

Industrielle Bussysteme : Labor

Dr. Leonhard Stiegler
Automation

www.dhbw-stuttgart.de

- Raspberry PI
- Netzwerk-Diagnose
 - Kommandos
 - Analyse-Software Wireshark
 - Wireshark Protokollanalyse
- SSP-Steuerung mit Codesys
- Ethernet basierte Bussysteme
 - Modbus/TCP
 - EtherCAT
 - Ethernet/IP

Raspberry PI

- Einplatinen-Rechner mit Kommunikations- und Funktions-Schnittstellen
- ARM Prozessor
- OS: Debian Linux Derivat auf 8GB Typ10 SD-Speicherkarte
- Kommunikationsschnittstellen
 - RJ45 Ethernet, USB, HDMI, Video-Out
- Funktionsschnittstellen
 - General-Purpose I/O (GPIO)
für das I²C - Modul Adafruit 16-Kanal Servo Driver PWM

SPS-Laufzeitsystem : Codesys Control

- wird beim Hochfahren des Betriebssystems gestartet
- Zeitlimit: 2 Std.

- IP Verbindungsanalyse (Connectivity)
Zeigt die eigene IP- und MAC-Adresse an
Windows: ipconfig (im DOS-Fenster) Linux/Mac: ifconfig
- Beispiel:

Ethernetadapter LAN-Verbindung 3:

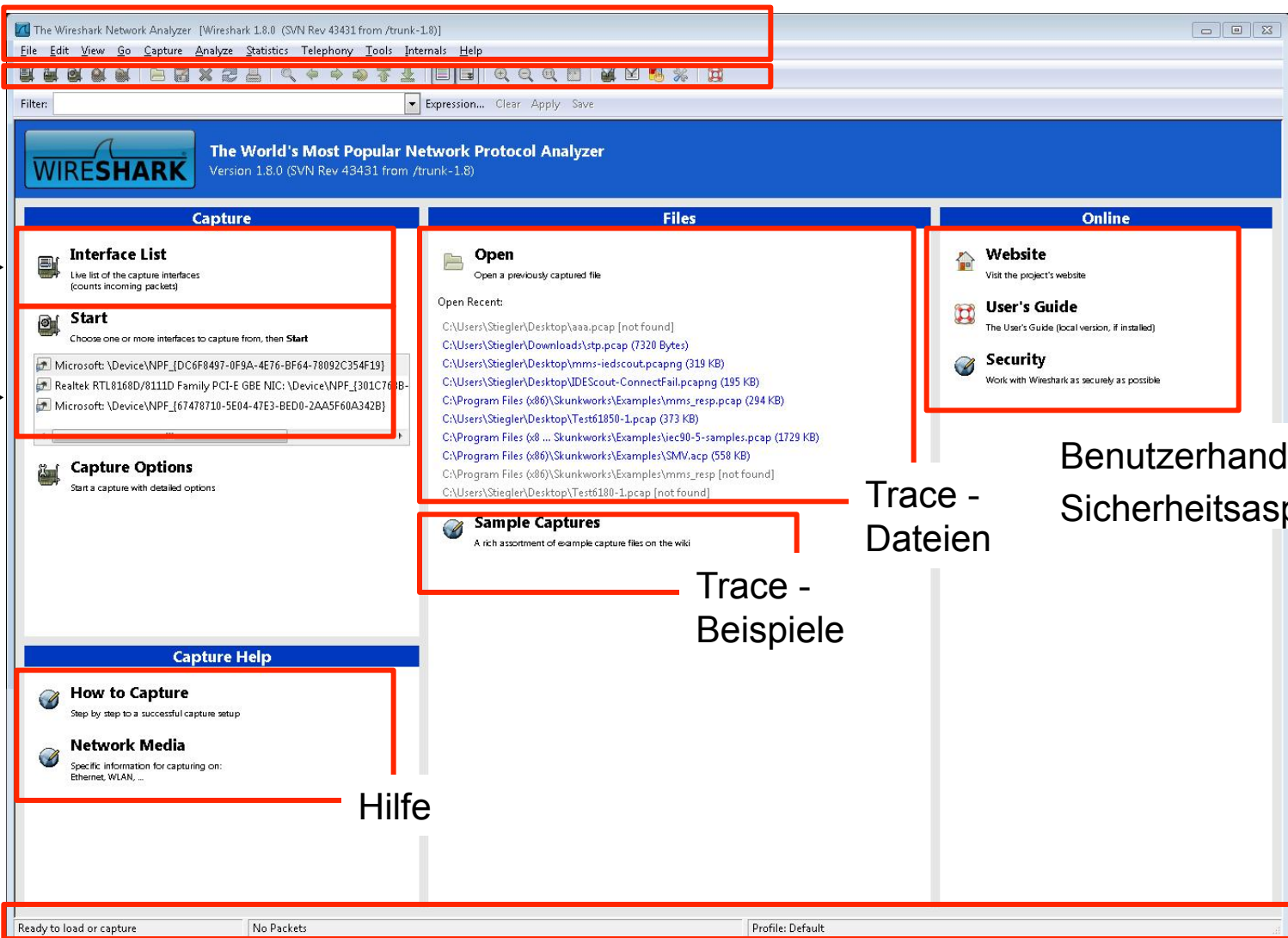
```
Verbindungsspezifisches DNS-Suffix: Speedport_W_700V
Beschreibung. . . . . : Ethernetadapter der AMD-PCNET-Familie #2
Physikalische Adresse . . . . . : 08-00-27-35-47-D6
DHCP aktiviert. . . . . : Ja
Autokonfiguration aktiviert . . . : Ja
IP-Adresse. . . . . : 192.168.2.102
Subnetzmaske. . . . . : 255.255.255.0
Standardgateway . . . . . : 192.168.2.1
DHCP-Server . . . . . : 192.168.2.1
DNS-Server. . . . . : 192.168.2.1
Lease erhalten. . . . . : Freitag, 6. September 2013 16:16:04
Lease läuft ab. . . . . : Dienstag, 10. September 2013 16:16:04
```

- IP Verbindungsanalyse (Connectivity)
 - Zeigt die aktiven Verbindungen (Windows: im CMD-Fenster: netstat)
- Beispiel

Aktive Verbindungen

Proto	Lokale Adresse	Remoteadresse	Status
TCP	vm-win:1201	localhost:44080	HERGESTELLT
TCP	vm-win:1203	localhost:44080	HERGESTELLT
TCP	vm-win:1205	localhost:44080	SCHLIESSEN_WARTEN
TCP	vm-win:1214	localhost:44080	HERGESTELLT
TCP	vm-win:44080	localhost:1201	HERGESTELLT
TCP	vm-win:44080	localhost:1203	HERGESTELLT
TCP	vm-win:44080	localhost:1205	FIN_WARTEN_2
TCP	vm-win:44080	localhost:1214	HERGESTELLT
TCP	vm-win:1202	95.100.97.67:http	HERGESTELLT
TCP	vm-win:1204	62.159.74.11:http	HERGESTELLT
TCP	vm-win:1215	62.156.238.46:http	HERGESTELLT

Protokollanalyse mit Wireshark : Startmenü



The screenshot shows the Wireshark 1.8.0 interface. Red boxes highlight the following areas:

- Hauptmenü** (Main Menu): The menu bar at the top containing File, Edit, View, Go, Capture, Analyze, Statistics, Telephony, Tools, Internals, and Help.
- Toolbar**: The row of icons below the menu bar.
- Filter**: The filter input field with a dropdown menu.
- Liste der Schnittstellen** (List of Interfaces): The 'Interface List' section in the 'Capture' pane.
- Schnittstellen-Auswahl** (Interface Selection): The 'Start' section in the 'Capture' pane, showing a list of network interfaces.
- Trace - Dateien** (Trace - Files): The 'Open' section in the 'Files' pane, showing a list of recently opened files.
- Trace - Beispiele** (Trace - Examples): The 'Sample Captures' section in the 'Files' pane.
- Hilfe** (Help): The 'Capture Help' section in the 'Capture' pane, containing 'How to Capture' and 'Network Media' links.
- Benutzerhandbuch** (User Manual): The 'User's Guide' link in the 'Online' pane.
- Sicherheitsaspekte** (Security Aspects): The 'Security' link in the 'Online' pane.
- Statuszeile** (Status Bar): The bottom bar showing 'Ready to load or capture', 'No Packets', and 'Profile: Default'.

Wireshark :Toolbar

	Interface Auswahl		Aktuelle Trace Datei noch einmal öffnen		Rückwärts
	Optionen Auswahl		Drucken Dialog		Vorwärts
	START Trace		Suchen Dialog		Springen zu
	STOP Trace		Capture Filter Dialog		Zum 1. Paket
	STOP+Restart Trace		Display Filter Dialog		Zum letzten Paket
	Datei öffnen		Einstellungen Dialog		Ausgabe vergrößern
	Datei speichern		Farb-Einstellungen		Ausgabe verkleinern
	Datei schließen		Hilfe		Originalgröße

Menü und Funktionsauswahl

Filter

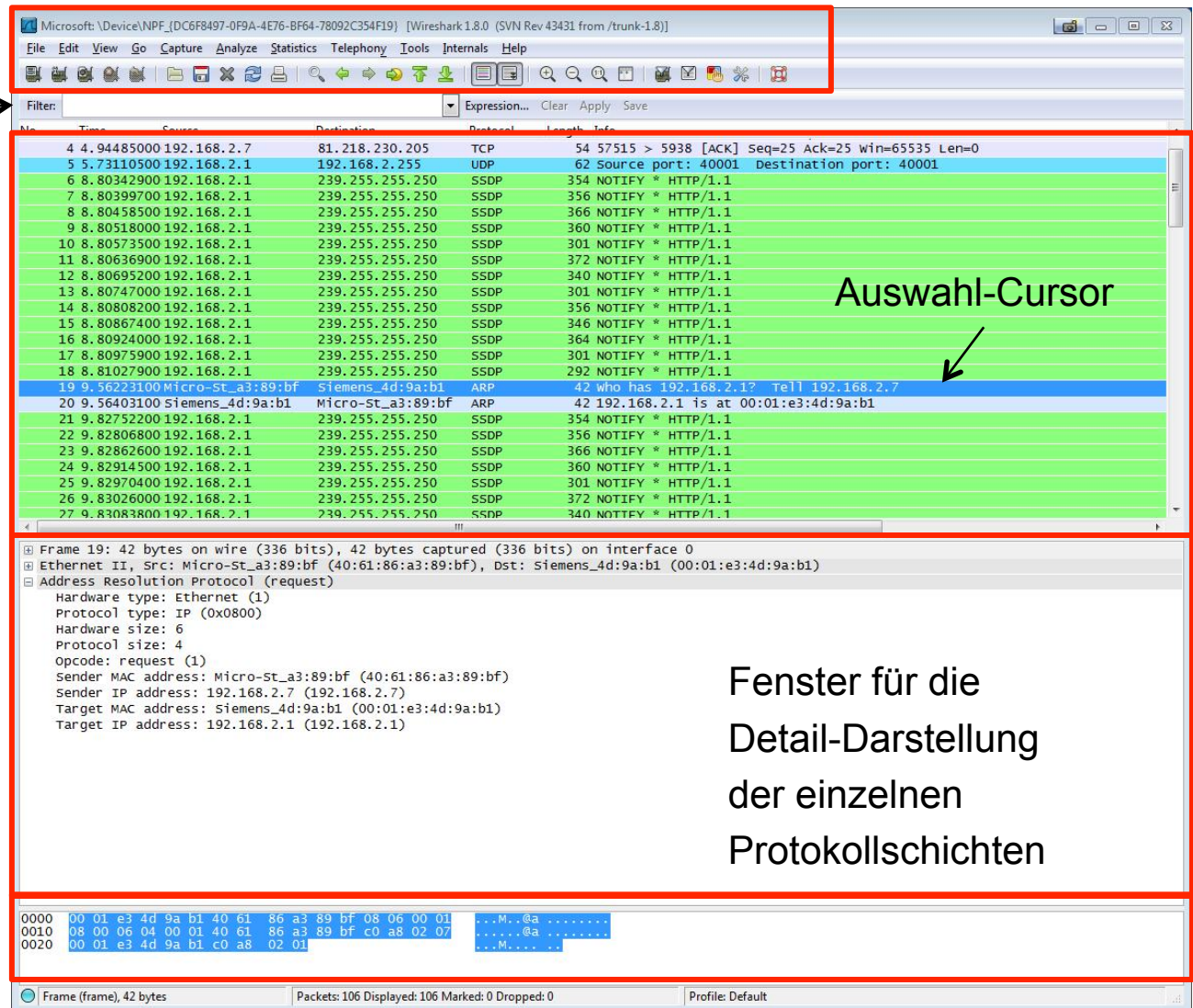
Nachrichten-Liste

Auswahl-Cursor

Protokollschichten

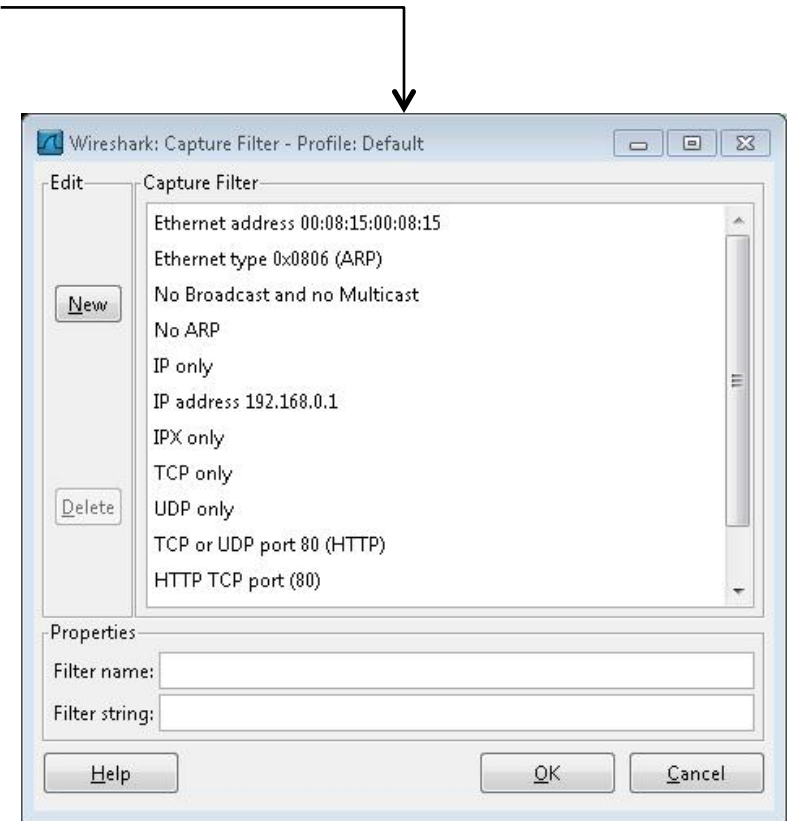
Hexadezimal-Darstellung (Hex-Dump)

Fußzeile



The screenshot shows the Wireshark 1.8.0 interface. The menu bar at the top includes File, Edit, View, Go, Capture, Analyze, Statistics, Telephony, Tools, Internals, and Help. Below the menu is a toolbar and a filter input field. The main pane displays a list of network packets with columns for No., Time, Source, Destination, Protocol, Length, and Info. Packet 19 is selected, and its details are shown in the lower pane, including Ethernet II, ARP, and IP layers. At the bottom, a hex dump shows the raw data of the selected packet. The status bar at the very bottom indicates 'Frame (frame), 42 bytes' and 'Packets: 106 Displayed: 106 Marked: 0 Dropped: 0'.

- **Capture Filter:**
 - Hauptmenü – Capture – Capture Filters ...
 - Aufnahme-Filter
Datenmenge wird bei der **Aufnahme** gefiltert
- **Display Filter:**
 - Hauptmenü – Analyze – Display Filters ...
 - Anzeige-Filter
Datenmenge wird bei der **Wiedergabe** gefiltert



Protokoll-Filter Direkteingabe

Filter = arp

Nur ARP-Nachrichten
werden angezeigt

Dekodierung der
ausgewählten Nachricht

ARP: Address
Resolution Protocol

The screenshot shows the Wireshark interface with a packet filter set to 'arp'. The packet list pane displays three ARP-related packets. The selected packet (No. 46) is expanded to show its details:

- Frame 46: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
- Ethernet II, Src: wagoKont_05:e3:28 (00:30:de:05:e3:28), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
- Address Resolution Protocol (request/gratuitous ARP)
 - Hardware type: Ethernet (1)
 - Protocol type: IP (0x0800)
 - Hardware size: 6
 - Protocol size: 4
 - opcode: request (1)
 - [Is gratuitous: True]
 - Sender MAC address: wagoKont_05:e3:28 (00:30:de:05:e3:28)
 - Sender IP address: 192.168.2.4 (192.168.2.4)
 - Target MAC address: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
 - Target IP address: 192.168.2.4 (192.168.2.4)

At the bottom, a hex dump shows the raw bytes of the packet:

```
0000 ff ff ff ff ff ff 00 30 de 05 e3 28 08 06 00 01 .....0 ...(.
0010 08 00 06 04 00 01 00 30 de 05 e3 28 c0 a8 02 04 .....0 ...(.
0020 00 00 00 00 00 00 c0 a8 02 04 00 00 00 00 00 00 .....
0030 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....

```

Anzeige aller ARP-Protokollnachrichten

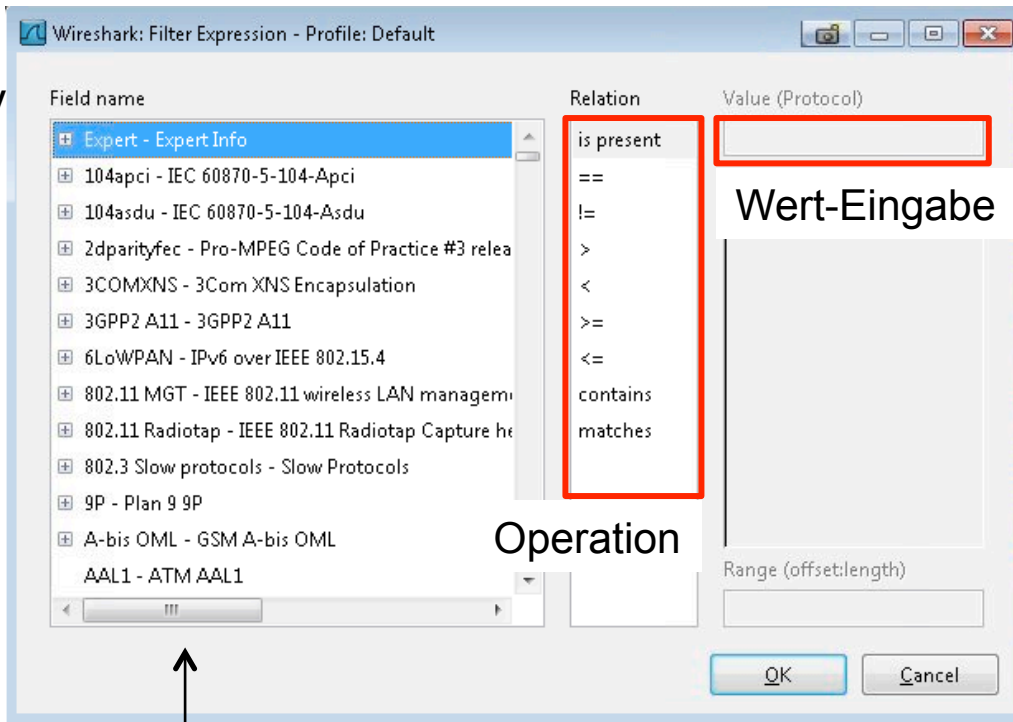
Display-Filter Definition

Filter löschen Filter speichern



Display Filter

Filter anwenden



Filter Definition

Protokoll-Parameter Auswahl

Automatische Protokoll-Filter Definition

Nachricht markieren,
Kontext-Menü (rMaus)

Filtermenü

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
9	0.92526900	192.168.2.7	192.168.2.1	DNS	76	Standard query 0x8555 A isatap.workgroup
10	1.02400600	192.168.2.2	192.168.2.255	NBNS	92	Name query NB <01><02>__MSBROWSE__<02><01>
11	1.02438600	192.168.2.2	192.168.2.255	NBNS	92	Name query NB <01><02>__MSBROWSE__<02><01>
12	*REF*	192.168.2.1	192.168.2.7	DNS	151	Standard query response 0x8555 No such name
13	0.00287300	fe80::6c7d:449c:33eff02::1:3	224.0.0.252	LLMNR	86	Standard query 0x7414 A isatap
14	0.00349400	192.168.2.7	224.0.0.252	LLMNR	66	Standard query 0x7414 A isatap
15	0.10988400	fe80::6c7d:449c:33eff02::1:3	224.0.0.252	LLMNR	86	Standard query 0x7414 A isatap
16	0.11013800	192.168.2.7	224.0.0.252	LLMNR	66	Standard query 0x7414 A isatap
17	0.11161400	192.168.2.2	192.168.2.255	NBNS	92	Name query NB <01><02>__MSBROWSE__<02><01>
18	0.11203000	192.168.2.2	192.168.2.255	NBNS	92	Name query NB <01><02>__MSBROWSE__<02><01>
19	0.31343000	192.168.2.7	192.168.2.255	NBNS	92	Name query NB ISATAP<00>
20	1.07700400	192.168.2.7	192.168.2.255	NBNS	92	Name query NB ISATAP<00>
21	1.23771000	192.168.2.100	192.168.2.255	CUPS	274	ipp://192.168.2.100:631/printers/HP_DESKJET
22	1.84138500	192.168.2.7	192.168.2.255	NBNS	92	Name query NB ISATAP<00>
23	1.95435400	192.168.2.1	192.168.2.255	UDP	62	Source port: 40001 Destination port: 40001
24	2.23003300	192.168.2.7	255.255.255.255	UDP	82	Source port: 60761 Destination port: sentin
25	2.26101000	192.168.2.100	192.168.2.255	CUPS	287	ipp://192.168.2.100:631/printers/pa11_mf1

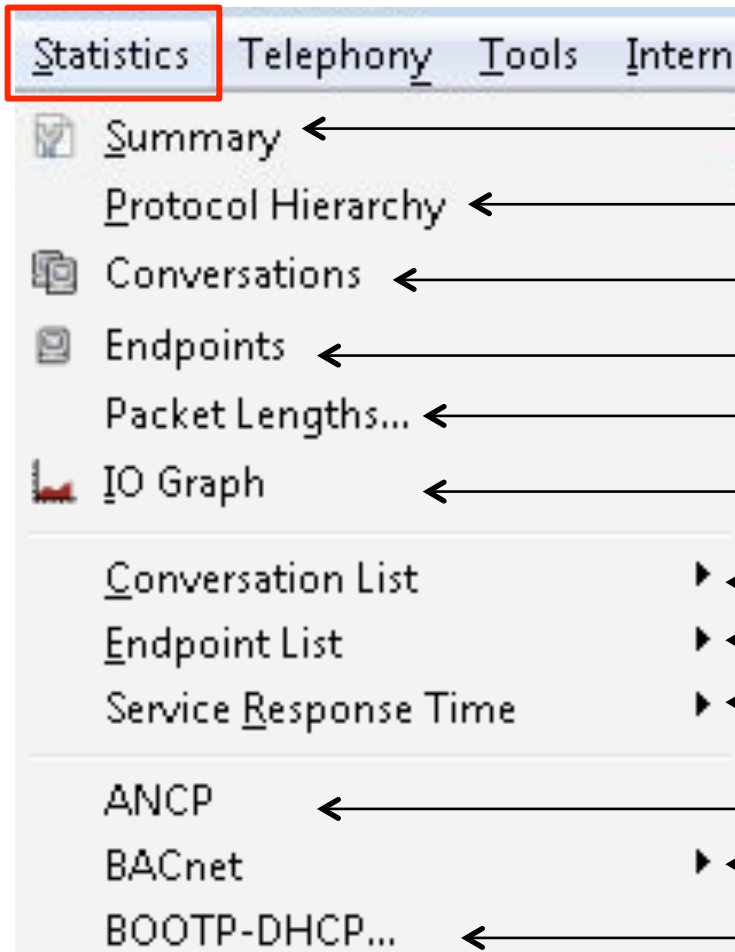
Packet comments

- Frame 12: 151 bytes on wire (1208 bits), 151 bytes captured (1208 bits) on interface 0
- Ethernet II, Src: Siemens_4d:9a:b1 (00:01:e3:4d:9a:b1), Dst: Micro-St_a3:89:bf (40:61:86:a3:89:bf)
- Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.2.1 (192.168.2.1), Dst: 192.168.2.7 (192.168.2.7)
- User Datagram Protocol, Src Port: domain (53), Dst Port: 50580 (50580)
- Domain Name System (response)

Statistik-Menü (1)

BAC: Building Automation and Control

Hauptmenü



Zusammenfassung der Trace-Daten

Trace-Daten: Protokollstatistik

Kommunikations-Statistik

Adressen-Statistik

Statistik: Paket-Länge

Statistik: Zeitverteilung

Liste der Verbindungen

Liste der Adressen-Endpunkte

Liste der Antwortzeiten

Access Node Control Protocol Statistik

BAC-Network Statistik


Bootstrap-Protocol und DHCP Statistik

Statistik-Menü (2)

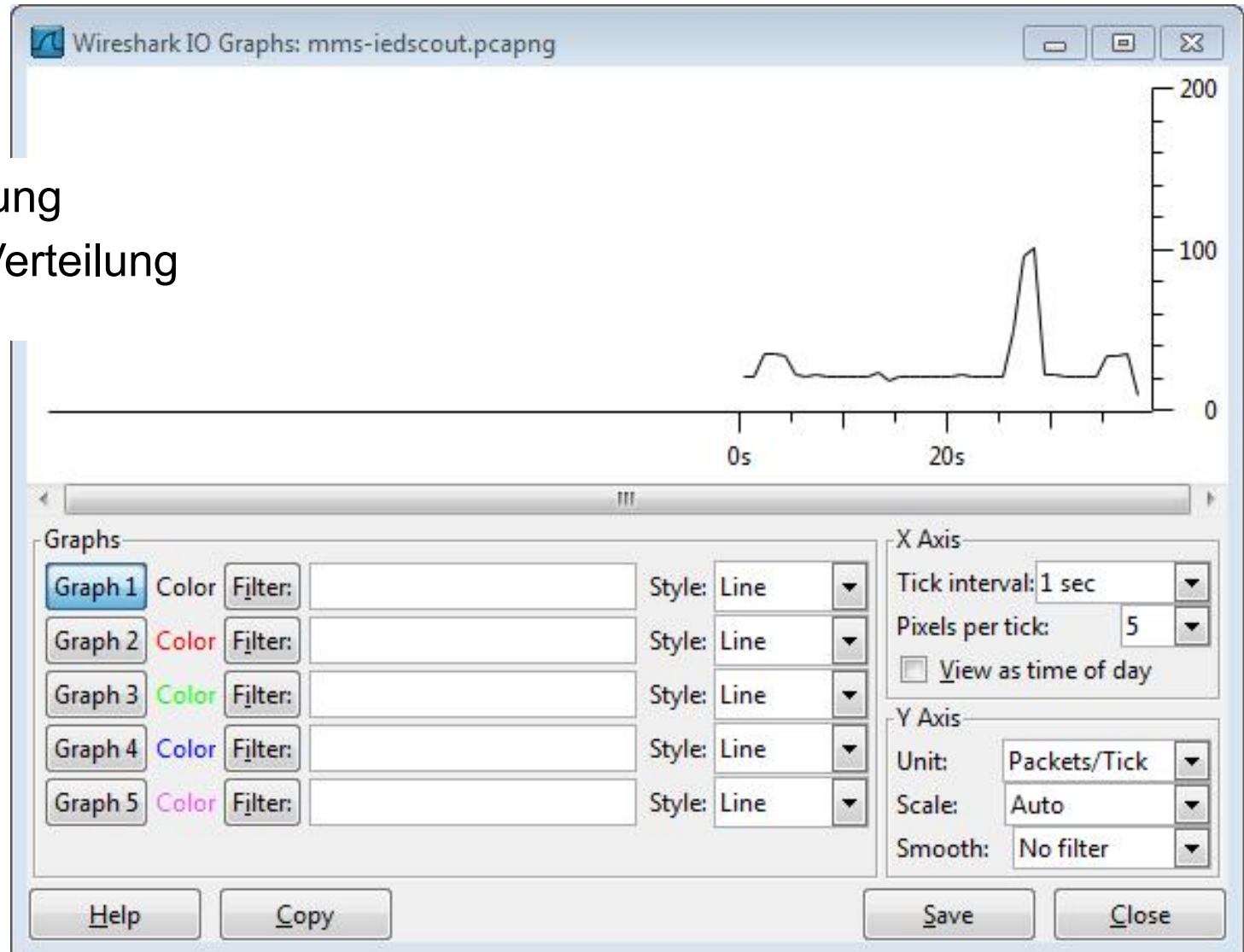
Fortsetzung:

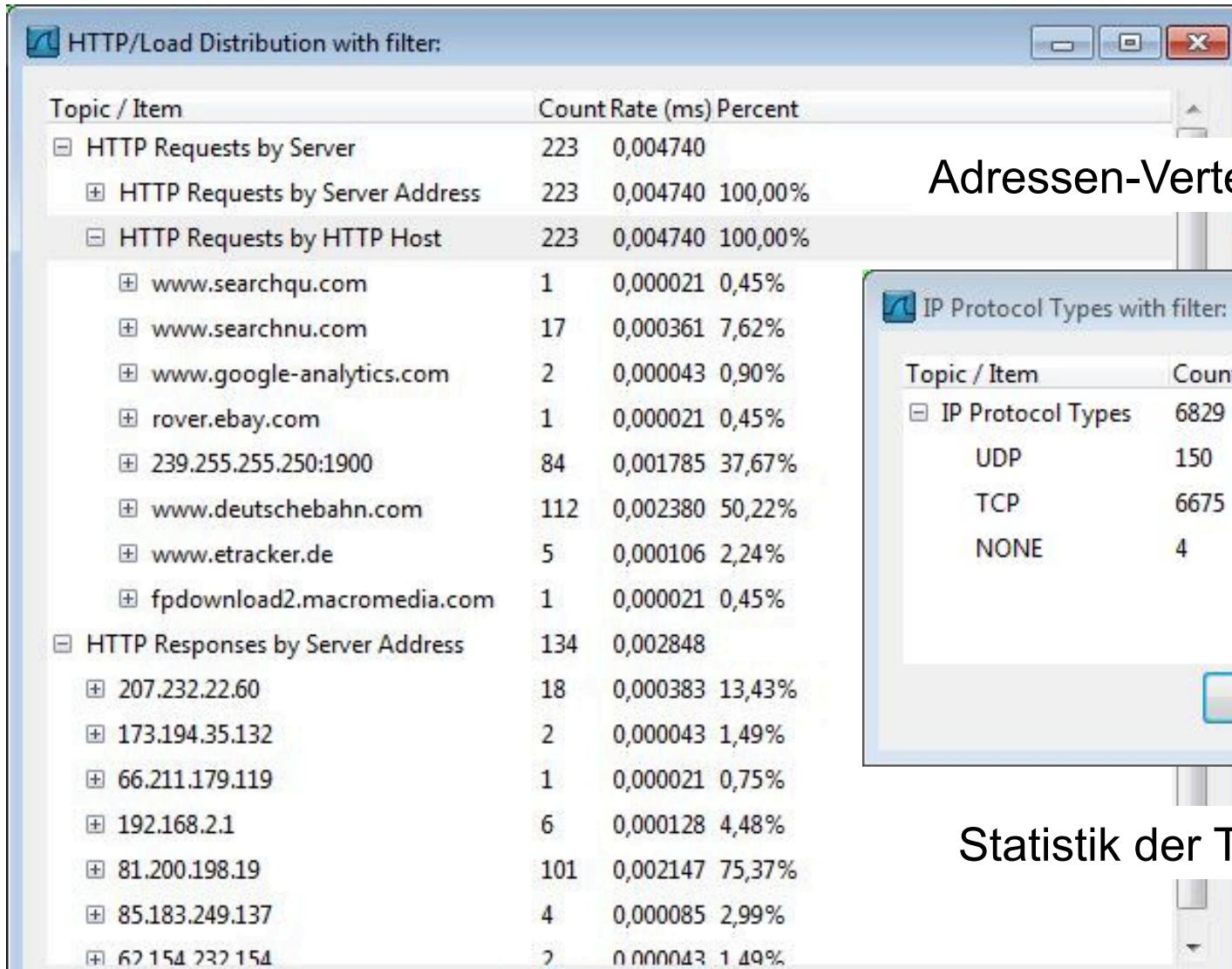
HART-IP: Highway Addressable Remote Transducer over IP

ONC-RPC: RFC 1831 Network File System (NFS) - Protokoll

Collectd...	←	Paketzähler und Filter
Compare...	←	Vergleich von Capture-Dateien
 Flow Graph...	←	Flussdiagramm erzeugen
HART-IP	←	HART-IP Statistik
HTTP	▶ ←	Statistik: Paket-Zähler, Requests, Lastverteilung
IP Addresses...	←	Statistik: IP-Adressenverteilung
IP Destinations...	←	IP-Adressen, Transportschicht und Portnummer
IP Protocol Types...	←	Liste der Transportverbindungen
ONC-RPC Programs	←	Liste der ONC-RPC Applikationen
Sametime	▶ ←	Anzahl Nachrichten mit gleichem Zeitstempel
TCP StreamGraph	▶ ←	TCP-Nachrichtentransport Statistik
UDP Multicast Streams	←	Liste der UDP-Multicast Streams
WLAN Traffic	←	WLAN - Verkehrsdaten

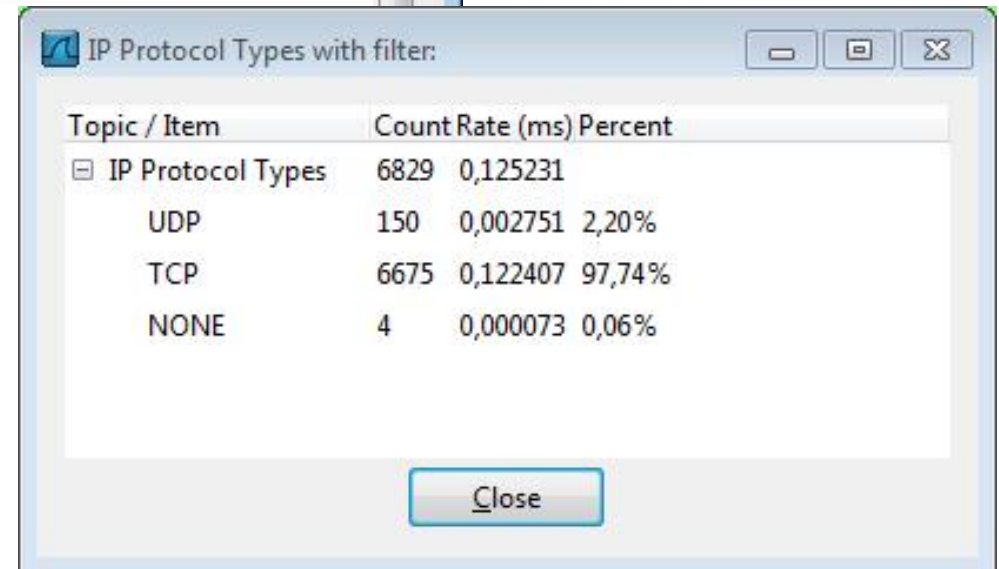
Diese Darstellung zeigt die Zeit-Verteilung der Pakete





Topic / Item	Count	Rate (ms)	Percent
HTTP Requests by Server	223	0,004740	
HTTP Requests by Server Address	223	0,004740	100,00%
HTTP Requests by HTTP Host	223	0,004740	100,00%
www.searchqu.com	1	0,000021	0,45%
www.searchnu.com	17	0,000361	7,62%
www.google-analytics.com	2	0,000043	0,90%
rover.ebay.com	1	0,000021	0,45%
239.255.255.250:1900	84	0,001785	37,67%
www.deutschebahn.com	112	0,002380	50,22%
www.etracker.de	5	0,000106	2,24%
fpdownload2.macromedia.com	1	0,000021	0,45%
HTTP Responses by Server Address	134	0,002848	
207.232.22.60	18	0,000383	13,43%
173.194.35.132	2	0,000043	1,49%
66.211.179.119	1	0,000021	0,75%
192.168.2.1	6	0,000128	4,48%
81.200.198.19	101	0,002147	75,37%
85.183.249.137	4	0,000085	2,99%
62.154.232.154	2	0,000043	1,49%

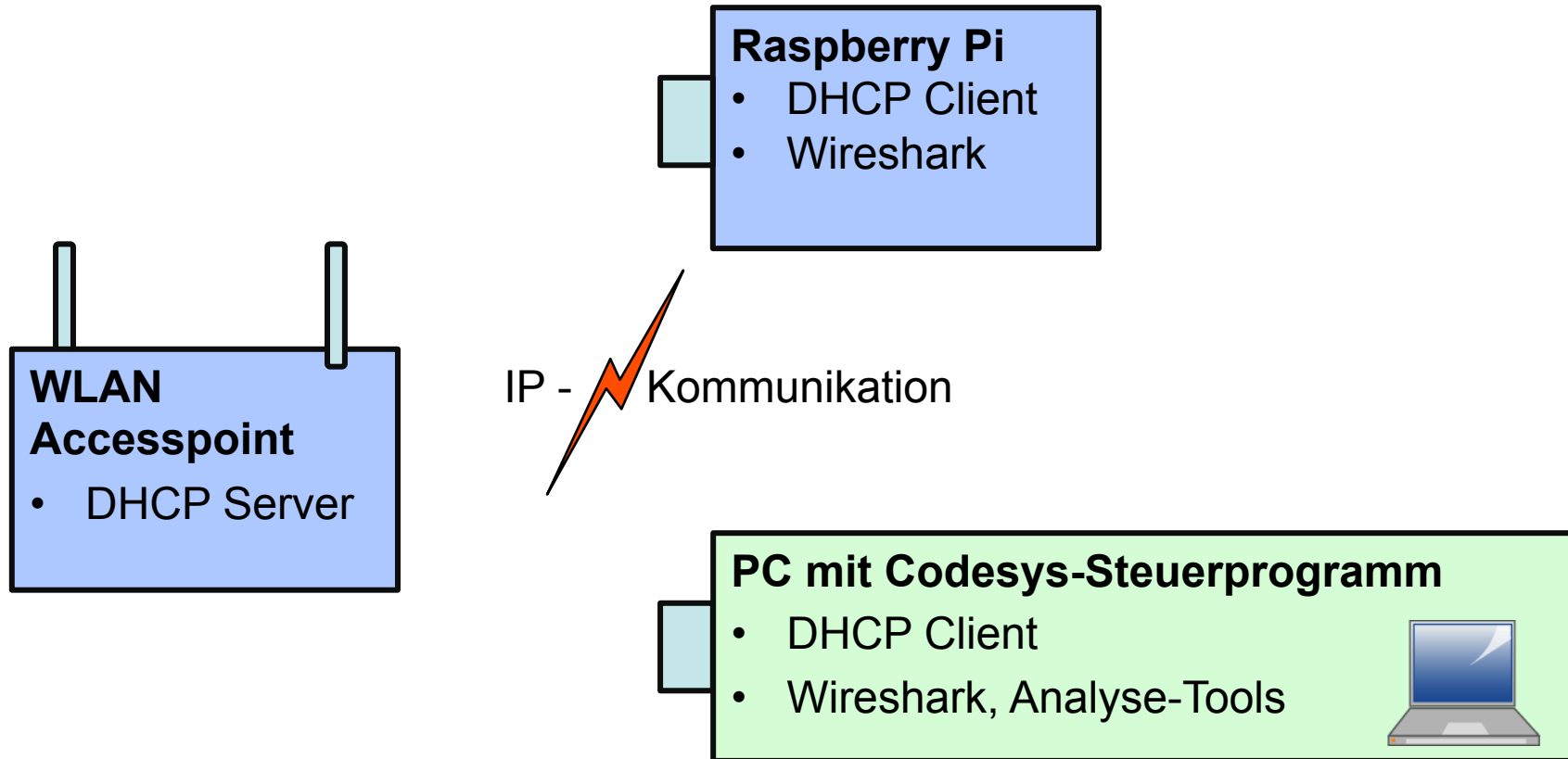
Adressen-Verteilung der Pakete

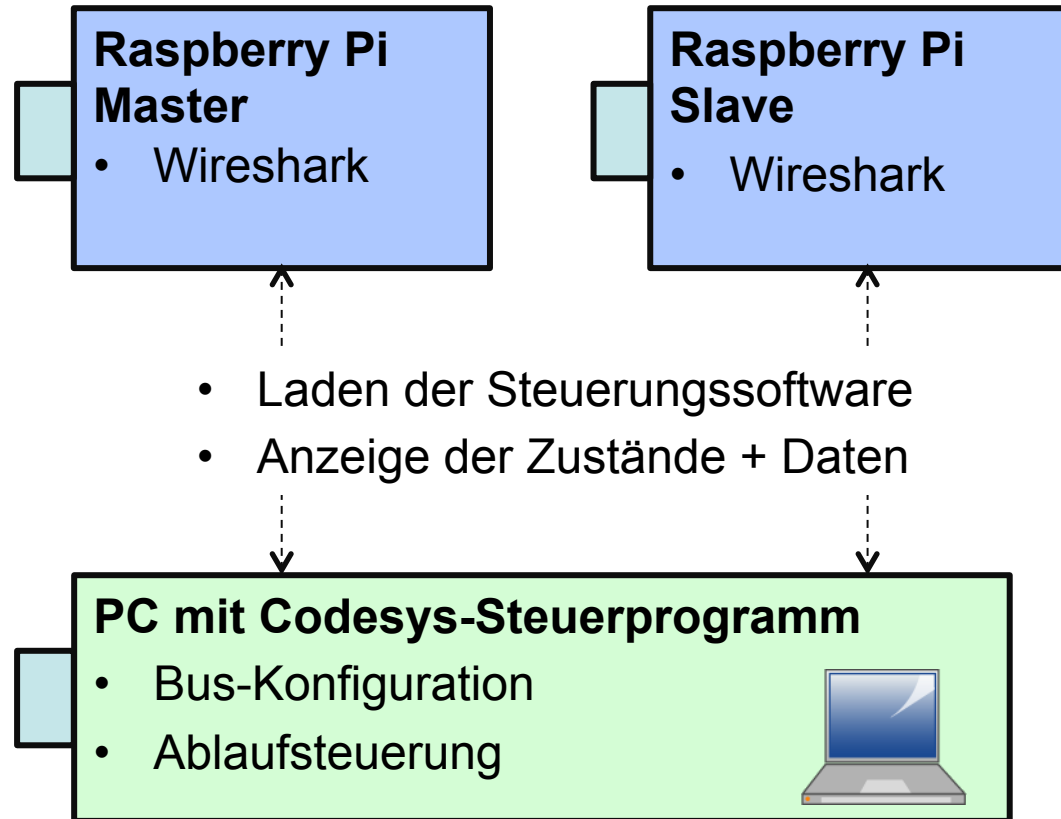
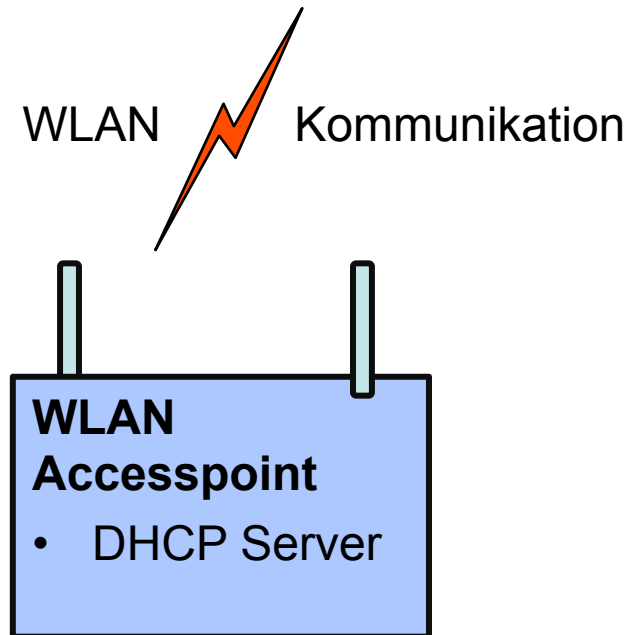


Topic / Item	Count	Rate (ms)	Percent
IP Protocol Types	6829	0,125231	
UDP	150	0,002751	2,20%
TCP	6675	0,122407	97,74%
NONE	4	0,000073	0,06%

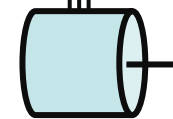
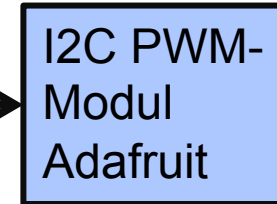
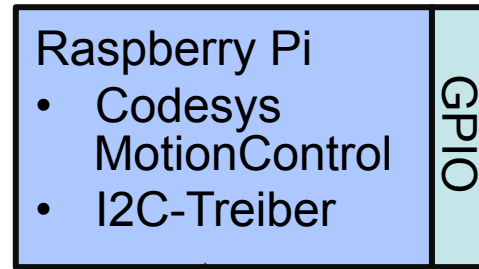
Statistik der Transportprotokolle

- **Router - Statusabfrage mittels Web-Server**
 - LAN-Status des WLAN-Routers (Management-Funktion)
 - Liste der angeschlossenen Geräte -> MAC-Tabelle
 - Liste der zugelassenen Endgeräte -> NAL Network Access List
- **Ethernet**
 - Analyse des Ethernet Headers mittels Wireshark
- **Internet**
 - Analyse des IP-Headers: Headerparameter
 - Analyse der IP-Adressenvergabeprozedur : DHCP
 - Analyse der Trace-Route – Funktion :
Windows: tracert
Linux:
 - Analyse der Ping – Funktion
- **Koordination der MAC- und IP-Adressen : ARP Protokoll**
 - Aufnahme und Analyse einer ARP-Prozedur





Motorsteuerung



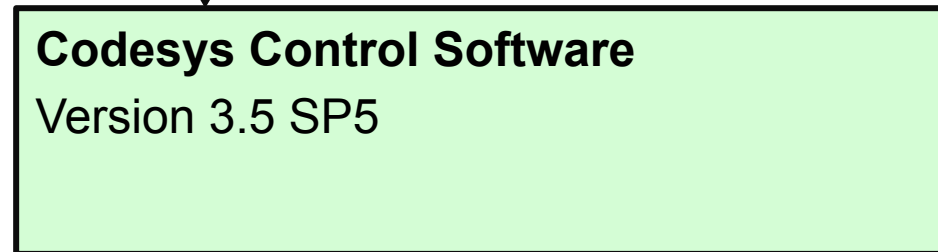
V_{Motor}

Programm in die
Steuerung laden

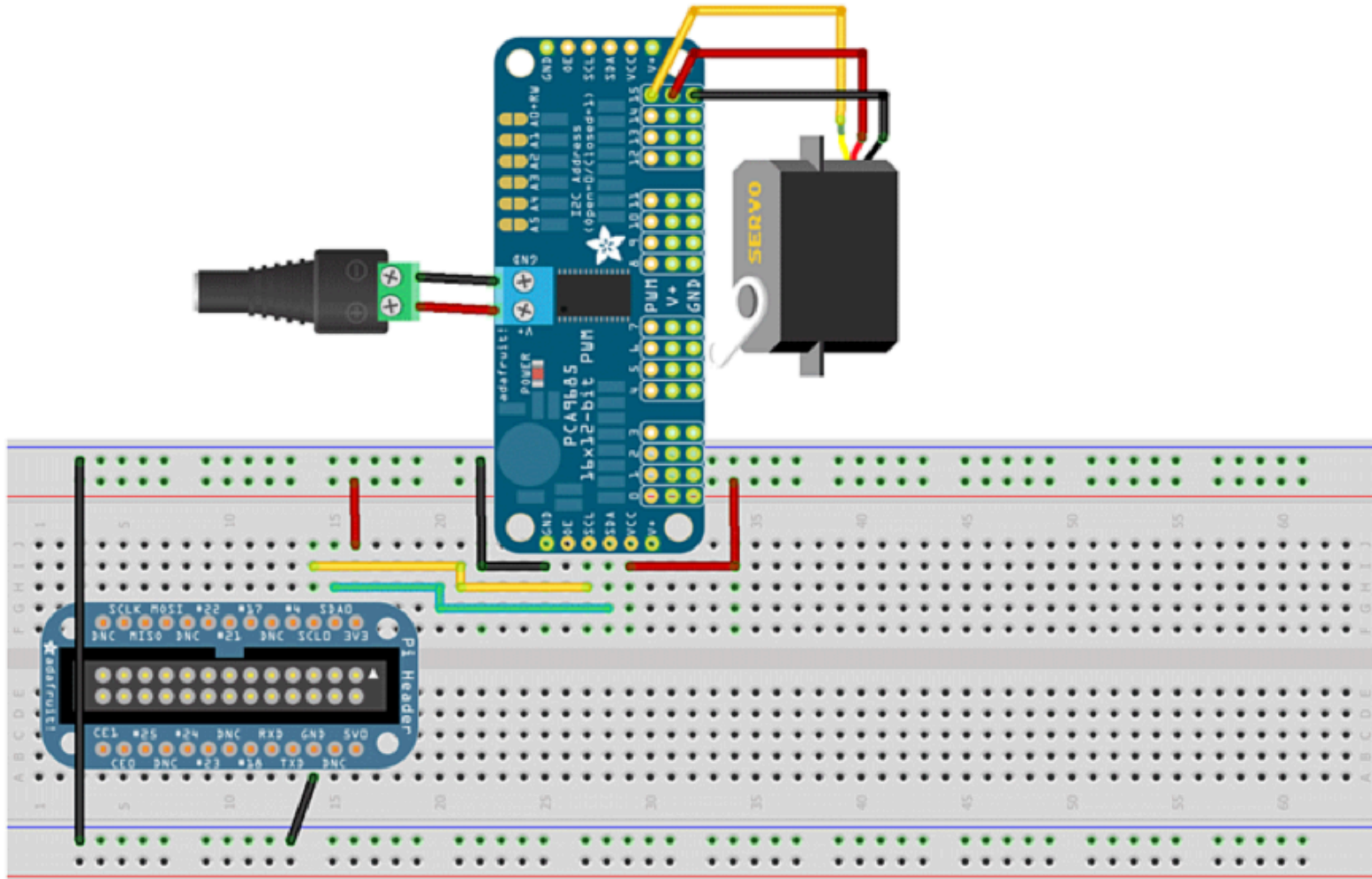
TCP/IP

Management-Funktion

- PWM-Programm:
Motorsteuerung
- Kommunikations-Steuerung
- Visualisierung



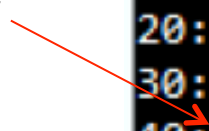
Raspberry – I2C – Adafruit Verdrahtung



- Für die Steuerung eines Servo-Motors wird das I2C-Interface des Raspberry Pi verwendet.
- Verdrahtung: Raspberry Pi mit der Adafruit 16-Kanal Servo Baugruppe
- Die Python I2C-Bibliothek enthält auch eine Testfunktion für die I2C-Schnittstelle : **i2cdetect -y 1**

```
File Edit Setup Control Window Help
pi@raspberrypi ~/code/Adafruit-Raspberry-Pi-Python-Code/
r $ sudo i2cdetect -y 0
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:    -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10:    -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20:    -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30:    -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40:    40 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
50:    -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60:    -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70:    70 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
```

Schnittstelle
ist aktiv

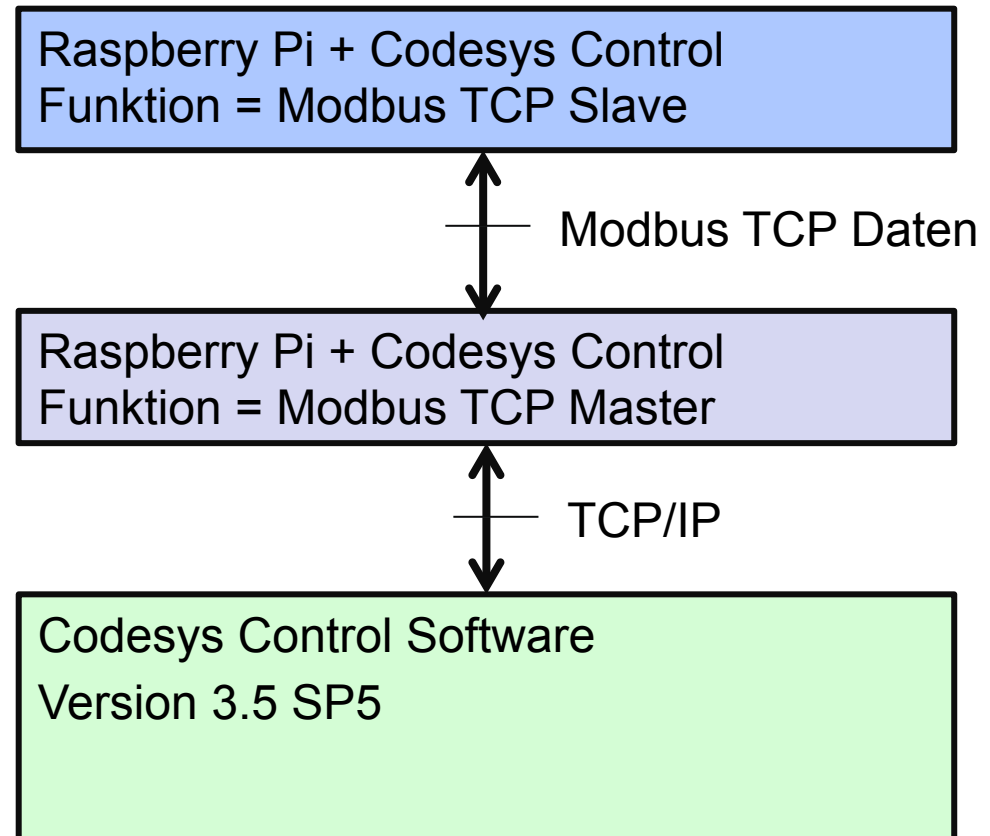


Modbus TCP Feldbus

- Slave Funktion
- Master-Funktion

Management-Funktion

- Feldbus-Konfiguration
- Kommunikations-Steuerung
- Feldbus Programm
Beispiel: Zähler



Codesys GUI : Modbus Übersicht

Menüzeile

Toolbar

Objektauswahl

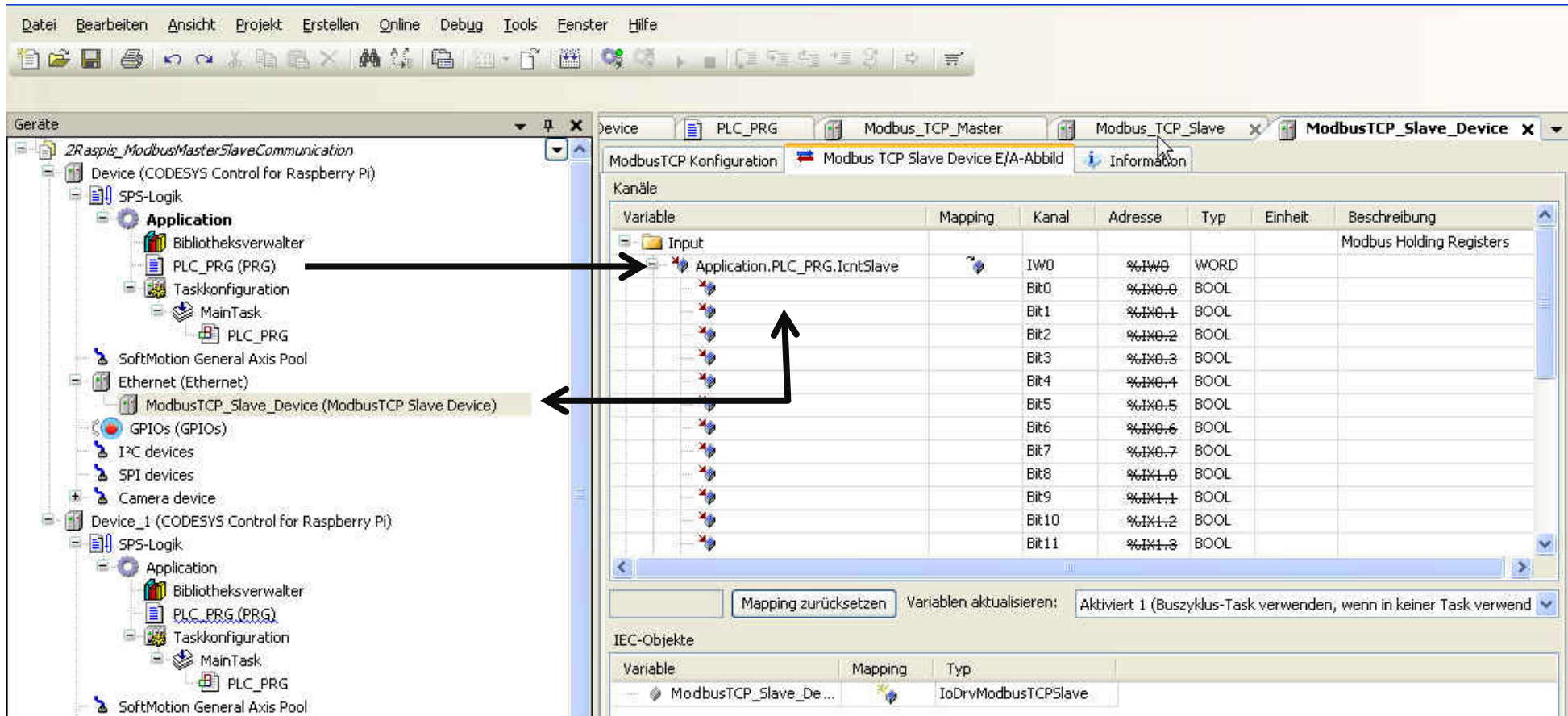
Objekt-Detailfenster

Objektauswahlfenster

Statuszeile

Raspi Slave

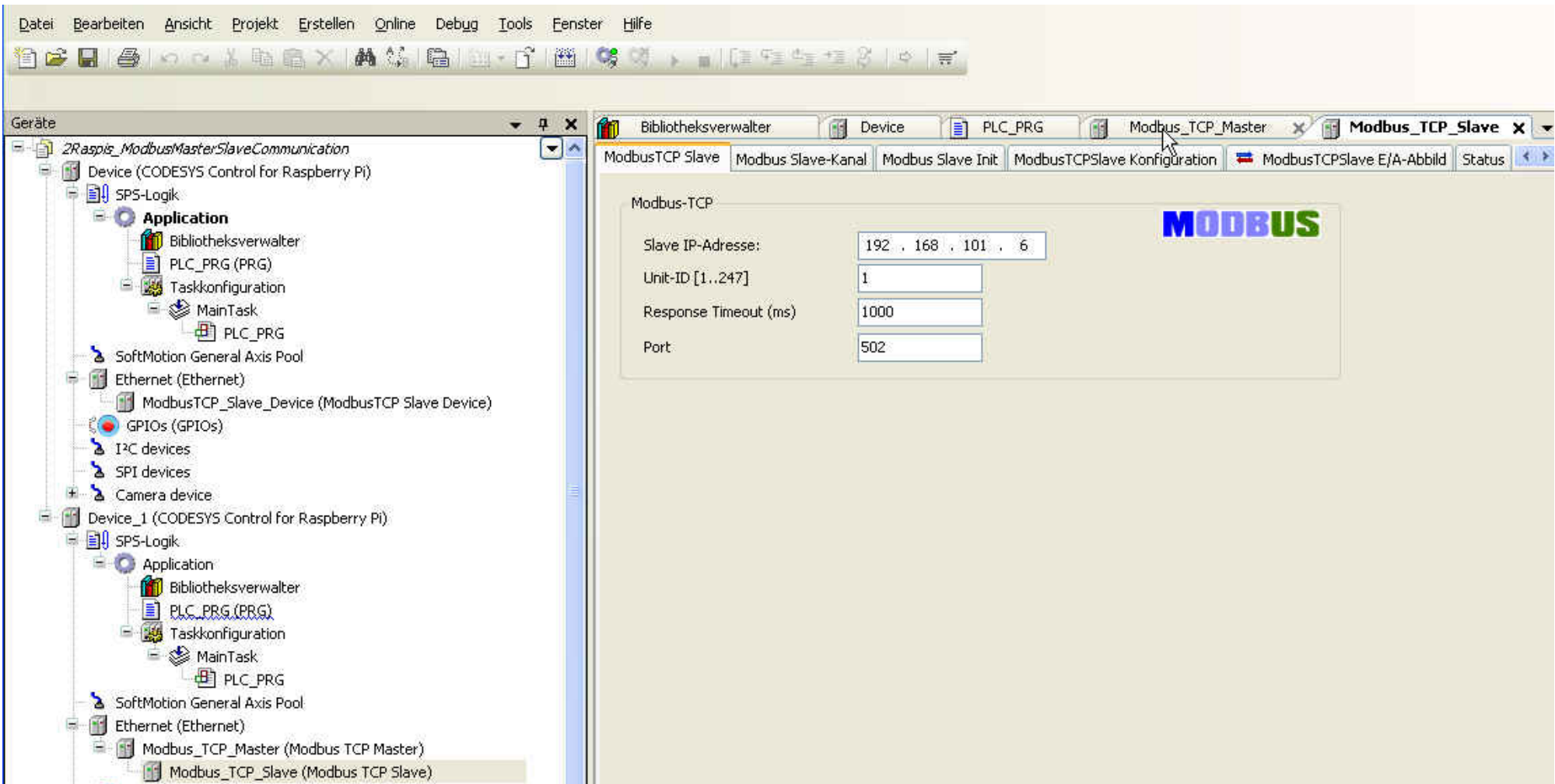
Raspi Master



The screenshot displays the SIMATIC Manager interface with the 'Modbus TCP Slave Device E/A-Abbild' configuration window open. The left sidebar shows a project tree for '2Raspis_ModbusMasterSlaveCommunication'. The main window contains a table for mapping Modbus registers to PLC variables.

Variable	Mapping	Kanal	Adresse	Typ	Einheit	Beschreibung
Application.PLC_PRG.IcntSlave		IW0	%IW0	WORD		Modbus Holding Registers
		Bit0	%IX0.0	BOOL		
		Bit1	%IX0.1	BOOL		
		Bit2	%IX0.2	BOOL		
		Bit3	%IX0.3	BOOL		
		Bit4	%IX0.4	BOOL		
		Bit5	%IX0.5	BOOL		
		Bit6	%IX0.6	BOOL		
		Bit7	%IX0.7	BOOL		
		Bit8	%IX1.0	BOOL		
		Bit9	%IX1.1	BOOL		
		Bit10	%IX1.2	BOOL		
		Bit11	%IX1.3	BOOL		

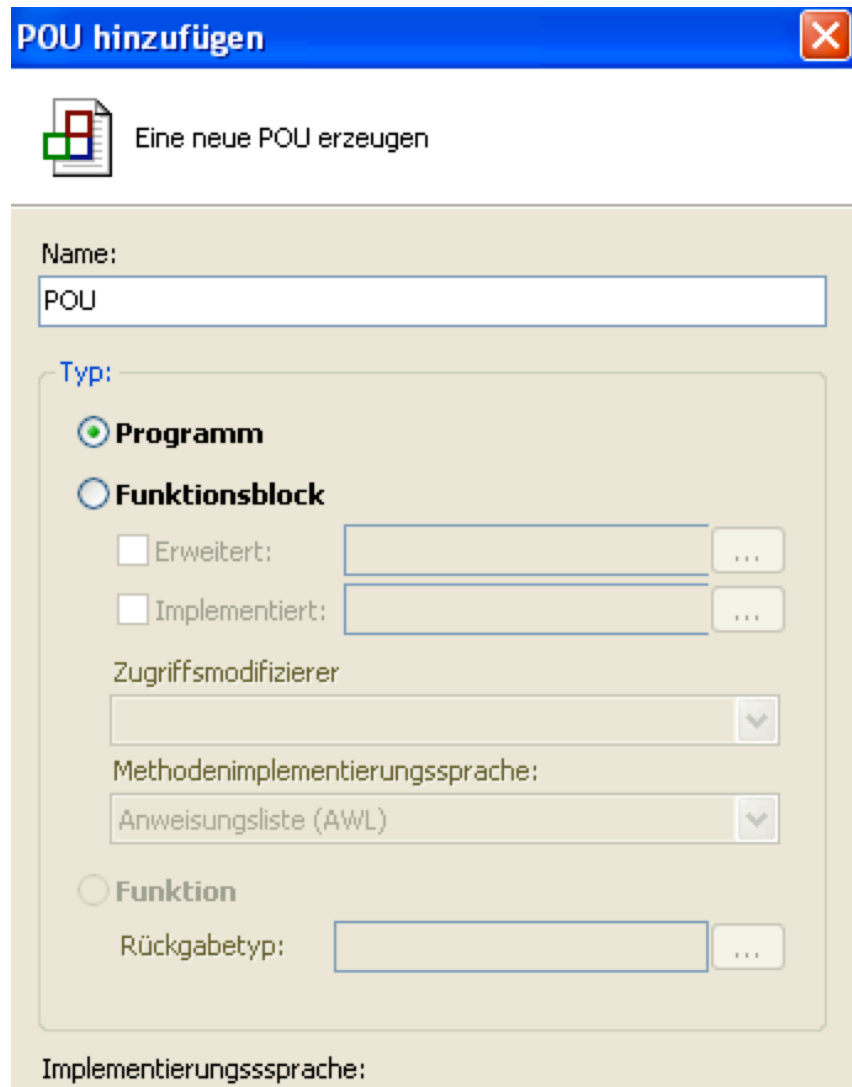
Below the table, there are buttons for 'Mapping zurücksetzen' and 'Variablen aktualisieren: Aktiviert 1 (Buszyklus-Task verwenden, wenn in keiner Task verwend...'. At the bottom, the 'IEC-Objekte' section shows a mapping for 'ModbusTCP_Slave_De...' to 'IoDrvModbusTCPslave'.



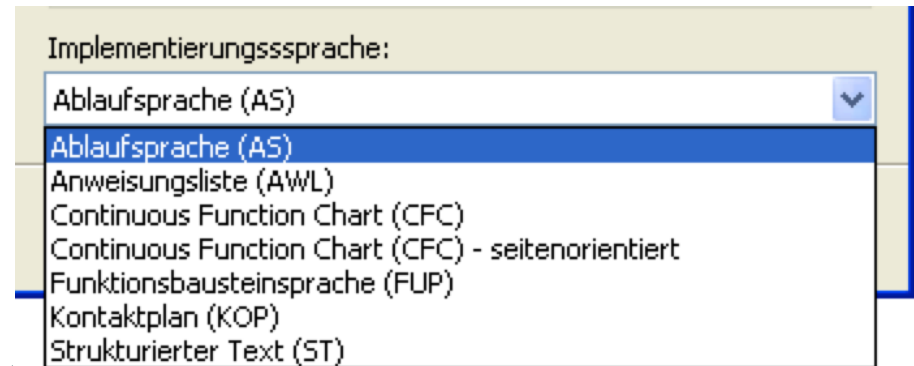
The screenshot displays the Codesys GUI interface. On the left, the 'Geräte' (Devices) tree shows a project structure for '2Raspis_ModbusMasterSlaveCommunication'. Under 'Device (CODESYS Control for Raspberry Pi)', there is an 'Application' folder containing 'Bibliotheksverwalter', 'PLC_PRG (PRG)', and 'Taskkonfiguration'. The 'Taskkonfiguration' folder contains 'MainTask' and 'PLC_PRG'. Below this, there are 'SoftMotion General Axis Pool', 'Ethernet (Ethernet)', and 'ModbusTCP_Slave_Device (ModbusTCP Slave Device)'. Further down, there are 'GPIOs (GPIOs)', 'I2C devices', 'SPI devices', and 'Camera device'. At the bottom of the tree, there is another 'Device_1 (CODESYS Control for Raspberry Pi)' with a similar structure, including 'Modbus_TCP_Master (Modbus TCP Master)' and 'Modbus_TCP_Slave (Modbus TCP Slave)'. The right pane shows the configuration dialog for 'Modbus_TCP_Slave'. The 'Modbus-TCP' section contains the following fields:

Parameter	Value
Slave IP-Adresse:	192 . 168 . 101 . 6
Unit-ID [1..247]	1
Response Timeout (ms)	1000
Port	502

The 'MODBUS' logo is visible in the background of the configuration area.



Auswahl der Programmiersprache

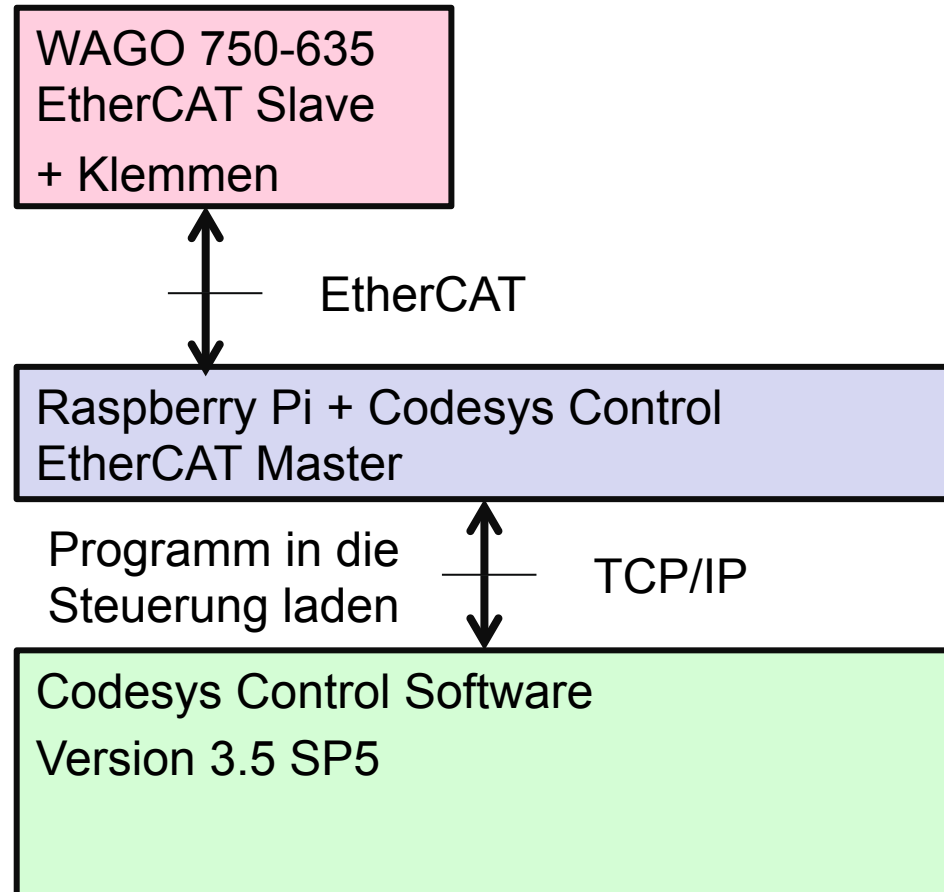


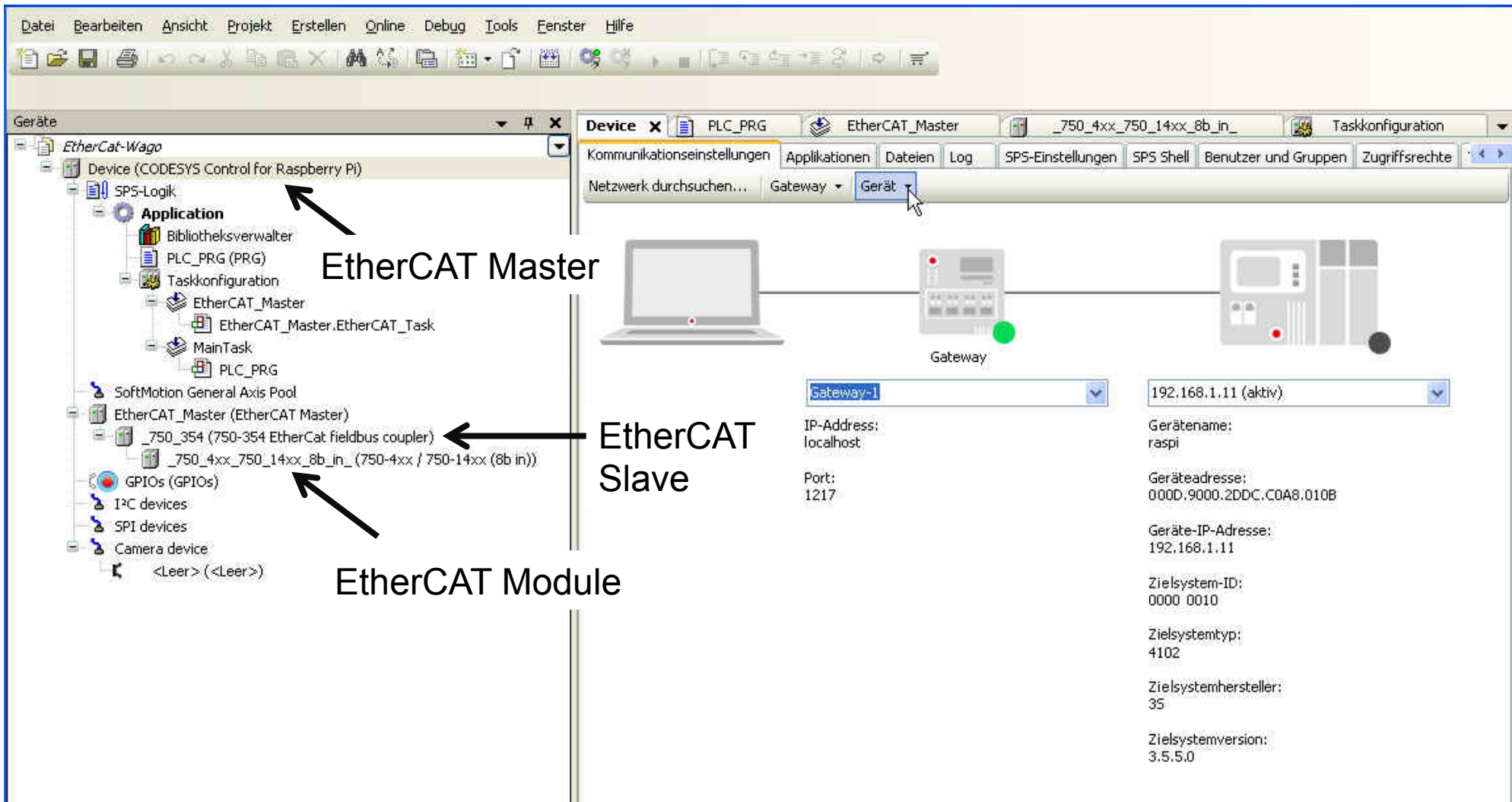
Feldbus Umgebung

- Slave Funktion
- Master-Funktion

Management-Funktion

- Feldbus-Konfiguration
- Kommunikations-Steuerung
- Feldbus Programm
Beispiel: Zähler





The screenshot displays the Codesys GUI for configuring an EtherCAT system. On the left, the 'Geräte' (Devices) tree shows the project structure, including 'EtherCAT_Master' and 'EtherCAT_Slave' components. On the right, the 'Device' window shows the 'EtherCAT_Master' configuration. The 'Gerät' (Device) tab is selected, showing a network diagram with a laptop, a gateway, and a Raspberry Pi. Below the diagram, the configuration fields for the gateway and device are visible.

EtherCAT Master

EtherCAT Slave

EtherCAT Module

Gateway-1

IP-Adresse: localhost

Port: 1217

192.168.1.11 (aktiv)

Gerätename: raspi

Geräteadresse: 000D.9000.2DDC.C0A8.010B

Geräte-IP-Adresse: 192.168.1.11

Zielsystem-ID: 0000 0010

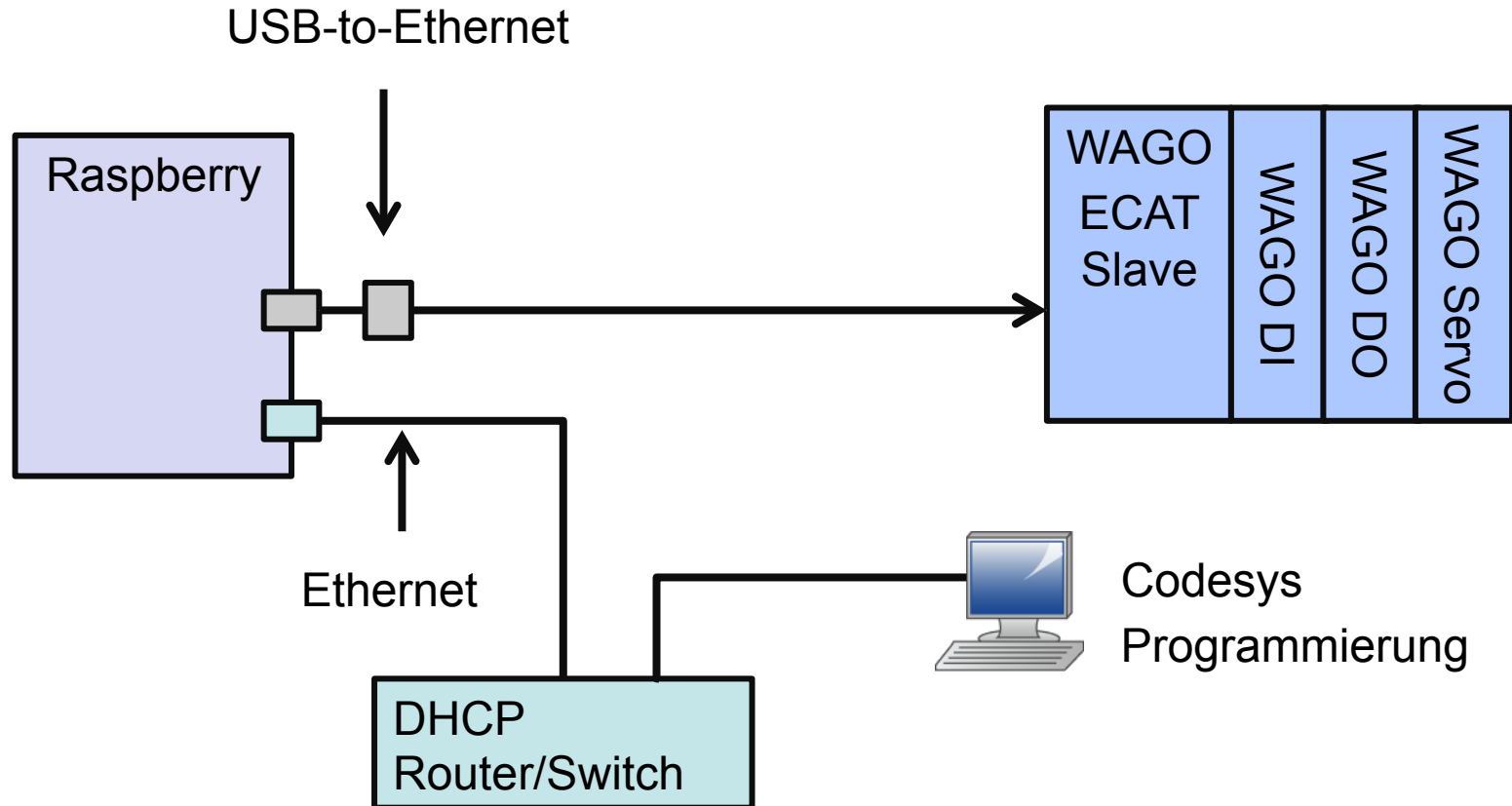
Zielsystemtyp: 4102

Zielsystemhersteller: 35

Zielsystemversion: 3.5.5.0

Codesys GUI : EtherCAT Master – Slave Adressierung

The screenshot displays the Codesys GUI for configuring an EtherCAT Master. On the left, the 'Geräte' (Devices) tree shows the project structure, with 'EtherCAT_Master' selected under 'Taskkonfiguration'. The right pane shows the 'EtherCAT E/A-Abbild' configuration window. The 'EtherCAT-NIC-Einstellung' section includes fields for 'Zieladresse (MAC)' (FF-FF-FF-FF-FF-FF) and 'Quelladresse (MAC)' (B8-27-EB-37-BC-B8, highlighted with a red box). The 'Netzwerkname' is set to 'EtherCAT Master-MAC-Adresse'. The 'Verteilte Uhren' (Distributed Clocks) section shows 'Zykluszeit (µs)' at 4000, 'Sync-Offset' at 20%, and 'Sync Window' at 1 µs. The 'Optionen' (Options) section has 'LRW anstelle von LWR/LRD benutzen', 'Senden/Empfangen pro Task', and 'Automatischer Neustart Slaves' unchecked. The 'Master-Einstellung' (Master Settings) section shows 'Abbild Eingabeadresse' at 16#1000000 and 'Abbild Ausgabeadresse' at 16#2000000.

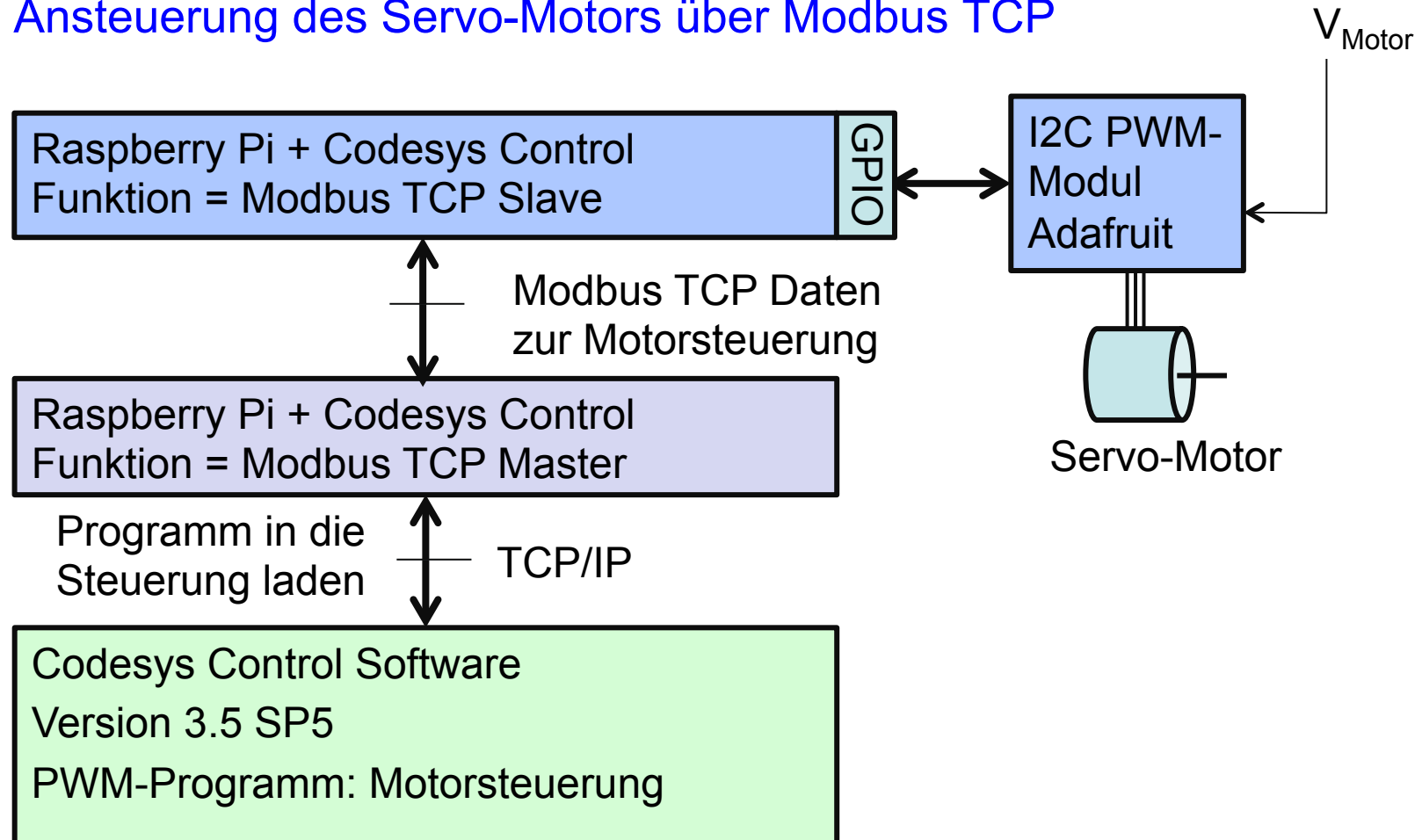


Aufgabe : Servosteuerung mittels PWM-Modul

- Aufbau der auf Seite 3 dargestellten Konfiguration.
- Weshalb benötigen wir eine zweite LAN-Schnittstelle ?
- Steuerung eines Servo-Motors mittels definierter PWM-Parameter
- Programmierung einer Visualisierung der Motor-Drehbewegung mittels Codesys Funktionen

Aufgabe : Modbus TCP

- Ansteuerung des Servo-Motors über Modbus TCP



Aufgabe : EtherCAT

Ansteuerung der
WAGO 750-635 Klemmen:

- Data-In
- Data-Out
- Motorsteuerung

