- If the current is still too high despite disconnecting all meters or sections, there is a short circuit in the cable that is currently still connected. Replace the cable.
- A short circuit can also exist to PE (protective earth). Check this by means of the resistance measurement.

4.3.6 Capacitance in M-Bus too high

Capacitance that is too high leads mainly to a situation where packets can no longer be transmitted correctly from the master to the slave. Disconnect the M-Bus from the master and continue as follows:

- Disconnect sections, parts or meters of the M-Bus step by step, continuously measuring the capacitance between the master-side line ends. As soon as the capacity is in a valid range again, the cause of the fault has been narrowed down and can now be located step by step by connecting and disconnecting. Fix the cause of error accordingly.
- If the capacitance is still too high despite disconnecting all meters or sections, there is a fault in the cable that is currently still connected. Replace the cable.

4.3.7 Special case of dynamic errors

Under certain circumstances, an error may also occur dynamically, specifically caused by a defective device on the bus. For troubleshooting, measurements must be taken here during operation, possibly also during ongoing communication.

For this purpose, it is helpful to record voltage and current curves with an oscilloscope and then to isolate the fault by connecting and disconnecting them step by step, similar to the procedure described above. It is not possible to describe the procedure here in general terms.

Some error patterns are:

- Slave modulates current consumption sporadically/cyclically although no communication is taking place.
- Interference signals are measured on the M-Bus (see section 4.5).
- The slew rate of the transmit and receive signals is very low.
- Voltage at the master or slave drops cyclically or briefly.
- High ripple of the M-Bus voltage

4.3.8 Other installation errors

In practice, other installation errors occasionally occur:

- Slaves are not M-Bus-capable; it is possible, for example, that a meter has a pulse output instead of an M-Bus interface
- Master or slave are specified for the local bus according to EN 13757-6 and are therefore not compatible with EN 13757-2
- The configuration of media converters, gateways and level converters does not match the installation (Who is master? Who is slave? Does each section have a master?).

4.4 Testing of communication (a)

4.4.1 Introduction

In case of incorrect parametrisation of the bus nodes or incompatibilities, communication may still be disrupted, despite an intact infrastructure. Here, the communication process must be analysed.

Here it is helpful to record voltage and current characteristics using an oscilloscope. This signal diagram can be compared with the data received at the master.

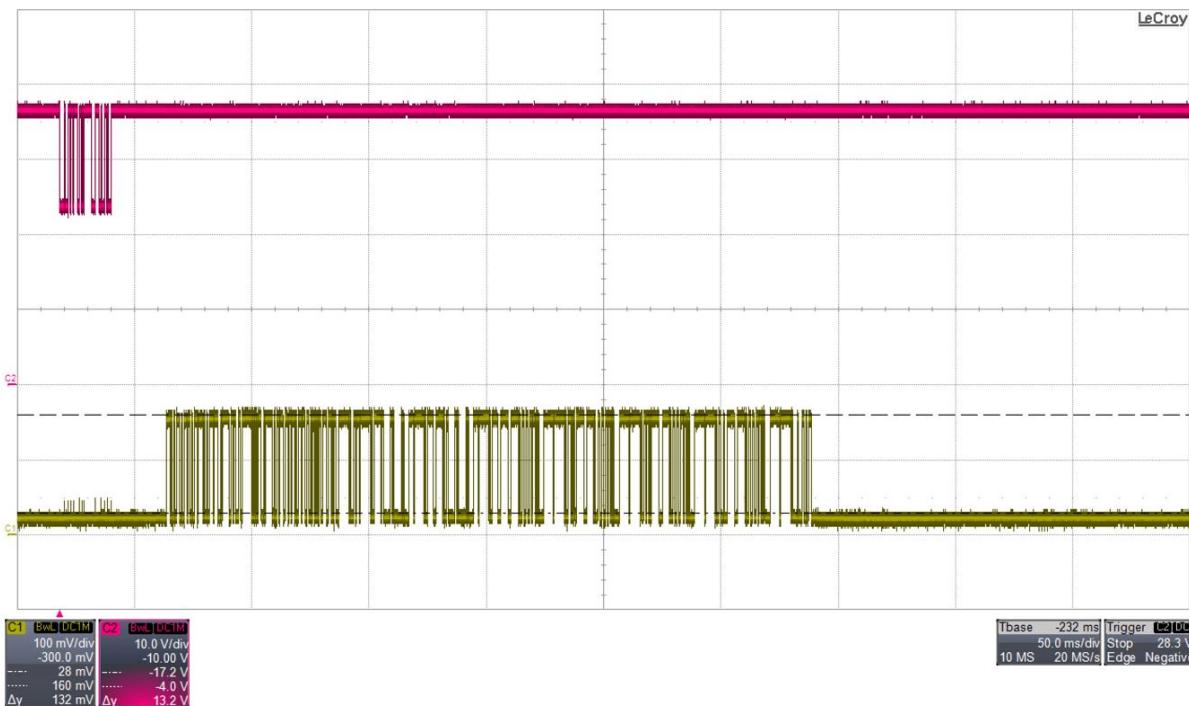


Figure 20 - Recording of communication (red = transmit, yellow = receive) using an oscilloscope

When measuring with an oscilloscope, it should be ensured that the measurement is galvanically insulated (floating). The signal ground of oscilloscopes is usually on PE. For that reason, the signal ground must not be connected to one of the M-Bus lines. Differential probes should therefore be used.

The current measurement can be carried out by means of a series-connected measuring resistor (e.g. $10\ \Omega$). However a sensitive DC clamp is more suitable for floating measurements.

Some typical sources of error and possible remedies are described below.

4.4.2 Addresses not unique

All communication on the M-Bus uses the address of a slave (primary or secondary address). If these are not uniquely assigned, collisions occur on the bus, which lead to data inconsistencies.

This occurs frequently especially during primary addressing and initial commissioning, since many slaves have a 0 as their primary address ex works and thus respond simultaneously.

This can be remedied by:

- assigning unique primary addresses to all slaves before the readout;
- switching to secondary addressing (uniqueness is very likely).

Under certain circumstances, the bus must also be put into operation slave by slave if, e.g. the primary address can only be set via master telegrams.

4.4.3 Secondary addressing not possible

If a slave does not support secondary addressing, although this is mandatory according to [OMS-S2], Annex P, P3.1.2.2, primary addressing must be used. For this it is important that the slaves have correspondingly unique addresses. You can find out more about this in the section 4.4.2.

4.4.4 Slaves do not always respond

Not all slaves can process the requests of the M-Bus master at all times. Often the internal structure of the slaves is responsible for this. If, for example, a slave uses two microcontrollers which exchange measurement and communication data, the M-Bus communication may be blocked during the internal communication.

According to [OMS-S2], Annex P, P.2.1.9, a slave must actually always be addressable. However, it can be declared in the [MANDEC] that the slave is not addressable under certain conditions.

The M-Bus master can compensate for this behavior by longer timeouts or multiple requests of the slaves.

4.4.5 Wrong baud rate is used

The M-Bus operates according to EN 13757-2 with baud rates of 300, 2400 or 9600 baud. According to [OMS-S2], Annex P, P.2.2.1, a slave must support at least the baud rates 300 and 2400 baud. It must also support automatic detection for all baud rates.

Usually a baud rate of 2400 is used. However, not all slaves can handle this baud rate or they have to be switched to this baud rate if they do not have automatic baud rate detection.

It can also happen that due to faulty implementation in the slave or master, the baud rates have too great a deviation from the nominal value. The baud rate used can be determined relatively easily using an oscilloscope.

The following procedure is recommended for possible baud rate problems:

- The master operates consecutively with the 3 standard baud rates.
- The slaves are set to a specific baud rate by means of a master telegram or user input.
- Slaves with baud rates deviating from the standard should be replaced or operated in isolation with a fixed master configuration.

4.4.6 Error in telegram header

Under certain circumstances, it can happen that the data in the header of a telegram is not correct. Well-known examples of this are:

- a slave outputs a different secondary address than the one under which it responds
- a slave uses hexadecimal numbers (0xA-0xF) in the secondary ID
- a slave specifies the use of encryption, but the data is not encrypted or is encrypted differently than specified

The approach cannot be specified in general terms for such error patterns. A robust master software is necessary here.

4.4.7 Use of other protocols

The M-Bus uses robust physics according to EN 13757-2. There are products on the market that use the same physics but use different protocols for communication. Principally, this is permissible, but it leads to misunderstandings and enormous effort on the master side. Hybrid structures are not recommended.

4.5 Malfunctions on the M-Bus (a)

Interference can occur on the M-Bus particularly in industrial environments and in the context of large expansions. Such disruptions can be detected and recorded by means of an oscilloscope. Here, voltage levels are affected much more than current levels.

A typical fault pattern is short interference packets with significant voltage levels and high frequencies. Switchgear in power engineering (e.g. inverters, frequency converters) are often the cause of such disruptions. These usually couple from the energy network into the M-Bus network if they are not operated with spatial separation. Due to the high levels, these interferences can disrupt communication or even damage some M-Bus nodes temporarily or permanently.

Due to the high frequency components, these interferences can be partly suppressed by connecting additional capacitors to the M-Bus. However, the total capacitance on the M-Bus and the performance of the M-Bus master must be taken into account. Depending on the baud rate and the master, it should never exceed a value of 1 μ F. A stepwise increase, starting with values <100 nF, is recommended here (see also sections 4.2.5, 4.2.6 and 4.3.6).

If the possibility exists, it is recommended to check the cabling. If possible, shielded cables should be used and these should be placed spatially separated from the power supply system, see also sections 3.5 and 3.6.

Deutsche Ausgabe

1 Vorwort

Dieser technische Bericht wurde von der OMS-Arbeitsgruppe AG4 erstellt und dient als Planungs- und Installationsleitfaden für Installateure und Planer von verkabelten M-Bus-Systemlösungen.

2 Der M Bus - ein Überblick

2.1 Einleitung (b, a, p)

M-Bus ist ein Bussystem, das speziell für die Auslesung von Verbrauchszählern geeignet ist.

Ein M-Bus-System besteht aus einem M-Bus-Master und einer Anzahl von Zählern mit M-Bus-Schnittstelle.

Ein Netz kann verschiedene Gerätetypen und Hersteller beinhalten.

Der kabelgebundene M-Bus ("Meter-Bus") wurde in den 1980er Jahren zur Ablesung und Erfassung von Verbrauchsdaten aus Verbrauchszählern entwickelt. Die physikalischen Parameter und die Parameter der Verbindungsschicht für die drahtgebundene Kommunikation über verdrillte Doppelleitungen wurden ursprünglich in EN 1434-3:1997 ("M-Bus") für Wärmezähler festgelegt. Heute ist der drahtgebundene M-Bus nach EN 13757 genormt. Diese Norm ist eine kompatible und interoperable Aktualisierung eines Teils der EN 1434-3:2008 und umfasst auch andere Messmedien (z.B. Wasser, Gas, thermische Energie, Heizkostenverteiler). Heute ist der drahtgebundene M-Bus in allen Arten von Verbrauchszählern zu finden und hat sich als eigenständiger Standard und mit einem offiziellen Logo etabliert.



Abbildung 1 - Offizielles M-Bus-Logo

Diese Installationsanleitung richtet sich an verschiedene Schwerpunktgruppen (siehe Tabelle).

Tabelle 1 – Drei Versionen dieses Installationshandbuchs

Kapitel	Grundlegender Installationsleitfaden (b)	Erweiterter Leitfaden (a)	Planer Leitfaden(p)
2.1 bis 2.4	X	X	X
2.5 bis 2.9		X	
2.10, 2.11		X	X
3.1		X	X
3.2	X	X	X
3.3		X	X
3.4 bis 3.9		X	X
4		X	

2.2 Die Norm EN 13757 (b, a, p)

Der kabelgebundene M-Bus ist ein integrierter Bestandteil einer Normenfamilie - der EN 13757-Familie.

Diese Normenfamilie wird von einem Technischen Komitee (TC 294) im CEN gepflegt.

[CEN Technical Bodies - CEN/TC 294 \(cencenelec.eu\)](http://cencenelec.eu)

Zum Anwendungsbereich von CEN/TC 294 gehören:

Normung von Kommunikationsschnittstellen für Mess- und Submetering-Systeme für Wasser, Treibstoff, Gase, Wärme und ähnliche Energien und Flüssigkeiten, wobei die Protokolle auf die Zähler, Sensoren und Aktoren und Systeme angewendet werden, die zur Erbringung von Messdienstleistungen verwendet werden. Sicherheitsmerkmale wie Vertraulichkeit, Authentizität und Integrität werden bei der Anwendung und den unteren Schichten bereitgestellt. Die Zusammenarbeit mit CENELEC und ETSI in Bezug auf ein einheitliches Protokoll und die Nutzung des Frequenzspektrums ist eine wesentliche Voraussetzung für die Erreichung der Interoperabilität zwischen den Einheiten der Systeme. Ausgenommen sind Bereiche, die in die Zuständigkeit von CLC/TC 205 und CEN/TC 247 fallen.

Die Version 2021 der EN 13757-Familie "Kommunikationssysteme für Zähler" besteht aus 7 Teilen und einem technischen Bericht TR 17167.

- Kommunikationssysteme für Zähler - Teil 1: Datenaustausch
 - Kommunikationssysteme für Zähler - Teil 2: Drahtgebundene M-Bus-Kommunikation
 - Kommunikationssysteme für Zähler - Teil 3: Anwendungsprotokolle
 - Kommunikationssysteme für Zähler - Teil 4: Drahtlose M-Bus Kommunikation
 - Kommunikationssysteme für Zähler - Teil 5: Weitervermittlung für den drahtlosen M-Bus
 - Kommunikationssysteme für Zähler - Teil 6: Lokales Bussystem
 - Kommunikationssysteme für Zähler - Teil 7: Transport- und Sicherheitsdienste
-
- Kommunikationssysteme für Zähler - Begleitender TR zu EN 13757-2, -3 und -7, Beispiele und zusätzliche Informationen

2.3 Die Norm EN 13757-2 (b, a, p)

Die EN 13757-2 wird von TC 294/WG4 (Arbeitsgruppe 4) gepflegt

[CEN Technical Bodies - CEN/TC 294/WG 4 \(cencenelec.eu\)](http://cencenelec.eu)

Zum Anwendungsbereich der CEN/TC 294/WG4 gehören:

Erarbeitung, Pflege und Weiterentwicklung von Standards für die unteren Schichten für den bidirektionalen drahtgebundenen Datenaustausch und für die oberen Schichten für den uni- und bidirektionalen Datenaustausch von Messsystemen unter Berücksichtigung:

- des Anwendungsbereichs des CEN/TC 294;
- der nominellen Lebensdauer der Geräte auf dem Markt.

Beibehaltung von EN 1434-3, die bei CEN/TC 176 angesiedelt ist.

2.4 Das Prinzip der verdrahteten M-Bus-Kommunikation (b, a, p)

Der M-Bus arbeitet nach dem Single-Master/Multiple-Slave-Prinzip und somit mit einem zentralen Gerät (M-Bus-Master, M-Bus-Repeater), das mit M-Bus-Slaves kommuniziert. So können z. B. bis zu 250 M-Bus-Slaves (unter Verwendung von Primäradressen) an einen einzigen M-Bus-Master angeschlossen werden.

Die M-Bus-Slaves haben eine Primär- und eine Sekundäradresse. Auch eine erweiterte Sekundäradresse ist möglich.

- Primäradresse (000-250)
- Sekundäradresse (M-Bus ID-Nr. 00000000-99999999 / Hersteller, Gerätetyp, Version)

- Erweiterte Sekundäradresse (M-Bus ID-Nr. 00000000-99999999 / Hersteller, Gerätetyp, Version / M-Bus Fabrikations-Nr. 00000000-99999999)

Die Kommunikation auf dem M-Bus wird immer vom M-Bus-Master initiiert. Wenn er eine Anfrage oder einen Befehl über den M-Bus sendet, wird dieser von allen M-Bus-Slaves empfangen. Anhand der übertragenen Adresse wird ein M-Bus-Slave angesprochen, der die Anfrage bearbeitet und gegebenenfalls beantwortet.

Darüber hinaus kann der M-Bus über Broadcast kommunizieren, wobei alle an den Master angeschlossenen Slaves den gleichen Befehl (z.B. ein Normalisierungsbefehl) erhalten.

Für große M-Bus-Netzwerke wird empfohlen, die sekundäre/erweiterte sekundäre Adresse zu verwenden, die für jeden Zähler eindeutig ist. Die Kommunikation dauert zwar etwas länger, aber auf diese Weise kann man theoretisch bis zu 100 Millionen Zähler direkt ansprechen, ohne dass ein Anfangsaufwand für die Parametrierung entsteht. Dies ist insbesondere bei neuen und großen M-Bus-Installationen von Vorteil.

Die primäre Adressierung eignet sich für kleinere Systeme und höhere Ausleseraten. Darüber hinaus kann die Adresse an den meisten Zählern parametriert werden. Der Installateur kann daher zwei identische Zähler austauschen, z. B. zu Wartungszwecken, ohne die Ausleseinfrastruktur anpassen zu müssen. Nur die Primäradressen müssen übereinstimmen.

2.5 Installation und Topologie (b, a, p)

Besonders bei der Installation spielt der kabelgebundene M-Bus seine Vorteile aus. Für den Anschluss der Geräte ist lediglich eine zweidrige Kabelverbindung notwendig, wobei die Topologie (Baum, Stern, Bus) des Netzwerks frei gewählt werden kann. Außerdem ist der Zweidrahtanschluss polaritätsunabhängig.

Es ist zu beachten, dass die Abschirmung nur mit der Erdpotential des M-Bus-Masters verbunden ist, aber an der Slaveseite offen ist, um Masseschleifen zu verhindern.

Die maximale Ausdehnung des M-Bus ist abhängig vom Leitungsquerschnitt, der Baudate und der Anzahl der Geräte am Bus.

Es wird dringend empfohlen, immer Twisted-Pair-Kabel zu verwenden.

2.6 Kommunikation und Spannungsversorgung (a)

Der größte Vorteil des M-Bus liegt darin, dass dieser eine direkte Spannungsversorgung der Busteilnehmer ermöglicht.

Für die Kommunikation nutzt der M-Bus Spannungs- und Strommodulation. Der Master sendet die ausgehenden Daten durch eine Modulation der Spannung auf dem Bus zwischen der Mark-Spannung (logisch 1) von 24 bis 42 V und der Space-Spannung (logisch 0), die etwa 12 V unterhalb der Mark-Spannung liegt. Einige gängige Master schalten z.B. zwischen 36 V (Mark) und 24 V (Space) um. Beide Zustände gewährleisten die kontinuierliche Versorgung der Slaves. Diese detektieren die Spannungspegel und können so die Daten empfangen. Die Slaves antworten hingegen durch eine Strommodulation mit einem Pegel von maximal 1,5 mA für logisch 1 und einer Pegelerhöhung um 11 bis 20 mA für logisch 0. Im Ruhezustand geben sowohl Master als auch Slave logisch 1 auf den Bus aus, daher liegen am Master im o.g. Beispiel 36 V an, und jeder Slave nimmt maximal 1,5 mA Strom auf.

Ein Slave mit einer sogenannten Standardlast darf maximal 1,5 mA Strom aufnehmen. Die M-Bus Norm erlaubt die Verwendung von bis zu 4 Standardlasten (max. 6,0 mA) für einen Slave. OMS-S2, Annex P, P.2.1.5 legt fest, dass die Anzahl der Standardlasten (UL) im Datenblatt aufgeführt und auf den Slave aufgedruckt werden muss.

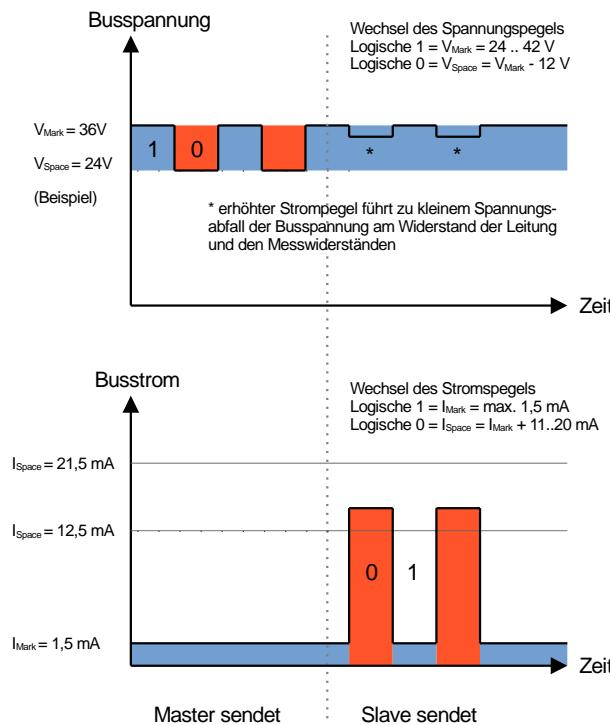


Abbildung 2 - Bitdarstellung beim M-Bus am Beispiel eines Masters mit 36 V Mark-Spannung

Für den M-Bus sind die Übertragungsraten 300, 2400, 9600, 19200 und 38400 Baud vorgesehen, wobei meist 2400 Baud Verwendung findet. Nach EN13757 ist die Unterstützung von 300 Baud für alle M-Bus Endgeräte vorgeschrieben und automatische Baudratenerkennung empfohlen. Allerdings muss nach [OMS-S2], Annex P, P.2.2.1 ein M-Bus Endgerät sogar 300 und 2400 Baud unterstützen; weiterhin ist die automatische Baudratenerkennung vorgeschrieben.

2.7 Anforderungen an den Master (a)

Ein wesentliches Merkmal ist, dass der Master die Versorgung der Slaves gewährleisten muss. Bei 36 V Busspannung und 250 möglichen Slaves ergibt sich bereits im Ruhezustand eine Leistung von über 13 W. Außerdem stellt der Master beispielsweise sowohl 24 V als auch 36 V Busspannung bereit, zwischen denen er für eine saubere Kommunikation innerhalb von deutlich weniger als 100 µs wechseln muss.

Für die Empfangslogik genügt es nicht, lediglich den Strom zu messen. Ab ca. sieben Teilnehmern ist der Absolutwert nicht mehr eindeutig zuordnbar. 20 Slaves beispielsweise können im Ruhezustand (logisch 1) 25 mA aufnehmen, dies entspricht aber durchaus auch fünf Slaves, von denen einer gerade ein logisch 0 sendet. Dies erfordert eine aufwendige Stromdetektion und vor allem die Erkennung des Ruhestroms.

Strommodulationen oberhalb von 50 mA müssen als Kollision erkannt werden. Die tritt auf, wenn mehrere Slaves gleichzeitig antworten. Überlagerung und Verfälschung der Antwortdaten wären die Folge. Die Empfangslogik bedarf daher dreier adaptiver Stromschwellen: Kollision, logisch 0 und logisch 1 (Ruhestrom).

2.8 Datenformate und Telegramme (a)

Für die Kommunikation dienen Datentelegramme, die in EN 13757-2 spezifiziert sind.

Das einfachste Telegramm ist das Einzelzeichen (*Single Character*), welches beim M-Bus zur Quittierung genutzt wird. Weitere Telegramme sind der Kurzrahmen (*Short Frame*) mit 3 Byte

Nutzdaten, der Langrahmen (*Long Frame*) mit bis zu 252 Byte angehängten Nutzdaten und der Kontrollrahmen (*Control Frame*) ohne Nutzdaten.

Die Kommunikation wird beim M-Bus stets vom Master initiiert. Es werden zwei Arten von Übertragungsdiensten genutzt. Zum einen ist es das Prinzip Senden-Bestätigen und zum anderen das Prinzip Anfrage-Antwort.

Die kürzeste Kommunikation ergibt sich aus dem Telegramm *SND_NKE* zur Initialisierung der Slaves. Der Master sendet es als Kurzrahmen und erhält als Bestätigung ein Einzelzeichen.

Die gleiche Antwort erhält er beim Langrahmen des Telegramms *SND_UD* zum Senden von Nutzdaten an die Slaves. Hiermit lässt sich beispielsweise das Datum ändern oder eine Parametrierung vornehmen.

Zum Auslesen der Daten (z. B.: Zählerstand) aus den Slaves versendet der Master ein Kurzrahmen-Telegramm (*REQ_UD1* oder *REQ_UD2*). Auf beide Anfragen antwortet der Slave mit einem Langrahmen-Telegramm *RSP_UD*, welches die angeforderten Daten enthält.

Statusdaten werden abgefragt, indem der Master das Telegramm *REQ_SKE* als Kurzrahmen sendet und die Antwort *RSP_SKE*, als Kurz- oder Langrahmen, erhält.

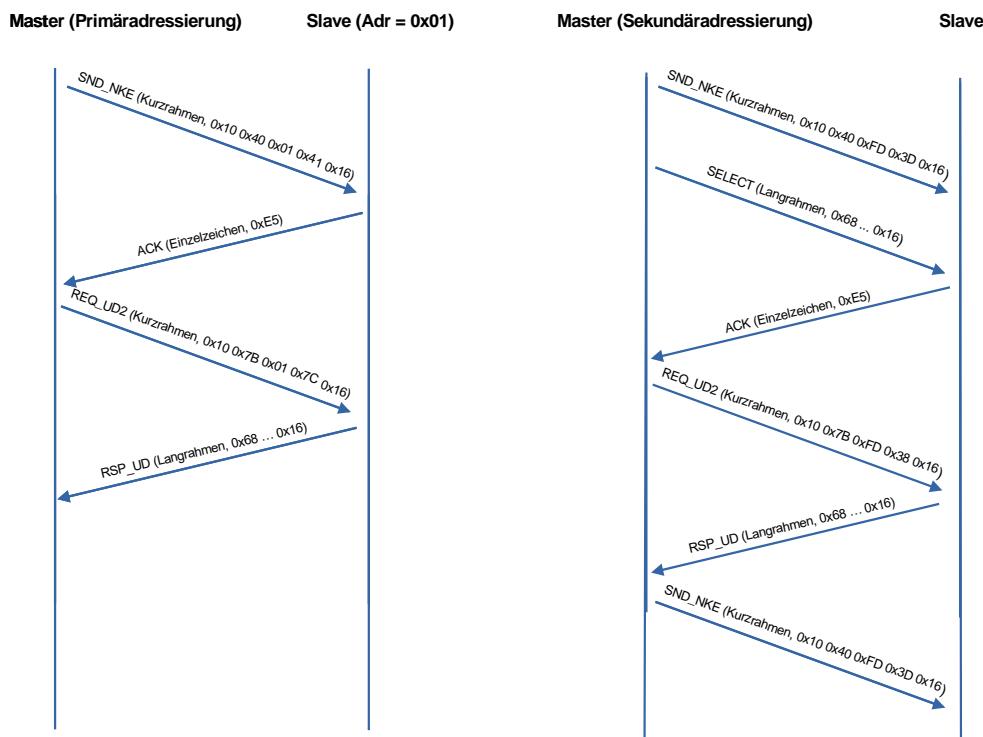


Abbildung 3 - Vergleich von Primär- und Sekundäradressierung am Beispiel

2.9 Nutzdatenaustausch (a)

Für die Übertragung der Nutzdaten dient das Langrahmen-Telegramm. Das hier enthaltene CI-Feld spezifiziert die Art der enthaltenen Daten und deren Anordnung.

Entsprechend des CI-Feldes für den langen Telegrammkopf sind im Datenkopf des Telegramms (Header) u. a. der Zählerhersteller, die Seriennummer, die Art des Zählers (Device Type / Medium) und Version enthalten. Diese Daten bilden die Grundlage für die logische Zuordnung der Zählerstände zu einem physischen Zähler in einer Datenbank.

Der Zähler übermittelt danach die Zählerdaten (bei entsprechendem CI-Field) im sogenannten Variablen Datenformat (*Variable Data Respond*). Dieses Format ist sehr mächtig. Durch DIF und VIF-Felder (*Data Information Field* und *Value Information Field*) und mit zusätzlichen Erweiterungen, lassen sich aus deren Kombination Werte und Einheiten dekodieren. Dabei erfordert die Interpretation masterseitig hohen Software-Aufwand.

2.10 Suche nach Busteilnehmern (a)

Bei der Inbetriebnahme ist es wichtig, dass die angeschlossenen Geräte vom Master erfasst und zugeordnet werden können. Hierfür können die Primärsuche und die Sekundärsuche genutzt werden.

Für die Primärsuche nutzt ein Master meist das Kurzrahmen-Telegramm REQ_UD. Durch das Inkrementieren der Adresse im Adressfeld lassen sich so die 250 möglichen Adressen ansprechen bzw. durchsuchen. Die vorhandenen und adressierten Zähler antworten entsprechend und werden somit gefunden.

Oft sind bei Erstinbetriebnahme nach der Installation die Primäradressen der Slaves nicht konfiguriert bzw. nicht eindeutig zugeordnet. Hier bietet sich die Sekundärsuche an. Das Verfahren nennt sich *Wildcard Search*, dieses nutzt Platzhalter, um alle möglichen Sekundäradressen abzusuchen. Dies ist ein iterativer Prozess, der spezifische Adressbereiche als Ganzes durchsucht und bei der Detektion eines oder mehrerer Slaves (innerhalb dieses Bereichs) die Suche entsprechend verfeinert. Der Adressbereich wird dabei logisch als Baumstruktur aufgefasst und Knoten für Knoten absucht. Je nach Busaufbau kann dieser Vorgang bei kleinen Netzen im Bereich von weniger als 10 Minuten liegen oder bei großen Netzen bis hin zu Stunden andauern abhängig von der Verteilung der Sekundäradressen.

2.11 Standardlast oder Zähler? (a, p)

Grundsätzlich legt die EN 13757 eine Standardlast (UL, unit load) auf 1,5 mA fest. Dies ist die Stromaufnahme, welche ein Zähler im Ruhezustand nicht überschreiten sollte. Viele Zähler benötigen 1 UL. Hochwertige Messsysteme oder Sensorikkoppler benötigen unter Umständen mehr Energie aus dem M-Bus und haben daher eine höhere Stromaufnahme.

Diese Ruhestromaufnahme von Zählern wird oft als vielfaches der Standardlast angegeben. Während Zähler mit 2 UL noch des Öfteren zu finden sind, gibt es auch exotische Sensorikkoppler, welche bis zu 16 UL aufnehmen. Die M-Bus Norm erlaubt allerdings nur max. 4 Standardlasten.

Dies ist speziell bei der Auslegung der Mastergeräte und Kabel zu beachten. OMS-S2, Annex P, P.2.1.5 legt fest, dass die Anzahl der Standardlasten (UL) im Datenblatt aufgeführt und auf den Slave aufgedruckt werden muss.

2.12 Auslesehäufigkeit (a, p)

Da jegliche M-Bus-Kommunikation vom Master initiiert wird, legt allein dieser fest, wie häufig Daten ausgelesen werden. Die Häufigkeit ergibt sich so aus den Anforderungen des weiterverarbeitenden Systems.

Typische Beispiele:

- Elektrizitätszähler für Abrechnung/Lastgang: viertelstündlich
- Wasserzähler und Wärme-/Kältezähler für Abrechnungszwecke: täglich
- Wärmezähler für Heizungssteuerung: minütlich
- Sensorik für Raumüberwachung: minütlich

Jedoch gibt es hier Ausnahmen und Einschränkungen.

Einige Zähler, speziell für Wärmemengen, nutzen nicht die Möglichkeit, sich komplett oder zumindest den Kommunikationsteil aus dem M-Bus zu versorgen. Um die Batterielebensdauer zu verlängern, beschränken diese die Anzahl M-Bus Auslesungen und antworten dann zeitweise nicht mehr. Bei der Fehlersuche kann dies zu Schwierigkeiten führen (siehe auch [OMS-S2], Annex P, P.2.1.9).

3 Planung und Installation

3.1 Einführung

Die Planung und Installation von M-Bus-Netzen erfordert die Berücksichtigung vieler Punkte, die in diesem Ratgeber beschrieben werden. Trotz oder vor allem gerade wegen der Einfachheit des M-Bus treten dabei oft Missverständnisse und Fehler auf. Im Folgenden werden einige Aspekte dazu dargestellt und Handlungsempfehlungen gegeben.

3.2 Gerätetypen (a, p)

3.2.1 Einführung

Ein M-Bus-Netz kann zwischen unterschiedlichen Geräten aufgebaut werden. Für einen einheitlichen Sprachgebrauch ist es wichtig, die verschiedenen Bezeichnungen zu kennen und gegeneinander abzugrenzen. Missverständnisse können so vermieden werden. Eine Liste findet sich im Folgenden.

3.2.2 Master

Der Master im M-Bus steuert den Kommunikationsablauf und ist zudem für den Betrieb des M-Bus, also die Spannungsversorgung, zuständig. In jedem M-Bus-Strang muss es genau einen Master geben. Beispiele für Master sind:

- Pegelwandler
- Gateway
- Datenkonzentrator

3.2.3 Slave

Der Slave im M-Bus ist ein Kommunikationspartner des Masters, der die Anfragen des Masters beantwortet. In der Regel ist ein Slave ein Messwertlieferant. Beispiele dafür sind:

- Verbrauchszähler
- Impuls-M-Bus-Wandler
- Analog-M-Bus-Wandler

3.2.4 Konverter

Konverter haben gemein, dass M-Bus Anfragen/Antworten ohne Modifikation des Dateninhalts zwischen Master und Slave ausgetauscht werden und abgesehen von einer optionalen Spannungsversorgung nicht aktiv in die Kommunikation eingreifen.

Ein Konverter beschreibt sowohl Pegelwandler auf Schicht 1 bzw. 2 des ISO/OSI-Schichtenmodells, d.h. Spannung, Strom und zeitliche Abläufe, als auch Protokollumsetzer auf Schicht 2 und höher des ISO/OSI-Schichtenmodells, d.h. transparente Weiterleitung von M-Bus Anfragen bzw. Antworten über dritte Datenzugriffsschichten mit anschließender Umsetzung auf M-Bus.

Beispiele für Konverter sind:

- Pegelwandler: TTL/RS232/RS485 auf M-Bus
- Protokollumsetzer: M-Bus via Ethernet-/USB-Tunnel

PCs oder Mikrocontroller können mittels Konverter (Virtual COM Port) um eine M-Bus Schnittstelle erweitert und an einem M-Bus angebunden werden. Konverter sind sowohl Master- als auch Slave-seitig verfügbar, wobei im typischen Sprachgebrauch Master-seitige Konverter gemeint sind.

3.2.5 Gateway

Gateway bezeichnet einen Umsetzer auf höheren Schichten im ISO/OSI-Schichtenmodell (z. B. Schicht 4 für TCP), dabei verarbeitet das Gateway zunächst die M-Bus Rohdaten durch Umordnung, Paketisierung, oder (partieller) Interpretation bzw. Modifikation und überträgt diese anschließend zur Gegenstelle. Beispiele für Gateways sind:

- Modbus TCP Gateway
- Modbus UDP Gateway

Gateways sind reine Kommunikationsteilnehmer, die keine eigenen Daten auf dem M-Bus zur Verfügung stellen. In der Regel handelt es sich bei Gateways um Mastergeräte.

3.2.6 Repeater

Ein Repeater ist allgemein betrachtet ein Signalverstärker, der die Kommunikationssignale für die Übertragung über einen längeren Teilabschnitt wiederaufbereitet. Beim M-Bus lassen sich so ausgedehnte Netze mit größeren Teilnehmerzahlen anbinden.

Hierfür agieren die Repeater einerseits im äußeren Netzwerk als Slave und andererseits im anzubindenden Netzwerk als Master. Der Repeater stellt somit in seinem Subnetz die Busspannung sowie die erforderlichen Standardlasten zur Verfügung. Im Weiteren beansprucht ein Repeater für sich selber eine definierte Anzahl Standardlasten. Dadurch wird der eigentliche Master entlastet. Die Kommunikationsdaten leitet der Repeater dabei unverändert zum jeweils anderen Netzwerk weiter. Zusätzlich können einige Repeater auch mehrere M-Bus-Stränge parallel als Master betreiben.

Es werden keine eigenen Daten durch einen Repeater auf dem M-Bus zur Verfügung gestellt, da diese als reine Kommunikationsteilnehmer konzipiert sind.

3.2.7 Splitter

Ein Splitter wird allgemein zur Aufteilung und Verteilung genutzt. Beim M-Bus ergeben sich zwei Konstellationen:

- Mehrere Master am selben M-Bus-Netz
- Mehrere unabhängige M-Bus-Netze an einem Master bzw. mehrere Teile eines M-Bus-Netzes werden einzeln betrieben (Reduktion der Standardlasten)

Splitter können elektronisch oder über einfache Schaltelemente (z. B.: Relais) realisiert werden. Zu beachten ist in jedem Fall, dass der M-Bus nach dem Umschalten (durch den damit verbundenen Spannungseinbruch) eine Mindestzeit mit Spannung versorgt sein muss damit alle Slaves wieder korrekt initialisiert sind und auf eingehende Anfragen antworten können.

Es werden keine eigenen Daten durch einen Splitter auf dem M-Bus zur Verfügung gestellt.

3.2.8 Sniffer

Sniffer sind im Allgemeinen passive Teilnehmer in einem Kommunikationsnetz. Deren Einsatz dient der Überwachung der Kommunikation, um diese beispielsweise hinsichtlich einer Fehlersuche näher zu analysieren.

Beim M-Bus kann ein Sniffer neben diesem Einsatzfeld auch für das parallele Auslesen der Daten verwendet werden. Dies ist vorteilhaft für die Erweiterung von Bestandanlagen oder die Anbindung an eine geänderte Infrastruktur.

Es werden keine eigenen Daten durch einen Sniffer auf dem M-Bus zur Verfügung gestellt, da diese als passive Kommunikationsteilnehmer konzipiert sind.

3.2.9 Konzentrator/Datenlogger/Datenzentrale

Ein Konzentrator ist im Allgemeinen ein Datensammler. Im Gegensatz zum Gateway werden beim Konzentrator die Daten gespeichert, um im Wesentlichen dann zu einem späteren Zeitpunkt diese zu visualisieren oder dann per Fernzugriff (WAN) weiter zu übertragen. Ein typisches Beispiel ist das Smart Meter Gateway.

Konzentratoren stellen keine eigenen Daten auf dem M-Bus zur Verfügung.

3.3 Elektroinstallation (b, a, p)

Vor der Montage und dem Anschluss der Verbrauchszähler ist bauseitig durch den Installateur oder dessen Auftraggeber sicher zu stellen, dass das vorhandene M-Bus-Netz gemäß den Vorgaben des M-Bus Master Hersteller installiert und funktionsfähig ist:

- Die Ausführungen der Elektroinstallation müssen den anerkannten Regeln der Technik entsprechen und fachgerecht ausgeführt sein.
- Als Übertragungsmedium ist idealerweise ein Kabel vom Typ J-Y(St)Y 2x2x0,8 mm (Leiterquerschnitt 0,5 mm², Leiterwiderstand 37 Ω/km, Kabelkapazität 100 nF/km) oder ein Kabel vom Typ LiYCY 2x1,5 mm² (Leiterwiderstand 13 Ω/km, Kabelkapazität 120 nF/km) vorzusehen.
- Bei der Netzwerkauslegung muss der resultierende Leiterwiderstand sowie die Kabelkapazität berücksichtigt werden.
- Als Netztopologie sind Stern und Baumstruktur zulässig. Geschlossene Ringleitungen sind nicht zulässig.
- Die Abschirmung sollte nur mit der Erde des M-Bus-Masters verbunden, aber an der Slaveseite offen sein.
- Am Netzwerk dürfen keine Abschlusswiderstände installiert werden.
- Es sollten Netzanschlüsse oder Netzteile je benötigtem M-Bus-Master, Gateway, Pegelwandler oder Repeater vorhanden sein.
- Kabellängen und Gerätestückzahlen können nachfolgender Tabelle entsprechen (Richtwerte), müssen jedoch gemäß den Vorgaben des M-Bus Master Lieferanten ausgelegt werden:

Tabelle 2 – Kabeltyp 0,5 mm² (37 Ω/km, 100 nF/km)

Baudrate/Anzahl der Zähler	10	50	150	250
300 Baud	10000 m	2000 m	700 m	400 m
2400 Baud	4000 m	2000 m	700 m	400 m
9600 Baud	1000 m	1000 m	700 m	400 m

Mögliche Kabellänge falls alle Zähler am Ende des Netzwerks positioniert sind

Baudrate/Anzahl der Zähler	10	50	150	250
300 Baud	10000 m	3500 m	1200 m	700 m
2400 Baud	4000 m	3500 m	1200 m	700 m
9600 Baud	1000 m	1000 m	1000 m	700 m

Mögliche Kabellänge falls alle Zähler gleichmäßig über das Netzwerk verteilt sind

Tabelle 3 – Kabeltyp 1,5 mm² (13 Ω/120 nF)

Baudrate/Anzahl der Zähler	10	50	150	250
300 Baud	10000 m	8000 m	2800 m	1600 m
2400 Baud	4000 m	4000 m	2800 m	1600 m
9600 Baud	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m

Mögliche Kabellänge falls alle Zähler am Ende des Netzwerks positioniert sind

Baudrate/Anzahl der Zähler	10	50	150	250
300 Baud	10000 m	10000 m	4800 m	2800 m
2400 Baud	4000 m	4000 m	4000 m	2800 m
9600 Baud	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m

Mögliche Kabellänge falls alle Zähler gleichmäßig über das Netzwerk verteilt sind

Bei Betrachtung der Leitungslängen muss man zwischen resistiver Länge und kapazitiver Länge unterscheiden.

Die resistive Länge ist die maximal auftretende Entfernung zwischen Master und Slave. Diese wird durch die Leitungswiderstände der Busverkabelung verursacht und ist somit auch beim Querschnitt zu beachten.

Die kapazitive Länge ist die Gesamtlänge aller M-Bus-Leitungen. Diese wird von der Kapazität der installierten Kabel verursacht.

3.4 Topologie (a, p)

3.4.1 Einführung

Unter Topologie wird die räumliche Anordnung der Verbindungsleitungen zwischen den Slaves und dem Master, also dem Auslesegerät, verstanden. Folgende Topologien sind für den M-Bus möglich:

3.4.2 Punkt-zu-Punkt

Bei einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung ist genau ein Endgerät (Slave) mit genau einem Auslesegerät (Master) verbunden. Üblicherweise findet man solche Zuordnungen bei Impulsschnittstellen oder auch RS-232 Schnittstellen.

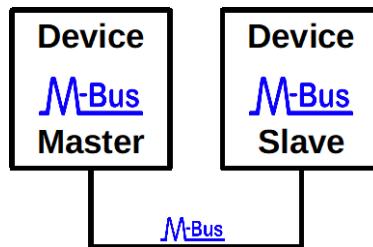


Abbildung 4 - Punkt-zu-Punkt-Verbindung

Im Bereich M-Bus kommt diese zum Einsatz, wenn nur ein Zähler ausgelesen wird oder wenn sehr große Entfernung überbrückt werden müssen. Der eigentliche Buscharakter wird hierbei nicht genutzt.

3.4.3 Linear

Einfach zu realisieren sind in der Regel lineare Busstrukturen. Der Verkabelungsaufwand und Materialeinsatz ist gering. Allerdings ist die Installation mit jeder weiteren Verbindung zunehmend fehleranfällig. Nachteilig ist die Inbetriebnahme und Erweiterung solcher Systeme und auch die hierdurch entstehende Entfernung zwischen Master und dem äußersten Slave (resistive Länge).

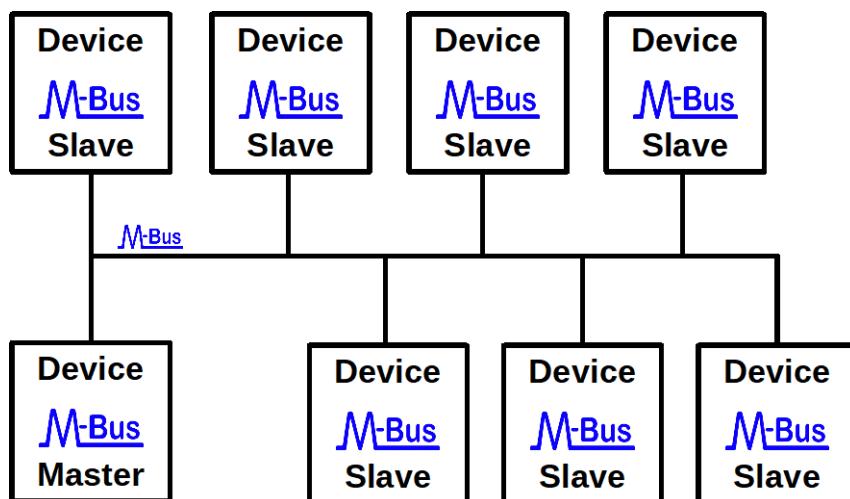


Abbildung 5 - Lineare Bus-Topologie

3.4.4 Sternförmig

Sternförmige Verbindungen stellen eine übliche und prinzipiell die beste Bustopologie dar. Hierbei kann jederzeit ein einzelnes Gerät aus- oder eingebaut werden, ohne dass größere Veränderungen am Bus vorgenommen werden müssen. Auch Inbetriebnahme und Fehlersuche sind einfacher.

Nachteilig ist die umfangreiche Installation und die hierdurch entstehende Leitungslänge des gesamten Busses (kapazitive Länge).

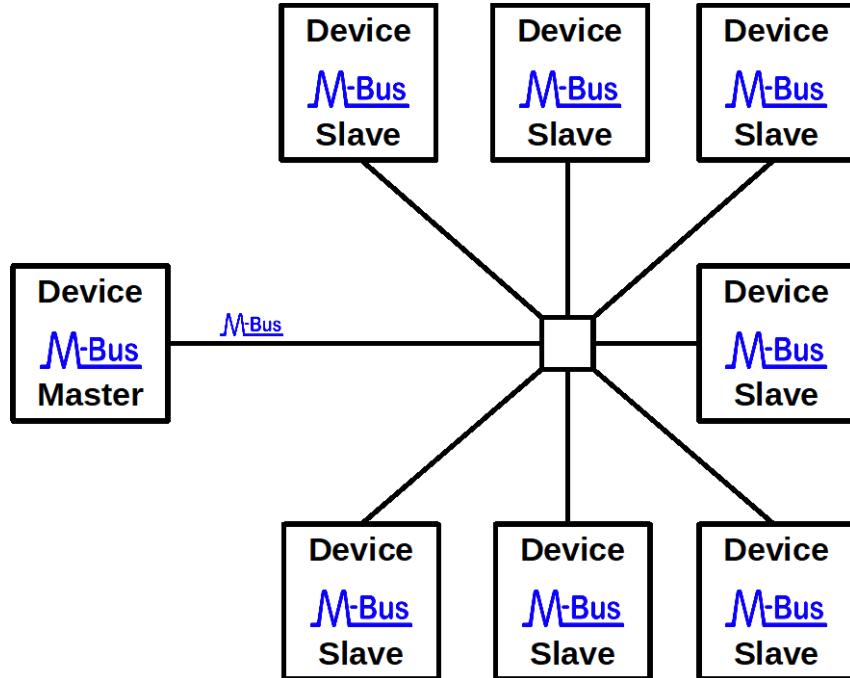


Abbildung 6 - Sternförmige Bus-Topologie

3.4.5 Kombiniert

Durch die Kombinationen von sternförmiger und linearer Verbindung können Vor- und Nachteile der jeweiligen Art optimal genutzt werden. In der Praxis zeigt sich daher diese Struktur am häufigsten. Die konkrete Umsetzung sollte ein guter Kompromiss aus Installations-, Inbetriebnahme- und Wartungsaufwand sein. Die resistive und kapazitive Länge des M-Bus sollte ausgewogen sein.

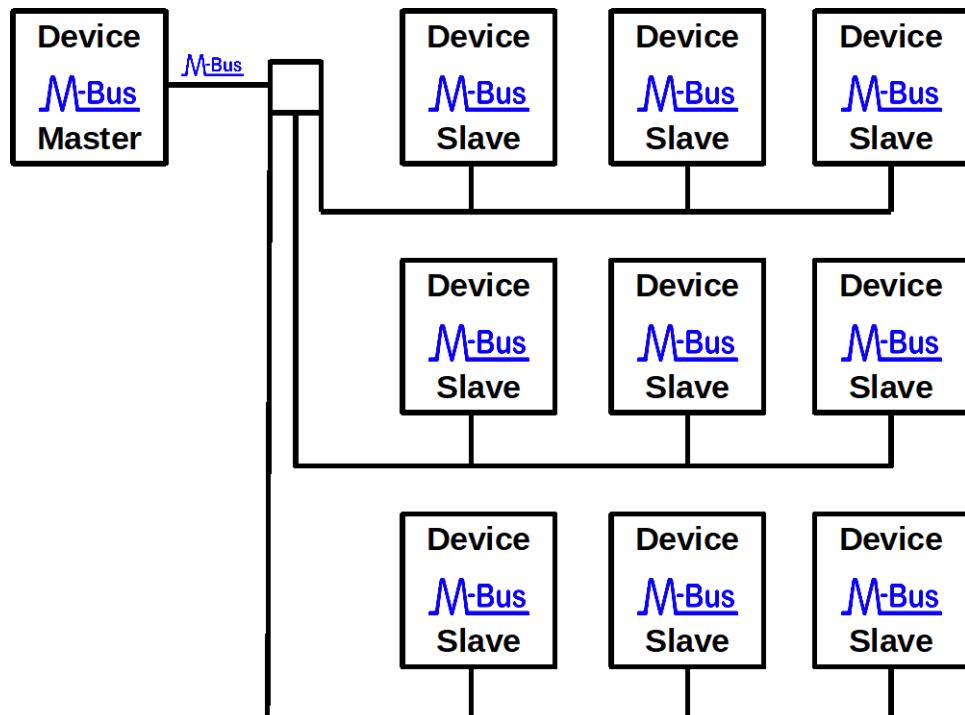


Abbildung 7 - Kombinierte Bus-Topologie

3.4.6 Ring

Bei speziellen Bussystemen findet man auch eine Ringstruktur. Für den M-Bus ist dies jedoch keine einsetzbare Verbindungsvariante. Vor allem das Thema Verpolungssicherheit wird dadurch aufgehoben, da die Busleitung zum Mastergerät zurückkehrt. Die Funktion ist daher ungewiss. Vom Einsatz sollte unbedingt Abstand genommen werden.

3.5 Leitungsführung (a, p)

Um eine hohe Übertragungssicherheit zu gewährleisten, sollte bei Bussystemen ein hohes Augenmerk auf die Leitungsführung gelegt werden. Der M-Bus ist zwar auf Grund der hohen Pegel und Datensicherung im Protokoll sehr robust gegenüber Störungen, diese können dennoch zu größeren Auslesezeiten, Unterbrechungen und Datenverlust führen.

Um Störungen zu minimieren, sollten folgende Grundregeln berücksichtigt werden:

- Alle Kabelverbindungen sollten so kurz wie möglich ausgelegt werden.
- Alle Datenkabel sollten in möglichst großem Abstand zu Energiekabeln und kritischen Verbrauchern, wie z.B. Motoren, Transformatoren, Schaltanlagen, Funkanlagen verlegt werden.
- Das Kabel sollte einzig für den M-Bus genutzt werden.
- Kabel mit verselten Adern sind bevorzugt zu verwenden.
- Geschirmte Kabel sind bevorzugt zu verwenden, der Schirm sollte nur auf der Masterseite aufgelegt werden. Die Abschirmung sollte bei Verlängerungen/Abzweigungen durchverbunden werden. Ein Kabelschirm erhöht allerdings die Kapazität der Leitung.
- Es sollte keine Massekopplung über den M-Bus erfolgen. Der Bus darf mit maximal einer Massekopplung betrieben werden (bevorzugt Master). Die sonst auftretenden Ausgleichsströme über das Bussystem stören die Datenübertragung oder können zur Zerstörung einzelner Geräte führen.
- Bei dem empfohlenen Kabel J-Y(St)Y 2x2x0,8 mm verbleiben zwei Adern zur freien Verwendung. In Einzelfällen mit hohem Spannungsabfall zwischen dem Master und den Slaves wird empfohlen, diese beiden Adern parallel zu den ersten beiden Adern zu schalten und so den Leitungswiderstand der Kabelverbindung zu verringern.

3.6 Übliche Kabeltypen (a, p)

Bei der Verkabelung können Standardleitungen, wie beispielsweise in der Kommunikationstechnik Verwendung finden. Folgende Kabel werden vorgeschlagen:

- Typ: J-Y(St)Y 2x2x0,6 mm: Diese Leitung eignet sich für kleine Installationen und als Stichleitung von Verteiler- bzw. Abzweigdosen zum Zähler.
- Typ: J-Y(St)Y 2x2x0,8 mm: Diese Leitung eignet sich für mittlere bis große Installationen und für Hauptleitungen zwischen dem Master und den Verteiler- bzw. Abzweigdosen.

Technische Daten finden Sie in [OMS-S2], Annex P, P.3.1.1.1.

3.7 Verteilung (a, p)

Maßgeblich für die Qualität eines M-Bus-Systems ist die Ausführung der Aderverbindungen. Um auch nach längerem Betrieb eine sichere Verbindung zu gewährleisten, sollten folgende Empfehlungen beachtet werden:

- Federklemmen sollten gegenüber Schraubklemmen grundsätzlich vorgezogen werden.
- Litzen sind nur mit Aderendhülsen zu nutzen.
- Schraubklemmen dürfen ohne Aderschutz nicht verwendet werden.
- Eine Federklemme darf grundsätzlich nur mit einer Ader belegt werden. Für mehrere Adern müssen Verbindungsklemmen mit entsprechend vielen Federn Einsatz finden.
- Bei allen Federklemmen, besonders solche mit Steckklemmanschluss, muss der Querschnitt der Klemmöffnung passend zum Aderdurchmesser gewählt werden.

Um den Anforderungen für abrechnungsrelevantes Zählerfernauslesen zu gewährleisten, müssen die Verteilsysteme mit Plomben gesichert werden. Dies ist im Bedarfsfall entsprechend vorzusehen.

3.8 Handlungsempfehlungen (a, p)

In der Praxis haben sich einige Vorgehensweisen als sinnvoll erwiesen:

- Kabel mit mehreren Leitungspaaren als Reserve ermöglichen die spätere Erweiterbarkeit des M-Bus-Netzes
- Größere Distanzen lassen sich durch eine Aufteilung des Netzes in mehrere bzw. kleinere Stränge (also weniger Geräte pro Strang) erzielen.
- Eine Sternverkabelung nahe dem Master vereinfacht die spätere Fehlersuche und ermöglicht das einfache Abtrennen einzelner Stränge.

3.9 Gateways und Medienwandler (a, p)

In größeren, verteilten Anlagen aber auch in Bestandsanlagen wird aufgrund der Ausdehnung, galvanischen Kopplung bzw. baulichen Gegebenheiten der M-Bus nicht ohne Unterbrechung installiert. Einzelne Stränge werden über LAN-Infrastruktur wie Ethernet oder Lichtwellenleiter miteinander logisch verbunden.

In solchen Anlagen müssen Gateways oder Medienwandler eingefügt werden.

Der Einsatz solcher Geräte erhöht allerdings den Parametrieraufwand und stellt eine mögliche Fehlerquelle dar. Eine solche Konfiguration sollte sorgfältig geplant und vorbereitet werden. Ein paar Beispiele dazu:

- Die IP-Adressen müssen richtig konfiguriert werden (z. B.: IP, Subnetz, Gateway).
- Der passende LAN-Standard muss von allen Geräten unterstützt werden (z. B.: Ethernet TCP, Multi-Mode-LWL).
- Master und Slaves müssen in jedem M-Bus-Strang richtig verteilt werden.
- Der Verbindungsablauf muss übereinstimmen (z. B.: Unicast, Broadcast, Point-To-Point).
- Beide Kommunikationsrichtungen (Senden und Empfangen) werden abgedeckt.

3.10 Typische Installationen (a, p)

3.10.1 M-Bus Master als Auslesegerät

In dieser Installationsvariante kommuniziert ein Gerät als M-Bus Master direkt mit den M-Bus Slaves mittels integrierter M-Bus Schnittstelle. Die Verarbeitung des M-Bus Protokolls erfolgt hierbei in den jeweiligen Geräten für den M-Bus Master und den M-Bus Slave(s).

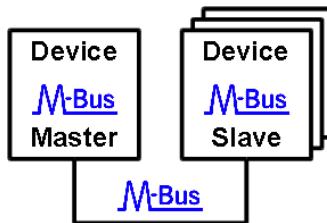


Abbildung 8 – Auslesung mittels M-Bus Master

3.10.2 PC als Auslesegerät

In der nachfolgenden Installationsvariante agiert der PC als M-Bus Master und kommuniziert via Konverter mit den M-Bus Slaves. Der Konverter leitet die Anfragen des Masters transparent, also ohne Veränderung der Daten, an die jeweiligen Slaves weiter. Gleiches gilt für die entsprechenden Antworten der Slaves zum Master. Die Verarbeitung des M-Bus Protokolls erfolgt hierbei in den jeweiligen Geräten für den M-Bus Master und den M-Bus Slave(s).

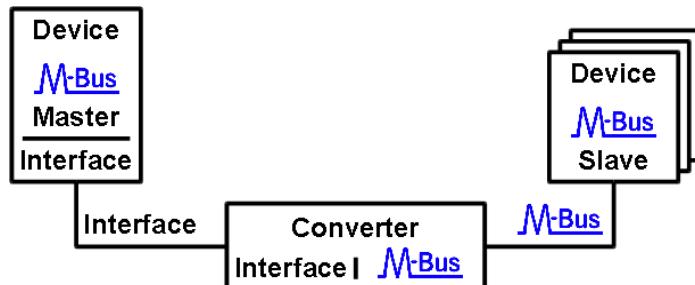


Abbildung 9 - Auslesung mittels Pegelwandler

3.10.3 Integration in Netzwerke

Die vorstehend beschriebenen Insellösungen sind grundsätzlich auf drei verschiedene Arten in ein Netzwerk integrierbar, jedoch erfordern alle Lösungen eine zusätzliche Schnittstelle am Gerät, das als M-Bus Master agiert. Dabei wird ein als M-Bus Master agierendes Gerät ohne Zwischenspeicherung von M-Bus Daten als Gateway und mit Zwischenspeicherung von M-Bus Daten als Konzentrator bezeichnet. Diese Integration in ein Netzwerk kann wiederum über eine M-Bus Schnittstelle mit entsprechendem Protokollstapel oder über kundenspezifische Schnittstellen, Protokolle und Datenformate erfolgen:

- Client/Push-Operation: Das als M-Bus Master agierende Gerät nimmt selbstständig, d.h. zeitlich periodisch oder ereignisgesteuert, Verbindung(en) mit zuvor konfigurierten System(en) auf und überträgt die über M-Bus angefragten (Gateway) bzw. gesammelten (Konzentrator) Daten, wie zum Beispiel bei der Anbindung an eine Datenbank.

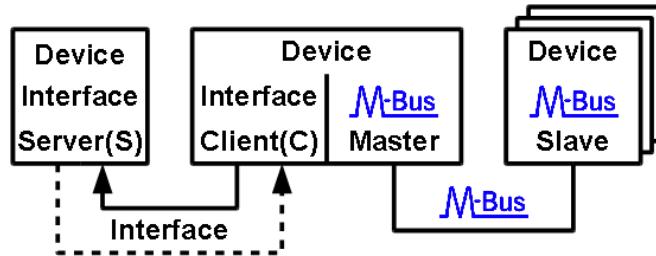


Abbildung 10 – Client/Push-Operation

- Server/Pull-Operation: Das als M-Bus Master agierende Gerät wartet auf eingehende Verbindung(en), um anschließend die über M-Bus angefragten (Gateway) bzw. gesammelten (Konzentrator) Daten zu übertragen, wie zum Beispiel bei der Anbindung mittels Modbus-Client.

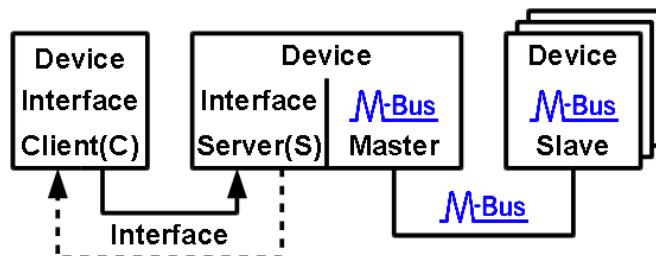


Abbildung 11 – Server/Pull-Operation

- Peer/Push-Pull-Operation: Darüber hinaus sind eine Vielzahl an Szenarien denkbar, in denen die Rolle des als M-Bus Master agierenden Gerätes nicht eindeutig definiert werden kann, so dass eine Mischung (Peer) aus den zuvor beschriebenen Rollen entweder zeitweise oder durchgängig bestehen kann.

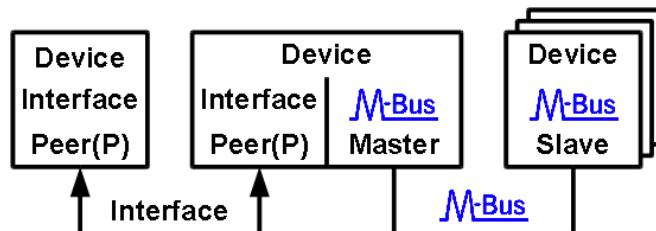


Abbildung 12 – Peer/Push-Pull-Operation

3.10.4 Auslesung großer Netze

Große Netze haben zwei potentielle Herausforderungen:

- Große Ausdehnung und die daraus resultierenden Leitungswiderstände bzw. -kapazitäten
- Große Anzahl an Zählern und die dadurch bedingte hohe Belastung des Masters

Die naheliegendste Lösung hierfür ist der Einsatz von Repeatern, um mittels einem M-Bus Master alle M-Bus Slaves in einem gemeinsamen Netz erreichen zu können.

Bei großen Entfernungen können Repeater in die M-Bus-Leitung eingefügt werden. Diese verstärken so die Signale auf ihrem jeweiligen Teilstrang. Lediglich durch Signallaufzeiten ist die Anwendbarkeit dieses Prinzips eingeschränkt.

Auch bei einer großen Anzahl von Zählern können Repeater eingesetzt werden. Der hohe Strombedarf der Zähler kann so auf mehrere (einzelne) Master mit ihren Teilsträngen verteilt werden. Als Grenze ist hier lediglich die Adressierbarkeit der Zähler zu nennen (Primäradresse: 250/ID der Sekundäradresse: 100.000.000). Mit jedem zusätzlichen Zähler erhöht sich aber auch der

Ausleseyklus aller Zähler (300 Baud → ca. 8 s pro Zähler, 2400 Baud → ca. 2 s pro Zähler, 9600 Baud → ca. 1 s pro Zähler).

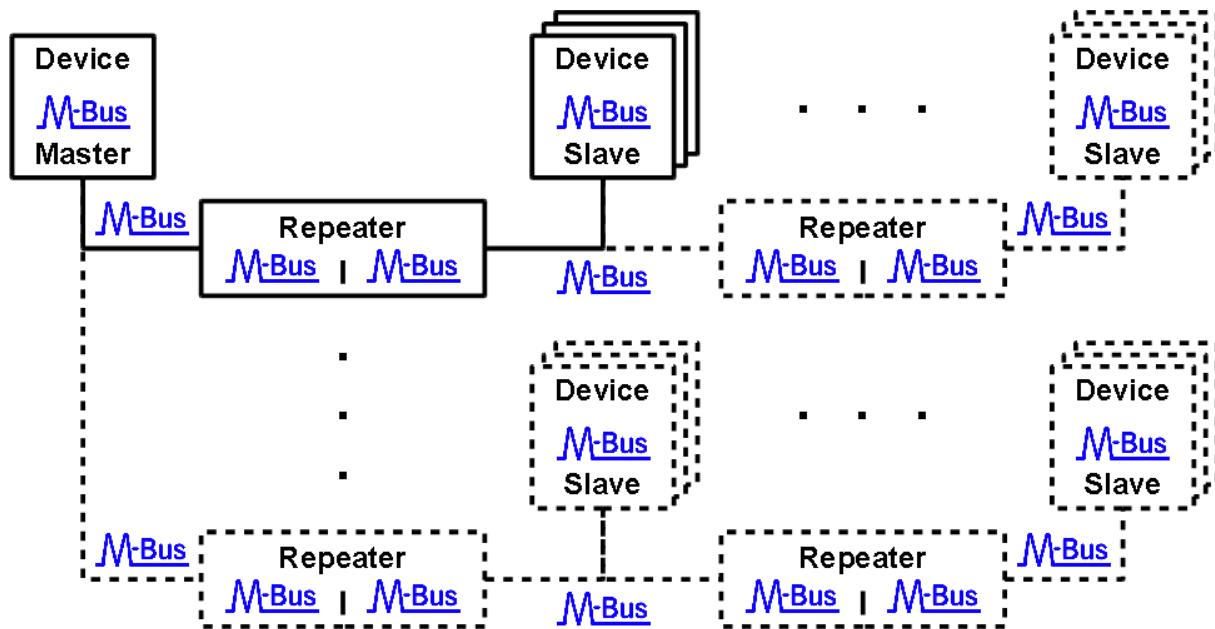


Abbildung 13 - Einsatz von Repeatern für viele Zähler

Alternativ können große Netze in mehrere M-Bus Stränge separiert werden, die nicht zwingend eine physikalische oder logische Verbindung zueinander haben müssen, aber ggf. über ein gemeinsames Netzwerk aggregiert werden können.

Dieser Lösungsansatz erfordert den Einsatz von Gateways bzw. Konzentratoren, da diese als physischer M-Bus-Master agieren und die Daten in ein, jeweils für das angeschlossene Medium, entsprechendes Format umwandeln können (siehe hierzu Kapitel 3.9.3).

Der logische Unterschied zwischen den Varianten ist der Ort der Verarbeitung der Zählerdaten.

Mit Ethernet-Gateways obliegt die Zählerauslesung dem Leitrechner. Dieser stellt die Anfragen an jeden Zähler und muss die Antwort verarbeiten. Dann muss er diese in ein Format für die weiterverarbeitenden Schichten wandeln, da die Ethernet-Gateways dem Leitrechner lediglich die M-Bus-Rohdaten zur Verfügung stellen.

Bei Modbus TCP-Gateways erfolgt die Zählerauslesung und Konvertierung der Daten direkt durch diese Gateways. Der Leitrechner greift dann als Modbus-Client lediglich auf die in den Registern gespeicherten Werte zu. Diese entsprechen einem standardisierten Format und sind somit direkt weiterverarbeitbar.

In beiden Varianten muss der Leitrechner entsprechend viele Gateways über einzelne Virtuelle COM-Ports, generischer TCP- oder Modbus TCP-Verbindungen ansprechen können.

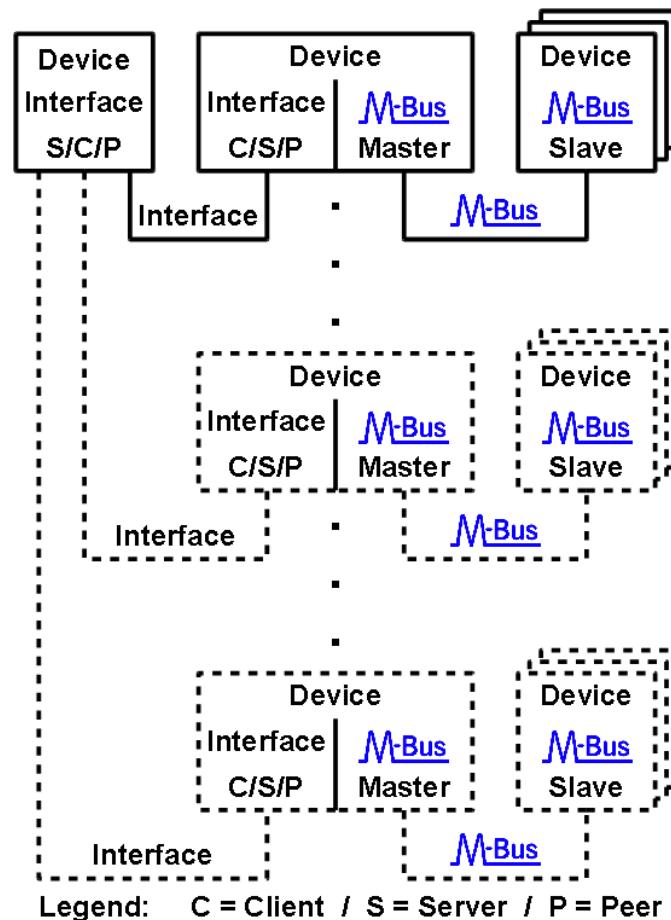


Abbildung 14 - Einsatz von Gateways in verteilten Anlagen

4 Fehlersuche (a)

4.1 Einführung

In M-Bus-Systemen kommt es gelegentlich zu Problemen. Diese werden meist durch Störungen in der Infrastruktur, Defekte von Zählern oder Inkompatibilitäten hervorgerufen.

Im Folgenden werden Wege aufgezeigt, einen Fehler einzugrenzen und ggf. zu beheben.

4.2 Prüfung des M-Bus-Netzes (a)

4.2.1 Einführung

Eine Fehlerquelle bei M-Bus-Systemen kann ein nicht funktionsfähiges M-Bus-Kabelnetz sein. Als Basis für die Untersuchung des M-Bus-Netzes sollten Verkabelungspläne inkl. Topologie mit Angaben zu den Kabellängen und –typen (bitte die Empfehlung für Kabeltypen beachten, siehe [OMS-S2], Annex P, P.3.1.1.1) sowie den Installationsorten von Verteilerdosen dienen.

Mit Hilfe eines Multimeters können einfache Mängel festgestellt und schrittweise lokalisiert werden.

Diese Messungen sollten durchgeführt werden, ohne dass Kommunikation über den M-Bus stattfindet.

4.2.2 Spannungsmessung

Die Spannungsmessung erfolgt mittels eines Multimeters zwischen den beiden Leitungen des M-Bus während diese am Master angeschlossen sind.

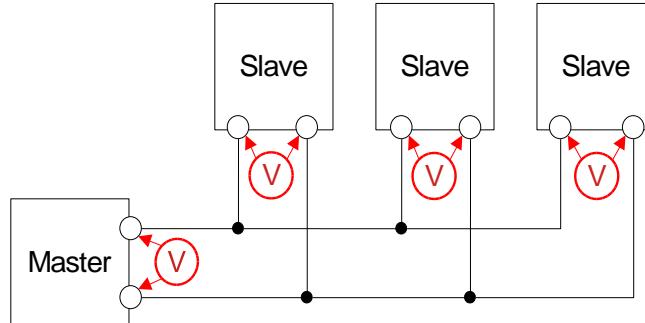


Abbildung 15 - Spannungsmessung am M-Bus

Das Multimeter ist auf einen Spannungsbereich von mindestens 50 V Gleichspannung einzustellen.

4.2.3 Strommessung

Die Strommessung erfolgt mittels eines Multimeters in abwechselnd beiden Leitungen des M-Bus direkt am Master während diese mit einer Ader am Master und mit der anderen Ader am Multimeter angeschlossen sind.

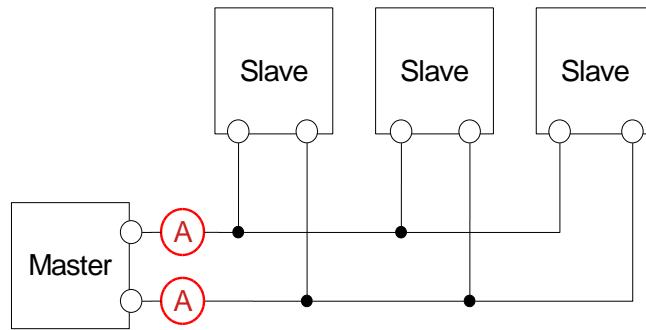


Abbildung 16 - Strommessung im M-Bus

Das Multimeter ist auf einen Strombereich von mindestens 1 A Gleichspannung einzustellen.

4.2.4 Widerstandsmessung

Die Widerstandsmessung erfolgt mittels eines Multimeters zwischen den beiden Leitungen des M-Bus, während der Master nicht angeschlossen ist.

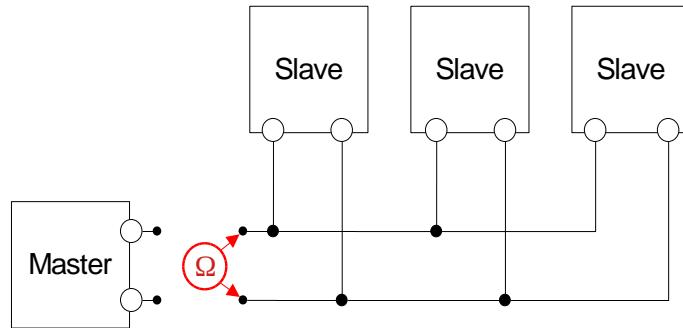


Abbildung 17 - Widerstandsmessung am M-Bus

Das Multimeter ist auf einen Widerstandsbereich von mindestens 100 k Ω einzustellen.

4.2.5 Kapazitätsmessung

Die Kapazitätsmessung erfolgt mittels eines entsprechend ausgestatteten Multimeters zwischen den beiden Leitungen des M-Bus, während der Master nicht angeschlossen ist.

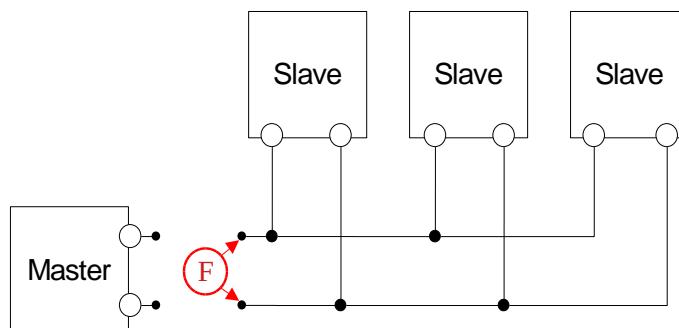


Abbildung 18 - Kapazitätsmessung am M-Bus

Das Multimeter ist auf einen Kapazitätsbereich von höchstens 10 μF einzustellen.

4.2.6 Auswertung

Folgende Werte sollten vorliegen, wenn das M-Bus-Netz intakt ist:

Tabelle 4 – Erwartungswerte für funktionierenden M-Bus

Messung	Gültiger Bereich/Sollwert
Spannung am Master ^a	Ca. 30...42 V DC
Spannung am Zähler	≥ 24 V DC
Strom in einer der M-Bus-Leitungen	\leq Anzahl der angeschlossenen Slaves \times 1,5 mA ^b
Differenz der Ströme in beiden M-Bus-Leitungen	<1 mA
Widerstand M-Bus ^c	>>470 Ω
Widerstand je beide M-Bus-Leitungen gegen PE (Schutzerde)	>20 M Ω
Kapazität M-Bus	<1 μ F

^a Für die konkreten Spannungswerte ist die Spezifikation/das Datenblatt des Masters zu konsultieren.

^b Unter der Annahme, dass jeder Slave 1 UL (=1,5 mA) verbraucht (bis zu 4 UL sind pro Slave erlaubt).
Beispiele: 30 Slaves = 45 mA, 250 Slaves = 375 mA

^c Dieser Wert wird mit einem Multimeter mit einer Messspannung kleiner als 9 V gemessen.

4.3 Fehleranalyse und -lokalisierung im M-Bus-Netz (a)

4.3.1 Einführung

Auf Basis dieser Messungen können entsprechende Schritte eingeleitet werden, um Fehler zu lokalisieren.

4.3.2 Spannung am Master zu gering

Bei einem am M-Bus angeschlossenem Master ist die Spannung zwischen beiden M-Bus-Anschlüssen zu gering. Gehen Sie wie folgt vor:

- Trennen Sie den M-Bus vom Master ab und messen Sie erneut. Liegt nun eine gültige Spannung an, liegt ein Fehler am M-Bus-Netz vor. Messen Sie dazu Widerstand und Strom im M-Bus.
- Ist auch nach dem Abtrennen des M-Bus vom Master die Spannung zu gering, liegt ein Defekt am Master vor. Prüfen Sie dessen Spannungsversorgung und dessen Statusanzeigen.

Unter Umständen handelt es sich beim Master um ein Gerät, welches mit geringeren Busspannungen speziell für kleine Installationen arbeitet (*Local Bus*). Dabei kann es zu Kompatibilitätsproblemen mit den Slaves kommen.

4.3.3 Spannung am Slave zu gering

Bei einem am M-Bus angeschlossenen Slave ist die Spannung zwischen beiden M-Bus-Anschlüssen zu gering. Gehen Sie wie folgt vor:

- Messen Sie die Spannung am Master. Wenn diese zu gering ist, folgen Sie zunächst den Schritten in Kapitel 4.3.2.
- Wenn die Spannung am Master in einem gültigen Bereich liegt, ist der Spannungsfall auf dem M-Bus zu groß. Messen Sie den Widerstand des fehlerhaften Strangs in dem Sie die Widerstandsmessung nach Kapitel 4.2.4 durchführen und dabei erst eine normale Messung durchführen und dann eine zweite Messung durchführen, bei der die M-Bus-Leitungen an der Stelle kurzgeschlossen sind, wo die zu niedrige Spannung angelegen hatte. Gemäß Kapitel 4.2.4 sollte die erste Messung einen Wert $>>470 \Omega$ ergeben, die zweite Messung einen Wert $<<470 \Omega$.

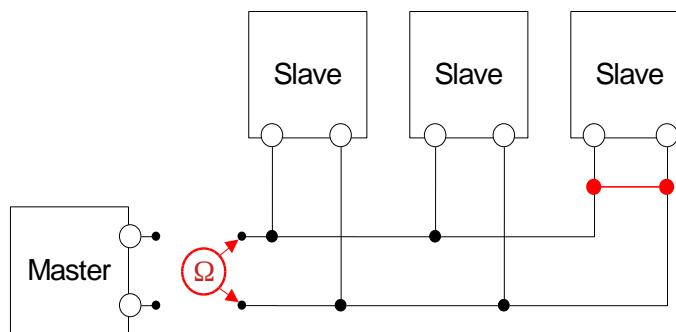


Abbildung 19 – 2. Widerstandsmessung mit Kurzschluss im kritischen Pfad

- Ist der Schleifenwiderstand zu groß, tauschen Sie das Kabel aus.

4.3.4 Widerstand im M-Bus ist zu gering

Ergibt die Widerstandsmessung, dass der Gesamtwiderstand des Bussystems zu gering, sollte wie folgt fortgefahrene werden:

- Trennen Sie Stränge, Teile oder Zähler des M-Bus schrittweise ab und messen Sie dabei fortlaufend den Widerstand zwischen den masterseitigen Leitungsenden. Sobald der Widerstand wieder in einen gültigen Bereich kommt, haben Sie den Verursacher der Störung eingegrenzt und können diesen so schrittweise durch an- und abklemmen lokalisieren. Tauschen Sie den Verursacher aus.
- Ist der Widerstand trotz Abtrennung aller Zähler bzw. Stränge weiterhin zu gering, liegt ein Kurzschluss im aktuell noch angeschlossenen Kabel vor. Tauschen Sie das Kabel aus.
- Gehen Sie ähnlich bei der Suche nach Verbindungen zu PE (Schutzerde) vor.

4.3.5 Strom durch M-Bus ist zu hoch

Ergibt die Strommessung eine zu hohe Stromaufnahme des Gesamtbusses sollte zur weiteren Analyse wie folgt fortgefahren werden:

- Trennen Sie Stränge, Teile oder Zähler des M-Bus schrittweise ab und messen Sie dabei fortlaufend den Strom. Sobald der Strom wieder in einen gültigen Bereich kommt, haben Sie den Verursacher der Störung eingegrenzt und können diesen so schrittweise lokalisieren. Tauschen Sie den Verursacher aus.
- Ist der Strom trotz Abtrennung aller Zähler bzw. Stränge weiterhin zu hoch, liegt ein Kurzschluss im aktuell noch angeschlossenen Kabel vor. Tauschen Sie das Kabel aus.
- Ein Kurzschluss kann auch zu PE (Schutzerde) vorliegen. Prüfen Sie dies mittels der Widerstandsmessung.

4.3.6 Kapazität im M-Bus zu hoch

Eine zu hohe Kapazität führt vor allem dazu, dass Pakete nicht mehr richtig vom Master zum Slave übertragen werden können. Trennen Sie den M-Bus vom Master und fahren Sie folgendermaßen fort:

- Trennen Sie Stränge, Teile oder Zähler des M-Bus schrittweise ab und messen Sie dabei fortlaufend die Kapazität zwischen den masterseitigen Leitungsenden. Sobald die Kapazität wieder in einen gültigen Bereich kommt, haben Sie den Verursacher der Störung eingegrenzt und können diesen so schrittweise durch an- und abklemmen lokalisieren. Tauschen Sie den Verursacher aus.
- Ist die Kapazität trotz Abtrennung aller Zähler bzw. Stränge weiterhin zu groß, liegt ein Fehler im aktuell noch angeschlossenen Kabel vor. Tauschen Sie das Kabel aus.

4.3.7 Sonderfall dynamische Fehler

Unter Umständen kann auch der Fehler dynamisch auftreten, speziell durch ein defektes Gerät am Bus verursacht werden. Zur Fehlersuche muss hier im laufenden Betrieb, eventuell auch bei laufender Kommunikation, gemessen werden.

Dazu ist es hilfreich, mittels eines Oszilloskops Verläufe von Spannung und Strom aufzuzeichnen und dann ähnlich wie oben beschrieben durch schrittweises an- und abklemmen den Fehler einzugrenzen. Das Vorgehen kann hier nicht pauschal angegeben werden.

Einige Fehlerbilder sind:

- Slave moduliert Stromaufnahme sporadisch/zyklisch obwohl keine Kommunikation stattfindet.
- Störsignale sind auf dem M-Bus zu messen (siehe Kap.: 4.5).
- Flankensteilheit der Sende- und Empfangssignale ist sehr gering.
- Spannung am Master bzw. Slave bricht zyklisch bzw. kurzzeitig ein.
- Hohe Welligkeit der M-Bus-Spannung

4.3.8 Sonstige Installationsfehler

In der Praxis zeigen sich gelegentlich weitere Installationsfehler:

- Slaves sind nicht M-Bus-fähig, möglicher Weise handelt es sich zum Beispiel um einen Impulszähler
- Master oder Slave sind für den *Local Bus* nach EN 13757-6 spezifiziert und somit zu EN 13757-2 nicht kompatibel
- Medienkonverter, Gateways und Pegelwandler stimmen von der Konfiguration nicht mit der Installation überein (Wer ist Master? Wer ist Slave? Hat jeder Strang einen Master?).

4.4 Prüfung der Kommunikation (a)

4.4.1 Einführung

Bei falscher Parametrierung der Busteilnehmer oder Inkompatibilitäten kann trotz intakter Infrastruktur die Kommunikation dennoch gestört sein. Hierbei muss der Kommunikationsverlauf analysiert werden.

Dazu ist es hilfreich, mittels eines Oszilloskops Verläufe von Spannung und Strom aufzuzeichnen. Diese Verläufe können mit den am Master empfangenen Daten verglichen werden.

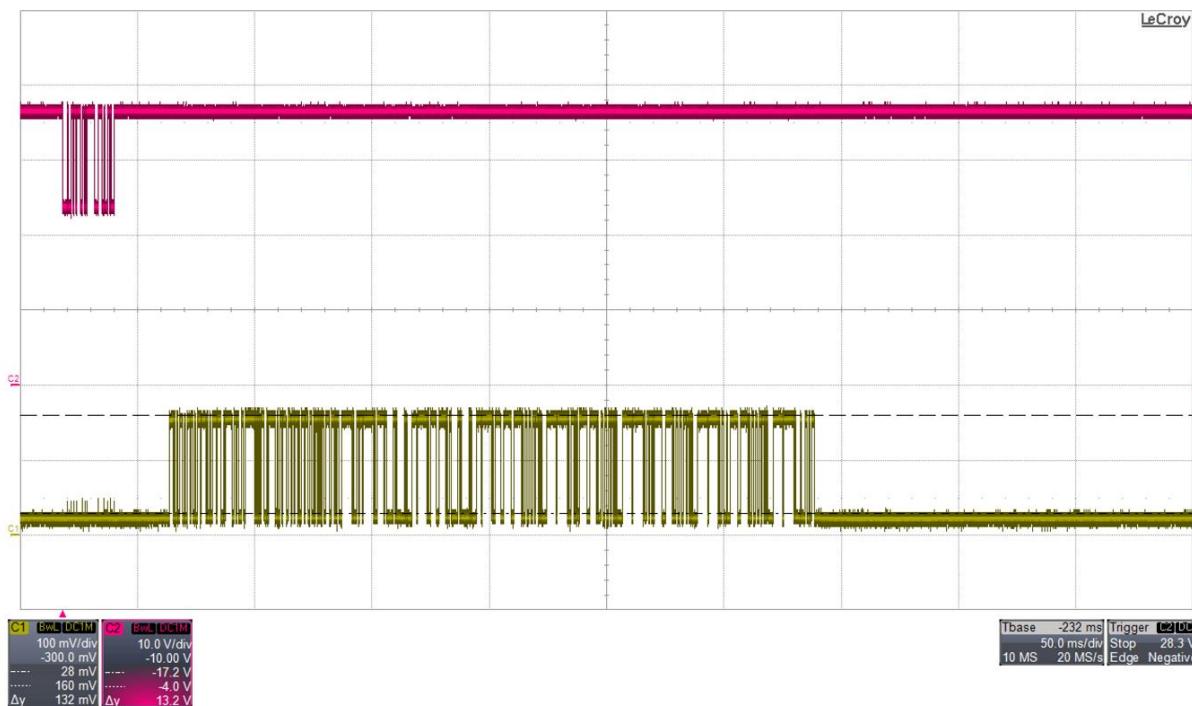


Abbildung 20 - Aufzeichnung der Kommunikation (rot = senden, gelb = empfangen) mittels Oszilloskops

Bei Messungen mittels Oszilloskops ist die Potentialfreiheit zu beachten. Die Signalmasse von Oszilloskopen liegt in der Regel auf PE. Daher darf die Signalmasse nicht mit einer der M-Bus-Leitungen verbunden werden. Differentielle Tastköpfe sollten daher verwendet werden.

Die Strommessung kann mittels eines in Reihe geschalteten Messwiderstands (z. B.: 10Ω) erfolgen. Auf Grund der Potentialfreiheit ist eine empfindliche Gleichstromzange jedoch besser geeignet.

Einige typische Fehlerquellen und ggf. Abhilfe werden im Folgenden beschrieben.

4.4.2 Adressen nicht eindeutig

Sämtliche Kommunikation beim M-Bus erfolgt über die Adresse eines Slaves (Primär- oder Sekundäradresse). Sofern diese nicht eindeutig vergeben sind, treten Kollisionen am Bus auf, welche zu Dateninkonsistenzen führen.

Gerade bei Primäradressierung und Erstinbetriebnahme tritt dies häufig auf, da viele Slaves ab Werk eine 0 als Primäradresse besitzen und somit gleichzeitig antworten.

Dies kann behoben werden, indem:

- vor der Auslesung eindeutige Primäradressen an alle Slaves vergeben werden;
- auf Sekundäradressierung umgestellt wird (Eindeutigkeit ist sehr wahrscheinlich).

Unter Umständen muss der Bus auch Slave für Slave in Betrieb genommen werden, wenn z.B. nur über Mastertelegramme ein Setzen der Primäradresse möglich ist.

4.4.3 Sekundäradressierung nicht möglich

Sollte ein Slave die Sekundäradressierung nicht unterstützen, obwohl dies nach [OMS-S2], Annex P, P.3.1.2.2, verpflichtend ist, muss die Primäradressierung genutzt werden. Hierfür ist es wichtig, dass die Slaves entsprechend eindeutige Adressen besitzen. Mehr dazu finden Sie in Kapitel 4.4.2.

4.4.4 Slaves antworten sporadisch nicht

Nicht alle Slaves können die Anfragen des M-Bus-Masters jederzeit verarbeiten. Oft ist dafür der interne Aufbau der Slaves verantwortlich. Findet man dort beispielsweise 2 Mikrocontroller welche Mess- und Kommunikationsdaten austauschen, kann während der internen Kommunikation die M-Bus-Kommunikation blockiert sein.

Nach [OMS-S2], Annex P, P.2.1.9, muss ein Slave eigentlich immer ansprechbar sein. Allerdings kann in der [MANDEC] deklariert werden, dass der Slave unter bestimmten Bedingungen nicht ansprechbar ist.

Durch längere Timeouts oder mehrfaches Anfragen der Slaves, kann der M-Bus-Master dieses Verhalten ausgleichen.

4.4.5 Falsche Baudrate wird genutzt

Der M-Bus arbeitet laut EN 13757-2 mit Baudaten von 300, 2400 oder 9600 Baud. Nach [OMS-S2], Annex P, P.2.2.1, muss ein Slave mindestens die Baudaten 300 und 2400 Baud unterstützen. Außerdem muss er für alle Baudaten eine automatische Erkennung unterstützen.

Üblicher Weise wird eine Baudate von 2400 verwendet. Jedoch können nicht alle Slaves mit diesen Baudaten umgehen oder sie müssen auf diese Baudate umgestellt werden, wenn sie über keine Autobaudatendetektion verfügen.

Es kann auch vorkommen, dass auf Grund fehlerhafter Implementierung im Slave oder Master die Baudaten eine zu große Abweichung vom Sollwert haben. Die genutzte Baudate lässt sich mittels Oszilloskop relativ einfach bestimmen.

Bei möglichen Baudatenproblemen empfiehlt sich folgendes Vorgehen:

- Der Master arbeitet nacheinander mit den 3 Standard-Baudaten.
- Mittels Mastertelegramm oder Benutzereingabe werden die Slaves auf eine bestimmte Baudate eingestellt.
- Slaves mit vom Standard abweichenden Baudaten sollten ausgetauscht werden oder isoliert mit fester Masterkonfiguration betrieben werden.

4.4.6 Fehler im Telegrammkopf

Unter Umständen kann es vorkommen, dass die Daten im Header eines Telegramms nicht stimmen. Bekannte Beispiele dafür sind:

- ein Slave gibt eine andere Sekundäradresse aus, als unter der er antwortet
- ein Slave verwendet hexadezimale Zahlen (0xA-0xF) in der Sekundär-ID
- ein Slave gibt die Nutzung einer Verschlüsselung vor, jedoch sind die Daten nicht verschlüsselt oder anders verschlüsselt als angegeben

Das Vorgehen kann bei solchen Fehlerbildern nicht pauschal angegeben werden. Eine robuste Mastersoftware ist hier notwendig.

4.4.7 Nutzung anderer Protokolle

Der M-Bus nutzt nach EN 13757-2 eine robuste Physik. Es gibt Produkte am Markt, die die gleiche Physik nutzen, jedoch andere Protokolle darüber übertragen. Prinzipiell ist dies zulässig, führt jedoch

zu Missverständnissen und hohem Aufwand auf Master-Seite. Hybride Strukturen sind nicht zu empfehlen.

4.5 Störungen auf dem M-Bus (a)

Gerade im industriellen Umfeld und bei großen Ausdehnungen können Störungen auf dem M-Bus auftreten. Solche Störungen können mittels eines Oszilloskops erkannt und aufgezeichnet werden. Dabei sind die Spannungspegel deutlich stärker betroffen als die Strompegel.

Das typische Fehlerbild sind kurze Störpakete mit signifikanten Spannungspegeln und hohen Frequenzen. Schaltanlagen der Energietechnik (z. B.: Wechselrichter, Frequenzumrichter) sind oft die Ursache solcher Störungen. Diese koppeln meist vom Energienetz in das M-Bus-Netz ein, wenn diese nicht räumlich getrennt geführt werden. Diese Störungen können aufgrund der hohen Pegel die Kommunikation stören oder auch manche M-Bus-Teilnehmer temporär oder dauerhaft beschädigen.

Durch die hohen Frequenzanteile lassen sich diese Störungen in einem gewissen Maße mittels zusätzlich eingebrachten Kapazitäten im M-Bus unterdrücken. Hierbei muss jedoch auf die Gesamtkapazität im M-Bus und die Leistungsfähigkeit des M-Bus-Masters geachtet werden. Diese sollte, abhängig von der Baudrate und vom Master, nie einen Wert von $1 \mu\text{F}$ überschreiten. Ein schrittweises Erhöhen, beginnend mit Werten $<100 \text{ nF}$ ist hier empfehlenswert, siehe dazu auch Kapitel 4.2.5, 4.2.6 und 4.3.6).

Wenn die Möglichkeit besteht, empfiehlt es sich, die Verkabelung zu überprüfen. Nach Möglichkeit sollten geschirmte Kabel verwendet und diese räumlich getrennt vom Energienetz verlegt werden, siehe dazu auch Kapitel 3.5 und 3.6.