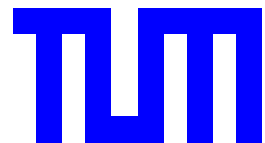

Softwarearchitekturen für das Internet der Energie

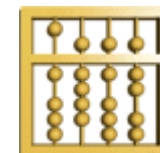
Herausforderungen und Anforderungen an die Architektur
aus Sicht der Informatik

Manfred Broy

Lehrstuhl für Software & Systems Engineering



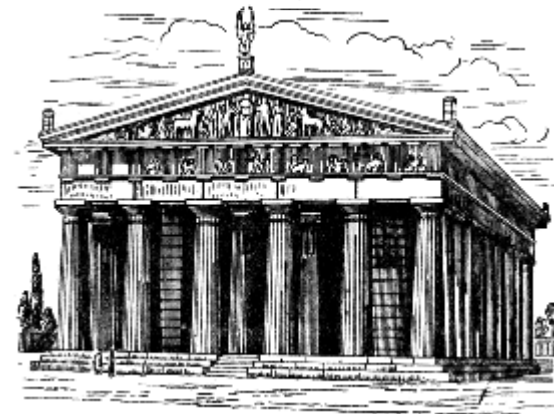
Technische Universität München
Institut für Informatik



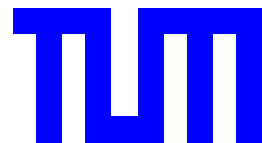
Die Disziplin „Architektur“

»Architektur ist die Kombination von *utilitas*, *firmitas* und *venustas*.« frei nach Vitruvius (Römischer Architekt 90-20 v. Chr.)

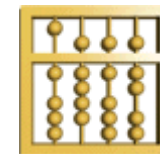
- **utilitas** : das Gebäude erfüllt seine Funktion
(*das Softwaresystem erfüllt seine Anforderungen*)
- **firmitas** : das Gebäude ist stabil
(*das Softwaresystem ist langlebig und „stabil“ gegenüber Änderungen*)
- **venustas** : das Gebäude ist ästhetisch gestaltet
(*das Softwaresystem weist klare, logische Strukturen auf, die das Verständnis vereinfachen*)



Die Rolle der Softwarearchitektur für umfangreiche, langlebige, verteilte, heterogene Softwaresysteme

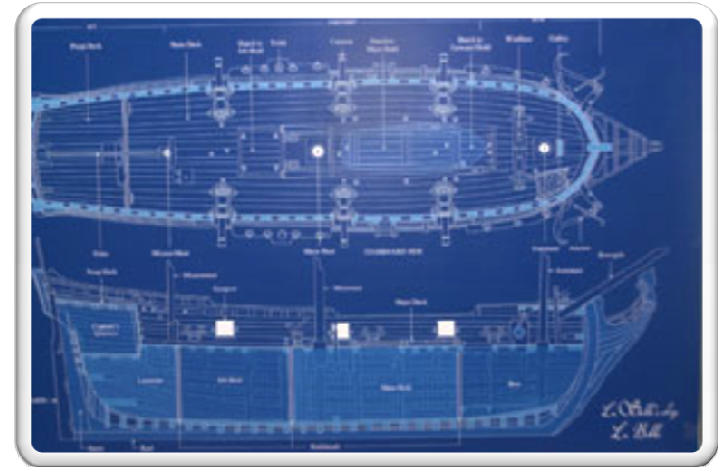


Technische Universität München
Institut für Informatik



Bedeutung der Softwarearchitektur

- Die Softwarearchitektur
 - ◇ ist Grundlage für das Verständnis über das System im Projektteam
 - ◇ definiert die Entwicklungsprozesse im Team und beeinflusst somit die Effizienz im Projekt
- Die Qualität der Architektur entscheidet über
 - ◇ den Projekterfolg
 - ◇ die Qualität des Systems
 - ◇ die Wartbarkeit und Erweiterbarkeit des Systems



Softwarearchitektur - was ist das

- Unter Architektur verstehen wir für ein Softwaresystem grundsätzlich
 - ◇ die Zergliederung der Software in Komponenten (oder Module),
 - ◇ die Beschreibung der Interaktion der Komponenten und ihrer Schnittstelle und Rolle innerhalb des Systems.
- aber auch
 - ◇ die sinnvolle Gliederung eines Systems in Hinblick auf seine Funktionalität und seine nichtfunktionale Anforderungen
- Damit bestimmt die Architektur
 - ◇ die Beherrschbarkeit des Systems in Entwicklung und Weiterentwicklung
 - ◇ die Qualität des Systems

Weitere Definitionen

- ◇ „Architecture is defined [...] as the **fundamental organization** of a system, embodied in its **components**, their **relationships** to each other and to the environment, and the **principles governing its design and evolution.**“

(IEEE Std. No. 1471-2000)

- ◇ „The **structure** of the **components** of a program/system their **interrelationships**, and principles and **guidelines governing their design and evolution** over time.“

(Garlan und Perry, 1995)

Ziel des Architekturentwurfs

- Ziel des Architekturentwurfs ist:
 - ◇ Den Bauplan des Systems zu erstellen, nach dem sich dann Erstellung, Wartung, Pflege und Weiterentwicklung ausrichten
 - ◇ Eine vollständige und prägnante Architekturbeschreibung erstellen, die als Grundlage für das Verständnis der prinzipiellen Funktionsweise des Systems dient
 - ◇ Dabei die geforderten funktionalen und nicht funktionalen Anforderungen gewährleisten
- Die Architekturbeschreibung dient als
 - ◇ Diskussions-, Verständigungs- und Entscheidungsgrundlage
 - ◇ Design- und Implementierungsplan
 - ◇ Vorgabe für die Aufgabenteilung

Softwarearchitektur als Rückgrad der Entwicklung

- Die Softwarearchitektur ist Rückgrad für die Entwicklung eines Softwaresystems in Hinblick auf
 - ◇ seine Verständlichkeit
 - ◇ seine mögliche Verteilung,
 - ◇ Komplexitätsbeherrschung,
 - ◇ Kostenbeherrschung,
 - ◇ Arbeitsteilung (Unterauftragsvergabe) und
 - ◇ Einbindung von Fremdsoftware (open source),
 - ◇ seine Testbarkeit
 - ◇ systematische Integration
 - ◇ seine Betreibbarkeit
 - ◇ seine langfristige Evolution
 - Lesbarkeit
 - Anpassbarkeit.

Softwarearchitektur als Schlüssel zur Qualität

- Die Architektur bestimmt ferner entscheidend die Qualitätseigenschaften eines Softwaresystems wie etwa seine
 - ◇ Nutzbarkeit,
 - ◇ Effizienz,
 - ◇ Performanz,
 - ◇ Verfügbarkeit,
 - ◇ Zuverlässigkeit,
 - ◇ Flexibilität,
 - ◇ Interoperabilität,
 - ◇ Anpassbarkeit,
 - ◇ Skalierbarkeit und
 - ◇ langfristige Wartbarkeitund somit seine Kosten.

Evolution langlebiger verteilter Softwaresysteme

- Gerade große langlebige Softwaresysteme
 - ◇ wie das Internet, aber auch
 - ◇ Softwaresysteme für die Steuerung von Energienetzenbenötigen Architekturen,
 - ◇ die gezielt und systematisch auf die spezifischen Anforderungen dieser Systeme zugeschnitten sind.
- Die Architekturprinzipien des Internets
 - ◇ wie Schichtenarchitekturen (Internet-Protokollarchitektur) und
 - ◇ neuartige Dienstarchitekturenbestimmen maßgeblich die Robustheit und die Interoperabilität der Systeme.

Basis des Architekturentwurfs: Anforderungen

Anforderungskategorien für das **Internet der Energie**

- Funktionale Anforderungen: Steuerung und Optimierung der Energieflüsse, Monitoring, Verwaltung von Kunden, Vernetzung mit anderen Systemen, etc.

- Nicht funktionale Anforderungen

Qualitätsanforderungen (IEEE 1061):

- ◇ An System in der Nutzung und Betriebssituation:
Benutzbarkeit, Stabilität, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Performanz, Interoperabilität,

- ◇ An System in Hinblick auf Evolution:
Wartbarkeit, Erweiterbarkeit, etc.

- Randbedingungen

- ◇ System / Produkt: Vorgaben zur Verteilung, physikalische Anforderungen, Umweltaforderungen, Materialanforderungen, Ressourcenbedarf etc.

- ◇ Technologie: Vorgaben zur Hardware, Vorgaben zur Software, Vorgaben zu Standardtechnologie, etc.

- ◇ Prozess: Vorgaben zum Vorgehensmodell, Anforderungen bzgl. Einführung und Migration, Evolution etc.

- ◇ Organisation / Management: Vorgaben bzgl. Zeit und Budget, Vorgaben bzgl. Personal, Vorgaben bzgl. Ressourcen

Strukturierte Sicht auf Systemarchitektur

- Funktionshierarchie - bestimmt **Funktionalität**
 - ◇ Strukturierte Sicht auf den angebotene Funktionsumfang
- Logische Architektur - Fachlich - bestimmt die „**Logik der Architektur**“
 - ◇ Gliederung des System in logische Komponenten
 - ◇ Beschreibung deren Schnittstellen und Rollen
- Technische Architektur - bestimmt die **technische Umsetzung**
 - ◇ Software
 - Codearchitektur
 - Laufzeitsystem und Laufzeitelemente
 - ◇ Hardware - technische Umsetzung
 - Prozessoren (Steuergeräte, CPUs)
 - Kommunikationsverbindungen (Bussysteme)
 - Sensork, Aktuatorik, MMI-Einrichtungen
 - ◇ Deployment: Abbildung (Verteilung) der Software auf Hardware

Grundsätze

- Softwarearchitekturen – gerade für das Management von **Netzstrukturen der Energie** – und ihre Prinzipien müssen eng auf die funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen der jeweiligen Anwendungsdomäne zugeschnitten sein.
- Klassische Prinzipien des Architekturentwurfs sind zu beachten
 - ◇ Schnittstellenabstraktion: Information Hiding
 - ◇ Kohäsion: Starke Bindung in den Komponenten - schwache Bindung zwischen den Komponenten
 - ◇ Uniformität der Schnittstellen
 - ◇ Einheitliche Lösungen: Beachtung von Entwurfsmustern
 - ◇ Schichtenarchitekturen
 - ◇ SOA
 - ◇ ...

Funktionale Anforderungen an ein „Internet der Energie“

In einem „Internet der Energie“,

- sind eine hohe Zahl von Energiequellen und –senken flexibel in ein Energienetz integriert
- sind anspruchsvolle Steuerungsaufgaben für ein optimiertes Energiemanagement zu erbringen unter Einschluss umfangreicher Informationsfunktionalität für die Verwaltung und Überwachung des Systems.
- Da in Energienetzen zusätzlich Abrechnungs-, aber auch Wettbewerbsfragen – ähnlich zu Telekommunikations–netzen („Billing“) – eine wesentliche Rolle spielen, sind auch Prinzipien und Lösungsmuster der Telekommunikation für die flexiblen Energienetze der Zukunft bedeutsam.
- Besondere Bedeutung hat hier eine angemessene Kombination zentraler und dezentraler Steuerungs–verfahren, durch die globale mit lokalen Optimierungsanforderungen flexibel verknüpft werden könne.
- Dies kann durch Methoden der Dienstorientierung und kontextadaptiver Systeme bewerkstelligt werden.

Fachliche Optimierung: Energie / Kosten / Ökologie

Optimierungsaufgaben

- Energiebedarf und Energiemanagement global vs. lokal
 - ◇ Abschätzung augenblicklicher und zukünftiger Bedarf
 - ◇ mittelfristiges Energiemanagement
 - ◇ Steuerung Energiesenken/-quellen
 - ◇ Mobile Erzeuger/Verbraucher
 - ◇ Schnittstelle zur Verbrauchs/Erzeugungsoptimierung hinein in Kundenverbrauchsraum (privat und industriell)
- Minimierung Energiekosten
 - ◇ wirtschaftlich
 - ◇ ökologisch
- Versorgungssicherheit
- Minimierung Errichtung und Betriebskosten
- Realisierung Marktwirtschaftlicher Prinzipien
 - ◇ „Energiebörse“ - Energiemarktplätze

Umsetzung

- Jedes Gerät im Netz (ob Erzeuger oder Verbraucher) ist Knoten im E-Energy-Netzwerk
 - ◇ benutzt einheitliches Protokoll (vgl. Internet) - offene Kommunikationsstandards
 - ◇ unterschiedliche Stufen der „Intelligenz“
 - ◇ unterschiedliche Stufen in der Komponentenhierarchie in Hinblick auf separate Kosterfassung
 - ◇ erlaubt Einbindung von Altgeräten
 - ◇ Erlaubt Nutzung und Erbringung von Diensten (SOA Prinzip)
- Es existiert Knotenhierarchie (Erweiterung des Client/Server Prinzips)
 - ◇ Gerät, Unternetzwerk, Obernetzwerk, Verteiler etc.
 - ◇ Knoten zeigen unterschiedliche Fähigkeiten
 - ◇ Managerknoten managen Unternetze
- Ein globales Netzwerkmanagement bindet Knoten ein

Sicherheit - Security

- Identifikation
- Authentifizierung
- Privacy
- Nachvollziehbarkeit
- Verbindlichkeit
- Daten- und Funktionssicherheit
 - ◇ Sicher gegen Manipulation
 - ◇ Verfügbarkeit
- Schutz vor Angriffen
- Rechtemodell

Nicht-Funktionale Anforderungen an ein „Internet der Energie“

Softwarearchitekturen für ein „Internet der Energie“, müssen besondere Anforderungen erfüllen:

- Zuverlässigkeit
 - ◇ Korrektheit
 - ◇ Verfügbarkeit
 - ◇ Robustheit
- Effizienz
- Betriebssicherheit
- Betriebskosten
- Performanz
- Evolution: Anpassbarkeit, Migrierbarkeit, Aufwärts- und Abwärtskompatibilität
- Skalierbarkeit
- Langlebigkeit

Abschließende Bemerkungen

Voraussetzungen für Architekturentwurf

- Sorgfältiges Requirements Engineering
 - ◇ Erfassung der funktionalen und **nichtfunktionalen** Eigenschaften
- Wesentliche Attribute
 - ◇ Hohe Betriebsqualität (Zuverlässigkeit und Performanz)
 - ◇ Fit für lange Einsatzdauer
 - ◇ Flexibilität (Update von Code in Endgeräten)
 - ◇ Interoperabilität (Zusammenwirken mit umgebenden Systemen)
 - ◇ Adaptivität
 - ◇ Fehlertoleranz
 - ◇ Hohe Integrationsfähigkeit
- Hochwertige Architekturdokumentation (offene Schnittstellen)