FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE

Architekturvorstellung und Performanceanalyse der offenen IEC 61850 Implementierung openIEC61850

Stefan Feuerhahn

Fraunhofer-Institut für
Solare Energiesysteme ISE

Leipzig, 25.9.2012

www.ise.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE

Agenda

- IEC 61850: kurze Einführung
- Entwicklung von openIEC61850 – Ziele und Design
- Analyse
  - Vergleich von MMS und SOAP Mappings
  - Performanceanalyse und Profiling der openIEC61850 MMS Implementierung
  - Perfomancevergleich der Implementierungen:
    - openIEC61850 (in Java)
    - Triangle MicroWorks Stack (in C)
- Fazit

IEC 61850 ï Einführung am Bespiel eines BHKWs

Blockheizkraftwerk
(BHKW)

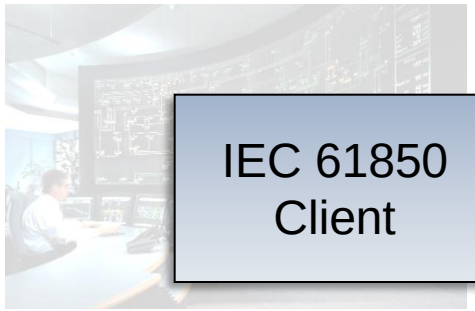
Netzleitwarte /
Virtuelles Kraftwerk /
BHWK Besitzer

Stefan Feuerhahn

IEC 61850 Einführung ï Client-Server-Modell

Blockheizkraftwerk
(BHKW)

Netzleitwarte /
Virtuelles Kraftwerk /
BHWK Besitzer



IEC 61850
Client

IEC 61850
Server

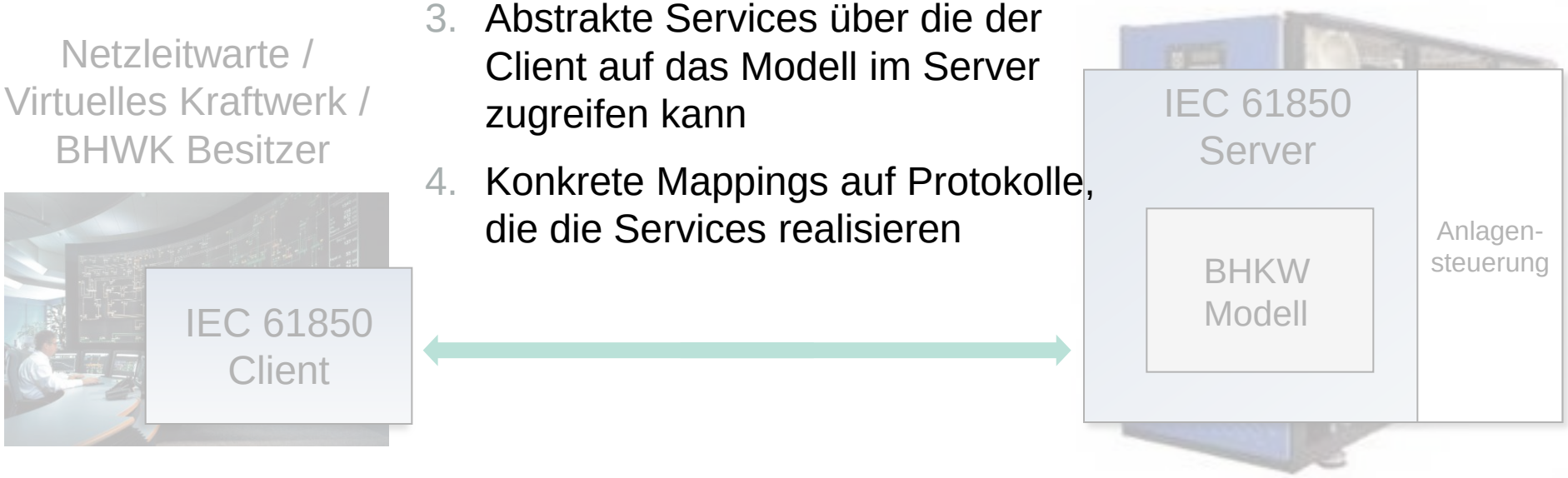
BHKW
Modell

Anlagen-
steuerung

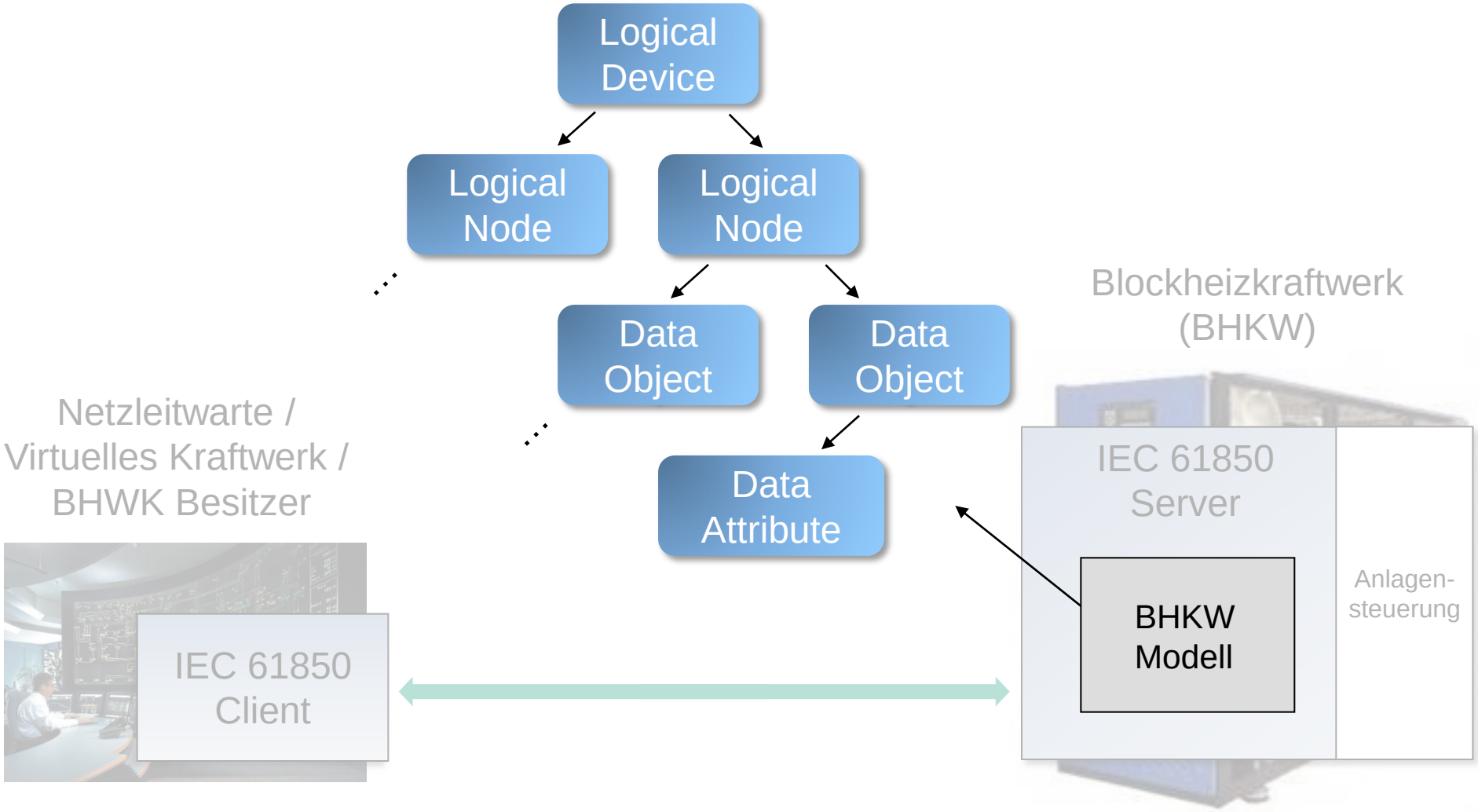
IEC 61850 Einführung ï Hauptteile des Standards

Â IEC 61850 definiert:

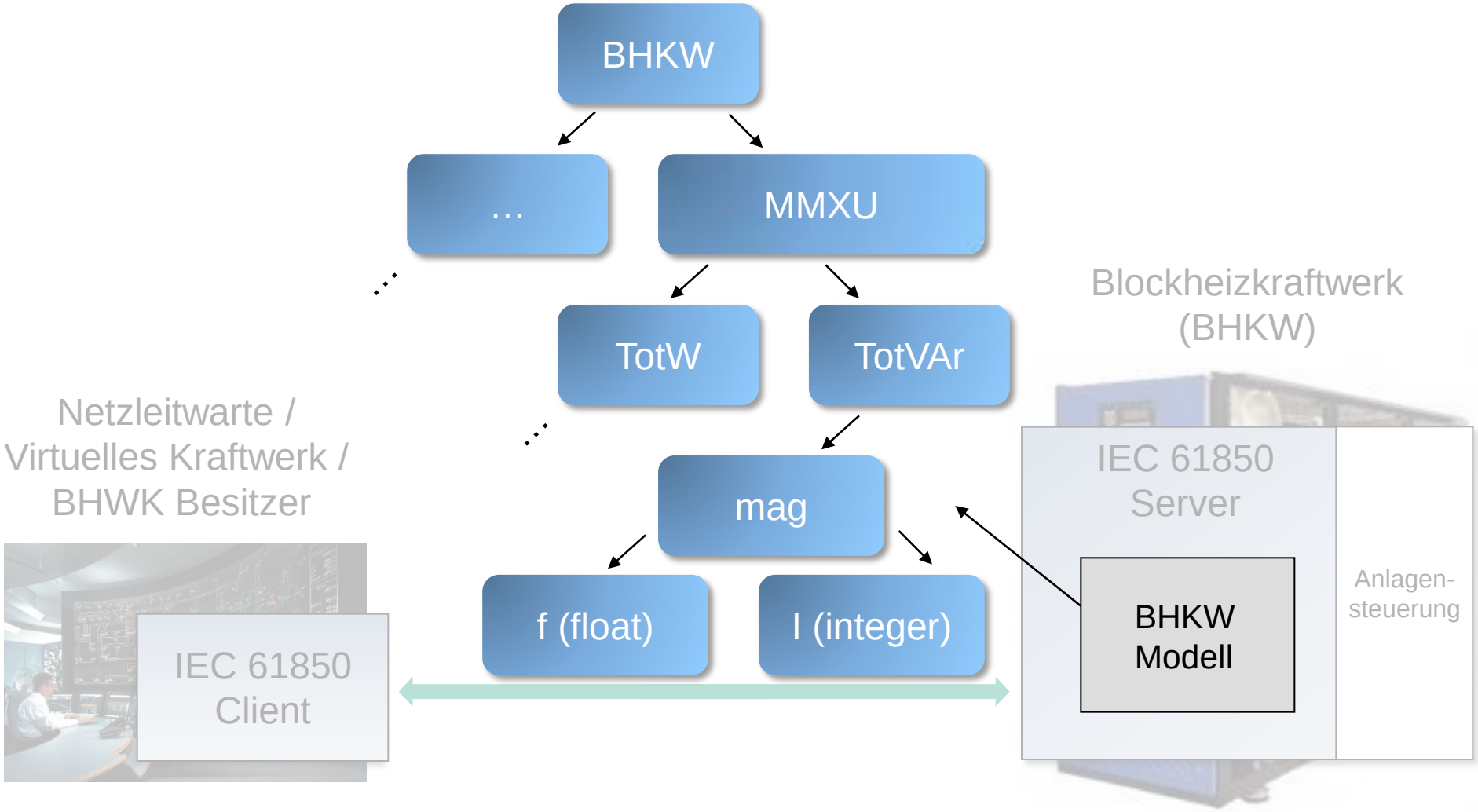
1. Modellkomponenten (LN,D0,DA) aus denen das BHKW-Modell zusammengestellt werden kann
2. Eine Sprache um die Modelle zu beschreiben (SCL/XML)
3. Abstrakte Services über die der Client auf das Modell im Server zugreifen kann
4. Konkrete Mappings auf Protokolle, die die Services realisieren



IEC 61850 Einführung ï Struktur des Datenmodells

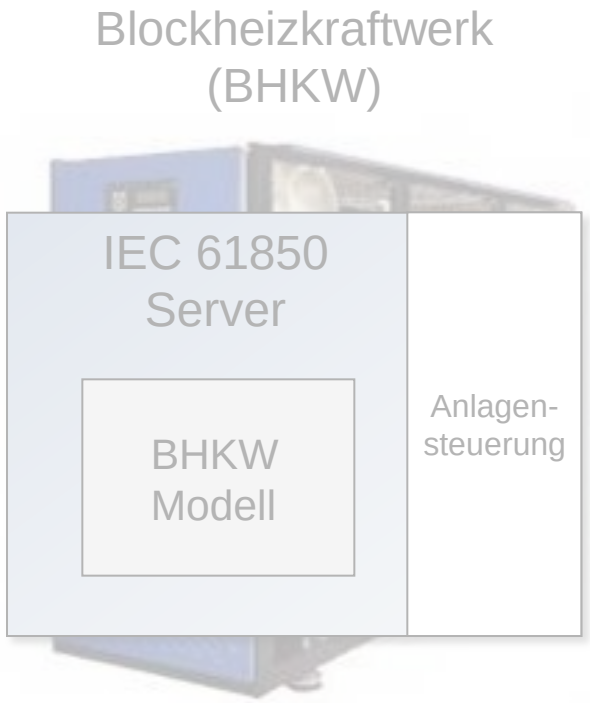


IEC 61850 Einführung ï Modellbeispiel



IEC 61850 Einführung ï Abstrakte Services

- Abstrakte Services die ein IEC 61850 Server anbieten kann:
  - Verbindung mit dem Server
  - Abruf des Datenmodells
  - Auslesen und Setzen von Mess-, Status- und Steuerwerten
  - Gruppieren von Daten zum schnelleren Auslesen und Setzen
  - Reporting und Konfiguration von Reports
  - Logging und Konfiguration von Logs
  - Datei-Übertragung
  - Zeitsynchronisation
  - Echtzeitservices (GOOSE)



IEC 61850 Einführung ï Konkrete Mappings

- Ein Mapping definiert wie die abstrakten IEC 61850 Services mittels eines konkreten Protokolls realisiert werden können
- De facto wird das MMS-Mapping (IEC 61850-8-1) fast immer verwendet
  - In bisherigen Umspannwerken etc.
- Aber es gibt weitere Mappings:
  - z.B. SOAP (IEC 61400-25-4)
- Und zahlreiche Vorschläge für neue Mappings
  - OPC-UA, RESTful Services etc.

IEC 61850 Einführung ï Schwachstellen des Standards

- Unnötige Komplexität des Standards
  - viele anwendungsspezifische Details sind Teil des Standards
- Schlechte Beschreibung des Standards
  - Viele ungenaue Aussagen
  - Keine einheitliche Terminologie
- Erstellung von neuen IEC 61850 Modellen ist unflexibel
  - Hierarchie: LD->LN->DO[->DO]->DA[->DA] muss eingehalten werden
- Es werden keine einheitlichen Modelle forciert
- Aber IEC 61850 ist bereits ein Standard und in Verwendung
- -> Gute Chancen sich als Standard für Steuerung und Monitoring von dezentralen Erzeugern durchzusetzen

Agenda

- IEC 61850: kurze Einführung
- Entwicklung von openIEC61850 – Ziele und Design
- Analyse
  - Vergleich von MMS und SOAP Mappings
  - Performanceanalyse und Profiling der openIEC61850 MMS Implementierung
  - Perfomancevergleich der Implementierungen:
    - openIEC61850 (in Java)
    - Triangle MicroWorks Stack (in C)
- Fazit

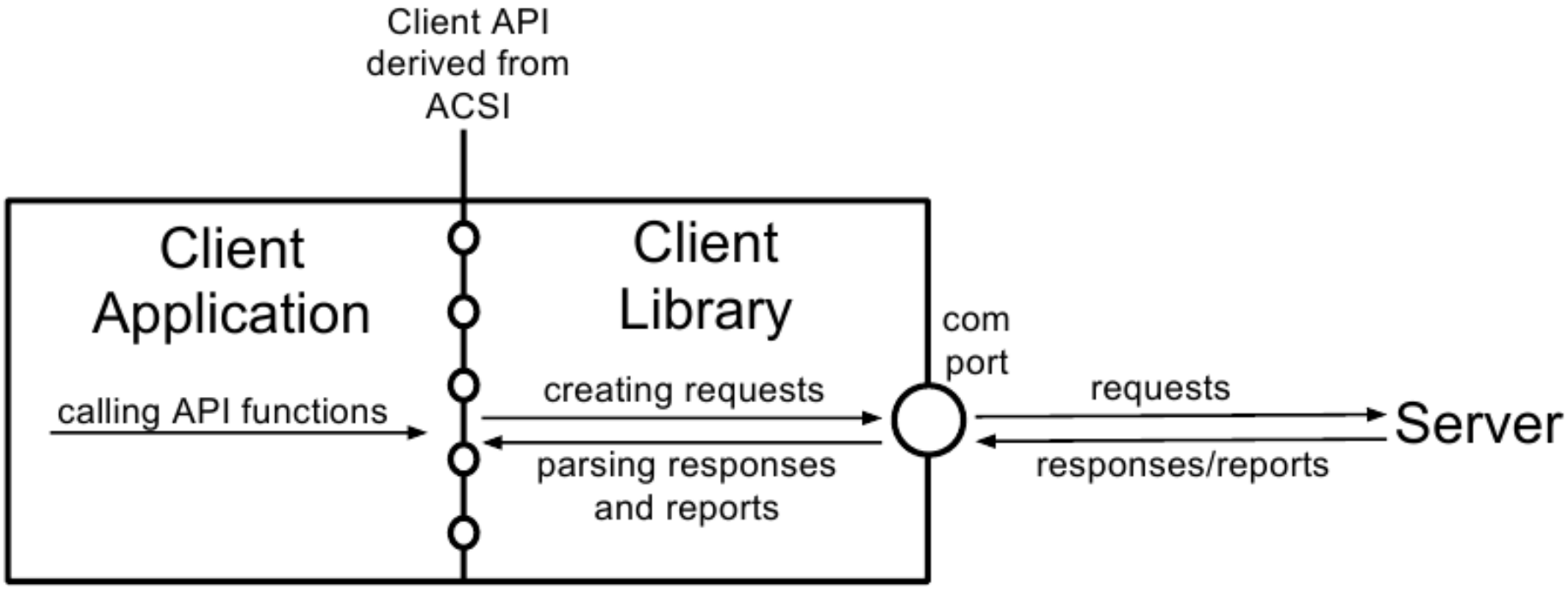
openIEC61850

- openIEC61850 – IEC 61850 MMS Stack in Java
- Start der Entwicklung im Rahmen des eTelligence-Projekts
- Erste Veröffentlichung erfolgte Januar 2012 auf openmuc.org
- Ziele:
  - Alternative zu den sehr teuren kommerziellen Lösungen schaffen
  - Mittels der offen Implementierung wissenschaftliche Fragestellungen beantworten

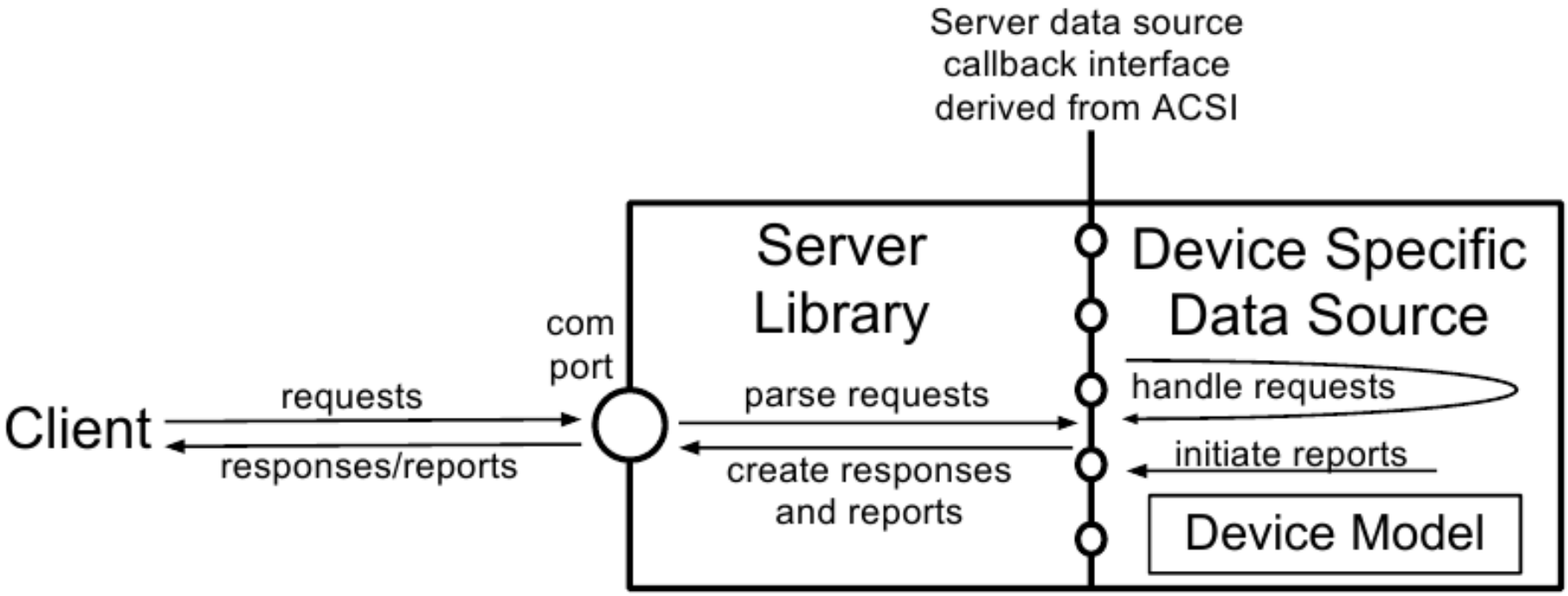
IEC 61850 ï openIEC61850 - Fragestellungen

- Welche Schwachstellen hat der Standard -> Verbesserungsvorschläge
- Wie könnten herstellerübergreifende Modelle/Profile für dezentrale Erzeuger aussehen
- Analyse
  - Vergleich von MMS und SOAP Mappings
  - Performanceanalyse und Profiling der openIEC61850 MMS Implementierung
  - Vergleich der Implementierungen:
    - openIEC61850
    - Triangle MicroWorks (TMW)

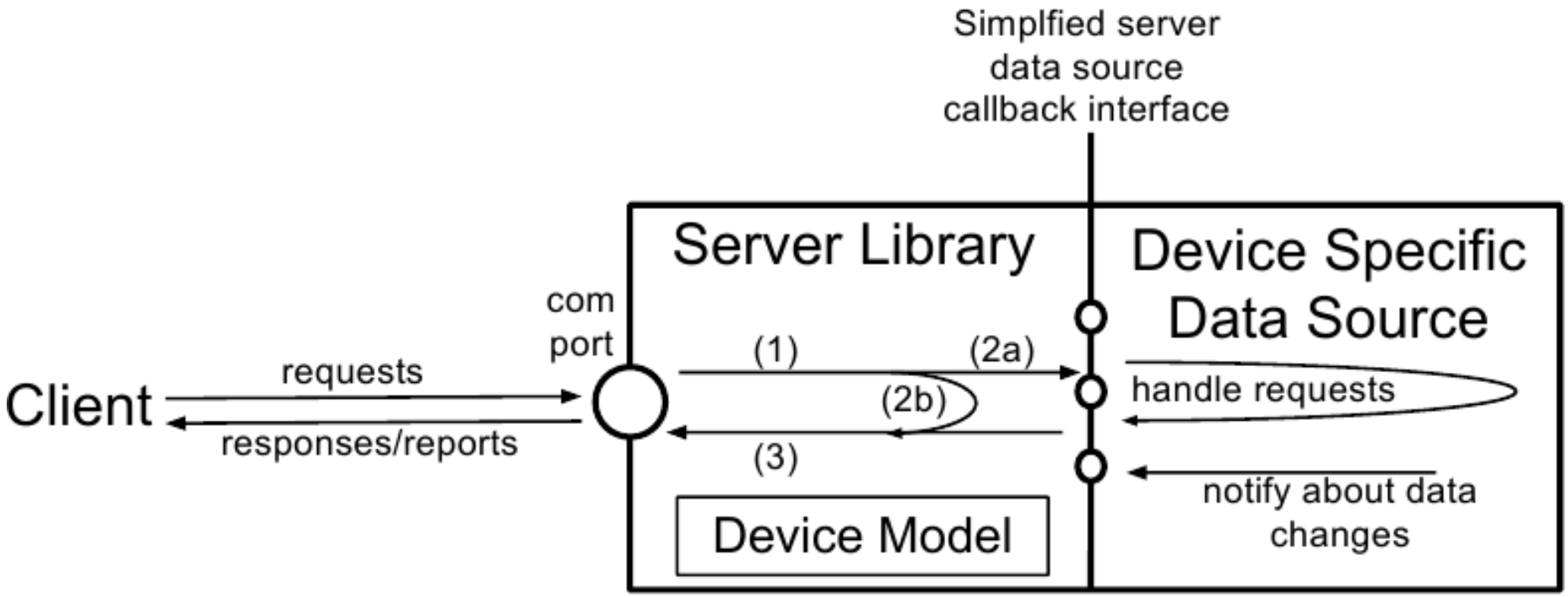
openIEC61850 ï Design des Clients



openIEC61850 ï Design des Servers ï Eine Möglichkeit

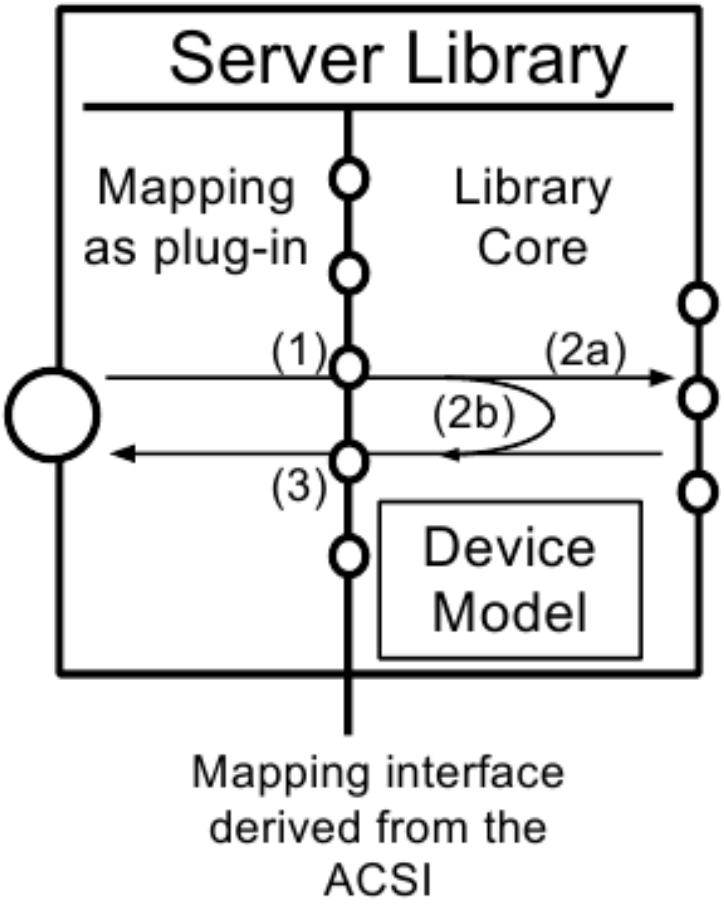


openIEC61850 ï Design des Servers ï Bessere Lösung



- 1.) Decode Request
- 2a) Leite vereinfachte Anfrage an Data Source weiter
- 2b) oder beantworte Request wenn möglich selber
- 3) encode Response

openIEC61850 ï Design des Servers ï Mapping as Plugin

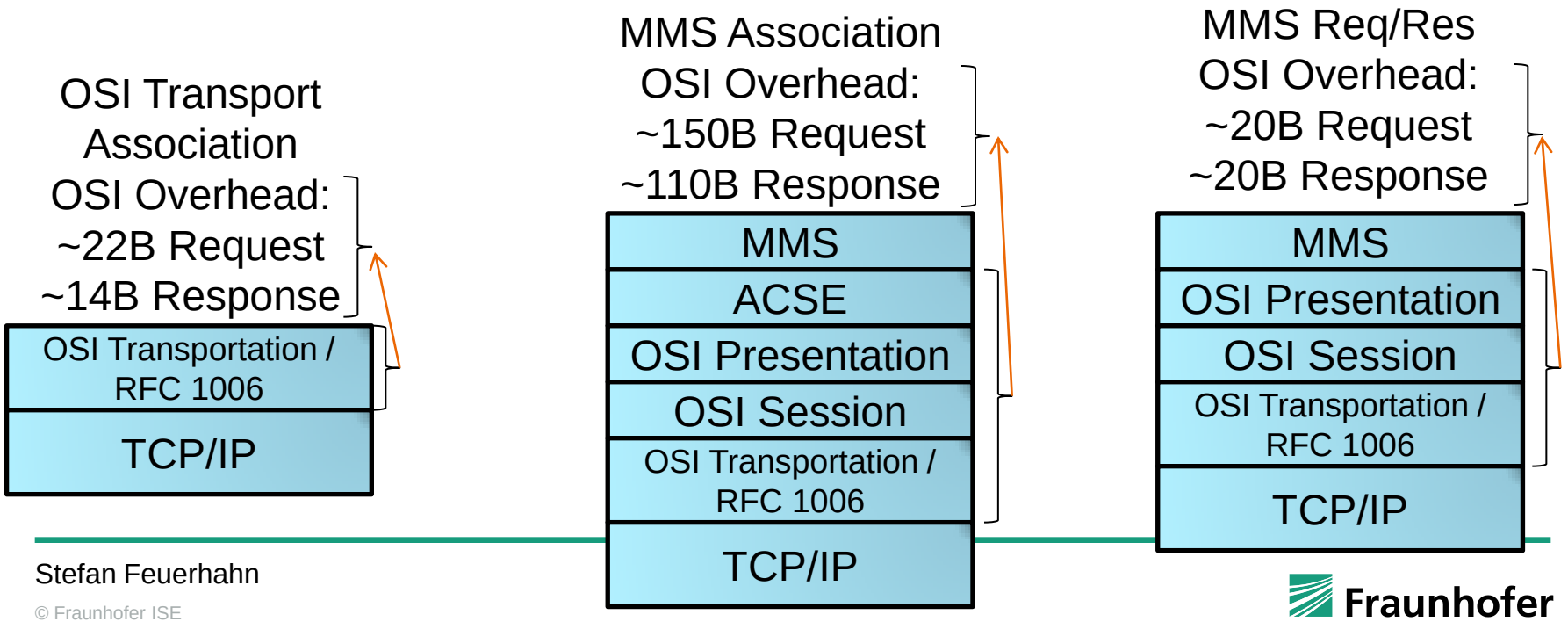


Agenda

- IEC 61850: kurze Einführung
- Entwicklung von openIEC61850 – Ziele und Design
- Analyse
  - Vergleich von MMS und SOAP Mappings
  - Performanceanalyse und Profiling der openIEC61850 MMS Implementierung
  - Perfomancevergleich der Implementierungen:
    - openIEC61850 (in Java)
    - Triangle MicroWorks Stack (in C)
- Fazit

IEC 61850 ï MMS-Mapping

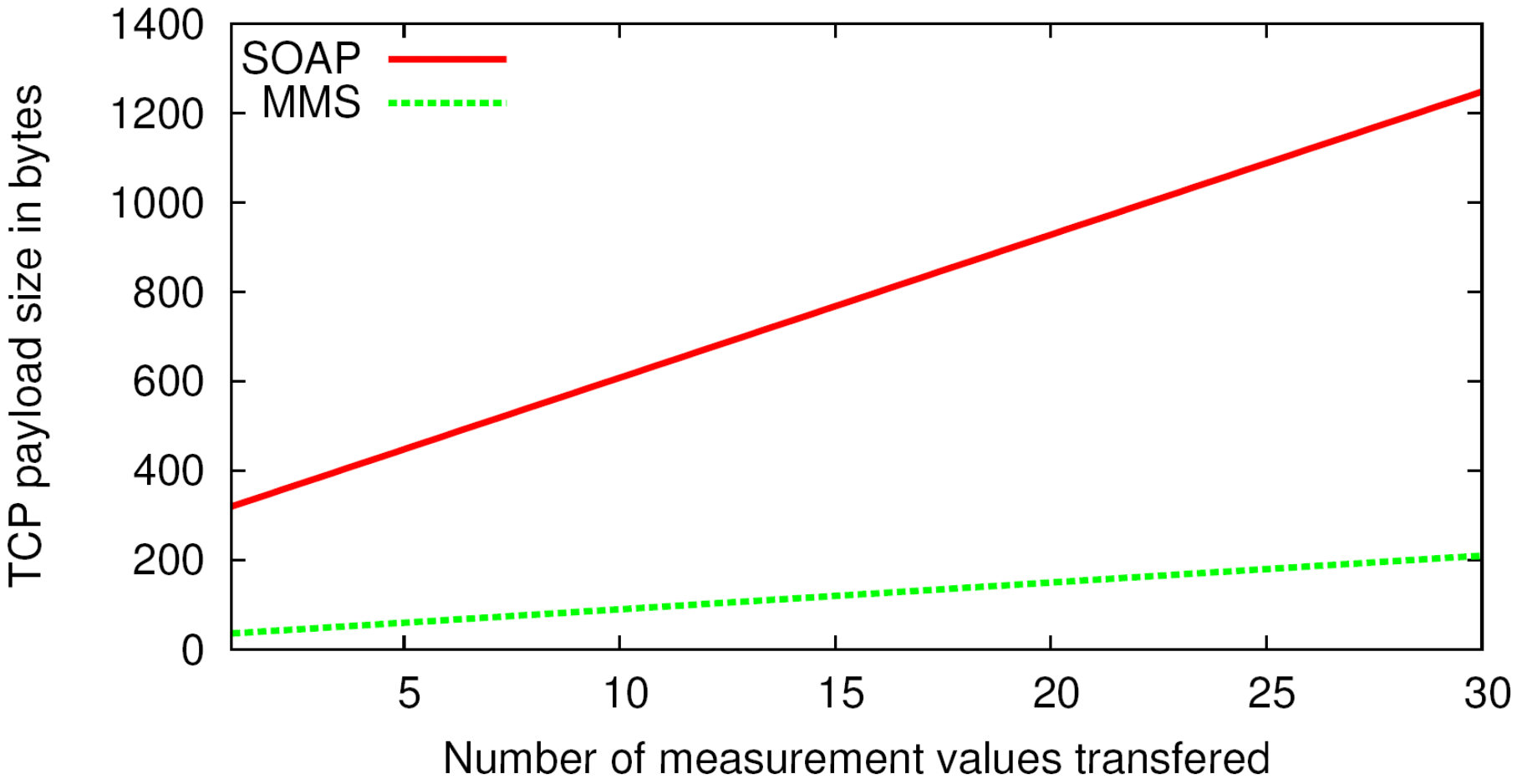
- MMS – Manufacturing Message Specification (ISO 9506)
  - Application Layer Protokoll für die Automatisierungstechnik aus den 80ern
  - MMS Paket-Aufbau wird in ASN.1 definiert. Theoretisch wird kein konkretes Encoding vorgeschrieben, aber de facto wird immer BER eingesetzt
  - Setzt aus historischen Gründen auf dem ISO/OSI Schichtenmodell auf (eigentlich unnötig)



IEC 61850 ï SOAP-Mapping

- SOAP-Mapping (IEC 61400-25-4)
  - Teil von IEC 61400: Communications for monitoring and control of wind power plants
  - Noch jung im Vergleich zu MMS
  - Wird in diversen Forschungsprojekten eingesetzt

MMS & SOAP ï Vergleich Paketgröße



IEC 61850 ï Vergleich MMS und SOAP Mapping

- Vorteile des MMS-Mappings:
  - Deutlich effizientere Kodierung
  - Unterstützt Reporting über permanente TCP/IP Verbindung
  - Wird bereits in großem Maßstab verwendet
- Vorteile des SOAP-Mappings:
  - Association-Aufbau benötigt nur einen Handshake (nicht 2 wie MMS)
  - Keine permanente TCP/IP Verbindung nötig
  - Deutlich einfacher zu implementieren (XML Parser sind bereits Teil der Java API)

openIEC61850 implementiert MMS

Agenda

- IEC 61850: kurze Einführung
- Entwicklung von openIEC61850 – Ziele und Design
- Analyse
  - Vergleich von MMS und SOAP Mappings
  - Performanceanalyse und Profiling der openIEC61850 MMS Implementierung
  - Perfomancevergleich der Implementierungen:
    - openIEC61850 (in Java)
    - Triangle MicroWorks Stack (in C)
- Fazit

IEC 61850 ï ASN.1 und BER

- Wichtigste Komponente des MMS-Mappings:
  - ASN.1-BER Encoding/Decoding der MMS-PDUs
- Der Aufbau der MMS-Pakete ist in Abstract Syntax Notation One (ASN.1) beschrieben, diese werden mittels der Basic Encoding Rules kodiert/dekodiert
- ASN.1/BER
  - Erste Version von 1984
  - Wird u.a. für digitale Zertifikate verwendet (z.B. X.509)

IEC 61850 ï ASN.1 und BER

- Für openIEC61850 wurde benötigt
  - ASN.1 Tool zur Erzeugung von Java Klassen aus dem ASN.1 Syntax
  - Java Klassen können anschließend zum einfachen Kodieren und Dekodieren der BER Datenströme verwendet werden
  - Möglichst unter OpenSource-Lizenz (LGPL oder freier)

IEC 61850 ï Vergleich von Java ASN.1/BER Bibliotheken

ASN.1/BER Bibliotheken	Beinhaltet ASN.1 Compiler zur Erzeugung von Java-Klassen	Versteht MMS ASN.1 Syntax	Lizenz
BouncyCastle	nein	n.a.	Permissive Open Source
CoDec	nein	n.a.	LGPL
JAC	ja	ja	GPL
BinaryNotes	ja	ja nach Modifikation	Apache

- Zunächst wurde BinaryNotes für openIEC61850 verwendet
- Schlechte Performance -> BinaryNotes wurde ersetzt durch eigene Implementierung: „jASN1“

ASN.1/BER Bibliotheken ï Performance-Vergleich

- Vergleich für der benötigten Zeit zum Kodieren und Dekodieren des Beispiels aus ITU-T X.690 (07/2002)
- Parameter:
  - Java HotSpot VM (Server Modus)
  - Intel Core2 Duo, P8700 @ 2.53GHz
  - 40.000 Runs, davon Durchschnittswert der Runs 30.001-40.000:

ASN.1/BER Bibliotheken	Zeit kodieren/ dekodieren in ns	Zeit kodieren/ dekodieren in % relativ zu jASN1
JAC	23753/11656	280%/252%
BinaryNotes	11464/17278	135%/374%
jASN1	8458/4613	100%/100%

IEC 61850 ï jASN.1

- Common Coding-Rules vs. Performance
- Häufige Java Performance-Faktoren
  - Function calls (Vererbung checken)
  - Initialization of new Objects
- Wie jASN.1 probiert diese Kosten zu minimieren:
  - Kodier- und Dekodierintelligenz steckt in den erzeugten Klassen selber
    - Die meisten ASN.1 Compiler erzeugen Klassen, die von externen Decodern/Encodern „gel
  - Kodierung erfolgt „rückwärts“
    - So können Sequenzelemente sofort in einen Stream geschrieben werden, ohne auf darauf zu warten, dass die Länge bekannt ist

jASN1 ï K o d i e r u n g e r f o l g t Ă r ¿ c k wª r t s ñ

ASN.1 Beispiel:

```
Person ::= SEQUENCE {
        name OCTET STRING,
        age INTEGER
}
```

jASN1 Compiler generiert

Person.java

beinhaltet encode Funktion

BerInteger.java

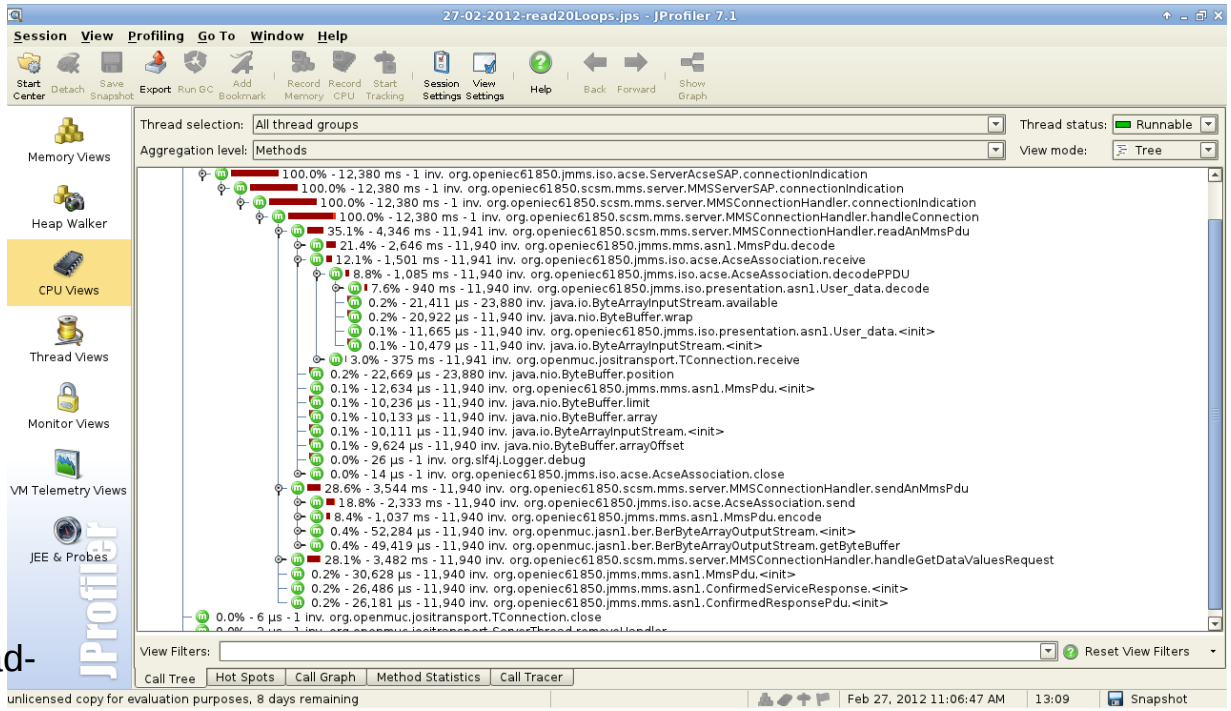
BerOctetString.java

Schreibt rückwärts in einen ByteArray

```
encode(BerOutputStream os)
{
   int length = 0;
   length += age.encode(os);
   length += name.encode(os);
   os.write(length);
   os.write(tag);
}
```

openIEC61850 ï Relevanz von ASN.1/BER Kodierung

- Wie relevant ist die Optimierung des BER Kodierers?
- Profiling des Servers
  - Jprofiler 7.1
  - jASN1 v. 1.1.1
  - HotSpot Java VM in Server Mode
  - Etwa 12000 getDataValues Aufrufe für verschiedene BasicDataAttributes
  - CPU: AMD Phenom 9600 Quad-Core



- Profiling zeigt, dass etwa 23,0% mit Dekodierung und 28% der Zeit mit Kodierung von ASN.1/BER Information verbracht wurde (Kodierung beinhaltet in diesem Fall nicht die Erzeugung der Java-Objekte die kodiert werden)

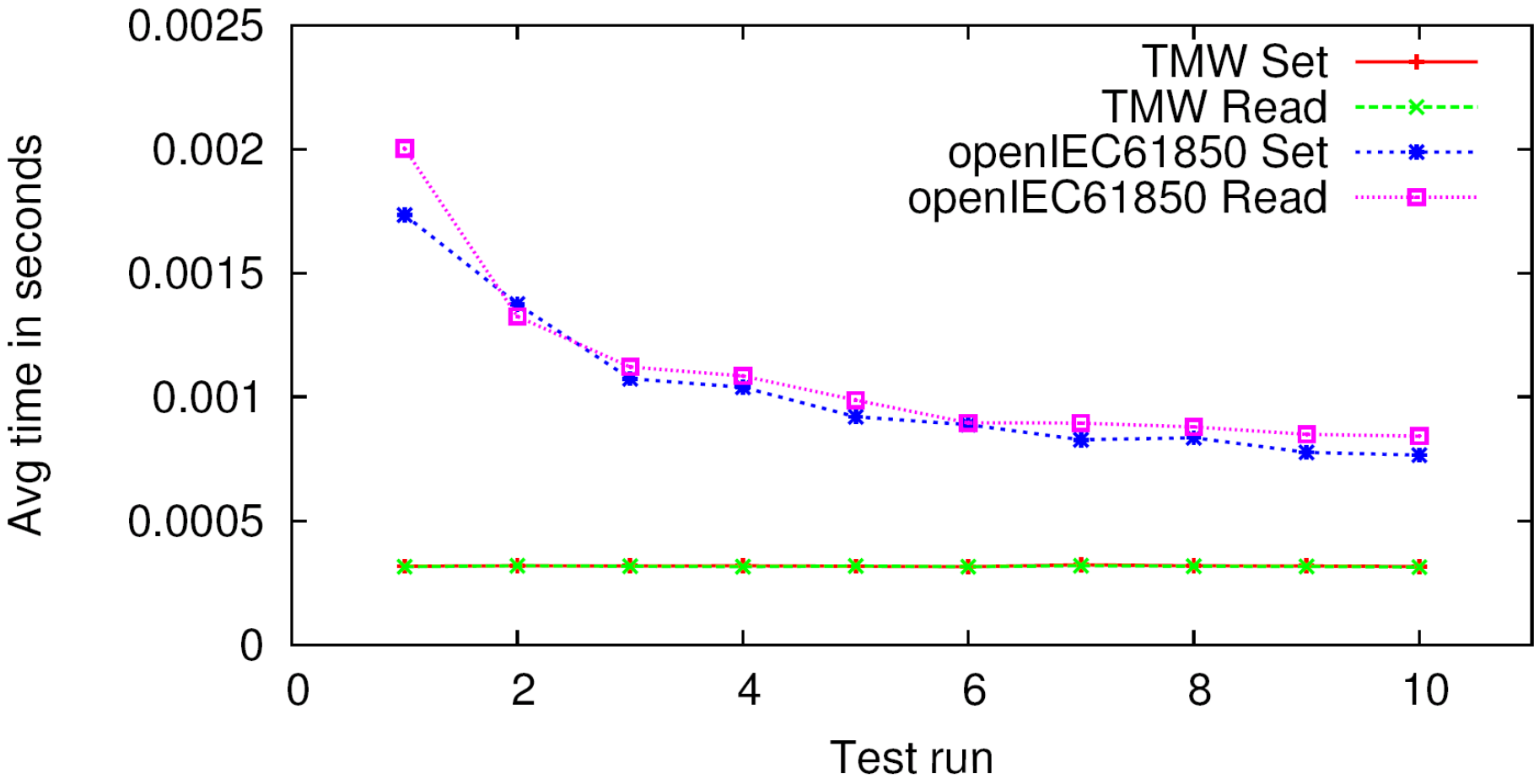
Agenda

- IEC 61850: kurze Einführung
- Entwicklung von openIEC61850 – Ziele und Design
- Analyse
  - Vergleich von MMS und SOAP Mappings
  - Performanceanalyse und Profiling der openIEC61850 MMS Implementierung
  - Perfomancevergleich der Implementierungen:
    - openIEC61850 (in Java)
    - Triangle MicroWorks Stack (in C)
- Fazit

openIEC61850 ï Performance-Vergleich

- Vergleich von openIEC61850 mit IEC 61850 Stack von Triangle MicroWorks
- 10 Testläufe
- Jeder Testlauf besteht aus 498 SetDataValues und GetDataValues service requests von verschiedenen BasicDataAttributes
- Server nutzen beide identische Modelle und liefern identische Dummywerte zurück
- Ermittlung der Reaktionszeit
  - TcpDump läuft auf Servermaschine
  - Reaktionszeit = Timestamp des eingehenden Requests – Timestamp der ausgehenden Response
- Hot Spot VM (Server Modus), Geode™

openIEC61850 ï Performance-Vergleich



Agenda

- IEC 61850: kurze Einführung
- Entwicklung von openIEC61850 – Ziele
- Analyse
  - Vergleich von MMS und SOAP Mappings
  - Performanceanalyse und Profiling der openIEC61850 MMS Implementierung
  - Perfomancevergleich der Implementierungen:
    - openIEC61850 (in Java)
    - Triangle MicroWorks Stack (in C)
- Fazit

Fazit

- Der größte Nachteil von IEC 61850: unnötig komplex und schwer zu Implementieren
- Größter Vorteil: schon jetzt ein international anerkannter Standard und wird bereits eingesetzt (vor allem in Umspannwerken)
- MMS-Mapping ist deutlich effizienter bezüglich Paketgröße als SOAP-Mapping aber Implementierungshürde ist deutlich höher
- Fokus der Implementierung auf ein Mapping ist weniger Aufwändig und effizienter
- ASN.1/BER Kodierung ist der wichtigste Faktor bezüglich der Performance von IEC 61850
- Mit jASN1 konnte eine deutliche Performancesteigerung im Vergleich zu anderen offenen ASN.1/BER Bibliotheken geschaffen werden
- Nach Optimierung durch die HotSpot VM ist openIEC61850 immer noch etwa 2,5 langsamer als der proprietäre TMW-Stack
- Viele Ideen für weitere Optimierungen existieren bereits
- Weitere Ideen für Analysen: Speicherbedarf, Multi-Thread-Tests