

# **Offene Referenzplattform für Realzeit Linux im Maschinen und Anlagenbau (RTLOpen)**

R. Kalmar  
Fraunhofer IESE  
Sauerwiesen 6  
67661 Kaiserslautern

## **Kurzfassung**

In dem Verbundprojekt RTLOpen wird auf Basis des Open Source Betriebssystems Linux eine flexible, performante, zukunftssichere und kostengünstige Referenzplattform für den mittelständischen Maschinen- und Anlagenbau erstellt. Dabei werden die besonderen Anforderungen der Anwendungsdomäne wie Realzeitanforderungen, komplexe Berechnungen, Interoperabilität, Sicherheit, Qualität, Langlebigkeit und Ausfallsicherheit berücksichtigt. Ergebnisse sind u.a. eine wiederum frei verfügbare Referenzarchitektur basierend auf einer oder mehreren Varianten von Embedded- oder Realtime-Linux Kernen, Schnittstellenspezifikationen, Kommunikations- und Austauschformaten sowie zugehörigen Entwicklungsmethoden, Techniken und Werkzeugen.

## **1. Einleitung und Vorstellung des Themenkomplexes**

### **1.1 Anforderungen für Realzeit-Betriebssysteme im Maschinenbau**

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau hält einen internationalen Wettbewerbsvorsprung insbesondere aufgrund der herausragenden Qualität seiner mechatronischen Lösungen. Die hierfür eingesetzte Technik ist für die Steuer- und Regelungsaufgaben optimiert und in diesem Punkt sehr leistungsfähig. Dabei hat der Einzug der Software-Technik zu leistungsfähigeren und wettbewerbsfähigeren Produkten geführt und die Position des deutschen Anlagen- und Maschinenbaus gefestigt. Bereits heute wird in einigen Anwendungsgebieten der größte Teil der Wertschöpfung durch den Einsatz von Informationstechnik erzielt.

Im Vergleich zur PC-Technik bietet die im Anlagen- und Maschinenbau etablierte programmierbare Steuer- und Regelungstechnik jedoch in zunehmendem Maße Nachteile bei der Interoperabilität (z.B. der Intranet-Anbindung der Maschinen), bei modernen Bedienoberflächen und bei der Implementierung von den immer wichtiger werdenden komplexen Auswertungen von Messdaten. Dazu kommt, dass die spezialisierte Hardware bis zum Faktor zehn teurer als Lösungen auf Basis von Standard-Industrie-PCs ist. Vor dem Hintergrund des hohen Wertschöpfungsanteils der Informationstechnik können hier durch

Einsatz von PC-Technologie erhebliche Wettbewerbsvorteile auf der Kostenseite wie auch bei der technischen Leistungsfähigkeit erzielt werden.

Kostengünstigen PC-Lösungen auf der Basis von Desktop-Betriebssystemen, wie sie im Maschinenbau bereits für Bedienoberflächen und zur Datenauswertung verwendet werden, fehlt jedoch die Echtzeitfähigkeit, welche für sicherheits- und zeitkritische Steuer- und Regelungsaufgaben unbedingt gegeben sein muss. Im Bereich der PC-Realzeitbetriebsysteme sind zur Zeit Linux- und Windows-NT-basierte Lösungen kommerziell verfügbar. Technische wie auch lizenzpolitische Gründe führen jedoch beim Einsatz kommerzieller Lösungen, wie z.B. von Windows-NT im Maschinen- und Anlagenbau zu Problemen und hohen Kosten. Beispielsweise machen bei größeren Stückzahlen und insbesondere kleineren eingebetteten Produkten die Lizenzkosten einen nicht unerheblichen Teil der Gesamtkosten aus. So kann der Einsatz von freier Software auch bei einem angenommenen höheren Entwicklungsaufwand schnell den eigenen Wertschöpfungsanteil steigern und zu steigenden Gewinnen führen.

Desktop-PC-Betriebssysteme unterliegen einem teuren, hochfrequenten Update-Zyklus und werden nach ca. drei bis fünf Jahren nicht mehr vom Hersteller unterstützt. Eine häufig wechselnde Lizenzpolitik der kommerziellen Hersteller macht eine längerfristige betriebswirtschaftliche Kalkulation deshalb unmöglich. Diese Situation verbietet den Einsatz kommerzieller Desktop-PC-Betriebssysteme in langlebigen Maschinen und Anlagen. Die häufigen und nicht beeinflussbaren Änderungen kommerzieller Betriebssystemanbieter oder Abkündigungen führen zu hohen Wartungskosten der Software. Open Source Software und eine Linux basierte Plattform versprechen hier mehr Sicherheit und geringe Kosten (vgl. Abbildung 1).

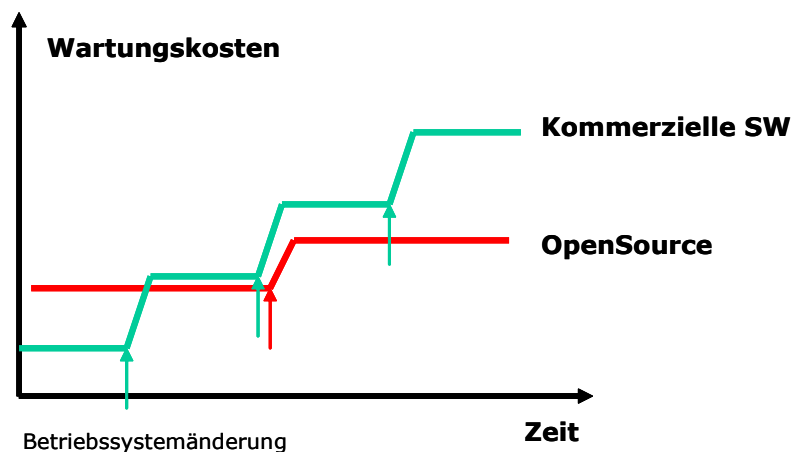


Abbildung 1: Erwartete langfristig geringere Wartungskosten durch Transparenz und größere Stabilität der Schnittstellen bei Open Source

Linux-Betriebssysteme für eingebettete und für Realzeitanwendungen werden von mindestens sechs kommerziellen Distributoren angeboten. Insgesamt stehen mindestens neun Open Source Implementierungen für den eingebetteten und den Realzeitanwendungsbereich zur Verfügung. Sie basieren jeweils auf einer von drei Möglichkeiten Realzeitfähigkeit in das

originär nicht realzeitfähige Linux einzubringen: Soft-Realtime Erweiterungen (Reaktionszeit im Millisekundenbereich), Änderungen des Schedulers (Reaktionszeit im Millisekundenbereich ohne Störung durch andere Tasks) oder Dual-Kernel-Architekturen (Reaktionszeit im Mikrosekundenbereich, ungestört von anderen Tasks). Neben der reinen Verfügbarkeit einer Betriebssystemplattform ist das Vorhandensein entsprechender Software-Werkzeuge, sowie einer Reihe von standardisierten und frei verfügbaren Treibern für industrieübliche Sensorik und Aktorik und für Kommunikationsaufgaben, unabdingbar für einen breiten industriellen Einsatz. Gerade hier bestehen noch erhebliche Defizite, die im Rahmen des Projekts RTLOpen beseitigt werden sollen. Im Bereich der eingebetteten und Realzeitanwendungen ist seit ca. zwei Jahren ein rasch wachsender Markt entstanden, welcher Linux in kurzer Zeit zu der wichtigsten Plattform hat werden lassen. Die Fülle der schon heute verfügbaren Geräte, Schnittstellen und Software, sowie die kommenden Fortschritte in der PC Technik (Hardware und Software) auf Basis von Open Source, sollen durch dieses Projekt unmittelbar für den Anlagen- und Maschinenbau nutzbar gemacht werden.

## 1.2 Projektziele

Vor dem Hintergrund der in der Einleitung dargestellten Zusammenhänge erscheint eine auf Linux basierte Open Source-Initiative strategisch sinnvoll und wirtschaftlich notwendig, um die Position der deutschen Maschinen- und Anlagenbauer zu untermauern und langfristig zu sichern. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung wird deshalb im Rahmen des Projekts RTLOpen im Zeitraum 01/2004 bis 12/2006 die professionelle Verwendung einer Open Source-Lösung für mechatronische Aufgaben evaluiert und pilotiert. Die wissenschaftlichen Ziele des Projekts RTLOpen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

*Identifikation, Bereitstellung, Evaluierung, Dokumentation und Verfügbarmachen einer industriell nutzbaren Softwareplattform für performante mechatronische Systemlösungen.*

Diese Plattform muss den folgenden Randbedingungen genügen:

- Garantierte Echtzeitfähigkeit
- Unterstützung mehrerer Mess- und Steuerkanäle zur Ansteuerung von Gewerken
- Industriebus-Fähigkeit
- Netzwerkfähigkeit (Integration in Unternehmensnetze, z.B. Logistiknetze, Fernsteuerung und Überwachung)
- Basierend auf einem frei verfügbaren, stabilen und flexiblen Betriebssystem
- Flankiert von einem Satz moderner Methoden, Techniken und Werkzeugen zur Software-Erstellung.

Die Herausforderungen des Projekts liegen in der Kombination und Ergänzung existierender freier Software-Werkzeuge und Linux-Erweiterungen, sowie der Unterlegung der Softwareplattform mit einer geeigneten Vorgehensweise für den Maschinenbau. Des Weiteren fehlen empirische Aussagen zum Einsatz von Open Source-Lösungen in der Branche.

### **1.3 Motivation und Ziele der Projektpartner**

Das Projekt wird von vier Projektpartnern, davon drei Industriepartnern aus dem Maschinen- und Anlagenbau, bearbeitet: der BERGHOF Automationstechnik GmbH aus Eningen, der Hofmann Maschinen- und Anlagenbau GmbH aus Worms, der VisionTools GmbH aus Waghäusel und dem Fraunhofer Institut für Experimentelles Software Engineering (IESE) aus Kaiserslautern (Projektleitung).

#### **BERGHOF Automationstechnik**

Die BERGHOF Automationstechnik GmbH, ein Unternehmen der mittelständischen BERGHOF Gruppe, bietet Komponenten und Systeme sowie Projektleistungen für den Maschinen- und Anlagenbau an. Es werden eigene Steuerungs- und Visualisierungssysteme entwickelt, gefertigt und vertrieben. Dabei werden Hard- und Software im Wesentlichen selbst entwickelt.

Die Firma BERGHOF versteht sich als Komponenten- und Lösungsanbieter für den Maschinen- und Anlagenbau, wobei kaum technologische Spezialisierungen bestehen. Ziel der Arbeit ist es daher, möglichst offene, technologie-unabhängige und branchenübergreifende Lösungen zur Verfügung zu haben, um eine breite Kundenbasis aufzubauen und hochgradig kompetent bedienen zu können. Zu einer kompetenten Bedienung gehört natürlich auch eine attraktive Preisgestaltung, was ebenfalls ein wichtiges Argument für die Nutzung von GNU/Linux als Systembasis ist.

Aus Sicht des internen Systemverständnisses von BERGHOF besteht außerdem das Ziel, eine Technologie-Plattform zu realisieren, welche perspektivisch möglichst Hardware-unabhängig ist, d. h. die mit möglichst überschaubarem Engineering-Aufwand auf neue Hardware-Plattformen adaptiert bzw. portiert werden kann. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass BERGHOF als kleines Unternehmen im Regelfall keinerlei Möglichkeiten hat, Einfluss auf die Abkündigung zentraler Bauteile, wie z. B. Prozessoren, auszuüben. Dies hat in der Vergangenheit oft hohe Kosten verursacht, indem größere Mengen von abgekündigten Bauelementen auf Lager gehalten werden mussten, um zumindest für eine Übergangszeit die Lieferfähigkeit sicherstellen zu können. Eine offene Plattform könnte hier die operative Liquidität deutlich verbessern, da derartige strategische Investitionsbindungen in der Zukunft dann entfallen bzw. auf ein Minimum reduziert würden.

#### **Hofmann Maschinen- und Anlagenbau**

Die Hofmann Maschinen- und Anlagenbau GmbH ist im Bereich der automatischen Radmontage-, Wucht- und Prüflinien für die europäische Automobil- und Reifenindustrie Marktführer und baut ihre Position kontinuierlich durch konsequente Innovation aus. So liefert Hofmann beispielsweise weltweit die einzige roboterbasierte Radauswuchtmaschine, die einen automatischen Wuchtausgleich mit unterschiedlichen Auswuchtgewichten (Klebegewichte, zweiteilige Gewichte, etc.) bei besonders designorientierten Rad-/Reifenkombinationen ermöglicht und gestattet.

Hoch automatisierte Montage-, Prüf- und Wuchtmaschinen mit kürzesten Taktzeiten, hochgenauen Instrumenten und Integration in IT-Netzwerke verlangen seitens Hofmann eine hohe

Kompetenz im Software-Engineering-Bereich. Hierbei spielen Software-Entwicklungsplattformen und -werkzeuge eine Schlüsselrolle für leistungsfähige Maschinen und Anlagen. Hofmann benötigt eine flexible und offene Entwicklungsplattform und -Umgebung für leistungsfähige Echtzeitanwendungen in Mess- und Produktionsmaschinen und -Anlagen für die Automobil- und Reifenindustrie. Die Vorteile liegen vorwiegend in der Flexibilität, Transparenz, Wirtschaftlichkeit und der auch zukünftig wachsenden Leistungsfähigkeit der PC-Systeme.

### **Vision Tools**

Vision Tools ist ein mittelständisches Unternehmen der Bildverarbeitung, insbesondere für den Automobilbau, Automobilzulieferer, und Automobilausrüster, d.h. Maschinenbau und Anlagenbau. Hierbei werden Aufgaben der optischen Vollständigkeitskontrolle, Werkstückidentifikation, Schrift- und Codeerkennung (Klarschrift, ICR, 1D, 2D) sowie der Oberflächeninspektion von Teilen und optischen Qualitätsprüfungen übernommen. Darüber hinaus werden 2D- und 3D- Vermessungssysteme erfolgreich im Markt eingesetzt sowie verschiedene Aufgaben im Bereich der Robot Vision neu erschlossen. Hierfür sind sehr leistungsfähige und flexible Mess- und Datenverarbeitungssysteme erforderlich. Die zur Zeit proprietären Systeme schränken die Realzeitfähigkeiten stark ein und stellen den Applikationen keine ausreichende Flexibilität und Leistung zur Verfügung.

Im Rahmen des Projekts wird Vision Tools seine Kompetenzen in der Spezifikation, Realisierung und Umsetzung leistungsfähiger Echtzeitsysteme einbringen. Vision Tools als Experte im Bereich Software-Systementwicklung für industrielle Bildanalyse-Software bringt seine hohen Leistungsanforderungen an Realtime Funktionen ein.

### **Fraunhofer IESE**

Das Fraunhofer Institut für Experimentelles Software Engineering (Fh IESE) wurde 1996 als erste Einrichtung der Fraunhofer Gesellschaft für Angewandte Forschung in Rheinland-Pfalz gegründet. Es hat sich in kurzer Zeit zu einem international führenden Kompetenzzentrum für Software Engineering entwickelt.

Das Institut bringt Erfahrungen im Bereich der Definition und Bewertung von Referenz-Architekturen für Produktlinien und in der komponentenorientierten Software-Entwicklung ein. Insbesondere kümmert sich das Fraunhofer IESE um die Aufarbeitung des „State-of-the-Art“ und von Grundlagenwissen, besonders in Hinblick auf Architektur, Software Engineering Praktiken und Methoden, Modellierung und Testen. Über die vielfältigen Kundenkontakte und die Einbindung in die Forschungscommunity wird die Aktualität und Relevanz der Projektergebnisse kontrolliert und sichergestellt.

## **2. Projektstatus**

Das Projekt RTLOpen startete im Januar 2004 und wird nach dreijähriger Laufzeit Ende 2006 abgeschlossen sein.

## 2.1 Vorgehensweise

Im Rahmen des Projektes werden zunächst die Anforderungen aus den Anwendungsbereichen der Projektpartner konkretisiert und eine Bewertung der verfügbaren Realzeit Betriebssystemvarianten auf Linux-Basis, sowie die Entwicklung unterstützende Software-Werkzeuge vorgenommen. Basierend auf den Ergebnissen wird die RTLOpen Software-Referenzplattform definiert und zusammengestellt. Etwaige Lücken, z.B. bei der Werkzeugkette oder der Dokumentation werden nach Möglichkeit geschlossen. Die Software-Referenzplattform wird komplettiert durch eine dokumentierte Vorgehensweise zur komponentenorientierten Entwicklung von Software im Maschinenbau.

Referenzplattform und Vorgehensweise werden von den Industriepartnern im Projekt an je einem Produkt pilotiert: BERGHOF beabsichtigt eine Steuerungsplattform vom Betriebssystem VRTX auf GNU/Linux umzustellen, bei Hofmann Maschinen soll Messen, Steuern und Datenauswertung für eine Reifen-Prüfmaschine auf Basis von Realtime-Linux bewerkstelligt werden und VisionTools möchte die Verwendung von Linux bei einem Bildverarbeitungssystem pilotieren. Zusätzlich zu diesen drei Prototypen wird das Fraunhofer IESE einen Projekt-Demonstrator erstellen, der die Prinzipien der Software-Entwicklung von Realzeit-Systemen unter Verwendung einer Open Source-Lösung demonstriert, und dessen Dokumentation wie auch die Referenzplattform frei verfügbar gemacht werden.

Neben Veröffentlichungen in Fachmagazinen, auf Anwenderkonferenzen oder in Arbeitskreisen (wie z.B. des Verbands der Investitionsgüterindustrie, VDMA) werden die Projektergebnisse über das Internet unter [www.open-realtime-linux.de](http://www.open-realtime-linux.de) verbreitet. Schließlich soll die langfristige Verfügbarkeit der Plattform möglichst über einen externen Distributor sichergestellt werden.

## 2.2 Aktueller Projektstatus

In den ersten Monaten des Projekts wurden von den Projektpartnern im Rahmen des ersten Arbeitspakets Anforderungen definiert und der Markt hinsichtlich des Angebots an freien Realzeit-Systemen auf Open Source-Basis sondiert. Im nächsten Schritt werden Toolkette und Referenzplattform auf Basis dieser Erhebung definiert. Parallel erfolgen eine Planung der Entwicklung der Prototypen bei den einzelnen Anwendungspartnern, sowie der Entwurf des Projekt-Demonstrators.

## 2.3 Erste Ergebnisse

Das erste Arbeitspaket zur Erhebung der Anforderungen und Erfassung des Marktes ist nahezu abgeschlossen. Die Ergebnisse bestätigten und erweiterten die vorhandenen Kenntnisse der Partner: Die Unterstützung von Realzeit-Anwendungen liegt nicht im Hauptfokus der allgemeinen Linux-Entwicklung. Zwar wurde die Preemptivität von Linux 2.6 gegenüber früheren Versionen gesteigert, harten Echtzeitanforderungen genügt er jedoch nicht. Im Betriebssystemkern existieren längere kritische Abschnitte mit Preemptionsperren. Distributoren klassischer Linux-Pakete, wie Debian<sup>1</sup> oder SuSE<sup>2</sup> unterstützen außerdem keine Realtime-

---

<sup>1</sup> <http://www.debian.org/>

Erweiterungen oder haben sich sogar aktiv wieder aus entsprechenden Aktivitäten zurückgezogen (RedHat<sup>3</sup>). Derzeit müssen deshalb die frei verfügbaren und recht ausgereiften Echtzeiterweiterungen wie RTAI [RTAI] oder RT-Linux [RT-Lin] noch getrennt in das eigentliche Betriebssystem „gepatcht“ und selbst übersetzt und installiert werden. Zwar existieren mit MontaVista, Sysgo oder FSMLabs Firmen, die fertige Pakete vermarkten und insbesondere mit erweiterter Werkzeugunterstützung auf den eingebetteten und – zum Teil – Realzeit-Markt eingehen, jedoch schlagen Sie mit Kosten bis zu 15.000,- € pro Entwicklungslizenz und Jahr (MontaVista) zu buche. Hier bietet die deutsche Firma Sysgo mit Ihrem ElinOS 3.0 das preislich attraktivste Angebot (2000,- €).

Bei der Software-Werkzeugunterstützung ergibt sich die größte Lücke zwischen freien und kommerziellen Anbietern. Deshalb ist hier die Ergebnisfindung auch noch nicht abgeschlossen. Gegebenenfalls ist es effektiver und effizienter, für bestimmte Entwicklungstätigkeiten auf kostengünstige und ausgereifte Lösungen aus der Windows-Welt zurückzugreifen und Linux lediglich als Zielsystem zu verwenden. Die „RTLOpen Realzeit-Linux Distribution“ soll eine Entwicklung auch ohne externe Mittel unterstützen, im Projekt wird aber auch dem Wirtschaftlichkeitsaspekt große Bedeutung beigemessen, so dass auch die Entwicklung der Prototypen möglichst risikofrei, kosteneffektiv und langlebig ausgelegt ist.

In der Software-Referenzplattform wird RTLOpen auf der RTAI-Erweiterung aufsetzen, da sie die stabilste Implementierung bietet und auch hinsichtlich Verbreitung und POSIX-Konformität den Anforderungen genügt. Zudem unterliegt sie keiner kostenpflichtigen Lizenz.

Bei der Vorgehensweise wird sich RTLOpen an den Ergebnissen des BMBF-Projekts ProMIS [ProMIS] orientieren und diese bezüglich der softwaretechnischen Anforderungen aus dem Projekt und modernen komponentenorientierten Methoden wie der ebenfalls in einem früheren BMBF-Projekt geförderten Kobra-Methode [Kobra] erweitern.

Existierende Verbände und Interessensgruppen wie der LIVE Linux Verband e.V. sollen intensiv zum Ideenaustausch und Verbreitung der Ergebnisse genutzt werden. Zur Bekanntgabe der Ergebnisse wurde eine Webseite unter <http://www.open-realtime-linux.de> aufgesetzt.

### **3. Erfahrungen und Bewertungen**

Im Rahmen der Erhebung der Anforderungen haben die Anwendungspartner im Projekt eine Bestandsaufnahme der Anforderungen an eine offene Referenzplattform gemacht und erste Erfahrungen mit Linux einfließen lassen. Hierbei wurde festgestellt, dass GNU/Linux sich prinzipiell als Betriebssystemarchitektur für den deutschen Anlagen und Maschinenbau eignet und den Hauptanforderungen der einzelnen Partner, die diese Domäne repräsentieren, gerecht wird.

In der Anforderungsphase wurden insbesondere die Änderungen und Unterschiede zu den bisher verwendeten Lösungen der Partner kritisch betrachtet. Beispielsweise wurde angemerkt, dass die Linux-Echtzeiterweiterung selbst von der Komplexität mit einem Standard-

---

<sup>2</sup> <http://www.suse.de/>

<sup>3</sup> <http://www.redhat.com/>

Echtzeitbetriebssystem zu vergleichen ist. Es sind darüber hinaus aber fundierte Linux-Kenntnisse zur Installation, Konfiguration und insbesondere für die Applikationsentwicklung notwendig. Von besonderer Bedeutung für die Messtechnik, aber auch für die Entwicklung kleinerer eingebetteter Systeme sind die Analyse-, Monitoring und Debugging-Werkzeuge, die bei Open Source-Echtzeit-Linux-Varianten in nicht ausreichendem Umfang zur Verfügung stehen.

Es wurden die folgenden Risiken und Aspekte, die zu Mehraufwand führen können, identifiziert, und die bei der Einführung eines freien Betriebssystems und der notwendigen Software zum Betrieb eine Rolle spielen:

- Literatur oder Schulungen sind wenig verfügbar, so dass mit einem erhöhten Einarbeitungs- und Trainingsaufwand zu rechnen ist.
- Es fehlt bei nicht-kommerziellen Linux-Angeboten der professionelle Support. Die Qualität und Reaktionszeit bei Problemen durch die Nutzer-Gemeinde über Foren o.ä. im Internet ist abhängig von Größe und Organisation der Community.
- Die Verfügbarkeit von Treibern für spezielle Hardware, wie beispielsweise Signalprozessoren, ist im Einzelfall nicht gegeben. Hier muss sich zeigen, wie leicht eigene Linux-Treiber zu entwickeln und einzubinden sind bzw. wann und unter welchen Umständen Hersteller verstärkt den Linux-Markt bedienen.
- Freie Software-Werkzeuge, die die besonderen Anforderungen zur Entwicklung eingebetteter Software unter Realzeit-Bedingungen unterstützt, sind zwar vorhanden, kennzeichnen sich aber durch geringere Benutzerfreundlichkeit, als dies von den kommerziellen Echtzeit-Betriebssystem-Plattformen bekannt ist, bzw. als Standard propagiert wird.
- Aufgrund der verschiedenen Distributionen, sowie Konzepten bei echtzeitfähigen Betriebssystemen kann es zu zusätzlichem Aufwand zur Anpassung von Hard- und Software-Komponenten kommen.

Insgesamt betrachtet wird dieser Mehraufwand durch die geringeren oder nicht vorhandenen Lizenzkosten wieder relativiert. Ebenso ist man aufgrund der Verfügbarkeit des Betriebssystem-Quellcodes nicht auf einen dritten Hersteller angewiesen um spezielle Peripherie in ein System einzubinden. Erleichternd kommt hinzu, dass durch die Verfügbarkeit aller Quellcodes eine Abkündigung einer Betriebssystemplattform in Zukunft keine große Rolle mehr spielen wird. Genaue Ergebnisse zu den einzelnen Punkten werden im Rahmen der Prototypentwicklung im Projekt gesammelt.

## **4. Ausblick**

Es wird erwartet, dass verschiedenste Anwendergruppen von Ergebnissen aus RTLOpen profitieren werden. Begründet werden kann dies aus der erwarteten Konkurrenzfähigkeit des Ansatzes, welcher mit RTLOpen verfolgt wird. Der Vorteil der RTLOpen-Plattform liegt dabei u.a. in den folgenden Punkten:

- RTLOpen ist als Referenzplattform direkt für den Maschinen- und Anlagenbau verwendbar.
- Durch die Verwendung von Open Source ergibt sich ein Kostenvorteil im Vergleich zu alternativen Lösungen.
- Der Anwender befindet sich in keiner Abhängigkeit von einem Anbieter.
- Durch die Offenheit der Plattform ist ein vielschichtiges Angebot von Zusatzmodulen unterschiedlicher Herkunft verfügbar.
- GNU/Linux als wichtigstes Open Source Betriebssystem ist ein bekanntermaßen sicheres, stabiles und beständiges System.
- Es ist ein allgemeiner Trend hin zu Open Source basierten Systemen zu beobachten, was Akzeptanz und Nachfrage fördert.

Für den Anwender bedeutet die Verwendung der RTLOpen-Plattform, eine wissenschaftlich fundierte und unter Industriebedingungen getestete Referenzlösung zu bekommen, die unterschiedlichste Facetten des Einsatzes von Linux-basierter Rechnertechnik samt Software und zugehöriger Werkzeuge in Automatisierungssystemen abdeckt. Da die RTLOpen-Referenzarchitektur frei verfügbar sein wird, reduzieren sich die Produktkosten beim Einsatz dieser Lösung erheblich. Aus diesen Gründen erwarten die Konsortialpartner eine gute Resonanz bei den Maschinen- und Anlagenbauern in Deutschland, die durch den Einsatz der RTLOpen-Plattform Stückkosten senken, den Innovationsgrad ihrer Produkte erhöhen und somit letztlich konkurrenzfähiger am Markt agieren können.

## 5. Referenzen

- [RTAI] Realtime Linux Application Interface, RTAI Community Projekt Homepage: <http://www.aero.polimi.it/~rtai/>
- [RT-Lin] RTLinuxFree OpenSource Realtime Erweiterung, FSMLabs Inc. New Mexico, <http://www.fsmlabs.com/products/openrtlinux/>
- [KobrA] Atkinson, et. al., *Component-Based Product Line Engineering with UML*, Addison-Wesley, 2001.
- [ProMIS] BMBF-Projekt ProMIS, *Projektmanagement für Interdisziplinäre Systementwicklung*, Förderkennzeichen 02PP1010, <http://www.ipromis.de/>