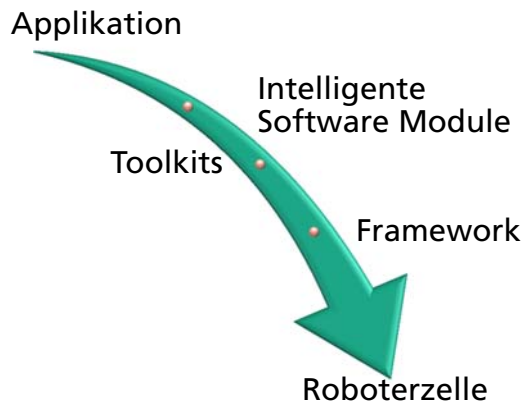


# Software Toolkits und offene Software Plattformen für die effiziente Software Integration in der Robotik



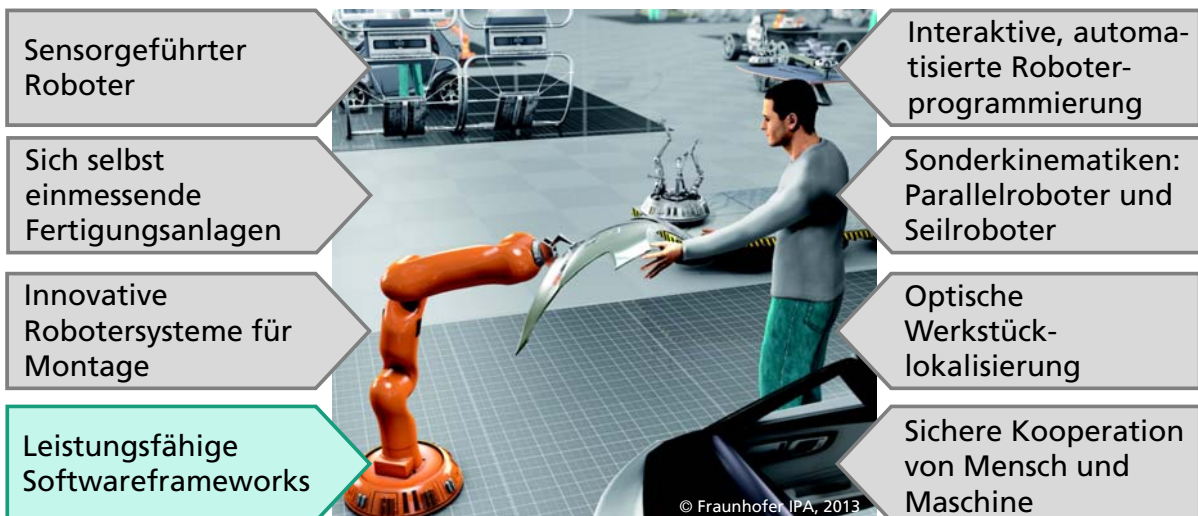
Dipl.-Ing. Lorenz Halt

Seite 35

© Fraunhofer

 **Fraunhofer**  
IPA

## Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration Zukunft der Industrierobotik



Seite 36

© Fraunhofer

 **Fraunhofer**  
IPA

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Gliederung

- Motivation zum Einsatz von Middleware in der Robotik
- Beispiele für verfügbare Robotic Middlewares
  - OPC Unified Architecture
  - OROCOS
  - ROS-Industrial
  - Vergleich der Middlewares
- Rechtliche Implikationen von Open Source Software für Systemintegratoren und Endnutzer
  - Vor- und Nachteile von Open Source Software
  - Lizenzen und *Copyleft*
- Roadmap zur industriellen Implementierung
- Fazit

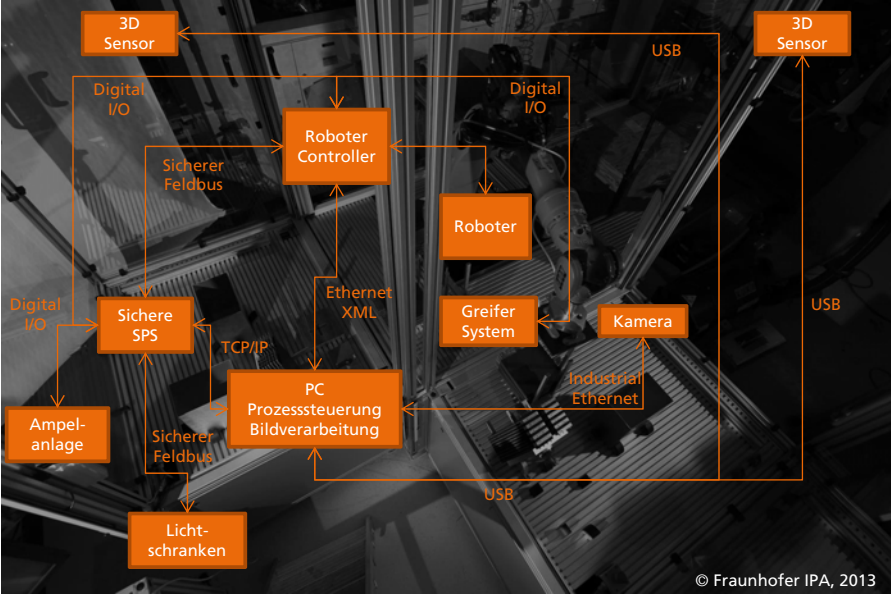
# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Gliederung

- Motivation zum Einsatz von Middleware in der Robotik
- Beispiele für verfügbare Robotic Middlewares
  - OPC Unified Architecture
  - OROCOS
  - ROS-Industrial
  - Vergleich der Middlewares
- Rechtliche Implikationen von Open Source Software für Systemintegratoren und Endnutzer
  - Vor- und Nachteile von Open Source Software
  - Lizenzen und *Copyleft*
- Roadmap zur industriellen Implementierung
- Fazit

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

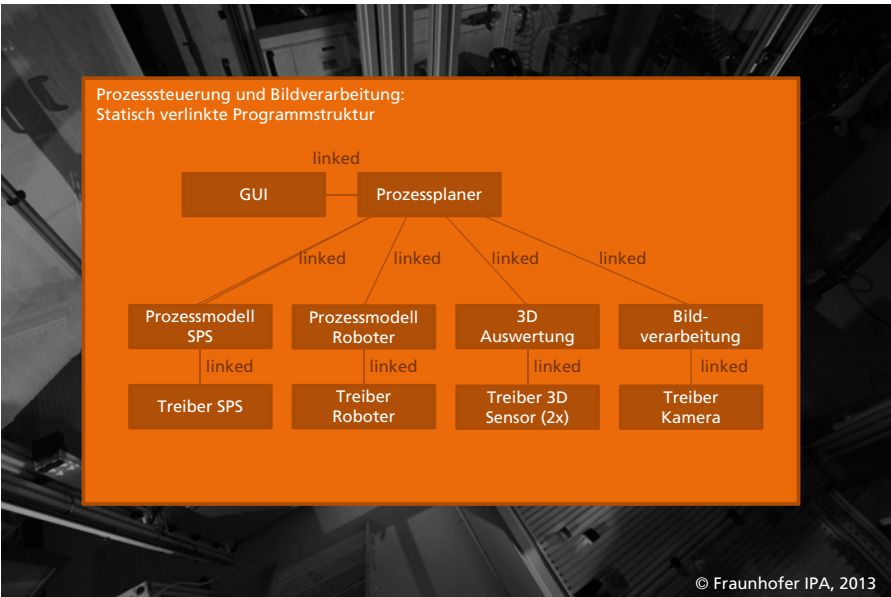
## Motivation – Roboterzellen heute



© Fraunhofer IPA, 2013

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

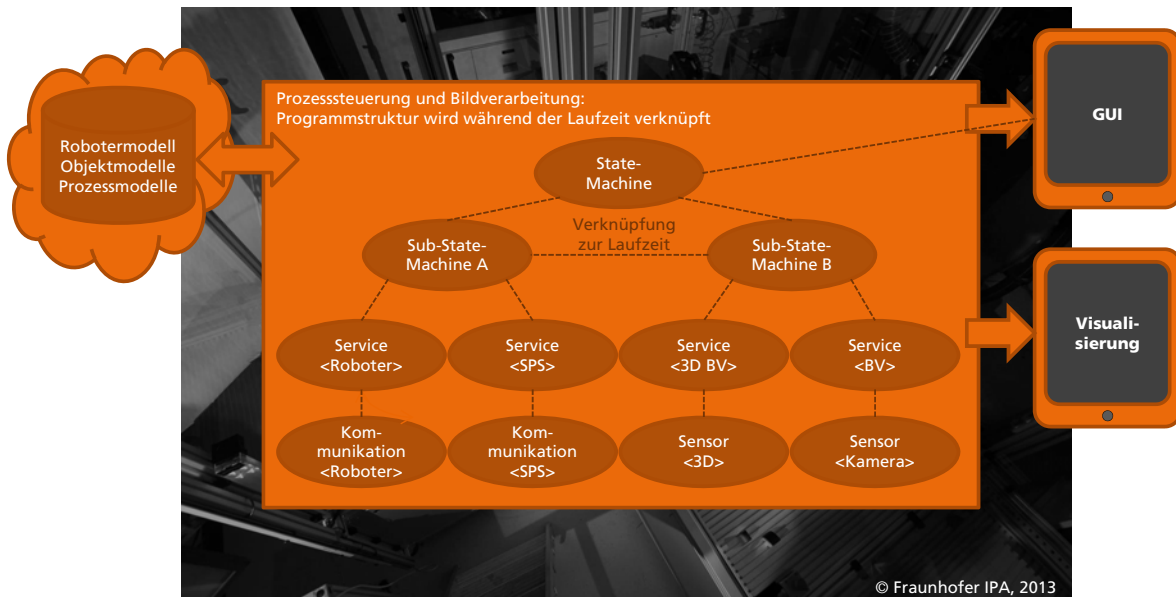
## Motivation – Roboterzellen heute



© Fraunhofer IPA, 2013

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Motivation – Anwendung von Robotic Middleware



Seite 41

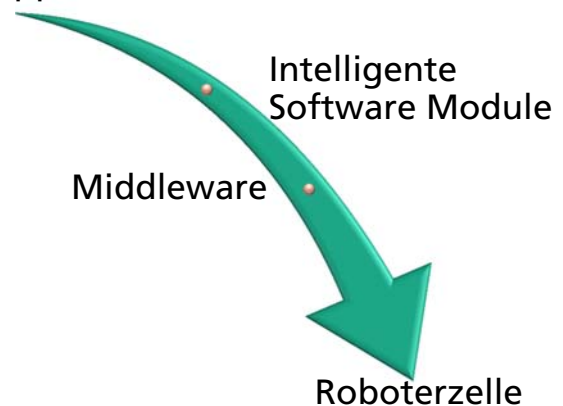
© Fraunhofer

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Zusammenfassung Robotic Middleware

- **Vereinfachung** der SW Integration
- **Wiederverwendbarkeit** der SW Module
- **Vereinheitlichung** der Modulkommunikation und Prozessausführung
- **Herstellerunabhängigkeit** ermöglicht die freie Nutzung von am Markt verfügbaren Technologien
- **Fokus** auf wettbewerbsrelevante Entwicklung
- **Verteilte Rechnersysteme**  
Kommunikation über Rechengrenzen hinweg
  - Heterogene verteilte Rechner
  - Bedienung, Ferndiagnose/-wartung

Applikation

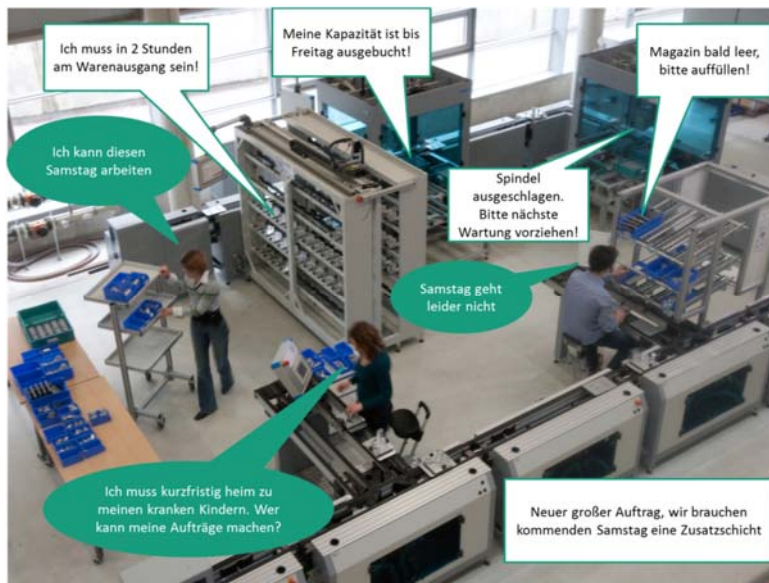


Seite 42

© Fraunhofer

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Industrie 4.0 und die Fabrik der Zukunft



- Vielfältige Vernetzung
- Informationsaustausch
- Eigenständige Anlagen
- Informationsspeicherung

Dezentrale Selbstorganisation in Echtzeit

© Fraunhofer IPA, 2013

Seite 43

© Fraunhofer

 **Fraunhofer**  
IPA

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Gliederung

- Motivation zum Einsatz von Middleware in der Robotik
- Beispiele für verfügbare Robotic Middlewares
  - OPC Unified Architecture
  - OROCOS
  - ROS-Industrial
  - Vergleich der Middlewares
- Rechtliche Implikationen von Open Source Software für Systemintegratoren und Endnutzer
  - Vor- und Nachteile von Open Source Software
  - Lizenzen und Copyleft
- Roadmap zur industriellen Implementierung
- Fazit

Seite 44

© Fraunhofer

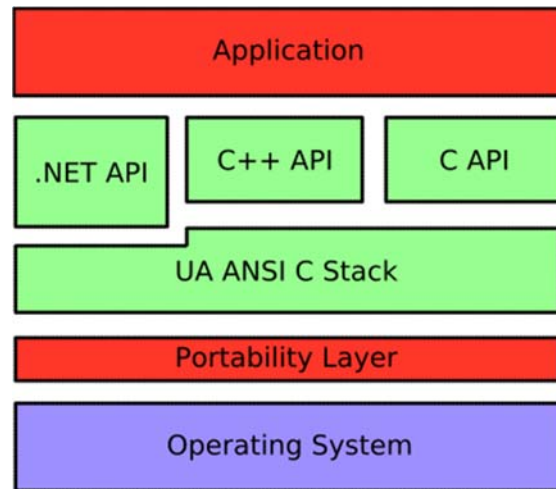
 **Fraunhofer**  
IPA

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## OPC Unified Architecture



- Seit 2009 veröffentlichte überarbeitete Version des Maschine-zu-Maschine (M2M) Kommunikationsprotokolls OPC
- Service-orientierte Architektur (SOA)
- Neben Datentransport auch maschinenlesbare semantische Beschreibung
- Gravierende Neuerungen
  - Eigener Kommunikationsstack , ersetzt COM/DCOM
  - Portable ANSI-C, C# und Java Implementierung
  - Portierbar auf Embedded-Geräte
  - Eigene Security-Implementierung
- Lizenzmodelle
  - ANSI C Stack Portability Layer: MIT
  - C, C#, Java Stack: RCL/RCBL oder CSCL

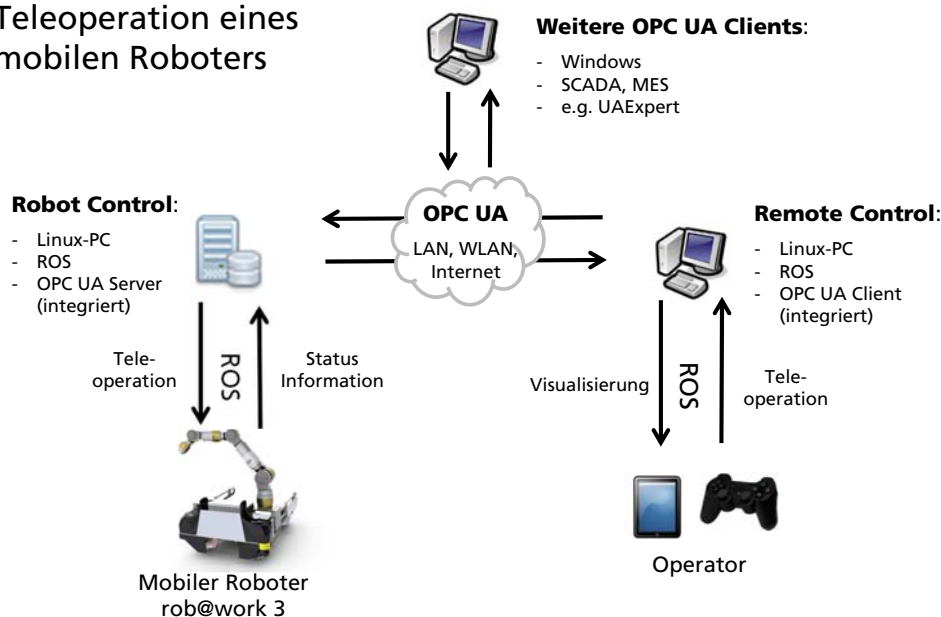


© ascolab GmbH, 2013 [1]

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## OPC Unified Architecture: Entwicklungsbeispiel

### Teleoperation eines mobilen Roboters



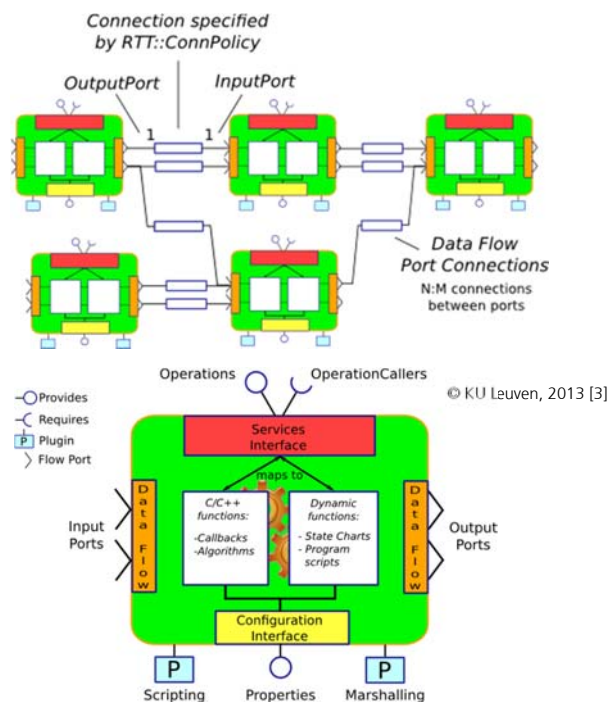
© Fraunhofer IPA, 2013



# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## OROCOS – Open ROBot Control Software

- Offenes Framework für „real-time control of robots and machine tools“
- Projektstart Ende 2000 an der LU Leuven, erstes Release in November 2002
- Design Motivation [2]
  - Komponentenverknüpfung während Laufzeit
  - Unabhängig von den Herstellern der Komponenten
  - Starker Fokus auf echtzeitfähiger Komponentenverknüpfung
- Lizenzmodelle
  - KDL,OCL: LGPL
  - RTT, BFT: GPL + runtime exception



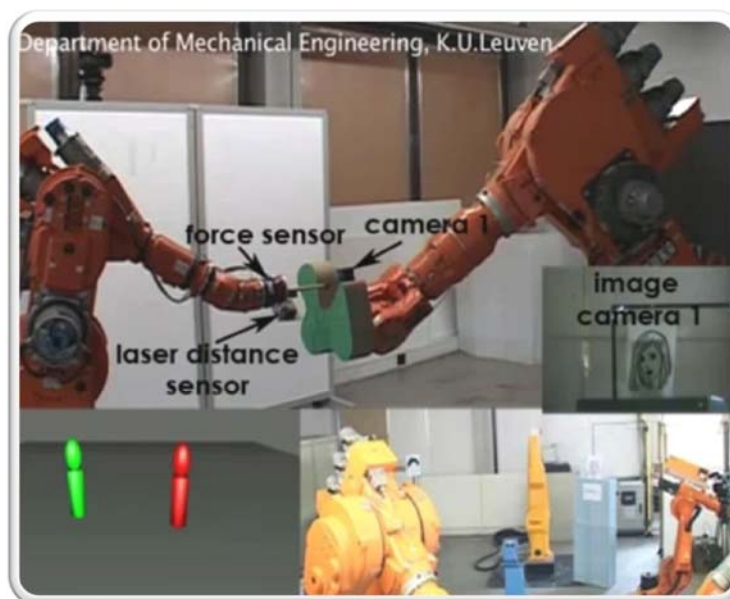
Seite 47

© Fraunhofer

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## OROCOS: Entwicklungsbeispiel

Kraftgeregelt  
Handhabung mit  
gleichzeitiger  
Kameraverfolgung  
von Personen



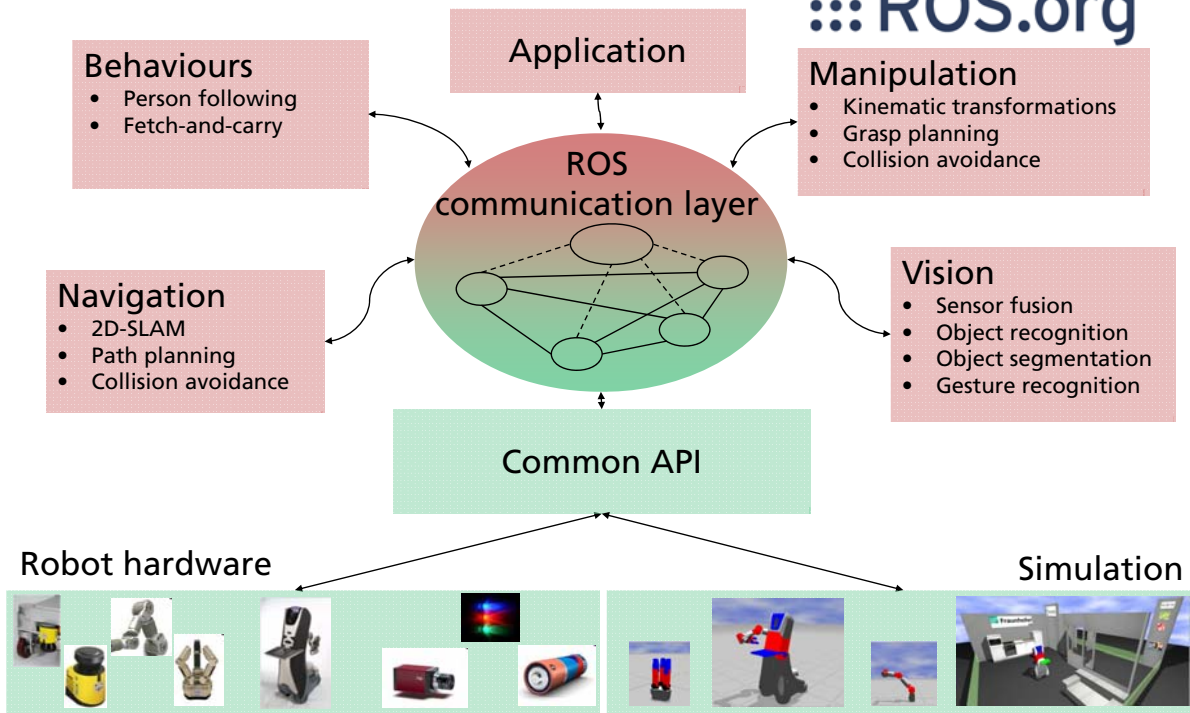
Quelle [4]

Seite 48

© Fraunhofer

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## ROS – Robot Operating System



Seite 49

© Fraunhofer



# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## ROS Industrial



© Fraunhofer IPA, 2013

Seite 50

© Fraunhofer





# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## ROS Industrial: Entwicklungsbeispiel

Applikations-  
beispiele mit  
ROS Industrial



Cluttered Piles at Automate 2013 with Robot Collaboration

Quelle [5]

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Gegenüberstellung

|                                  | OPC UA                               | OROCOS  | ROS Industrial   |
|----------------------------------|--------------------------------------|---|--|
| Anwendungsfokus                  | Gerätekommunikation<br>MES Anbindung | Echtzeit SW Modul<br>Verknüpfung                                  | SW Service Verknüpfungen   |
| Herkunft                         | OPC Foundation<br>(kommerziell)      | KU Leuven<br>(Open Source)  | Willow Garage<br>(Open Source)   |
| Verbreitung                      | o                                    | -   | +  |
| Reifegrad                        | +                                    | +   | ++   |
| Anzahl verfügbarer HW<br>Treiber | +                                    | -   | o  |
| Unterstützte Sprachen            | .NET, C/C++, Java                    | C/C++, LUA  | C/C++, Python, Java  |
| Unterstützte OS                  | Windows, Linux                       | Linux, Windows  | Linux, Android, (Windows)  |
| Tools                            |                                      | Kinematics & Dynamics<br>Realtime Toolchain<br>Bayesian Filtering | 3D Visualisierung<br>Physik. Simulation<br>Parameter Server<br>OROCOS Deployer |
| Lizenzen                         | MIT<br>Proprietär                    | LGPL<br>GPL + runtime exception                                   | BSD  |

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Gliederung

- Motivation zum Einsatz von Middleware in der Robotik
- Beispiele für verfügbare Robotic Middlewares
  - OPC Unified Architecture
  - OROCOS
  - ROS-Industrial
  - Vergleich der Middlewares
- Rechtliche Implikationen von Open Source Software für Systemintegratoren und Endnutzer
  - Vor- und Nachteile von Open Source Software
  - Lizenzen und Copyleft
- Roadmap zur industriellen Implementierung
- Fazit

Seite 53

© Fraunhofer

 **Fraunhofer**  
IPA

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Motivation zur Nutzung von Open Source Produkten

- **Verfügbarkeit:** Nutzung weit verbreiteter *standardisierter* Komponenten
  - Fokussierung auf wettbewerbsrelevante SW-Entwicklung
  - Schnell und einfach verfügbar
- **Anbieterunabhängigkeit:** Kein *Lock-in* Effekt
- **Kosten:** Entfallende Lizenzgebühren
- **Anpassbarkeit:** Änderung der Software ist möglich



Quelle [6]

Seite 54

© Fraunhofer

 **Fraunhofer**  
IPA

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Vorteile und Nachteile von Open Source

|                           | Vorteil   | Nachteil  |
|---------------------------|---|---|
| Verfügbarkeit             | Quellcode verfügbar                               | Ggf. keine ausreichende Dokumentation   |
| Verfügbarkeit (Framework) | Fokussierung auf wettbewerbsrelevante Entwicklung | Festlegung auf und Abhängigkeit von Framework   |
| Lock-In                   | Keine Anbieterabhängigkeit                        | Keine Haftung oder Gewährleistung   |
| Kosten                    | Entfallende Lizenzgebühren                        | Lizenz muss beachtet werden!<br>Gravierende Auswirkungen bei Nichtbeachtung oder Fahrlässigkeit |
| Anpassbarkeit             | Quellcode kann angepasst werden                   | Ggf. müssen Änderungen freigegeben werden   |
| Kommerzielle Services     | Ggf. Teil des Finanzierungsmodells                | Fehlende Service Level Agreements   |
| Support                   | Ggf. starke, agile Community                      | Keinen rechtlichen Anspruch auf Support   |

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Verbreitete Open Source Lizenzen

- Apache License 2.0
- BSD 3-Clause „Revised“
- BSD 2-Clause „FreeBSD“
- GNU General Public License (GPL)
- GNU Library or „Lesser“ GPL (LGPL)
- MIT License
- Mozilla Public License 2.0 (MPL)
- Common Development and Distribution License (CDDL)
- Eclipse Public License (EPL)



# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Lizenzkategorien durch copyleft

- **Copyleft** besagt, dass sämtliche Änderungen und Weiterentwicklungen einer Open Source Software nur unter der gleichen Lizenz als freie Software weitergegeben werden dürfen

|   | Starkes Copyleft                              | Schwaches Copyleft   | Kein Copyleft  |
|---|---|--|--|
| Kombinationsmöglichkeit mit proprietärer Software | keine Einbindung in proprietären Code möglich | Statisches und dynamisches Linken von Code mit proprietärer Software möglich. Eigen-Entwicklungen dürfen als proprietäre Software weitergegeben werden | Keine Vorgaben. Der gesamte Code darf auch als proprietäre Software weitergegeben werden |
| Beispiel-Lizenz                                   | GPL   | LGPL, MPL  | BSD, Apache  |

Quelle [9]

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

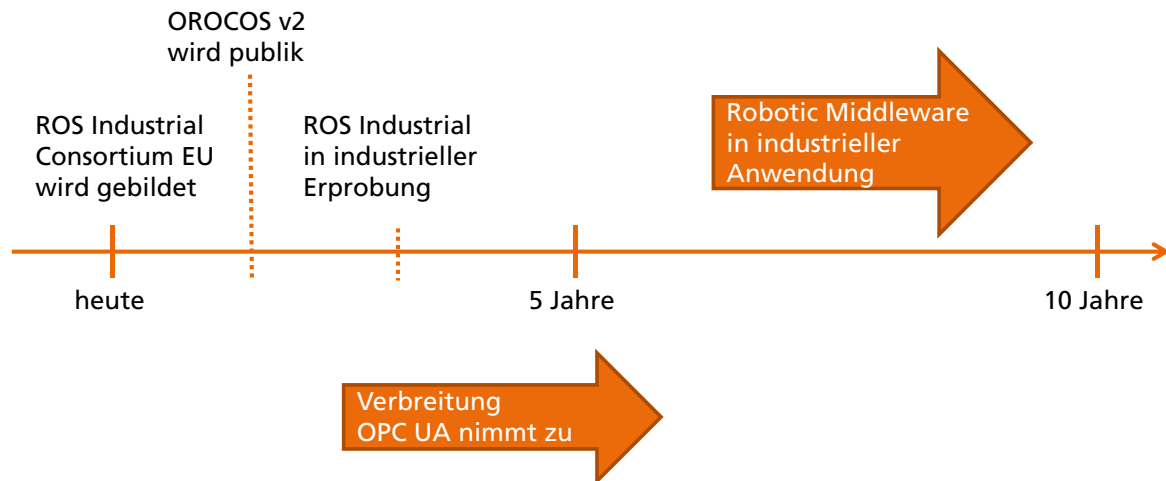
## Gliederung

- Motivation zum Einsatz von Middleware in der Robotik
- Beispiele für verfügbare Robotic Middlewares
  - OPC Unified Architecture
  - OROCOS
  - ROS-Industrial
  - Vergleich der Middlewares
- Rechtliche Implikationen von Open Source Software für Systemintegratoren und Endnutzer
  - Vor- und Nachteile von Open Source Software
  - Lizenzen und Copyleft
- Roadmap zur industriellen Implementierung
- Fazit

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Roadmap zur industriellen Anwendung

### Robotic Middleware



Seite 59

© Fraunhofer

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW-Integration

## Fazit

- Komplexe Roboteranlagen benötigen vielfältige Integration von Sensorik und intelligenten Algorithmen
- Hohe Wiederverwendbarkeit von Entwicklungen senkt mittelfristig Entwicklungskosten
- Middlewares können die Integration erleichtern und helfen auf wettbewerbsrelevante Entwicklungen zu fokussieren
- Umstellung auf und Einstieg in neue Middlewares kostet Zeit und Energie
- Freie Middlewares ermöglichen den Zugang zu teilweise großen Anwenderkreisen und können einen Wettbewerbsvorteil durch Fokussierung bedeuten
- Open Source Lizenzen müssen einzeln betrachtet und auf die Anwendungszwecke hin untersucht werden

Seite 60

© Fraunhofer

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Referenzen

- [1] ascolab GmbH, [http://de.wikipedia.org/wiki/OPC\\_Unified\\_Architecture](http://de.wikipedia.org/wiki/OPC_Unified_Architecture), 26.07.2013
- [2] OROCOS, <http://www.orocos.org/content/history>, 17.07.2013
- [3] OROCOS, <http://www.orocos.org/stable/documentation/rtt/v2.x/doc-xml/orocos-components-manual.html>, 15.08.2013
- [4] youtube.com/OROCOS, <http://www.youtube.com/watch?v=yKnkGo6EBFM>, 15.08.2013
- [5] youtube.com/ROS-I, <http://www.youtube.com/watch?v=Ek8GKqmJ7n0>, 15.08.2013
- [6] architexa.com, <http://blog.architexa.com/2012/05/pleasures-of-open-source/>, 13.08.2013
- [7] Open source initiative, <http://opensource.org/licenses>, 13.08.2013
- [8] Wikipedia Diverse Logos, <http://de.wikipedia.org>, 13.08.2013
- [9] Heise.de, <http://www.heise.de/open/artikel/Open-Source-Lizenzen-221957.html>, 26.07.2013

# Toolkits und Plattformen für effiziente SW Integration

## Zukunft der Industrierobotik





# ZUKUNFT DER INDUSTRIEROBOTIK

INNOVATIVE TECHNOLOGIEN FÜR DIE  
INDUSTRIEROBOTIK - ÜBERBLICK FÜR  
ANWENDER UND AUSRÜSTER



Seminar **SPA 017**  
5. September 2013  
Stuttgart