

Industrielle Bussysteme : EtherCAT

Dr. Leonhard Stiegler
Automation

www.dhbw-stuttgart.de

EtherCAT

- Grundsätze und Organisation
- Topologie und Implementierung
- Protokolle und Formate
- Dienstgüte und Anwendungen

Grundlegende Merkmale von EtherCAT

- EtherCAT : “Ethernet for Control Automation Technology”
- Offenes Feldbus-System auf Ethernet-Basis mit Optimierung für Anwendungen in der Automation
- Hohe Kapazitätsnutzung durch “**processing on the fly**”: Zugriff auf Daten während des Durchlaufens der Datenpakete
- Adressierung aller Knoten im Netzabschnitt in **einem** Ethernet-Paket

Definition und Pflege der EtherCAT-Technik:

- **EtherCat Technology Group (ETG)** : Gründung in 11/2003
- ETG-Büros in Deutschland (Zentrale), USA, China, Japan Korea
- Mitglieder: mehr als 2600 in 56 Ländern (02/2014)
- Unterstützung durch mehr als 150 Hersteller
- Unterstützung, Förderung und Werbung für EtherCAT durch ETG
- Sicherstellen der Kompatibilität von Implementierungen
- Definition von Funktionsanforderungen, Testverfahren und Zertifizierungsprozeduren

EtherCAT einbezogen in internationale Standards:

- IEC 61158 : Feldbus-Systeme für industrielle Steuerung
- IEC 61784-2 : Kommunikationsprofile für Geräteklassen
- IEC 61784-3-12 : Funktionssicherheit in Feldbus-Systemen
- IEC 61784-5-12 : Installationsprofile für Feldbus-Systeme
- IEC 61800-7 : Antriebsprofile und –Kommunikation
- ISO 15745-4 : Gerätebeschreibung mit XML
- SEMI E54.20 : Halbleiter- und Display-Fertigung

Funktion von EtherCAT als Feldbus:

- Abschicken des Pakets durch den Master
- Durchlaufen aller Stationen am Netzbus nacheinander
- Einlesen und Auslesen der Daten des Pakets an jeder Station während des Durchlaufens („on the fly“)
- Empfang und Auswerten des Pakets durch den Master nach dem vollständigen Durchlauf

[21_EtherCAT-animation.svg](#)

EtherCAT

- Grundsätze und Organisation
- Topologie und Implementierung
- Protokolle und Formate
- Dienstgüte und Anwendungen

Ziel: kostengünstige Implementierung bei hoher Güte

Hauptstation (Master):

- Nutzung der Standard-Ethernet-Ports
- kein spezieller Prozessor
- Funktionen in der Software der Master-CPU

Unterstation (Slave):

- spezielle EtherCAT Slave Controller
- FPGA oder ASIC für einfache Stationen
- Controller für komplexe Stationen

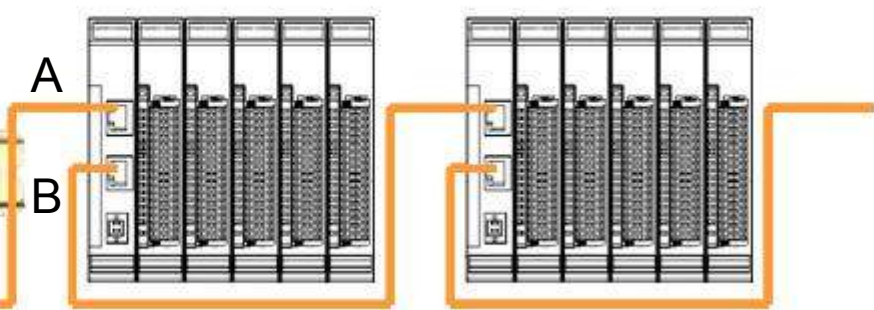
Netz-Infrastruktur:

- Standard-Ethernet-Kabel und -Stecker
- Switches und Hubs als Option (nicht erforderlich)

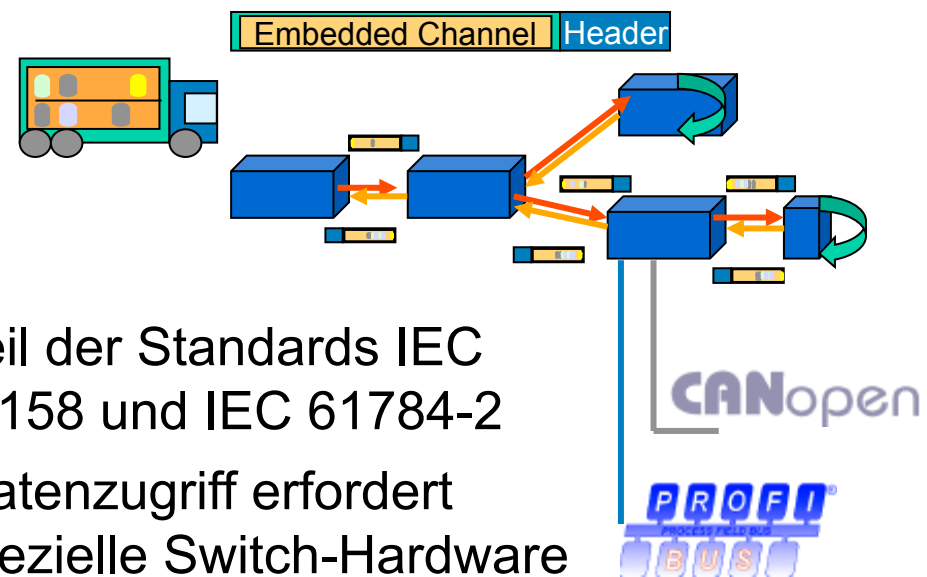
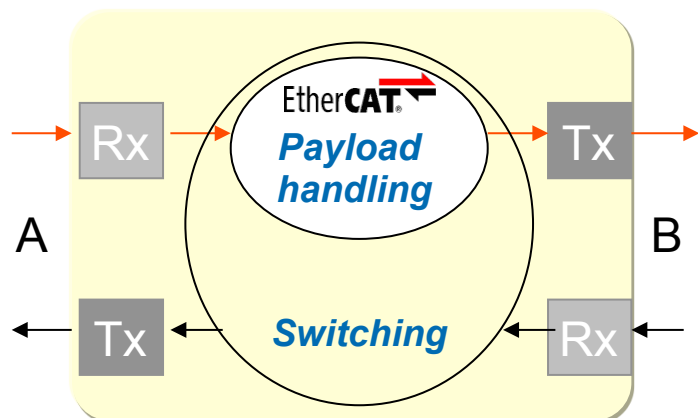
EtherCAT-Master



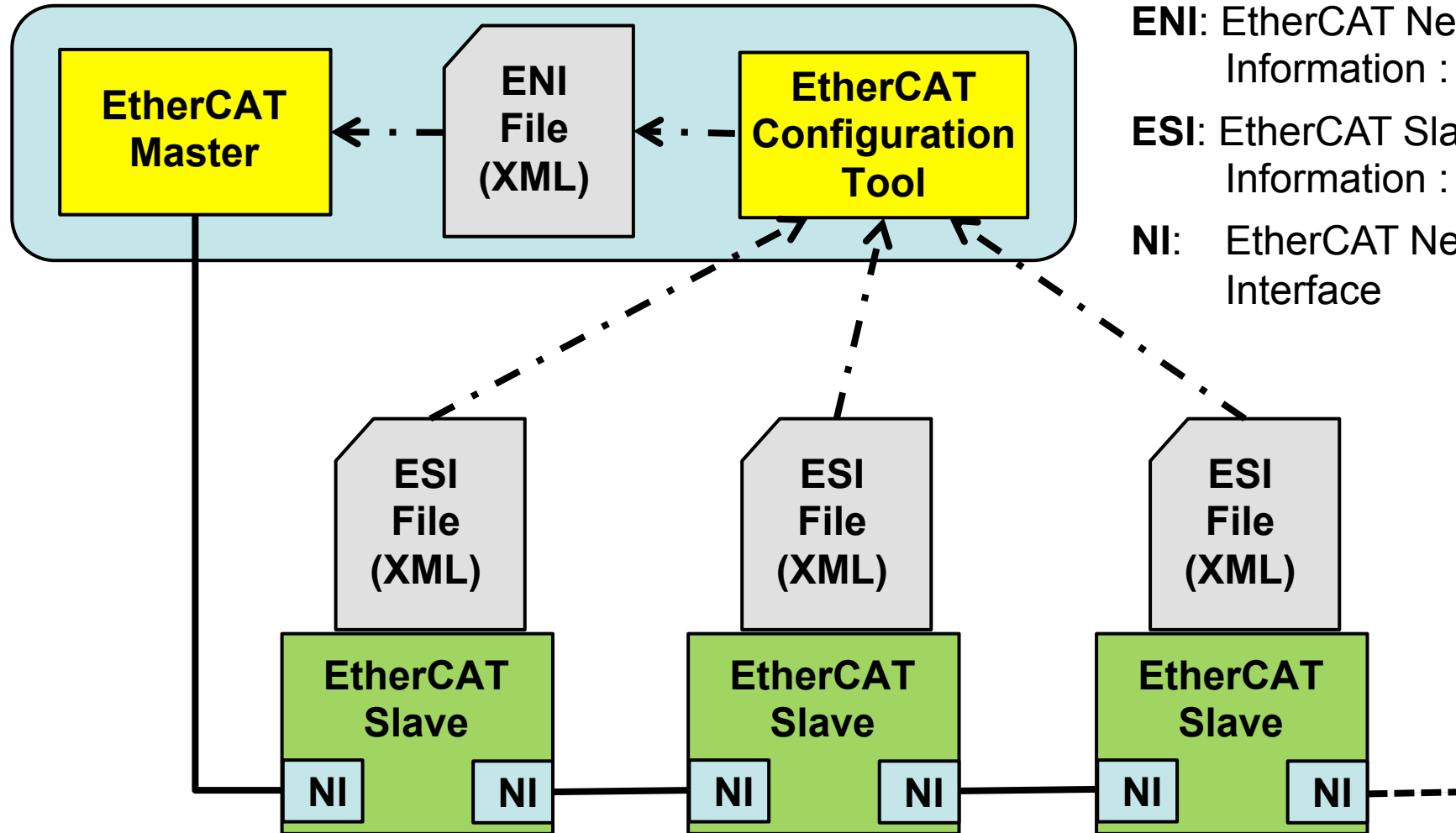
EtherCAT Koppler mit I/O-Modulen



EtherCAT  [Animation](#)



- Teil der Standards IEC 61158 und IEC 61784-2
- Datenzugriff erfordert spezielle Switch-Hardware



ENI: EtherCAT Network Information : XML-Datei
ESI: EtherCAT Slave Information : XML-Datei
NI: EtherCAT Network Interface

EtherCAT Slave Information (ESI) File pro Gerät:

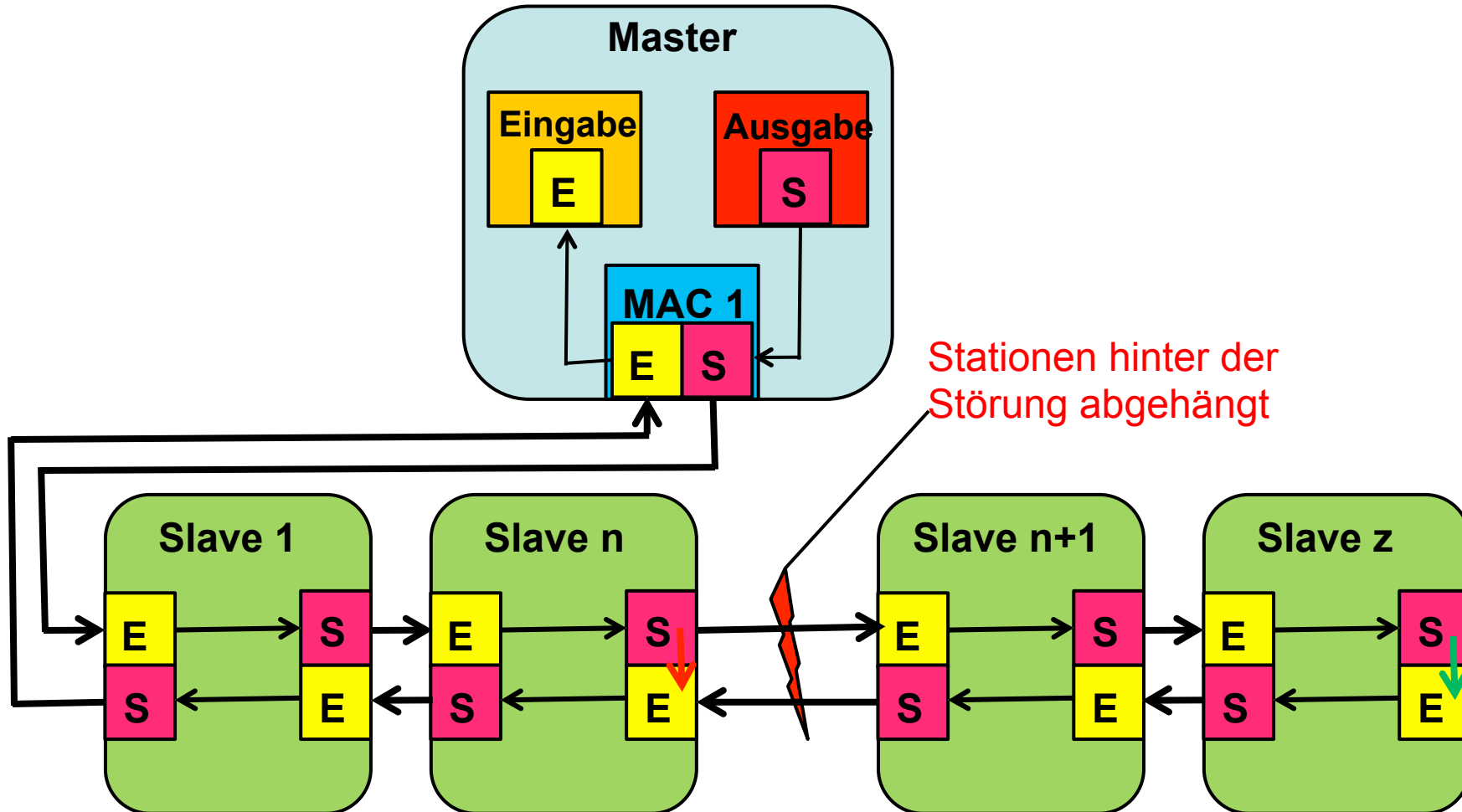
- Datei mit den relevanten Daten des Geräts im XML-Format
- Identität des Herstellers, Produkt-Code, Version, Seriennummer
- Objekt-Verzeichnis (Object Dictionary) mit dem Profil des Geräts
- Abfrage durch den Master bei der Konfiguration des Netzabschnitts

EtherCAT Network Information (ENI) File pro Master:

- Datei mit den relevanten Daten des vom Master gesteuerten Netzabschnitts im XML-Format
- Aufbau der ENI-Datei durch das Konfigurations-Tool nach der Abfrage der ESI-Dateien aller Slaves im Netzabschnitt
- Abbildung der Netz-Topologie mit den Profilen der eingesetzten Geräte
- Initialisierungs-Befehle und zyklisch zu sendende Befehle

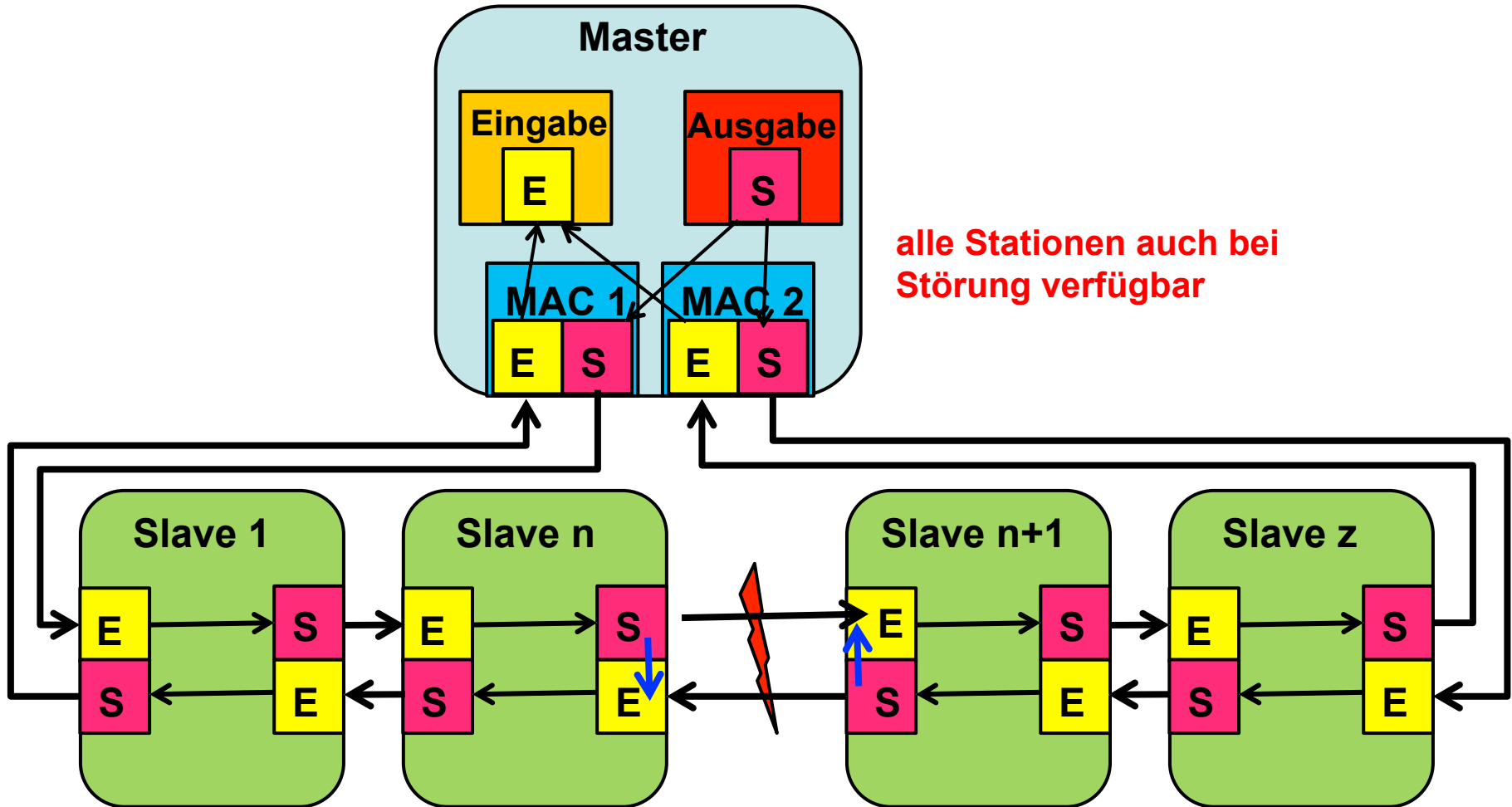
Ring-Struktur ohne Redundanz

Stationen in linearer Topologie und logischem Ring ohne Redundanz



Ring-Struktur mit Redundanz

Stationen in linearer Topologie und logischem Ring mit Redundanz



EtherCAT-Übermittlung über unterschiedliche Medien:

- Einsatz von Fast Ethernet und Gigabit Ethernet
- **Kupfer**-Doppelader-Kabel
- **Glasfaser**-Kabel
- **Funk**-Übertragung
- Unterstützung komplexer Fertigungs-Infrastrukturen

EtherCAT

- Grundsätze und Organisation
- Topologie und Implementierung
- **Protokolle und Formate**
- Dienstgüte und Anwendungen

EtherCAT Device Protocol (EDP)

- **ursprüngliches Protokoll**
- **Funktionsprinzip**
„processing on the fly“
- **lokale Feldbus-Systeme**
- **Einschränkungen bei**
Lösungen der
Automatisierung

EtherCAT Automation Protocol (EAP)

- **erweitertes Protokoll (2009)**
- **Ergänzungen um Funktionen**
für die Fertigungs-
Automatisierung unter
Beibehaltung des
Funktionsprinzips

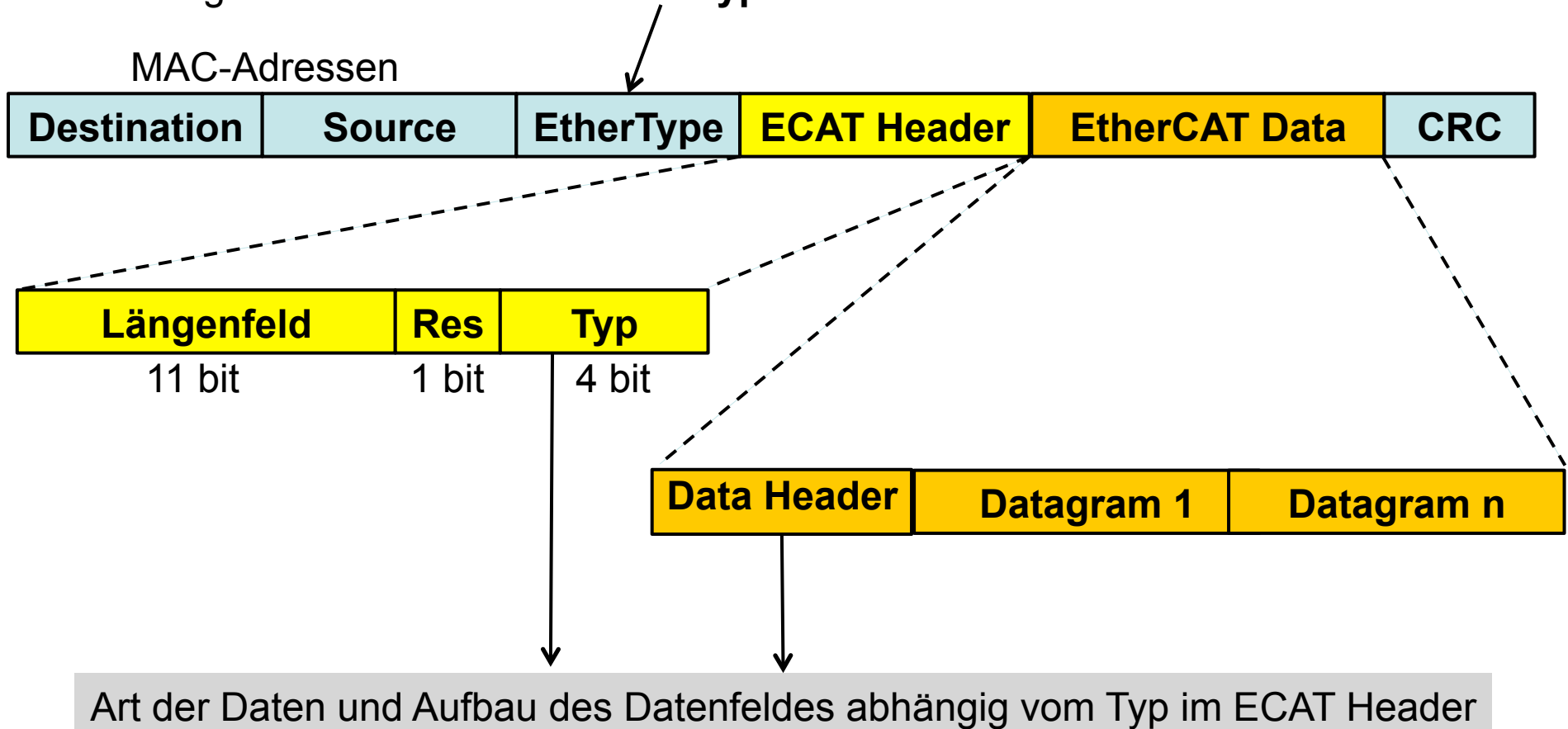
Wesentliche Merkmale von EDP

- Einsatz auf der Feldbus-Ebene in Maschinen, z.B. für Bewegungssteuerung, Ein-/Ausgabe, Messungen
- Echtzeitverhalten sehr gut, insbesondere Zykluszeiten unter 100 μ s und präzise Zeit-Synchronisation
- Verarbeitung in den Stationen in Hardware: EtherCAT Station Controller (ESC)
- Konfiguration mit flexibler Topologie aus Bus und Stern
- Standard-Ethernet-Kabel und -Stecker

Erweiterung mit EAP auf Fertigungs-Automatisierung

- Ethernet-Kommunikation auch zwischen Steuereinheiten und zum Management-System
- Vereinfachen des direkten Zugangs zu Prozessdaten der Sensor- und Aktor-Ebene
- Integration mobiler Stationen
- Routing über Systemgrenzen hinweg
- Einheitliche Schnittstellen für Überwachung und Konfiguration

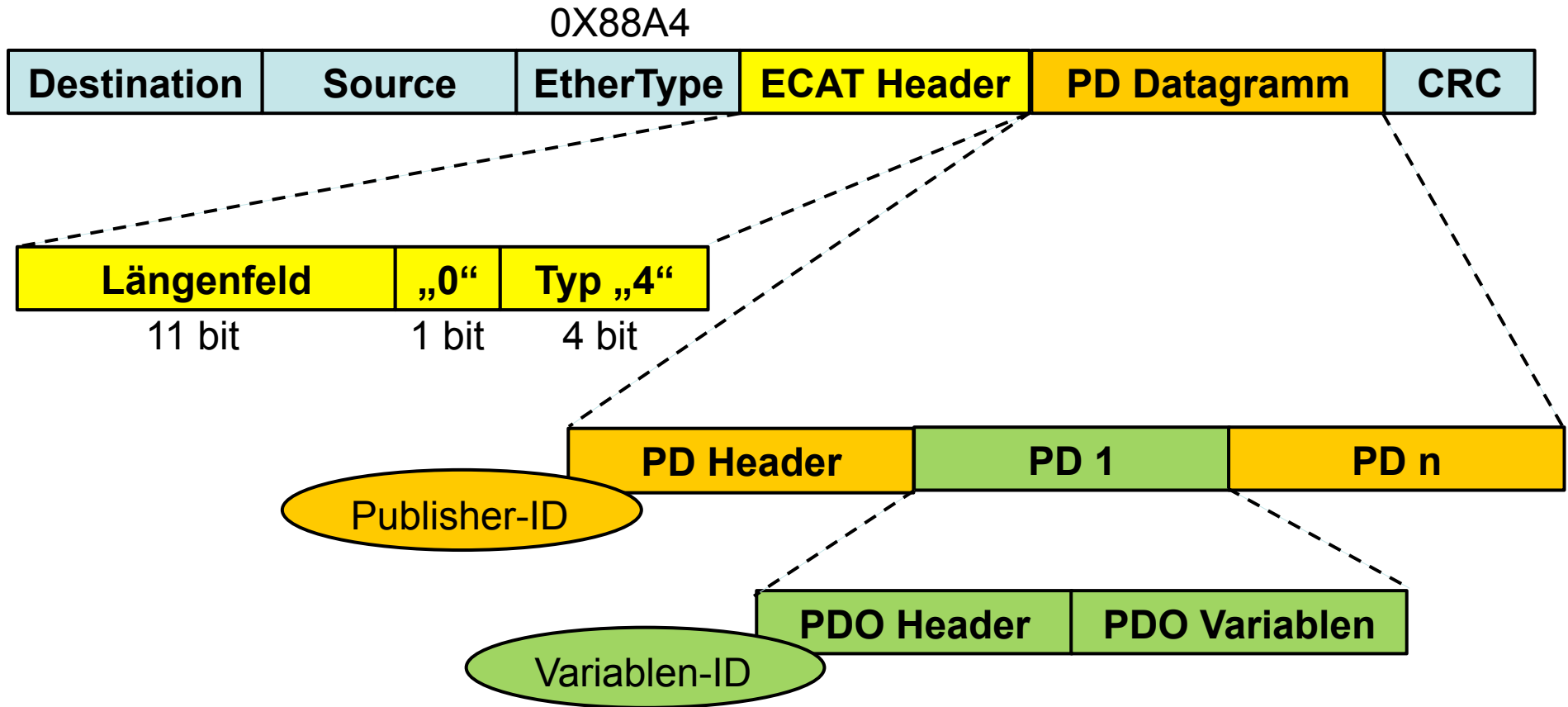
EtherCAT Header (Kopffeld) und Daten eingebettet in Standard-Ethernet-Rahmen
EtherCAT gekennzeichnet durch **EtherType 0X88A4**



Unterscheidung von EtherCAT-Rahmen-Typen

- Definition der Art der EtherCAT-Daten durch das Typfeld im EtherCAT Header (4 bit)
- **Typ1** : ECAT Device Protocol (EDP)
- **Typ 4** : ECAT Automation Protocol (EAP) – Prozessdaten
- **Typ 5** : EAP – Mailbox-Daten

Zyklische Übermittlung von Prozessdaten zwischen Mastern mit EAP



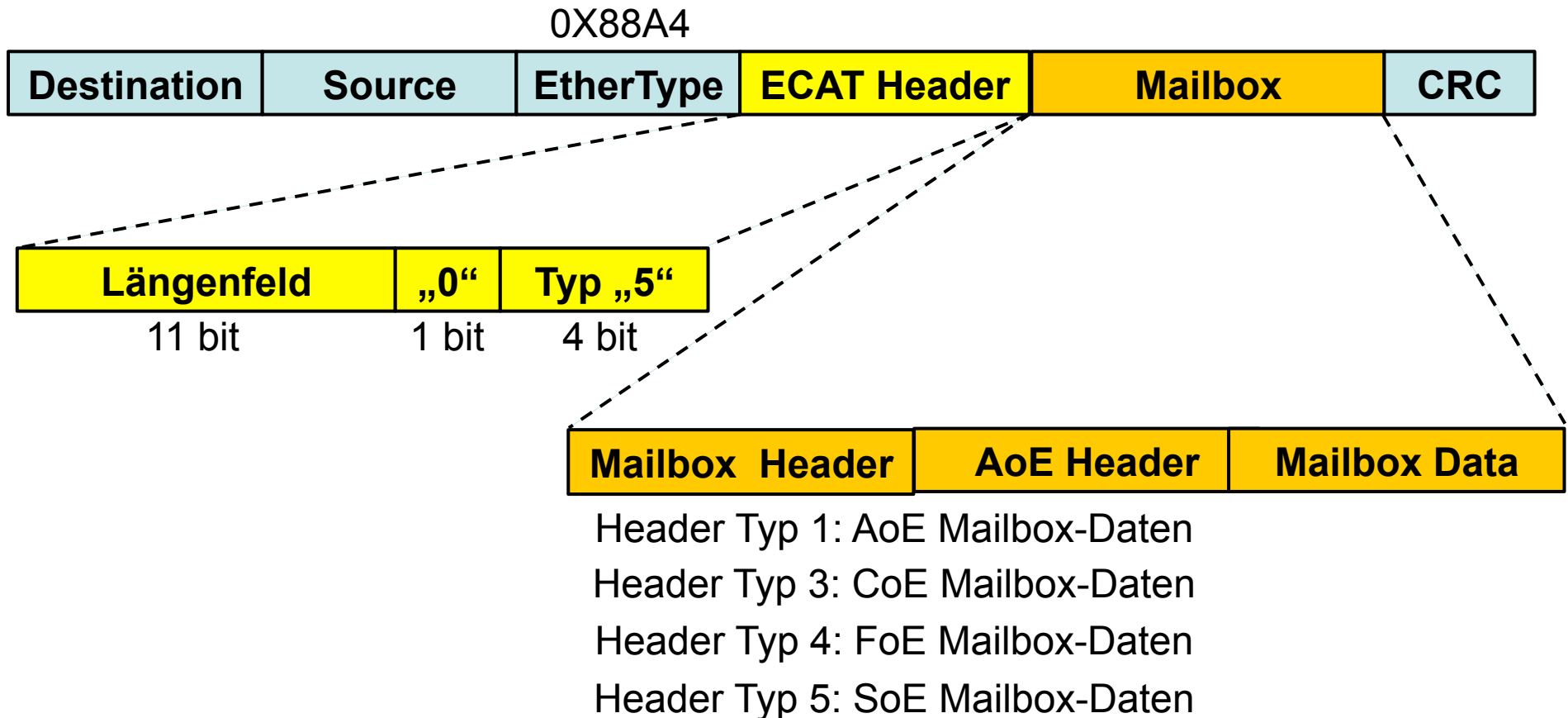
Automation Device Specification (ADS)

- Standard-Schnittstelle unabhängig von Geräten und Feldbussen
- Kommunikation zwischen ADS-fähigen Stationen („ADS Device“) über einen Message-Router
- „ADS Device“: Objekt mit ADS-Schnittstelle zum Anbieten von Server-Diensten
- Einsatz im EtherCAT Automation Protocol EAP
- Industriestandard durch Firma Beckhoff Automation vorgeschlagen

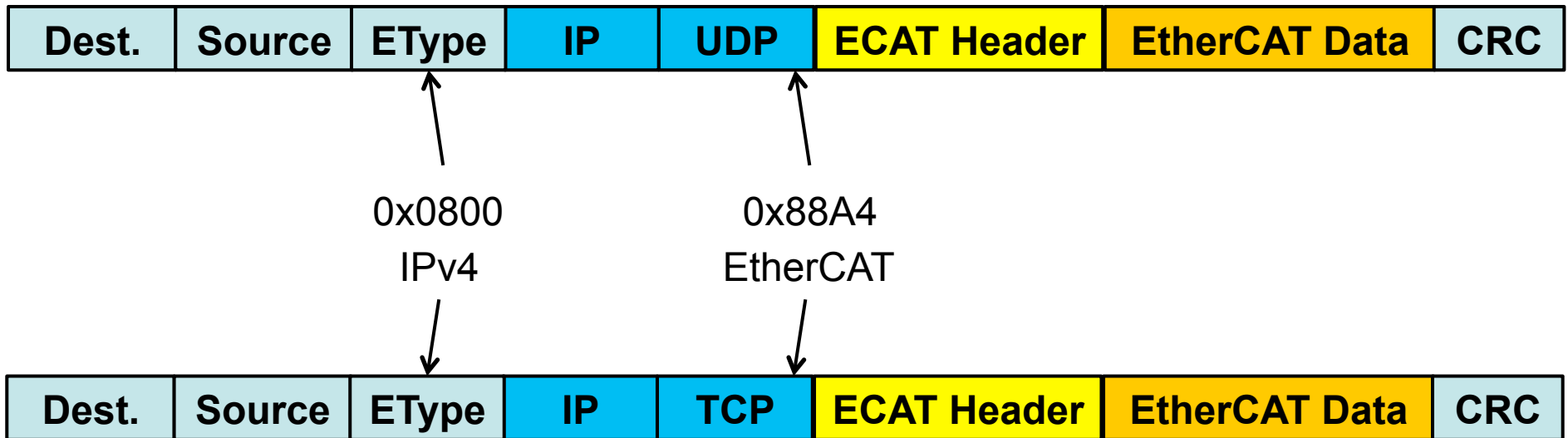
Arten der Prozessdaten-Übermittlung in EAP

- Broadcast: Senden der Prozessdaten durch jede Station in seinem Zyklus; Empfang durch jede andere Station möglich
- Abfrage („Polling“) mit 1:1-Verbindung: zyklisches Senden von Prozessdaten durch eine Station („Client“); 1:1-Antwort synchron durch adressierte Stationen („Server“)
- Abfrage („Polling“) mit 1:n-Verbindung: zyklisches Senden von Prozessdaten durch eine Station („Client“); Antwort durch eine oder mehrere Stationen („Server“)

Mailbox-Kommunikation in EtherCAT zwischen der Feldebene und Hintergrund- und Unterstützungssystemen (z.B. MES, ERP)



Transport von EtherCAT-Rahmen über TCP/IP- oder UDP/IP-Netze bei EAP in der Fertigungs-Automatisierung



Master-Master

- Direktverbindung von Ports an zwei Master-Stationen

Master-Slave

- Ringtopologie mit oder ohne Redundanz
- Option: Sterntopologie mit Switch

Slave-Slave

- Topologie-abhängig ohne Zwischenschalten des Masters: Einfügen durch Slave „upstream“ und Auslesen durch Slaves „downstream“
- Topologie-unabhängig in zwei Übermittlungszyklen über den Master mit höherer Verzögerung

Object Dictionaries : Objekt-Verzeichnisse:

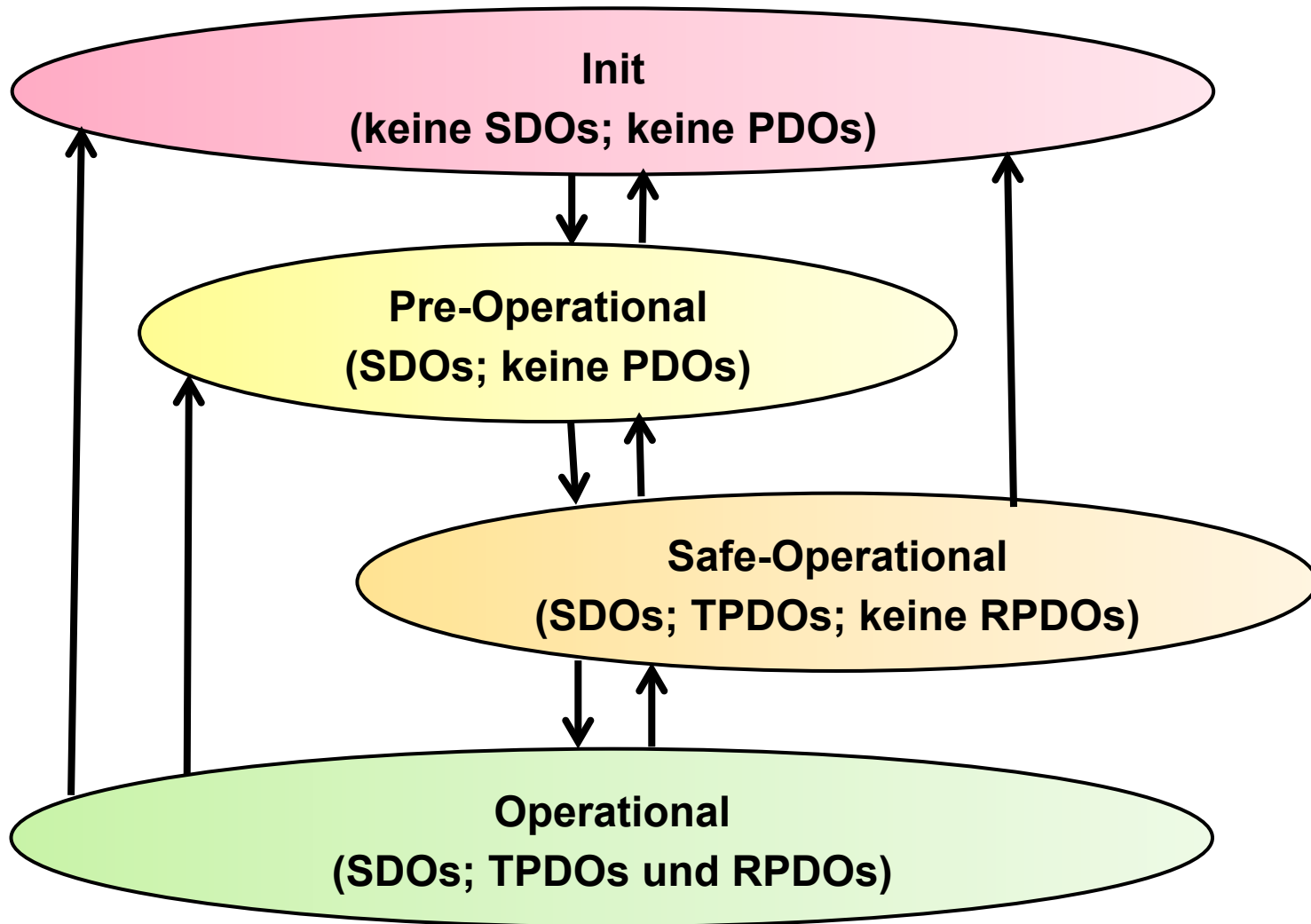
- EtherCAT Objekt: Container für Parameterwert mit definierter Identität und in definiertem Datenformat
- Festlegen von Datentyp, Wertebereich, Einheit
- Objekt-Verzeichnis in jedem EtherCAT Gerät mit allen relevanten Parameterwerten
- Abbilden der Konfiguration und Speichern der Funktionsparameter
- Objekt-Index als Adress-Pointer zum Speicherort

Nachrichtenart: Service Data Object (**SDO**) Message

- **Bestätigung durch Antwort: „confirmed“**
- **Übermittlung nicht zeitkritischer Daten**
- **Konfiguration der Stationen**
- **Lesen und eingeschränktes Schreiben von Objekten**

Nachrichtenart: Process Data Object (**PDO**) Message

- **ohne Antwort: „unconfirmed“**
- **zyklische Übermittlung zeitkritischer Prozessdaten**
- **bis zu 16 Objekten PDO Message**
- **TPDO: Transmit PDO**
- **RPDO: Receive PDO**



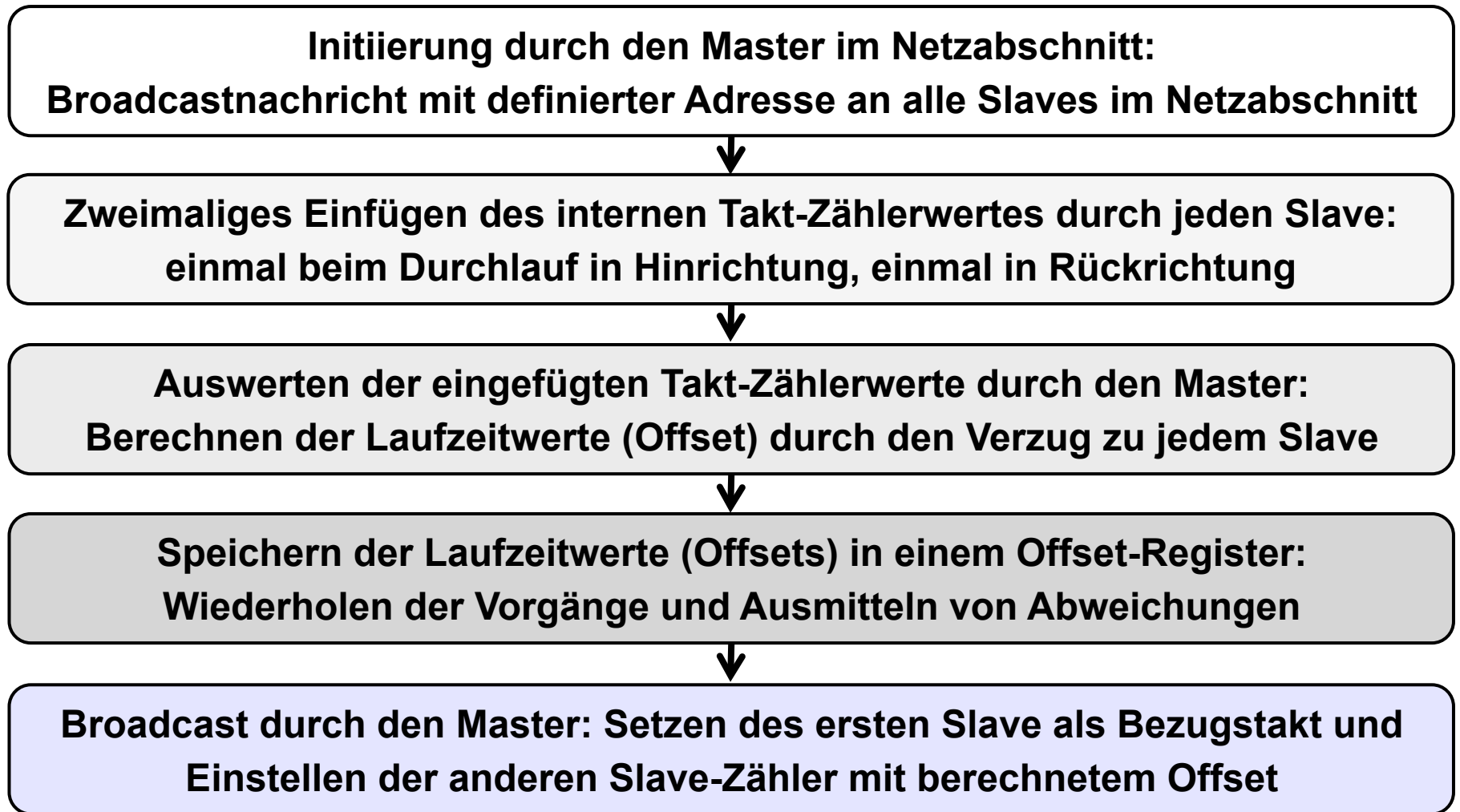
EtherCAT

- Grundsätze und Organisation
- Topologie und Implementierung
- Protokolle und Formate
- Dienstgüte und Anwendungen

Dienst	Anforderungen			
	PD	MBX	R	OD
Master-Master-Kommunikation	X			X
Externes Management: Konfiguration und Diagnose		X	X	X
Verbindung zur zentralen Verarbeitung , zu MES- und ERP-Systemen	X	X		
Verbindung zur Visualisierung, incl. Statusanzeige und Überwachung	X	X		

EtherCAT : Synchronisation

- Exakte Synchronisation verteilter Taktquellen in den Slaves initiiert vom Master
- Geringer Takt-Jitter ($\ll 1 \mu\text{s}$) auch bei höherem Zyklus-Jitter
- Master-Implementierung in Software möglich
- Definition des Systemtakts durch einen Zähler mit 64 Bit
- Zähler-Basiseinheit : 1 ns ; Startzeit : 01.01.2000 – 00:00
- Einhalten des Standard IEEE 1588 Precision Time Protocol



EtherCAT : Beispielrechnung für das Zeitverhalten

- Bewegungssteuerung für **40 Achsen** mit jeweils **20 Bit** Eingabe- und Ausgabe-Daten
- **50 Eingabe-Ausgabestationen** mit insgesamt **560 EtherCAT-Bus-Terminals**
- **Ein-/Ausgaben** : 2000 Digital und 200 Analog
- **Gesamt-Buslänge** : 500 m
- **Güte**: EtherCAT-Zyklusdauer (44% Bus-Auslastung): **276 μ s**
- **Vergleich**: Sercos III **479 μ s**; PROFINET IRT **763 μ s**;
 Powerlink V2 **2347 μ s**; PROFINET RT **6355 μ s**

Quelle: EtherCAT Technology Group

FSoE : FailSafe over EtherCAT

- Verfahren für Sicherheits-Anwendungen über EtherCAT
- TÜV-Zulassung für FSoE
- Safety Integrated Level SIL 3 nach IEC 61508
- Internationaler Standard für FSoE: IEC 61784-3-12
- Offenes Protokoll für EtherCAT und andere Systeme
- Übermittlung von sicherer und ungesicherter Information im selben Netz

FSoE-Integration in EtherCAT-Feldbus-Systeme

- FSoE-Verbindung zwischen FSoE-Master und FSoE-Slave
- Funktion des FSoE-Master In EtherCAT-Slave integrierbar
- Sichere und ungesicherte Anwendungen in einer EtherCAT-Station kombinierbar
- FSoE-Übertragung sicherer Prozessdaten transparent über den EtherCAT-Kanal

Sicherheits-Anwendungen und ungesicherte Anwendungen in einem Netz und in einer Station implementierbar

