



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

WIRTSCHAFT.  
WACHSTUM.  
WOHLSTAND.

AUTONOMIK



Band 1

# Autonomik – Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand

Die Projekte

## Impressum

### Herausgeber

Bundesministerium für  
Wirtschaft und Technologie (BMWi)  
Öffentlichkeitsarbeit  
11019 Berlin  
www.bmwi.de

### Stand

Januar 2013

### Druck

Elch Graphics Digitale- und Printmedien GmbH und Co KG

### Gestaltung und Produktion

LoeschHundLiepold Kommunikation GmbH, Berlin

### Bildnachweis

Titel: AUTONOMIK

S. 7: Agilita, S. 9: AutASS, S. 11: AutoBauLog  
S. 14: AutoPnP, S. 17: DyCoNet, S. 19: Fotolia.com  
S. 21: marion, S. 23: fotolia, S. 25: RoboGasInspector  
S. 27: rorarob, S. 30: SaLSA, S. 32: simKMU  
S. 35: smartOR, S. 37: viEMA

### Redaktion

Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK:  
Institut für Innovation und Technik  
in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin  
LoeschHundLiepold Kommunikation GmbH, Berlin

### Text

Institut für Innovation und Technik  
in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin



Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie ist mit dem Grundzertifikat zum Audit Beruf & Familie® als familienfreundlicher Arbeitgeber ausgezeichnet worden. Das Zertifikat wird von der Beruf & Familie gemeinnützige GmbH, einer Initiative der gemeinnützigen Hertie-Stiftung verliehen.

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Nicht zulässig ist die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben von Informationen oder Werbemitteln.

# Inhaltsverzeichnis

1.	<b>Autonomik</b> – Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand .....	5
2.	<b>Agilita</b> – Agile Produktionslogistik und Transportanlagen .....	7
3.	<b>AutASS</b> – Autonome Antriebstechnik durch Sensorfusion für die intelligente, simulationsbasierte Überwachung & Steuerung von Produktionsanlagen.....	9
4.	<b>AutoBauLog</b> – Autonome Steuerung in der Baustellenlogistik .....	11
5.	<b>AutoPnP</b> – Plug&Play für Automatisierungssysteme .....	14
6.	<b>DyCoNet</b> – Dynamisch, autonomes, energieautarkes Container Netzwerk in der Luftfrachtindustrie .....	17
7.	<b>LUPO</b> – Leistungsfähigkeitsbeurteilung unabhängiger Produktionsobjekte .....	19
8.	<b>marion</b> – Mobile autonome, kooperative Roboter in komplexen Wertschöpfungsketten .....	21
9.	<b>RAN</b> – RFID Based Automotive Network .....	23
10.	<b>RoboGasInspector</b> – Simulationsgestützter Entwurf und Evaluation eines Mensch-Maschine-Systems mit autonomen mobilen Inspektionsrobotern zur IR-optischen Gasleck-Ferndetektion und -ortung in technischen Anlagen .....	25
11.	<b>rorarob</b> – Schweißaufgabenassistenz für Rohr- und Rahmenkonstruktionen durch ein Robotersystem .....	27
12.	<b>SaLsA</b> – Sichere autonome Logistik- und Transportfahrzeuge im Außenbereich .....	30
13.	<b>simKMU</b> – Unternehmensübergreifende, prozessintegrierte und internetbasierte Simulationsdienstleistungen für KMU .....	32
14.	<b>smartOR</b> – Innovative Kommunikations- und Netzwerkarchitekturen für den modular adaptierbaren integrierten OP-Saal der Zukunft .....	35
15.	<b>viEMA</b> – Vernetzte, informationsbasierte Einlern- und Ausführungsstrategien für autonome Montagearbeitsabläufe .....	37

---

# AUTONOMIK

„Autonomik – Autonome Systeme und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand“ ist ein Technologieprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Bei AUTONOMIK geht es um zukunftsweisende Ansätze für die Entwicklung einer neuen Generation von intelligenten Werkzeugen und Systemen, die eigenständig in der Lage sind, sich via Internet zu vernetzen, Situationen zu erkennen, sich wechselnden Einsatzbedingungen anzupassen und mit Nutzern zu interagieren. Insgesamt haben sich 14 Projektverbände, u. a. zu fahrerlosen Transportsystemen, robotischen Assistenten, autonomen Logistikprozessen und Klinikanwendungen für eine Förderung durch das BMWi qualifiziert. Die Projekte haben eine Laufzeit von durchschnittlich drei Jahren. Rund 100 Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen wirken an den Vorhaben mit. Das Projektbudget beträgt zusammen ca. 110 Mio. Euro. Die Projekte sind: AGILITA, AutASS, AutoBauLog, AutoPnP, DyCoNet, LUPO, marion, RAN, RoboGasInspector, rorarob, SaLsA, simKMU, smartOR, viEMA.

---

# 1. Autonomik – Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand

Das Technologieprogramm „Autonomik – Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie ist in mehrfacher Hinsicht bemerkenswert. Zunächst nimmt es den für die Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland wichtigen innovativen Mittelstand in ganz unterschiedlichen Wirtschaftszweigen in den Blick: von der Landwirtschaft über den Maschinen- und Anlagenbau bis hin zur Automobil- und Gesundheitswirtschaft. In diesen Anwendungsfeldern werden durch Spitzentechnologieentwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnik innovative Produktlösungen und Dienstleistungen ermöglicht. Sie verdeutlichen paradigmatisch die technischen und wirtschaftlichen Potenziale durch die Konvergenz von Informations- und Kommunikationstechnologien. In den FuE-Projekten des Technologieprogramms AUTONOMIK wurden auf Basis absehbarer erster Entwicklungen hin zum Internet der Dinge und zu smarten Objekten konsequent Technologieoptionen aufgegriffen, deren Ergebnisse sich als wichtige Grundlage für Zukunftsprojekte in der Produktionstechnik im Zusammenhang mit Cyber Physical Systems und „Industrie 4.0“, oder auch zur Beherrschung der Herausforderungen in Mobilität, Logistik und intelligenter Steuerung von Versorgungssystemen (Strom, Gas, Wasser) wie z. B. in Megacities oder in städtischen Ballungsräumen erweisen.

Die Entwicklungen umfassen u. a. Technologien aus der Robotik, Automatisierung, Objekterkennung, Lokalisierung, Identifizierung, Sensorik, (drahtlosen) Kommunikation, Mensch-Technik-Schnittstellen, etc. Darin beweist sich die AUTONOMIK als hoch relevantes Technologieprogramm, bleibt dabei aber nicht auf technische Herausforderungen begrenzt. Durch das Augenmerk auf wichtige Fragen mit Querschnittscharakter wie die nach

- Gewährleistung, Haftung und Sicherheit im Zusammenhang mit der Einführung autonomer Prozesse und Systeme, die auch die rechtlichen Rahmenbedingungen für Autonomik-Innovationen auf den Prüfstand stellen,
- Referenzarchitekturen und Middleware für systemische Plattformen wie z. B. industrielle Servicero-boter, die eine erleichterte Systemintegration und Modularisierbarkeit durch Interoperabilität und Plug&Play-Fähigkeit ermöglichen können,
- den Auswirkungen autonomer Produkte und Prozesse auf die Interaktion zwischen Mensch und Technik im betrieblichen Alltag und den damit verbundenen Veränderungen in der Ablauforganisation, die nicht nur technologische Fragen aufwerfen, sondern auch hinsichtlich der Mitbestimmungspflicht die Einbindung der betroffenen Belegschaft erfordern,
- der Verwendung von Sensoren in vernetzten Szenarien zur Erkennung der Umwelt, die benötigt

werden, um zum einen der jeweiligen Aufgabe gerecht zu werden (z. B. in kooperativen Arbeitsumgebungen Roboter – Roboter oder Mensch – Roboter) oder zur funktionalen Sicherheit beizutragen, adressiert AUTONOMIK in ganzheitlicher Weise technologische wie sozio-ökonomische Herausforderungen und Innovationshemmnisse. Dies zeichnet AUTONOMIK damit als ein Innovationsprogramm aus,

- dem die Verwertung aus dem unmittelbaren Projektkontext durch die industriellen Partner in Verbänden,
- der Wissens- und Technologietransfer auf weitere Unternehmen und Wirtschaftszweige und
- die sukzessive Verbesserung von Rahmenbedingungen für erfolgreiche Innovationen

am Herzen liegt. Hierfür hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie durch die Beauftragung einer wissenschaftlichen Begleitung, hier das Berliner Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE-IT GmbH, Sorge getragen.

Das Technologieprogramm AUTONOMIK zeigt, was bereits heute möglich ist: IKT-Komponenten und Sensorik lassen sich in nahezu beliebige Gegenstände der Lebens- und Arbeitswelt integrieren, Zustände und Aufenthaltsort von Waren und Gütern können kontrolliert und intelligent gesteuert sowie via Internet in den weltweiten Datenaustausch einbezogen werden.

Abhängig von Situation und Umgebungsparametern sind intelligente Objekte zunehmend in der Lage, eigenständig zu handeln, sich mit anderen Objekten und Systemen zu vernetzen und Interaktionen mit Nutzern intelligent zu unterstützen.

Die ambitionierten Erwartungen an die Autonomik haben sich als durchaus realistisch erwiesen: Die virtuelle Welt des Internet wird mehr und mehr mit der realen Welt verbunden, Objekte des Internet erhalten gewissermaßen Arme, Beine und Sinnesorgane. Erste tragfähige Modelle und Integrationslösungen zur wirtschaftlichen Realisierung dieser Vision konnten gezeigt werden.

Die hier vorgelegten Dokumentationen in Form

- einer Broschüre mit den Darstellungen der Inhalte der AUTONOMIK-Projekte und deren Ergebnisse,
- von Leitfäden zu „Recht, Sensorik, Mensch-Technik-Interaktion, Lösungen für die Automobillogistik“, die einerseits konkrete Hinweise auf Fragestellungen und Herangehensweisen enthalten, wie auch die Herausforderungen skizzieren, die perspektivisch noch zu bewältigen sein werden, um die technologischen und wirtschaftlichen Potenziale der Autonomik weiter zu erschließen,
- einer Kurzstudie zur industriellen Servicerobotik, die den heutigen Entwicklungsstand dieses Innovationsfeldes und technische wie wirtschaftliche Herausforderungen betrachtet und daraus Empfehlungen für künftiges Handeln in Wirtschaft, Wissenschaft und Politik ableitet.

Ich danke an dieser Stelle den Projektpartnern und aktiven Mitwirkenden sowie Expertinnen und Experten an der zu jedem Querschnittsthema durchgeführten Workshopreihe für ihre Beiträge. Den in Kooperation mit diesen Persönlichkeiten entstandenen Dokumentationen wünsche ich eine hohe Aufmerksamkeit bei einer möglichst breiten, einschlägig interessierten Leserschaft. Gleichzeitig erhoffe ich mir aus der weiteren Diskussion und inhaltlichen Auseinandersetzung mit den dort benannten Themen, sei es in Eigeninitiativen betroffener Verbände, spezifischer Arbeitsgruppen oder weiterführenden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die weitere Etablierung der Autonomik als eine wichtige Querschnittsfunktionalität, die für nahezu alle wirtschafts- und technologiepolitisch relevanten Zukunftsfelder in Deutschland von hoher Bedeutung ist. Ich bin mir sicher, dass die Autonomik ihre Beiträge zum Erhalt und zum Ausbau der Wirtschaftskraft in Deutschland erbringen wird und damit auch künftig Wohlstand sichern hilft.

Berlin im Januar 2013

**Alfons Botthof**

Leiter der wissenschaftlichen Begleitung  
des Technologieprogramms AUTONOMIK  
des Bundesministeriums für Wirtschaft  
und Technologie

## 2. Agilita – Agile Produktionslogistik und Transportanlagen



### Teamplayer für die Digitale Fabrik

KMUs produzieren heute vorwiegend in Kleinserien und Einzelfertigungen. Aufwändige und komplexe Automatisierungslösungen, wie sie in Großunternehmen eingesetzt werden, findet man aufgrund der hohen Investitionskosten sowie der daraus resultierenden fehlenden Wirtschaftlichkeit dabei kaum. Aber nur mit flexiblen Produktionsstrukturen kann ein Unternehmen auf sich rasch ändernde Marktsituationen reagieren. Das Projekt „AGILITA – Agile Produktionslogistik und Transportanlagen“ hat deshalb ein flexibles und effizientes Materialflusssystem für den Produktionseinsatz in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) entwickelt.

### Use Case

Das Materialflusssystem besteht im Wesentlichen aus dem genau definierten Zusammenspiel einzelner, im Projekt entwickelter Technologien. Sie stellen die zentralen Elemente einer sogenannten „Digitalen Fabrik“ dar. Die vier Technologien – 1. modulare Ladungsträger, 2. Fahrerloses Transportsystem, 3. agentenbasiertes Manufacturing Execution System (A-MES) und 4. Radio-Frequency Identification (RFID) – liefern dabei wichtige Informationen (z. B. die benötigte Anzahl an modularen Ladungsträgern innerhalb des Anwendungsszenarios) zur Modellierung des Gesamtprozesses. Hochinnovativ ist das im Rahmen des Projektes ent-

wickelte agentenbasierte Manufacturing Execution Systems (A-MES). Es ermöglicht eine dezentrale und flexible Planung und Steuerung der wandelbaren Logistiksysteme. Zudem wurde eine grafische Bedienoberfläche (GUI) zur Analyse und Parametrisierung der Plant Simulation sowie zur Abbildung der Materialflüsse geschaffen.

Ein Schwerpunkt der Entwicklungen von AGILITA war die Verknüpfung der Steuerungssysteme für die Produktion mit RFID-Technologie, um so eine autonome Steuerung sowie eine lückenlose Verfolgung der zu bearbeitenden Bauteile zu ermöglichen. Ein Konzept für automatisierte, individuell konfigurierbare Transporteinheiten wird den speziellen Anforderungen beim Transport hochwertiger Bauteile gerecht und gewährleistet so eine hohe Transportsicherheit. Diese flexiblen und rekonfigurierbaren Einheiten, Ladungsträger genannt, werden gleichzeitig für den inner- und überbetrieblichen Transport eingesetzt.

### Wege zur Anwendung

Das prototypische agentenbasierte A-MES kann zukünftig über das am Projekt beteiligte Unternehmen MFP erworben werden. Die modularen Ladungsträger werden derzeit beim Anwender Premium Aerotec eingesetzt, wobei für die nicht anwendungsbezogene Softwaresteuerung bereits großes Interesse von Dritten gezeigt worden ist.

Neben der Einzelverwertung durch die Industriepartner MFP (A-MES), Winckel (RFID) und E&K (FTS), die auf Basis der Projektergebnisse ihr Produktportfolio auf den Zukunftsmarkt der Automatisierung in klein- und mittelständischen Industrieunternehmen ausrichten können, kann der Endanwender Premium AEROTEC von einer erheblichen Verbesserung der innerbetrieblichen Prozesse (Losgrößenoptimierung, Transportlogistik etc.) profitieren.

Aufgrund der erreichten Einsparungspotenziale von 10-15 % (Performance und Wirtschaftlichkeit) ist eine Adaptierung auf andere Standorte des Anwendungspartners und andere kleine und mittelständische Manufakturproduktionen sehr realistisch. Da das Gesamtsystem einfach und ohne Spezialwissen zu handhaben und hoch flexibel ist, ist es optimal auf die Bedürfnisse von KMU zugeschnitten.

## Vorteile mit Agilita

Bisher	Mit AGILITA
Bestehende Potenziale zur Optimierung des Materialflusses innerhalb der Produktion werden nicht effizient genutzt. Die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen leidet darunter	Der Materialfluss innerhalb der Produktion wird durch den Einsatz eines Simulationsmodells optimiert. Hierdurch können geeignete Fertigungstechnologien für die Produktion ausgewählt und für den jeweiligen Einsatzbereich eingeplant sowie parametrisiert werden
Die Steuerung der Produktion erfolgt manuell. Störfälle müssen erkannt und vom Personal aus der Produktion beseitigt werden. Die Lieferfähigkeit der Unternehmen wird hierdurch negativ beeinflusst	Durch den Einsatz eines Fertigungsmanagementsystems (agentenbasiertes Manufacturing Execution System A-MES) wird die Produktion zuverlässig gesteuert. Hierdurch wird die künstliche Intelligenz der Produktion erhöht und z. B. Störfälle schneller behoben. Die Lieferfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit produzierender Unternehmen wird wesentlich verbessert
Kein Simulationsmodell vorhanden	Durch den Aufbau eines Simulationsmodells kann der Material- und Informationsfluss in der Fertigung simuliert werden. Damit können neue Fertigungstechnologien, mögliche Engpässe oder auch kommende Beauftragungen simulativ geprüft werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind auf andere Fertigungstopografien übertragbar
Der Informationsfluss innerhalb der Unternehmen ist nicht durchgängig. Hierdurch entsteht ein erheblicher Abstimmungsaufwand zwischen verschiedenen Abteilungen	Durch die Implementierung eines Fertigungsmanagementsystems (A-MES) werden Informationen zu Produkten autonom und durchgängig erfasst. Relevante Informationen wie z. B. der bestehende Fertigungsstatus sind hierdurch zu jeder Zeit seitens der betroffenen Abteilungen ermittelbar
Keine elektronische Erfassung / Identifizierung der Waren in metallischer Umgebung	Durch die Implementierung der RFID-Technologie in der Produktionsumgebung können Fertigungsteile und Fertigungsstand jederzeit erfasst werden
Aktuell verwendete Bauteil- bzw. Ladungsträger können lediglich ein eingeschränktes Bauteilspektrum transportieren. Hierdurch müssen für unterschiedliche Bauteile verschiedene Trägersysteme verwendet werden. Eine Kopplung des Trägersystems mit dem Fertigungsmanagementsystem existiert bisher nicht	Durch den neuartigen Bauteil- bzw. Ladungsträger kann ein besonders breites Bauteilspektrum transportiert werden. Hierdurch werden weniger Trägersysteme benötigt. Durch die Kopplung mit dem Fertigungsmanagementsystem (A-MES) ist z. B. die aktuell zu Verfügung stehende Menge an Bauteilträgern direkt ersichtlich

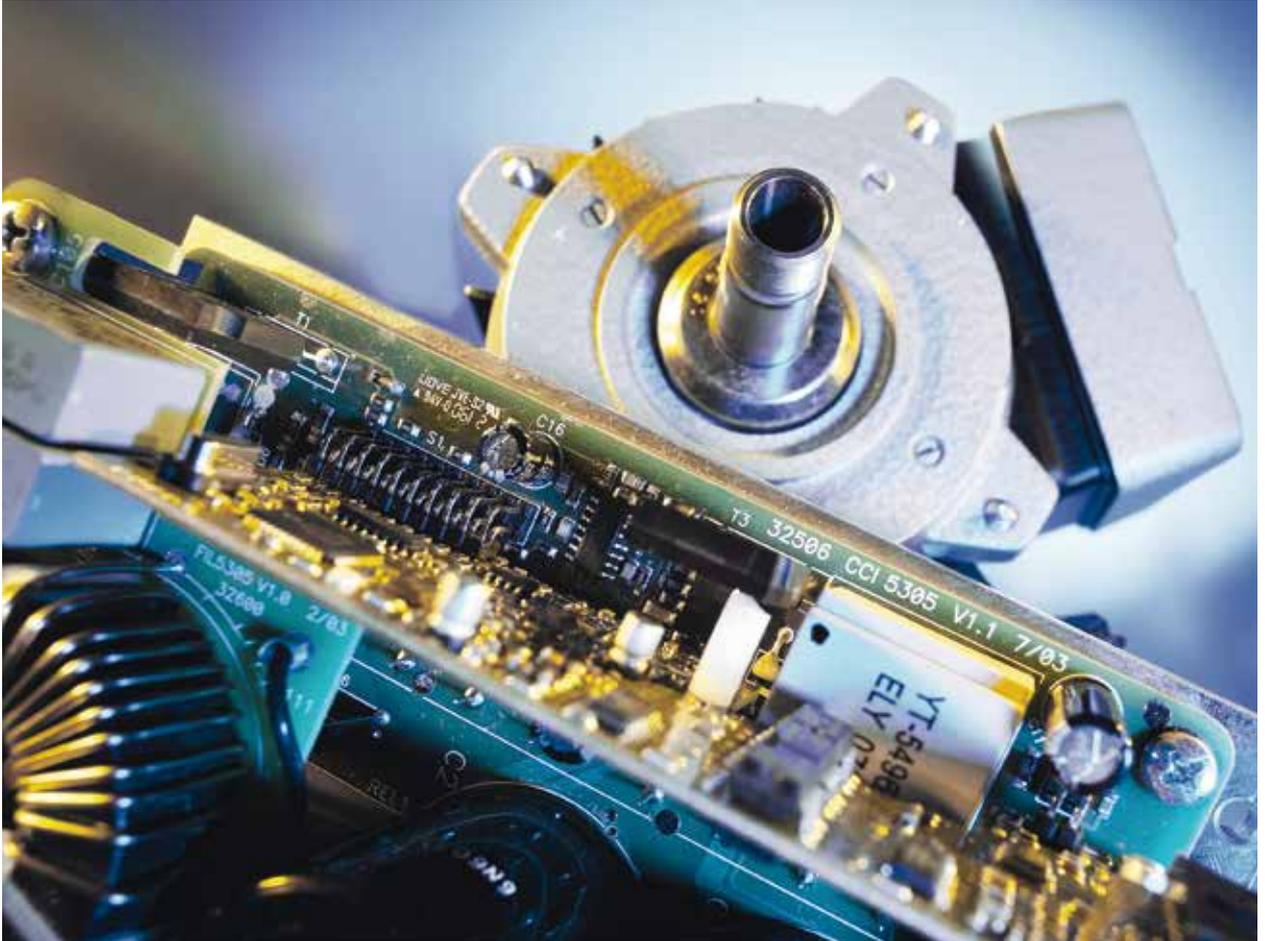
### Ansprechpartner AGILITA

**Konsortialführer:** Premium Aerotec GmbH  
**Ansprechpartner:** Dr. Hilmar Apmann  
**E-Mail:** hilmar.apmann@premium-aerotec.com  
**Konsortialpartner:** E&K Automation GmbH, Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) an der

Leibniz Universität Hannover, MFP GmbH, Waldemar Winckel GmbH & Co. KG

[www.agilita-projekt.de](http://www.agilita-projekt.de)

### 3. AutASS – Autonome Antriebstechnik durch Sensorfusion für die intelligente, simulationsbasierte Überwachung & Steuerung von Produktionsanlagen



#### Gesundheitscheck für Maschinen

Im Projekt „Autonome Antriebstechnik durch Sensorfusion für die intelligente, simulationsbasierte Überwachung & Steuerung von Produktionsanlagen“ wurde ein „Gesundheits-Check“ für elektrische Antriebssysteme entwickelt. Mit einer minimalen Anzahl von Sensoren sollte der Verschleißzustand und eine Lebensdauerprognose einer Antriebseinheit mit nachgelagertem Prozess autonom und dezentral bestimmt werden. Es sollte erreicht werden, dass unterschiedliche Fehler und Schäden in den Komponenten des Antriebsstrangs diagnostizierbar sind, die z. B. durch Verschleiß, fehlerhafte Montage oder Überlastung entstehen.

Fehlerbehaftete Antriebe (z. B. Lagerschäden) oder Antriebe mit einem bestimmten Verschleißgrad (z. B. durch Überbelastung) können anhand Ihrer Statorstromsignatur identifiziert werden. Auch nachfolgende Prozesse können durch Auswertung von Messsignalen über flexible und modulare Zusammenführung von Sensorfunktionen bezüglich ihrer „Gesundheit“ bewertet werden. Alle Sensoreinheiten sind dabei drahtlos mit einer „intelligenten Elektronik“ verbunden. Die dort vorhandenen Algorithmen zur Signalanalyse sichern die autonome Arbeitsweise der „intelligenten Elektronik“ ab. Diese „intelligenten Elektroniken“ sind dann an eine Diagnosezentrale angebunden. Sie dient der Durchführung von Untersuchungen (Trendanalysen, Schwellwertdefinitionen, Schadensprognosen, etc.) sowie der Überwachung, Steuerung und Ergebnispräsentation.

## Wege zur Anwendung

Das entwickelte Verfahren ist von großer Bedeutung für verschiedene Branchen (Fördertechnik, Pumpentechnik, Industrieanwendungen, etc.). Die im Rahmen des Vorhabens entwickelten Methoden und Algorithmen gestatten es, die Zuverlässigkeit von industriellen Antriebssystemen für verschiedene Maschinen und Anlagen zu erhöhen, in dem Antriebe Ihren Zustand

permanent und autonom überwachen können. Demonstratoren wurden zur Veranschaulichung der praktischen Realisierbarkeit sensorgestützter Antriebssysteme und zur Evaluation von Funktionsmodellen im Anwenderumfeld entwickelt.

Es ist geplant, AutASS in eine von der HANNING Elektro-Werke GmbH & Co. KG entwickelten Plattform zu implementieren.

## Vorteile mit AutASS

Bisher	Mit AutASS
Diagnosefunktionen können nur mit hohem Aufwand an teurer und sensibler Sensorik realisiert werden	Motor agiert als Sensor
Unvorhersehbare Stillstandszeiten von Maschinen und Anlagen	Erhöhung der Zuverlässigkeit von industriellen Antriebssystemen für verschiedene Maschinen und Anlagen, in dem Antriebe Ihren Zustand permanent und autonom überwachen können
Unzureichende Prozesssicherheit durch lückenhaftes Monitoring	Optimierung der Prozesssicherheit durch Prozessüberwachung
Industrielle Antriebssysteme müssen kostenintensiv gestaltet und optimiert werden	Modelle als Basis für umfangreiche simulative Untersuchungen

### Ansprechpartner AutASS

**Konsortialführer:** Hanning Elektro-Werke GmbH & Co. KG  
**Ansprechpartner:** Dr. Harald Buchalla  
**E-Mail:** Harald.Buchalla@hanning-hew.com  
**Konsortialpartner:** Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen, Hochschule Ostwestfalen-Lippe,

Interroll Trommelmotoren GmbH, RWTH Aachen, Universität Paderborn

[www.autass.org](http://www.autass.org)

## 4. AutoBauLog – Autonome Steuerung in der Baustellenlogistik



### Baumaschine an LKW: Boden abfahren

Stillstandzeiten von Baumaschinen auf Großbaustellen im Tiefbau machen mehr als 20 Prozent der Arbeitszeit aus. Gleichzeitig bedeuten Stillstandzeiten an einem Teilabschnitt der Baustelle aber oft auch Ressourcenknappheit in einem anderen Teilabschnitt derselben Baustelle. Die Koordination von Ressourcen auf einer Tiefbaustelle ist ein komplexes Wechselspiel zwischen den Ausbauleistungen der Bagger und den Transportleistungen der LKW. Zusätzlich erschweren sich ständig ändernde Umweltbedingungen und ein Kommunikationsfluss mit vielen Bruchstellen und Zeitverzögerungen die Arbeit auf der Baustelle. AutoBauLog hat deshalb die Baumaschinen einer Großbaustelle im Tiefbau intelligent vernetzt und eine autonomiegestützte Baustellenkoordination entwickelt.

Der Lösungsansatz erfolgt überwiegend über die softwarebasierte Integration von im Wesentlichen fünf Komponenten:

- Multiagentensystem (MAS, FZID)
- Kommunikationsplattform auf der Baustelle (TOPCON SiteLINK®)
- Baustellenmanagementsystem (RIB iTWO®)
- Leitstand (inkl. Virtual Reality und Augmented Reality)
- Baumaschinen (Sensorik)

Das autonome Handeln, d.h. die autonome Maschinenkoordination wird in AutoBauLog über ein Multiagentensystem (MAS) gelöst.

Das Baustellenmanagementsystem beschickt die Kommunikationsplattform auf der Baustelle mit Daten zum Bauablauf und zur Baustellengeometrie. Das MAS verwendet diese Daten, um Baumaschinen via Kommunikationsplattform Aufträge zuzuweisen. Die Maschinen erfüllen die Aufträge und erfassen ihre Arbeit, die vom Multiagentensystem ausgewertet wird. Es ermittelt und bewertet die aktuelle Leistung, aktualisiert das Bauprozessmodell und weist im Fall eines erkannten Korrekturbedarfs den LKW neue Transportaufträge zu. Der Leitstand bildet die aktuelle Situation auf der Baustelle ab und nimmt eine Warnfunktion für den Bauleiter wahr.

Die Koordination des LKW-Einsatzes erfolgt dabei autonom. Das MAS liefert dem LKW zu jeder Zeit Anweisung über das nächste Fahrtziel. Die Entscheidung über die nächste Zielwahl erfolgt in Selbstabstimmung (Autonomie) der LKW, die als Softwareagenten im MAS repräsentiert sind. Dabei werden die aktuellen Bagger-Ist-Leistungen und die Ist-Transportleistungen der LKW berücksichtigt. Die autonome Koordination auf der echten Baustelle kann für LKW mit ihren vom MAS generierten Transportaufträgen, die von der „Menschlichen Hand“ (LKW-Fahrer) ausgeführt werden, gezeigt werden. In einem Laborversuch kann mittels Modell-Baufahrzeugen ein weiter gehendes autonomes Handeln und Interagieren von Bagger und LKW gezeigt werden; die vom MAS generierten Transportaufträge werden von den Modell-LKW in ein automatisches Fahren ohne menschlichen Eingriff übersetzt.

Mit den Möglichkeiten des Datentransfers wird erstmals der komplette bidirektionale Austausch von Daten zwischen Baustellenmanagementsystemen (Planung, Kalkulation, Ablauf, Controlling der Baumaßnahme) und den Baumaschinen als den eigentlichen

Akteuren auf der Baustelle prototypisch realisiert. AutoBauLog leistet hier Pionierarbeit im Bereich des Baumaschineneinsatzes. Das soll zu einer raschen kommerziellen Umsetzung führen, da die automatische oder halbautomatische Ist-Datenerfassung in Zukunft zunehmend wichtiger und nachgefragt wird. Im Projekt wurden damit Grundlagen für die Entwicklungen der Bauindustrie von morgen (Interoperabilität, Simulation und Transparenz der Bauprozesse) entwickelt.

## Use Case

AutoBauLog wurde auf einer experimentellen „Großbaustelle“ unter realen Bedingungen auf dem Versuchsgelände des Aus- und Fortbildungszentrums Walldorf evaluiert. Die Konzentration auf den Feldversuch ermöglicht dem Projekt eine kontrollierte Evaluation. Im Mai 2013 wird die Software getestet und dem Fachpublikum in einer Abschlussveranstaltung des Projektes vorgestellt.

## Wege zur Adaption

Ähnliche Ansätze werden auch z. B. für den Personaleinsatz und das Material- und Stoffmanagement (Materialzuflüsse und -abflüsse, Lagerung, Disposition, Bestellwesen, Stichwort RFID-Ansätze) weiter an Bedeutung gewinnen. Die „AutoBauLog“-Technik ermöglicht neben Kosten- und Zeitersparnis auch ein implizites Qualitätsmanagement. Die Möglichkeiten zur Qualitätskontrolle gehen über der Stand der Technik in der Baubranche deutlich hinaus. Mittelfristig werden die Entwicklungsergebnisse in die Produkte der Industriepartner einfließen.

## Vorteile mit AutoBauLog

Bisher	Mit AutoBauLog
Lediglich die Arbeitsabläufe einzelner Baumaschinen sind automatisiert	Die Koordination der Zusammenarbeit und die optimale und situationsbedingte Organisation der Baumaschinen erfolgt automatisiert
Autonomie ist nicht vorhanden	Baumaschinen handeln als autonome Agenten im Verbund
Keine operative Entscheidungsunterstützung für die Projekt-/Bauleitung	Entscheidungen werden von der autonomen Maschine über das Team bis hin zum Leitstand eskaliert. In letzter Instanz entscheidet der Mensch, sollte die Entscheidungsfindung im System nicht erfolgreich sein
Situation auf der Baustelle findet Berücksichtigung beim Fahrer. Ineffizienzen in seinem mit anderen Akteuren vernetzten Arbeitsprozess und Stillstandzeiten der Baumaschinen werden in Kauf genommen	Auf der Baustelle über Sensoren an Maschine erfasste Situation findet Einfluss in dezentrale Entscheidungsfindung. Durch die automatische Situationserfassung erfolgt eine Optimierung der Ressourcen und eine Reduzierung der Stillstandzeiten
Keine Simulation im operativen Baugeschäft	Simulation als Entscheidungsunterstützung und Prognosewerkzeug in jeder Bauphase
Störfälle führen zu Nachberechnungen hinsichtlich erforderlicher Terminverschiebungen	Störfälle führen zur automatisierten Neuausrichtung der Baustelle anhand eines aktualisierten Bauprozessmodells
Projekt-/Bauleitung bewertet den Baufortschritt zeitverzögert nach Augenschein oder nach unabhängigem Aufmaß	Baufortschritts- und Leistungsdaten werden maschinenseitig erfasst: Sie finden direkten Eingang in die Terminplanung und werden im Leitstand visualisiert
Bauwerksmodell ist quasi-statisch. Eine Aktualisierung erfolgt durch geodätische Aufnahme des Bauwerks-Ist-Zustandes und CAD-gestützte Einarbeitung bzw. Aktualisierung	Dynamische Aktualisierung des Bauwerksmodells durch Rückfluss von Geometriedaten, die auf Baumaschinen erfasst werden, und automatisiertes Einarbeiten in das Bauwerksmodell
Rudimentäre Möglichkeiten, den Baufortschritt bzgl. Geometrie zu visualisieren	Virtual Reality-unterstützte Visualisierung des Baufortschritts in nahezu Echtzeit

### Ansprechpartner AutoBauLog

**Konsortialführer:** RIB Information Technologies AG  
**Ansprechpartner:** Hans Schulz  
**E-Mail:** Hans.Schulz@rib-software.com  
**Konsortialpartner:** Universität Hohenheim, FZID,  
 Topcon Deutschland GmbH, Drees & Sommer Infra Consult

und Entwicklungsmanagement GmbH, Ed. Züblin AG,  
 Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technologie  
 und Management im Baubetrieb und Fachgebiet Building  
 Lifecycle Management

[www.autobaulog.de](http://www.autobaulog.de)

## 5. AutoPnP – Plug&Play für Automatisierungssysteme



### Mit Plug&Play zum RoboButler

Für Computer ist „Plug&Play“ heute Standard: neue Peripheriegeräte unterschiedlicher Hersteller können ohne neue Einstellungen problemlos angeschlossen werden. Plug&Play soll in Zukunft auch für Robotersysteme Anwendung finden. Sie sollen flexibel einsetzbar sein und möglichst schnell für die Produktion neuer Produkte umgerüstet werden können. Dazu verfügen heutige Serviceroboter oder Industrieroboter aber noch nicht über nötige Plug&Play-fähige Hard- und Software-Standards zum schnellen Austausch und zur Konfiguration funktionsbestimmender Komponenten.

Das Ziel des Projekts AutoPnP ist die Entwicklung einer werkzeugunterstützten Software-Architektur zur syntaktischen und semantischen Integration von Hard- und Softwarekomponenten für Automatisierungssysteme. Komplexe Systeme sollen damit einfa-

cher, schneller und kosteneffizienter entwickelt und angepasst werden können. Die automatische Einbindung und Konfiguration von neuen Komponenten in ein Automatisierungssystem, vor allem für robotische Systeme, soll ermöglicht werden, ohne dass Mehraufwand für Anpassung und Konfiguration anfällt. Darauf aufbauend sollen Konzepte und Algorithmen der künstlichen Intelligenz verwendet werden, um schnell und zum Teil automatisiert zu Endanwendungen zu gelangen. Begleitend zu den Architekturen werden Werkzeuge, Methodologien und Anwendungsszenarien implementiert.

### Anwendungsszenarien

Erprobt werden die Systeme in anwendungsnahen Demonstratoren (Entwicklung eines wirtschaftlich verwertbaren Demonstrator-Systems aus dem Bereich der Heimautomatisierung, Care-O-Bot 3, Robotino-Platt-

form) auf der Grundlage PnP-fähiger Hard- und Softwarekomponenten. Sie sollen den Nachweis erbringen, dass sich durch die wesentliche Verbesserung bei der Entwicklung von PnP-fähigen robotischen Systemen Innovationszyklen verkürzen und die Wirtschaftlichkeit robotischer Systeme maßgeblich verbessern lassen. Darüber hinaus sollen für potenzielle Zulieferer tragfähige Geschäftsmodelle erarbeitet werden.

### Szenario Heimautomatisierung

In einem gewerblichen Szenario soll ein autonomer mobiler Roboter mit Plug&Play-Fähigkeiten als „elektronischer Butler“ fungieren. Er soll gewerblich genutzte Innenräume selbständig reinigen. Die Komponenten werden für unterschiedliche Aufgabenstellungen (z. B. Boden wischen oder Staubsaugen) angepasst. Damit soll die direkte wirtschaftliche Verwertbarkeit eines solchen Plug&Play-fähigen Systems im Gegensatz zu Spezialrobotern unter Beweis gestellt werden.

### Szenario Wandelbare Fabrik

Im Szenario der „wandelbaren Fabrik“ werden mit Plug&Play zwei wesentliche Ziele in der Produktionsautomatisierung verfolgt: Plug&Play-fähige Service-Roboter sollen die Rüstzeiten (einschließlich Program-

mierung) bei der Umgestaltung der Produktion, im Vergleich zu bisherigen Verfahrensweisen, deutlich reduzieren. Außerdem sollen wandelbare Service-Roboter zu mehr Flexibilität in der Produktion beitragen: Je nach Konfiguration sollen Service-Roboter sowohl in der Serienfertigung als auch für Einzelfertigungen zur Erfüllung abweichender Kundenwünsche einsetzbar sein. In der Einzelfertigung wird bislang meist auf manuelle kostenintensive Fertigungsmethoden zurückgegriffen.

Die im Vorhaben adressierten Ziele sind auch von internationaler Bedeutung. Da es bisher kaum einen Zuliefermarkt für robotische Komponenten respektive eine nennenswerte Zulieferindustrie gibt, spielt der Breitereffekt eine umso größere Rolle, da entsprechende Themen auch international (v. a. in Europa) angegangen werden. Die internationale Robotik-Industrie ist, wie auch in Deutschland, nach wie vor Lieferant von „Gesamtsystemen“. Das Projekt AutoPnP endet 2014.

## Vorteile mit AutoPnP

Bisher	Mit AutoPnP
Hoher Aufwand für die Schaffung von Automatisierungssystemen, da keine oder nur eingeschränkte Wiederverwendbarkeit von bestehenden Komponenten gegeben	AutoPnP-Architekturen ermöglichen hohen Grad an Wiederverwendbarkeit. Softwarekomponenten, Planungsmuster und Aufgabenumsetzungen werden in Archiven (Repositories) gespeichert. Sie lassen sich einfach und effizient in neue Automatisierungslösungen einsetzen
Lösungen bislang sehr unspezifisch	Eindeutige Ausrichtung der Ziele auf Nutzbarkeit der Ergebnisse in funktionstüchtigen Demonstratoren für die Robotik-Industrie und deren Zulieferer
Einsatz von Automatisierungslösungen und Servicerobotern wegen spezialisierter Entwicklungen nur in speziellen Aufgabengebieten	Die Softwarearchitektur lässt sich leicht auf beliebige – auch komplexe - Systeme übertragen. Sehr gute Erweiterbarkeit, die auch einfache Treibereinbettung neuer Hardware zulässt. Dies ermöglicht die breite wirtschaftliche Nutzung
Die Umrüstung bzw. flexible Umgestaltung von Produktionsstationen ist kaum oder nur aufwendig möglich	Die flexible Softwarearchitektur und der Zugriff auf ein Archiv unterstützen die schnelle Umrüstung für die Fertigung neuer Produkte
Automatisierungslösungen sind für spezielle Anwendungsfelder entwickelt und daher wenig miteinander kompatibel	Die in AutoPnP entwickelte Middlewarelösung vereinheitlicht verschiedene Automatisierungslösungen (z. B. Industrie- und Heimautomatisierung). Durch klare Spezifizierung der Kernaspekte von Basisfunktionalitäten lassen sich die verschiedenen Grundfunktionalitäten beliebig übertragen und universell verwenden
Programmierung von Aufgaben für Roboter sind nur durch Spezialisten möglich	Computernutzer ohne Kenntnisse in Robotik können die Programmierung des Roboters durchführen
Serviceroboter werden in geringer Stückzahl produziert	Verringerung des Aufwandes für Fertigung, Konfiguration und Programmierung ermöglicht Produktion in hoher Stückzahl
Pflege und Aktualisierung des Automatisierungssystems oder eines Serviceroboters mit hohem Aufwand verbunden	Spezielle Softwarewerkzeuge, das Archiv und automatische Updates vereinfachen Wartung und Aktualisierung des Systems
Neu entwickelte Dienste können nur mit hohem Aufwand auf andere Bereiche übertragen werden	Neue Dienste können über das Archiv schnell für andere Bereiche zur Verfügung gestellt werden
Geringer Einsatz von Servicerobotern in wenigen Einsatzbereichen	Einfachere Konfiguration und Programmierung ermöglichen Einsatz von Servicerobotern in unterschiedlichen Bereichen
Durch die proprietäre Entwicklung von Softwarekomponenten in Nischenanwendungen ist der Aufwand für die Einarbeitung und die Entwicklung der darauf basierenden Komponenten hoch	Die standardisierte Softwarearchitektur und die Unterstützung durch die Middleware erleichtern die Einarbeitung, die Entwicklungszeit und den Dokumentationsaufwand
Hohe Heterogenität der Beschreibungen für Komponenten, Schnittstellen, Dienste und Datenstrukturen	Es existiert die Grundlage zur Schaffung eines Standards für Komponenten, Schnittstellen, Dienste und Datenstrukturen

### Ansprechpartner AutoPnP

**Konsortialführer:** Technische Universität Berlin, DAI-Labor  
**Ansprechpartner:** Prof. Dr.-Ing. habil. Sahin Albayrak  
**E-Mail:** [sahin.albayrak@dai-labor.de](mailto:sahin.albayrak@dai-labor.de)

**Konsortialpartner:** fortiss GmbH, Dussmann AG, Festo AG,  
 Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung  
 (IPA), Schunk GmbH

[www.autopnp.com](http://www.autopnp.com)

## 6. DyCoNet – Dynamisch, autonomes, energieautarkes Container Netzwerk in der Luftfrachtindustrie



### Lückenlos vernetzt

Damit Waren frisch beim Verbraucher ankommen, muss der Transport möglichst schnell und prozesssicher gestaltet werden. Doch hoher Zeitdruck erzeugt häufig auch Fehler. Container werden falsch beladen oder gelangen nicht zum richtigen Bestimmungsort. Der Bedarf an maximaler Transparenz und Schnelligkeit im Transport steigt täglich. Deshalb sind die umfassende Verfügbarkeit von Logistikdaten über die Unternehmensgrenzen hinaus und ein möglichst autonomer Materialfluss für den reibungslosen Ablauf von Distributionsprozessen von entscheidender Bedeutung. Für die Luftfracht bedeutet das, dass Transportbehälter in die Lage versetzt werden müssen, miteinander sprechen zu können, um einen autonomen Materialfluss aufzubauen.

DyCoNet hat deshalb am Beispiel von Luftfrachtcontainern eine alternative Lösung unter Nutzung vorhandener Infrastrukturen aufgebaut: Autonome Luftfrachtcontainer, sogenannte SmartUDLs, die ohne betriebliche Infrastruktur mit energieautarken Funkknoten ausgestattet sind und mit einem übergrei-

fenden Unternehmensnetzwerk überall auf der Welt interagieren können.

Durch ein integriertes Sensornetzwerk sind Container in der Lage, Handlungen und Veränderungen in ihrem Umfeld zu erfassen und darauf zu reagieren. So kann zum Beispiel beim Transport ein Alarm ausgelöst werden, wenn der Container mit falscher Ware beladen wird. Seinen Inhalt erkennt er mit Hilfe von RFID-Etiketten. Via Nahfunk können die Behälter untereinander und mit ihrem näheren Umfeld kommunizieren und so etwa eigenständig ein Transportfahrzeug anfordern, das sie zum Flugzeug bringt. Damit die Ware nicht beschädigt wird, messen die Sensoren außerdem relevante Parameter im Inneren des Behälters. Durch den Einsatz von GPS weiß die verantwortliche Spedition zu jeder Zeit, wo sich die Fracht gerade befindet und kann dem Kunden den aktuellen Lieferstatus mitteilen. Als Kommunikationskanal wird im Rahmen des DyCoNet Projekts der internationale Standard GSM/UMTS genutzt. Um die aktiv sendenden GSM/UMTS oder GPS-Komponenten während des Flugs ausschalten zu können, hat die Lufthansa Cargo ein spezielles Gerät entwickelt, mit dem die Funkkomponenten sicher

ausgeschaltet werden können, wie es in der internationalen Luftverkehrsordnung vorgeschrieben ist. Das Gerät ist bereits einsatzbereit. Die eingesetzte Sensorik funktioniert komplett ohne Batterie. Ihre Energie beziehen die Funkmodule nach dem Prinzip des „Energy Harvesting“ aus ihrer direkten Umgebung: Sie nutzen die Transportvibration.

## Wege zur Anwendung

Das System lässt sich auch auf andere Branchen, Produkte und Ladungsträger übertragen.

Die DyCoNet Software und Architektur ist generisch und ebenfalls auf andere Plattformen übertragbar. Unterstützt durch dieses System können verschiedenste Anwendungen entstehen.

Ansprechpartner für neue Partnerschaften ist das

**Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML**  
**Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4**  
**44227 Dortmund, Germany**

## Vorteile mit DyCoNet

Bisher	Mit DyCoNet
Keine Vernetzung von Containern	Ad-hoc (selbständige) Vernetzung von Containern untereinander
Bisher Telematik nur begrenzt einsetzbar	Autarke Module ohne Wartung
Kurze Akkulaufzeiten	Automatisches Aufladen der Batterien durch Nutzung von Energy Harvesting-Technologien zumindest für einen längeren Zeitraum (ca. 1 Jahr)
Keine Sensorik	Verschiedene Sensorkonzepte zur Innenraumüberwachung (Temperaturmessung und -überwachung, Öffnen, Schock) des Containerinnenraumes; modulare, bedarfsweise anpassbare Ausstattung
Bisherige Konzepte haben zu hohem Aufwand bei der Umsetzung in Bezug auf Hardware und Software, den Betrieb und die Wartung des Systems	Durch DyCoNet keine Änderungen an bisherigen Prozessen und kein Aufbau neuer Infrastruktur notwendig
Manuelle Erzeugung aller Begleitpapiere	Begleitpapiere können durch die Ankopplung an Logistiksysteme automatisch aus den gespeicherten Daten zur Ladung erzeugt werden
Keine zentrale Übersicht, wo sich Container und Waren aktuell weltweit aufhalten. Daten werden auf Grund von aktuellen Buchungen prognostiziert	Durch die Nutzung vorhandener Infrastrukturen ist jederzeit ein echtzeitfähiger Überblick möglich, wo sich Ladungsträger weltweit befinden

### Ansprechpartner DyCoNet

**Konsortialführer:** Lufthansa Cargo AG  
**Ansprechpartner:** Markus Witte  
**E-Mail:** markus.witte@dlh.de

**Konsortialpartner:** EnOcean GmbH, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, InnoTec DATA GmbH & Co. KG, Jettainer GmbH, PalNet GmbH

[www.dyconet.de](http://www.dyconet.de)

## 7. LUPO – Leistungsfähigkeitsbeurteilung unabhängiger Produktionsobjekte



### Anprobe zur Traumfabrik

Die zentrale Planung und Steuerung der Produktion erweist sich oft als zu träge, um mit den veränderten Marktanforderungen standhalten zu können. Durch Mengenschwankungen und individuelle Kundenwünsche ergibt sich die Notwendigkeit, Entscheidungen zu unterschiedlichen Produktgruppen in selbständige, lokal gesteuerte Prozessketten zu verlagern. Mit Hilfe verschiedener Technologien kann diese Autonomie und Dezentralisierung realisiert werden. Grundlage sind intelligente Werkzeuge und Systeme mit erweiterten Speicher- und Kommunikationsfähigkeiten sowie Sensorik zur eigenständigen Vernetzung, Umwelterfassung und Aufgabenerfüllung. Durch die Steuerung direkt am Ort des Geschehens kann die Komplexität reduziert und beherrschbar gemacht werden. Ohne eine Anpassung der Prozessumgebung und -anbindungen ergibt sich nur geringes Optimierungspotenzial. Der Nachweis der Wirtschaftlichkeit für den jeweiligen Anwendungsfall gestaltet sich allerdings schwierig.

Vor allem kleine und mittelständische Unternehmen können dies nicht ohne Weiteres aus eigener Kraft realisieren. Sie benötigen die Möglichkeit, schnell und kostengünstig belastbare Aussagen zur Wirtschaftlichkeit von Technologien und Produktionsstrategien für genau ihre Situation in der Werkhalle zu erhalten. LUPO will den Einsatz neuer Technologien in der Produktion simulieren. Das Projekt entwickelte ein Verfahren, das den Einsatz autonomer Technologien noch vor der realen Anpassung der Prozessumgebung auf ihre Wirtschaftlichkeit untersucht.

### Anwendungsszenario

Für diesen Nachweis entwickelte LUPO einen hybriden Simulator, der eine simulationsbasierte Prüfung von Entscheidungsalternativen mit physischen Demonstratoren kombiniert. Der Simulator besteht aus den Modellen für eingesetzte Maschinen – Demonstratoren genannt –, Werkstücken und Werkzeugen, Ladungs-

trägern, Förderstrecken und Boxen, die je nach Bedarf zusammengeschaltet sind. Derzeit umfasst das System fünf Werkstückträger, fünf Maschinen sind geplant, wobei sich zwei im Einsatz befinden. Um eine Simulation durchzuführen, sind umfangreiche Vorarbeiten nötig, bzw. muss der zukünftige Kunde zwingend mit eingebunden werden. Die benötigten Daten werden über einen mehrstufigen Webfragenkatalog ermittelt. Die Fragen werden dabei an die Akteure angepasst, so dass eine zielgerichtete und kompakte Aussage zu den kundenspezifischen Prozessen erreicht werden kann. Ein vorhandenes Grundgerüst der Simulationsumgebung wird so über den Webfragenkatalog konfiguriert. Die Bibliothek der einzelnen Maschinen wächst mit jedem neu aufgenommenen Prozess.

## Wege zur Anwendung

Die Projektergebnisse werden in Form einer Dienstleistung nach Ende der Projektlaufzeit vermarktet. Neben Prozessoptimierenden Unternehmen und Equipmentsanbietern gehören vor allem die produzierenden Unternehmen (KMU) zu den potenziellen Kunden. So soll eine verbesserte Wettbewerbsfähigkeit durch die Prozessanalyse- und Optimierung erreicht werden. Zudem soll eine Kostenreduktion in der laufenden Fertigung u.a. durch die Modernisierung unterstützt werden.

## Vorteile mit Lupo

Bisher	Mit LUPO
Produktionsrealität wird durch reine PC-Simulation nicht widergespiegelt	Berücksichtigung weiterer realitätsrelevanter Aspekte der Produktion durch Kombination von gegenständlicher und PC-gestützter Simulation
Aufwändige Tests bei Produktionsanläufen und somit hohe Investitionsaufwände und Verzögerungen	Kostengünstige Tests für Produktionsanläufe sowie deren Nutzenwertung, ohne Verursachung von Störungen der realen Produktion
Zentrale Produktionssteuerung und -planung mit komplexen IT-Infrastrukturen	Komplexitätsreduzierung durch dezentrale Produktionssteuerung und -planung sowie Steigerung der Prozess- und Systemstabilität; dadurch Erhöhung der Schnelligkeit der Simulation
Aufwändige Analysen und Darstellung des Nutzens autonomer Technologien in der Produktion	Schnelle und strukturierte Ermittlung des Nutzens autonomer Technologien in der Produktion durch den Einsatz der hybriden Simulationsumgebung
Aussagen über den optimalen Grad an dezentraler und zentraler Produktionssteuerung und -planung nur durch aufwändige und zeitintensive Analyse möglich	Aussagen zum optimalen Grad an dezentraler und zentraler Produktionssteuerung und -planung durch den Einsatz autonomer Technologien innerhalb von 12 Tagen
Tests von zukunftssträchtigen Technologien sind teuer, wenn sie in der realen Produktionsumgebung getestet werden	Tests dieser Technologien auf Einsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit bevor sie in der realen Produktion eingesetzt werden

### Ansprechpartner LUPO

Konsortialführung: Universität Potsdam  
 Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau  
 E-Mail: [ngronau@wi.uni-potsdam.de](mailto:ngronau@wi.uni-potsdam.de)

Konsortialpartner: Jordahl GmbH, MPDV Mikrolab GmbH,  
 OHST Medizintechnik AG, OKE Automotive GmbH & Co. KG

[www.lupo-projekt.de](http://www.lupo-projekt.de)

## 8. marion – Mobile autonome, kooperative Roboter in komplexen Wertschöpfungsketten



In globalisierten Wertschöpfungsnetzen besteht ein erheblicher Kostendruck. Die Optimierung einzelner Teilschritte oder einzelner Maschinen reicht nicht mehr aus, um im Wettbewerb bestehen zu können. Vielmehr versuchen Unternehmen Produktivitätssteigerungen durch intelligentes Management der gesamten Wertschöpfungskette zu erzielen. Dies gilt insbesondere für die Landwirtschaft und die innerbetriebliche Transportlogistik.

marion geht einen Schritt weiter. Ziel des Projekts ist eine Roboterisierung von Arbeitsprozessen mit autonomen Fahrzeugen unter Berücksichtigung des gesamten Wertschöpfungsprozesses und der Kooperation aller beteiligten Maschinen. Somit können vormals weitgehend unabhängig agierende Einheiten nun ein gemeinsames Ziel verfolgen.

In marion werden autonome mobile Maschinen entwickelt, die aufgrund ihrer Intelligenz auf Veränderungen in der Umgebung eigenständig reagieren können.

Die Maschinen sind per Funk untereinander vernetzt und können so lokale Informationen wie Sensorwerte austauschen. Ein auf die Maschinen verteiltes, dynamisches Planungssystem bewertet auf dieser Basis kontinuierlich die aktuelle Situation und plant gegebenenfalls neu. Das Planungsergebnis steht allen vernetzten Maschinen zur Verfügung, die so z. B. ihre Fahrrouuten untereinander abgestimmt abfahren können.

### Use Cases

So entsteht im Anwendungsfeld Landwirtschaft vom Mähdrescher bis zum Straßentransporter am Feldrand ein autonom agierendes Ernte- und Transportsystem. Durch die Betrachtung der gesamten Prozesskette und die Integration eines Kennzahlensystems wird dabei ein definiertes Gesamtoptimum erreicht. Die ökonomischen und ökologischen Kriterien kann der Anwender dabei individuell gewichten. Somit können bspw. Zeit, Kraftstoff- und Maschinenkosten eingespart aber auch die Bodenverdichtung verringert werden. Zudem kann der Anwender die Planausführung im Vorfeld simulieren, um so bspw. Ressourcen optimal auszuwählen und Zeit- und Kostenaufwand abzuschätzen.

Im zweiten Anwendungsbereich, der innerbetrieblichen Transportlogistik, wurde eine autonome Be- und Entladefunktionalität realisiert, die sowohl bei automatisierten, wie auch manuell geführten mobilen Transportfahrzeugen zur Anwendung kommen kann. Das System ermöglicht einen flexiblen Einsatz von Robotern auch in Prozessen, die einem ständigen Wandel unterliegen. Hierfür wurde ein grafisches Konfigurationsstool entwickelt, das den Kunden befähigt, autonome Fahrzeuge mit geringstem Aufwand zu definieren. Ein dynamisches Planungssystem ermöglicht dabei die kostenoptimale Fahrzeugführung unter Beachtung ästhetischer Gesichtspunkte, die für eine Akzeptanz von autonomen Fahrzeugen, die im gemeinsamen Arbeitsbereich mit Menschen arbeiten, erforderlich sind. Die Fahrzeuge kooperieren dabei auf verschiedenen Ebenen. So berücksichtigt bspw. eine Szenenanalyse die 3D-Laserscannerdaten aller beteiligten Fahrzeuge und ermöglicht so eine Bewertung komplexer Umgebungsbedingungen. Daneben kann bspw. das Schleppzugfahrzeug „CX-T autonom“ selbstständig einen Unterauftrag an ein Entladefahrzeug wie den „FM-X autonom“ vergeben, um am Zielort seine Anhänger entladen zu können.

### Wege zur Anwendung

Eine erste prototypische Umsetzung eines internetbasierten Marktplatzes ermöglicht den Endkunden den einfachen Erwerb bzw. die Aktivierung der entwickelten maschinennahen Software als Ergänzung zu seiner

bestehenden Hardware. Wie dieser Marktplatz sind viele der im Projekt erarbeiteten Lösungen weitgehend branchenunabhängig. Daneben wurden auch erste

Schritte Richtung branchenspezifischer Standardisierungen gegangen wie zum Beispiel bei der M2M-Kommunikation in der Landwirtschaft.

## Vorteile mit marion

Bisher	Mit marion
Die isolierte Steigerung der Leistungsfähigkeit der Einzelmaschine bietet nur noch begrenztes Potenzial zur Effizienzsteigerung	Die Verbesserung der Kooperation zwischen beteiligten Maschinen und dem Menschen schafft neue Potenziale
Die Optimierung des Einsatzes der Einzelmaschine führt nicht zwangsläufig zu einem Optimum im gesamten Prozess	Die Betrachtung und Bewertung des gesamten Prozesses mit Maschinen und Menschen ermöglicht das Gesamtoptimum zu erreichen
Die Planung berücksichtigt nicht die individuell unterschiedlichen Ziele der Anwender	Das Planungssystem berücksichtigt eine durch den Anwender individuell definierte Zielvorgabe
Die statische (Vor-)Planung berücksichtigt keine dynamisch veränderlichen Umweltbedingungen	Das Planungssystem reagiert dynamisch auf die jeweils vorliegende Situation und berücksichtigt diese in einem flexiblen Planungsergebnis aufgrund sensorischer Daten
Abweichendes Verhalten des ausführenden Anwenders wird vom Planungssystem nicht berücksichtigt	Ein von dem Plan abweichendes Verhalten des Anwenders wird erkannt und fließt in die (Neu-)Planung ein
Automatisierungslösungen der innerbetriebliche Logistik wie Fahrerlose Transportsysteme (FTS) erfordern genau definierte Prozesse und tolerieren keinerlei Umweltveränderungen	Die Automatisierungslösung erkennt seine Umwelt und kann flexibel reagieren
Die Anpassung der Automatisierungslösungen an Prozessveränderungen führt zu einem hohen Konfigurationsaufwand am Gerät und am Gesamtsystem	Die Automatisierungslösung ist wandlungsfähig und kann mit geringem Aufwand an veränderte Rahmenbedingungen in der Produktion adaptiert werden
Die Arbeitsbereiche automatisierter Maschinen und manuell bedienter Geräte sind getrennt	Die gestellten Aufgaben werden gemeinsam von autonomen Fahrzeugen und manuell geführten Fahrzeugen bearbeitet (Mischbetrieb) und können somit flexibler erledigt werden
Die Reaktion auf sich ändernde Umgebungsverhältnisse ist allein Aufgabe des Bedieners	Intelligente Assistenzsysteme erfassen sich ändernde Umgebungsverhältnisse, passen das Fahrzeugverhalten darauf an und unterstützen den Bediener. Dies führt zu einer Steigerung der Effizienz des Arbeitsprozesses und zu einer Erhöhung der Systemsicherheit

### Ansprechpartner marion

Konsortialführung: CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH  
 Ansprechpartner: Dr. Hans-Peter Grothaus  
 E-Mail: hans-peter.grothaus@claas.com

Konsortialpartner:  
 Atos GmbH, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche  
 Intelligenz (DFKI), STILL GmbH

[www.projekt-marion.de](http://www.projekt-marion.de)

## 9. RAN – RFID-based Automotive Network

Die zunehmende Variantenvielfalt und die Konzentration der Unternehmen auf ihre Kernkompetenzen führen zu einer Aufteilung der Wertschöpfung auf eine Vielzahl von Unternehmen. Diese Unternehmen organisieren sich in Produktions- und Logistiknetzen, deren Komplexität erheblich steigt. Insbesondere die effektive und effiziente Steuerung inner- und überbetrieblicher Prozesse ist eine wachsende Herausforderung, der sich die Unternehmen, wollen sie global wettbewerbsfähig bleiben, stellen müssen.

Im Projekt RAN (RFID-based Automotive Network) wurde für die Automobilindustrie gezeigt, wie Produktionsprozesse durch Einsatz modernster RFID-Technologie optimiert und standardisiert werden können. Mit Hilfe des so genannten Infobrokers wurde dazu ein Mechanismus geschaffen, um den effizienten Informationsaustausch innerhalb des gesamten Liefernetzwerks zu ermöglichen. Bei RAN wurden unter Einbeziehung aller an der Wertschöpfung beteiligten Unternehmen (OEMs, Zulieferindustrie, Logistikdienstleistern, IT-Industrie) erstmals notwendige Voraussetzungen für eine branchenweite Einigung auf standardisierte Methoden erarbeitet.

Als Standard für die eindeutige elektronische Kennzeichnung von Objekten wird bei RAN der Electronic Product Code (EPC) der GS1-Organisation angewendet. Als Standard zur Speicherung und zum Austausch ereignisbasierter Daten wird entsprechend der Electronic Product Code Information Service (EPCIS) von GS1 genutzt, allerdings unter Einbeziehung einer Vielzahl von notwendigen funktionalen Weiterentwicklungen dieses Standards im Rahmen des Projekts. Das in RAN entwickelte Infobroker-Konzept unterstützt neben den o.g. EPC-Kennungen aber auch andere ISO-basierte Objektkodierungen. Darüber hinaus ist es auch möglich Events zu verarbeiten, die von anderen Auto-ID-Technologien, wie Bar- oder QR-Code, ausgelöst werden.

Als Unterstützung bei der Integration neuer Partner in ein RAN-Infobroker-Netzwerk wurde im Projekt ein spezieller Leitfaden erarbeitet. Das Konzept gibt dem neuen RAN-Partner die Möglichkeit, sich einen Überblick über die notwendigen Schritte für eine erfolgreiche Integration zu verschaffen.

### VDA Expertenkreis

Ziel von RAN ist, branchenweit unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse durch Nutzung der RFID-Technologie zu unterstützen und die Anwendung des Infobroker-Konzepts zu ermöglichen. Dazu mussten die Empfehlungen des Verbandes der Automobilindustrie (VDA) zur Nutzung von RFID und die in RAN entwickelten Ansätze miteinander verglichen und aufeinander abgestimmt werden. Zu diesem Zweck wurde ein VDA-Expertenkreis einberufen. Dieser Expertenkreis soll im Jahr 2013 in die neue VDA-Arbeitsgruppe AutoID Data Capture münden. Es ist angestrebt, die RAN-Ergebnisse in VDA-Empfehlungen zu überführen und damit den Event-Austausch über den Infobroker branchenweit nutzbar zu machen. Darüber hinaus soll die Operationalisierung und Kommunikation der RAN-Standards sowie deren Weiterentwicklung vorangetrieben werden.

### Use Cases

Sieben von den Industriepartnern definierte Anwendungsszenarios, sogenannte Use Cases, dienen den IT-Unternehmen und Forschungsinstituten des Projekts als Input für ihre Arbeit an den zu erstellenden Lösungskonzepten, Vorgehensweisen und Methoden. Die Use Cases stellen exemplarisch Teile einer Lieferkette dar, anhand derer die Machbarkeit des RAN-Konzeptes nachgewiesen wurde.

### Wege zur Anwendung

Die in RAN am Beispiel der Automobilbranche erarbeiteten Konzepte sind vom Grundsatz her auf andere Branchen und Anwendungsgebiete übertragbar. Sie eignen sich vor allem dann, wenn in unternehmensübergreifenden Produktionsprozessen die Notwendigkeit entsteht, Optimierungspotenziale zu erschließen, die mit einer höheren Transparenz für alle an einer Prozesskette beteiligten Partner verbunden sind. Die

Auswahl der im Projekt RAN betrachteten Use Cases fiel auf standardtypische Szenarien in der unternehmensübergreifenden Produktionslogistik. Die betrachteten Use Cases können in vielen Fällen geeignete Analogien zu eigenen Unternehmensprozessen und entsprechenden Problemstellungen bieten sowie Lösungsansätze aufzeigen.

Insbesondere steht mit dem Infobroker nun ein erprobtes generisches Konzept zur Verfügung, das bei analogen Problemstellungen unmittelbar an die eigene Prozessumgebung adaptiert werden kann. Eine

wesentliche Anpassungsleistung, die hierzu erbracht werden muss, besteht in der Einigung auf standardisierte Prozessbausteine der jeweiligen Partner in einem Wertschöpfungsnetzwerk, sozusagen einer gemeinsamen Sprache. In der Automobilindustrie hat man sich beispielsweise auf das Automotive Business Vocabulary geeinigt, welches die Grundlage für die Interpretation von Ereignissen im Infobroker bildet. Aber auch hierzu geben die im Projekt erarbeiteten Dokumente dem Interessierten eine Hilfe an die Hand und führen ihn schrittweise durch diese Phase.

### Vorteile mit RAN

Bisher	Mit RAN
Stand-Alone-EPCIS-Repository	Ein lokales InfoBroker-Repository bildet zusammen mit anderen lokalen Instanzen eine Netzwerkstruktur. Neben Subskriptionen zur Nachrichtenweiterleitung existieren Mechanismen zum Informationsaustausch, über die bei Bedarf automatisch entsprechende Partner-Repositories zu weiteren Objektinformationen angefragt werden können
Ein EPCIS-Event enthält Objektinformationen zu den vier W-Fragen: Was? Wann? Wo? Warum?	Der InfoBroker bietet zusätzlich einheitliche Event-Erweiterungen und ein Stammdaten-Vokabular für Automobil-spezifische Werte. Daraus resultieren einheitliche Eventtypen, die in standardisierten Prozessen verwendet werden können. Eine neue Option ist auch der automatisierte Stammdatenaustausch im InfoBroker-Netzwerk
Unzureichende Prozesssicherheit	Das Sicherheitskonzept des InfoBrokers ist mehrstufig. Es steuert den Zugriff auf enthaltene Daten. Nur berechtigten Partnern wird der Zugriff gewährt. Sie sind zusammen mit der Netzwerktopologie, den Prozessmodellen und Geschäftsprozessen im dahinter liegenden Administrationsdatenmodell konfiguriert
Starre, unflexible Prozesssteuerung	Im Prozessmodell können Geschäftsbeziehungen zügig angepasst oder neu erstellt werden. Nimmt ein neuer Partner eine Rolle in einem Logistik-Szenario ein, kann er über die Anpassung von Vorlagen die Event-Typen festlegen. Subskriptionen und Sicherheitseinstellungen werden automatisch erstellt

### Ansprechpartner RAN

**Konsortialführung:** Daimler AG  
**Ansprechpartner:** Oliver Czech  
**E-Mail:** [oliver.czech@daimler.com](mailto:oliver.czech@daimler.com)  
**Konsortialpartner:** Adam Opel AG, Bayrische Motorenwerke AG, BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH, BLG LOGISTICS GROUP AG & Co KG, Deutsche Post DHL Market Research and Innovation GmbH, EURO-LOG AG, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Hochschule für Technik

und Wirtschaft des Saarlandes (HTW), IBM Deutschland, IBS AG, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb), Johnson Controls, REHAU AG+Co, Robert Bosch GmbH, SAP Deutschland AG & Co. KG, Siemens AG, Universität Karlsruhe, Forschungszentrum Informatik

[www.autorand.de](http://www.autorand.de)

# 10. RoboGasInspector – Simulationsgestützter Entwurf und Evaluation eines Mensch-Maschine-Systems mit autonomen mobilen Inspektionsrobotern zur IR-optischen Gasleck-Ferndetektion und -ortung in technischen Anlagen

Um Schäden an Menschen, Umwelt und Investitionsgütern zu verhindern, müssen aus Anlagen und Infrastruktureinrichtungen austretende gesundheitsgefährdende oder brennbare Gase schnell und sicher detektiert und geortet werden.

Für Betreiber prozesstechnischer Anlagen und Versorgungsinfrastruktur ist es eine ständige Herausforderung, die Betriebssicherheit auf hohem Niveau zu gewährleisten und den gesetzlichen Vorgaben zu genügen. Hierzu werden meist Präventions- und Inspektionsprogramme etabliert, die zeitaufwändige, vom Menschen täglich durchgeführte Routineinspektionen einschließen. Dabei nutzt der Inspekteur neben Messtechnik vielfach seine Sinneswahrnehmung sowie persönliche Erfahrungen. Die Entwicklung neuartiger Überwachungsverfahren, die die Möglichkeiten modernster Mess-, Automatisierungs- und Robotiktechnik ausschöpfen, versprechen eine erhöhte Güte und Wirtschaftlichkeit der Inspektionen bei gleichzeitiger Entlastung des Menschen von monotonen, aufwändigen Tätigkeiten.

Das Projekt RoboGasInspector verfolgte deshalb das Ziel, ein innovatives Mensch-Maschine-System mit intelligenten, kooperierenden und mit Gasfernmesstechnik ausgestatteten Inspektionsrobotern zu entwickeln, das frühzeitig Lecks entdecken kann. In diesem System kann die Überwachung von Anlagen sowie die Ortung von Lecks weitgehend autonom von mobilen Robotern bewältigt werden, die zugleich die Auswertung der gemessenen Daten und die Dokumentation der Inspektionen übernehmen.

## Use Case

Im Projekt wurden mehrere Experimentalplattformen für die Roboter aufgebaut und in verschiedenen



Demonstrations- und Testszenarien in den Anlagen (Deponie, Erdgasverdichterstation, Mineralö Raffinerie) realisiert. Die eingesetzte infrarot-optische Fernmesstechnik sorgt dafür, dass schwer zugängliche Orte mit dem Roboter inspiziert werden können und nicht unbedingt, wie bei konventioneller Sensorik, in die zu kontrollierenden Bereiche eingefahren werden muss. Die Vernetzung mit dem Internet dient zur Übermittlung von nicht lokal gemessenen oder gespeicherten Informationen, wie z. B. aktuelle Wetterinformationen oder Anlageninformation und zum Informationsaustausch mit anderen Robotern und dem Anwender. Eine Roboterplattform sorgt für die Mobilität, und mittels (D)GPS und RFID erfolgen Selbstlokalisierung, sowie Navigation der Roboter.

Die Sicherheitsanforderungen zum Betrieb der Roboter in den Anlagen der Projektpartner wurden in Kooperation mit dem TÜV umgesetzt. Ein Feldtest im Oktober 2012 bei der PCK Raffinerie GmbH hat die Fähigkeiten des Systems unter realen Bedingungen unter Beweis gestellt.

## Wege zur Anwendung

Eine Vielzahl von Teilkomponenten sind bereits nach Abschluss des Projekts verfügbar. Diese können kurzfristig als Assistenzfunktionen genutzt werden und den Bediener entlasten. Die Vermarktung dieser Einzeler-

gebnisse durch die beteiligten Industriepartner telerob (Roboter), Sewerin (Sensorik) und Adlares (Sensorik) ist zu erwarten. Das Gesamtsystem stößt vor allem bei Betreibern von Chemie- und Energieanlagen auf erhöhtes Interesse.

## Vorteile mit RoboGasInspector

Bisher	Mit RoboGasInspector
Routineinspektion durch Menschen ohne Gasmestechnik; fest installierte Gasmelder in kritischen Bereichen	Roboter führt Routineinspektionen durch und entlastet Menschen von monotonen, repetitiven Aufgaben
Verwendung von In-Situ-Messung erfordert Präsenz des Inspektors am Messort	Nutzung von Fernmessverfahren gestattet einfache Messung auch schwer zugänglicher Bereiche sowie eine effizientere Inspektiondurchführung
Inspekteur während der Inspektion auf eigenen Wissensstand angewiesen	Verfügbarkeit zentraler Wissensbasis bzgl. Problemstellen u. ä. sowie aktueller Betriebsparameter mittels Augmented-Reality-Visualisierung
Menschlich bedingte Fehleinschätzungen und Nachlässigkeiten	Systematische Inspektion führt zu gleichbleibend hoher Inspektionsgüte
Inspektionpersonal verfügt ausschließlich über Informationen bezüglich der lokalen Prozess und Anlagenzustände	Durch Visualisierung des Anlagenzustands im zentralen Leitstand verfügt Inspektionpersonal über globale Prozess und Anlageninformationen
Manuelle Dokumentation der Inspektion	Automatische Generierung eines Inspektionsprotokolls mit visuellen Nachweisen / Fotos
Fortschrittliche Fernmessverfahren oft wirtschaftlich nur schwierig darzustellen, da bei stationärem Einbau wenig effizient oder bei mobilem manuellen Betrieb hochqualifiziertes Personal gebunden wird	Effizienter Einsatz hochwertiger Messgeräte durch Mobilität und weitgehende Automatisierung der Messauswertung erlauben einen wirtschaftlichen Einsatz fortschrittlicher Fernmesstechnik bei begrenzter Verfügbarkeit von Fachkräften
Örtliche Anlagenabdeckung und Inspektionsintervalle können durch die zeitliche Verfügbarkeit des Personals beschränkt sein	Die weitgehende Automatisierung der Inspektionsdurchführung ermöglicht eine Erhöhung der Inspektionshäufigkeit und der örtlichen Abdeckung des Inspektionsgebietes
Einfache Aufgaben binden teilweise Personalkapazität, die dann für Aufgaben mit größerer Wertschöpfung nicht zur Verfügung steht	Konzentration der Leistungsfähigkeit menschlicher Operateure auf die leitende Kontrolle und Optimierung des Systems

### Ansprechpartner RoboGasInspector

**Konsortialführung:** Universität Kassel  
**Ansprechpartner:** Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Kroll,  
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ludger Schmidt  
**E-Mail:** [Andreas.Kroll@mrt.uni-kassel.de](mailto:Andreas.Kroll@mrt.uni-kassel.de), [L.Schmidt@uni-kassel.de](mailto:L.Schmidt@uni-kassel.de)  
**Konsortialpartner:** ADLARES GmbH, BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Fraunhofer-Institut für

Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie, GASCADE Gastransport GmbH, Hermann Sewerin GmbH, PCK Raffinerie GmbH, telerob Gesellschaft für Fernhantierungstechnik mbH, Universität Kassel

[www.robogasinspector.de](http://www.robogasinspector.de)

## 11. rorarob – Schweißaufgabenassistenz für Rohr- und Rahmenkonstruktionen durch ein Robotersystem



### Assistent mit Feingefühl

Das Schweißen von Rohr- und Rahmenkonstruktionen ist im mittelständisch geprägten Maschinen- und Anlagenbau von großer Bedeutung. Auf Grund der geringen Stückzahlen bis hin zur Einzelteilfertigung stellt dieser Bereich einen arbeitsintensiven Produktionsprozess dar, der überwiegend von manuellen Arbeitsplätzen und einem geringen Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad geprägt ist. Die häufig sperrigen und schwergewichtigen Bauteile erschweren die Handhabung und führen gerade beim Schweißen und den damit verbundenen Positioniervorgängen zu ungünstigen Formen statischer Halte- und Haltungsarbeit und somit zu einer kaum vermeidbaren hohen physischen Belastung des Mitarbeiters. Insbesondere durch den demografischen Wandel und der damit verbundenen Zunahme an älteren Werkern werden die Herausforderungen in diesem Bereich für KMU zukünftig verstärken.

### Use Case

Im Projekt rorarob wurde zusammen mit Industriepartnern ein Roboterassistenzsystem entwickelt, bei dem die Interaktion von Mensch und Roboter und die ergonomische Prozessgestaltung im Mittelpunkt steht. Bisher werden Roboter fast ausschließlich in vollautomatisierten Prozessen eingesetzt. Die schnellen und oftmals nicht vorhersehbaren Bewegungen der Roboter stellen für Menschen ein hohes Gefährdungspotential dar, weshalb Mensch und Roboter in diesen Systemen bisher räumlich voneinander getrennt agieren. Die technischen Fortschritte und eine geänderte Normungslage ermöglichen es nun, Systeme mit einer direkten Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) ohne trennende Schutzeinrichtungen aufzubauen und sicher zu betreiben.

Planung und Aufbau des Roboterassistenzsystems werden durch eine Offlinesimulation, ein virtuelles Abbild des Systems, unterstützt. Hierzu wurde ein digitales Menschmodell in eine bestehende Simulationsumgebung implementiert, um während der Bahnplanung des Schweißprozesses frühzeitig mögliche Kollisions-, Quetsch- und Schergefahren zu identifizieren und zu vermeiden. Weiter ermöglicht eine digitale ergonomische Bewertung des Arbeitsablaufes eine Reduzierung der wirkenden physischen Belastungen auf den Menschen. So wird bereits in der Planung eine sichere und bewegungsökonomische Mensch-Roboter-Kollaboration sichergestellt.

Zur Handhabung von Rohr- und Rahmenkonstruktionen in Schweißanwendungen sind Roboter mit hohen Traglasten und Reichweiten erforderlich. Große Roboter weisen hohe bewegte Massen und Geschwindigkeiten auf und stellen so durch die hohe kinetische Energie ein großes Gefahrenpotential für den Menschen dar. Aus diesem Grund wird der Arbeitsraum des Assistenzsystems im Betrieb mit einem Kamerasystem überwacht, dessen Sicherheits-SPS im Falle einer Warn- oder Schutzraumverletzung die Reduktion der Bewegungsgeschwindigkeit oder das Stoppen des Assistenzsystems veranlasst.

Die Gestaltung der Interaktion zwischen Mensch- und Robotersystem unter arbeitsgerechten, sicherheitstechnischen und ökonomischen Aspekten zeigt eindrucksvoll, wie durch angepasste Automatisierungsgrade und eine Kombination der Fähigkeiten von Mensch und Roboter die Flexibilität und Wirtschaftlichkeit von Fertigungs- und Montagesystemen erhöht, die menschliche Arbeitskraft erhalten und eine signifikante Reduktion der physischen Belastung auf den Mitarbeiter erreicht werden kann.

## Wege zur Anwendung

Durch die verwendeten ausgereiften Einzelkomponenten und die industriennahe Entwicklung des Demonstrators, sind die technischen Erfolgsaussichten und die

Chancen für eine zeitnahe Weiterentwicklung hin zu einer marktfähigen Lösung hoch. Der Systemanbieter innerhalb des Projektkonsortiums verfügt rund um Roboteranwendungen über eine komplette Organisation vom akquisitorischen Vertrieb, der technischen Klärung und Projektierung, dem Angebots- und Schulungswesen, der Inbetriebnahme und dem Service. Dementsprechend liegt eine sehr gute Basis vor, um sowohl das Projekt sehr erfolgreich abzuschließen als auch das neu entwickelte Roboterassistenzsystem mittelfristig am Markt entsprechend zu platzieren. Im Bereich der prospektiven Planung, insbesondere die virtuelle Abbildung der Mensch-Roboter Kollaboration in einem Offlineprogrammiersystem, bieten sich über das Projekt hinaus vielfältige Ansätze zur Weiterentwicklung. Hier ist die Übertragung auf andere robotergestützte Arbeitssysteme mit anderen Fertigungsverfahren in Planung (Kleben, Bestücken, Montieren, Schrauben, etc.). Ebenso wird auch die Simulation einer rein manuellen Tätigkeit mit Hilfe einer Humansimulation angestrebt.

Das Ziel, ein universal programmier- und flexibel einsetzbares Assistenzsystem zu entwickeln, das einen kollaborierenden Betrieb von Mensch und Roboter vorsieht und das es ermöglicht, die bisher noch rein manuellen Prozesse in mehreren Stufen unter Einsatz der Robotertechnik zu automatisieren, bietet die Perspektive, in Zukunft belastungsreduziert und wirtschaftlich zu arbeiten und dabei gleichzeitig die Qualität der Prozesse und Produkte zu erhöhen. Gerade durch die Integration eines Menschmodells in Verbindung mit einer prospektiven ergonomischen Analyse in eine Offlineprogrammierungsumgebung wird es auch für kleine und mittelständische Unternehmen möglich sein, Arbeitssysteme mit direkter Mensch-Roboter Kollaboration zu planen und menschliche Bewegungsabläufe hinsichtlich der herrschenden körperlichen Belastung zu untersuchen.

## Vorteile mit rorarob

Bisher	Mit rorarob
Hohe Bauteilgewichte belasten die Mitarbeiter	Mitarbeiter sind in der Lage, exakt und ergonomisch optimiert die Konstruktionsvorgaben zu realisieren
Die ergonomischen Bedingungen der Mitarbeiter lassen sich nicht im Vorfeld erfassen	Die angestrebte Simulation ermöglicht im Vorfeld, die ergonomischen Arbeitsbedingungen der Mitarbeiter zu analysieren und zu verbessern
Toleranzvorgaben sind schwierig einzuhalten	Die optimale Bearbeitungsassistenz ermöglicht exakte Arbeitsergebnisse
Die Gesamtherstellungszeit wird durch komplizierte und zeitintensive Fertigungsmaßnahmen negativ beeinflusst	Die optimierte Bearbeitungsassistenz trägt zur Reduzierung der Gesamtherstellungszeit bei
Hoher nicht wertschöpfender Anteil im Schweißprozess durch Positionierung der großen Bauteile	Einsparungen von ca. 80% des nicht wertschöpfenden Anteils des Schweißprozesses führen zu einer erheblichen Verringerung der Fertigungskosten
Klein- und mittelständische Unternehmen haben oft Schwierigkeiten, insbesondere bei kleineren Losgrößen, wirtschaftlich zu produzieren	Die Teilautomatisierung durch die Mensch-Roboter-Interaktion ermöglicht insbesondere für klein- und mittelständische Unternehmen einen wirtschaftlicheren Produktionsprozess
Eine direkte Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter ist nicht möglich	Mit rorarob wird eine Lösung angestrebt, die die direkte Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter mit überschneidenden Arbeitsräumen ermöglicht

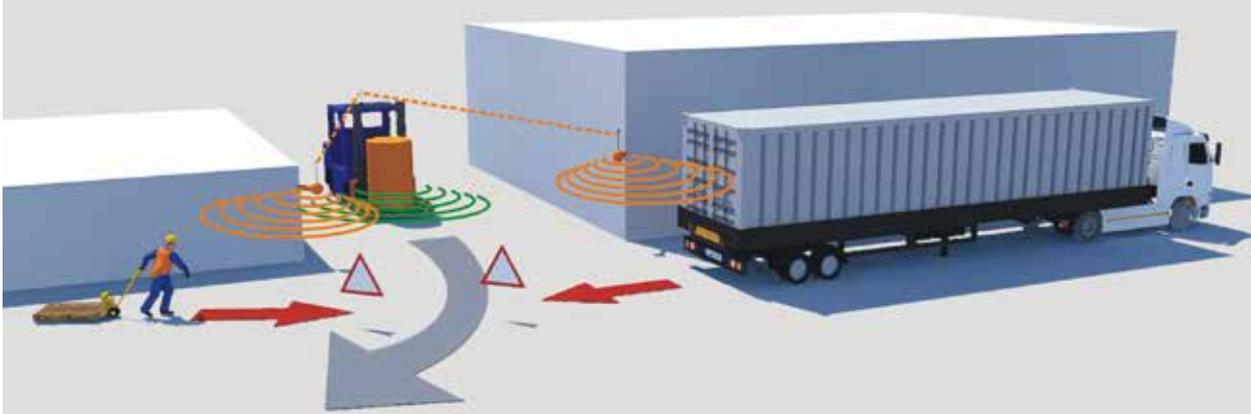
### Ansprechpartner rorarob

Konsortialführung: carat robotic innovation GmbH  
 Ansprechpartner: Dr. Gerd Grube  
 E-Mail: [gerd.grube@carat-robotic.de](mailto:gerd.grube@carat-robotic.de)

Konsortialpartner: Albert Böcker GmbH & Co.KG, MAN Turbo AG,  
 Technische Universität Dortmund – IRPA, Technische Universität  
 Dortmund – APS

[www.rorarob.de](http://www.rorarob.de)

## 12. SaLSA – Sichere autonome Logistik- und Transportfahrzeuge im Außenbereich



### Fahrerlos und unfallfrei

Autonome Fahrerlose Transportsysteme (FTS) werden bereits in vielen Bereichen eingesetzt, wobei der sichere Betrieb entweder durch eine Abgrenzung vom Personenverkehr oder durch Einschränkungen bei der Fahrgeschwindigkeit erreicht wird. Im Außenbereich, etwa auf einem großen Betriebsgelände wie einem Containerhafen, sind lange Wege mit einem FTS bislang ineffizient, weil sie nur mit sehr niedrigen Geschwindigkeiten fahren dürfen. Die Herausforderungen für den Einsatz im Außenbereich liegen im Personenschutz bzw. in der Absicherung der Fahrwege bei gleichzeitig höherer Geschwindigkeit. FTS können aber potenzielle Gefahrensituationen nur erkennen, wenn sie über ein Umgebungsbild verfügen, das über den Sichtbereich des Fahrzeugs hinausgeht.

Sichere autonome Logistik- und Transportfahrzeuge im Außenbereich, die sich erstmals auch außerhalb von Produktions- und Lagerhallen in einer gemeinsamen Arbeitsumgebung mit klassischen Gabelstaplern oder Lastwagen und Fußgängern sicher und gleichzeitig schnell bewegen, waren deshalb das Ziel von SaLSA. Erreicht wurde dies durch die Integration von Sensorik und die intelligente Verknüpfung der gewonnenen Daten zu einem Umgebungsbild.

### Use Case

Die Sensorfusion von unterschiedlichen stationären und mobilen Sensoren ermöglicht die Erstellung eines

globalen Abbildes der Umgebung der autonomen Fahrzeuge und somit eine vorausschauende angepasste Reaktion auf Hindernisse und andere Verkehrsteilnehmer. Dies erlaubt höhere Geschwindigkeiten und damit einen effizienten Einsatz autonomer Fahrzeuge. Die Erfassung nicht kooperativer Verkehrsteilnehmer (PKW, LKW, Fußgänger, Radfahrer) durch das System ermöglicht die Interaktion mit kooperativen, also dem System bekannten Teilnehmern. So ist eine gleichzeitige gemeinsame Nutzung der Verkehrsfläche möglich. Ein entsprechend ausgelegtes Verkehrsmanagementsystem ermöglicht optimierte Fahrwege und eine ressourcenschonende Nutzung der Fahrzeuge. Die Lokalisierung aller Verkehrsteilnehmer auf den dafür vorgesehenen Flächen erfolgt durch mobile und stationäre Sensorik. Dadurch ist ein durchgehendes Monitoring und Abbild des Systemzustandes möglich.

### Wege zur Anwendung

Die Erfahrungen aus dem Projekt SaLSA gehen in den VDI-Arbeitskreis Fahrerlose Transportsysteme ein und werden darüber anderen möglichen Anwendungsinteressierten zugänglich gemacht.

Durch die Götting GmbH ist die Verwertung der Gesamtlösung nach Projektende vorgesehen.

## Vorteile mit SaLsA

Bisher	Mit SaLsA
Wechselbrücken werden in Logistikzentren von Fahrern mit entsprechenden Fahrzeugen bewegt. Die Koordination geschieht über heterogene Kommunikationskanäle	Wechselbrücken werden mit speziellen fahrerlos fahrenden Fahrzeugen umgesetzt. Die Steuerung geschieht durch ein Leitsystem, das über eine Schnittstelle zum Supply-Chain-Management verfügt
Die Absicherung von autonomen Fahrzeugen im Außenbereich ist nur durch mechanische „Bumper“ am Fahrzeug selbst möglich. Durch den kurzen Reaktionsweg sind nur geringe Geschwindigkeiten zulässig, was zu einem uneffektiven Einsatz der Fahrzeuge im Vergleich zum manuellen Betrieb führt	Die Sensorfusion von unterschiedlichen stationären und mobilen Sensoren ermöglicht die Erstellung eines globalen Abbildes der Umgebung der autonomen Fahrzeuge und somit eine vorausschauende angepasste Reaktion auf Hindernisse und andere Verkehrsteilnehmer. Dies erlaubt höhere Geschwindigkeiten und damit einen effizienten Einsatz autonomer Fahrzeuge
Autonome Fahrzeuge bewegen sich auf besonders gekennzeichneten Flächen, die von anderen Verkehrsteilnehmern nicht benutzt werden dürfen	Die Erfassung nicht kooperativer, also nicht mit besonderer Lokalisierungssensorik ausgestatteter Verkehrsteilnehmer (PKW, LKW, Fußgänger, Radfahrer) durch das System ermöglicht die Interaktion mit kooperativen, also dem System bekannten Teilnehmern. So ist eine gleichzeitige gemeinsame Nutzung der Verkehrsfläche möglich
Manuelle Fahrten sind in der Regel nicht effektiv. Häufig werden nicht optimierte Routen gefahren, die Fahrweise ist nicht material- und energieschonend	Ein entsprechend ausgelegtes Verkehrsmanagementsystem ermöglicht optimierte Fahrwege und eine ressourcenschonende Nutzung der Fahrzeuge
Verkehrsmanagement geschieht auf Zuruf. Einzelne Verkehrsteilnehmer sind nicht lokalisierbar. Heterogene Kommunikationsstruktur. Keine Unterstützung bei der Aufdeckung von Unfällen	Lokalisierung aller Verkehrsteilnehmer auf den dafür vorgesehenen Flächen durch mobile und stationäre Sensorik. Dadurch durchgehendes Monitoring und Abbild des Systemzustandes

### Ansprechpartner SaLsA

Konsortialführung: Götting KG  
 Ansprechpartner: H.H. Götting  
 E-Mail: hg@goetting.de

Konsortialpartner: OFFIS e.V., Fraunhofer IML,  
 IFM electronic GmbH

[www.salsa-autonomik.de](http://www.salsa-autonomik.de)

## 13. simKMU – Unternehmensübergreifende, prozessintegrierte und internetbasierte Simulationsdienstleistungen für KMU



Deutsche Unternehmen verwenden immer häufiger Computersimulationen, um Auswirkungen von Veränderungen auf ein reales System zu erforschen. Simulationen leisten einen wichtigen Beitrag zur Optimierung betrieblicher Prozesse, wie beispielsweise die Planung von Produktionssystemen oder Geschäftsprozessen.

Aus Kostengründen war der Einsatz von Simulationen bislang vornehmlich Großunternehmen vorbehalten. Das Projekt simKMU hat sich auf kostengünstige, überschaubare und praxisgerechte Simulationslösungen für KMU konzentriert. Ziel war die Steigerung der Performanz und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen durch den gezielten Einsatz von Simulationen zur Planung und Steuerung operativer Prozesse.

Neben der Erforschung und Entwicklung geeigneter IT-Werkzeuge spielten insbesondere Themen wie Geschäftsprozesse und Organisationsmodelle in Unternehmen, Sicherheits- und Rechtsfragen sowie Fragen zur Akzeptanz der Lösungen bei Mitarbeitern eine wichtige Rolle.

Dazu wurden im Rahmen des Projekts simKMU Simulationsbausteine und -lösungen entwickelt und erprobt, die über eine webbasierte Plattform bereitgestellt werden. Beiträge zur Steigerung der Wertschöpfung in Unternehmen durch den Einsatz von Simulationslösungen wurden in dem Projektvorhaben quantifiziert. Es wurden Referenzmodelle geschaffen, die den Einsatz webbasierter Simulationen nachhaltig fördern. Die Themenschwerpunkte dabei waren Simu-

lationslösungen in den Bereichen Logistik, Produktionssysteme und Verfahrensabläufe sowie Geschäftsprozesse.

## Use Case

Zentrales Ergebnis des Projekts ist die prototypische Test- und Anwendungsplattform [www.simKMU.de](http://www.simKMU.de), die Anbietern von Simulationslösungen die Möglichkeit eröffnet, ihre Produkte und Dienstleistungen zu präsentieren. Bereitgestellte Fallstudien und Anwendungsbeispiele verdeutlichen den konkreten Nutzen von Simulationslösungen. Ein umfassendes Glossar bringt simulationsunerfahrenen Anwendern die Begriffswelt der Simulationen näher. KMU können auf der Plattform Anbieter und Lösungen finden und erste Beispielanwendungen sofort online ausprobieren. Die Hersteller und Anbieter von Simulationslösungen stehen den Unternehmen bei Auswahl, Erprobung und Anwendung beratend zur Seite.

## Wege zur Anwendung

Nach Abschluss des geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojekts simKMU wurde von den Mitgliedern des Projektkonsortiums unter Einbeziehung weiterer Akteure aus dem Umfeld der Simulationsbranche das Kompetenzzentrum Webbasierte Simulation (KWS) e.V. gegründet. Das KWS sorgt für den Betrieb der simKMU-Plattform sorgt und bietet seinen Mitgliedern darüber hinaus eine Reihe von Serviceleistungen, darunter insbesondere:

- Information über KMU-geeignete Simulationslösungen
- Kontaktvermittlung und Unterstützung bei der Suche nach geeigneten Anbietern

- Aufbau und Pflege von Datenbanken für Simulationsanwendungen
- Beratung, Unterstützung und Begleitung bei der Einführung von Simulationsanwendungen
- Fort- und Weiterbildung für Anwender von webbasierten Simulationsangeboten
- Mitwirkung bei der Entwicklung von Standards
- Information über einschlägige Förderprogramme sowie Koordination von Innovationsprojekten
- Zentrale Anlaufstelle rund um das Thema „mittelstandsfähige Simulationslösungen“

## Test- und Anwendungsplattform für Simulationslösungen für KMU

[www.simKMU.de](http://www.simKMU.de)

## Kompetenzzentrum Webbasierte Simulation (KWS) e.V.

c/o SDZ GmbH  
 Hauert 20  
 44227 Dortmund  
 Deutschland  
 Telefon: (0049) (0) 800 100 39 56  
 Telefax: (0049) (0) 800 100 39 57  
 E-Mail: [info@kws-simkmu.de](mailto:info@kws-simkmu.de)

[www.kws-simkmu.de](http://www.kws-simkmu.de)

## Vorteile mit simKMU

Bisher	Mit simKMU
Simulationsangebote bei KMU weitgehend unbekannt	Einheitliche Informationsplattform für KMU und Simulationsanbieter
Webgestützter Zugang nur über proprietäre Plattformen	Anbieterneutrale Plattform für den Zugang zu Simulationsanwendungen
Nur vereinzelt Show-Cases und Anwendungsbeispiele zum Einsatz von Simulationen in KMU verfügbar	Breites und wachsendes Angebot zielgruppen- bzw. branchenspezifischer Show-Cases und Anwendungsbeispiele
Nur vereinzelte Lern- und Trainingsangebote vorhanden, welche lediglich in sehr engen Wissensbereichen geführte Wissens- und Lernpfade zugänglich machen	Breites, wachsendes und vor allem methodisch strukturiert klassifiziertes Angebot zielgruppenspezifischer Coaching-Lösungs- und Simulationskataloge
Keine anbieterneutralen Lösungsvorschläge für Probleme und Aufgabenstellungen aus den Bereichen Logistik, Produktion und Geschäftsprozesse	Webbasierter und anbieterneutraler Lösungskatalog, welcher den Anwender über die Lösungsmöglichkeiten seiner Problemstellung informiert und bestehende Lösungen maßgeschneidert nutzbar macht
Keine anbieterneutrale Plattform für interdisziplinären Wissens- und Know-how-Transfer mit evolutionärer Wissenserweiterung	Anbieterneutrale Themenfelder und Simulationsprojekträume, in denen sich Anbieter und Anwender dynamisch austauschen, kommunizieren, voneinander lernen und Wissen gemeinsam erweitern
Keine anbieterneutralen Benchmarks für Branchenlösungen oder zu fachspezifischen Aufgabenstellungen aus den Bereichen Produktion, Logistik und Geschäftsprozesse	Webbasierte, mit Simulationen gestützte Benchmarking-Systeme, in denen sich die Anwender und Anbieter „an den Besten“ in Modellierungen orientieren können
Keine anbieterneutrale Beratungsplattform für webbasierte Simulationsdienstleistungen, die den Kriterien „einfach“, „eindeutig“, „sicher“ und „wirtschaftlich“ standhält	Einfach und intuitiv zu bedienende Beratungsplattform, welche eindeutige Simulationsanwendungen und Beratungsdienstleistungen fachlich und organisatorisch sicher zu wirtschaftlich akzeptablen Preisen zur Verfügung stellt

### Ansprechpartner simKMU

Konsortialführung: carat robotic innovation GmbH  
 Ansprechpartner: Dr. Gerd Grube  
 E-Mail: [gerd.grube@carat-robotic.de](mailto:gerd.grube@carat-robotic.de)  
 Konsortialpartner: Druckerei Süd Bauch GmbH & Co. KG,

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), IN-telegence GmbH, SDZ GmbH

[www.simkmu.de](http://www.simkmu.de)

## 14. smartOR – Innovative Kommunikations- und Netzwerkarchitekturen für den modular adaptierbaren integrierten OP-Saal der Zukunft



### Plug & Play im OP

Im OP-Saal kommen heute zahlreiche IT-gestützte medizintechnische Systeme zum Einsatz: für die Endoskopie, für die Planungs- und Simulation des chirurgischen Eingriffs oder für die Anästhesie. Für die Vernetzung dieser Systeme gibt es aber noch keine etablierten Standards, Entwicklungsrichtlinien und Vorgehensweisen, um jederzeit die notwendige Sicherheit und Zuverlässigkeit des Gesamtsystems zu gewährleisten. Insbesondere KMUs haben es derzeit schwer, ihre Produkte ins Gesamtsystem zu integrieren.

Im Projekt smartOR wurden deshalb innovative Konzepte für eine modulare, flexible Integration von Operationssystemen auf Basis von Internet-Technologien entwickelt. Ein Schwerpunkt lag dabei auf der technischen Umsetzbarkeit von vernetzten Medizinsystemen mit Hersteller-übergreifenden offenen Standards unter Gewährleistung eines effektiven Risikomanagements sowie einer effizienten Mensch-Maschine-Interaktion.

### Use Case

Im Projekt haben die beteiligten Partner – Kliniken, Forschungseinrichtungen und Medizintechnikhersteller – die Experimentierplattform smartOR entwickelt, mit der Konzepte für ein vernetztes System von medizintechnischen Geräten im OP demonstriert und erprobt werden können. Spritzenpumpe, Endoskop, Beatmungsgerät, Patientenmonitor und OP-Tisch verschiedener Hersteller sind über den eigens entwickelten, offenen Standard OSCB (Open Surgical Communication Bus) untereinander und mit Arbeitsplätzen (workstations) für den Anästhesisten und den Chirurgen vernetzt. Dabei werden auf den Workstations die unterschiedlichen Benutzeroberflächen der beteiligten Medizingeräte vereinheitlicht, so dass die Ärzte einen konsistenten Zugang zu allen Geräten haben. Ein Workflow-System koordiniert die beteiligten Ärzte und Geräte und automatisiert, wenn möglich, einzelne Arbeitsschritte.

## Wege zur Adaption

Mit einem offenen System wie smartOR können Kliniken statt der heute üblichen Gesamtsysteme für den OP-Raum einzelne Medizingeräte in einem vernetzten modularen System einsetzen. Die Ärzte im OP erhalten damit einen einheitlichen Zugang zu allen Operationssystemen, werden von Routinearbeiten entlastet und können sich auf ihre eigentliche chirurgische Aufgabe konzentrieren. Vor allem kleinere Kliniken, die sich die großen umfassenden OP-Systeme bislang nicht leisten

können, haben mit Systemen wie smartOR die Möglichkeit, integrierte IT-gestützte OP-Säle aufzubauen. Mittelständischen Herstellern von Medizintechnik eröffnen sich neue Wettbewerbschancen, wenn sie ihre Systeme per Plug & Play in den Gerätepark eines Operationssaals integrieren können.

Mit dem Demonstrator können Hersteller von Operationssystemen und Kliniken selbst solche integrativen Konzepte erproben und validieren.

## Vorteile mit smartOR

Bisher	Mit smartOR
Proprietäre herstellerspezifische Schnittstellen der Systeme	Demonstration der Leistungsfähigkeit standardisiert offener Schnittstellen in der OP-Vernetzung
Herstellerübergreifende Vernetzung nur in Kooperation möglich	Modulare, herstellübergreifende Vernetzung über offene Schnittstellen
Fehlende Mechanismen zur sicheren „plug&play“-Vernetzung von Systemen	Definierte Mechanismen und Sicherheitskonzepte zur „plug&play“-Vernetzung von Systemen
Herstellerindividuelle nicht standardisierte Mensch-Maschine-Interaktionskonzepte	Validierte innovative und standardisierte Mensch-Maschine-Interaktionskonzepte
Keine modulare und effiziente workflowadaptive Koordination der Informationsflüsse im OP	Zentrales dynamisches Workflow- und Informations-Management im OP
Notwendige Informationen müssen vor einer OP festgelegt, definiert und zur Verfügung gestellt werden	Situationsangepasste, ergonomisch optimierte Bereitstellung von Informationen während der OP

### Ansprechpartner smartOR

Konsortialführung: RWTH Aachen, Lehrstuhl für Medizintechnik  
 Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. Klaus Radermacher  
 E-Mail: radermacher@hia.rwth-aachen.de  
 Konsortialpartner: Lehrstuhl für Medizinische Informations-  
 technik, RWTH Aachen, VDE-DGBMT, LOCALITE GmbH,

Richard Wolf GmbH, SurgiTAIX AG, Synagon GmbH,  
 Universität Leipzig, Innovation Center Computer Assisted Surgery

[www.smartor.de](http://www.smartor.de)

## 15. viEMA – Vernetzte, informationsbasierte Einlern- und Ausführungsstrategien für autonome Montagearbeitsabläufe



### Den Wandel lernen

Der Trend zu kundenspezifischer Variantenvielfalt führt bei Herstellern und Zulieferern zu neuen Anforderungen an Montageeinrichtungen. Durch kleinere Losgrößen und wechselnde Stückzahlen erreichen klassische Automatisierungslösungen aufgrund des hohen Engineering-Aufwandes, aber auch Handplätze rasch ihre wirtschaftlichen Grenzen. Für eine wirtschaftliche Produktion sind hier neue, flexible Montagekonzepte gefragt, die je nach Situation den Wechsel von Hand- auf Automatenmontage zulassen.

### Use Case

Im Projekt viEMA wurde ein roboter- und sensorgestütztes Montagekonzept entwickelt, das sich flexibel an Veränderungen in der Produktion anpassen lässt. Die einfache, für jedes Produkt veränderbare Programmierung einer solchen flexiblen Montagezelle wird durch sogenannte Einlern- und Ausführungsstrategien ermöglicht. Dazu ist das viEMA-Robotersystem in der Lage, Werkstücke selbstständig zu erkennen und zu lokalisieren, von einer Ablage zu greifen und in eine andere Ablage bzw. einen Werkstückträger an einer vorgegebenen Position einzufügen. Dafür wird eine

leistungsfähige Objekt- und Skilldatenbank mitgeführt. Die Programmierung erfolgt intuitiv über ein grafisches Benutzerinterface direkt am Roboter. Weil hochspezialisierte Programmierkenntnisse nicht erforderlich sind, kann der Roboter von einem normalen Werker bedient werden.

Durch den speziellen, sehr anwendungsorientierten Aufbau der viEMA-Zelle ist es dem Konsortium gelungen, ein marktrelevantes Alleinstellungsmerkmal zu generieren. Endanwendern wird ermöglicht, auf engstem Raum, mit maximaler Reichweite und größtmöglicher Geschwindigkeit Handlingsaufgaben zu lösen. Das Sicherheitskonzept wurde in Abstimmung mit der Berufsgenossenschaft und dem Sicherheitsbeauftragten des Industriepartners entwickelt.

Dabei wurden beim Aufbau der viEMA-Zelle alle Richtlinien und Normen, wie die EG Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, die Norm EN ISO 13855 (Norm für Sicherheitsabstand - Annäherung), die Norm EN ISO 13857 (Norm für Sicherheitsabstand - Gliedmaße) und die Norm EN ISO 13849 (Norm für funktionale Sicherheit) eingehalten. Um die vorgegebenen Sicherheitsabstände der Richtlinien bzw. die entsprechenden Warn- und Abschaltzonen einzuhalten, wurde ein zugelassener Sick - Laserscanner integriert.

## Wege zur Anwendung

Die neuen Verfahren der Montageassistenz sind durch die Modularität und Skalierbarkeit besonders für KMUs ausgelegt. Der Aufwand für die Inbetriebnahme ist durch die technischen Ansätze (intuitive Bedienerschnittstelle, 3D-Objekterkennung und -Umwelterfassung, Skill-Datenbank sowie auch die Einlern- und Ausführungsstrategien) deutlich geringer als bei herkömmlichen Systemen. Diese Funktionalitäten wurden durch eine Werkserprobung unter echten Produktionsbedingungen beim Projektpartner Bosch evaluiert. Die positiven Ergebnisse unterstreichen die praktische Einsetzbarkeit des viEMA Konzeptes.

Das Gesamtsystem wird zukünftig durch den Konsortialpartner Faude vermarktet.

### Vorgaben der Berufsgenossenschaft zum Sicherheitssystem

Folgende Richtlinien und Normen gelten und werden eingehalten:

- EG Maschinenrichtlinie 2006/42/EG
- Norm EN ISO 13855 (Norm für Sicherheitsabstand – Annäherung)
- Norm EN ISO 13857 (Norm für Sicherheitsabstand – Gliedmaße)
- Norm EN ISO 13849 (Norm für funktionale Sicherheit)

(Erfüllt durch die Integration eines Sick – Laserscanners)

## Vorteile mit viEMA

Bisher	Mit viEMA
Programmierung von Robotern entweder durch einen Spezialisten oder nur in sehr eingeschränktem Maße durch Arbeiter ohne Fachkenntnisse	Für die intuitive Programmierung über ein grafisches Benutzeroberfläche direkt am Roboter sind keine hochspezialisierten Programmierkenntnisse erforderlich
Know-how über die Zerlegung von Arbeitsabläufen liegt nur als Spezialistenwissen vor	Erweiterbare Skill-Datenbank zur einfachen Erstellung zusammengesetzter Montagearbeitsabläufe
Funktionale, aufgabenorientierte Benutzerschnittstelle zur Programmierung von Roboteraktionen	Ergonomische, anwenderorientierte Benutzerschnittstelle zur Unterstützung der Einlern- und Ausführungsphase der Montagearbeitsabläufe
Isolierte Programmierung von Einzelaufgaben (Roboterbewegung, Objekterkennung, Greifplanung)	Integriertes, benutzerunterstützendes Assistenzsystem für das ganzheitliche Einlernen und Ausführen von Montagearbeitsabläufen
Auf Einzelaufgaben spezialisierte, ortsgebundene Lösungen	Autonomes, flexibles Montagesystem. Durch Vernetzung können programmierte Arbeitsabläufe in anderen Standorten wiederverwendet werden
Teure, oft unwirtschaftliche Spezialsysteme	Universell einsetzbares autonomes System
Aufwändige, teilweise langwierige Inbetriebnahme	Der geringere Inbetriebnahmeaufwand ermöglicht einen temporären Einsatz auch in KMUs

### Ansprechpartner viEMA

**Konsortialführung:** Forschungszentrum Informatik an der Universität Karlsruhe (FZI)  
**Ansprechpartner:** Zhixing Xue  
**E-Mail:** xue@fzi.de

**Konsortialpartner:** FAUDE Produktionsanlagen GmbH, ISRA VISION AG, Robert Bosch GmbH, Technische Universität München

[www.viema.org](http://www.viema.org)



