

MQTT

MQTT ist eine schlanke, gemeinsame Sprache, mit der Geräte im Internet der Dinge (IoT) Daten austauschen.

Standard-Ports	1883 (unverschlüsselt), 8883 (verschlüsselt mit TLS); via WebSocket üblich 80/443
----------------	---

Topologie	Sternförmig: alle Clients verbinden sich mit einem zentralen Broker
-----------	---

QoS-Stufen	0 (höchstens einmal), 1 (mindestens einmal), 2 (genau einmal)
------------	---

Nachrichtenformat	Topic (Adress-Text) plus Payload (der eigentliche Inhalt); dieser ist beliebig, auch binär
-------------------	--

OPC UA

OPC UA ist die gemeinsame, sichere Sprache, in der Maschinen Daten mit Bedeutung teilen.

Standard	IEC 62541 (OPC Unified Architecture)
----------	--------------------------------------

Herausgeber	OPC Foundation
-------------	----------------

Kommunikationsmuster	Client/Server (Browse, Read, Write, Subscribe) plus PubSub-Erweiterung (Teil 14)
----------------------	--

Datenmodell	Informationsmodell, Adressraum aus Knoten (Objekte, Variablen, Methoden) mit Metadaten
-------------	--

Modbus RTU

Der serielle Klassiker der Anlagentechnik: Einer fragt, alle Geräte antworten nur auf Zuruf.

Erschienen	1979, von Modicon veröffentlicht
------------	----------------------------------

Pflege heute	Modbus Organization (offener De-facto-Standard)
--------------	---

Übertragung	binär (RTU) über serielle Leitung, meist RS-485 Zweidraht
-------------	---

Rollen	Master/Slave, neu auch Client/Server genannt
--------	--

Modbus TCP

Modbus TCP bringt das einfache Modbus-Frage-Antwort-Prinzip ins Ethernet-Netzwerk, über Standard-Port 502.

Standard	Modbus Application Protocol, gepflegt von der Modbus Organization
----------	---

Ursprung	Modbus 1979 von Modicon; TCP-Variante seit Ende der 1990er
----------	--

Transport / Medium	TCP/IP über Standard-Ethernet (Switches, normale Netzwerktechnik)
--------------------	---

Port / Adressierung	TCP-Port 502; Gerät wird über seine IP-Adresse angesprochen
---------------------	---

PROFINET

PROFINET ist die Sprache, mit der die Steuerung einer Fabrik ihre Maschinen im Takt über Netzkabel dirigiert.

Standard	IEC 61158 und IEC 61784, ein offener international genormter Standard
----------	---

Geprägt von	Siemens und der Organisation PI (PROFIBUS und PROFINET International)
-------------	---

Netz	läuft über Standard-Ethernet, meist 100 Mbit pro Sekunde, mit normalem Switch
------	---

EtherCAT

EtherCAT schickt einen einzigen Ethernet-Rahmen durch alle Geräte, die ihn im Vorbeifahren lesen und beschreiben.

Standard	IEC 61158 (und IEC 61784-2), international genormt seit 2007
----------	--

Entwickelt von	Beckhoff Automation, vorgestellt 2003
----------------	---------------------------------------

Rollen	ein Master (Steuerung) und viele Slaves (Feldgeräte)
--------	--

CoAP

CoAP ist «HTTP für winzige Geräte»: RESTful über UDP mit 4-Byte-Header.

Voller Name	Constrained Application Protocol
-------------	----------------------------------

Norm / Standard	IETF RFC 7252 (2014); OBSERVE: RFC 7641; Block-Wise: RFC 7959
-----------------	---

AMQP

Broker-basiertes Messaging-Protokoll für zuverlässige, entkoppelte Nachrichtenzustellung zwischen Systemen.

Voller Name	Advanced Message Queuing Protocol
-------------	-----------------------------------

Kategorie	Broker-basiertes Messaging-Protokoll (Nachrichtenwarteschlange)
-----------	---

nach dem
Provider/Consumer-
Modell, jeder sendet im
festen Takt

LoRaWAN

LoRaWAN ist das Funknetz, mit dem winzige Sensoren kilometerweit und sehr stromsparend Daten senden.

Herausgeber LoRa Alliance, ein offener Industrie-Zusammenschluss; LoRaWAN ist der offene Netzwerk-Standard, der auf der...

Netzaufbau (Topologie) Stern-von-Sternen: Sensoren funken zu Gateways, die Gateways sind sternförmig mit dem zentralen...

Geräteklassen Klasse A (sparsamst, hört nur kurz nach dem Senden), Klasse B (zusätzliche, fest geplante Empfangsfenster),...

Aktivierung OTAA (Anmeldung per Funk, empfohlen, Schlüssel werden bei jeder neuen Anmeldung frisch ausgehandelt) oder...

oder Ring; der Ring dient der Ausfallsicherheit (Redundanz)

NB-IoT & LTE-M

Mobilfunk fürs IoT: NB-IoT und LTE-M funken über bestehende LTE-Masten — bis in den Keller, jahrelang mit Batterie.

Voller Name Narrowband-IoT (LTE Cat-NB1/NB2) und LTE-M (LTE Cat-M1)

Standard 3GPP Release 13 (2016), wird in 5G weitergeführt

Spektrum lizenzierte Mobilfunk-Bänder, läuft auf bestehenden LTE-Masten

Bandbreite NB-IoT: 200 kHz · LTE-M: 1,4 MHz

TCP/TLS/WebSocket per RFC 8323)

Ports 5683 (CoAP), 5684 (CoAPs mit DTLS)

Zigbee

Zigbee ist ein stromsparendes Funk-Maschennetz, in dem sich Nachrichten von Gerät zu Gerät den Weg zum Ziel suchen.

Herausgeber Connectivity Standards Alliance (früher Zigbee Alliance)

Netz-Aufbau Maschennetz (Mesh): Nachrichten hüpfen von Gerät zu Gerät, selbstheilend bei Ausfall

Stromverbrauch sehr niedrig; batteriebetriebene End-Devices halten oft ein bis zwei Jahre oder länger

Typischer Einsatz Smart Home: Philips Hue, IKEA Tradfri, Aqara und viele mehr

Standard (2012) und ISO/IEC 19464 (2014)

Transport IOTUELI · iotueli.ch/wissen TCP; Standard-Port 5672, verschlüsselt

Z-Wave

Funk-Maschennetz für Smart Home im Sub-GHz-Band mit strenger Zertifizierung und hoher Marken-Kompatibilität.

Voller Name Z-Wave (Funkstandard für Heimautomation, ursprünglich von Zensys)

Frequenzband Sub-GHz, regional verschieden: Europa 868,4 MHz, USA 908,4 MHz

Netztopologie Maschennetz (Mesh); netzbetriebene Geräte wirken als Repeater, bis zu 4 Hops

Adressierung Home-ID kennzeichnet das Netz, Node-ID das Gerät; max. 232 Knoten pro Netz

KNX

KNX: der weltweite Standard, der Licht, Storen und Heizung herstellerübergreifend verbindet, ganz ohne Zentrale.

CAN / CANopen

CAN ist ein robuster 2-Draht-Bus, auf dem die wichtigste Nachricht per Priorität immer zuerst durchkommt.

BACnet

BACnet ist die gemeinsame Sprache, mit der Geräte verschiedener Hersteller in einem Gebäude zusammenarbeiten.

WebSocket

WebSocket hält eine Leitung zwischen Browser und Server dauerhaft offen, damit beide jederzeit senden können.

Norm ISO/IEC 14543-3, in Europa EN 50090	Name CAN steht für Controller Area Network (Steuergeräte-Netzwerk)	Voller Name Building Automation and Control Networks	Norm (Kernprotokoll) RFC 6455 der IETF (Internet-Normungsorganisation)
Herkunft Aus dem europäischen EIB (Instabus) der frühen 1990er Jahre; KNX als Standard ab 1999/2002	Standard ISO 11898 (Teil 1: Datenverbindung, Teil 2/3: Physik), von Bosch ab 1983 entwickelt, 1986 vorgestellt	Norm ISO 16484-5 (international) und ANSI/ASHRAE 135 (USA)	Standardisiert seit 2011
Pflege KNX Association mit Sitz in Brüssel	Topologie Bus-System (alle Teilnehmer hängen an einer gemeinsamen Leitung), Multi-Master (jeder Knoten darf von sich...	Erstveröffentlichung 1995 als ASHRAE 135; seit 2003 auch ISO-Norm	API-Standard... WHATWG Living Standard (Gremium für Web-Standards, löste die frühere W3C-Spezifikation ab)
Architektur Dezentral, kein zentraler Steuerungs-Computer nötig	Adressierung message-basiert: keine Geräte-, sondern Nachrichten-IDs mit 11 Bit (Standard) oder 29 Bit (Extended)	Grundprinzip Jedes Gerät ist eine Sammlung von Objekten mit Eigenschaften (Properties)	Adress-Schemata ws:// (unverschlüsselt), wss:// (per TLS/Verschlüsselung abgesichert)