



Beschreibung zur Messung • 10/2018

# Hilfe und Erläuterungen zu – „S7-1500/CP443 OPC UA Transferzeitmessungen“

OPC ID34

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Umfang der Messung .....</b>	<b>3</b>
1.1	Zielsetzung .....	3
1.2	Zur Verfügung gestellte Leistungsdaten .....	4
1.3	Parameter der Messung.....	5
1.4	Gültigkeitsbereich und technische Daten .....	5
<b>2</b>	<b>Bedienung der Oberfläche.....</b>	<b>8</b>
2.1	Übersicht über die Oberfläche .....	8
2.2	Vorgehensweise zur Bedienung .....	9
2.2.1	Ausgangssituation bei Start der Applikation.....	9
2.2.2	Eingabe der gewünschten Konfiguration .....	12
2.2.3	Eingabe der Leistungsvorgaben .....	13
2.2.4	Ansicht der gewählten Konfiguration.....	14
2.2.5	Tabelle Leistungsdaten .....	14
<b>3</b>	<b>Durchführung der Messungen .....</b>	<b>17</b>
3.1	Messmethode und Messaufbau/-ablauf .....	17
3.2	Messaufbau .....	18
3.1	Messverfahren der Transferzeit „Monitoring via UA- subscription/ cpusubscription“ .....	19
3.2	Messverfahren der Transferzeit „UA- Read“ .....	22
3.3	Messverfahren der Transferzeit „UA-Write“ .....	24
3.4	Messung: Zykluszeit/Zyklus-Kontrollzeit .....	25
3.5	Messgrößen und Statistik.....	26
3.6	Erläuterungen zum OPC-UA Test-Client .....	29
3.7	Erläuterungen zum STEP 7 - Programm .....	30
3.7.1	Die Variablenstruktur in den S7-CPUs.....	30
3.7.2	Übersicht der STEP 7 - Programme .....	32
3.7.3	Messprogramm .....	32
3.7.4	Lastprogramm .....	33
<b>4</b>	<b>Version.....</b>	<b>34</b>

# 1 Umfang der Messung

## 1.1 Zielsetzung

Automatisierungsprojekte erfordern häufig einen intensiven Datenaustausch zwischen SIMATIC S7-Controllern und PC Systemen. Der heute übliche Weg erfolgt in diesem Fall über OPC UA.

Der Focus liegt hier in der Messung der Übertragungszeit der Daten vom OPC UA Server in der S7-1500 Station bis zum OPC Test-Client auf einem PC.

### Wichtige Fragestellungen

Für den Planer ist in erster Linie von Interesse, wie lange das System benötigt um die Änderung einer großen bis sehr großen Anzahl von Variablen (OPC-Items) zu registrieren.

Folgende Informationen will ein Benutzer an Hand der Use-Cases aus dem System ziehen:

- **Aktualisierungszeit von n OPC-nodes (Variablen beobachten)**  
Use Case: Prozesswerte müssen im Client immer präsent sein
  - In einer S7-CPU ändern sich im worst case alle Variablen gleichzeitig.
  - Wie groß ist die Reaktionszeit, bis alle Änderungen der beobachteten Variablen vom OPC-Client registriert worden sind?
- **Lesezeit von n Nodes(Variablen lesen)**  
Use Case: wie lange dauert das Anfordern der Daten vom OPC UA Client aus.
  - Aus 1 S7-CPU werden n Bytes gelesen (OPC-Items)
  - Wie groß ist die Lesezeit, bis alle Werte im OPC-Client vorhanden sind?
- **Bedienzeit von OPC Items (Variablen schreiben)**  
Use Case: Dauer der Aktualisierung vom OPC UA Client zu einer S7-CPUs
  - In eine S7-CPU werden N – Bytes vom OPC-Client aus beschrieben
  - Wie lange dauert es, bis die Änderungen der Variablen in der Empfänger-CPU registriert wurden (Endzeitpunkt).
- **OB1 Zykluszeit**
  - wie stark variieren die OB1 Zykluszeiten in der S7-CPU während der aktiven Kommunikation mit dem OPC-Server.
- **Verteilung der Nodes**  
Use Case: Wie wirkt sich die Verteilungen der Variablen (Nodes) in den DBs der PLC auf die Transfargeschwindigkeit aus und welchen Einfluss haben dabei optimierte DBs versus Standard DBs.

Um diese Fragen zu beantworten, führt der Siemens Industry Online Support in regelmäßigen Abständen umfangreiche Messungen mit typischen OPC UA Systemen durch. Um komfortabel auf die Messergebnisse zuzugreifen, können Sie mit der interaktiven Bedienoberfläche die von Ihnen gewünschte Konfiguration zusammenstellen.

- Welche S7-Komponenten sind für das geplante Automatisierungsprojekt am besten geeignet?
- Mit welchen Transferzeiten ist bei typischen Konfigurationen zu rechnen?
- Welche statistischen Schwankungen können dabei auftreten?
- Welche Rückwirkungen sind zu erwarten?

### 1.2 Zur Verfügung gestellte Leistungsdaten

Folgende Leistungsdaten bzw. Messgrößen stehen Ihnen in dieser Messung zur Verfügung:

Tabelle 1-1

Messgröße	Definition
Transferzeit – Variable beobachten (monitoring)	Wie lange dauert die mittlere Updatezeit von n-Variablen (Nodes) bei einer S7-Station, wenn sich alle projektierten Items (Variablen) quasi synchron in der S7-Station geändert haben?
Transferzeit – Asynchrones Lesen (UA registered Read)	Wie lange dauert die mittlere Lesezeit von n-Variablen (Nodes) aus einer S7-Station in den OPC UA-Client?
Transferzeit – Asynchrones Schreiben (UA registered Write)	Wie lange dauert die mittlere Schreibzeit von n-Variablen auf eine S7-Station aus einem OPC UA-Client?
Zykluszeit in S7-Controller	Dies ist der Abstand zwischen zwei Aktualisierungen des Prozessabbildes im S7-Controller.

#### Hinweis

Eine genaue Beschreibung der Messverfahren finden Sie in Kap 3 Durchführung der Messungen

## 1.3 Parameter der Messung

Diese Messung wurde mit folgenden Parametern durchgeführt:

Tabelle 1-2

Komponente	Parameter	Erläuterung
S7-Station	CPU	Auswahl des S7-CPU Typs
	Last durch Programm	Einstellung der Last, die in der S7-Station durch ein zusätzliches STEP 7 Programm realisiert ist.
	Kommunikationsweg	Auswahl der Schnittstelle, über die kommuniziert wird (Integrierte Schnittstelle der CPU oder über Ethernet-CP/CM).
	Nutzdatenlänge	Einstellung des Datenumfangs (Anzahl Bytes pro S7-Station).
	Anzahl S7-Stationen	Hier immer 1
	Verteilung der Variablen (Nodes)	Kontinuierliches Array of Bytes (eine Subscription auf einen Node) Verteilte Variablen (n Subscriptions auf n Nodes)
OPC Server/Client	OPC-Server Sampling rate	Polling Zyklus des OPC UA Servers (=Publishing rate des OPC UA Servers zum Client)
	OPC-Server Publishing rate	Die minimal mögliche Zeit, die die CPU-Projektierung zulässt.
	OPC Service Methode	Einstellung der Zugriffsmethode auf die Nodes (Variablen Beobachten cpu-subscription, Variablen, UA Read, UA Write).
	Security Einstellungen	Verschlüsselung der Daten

### Hinweis

Die einstellbaren Wertebereiche der einzelnen Parameter können je nach Konstellation variieren. Beachten Sie hierzu die jeweiligen Anzeigen in der Oberfläche.

## 1.4 Gültigkeitsbereich und technische Daten

### Gültigkeitsbereich

Die Messung umspannt ein typisches Spektrum an Komponenten. Die Auswahl orientiert sich dabei an den aktuellsten und den am häufigsten eingesetzten Produkten mit Stand „Mitte 2018“.

Die Messwerte gelten für den Fall, dass das Netz fehlerfrei konfiguriert ist. Eine fehlerhafte oder unvollständige Konfiguration führt durch eine systeminterne Fehlerbehandlung zu stark abweichenden Zeiten.

### Randbedingungen der Messung

Alle Messwerte wurden unter bestimmten Randbedingungen (Projektierung und Parametrierung) erfasst.

## 1 Umfang der Messung

In der folgenden Tabelle finden Sie alle für die Messung wesentlichen Einstellungen. Für alle nicht aufgeführten Einstellungen werden immer die Default-Werte von STEP 7 verwendet.

Parameter	Wertebereich	Bemerkung
Implementierung OPC UA Client	C#/.NET Stack auf OPC UA Schnittstelle über UA TCP Protokoll	.NET Framework V4 UA-Stack Version 1.02
Ethernet-Schnittstelle	Standard IE-Schnittstelle	
Securityfunktionen	OPC-UA <ul style="list-style-type: none"> <li>- None</li> <li>- Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</li> </ul>	
Queue-size	Die Queue-size eines Items bleibt bei dieser Messung auf 1.	
DB-Typ	Alle Variablen sind standardmäßig in optimierten DBs gespeichert.	Ausnahme: S7-400
Netzlast	Es werden keine zusätzlichen Netzlasten (PGs, HMI-Devices, VPN-Tunnel, etc.) auf den Probanden geschaltet.	
S7-Kommunikationslast	S7-1500: 20%	Defaultwerte des TIA Portals
Verteilungen der OPC-Items/Nodes	Kontinuierlich in einem Array (ein Symbol)	Der Zugriff auf lückenbehaftete Verteilung wird nicht bei 100000 Bytes angewendet.
	Lückenbehaftet (ca. 30% Speicherlücken) mit n-Symbolen	

### Verwendeten Komponenten

Die folgende Tabelle enthält alle Komponenten, die in dieser Messung verwendet wurden.

Tabelle 1-3

Komponente		Typ	Artikel-Nr	Version
	S7-1500	CPU 1510 SP	6ES7510-1DJ01-0AB0	V2.5
		CPU-1511-1PN	6ES7511-1AK01-0AB0	V2.5
		CPU-1516-3PN/DP	6ES7516-3AN01-0AB0	V2.5
		CPU-1518-4PN/DP	6ES7518-4AP00-0AB0	V2.5
	Software Controller	ET 200SP Open Controller CPU 1515SP PC	6ES7677-2AA41-0FB0	V2.5 4GB RAM, WES7 P 64; 8GB CFAST
	CPU1507S	6ES7672-7AC00-0YA0	V2.5	
	IPC 427D & CPU1507S	6AG4140-3BL05-3HA0	Core i3 1.6 GHz, 8GB NVRAM, Win7 Embedded 64, CFAST 8GB, 80GB SSD	
OPC UA Client Station	IPC	IPC 547E		Core i7, 500GB HDD, 8GB SDRAM,
SIMATIC S7 Projektierungs SW				TIA Portal V15

## 2 Bedienung der Oberfläche

In den folgenden Kapiteln erhalten Sie Informationen zur Bedienung der Messung über die Wegoberfläche.

### 2.1 Übersicht über die Oberfläche

Die Bedienoberfläche gliedert sich grundsätzlich in vier Bereiche: Auswahlbereich, Leistungsvorgaben, Gewählte Konfiguration und Leistungsdaten-Tabelle. Alle Bereiche, außer der Leistungsdaten-Tabelle, können ein- und ausgeklappt werden.

#### Auswahlbereich

Abbildung 2-1

In diesem Bereich können Sie die von ihnen gewünschte Konfiguration über die entsprechenden Bedien-Controls eingeben. Das System unterstützt Sie hierbei durch verschiedene automatische Funktionen.

Tabelle 2-1

Symbol	Erläuterung
	Das "Filtersymbol" signalisiert, dass in dem Auswahlbereich mindestens ein Filter aktiv ist.
	+ : Eingabebereich ausklappen - : Eingabebereich einklappen
	Unter diesen Controls können Sie Komponenten oder Werte auswählen
	Eine Auswahl ist durch Sie erfolgt und kann durch einen Klick auf „X“ wieder aufgehoben werden.
	Das System hat auf Grund einer Selektion eines anderen Controls eine automatische Auswahl für Sie getroffen

#### Leistungsvorgaben

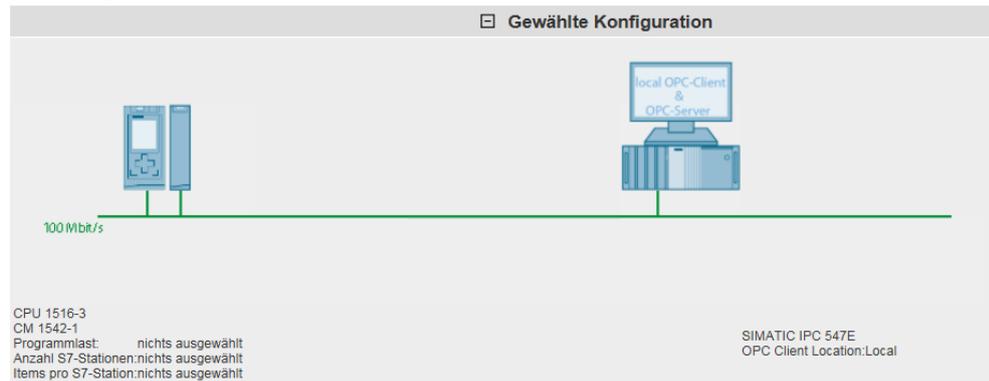
Abbildung 2-2

In diesem Bereich können Sie über numerische Filterbedingungen, die durch einen Klick auf das entsprechende Control erscheinen, die gemessenen Werte der Ergebnistabelle zusätzlich einschränken.

In diesem Beispiel soll die minimale Transferzeit kleiner 5 ms sein. Dieser Filter wird nun zusätzlich zu den Filtern des Auswahl-Bereichs auf die Result-Tabelle angewendet.

### Gewählte Konfiguration

Abbildung 2-3



Im Bereich "gewählte Konfiguration" zeigt Ihnen das System den grafischen Aufbau Ihrer Konfiguration. Ist im Auswahlbereich bei einem oder mehreren Controls noch

keine Eingabe erfolgt, wird dies durch Darstellung eines Fragezeichens , oder „---“, in dem bestimmten Bereich gekennzeichnet.

### Leistungsdaten-Tabelle

Abbildung 2-4

Ergebnisse: 4 von 7272  Ergebnisse herunterladen (\*.csv) > Spalten anzeigen

Prg-Load	CP	Num S7-stations	Num Items	OPC-ClientLoc	OPC-Service	TransTime_min[ms]	TransTime_avg[ms]	TransTime_max[ms]
5 ms	4	100	100	Remote (LAN)	Write	2,1	2,4	4,2
5 ms	1	100	100	Local	Read	2,3	3,3	4,8
5 ms	1	100	100	Local	Read	2,4	3,3	4,9
10 ms	1	100	100	Local	Read	2,5	3,3	4,9

In diesem Bereich werden die gemessenen Leistungsdaten mit allen von Ihnen gewählten Filtern angezeigt. Weitere Spalten können über einen Dialog durch Klick auf "Spalten anzeigen" aus-, oder eingeblendet werden. Über einen Klick auf "Ergebnisse herunterladen (\*.csv)" kann die angezeigte Auswahl als Excel-csv Tabelle exportiert werden. Dies ermöglicht Ihnen weitere Sortierungen für Ihre Anwendungen vorzunehmen.

## 2.2 Vorgehensweise zur Bedienung

In folgenden Kapiteln erhalten Sie Informationen zur Bedienung der Oberfläche:

### 2.2.1 Ausgangssituation bei Start der Applikation

Beim ersten Aufruf der Webapplikation zeigt sich die Applikation in folgendem Zustand:

## Bedienoberfläche

Abbildung 2-5

☐ Auswahl der Konfiguration

S7 - Station	OPC - Server	OPC - Client
CPU nichts ausgewählt ▾	OPC Zykluszeit nichts ausgewählt ▾	PC - Typ SIMATIC IPC 547E
CP nichts ausgewählt ▾	Datenlänge [Bytes] nichts ausgewählt ▾	OPC - Service nichts ausgewählt ▾
Last durch Programm nichts ausgewählt ▾	Variablen Verteilung nichts ausgewählt ▾	Security Policy nichts ausgewählt ▾
	Anz. Symbole keine Angaben	

☐ Leistungsvorgaben

☐ Gewählte Konfiguration

Ergebnisse: 714 von 714 ▶ Spalten anzeigen

CPU	CP	Prg-Load	Num Items	Var. distribution	SecurityPolicy	NumSymbols	OPC Server Cycle	OPC-Service	TransTime_min[ms]	TransTime_av
CPU 1515SP PC	---	10 ms	10000	distributed variables	none	7000	250 ms	Monitoring via UA-subscription 0	0	0
CPU 1515SP PC	---	5 ms	10000	distributed variables	none	7000	250 ms	Monitoring via UA-subscription 0	0	0
CPU 1515SP PC	---	10 ms	10000	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt 7000	7000	250 ms	Monitoring via UA-subscription 0	0	0
CPU 1515SP PC	---	5 ms	10000	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt 7000	7000	250 ms	Monitoring via UA-subscription 0	0	0
CPU 1518-4PN/DP	---	10 ms	100	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt 1	---	---	Read	0,7	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	1 ms	100	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt 1	---	---	Read	0,8	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	5 ms	100	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt 1	---	---	Read	0,8	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	10 ms	100	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt 1	---	---	Write	0,8	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	1 ms	100	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt 1	---	---	Write	0,6	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	5 ms	100	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt 1	---	---	Write	0,8	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	10 ms	100	continuous byte array	none	1	---	Read	0,7	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	1 ms	100	continuous byte array	none	1	---	Read	0,7	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	5 ms	100	continuous byte array	none	1	---	Read	0,8	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	10 ms	100	continuous byte array	none	1	---	Write	0,8	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	1 ms	100	continuous byte array	none	1	---	Write	0,7	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	5 ms	100	continuous byte array	none	1	---	Write	0,6	0,9
CPU 1518-4PN/DP	---	10 ms	1000	continuous byte array	none	1	---	Write	1	1,1
CPU 1518-4PN/DP	---	5 ms	1000	continuous byte array	none	1	---	Write	1	1,1
CPU 1518-4PN/DP	---	10 ms	1000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt 1	---	---	Write	1	1,1
CPU 1518-4PN/DP	---	5 ms	1000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt 1	---	---	Write	1	1,1

Sichtbar sind immer der Auswahlbereich und die Leistungsdatentabelle. Der Bereich "Leistungsvorgaben" und "Gewählte Konfiguration" sind ausgeblendet.

### Beschreibung der Menü-Items

Im Folgenden werden die Items der Applikations-Menüleiste erläutert.

Abbildung 2-6



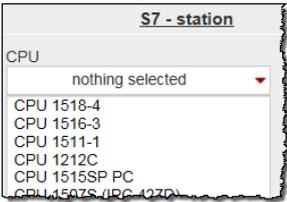
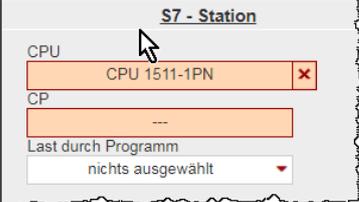
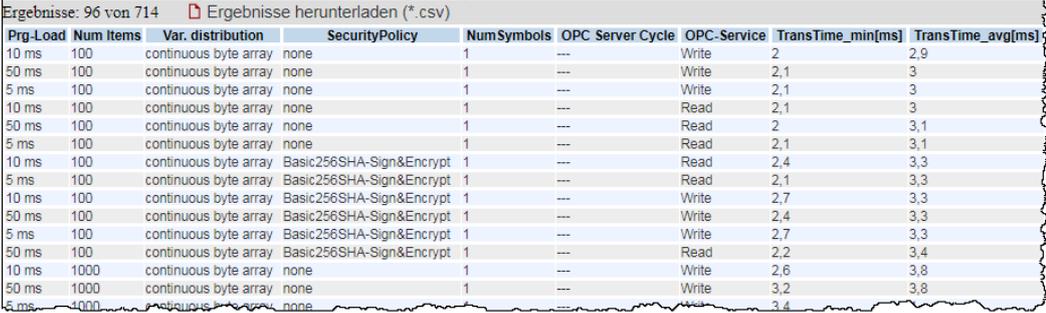
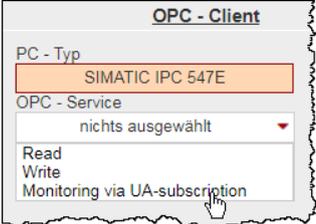
Tabelle 2-2

Menü-Item	Beschreibung
	<p>Durch Klick auf den Menüpunkt <b>Leistungsdaten zu OPC</b> öffnet sich ein Dialog in dem Sie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• durch Klick auf den Menüeintrag <b>neu</b> die Bedienoberfläche wieder in den Initialzustand bringen können.</li> <li>• im Bereich <b>about</b> die Version der Messung und der Datenbank sehen.</li> <li>• im Bereich <b>related</b> direkt zu anderen Versionen dieses Typs von Messungen wechseln können.</li> </ul>
Sprache	Die Oberfläche ist in den Sprachen Deutsch, und Englisch realisiert.
Kontakt	Links zum Online-Support
hilfe	Aufruf dieser Hilfeseiten

### 2.2.2 Eingabe der gewünschten Konfiguration

Im Bereich "Auswahl der Konfiguration" können Sie die gewünschte Hardwarekonstellation vorgeben.

Tabelle 2-3

Nr.	Bediener-Aktion	System-Reaktion
1.	<p>Wählen Sie eine Konfiguration, indem Sie die diversen Parameter-Controls anklicken und eine Komponente auswählen.</p> <p>Beispiel: Auswahl einer CPU im Bereich <u>S7-Station</u></p> 	<p>Das System hat die von ihnen gewünschte CPU (hier CPU 1511-1) übernommen und gleichzeitig ggf. automatisch die Folgeselektion des CPs für Sie vorgenommen.</p> 
	<p>Das System hat sofort an die Datenbank eine Abfrage mit dem momentan aktiven Filter abgesetzt und in der Leistungsdaten-Tabelle angezeigt.</p>  <p>In diesem Beispiel liegen 96 von insgesamt 714 Messwerten vor, die genau mit dieser CPU gemessen wurden. Da die S7-CPU jetzt fest zugeordnet ist, wurde diese Spalte aus der Ergebnistabelle entfernt.</p>	
2.	<p>Geben Sie genauso die Parameter ihrer Wahl für den Bereich "OPC-Client" ein.</p> <p>Beispiel: Auswahl des OPC - Services "Monitoring via UA subscription"</p> 	<p>Das System hat die von ihnen gewünschten Eingaben übernommen.</p>

Nr.	Bediener-Aktion	System-Reaktion																																																																																																																
	<p>Wie unter Punkt 1 hat das System erneut eine Datenbankabfrage mit den erweiterten Filtereinstellungen vorgenommen und die Anzahl der in Frage kommenden Messwerte dadurch weiter eingeschränkt.</p> <p>Ergebnisse: 32 von 714  Ergebnisse herunterladen (*.csv)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Prg-Load</th> <th>Num Items</th> <th>Var. distribution</th> <th>SecurityPolicy</th> <th>NumSymbols</th> <th>TransTime_min[ms]</th> <th>TransTime_avg[ms]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 ms</td><td>100</td><td>distributed variables</td><td>Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</td><td>70</td><td>64,2</td><td>348,6</td></tr> <tr><td>50 ms</td><td>100</td><td>distributed variables</td><td>Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</td><td>70</td><td>53</td><td>426,9</td></tr> <tr><td>50 ms</td><td>100</td><td>distributed variables</td><td>none</td><td>70</td><td>35</td><td>483</td></tr> <tr><td>5 ms</td><td>100</td><td>distributed variables</td><td>none</td><td>70</td><td>52</td><td>499,4</td></tr> <tr><td>10 ms</td><td>10000</td><td>continuous byte array</td><td>Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</td><td>1</td><td>139,3</td><td>501,7</td></tr> <tr><td>10 ms</td><td>100</td><td>distributed variables</td><td>none</td><td>70</td><td>109,5</td><td>503,9</td></tr> <tr><td>5 ms</td><td>1000</td><td>continuous byte array</td><td>none</td><td>1</td><td>24,9</td><td>507,6</td></tr> <tr><td>50 ms</td><td>1000</td><td>continuous byte array</td><td>Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</td><td>1</td><td>33,9</td><td>513</td></tr> <tr><td>10 ms</td><td>1000</td><td>continuous byte array</td><td>Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</td><td>1</td><td>54,1</td><td>517,8</td></tr> <tr><td>50 ms</td><td>1000</td><td>continuous byte array</td><td>none</td><td>1</td><td>50,3</td><td>519,9</td></tr> <tr><td>5 ms</td><td>100</td><td>distributed variables</td><td>Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</td><td>70</td><td>20</td><td>520,7</td></tr> <tr><td>10 ms</td><td>1000</td><td>continuous byte array</td><td>none</td><td>1</td><td>69,2</td><td>522,2</td></tr> <tr><td>10 ms</td><td>10000</td><td>continuous byte array</td><td>none</td><td>1</td><td>200,8</td><td>523,7</td></tr> <tr><td>5 ms</td><td>1000</td><td>continuous byte array</td><td>Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</td><td>1</td><td>45,5</td><td>534,2</td></tr> <tr><td>10 ms</td><td>1000</td><td>distributed variables</td><td>Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</td><td>700</td><td>182,7</td><td>551,8</td></tr> </tbody> </table>	Prg-Load	Num Items	Var. distribution	SecurityPolicy	NumSymbols	TransTime_min[ms]	TransTime_avg[ms]	10 ms	100	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt	70	64,2	348,6	50 ms	100	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt	70	53	426,9	50 ms	100	distributed variables	none	70	35	483	5 ms	100	distributed variables	none	70	52	499,4	10 ms	10000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	139,3	501,7	10 ms	100	distributed variables	none	70	109,5	503,9	5 ms	1000	continuous byte array	none	1	24,9	507,6	50 ms	1000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	33,9	513	10 ms	1000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	54,1	517,8	50 ms	1000	continuous byte array	none	1	50,3	519,9	5 ms	100	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt	70	20	520,7	10 ms	1000	continuous byte array	none	1	69,2	522,2	10 ms	10000	continuous byte array	none	1	200,8	523,7	5 ms	1000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	45,5	534,2	10 ms	1000	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt	700	182,7	551,8	
Prg-Load	Num Items	Var. distribution	SecurityPolicy	NumSymbols	TransTime_min[ms]	TransTime_avg[ms]																																																																																																												
10 ms	100	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt	70	64,2	348,6																																																																																																												
50 ms	100	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt	70	53	426,9																																																																																																												
50 ms	100	distributed variables	none	70	35	483																																																																																																												
5 ms	100	distributed variables	none	70	52	499,4																																																																																																												
10 ms	10000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	139,3	501,7																																																																																																												
10 ms	100	distributed variables	none	70	109,5	503,9																																																																																																												
5 ms	1000	continuous byte array	none	1	24,9	507,6																																																																																																												
50 ms	1000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	33,9	513																																																																																																												
10 ms	1000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	54,1	517,8																																																																																																												
50 ms	1000	continuous byte array	none	1	50,3	519,9																																																																																																												
5 ms	100	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt	70	20	520,7																																																																																																												
10 ms	1000	continuous byte array	none	1	69,2	522,2																																																																																																												
10 ms	10000	continuous byte array	none	1	200,8	523,7																																																																																																												
5 ms	1000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	45,5	534,2																																																																																																												
10 ms	1000	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt	700	182,7	551,8																																																																																																												

### 2.2.3 Eingabe der Leistungsvorgaben

Im Filterbereich "Leistungsvorgaben" können Sie zusätzlich zur Vorgabe der Hardwarekomponenten den Bereich der tolerierbaren Telegrammlaufzeiten einschränken.

Tabelle 2-4

Nr.	Bediener-Aktion	System-Reaktion																																																
1.	<p>Geben Sie die in ihrer Anlage geforderten minimalen, mittleren oder maximalen Werte ein. Eine Beschreibung der verschiedenen Messwerte finden Sie in Kap. 1.2, eine Kurzerläuterung über einen Tooltip direkt am Control.</p> <p><b>Beispiel:</b> Die maximale tolerierbare Übertragungszeit des Systems soll kleiner als 900ms sein.</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p><input type="checkbox"/> Leistungsvorgaben</p> <p><b>Transferzeiten</b></p> <p>TransTime_min[ms] <input type="text" value="Kein Filter"/></p> <p>TransTime_avg[ms] <input type="text" value="Kein Filter"/></p> <p>TransTime_max[ms] <input type="text" value="Kein Filter"/></p> <p><input type="text" value="900"/> <input type="button" value="Ok"/></p> </div> <p>Bestätigen Sie die Eingabe mit dem OK-Button.</p>	<p>Das System hat die von ihnen gewünschte Eingabe übernommen.</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p><input checked="" type="checkbox"/> Leistungsvorgaben</p> <p><b>Transferzeiten</b></p> <p>TransTime_min[ms] <input type="text" value="Kein Filter"/></p> <p>TransTime_avg[ms] <input type="text" value="Kein Filter"/></p> <p>TransTime_max[ms] <input type="text" value="900"/></p> </div>																																																
	<p>Das System hat an die Datenbank eine Abfrage mit den nun aktiven Filtern abgesetzt und in der Leistungsdaten-Tabelle angezeigt.</p> <p>Ergebnisse: 5 von 714  Ergebnisse herunterladen (*.csv)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Prg-Load</th> <th>Num Items</th> <th>Var. distribution</th> <th>SecurityPolicy</th> <th>NumSymbols</th> <th>TransTime_min[ms]</th> <th>TransTime_avg[ms]</th> <th>TransTime_max[ms]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 ms</td><td>100</td><td>distributed variables</td><td>Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</td><td>70</td><td>64,2</td><td>348,6</td><td>682,1</td></tr> <tr><td>5 ms</td><td>100</td><td>distributed variables</td><td>none</td><td>70</td><td>52</td><td>499,4</td><td>658,1</td></tr> <tr><td>10 ms</td><td>1000</td><td>continuous byte array</td><td>none</td><td>1</td><td>258,4</td><td>557,1</td><td>800,5</td></tr> <tr><td>50 ms</td><td>10000</td><td>continuous byte array</td><td>Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</td><td>1</td><td>132,7</td><td>583,5</td><td>890</td></tr> <tr><td>10 ms</td><td>100</td><td>continuous byte array</td><td>Basic256SHA-Sign&amp;Encrypt</td><td>1</td><td>332,2</td><td>590,9</td><td>811,4</td></tr> </tbody> </table> <p>Das System hat mit den vorgegebenen Beispiel-Filtereinstellungen jetzt nur mehr 5 Datensätze gefunden, der alle vorbelegten Kriterien erfüllt.</p>	Prg-Load	Num Items	Var. distribution	SecurityPolicy	NumSymbols	TransTime_min[ms]	TransTime_avg[ms]	TransTime_max[ms]	10 ms	100	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt	70	64,2	348,6	682,1	5 ms	100	distributed variables	none	70	52	499,4	658,1	10 ms	1000	continuous byte array	none	1	258,4	557,1	800,5	50 ms	10000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	132,7	583,5	890	10 ms	100	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	332,2	590,9	811,4	
Prg-Load	Num Items	Var. distribution	SecurityPolicy	NumSymbols	TransTime_min[ms]	TransTime_avg[ms]	TransTime_max[ms]																																											
10 ms	100	distributed variables	Basic256SHA-Sign&Encrypt	70	64,2	348,6	682,1																																											
5 ms	100	distributed variables	none	70	52	499,4	658,1																																											
10 ms	1000	continuous byte array	none	1	258,4	557,1	800,5																																											
50 ms	10000	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	132,7	583,5	890																																											
10 ms	100	continuous byte array	Basic256SHA-Sign&Encrypt	1	332,2	590,9	811,4																																											

### 2.2.4 Ansicht der gewählten Konfiguration

Durch Aufklappen des Bereichs "Gewählte Konfiguration" können Sie den schematischen HW-Aufbau für diese Konfiguration sehen.

Abbildung 2-7



Nicht selektierte Komponenten werden durch eine Fragezeichensymbol  in der Grafik und im Text durch "nichts ausgewählt" bzw. "---" gekennzeichnet.

### 2.2.5 Tabelle Leistungsdaten

Die Leistungsdatentabelle zeigt die durch die vorherigen Filter eingeschränkten Datenbankinhalte der entsprechenden Messung. Dieser Bereich ist permanent sichtbar. Die Tabelle zeigt standardmäßig nur eine Auswahl der in der Datenbank für diese Messung verfügbaren Spalten an. Über einen Dialog können Sie individuell Spalten an- oder abwählen.

#### Bedienelemente der Tabelle

Abbildung 2-8

Ergebnisse: 2440 von 2440 Ergebnisse herunterladen (\*.csv) > Spalten anzeigen

CPU	Prg-Load	Cycl-Int	CP	PG	IO-zentr/dez.	IO-Device	Num devices	SumIO-Bytes	T Rea avg [ms]	T Rea CyclAlrm avg[ms]	T Rea PrzAlrm avg[ms]	T Rea S
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	central	---	---	0	16	0,57	0,64	0,22	---	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	PG central	---	---	0	16	0,58	0,7	0,22	---	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	central	---	---	0	16	0,58	0,7	0,22	---	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	PG central	---	---	0	16	0,59	0,7	0,22	---	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	central	---	---	0	32	0,62	0,59	0,22	---	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	PG central	---	---	0	32	0,62	0,7	0,22	---	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	central	---	---	0	32	0,63	0,65	0,22	---	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	PG central	---	---	0	32	0,63	0,64	0,22	---	---
CPU 1518-40,25 ms	0,1 ms	---	PG central	---	---	0	16	0,71	0,21	0,23	---	---
CPU 1518-40,25 ms	0,1 ms	---	PG central	---	---	0	16	0,71	0,21	0,23	---	---
CPU 1518-40,25 ms	0,1 ms	---	central	---	---	0	16	0,72	0,22	0,23	---	---
CPU 1518-40,25 ms	0,1 ms	---	central	---	---	0	16	0,72	0,21	0,23	---	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	decentral	ET200 MP PN HF1	---	16	0,95	0,98	2,11	0,83	0,78	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	decentral	ET200 MP PN HF1	---	32	0,97	1,05	2,13	0,83	0,83	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	decentral	ET200 MP PN HF16	---	512	0,97	1,28	2,24	1,59	0,85	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	decentral	ET200 MP PN ST1	---	32	0,98	1,03	2,53	0,85	0,85	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	PG decentral	ET200 MP PN ST1	---	32	0,98	0,98	2,55	0,83	0,83	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	PG decentral	ET200 MP PN HF1	---	32	0,99	0,99	2,12	0,84	0,84	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	decentral	ET200 MP PN ST1	---	16	0,99	0,99	2,5	0,8	0,8	---
CPU 1518-40,25 ms	1 ms	---	PG decentral	ET200 MP PN ST1	---	16	0,99	1,08	2,52	0,8	0,8	---

Navigation: < 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 100 >

### Erläuterung der Bedienelemente

Die folgende Tabelle beschreibt die Bedienelemente aus Abbildung 1-8.

Tabelle 2-5

Nr.	Erläuterung
1	Das Tabellen-Control zeigt <ul style="list-style-type: none"> <li>die Anzahl der Ergebnisse</li> <li>die maximale Anzahl an Datensätzen dieser Messung</li> </ul>
2	Durch Klick auf das Bedienelement "> Spalten anzeigen" wird ein Dialog geöffnet, mit dem Sie individuell Spalten an- oder abwählen können.
3	Über die Elemente der Steuerleiste des Tabellen-Controls können Sie, falls mehrere Ergebnisseiten vorhanden sind, die einzelnen Ergebnisseiten anwählen, zur nächsten, vorherigen, letzten oder zur ersten Seite wechseln.
4	Durch Klick auf "Ergebnisse herunterladen (*.csv)" lädt der Webserver alle Inhalte der Ergebnistabelle als csv-Datei auf den Browser des Clients hoch. Je nach Browser und installiertem Excel werden die Daten sofort in einem Excel Spread-Sheet angezeigt.
5	<p>Durch Klick auf die Spaltenüberschrift der Messwerte (hier im Beispiel - TransTime_avg) wird eine Sortierung der Tabelle nach diesem Kriterium angestoßen. Durch weitere Klicks auf die entsprechende Spaltenüberschrift wechselt jedes mal der Sortierstatus der Spalte.</p> <p><b>TransTime_min[ms]</b> Werte unsortiert</p> <p><b>TransTime_min[ms]</b>  Werte aufsteigend sortiert</p> <p><b>TransTime_min[ms]</b>  Werte absteigend sortiert</p> <p><b>Hinweis:</b> Es ist jeweils nur eine Spalte sortierbar!</p>

© Siemens AG 2018. All rights reserved

### Bedeutung der Spalten

Alle Spaltenüberschriften werden auch über Tooltips näher erläutert.

Tabelle 2-6

Spaltenname	Erläuterung
CPU	CPU Typ
CPUFW	Firmwarestand CPU
CP	CP Typ
CPFw	Firmwarestand CP
Prg-Load	Last durch Programm im OB1
Num Items	Anzahl Bytes pro S7-Station
Var. distribution	Verteilung der OPC-Variablen
Server PC	OPC Server PC Typ (nicht änderbar)
OPC-Server Cycle	OPC Server Zykluszeit
OPC-Service	OPC Dienst
Security Policy	Security Level
TransTime_min[ms]	minimale Übertragungszeit [ms]
TransTime_Q25[ms]	25% Quartil Übertragungszeit [ms]
TransTime_avg[ms]	durchschnittliche Übertragungszeit [ms]

Spaltenname	Erläuterung
TransTime_Q75[ms]	75% Quartil Übertragungszeit [ms]
TransTime_max[ms]	maximale Übertragungszeit [ms]
Cycle time min[ms]	minimale OB1 Zykluszeit [ms]
Cycle time avg[ms]	durchschnittliche OB1 Zykluszeit [ms]
Cycle time max[ms]	maximale OB1 Zykluszeit [ms]

## 3 Durchführung der Messungen

Die folgenden Kapitel enthalten Informationen zur Durchführung der Messungen.

### 3.1 Messmethode und Messaufbau/-ablauf

#### Messablauf

Eine Messung hat prinzipiell folgenden Ablauf:

1. Projektierung einer Konfiguration mit Download in alle beteiligten Stationen.
2. Messung aller Messgrößen (Jede Messung wird mehrmals wiederholt).
3. Auswertung der Messungen und Bestimmung der statistischen Lageparameter.

#### Messmethode für die Leistungsdaten

- **Übertragungszeit:**

- In der Variante „Monitoring via cpusubscription“:

wie lange dauert die mittlere Updatezeit von n-Variablen bei einer S7-Station, wenn sich alle projektierten Variablen quasi synchron geändert haben?

- In der Variante „UA Read“:

wie lange dauert die mittlere Lesezeit von n-Variablen aus einer S7-Station bei einem synchronen Anstoß im OPC-Client?

- In der Variante „UA Write“:

wie lange dauert die mittlere Schreibzeit von n-Variablen auf eine S7-Station bei einem synchronen Anstoß im OPC-Client?

- **Zykluszeiten:**

Die Zykluszeit ist der Abstand zwischen zwei Prozessabbild- Aktualisierungen des IO-Controllers im OB1. Gemessen wird dieser Wert mit systeminternen Funktionen.

Die Zykluszeit wird im laufenden Betrieb gemessen: Der S7-Controller kommuniziert mit den dezentralen Stationen oder seinen zentralen Modulen.

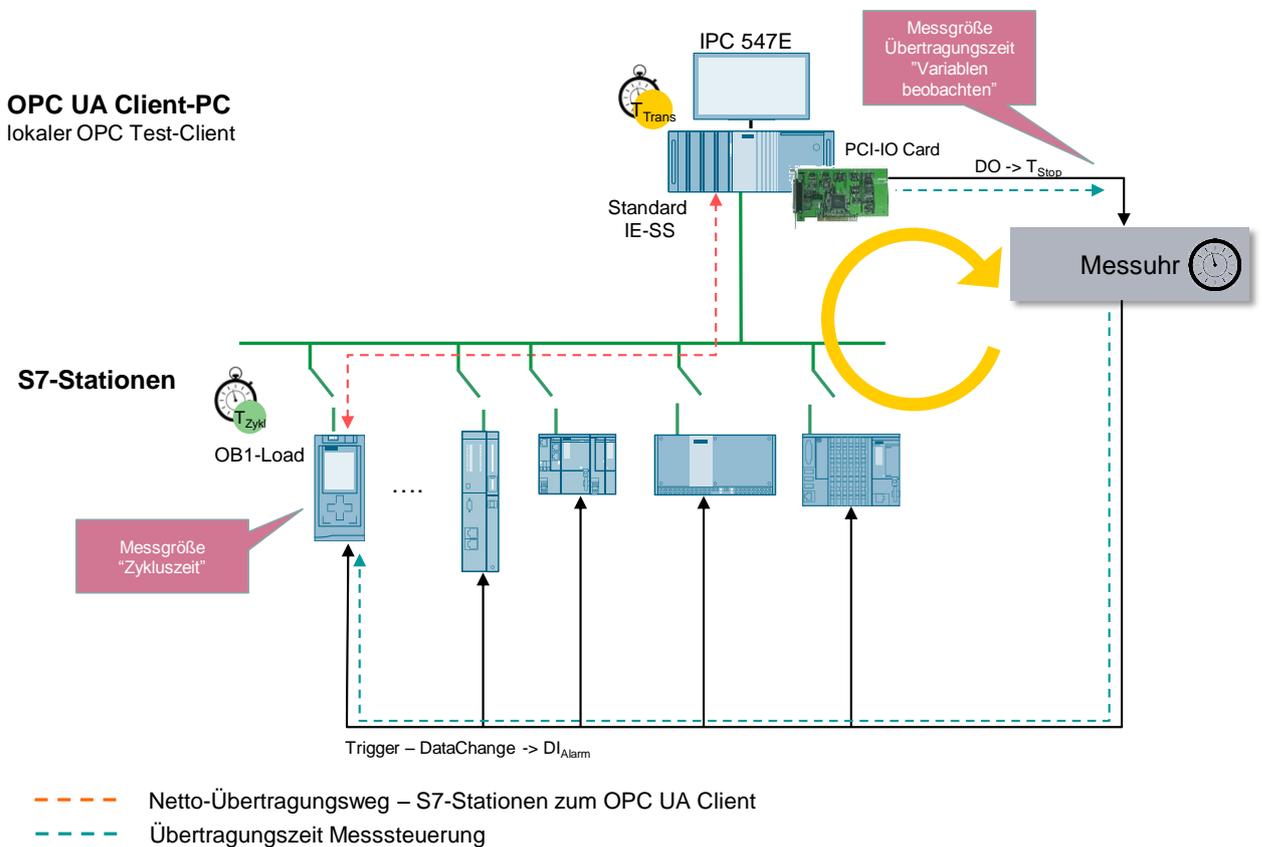
### 3.2 Messaufbau

Das folgende Bild zeigt den prinzipiellen Messaufbau für die verschiedenen OPC UA Messverfahren. Nicht gezeigt werden Komponenten und Signale zu den Messuhren (z.B. Fertigsignale), die nur zur Durchführung der Messung dienen.

Die Messung erfolgt unter den folgenden Rahmenbedingungen:

- Das Kommunikationsprogramm in den S7-Stationen (falls notwendig) wird zyklisch im OB1 des S7-Controllers aufgerufen.
- Quelle/Ziel der Daten in der S7-Station liegen jeweils in Datenbausteinen.
- Quelle/Ziel der Daten im OPC-TestClient sind jeweils Datenstrukturen im Speicher des PCs.
- Die Verbindung zwischen dem Test-OPCClient und der Messuhr erfolgt über eine interruptfähige PCI-IO PC Karte.

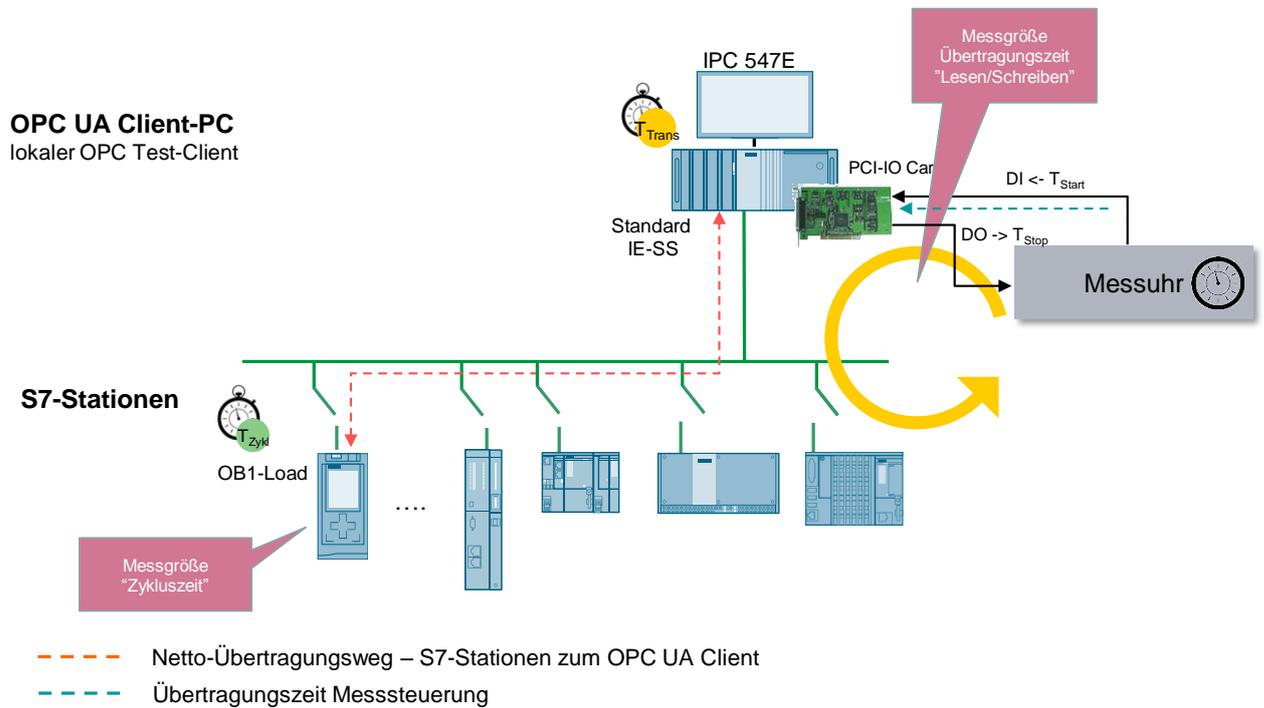
#### Messaufbau „Variablen beobachten“



#### Hinweis

Der durchschnittliche absolute Messfehler, bedingt durch die Laufzeit des Triggersignals durch die PCI-IO Karte, beträgt bei dieser Messung ca. 0,07 ms.  
Erläuterung siehe Kap. 3.10.

### Messaufbau „OPC UA Read/Write“



#### Hinweis

Wo die entsprechende HW-Schnittstelle der S7-CPU vorhanden ist, wird immer der Gigabit-Port verwendet.

## 3.1 Messverfahren der Transferzeit „Monitoring via UA-subscription“

Dieser Abschnitt beschreibt die Variante „Monitoring via UA-subscription“.

### Messprinzip

Die Übertragungszeit im Modus "Monitoring via UA-subscription" gibt an, wie lange es dauert, bis der OPC UA Server in der S7-1500, der eine Anzahl von n-Variablen permanent auf eine Änderung hin beobachtet, diese Daten in einer Datenstruktur des OPC UA-Testclients abgelegt hat.

Die Übertragungszeit wird in einer Messuhr erfasst:

- **Start der Zeitmessung:**  
Die Messstation triggert die S7-Station zum synchronen Ändern ihrer Variablen im Datenbaustein;  
d.h. für den OPC-Server: alle projizierten Daten haben sich „quasi“ gleichzeitig geändert.

- **Stopp der Zeitmessung:**

Der OPC UA-Testclient hat alle DataChange-Events aller beobachteten Variablen in der S7-Station vom OPC UA-Server erhalten.

Das Fertigsignal (T3) zeigt an, dass die geänderten Daten (hier immer die maximale Anzahl an projektierten Variablen komplett in einer Datenstruktur im OPC UA-TestClient abgelegt und für eine eventuell weitere Verarbeitung im PC verfügbar sind.

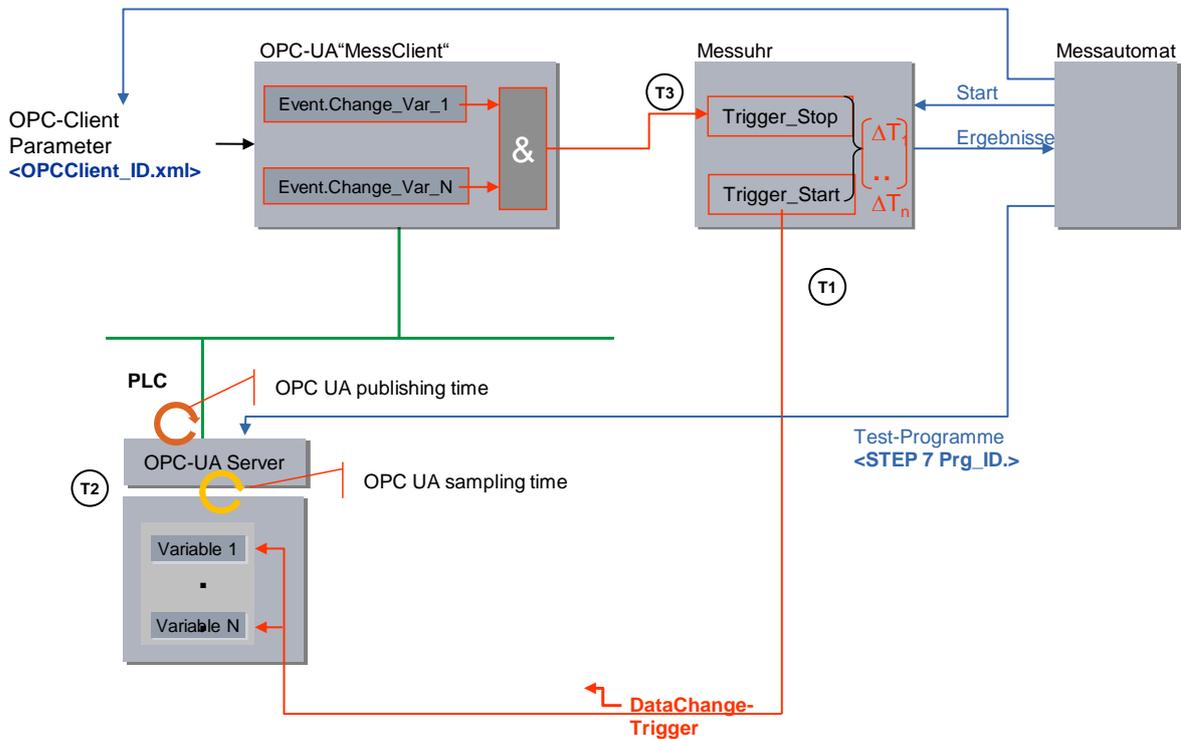
Der OPC UA-Server polt die Variablen immer mit der maximal möglichen Update-Rate, die je nach CPU Typ variiert (OPC UA sampling rate).

Pro Konfiguration (Messaufbau) wird die Messung mehrfach wiederholt ( $\Delta T_1.. \Delta T_n$ ). Daraus werden dann die wichtigsten statistischen Lageparameter bestimmt.

**Funktionsmodell der Messung**

Das folgende Funktionsmodell erläutert die prinzipielle Messmethode:

Abbildung 3-1 Prinzip der Messung „Variablen beobachten“



© Siemens AG 2018 All rights reserved

Die folgende Tabelle beschreibt die einzelnen Zeitabschnitte  $T_x$ :

Tabelle 3-1

Zeit	Beschreibung	
T1	von	Messuhr setzt Startsignal an die projektierte S7-Station.
	bis	Startsignal von der S7-Station über <b>Prozessalarm</b> erfasst.
T2	von	S7-Station ändert synchron die projektierten Sendedaten (Variablen)
	bis	Variablen werden vom OPC UA-Server auf Änderung hin gepollt (sampling

Zeit	Beschreibung	
		rate).
T3	von	Der OPC UA Testclient registriert die DataChange-Events von allen projizierten Variablen nacheinander.
	bis	<b>Alle</b> DataChange-Signale sind im OPC-Testclient erfasst worden und triggern via einer PCI-IO Card das Stop-Signal der Messuhr.

**Hinweis** Die reine Übertragungszeit entspricht der Zeit T2. Die systematischen Messfehler werden durch zeitoptimierte Programmierung des OPC UA-TestClients und eine Interrupt-gesteuerte Programmierung der PCI-IO Karte minimiert.

#### Auswertungen

Die Messuhr berechnet aus maximal 200 Einzelmessungen die statistischen Lageparameter der Messwerte. (Siehe Kap. 3.5 Messgrößen und Statistik)

## 3.2 Messverfahren der Transferzeit „UA- Read“

Dieser Abschnitt beschreibt die Variante „OPC UA Read“.

### Messprinzip

Die Übertragungszeit im Modus "Variablen asynchron Lesen/ UA Read" gibt an, wie lange es dauert, eine Anzahl von n-Variablen aus dem Anwenderbereich (Datenbaustein) der aktiven S7-Station zu lesen und in einer Datenstruktur auf dem OPC UA-Testclient verfügbar zu halten.

Die Übertragungszeit wird in einer Messuhr erfasst:

- **Start der Zeitmessung:**  
Die Messstation triggert, über einen Interrupt der PCI-IO Card, den OPC UA-Testclient **alle** projektierten Variablen aus der aktiven S7-Station zu lesen.
- **Stopp der Zeitmessung:**  
Der OPC UA-Testclient hat vom OPC UA-Server der S7-Station alle ReadComplete-Events erhalten -> die Daten sind für eine eventuell weitere Verarbeitung verfügbar.

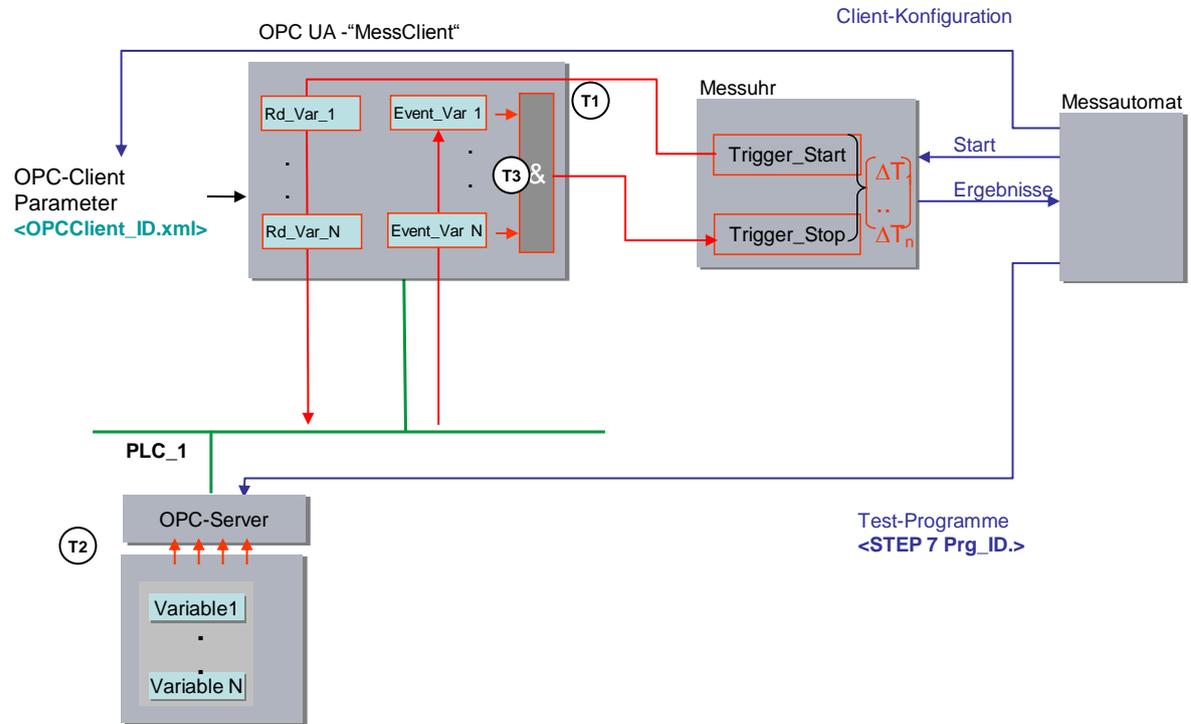
Das Fertigsignal (T3) zeigt an, dass die Daten (hier immer die maximale Anzahl an projektierten Variablen) komplett in der Datenstruktur des OPC-TestClients angekommen sind. Das hier verwendete S7-Protokoll garantiert dies mit einer Ebene 7 Quittung an den OPC-Server.

Pro Konfiguration (Messaufbau) wird die Messung mehrfach wiederholt ( $\Delta T1.. \Delta Tn$ ). Daraus werden dann die wichtigsten statistischen Lageparameter bestimmt.

### Funktionsmodell der Messung

Das folgende Funktionsmodell erläutert die prinzipielle Messmethode:

Abbildung 3-2 Prinzip „Variablendienst – Read“



Die folgende Tabelle beschreibt die einzelnen Zeitabschnitte T<sub>x</sub>:

Tabelle 3-2

Zeit	Beschreibung	
<b>T1</b>	von	Messuhr setzt das Startsignal an den OPCUA - Testclient
	bis	Alle asynchronen Leseaufträge wurden vom OPC UA-Testclient an den OPC-Server der S7-Station abgesetzt.
<b>T2</b>	von	Der OPC-Server der S7-Station sammelt die geforderten Variablen über quantisierte Leseaufträge innerhalb der Kommunikations-Zeitslots (OB1 Interrupts) aus dem Speicher der S7-Station.
	bis	Die gelesenen Daten werden sequentiell an den OPC UA TestClient geschickt.
<b>T3</b>	von	Der OPC-Server meldet jedes Eintreffen eines Datenpakets an den OPC UA Testclient via eines ReadComplete-Events.
	bis	Sind alle ReadComplete-Events vom OPC-TestClient empfangen worden, triggert der OPC UA-Testclient das Stoppsignal der Messuhr über die PCI-IO Card.

### 3.3 Messverfahren der Transferzeit „UA-Write“

Dieser Abschnitt beschreibt die Variante „OPC UA Write“.

#### Messprinzip

Die Übertragungszeit im Modus "Variablen asynchron Schreiben/ UA Write" gibt an, wie lange es dauert, eine Anzahl von n-Variablen von einer Datenstruktur im OPC UA -Testclient in den Anwenderbereich (Datenbaustein) der aktiven S7-Station zu schreiben. Die Übertragungszeit wird in einer Messuhr erfasst:

- **Start der Zeitmessung:**  
Die Messstation triggert, über einen Interrupt der PCI-IO Card, den OPC UA-Testclient **alle** projektierten Variablen in die aktive S7-Station zu schreiben.
- **Stopp der Zeitmessung:**  
Der OPC UA-Testclient hat vom OPC-Server alle WriteComplete-Events erhalten.

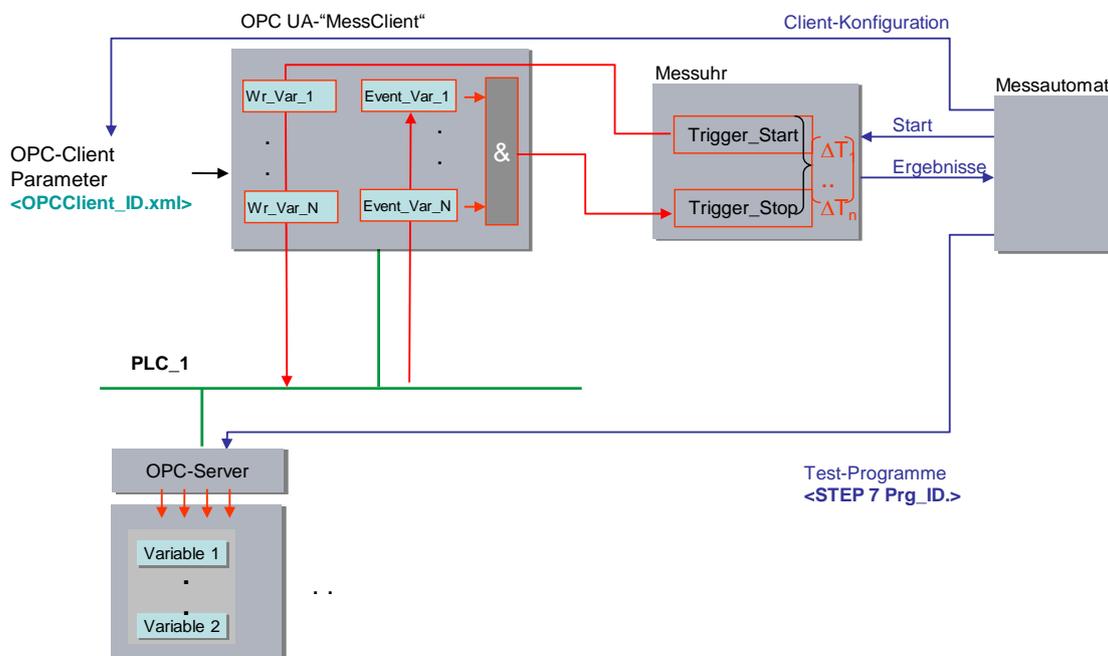
Das Fertigsignal (T3) zeigt an, dass die geänderten Daten (hier immer die maximale Anzahl an projektierten Variablen) komplett im Datenbaustein der projektierten S7-Station angekommen sind.

Pro Konfiguration (Messaufbau) wird die Messung mehrfach wiederholt (DT1..DTn). Daraus werden dann die wichtigsten statistischen Lageparameter bestimmt.

#### Funktionsmodell der Messung

Das folgende Funktionsmodell erläutert die prinzipielle Messmethode:

Abbildung 3-3 – Prinzip „Variablendienst – Write“



Die folgende Tabelle beschreibt die einzelnen Zeitabschnitte  $T_x$ :

Tabelle 3-3

Zeit	Beschreibung	
T1	von	Messuhr setzt das Startsignal an den OPC UA-Testclient
	bis	Alle asynchronen Schreibaufträge wurden vom OPC UA-Testclient an den OPC UA-Server abgesetzt.
T2	von	Der OPC UA-Server leitet die Schreibaufträge in den Kommunikations Zeitslots des zyklischen OB1 an die Variablen weiter .
	bis	Alle Daten sind in den DBs
T3	von	Der OPC-Server meldet jedes Eintreffen eines Datenpakets in der S7-Station an den OPC UA Testclient via eines WriteComplete-Events.
	bis	Sind alle WriteComplete-Events vom OPC UA-TestClient empfangen worden, triggert der OPC UA-Testclient das Stoppsignal der Messuhr über die PCI-IO Card.

## 3.4 Messung: Zykluszeit/Zyklus-Kontrollzeit

### Prinzip

Die Zykluszeit in der Sende- und den Empfangsstationen wird über Systemfunktionen der S7-1500 ermittelt. Aus den Messwiederholungen bestimmt der S7-Controller automatisch die statistischen Lageparameter der Zykluszeit.

### Messzeitraum

- Vom Start des jeweiligen Messzyklus (Triggerung durch die Messuhr)
- Bis zum Ende des Messzyklus mit X-Wiederholungen

### Auswertung

Die Messuhr berechnet aus maximal 200 Einzelmessungen die statistischen Lageparameter der Messwerte. (Siehe Kap. 3.5 Messgrößen und Statistik)

## 3.5 Messgrößen und Statistik

### Lageparameter

Um eine Bewertung bezüglich der Aussagekraft des Mittelwertes (Medians) treffen zu können, sollten auch die weiteren statistischen Lageparameter betrachtet werden. Hierzu werden alle Messgrößen mehrmals wiederholt (bis zu 200 Einzelmessungen). Aus der Gesamtheit der Messwerte errechnet die Messuhr folgende statistische Werte, die vom Anwender in der Result-Tabelle selektiert werden können.

Tabelle 3-4

Lageparameter	Definition
TransTime_min	Der kleinste gemessene Wert in der Messreihe
TransTime_Q25	Das erste Quartil ( <b>Q25</b> ) besagt, dass 25% der gemessenen Messwerte unterhalb dieser Kennzahl liegen
<b>TransTime_avg</b>	Der <b>Median</b> (Q50) gibt denjenigen gemessenen Wert an, der die Anzahl der sortierten Messwerte in zwei gleich große Hälften teilt. Dieser Lageparameter ist der wichtigste in der Messwerttabelle.
TransTime_Q75	Das dritte Quartil ( <b>Q75</b> ) besagt, dass 75% der gemessenen Messwerte unterhalb dieser Kennzahl liegen.
TransTime_max	Der größte gemessene Wert in der Messreihe

50% aller gemessenen Werte liegen im sogenannten Interquartilbereich (IQR), dem Bereich, der zwischen TransTime\_Q25 und TransTime\_Q75 liegt. Dieser Bereich liefert dem Anwender eine Aussagen über die Streuung und Zuverlässigkeit des Mittelwertes (Medians).

#### Hinweis

Im Modus OPC UA Read/Write ist die Aussagekraft des Medians bei der hier gewählten Anzahl an Einzelmessungen sehr präzise. Im Modus „Variablen beobachten“ muss mehr auf den minimalen und maximalen Wert der Messungen geachtet werden. Der Median hängt hier sehr stark von der Anzahl an Einzelmessungen ab.

**Interpretation der Messwerte**

Über die in der Statistik standardisierte Darstellungsform des Boxplots kann man z.B. die Streuung der Messwerte erkennen.

Tabelle 3-5

Box Plot	Lageparameter	Interpretation
<p>Maximum</p> <p>Q75</p> <p>Median (Q50)</p> <p>Q25</p> <p>Minimum</p>	<p>Das Maximum der gemessenen Werte liegt hier etwas unsymmetrisch zum Rest.</p> <p>Im IQR Bereich (Q25 bis Q75 ) liegen 50% aller gemessenen Werte). Dieser Bereich ist bei diesem Beispiel im Vergleich zum zweiten Beispiel relativ groß.</p> <p>Der Median (Q50-Wert) liegt ziemlich symmetrisch im IRQ-Bereich.</p>	<p>In dieser Messung tritt eine geringe Abweichung nach oben hin auf.</p> <p>50% aller Messwerte sind relativ breit gestreut, d.h. bei dieser Messung ist eher der ganze IRQ Bereich wahrscheinlich.</p>
<p>Maximum</p> <p>Q75</p> <p>Median (Q50)</p> <p>Q25</p> <p>Minimum</p>	<p>Im IQR Bereich (Q25 bis Q75 ) liegen 50% aller gemessenen Werte). Diese Messung ist im Vergleich zum ersten Beispiel viel schmäler.</p>	<p>50% aller Messwerte sind relativ eng gestreut. Für diese Konstellation sind die Ergebnisse und der Wert des Medians sehr aussagekräftig und wahrscheinlich.</p>

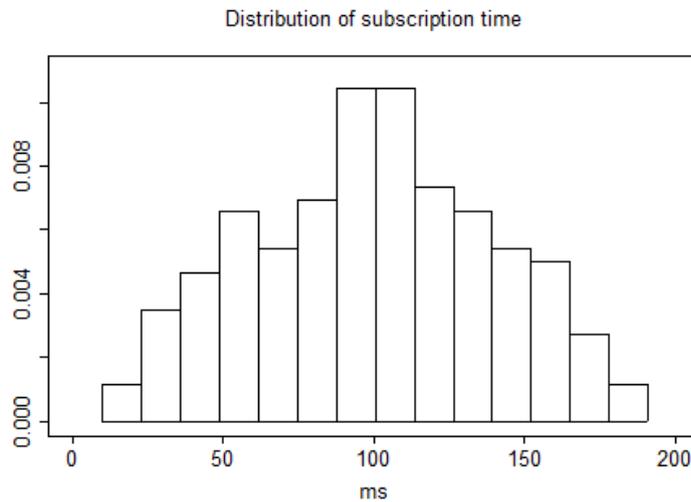
<b>ACHTUNG</b>	Gerade bei nicht deterministischen Windows PC-Systemen kann es gelegentlich zu extremen Ausreißern bezüglich des Maximalwerts kommen. Den größten Aussagewert hat bei PC-Messungen der Medianwert!
----------------	--

### Besonderheiten bei „Variablen beobachten“ (subscriptions)

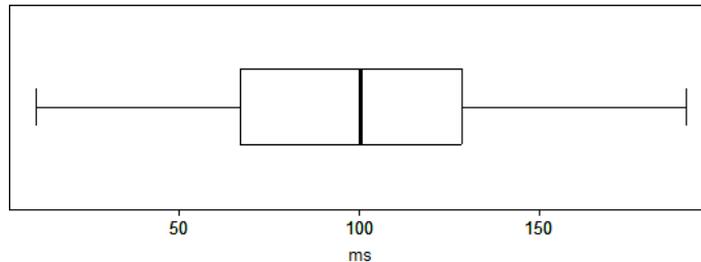
Alle n - Einzelmessungen werden von der Messuhr gesammelt und dann statistisch ausgewertet.

Besonders im Modus „Variablen beobachten“ hängt die Form der Verteilung der Transferzeiten sehr stark auch von der Anzahl der Einzelmessungen ab. Bei einer theoretisch unendlich langen Messdauer ergibt sich bei einer konstanten Sampling-Rate des OPC UA Servers eine ideale Gauss-Glockenkurve. Dies hängt von den asynchron arbeitenden, zyklisch getakteten Systemen ab, die beim Transfer der Daten beteiligt sind (S7-CPU, OPC-Server, OPC-Client).

Beispiel: Modus „Variable beobachten“ bei einem CP 443-1 OPC UA, 1000 Bytes beobachten, 10ms OB1 Zyklus, 100ms OPC-Server Zyklus, 200 Einzelmessungen  
Abbildung 3-4



Korrespondierender Box-Plot:



Diese ideale Verteilung der Werte kann bei entsprechend weniger Einzelmessungen vor allem im Modus "Variable beobachten" (subscription) jedoch mehr oder weniger stark abweichen, was dann zu einem anderen Medianwert führt.

#### Hinweis

Der Medianwert im Modus „Variable beobachten“ spiegelt also nur bedingt den wahren (bei unendlichen Messwerten) Wert wieder. Für eine Interpretation sollte hier eher der minimalen und maximalen Werte herangezogen werden.

## 3.6 Erläuterungen zum OPC UA Test-Client

Der Test-OPC Client ist neben der S7-Station das zentrale Messobjekt in der ganzen Kette. Im Folgenden geben wir Ihnen eine Übersicht zu seinen Eigenschaften.

### Funktionen der OPC UA-TestClients

Der OPC UA-TestClient wird vom Messautomaten mit den zu messenden Konfigurationen versorgt.

- Er stellt sich dynamisch auf die zu empfangenden Mengengerüste ein.
- Er sammelt alle Callbacks von den angemeldeten OPC UA-Objekten.
- Er nimmt über eine digitale IO-Karte im PC die entsprechenden Triggersignale von der Messuhr an und teilt dieser die Fertigsignale zur Bestimmung der Laufzeit mit.

### Programmeigenschaften der OPC UA -TestClients

Der OPC UA-Client ist möglichst laufzeitoptimiert programmiert.

Die Kommunikation mit der PCI-IO Card ist Teil des OPC UA-TestClients.

#### Entwicklungsumgebung:

.NET Framework V4.0 mit Microsoft Visual Studio 2014

### Abbild der S7-Station im OPC-Client

Jede S7-Station mit ihren Variablen wird im Objekt der Klasse OPC-UA Subscription abgebildet. Die Anzahl der OPC- Subscription Objekte wird dynamisch, je nach Messkonstellation, vom OPC-TestClient in der Initialisierungsphase erzeugt.

### Kommunikation mit PCI-IO Karte

Um die Steuersignale mit der Messuhr und dem Messautomaten auszutauschen, wurde die Interrupt-fähige PCI-IO Card APCI-1500 der Firma ADDI-DATA verwendet.

#### Latenzzeit des Messsystems:

Die Laufzeit des Triggersignals von und zum OPC Test-Client über die PCI-IO Card wurde durch eine Spiegelroutine im OPC Test-Client ermittelt. Hierzu wurde die Zeit vom digitalen Eingang der PCI-IO Card zum Test OPC-Client und sofortiger Spiegelung des Signals und Ausgabe an einem digitalen Ausgang der PCI-IO Karte ermittelt. Die Messung wurde 500 Mal wiederholt.

#### Ergebnisse der Latenzzeitmessung des reinen Mess-Systems:

T-Latenz<sub>Min</sub>: 0.1285 ms

T-Latenz<sub>Avg</sub>: 0.1345 ms

T-Latenz<sub>Max</sub>: 0.1489 ms

D. h. ein Triggersignal vom digitalen Eingang der Karte bis zum OPC TestClient benötigt T-Latenz/2 (hier: durchschnittlich ca. 0.067 ms)

### Hinweis

Diese Werte sind als Schätzwert zu sehen und gelten ausschließlich für die verwendete IPC Umgebung. Bei anderen PC-Systemen können die Werte variieren.

### 3.7 Erläuterungen zum STEP 7 - Programm

Das STEP 7-Programm wirkt sich direkt auf die Messwerte aus. Die folgenden Kapitel geben Ihnen einen Überblick über das den Messwerten zu Grunde liegende STEP 7-Programm:

#### 3.7.1 Die Variablenstruktur in den S7-CPU

Die Testvariablen in der S7-CPU sind für die verschiedenen Varianten in folgenden Typen angeordnet

- Optimierten Datenbausteinen
- Standard Datenbausteinen
- In einem lückenlosen Array of Bytes (Adressierung als eine Variable (Symbol))
- In einer verteilten Struktur (Adressierung von n-Variablen)

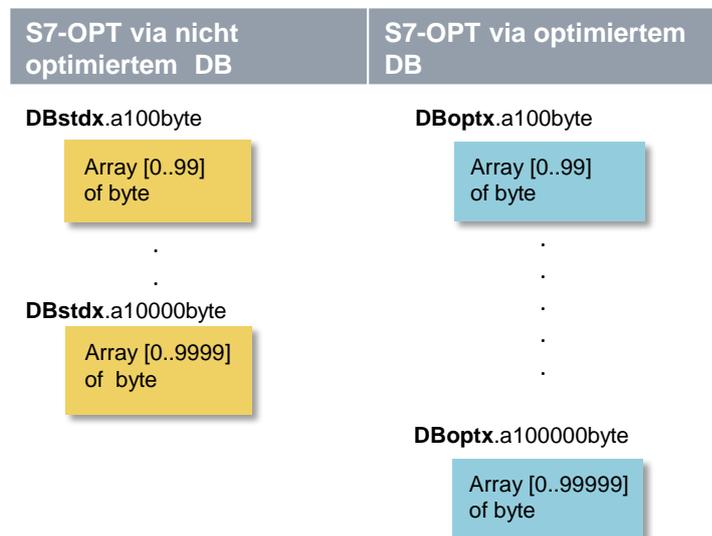
Die Messwerte zeigen ein unterschiedliches Zeitverhalten beim Zugriff auf die verschiedenen Variablen.

#### OPC UA Variablen-Struktur bei lückenloser Verteilung

Die zu übertragenden Bytes im „lückenlosen“ Fall, werden in einem **optimierten** und **Standard-Datenbaustein** als **Array [0..max-1] of byte** angelegt.

Der Zugriff von OPC UA Sicht aus erfolgt nur symbolisch über die NodeIDs der Variablen. In diesem Fall wird nur **ein** Symbol adressiert.

Abbildung 3-5 DB-Objekte lückenlose Arrays



#### OPC UA Variablen-Struktur bei lückenbehafteter Verteilung und mehreren Symbolen

Die zu übertragenden Bytes im „lückenbehafteten“ Fall, werden in einem **optimierten** und **Standard-Datenbaustein** als **Array [0..max-1] of typeMix** angelegt.

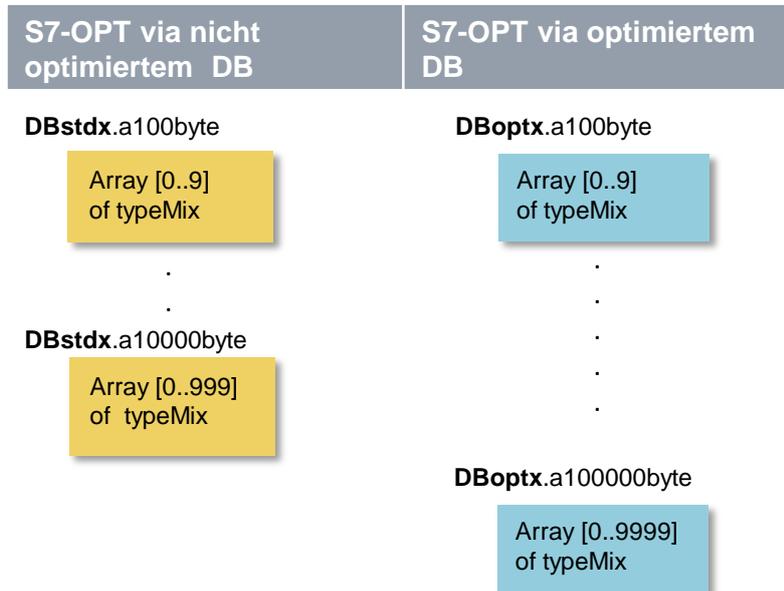
Der Datentyp **typeMix** ist so definiert, dass wegen der Platzierung von elementaren Datentypen > 1 Byte an jeweils Wortgrenzen bei nicht optimierten DBs, mit einem **Lückengrad** von etwa **30%** gearbeitet werden kann. Die Adressierung im OPC UA Client erfolgt in diesem Fall über die **N - Einzelsymbole**.

PLC-Type: typeMix

Element	Abs. Byte-Adresse	Variablen-Typ	Netto-Bytes
EL_1	0	Byte	1
	1	-	
EL_2	2	WORD	
	3		3
EL_3	4	BYTE	4
	5	-	
EL_4	6	WORD	
	7		6
EL_5	8	BYTE	7
	9	-	
EL_6	10	WORD	9
	11		
EL_7	12	BYTE	10

Der Typ **typeMix** wird mit seinen 13 Bytes in einem Array auf 14 Bytes expandiert. Im Datenarray kommen dann auf **10 Bytes Nettodatenvariablen** 14 Bytes verbrauchter Speicher, was einem **Lückenmaß von etwa 29%** entspricht.

Abbildung 3-6 - DB-Objekte lückenbehaftete EinzelsymboleAbbildung 3-7



### 3.7.2 Übersicht der STEP 7 - Programme

Die folgende Tabelle zeigt die Funktion der einzelnen Programmteile. Während einer Messung sind alle Programmteile geladen.

Das Anwenderprogramm enthält in erster Linie STEP 7-Bausteine zur Automatisierung der Messung und zur Kommunikation mit den dezentralen Stationen.

Tabelle 3-6

STEP 7 Programmteil		Aufgabe im S7-Controller
Messprogramm	Funktionsprogramm	Programmteile, die nichts mit der eigentlichen Erfassung der Messwerte zu tun haben. (z.B. Aufruf von Kommunikationsbausteinen, HMI-Programm, etc.)
	Erfassungsprogramm	Programmteile, die ausschließlich zur Erfassung der Messwerte und Generierung der Steuersignale dienen. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassen des Mess-Start-/Stopsignals</li> <li>• Messung der Zykluszeit</li> </ul>
Lastprogramm		Das Lastprogramm führt keine konkreten Aufgaben aus; es hat selbst keine Funktion. Es dient lediglich der Vergrößerung des STEP 7-Programms und somit zur Verlängerung der Zykluszeit.

### 3.7.3 Messprogramm

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die möglichen Messprogramme:

Tabelle 3-7 Messprogramm in der S7-PLC

Messprogramm		Zweck	Ausführung in der S7-CPU
Funktionsprogramm	E/A-Trigger-Programm	Lese- /Schreibsignal über zentrale oder dezentrale digitale Peripherie, um über die Messuhren den definierten Zeitpunkt von Item-Variablen zu ändern und zu erfassen.	Über einen Prozessalarm-OB (OB40) werden die Signale der Messuhr zeitoptimal erfasst.
	Kommunikations-Programm	--	Bei den S7-1500 sind keine expliziten S7-Kommunikationsbausteine mehr nötig.
Erfassungsprogramm		Erfassung und Auswertung von Messwerten.	Bei allen Messreihen. Dies betrifft nur die <b>Zykluszeit</b> .

#### EA-Trigger Programm

##### Modus: Variable beobachten

Das EA-Triggerprogramm (Aktion Messung Start) ändert **alle** vom OPC-Server beobachteten Variablen in der S7-CPU innerhalb **eines** Zyklus. Der **Anstoß** hierzu erfolgt über einen Prozessalarm, ausgelöst von der Messuhr an einer alarmfähigen digitalen Baugruppe im zentralen Rack der S7-Station. (Ausnahme: bei der Microbox mit CPU 1507S muss das Triggersignal über eine dezentrale Peripheriestation abgenommen werden.)

Als Zeitpunkt, ab dem die Messuhr misst, gilt in diesem Fall das Startsignal an die S7-CPU. Bei den kleinen S7-CPU und großen Datenmengen, die

geändert werden müssen, braucht dieser Vorgang z. T. sehr lange (> 100ms). Diese Zeit wird trotzdem mit in die Transferzeit eingerechnet, da der Transfer zum OPC-Server kontinuierlich während dieser Zeitspanne auch schon beginnt.

### Erfassungsprogramm im OB1

Das Erfassungsprogramm dient der Erfassung und Auswertung

- der Zykluszeit im OB1-Zyklus
- Bestimmung der mittleren, minimalen und maximalen OB1-Zykluszeit der S7-CPU erfolgt über den RD\_SINFO Systembaustein.

### 3.7.4 Lastprogramm

Das Lastprogramm ist Bestandteil des STEP 7-Programms im S7-Controller. Die Größe (Länge) des Lastprogramms wird so gewählt, dass sich im S7-Controller eine vorgegebene „Zykluszeit ohne Kommunikation“ ergibt.

#### Definition "Zykluszeit ohne Kommunikation"

Die „Zykluszeit ohne Kommunikation“ ist die Zykluszeit, die sich im S7-Controller einstellt, wenn der S7-Controller **keinen** Einflüssen der Kommunikation unterliegt. Dies bedeutet für den S7-Controller, dass keine Daten gesendet werden und auch eventuelle Kommunikationsbausteine nicht durchlaufen werden.

#### Festlegen einer definierten "Zykluszeit ohne Kommunikation"

Um die "Zykluszeit ohne Kommunikation" festlegen zu können, wird ein Lastprogramm in den S7-Controller geladen. Durch dieses Lastprogramm lässt sich der in der Praxis vorkommende Fall simulieren, dass parallel zur Kommunikation anderweitige Steuerungsaufgaben im S7-Controller durchgeführt werden. Das Lastprogramm ist mit einer einfachen Schleife implementiert, die keinen Einfluss auf das restliche Programm hat. Über die Variation der Schleifendurchläufe lässt sich somit die "Zykluszeit ohne Kommunikation" einstellen.

#### Wahl der "Zykluszeit ohne Kommunikation"

Für diese Messung wurde die Länge des Lastprogramms immer so gewählt, dass sich eine Leerlauf-Zykluszeit ("Zykluszeit ohne Kommunikation") von **1 ms** (CPU gering durch Steuerungsaufgaben belastet) bis zur **50ms** (CPU stark durch Steuerungsaufgaben belastet) ergibt. Dies impliziert, dass die Länge des Lastprogramms pro S7-Controller variiert, damit sich die gewünschte Leerlauf-Zykluszeit einstellt.

### Aufbau des Lastprogramms

Das Lastprogramm besteht aus einer Mischung von unterschiedlichen Typen von STEP 7-Anweisungen. Die Anzahl der STEP 7-Anweisungen eines Typs wird so gewählt, dass dieser Typ an der gesamten Ausführungszeit des Lastprogramms einen definierten Anteil hat.

Tabelle 3-8

Typ der STEP 7 Zuweisung	Anteil an der Ausführungszeit	z.B. im Fall Zykluszeit = 10 ms
Binäranweisungen	ca. 60%	ca. 6ms
Zeit / Zähleranweisungen	ca. 20%	ca. 2ms
Datenwortbefehle	ca. 10%	ca. 1ms
Gleitpunktarithmetik	ca. 10%	ca. 1ms

## 4 Version

Tabelle 4-1

Version Messung	Messaufbau	Veröffentlichung	Beschreibung
V 4.0	2018, Mitte	2018, Oktober	Wiederholungsmessung nur mit S7-1500 OPC UA Server.
V 3.0	2016, Anfang	2017, Januar	Wiederholungsmessung
V 2.0	2012, Ende	2012, März	Wiederholungsmessung
V 1.0	2010, Mitte	2010, Okt	Erstmessung