



© IUTA

# Flexible Automationskonzepte für das analytische Labor

Kollaborative Robotik führt zu mehr Effizienz

Manuel Textor<sup>1</sup>, Kjell Kochale<sup>1</sup>, Thorsten Teutenberg<sup>1</sup>

**F**lexible Automation im analytischen Labor hat das Potential, qualifiziertes Labormpersonal von repetitiven Handhabungsaufgaben zu befreien und die Produktivität sowie die Arbeitssicherheit zu erhöhen. Die Kombination von intuitiver Roboterprogrammierung, einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) und Rapid Prototyping mittels 3D-Druck ermöglicht adaptierbare Automationskonzepte.

Flexible Automatisierungskonzepte haben nicht nur die traditionelle Fertigungsbranche erfasst, sondern nehmen auch Einfluss auf den Bereich der Laborautomatisierung. Die Vorteile der Automatisierung von Laboren sehen Gerätehersteller unter anderem in der Verbesserung der Datenintegrität und des Arbeitsschutzes, der höheren Reproduzierbarkeit von Messergebnissen sowie der Arbeitsentlastung der Mitarbeitenden [1]. Darüber hinaus resultieren Kosteneinsparungen, wenn zeitaufwendige manuelle Laborprozesse voll-

ständig automatisiert werden. Viele Labore stehen jedoch vor der Herausforderung, dass konventionelle Automatisierungslösungen nicht flexibel genug sind, um wechselnden Anforderungen gerecht zu werden.

## Das ZIM-Projekt iHexagon

Im Kontext des ZIM-Projektes iHexagon widmet sich das Institut für Umwelt & Energie, Technik & Analytik (IUTA) der Entwicklung eines praxistauglichen Verfahrens für den universellen Einsatz von kollaborierenden Robotern (Cobots) in analytischen Laboren. Das IUTA konzentriert sich dabei auf die Evaluierung der generellen Eignung von Cobots zur Automatisierung hochgradig manueller Arbeitsschritte. Hierbei wird untersucht, inwieweit Cobots effizient in diese Arbeitsabläufe integriert werden können. Der Cobot soll darüber hinaus in der Lage sein, Proben eigenständig zu transportieren

und an verschiedene Analyse- und Probenvorbereitungsstationen zu übergeben. Ein zentrales Ziel des Projektes ist die selbstständige Programmierung des Cobots durch die Labormitarbeiter beziehungsweise die Domänenexperten. Dies inkludiert auch die Programmierung einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS), die den Informations- und Datenaustausch zwischen den Cobots, den Automatisierungsstationen und einem Labor-Ausführungssystem (LES, Laboratory Execution System) sicherstellt. Das LES wiederum steuert die übrigen Laborgeräte, sodass ein vollvernetztes System erreicht wird.

## Intuitive Roboterprogrammierung

Das Programmieren eines Roboters in seinem nativen Programmiercode erfordert umfangreiche Fachexpertise. Außerdem gestaltet sich die Anpassung von Bewegungsabläufen als



*Flexible Automation im analytischen Labor hat das Potential, qualifiziertes Laborpersonal von repetitiven Handhabungsaufgaben zu befreien und die Produktivität sowie die Arbeitssicherheit zu erhöhen.*

unflexibel und aufwendig, wenn ein Roboter als integraler Bestandteil in einer Automatisierungsstation verbaut ist. Um die Bewegungsabläufe eines Roboters flexibel an einen geänderten analytischen Workflow anzupassen und somit den Einstieg in die Programmierung für Domänenexperten zu erleichtern, bieten sich herstellerunabhängige Softwarelösungen an, die sich durch einen intuitiven Programmieransatz auszeichnen. Ein Anbieter solcher Lösungen ist unter anderem die Firma ArtiMinds Robotics mit ihrer entwickelten Robot Programming Suite (RPS). Die Software bietet eine nahtlose Verknüpfung von Online- und Offline-Programmierung, wodurch die Programmierung im Teach-In-Verfahren in der RPS systematisch und aufgrund einer Vielzahl vorprogrammierter Bausteine (Templates) schnell umsetzbar ist [2]. Dazu kann der Nutzer Bausteine aus einem breiten Spektrum, welches von Handhabungsaufgaben bis hin zu komplexen Suchbewegungen reicht, auswählen.

Im Kontext des iHexagon-Projektes wurde eine automatische Dispenserstation entwickelt. Anhand der in Abbildung 1 dargestellten Station wird die Roboter- und SPS-Programmierung, sowie das Prinzip des Rapid Prototyping erklärt. In diesem konkreten Beispiel musste zunächst das Greifen einer Schraubdeckeldose aus einer Halterung automatisiert werden. Dazu wurde der „Grasp“-Baustein verwendet, bei dem der Roboter sich an das Gefäß annähert, zugreift und dieses entnimmt. Mit dem „Move-to-State“-Baustein wurde das Gefäß anschließend in eine Dispenserstation bewegt. Zuletzt wurde mit einem „Open-Gripper“-Baustein der Greifer geöffnet und mit einem erneuten „Move-to-State“-Baustein bewegt sich der Roboter aus dem Dispensierbereich. Abschließend wurde mittels „Digital-I/O“-Baustein ein Signal an die Dispenserstation gegeben, sodass der eigentliche Dosierprozess starten konnte.

Der oben beschriebene Ablauf wurde in der Software per Drag-and-Drop der vorprogrammierten Bausteine zusammengestellt. Die einzelnen Bausteine lassen sich mithilfe eines Wizards parametrisieren. Dies kann Online durch das Manipulieren beziehungsweise Bewegen des realen Roboters oder Offline durch das Bewegen eines virtuellen Abbildes in der RPS erfol-

gen. Die Templates werden aus der Bibliothek per Drag-and-Drop zu einem Gesamtprogramm verknüpft. Nach Abschluss des Teach-in Verfahrens wird der Ablauf in der RPS simuliert, um Kollisionen zu vermeiden. Im Anschluss wird das Programm automatisch in den nativen Quellcode übersetzt und auf den Roboter übertragen. Durch die Kombination von vorgefertigten Bausteinen, intuitivem Teach-In-Verfahren und einer umfangreichen Simulation können komplexe Bewegungsabläufe schnell und sicher realisiert werden. Darüber hinaus lassen sich mit der RPS insbesondere auch kraftsensitive Prozesse einfach realisieren, was ein wesentlicher Aspekt hinsichtlich Robustheit und Fehlertoleranz in der Laborautomatisierung ist.

SPS als Steuerung im Labor

Ein Automatisierungsaufbau im Labor besteht aus Robotern und vielfältigen Peripheriegeräten wie zum Beispiel Schüttelmodulen, Capping-/Decapping-Modulen



© IUTA

Abb. 1: Die automatische Dispenserstation. Eine motorisierte Gewindespindel (1) wird durch einen Motortreiber (2) angesteuert und erzeugt eine Hubbewegung, die über eine Halterungsschelle (3) mit einem Dispenser (4) verbunden ist und den Hub überträgt. Somit kann ein automatisiertes Dispensieren realisiert werden.

und Dispensern. Diese unterstützen wichtige Laborprozesse und erfordern eine effiziente Interaktion und Koordination durch eine zentrale Steuerung (Orchestrierung). Die meisten Roboter haben integrierte Steu-

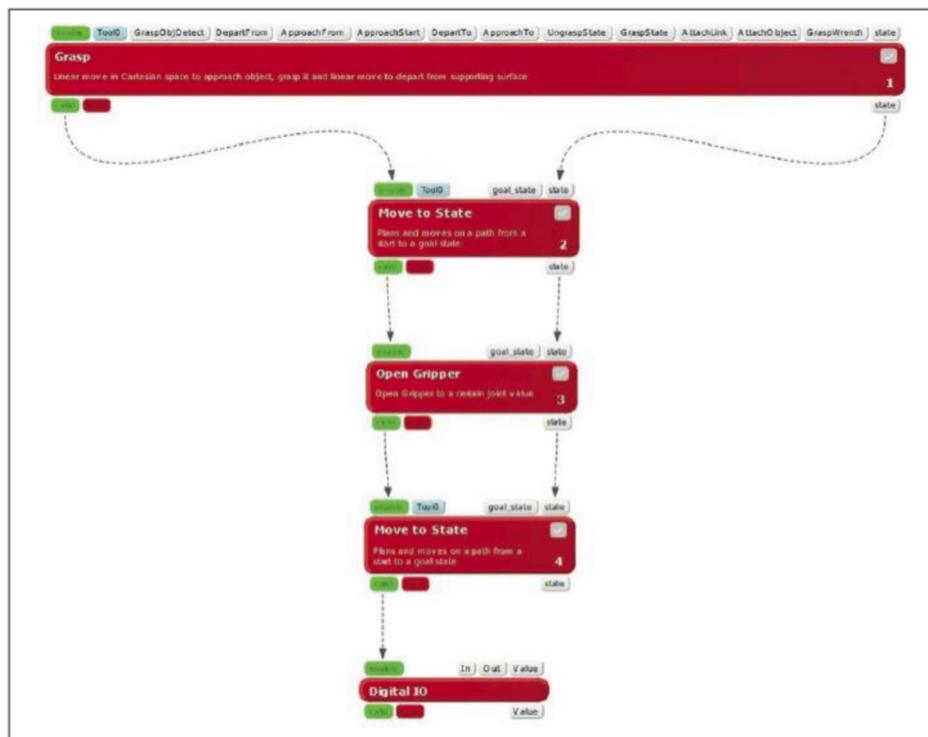


Abb. 2: Die ArtiMinds-Programmierung.

erungen, die Peripheriegeräte über I/O-Bausteine ansteuern können. In der Laborumgebung zeigen sich häufig Einschränkungen aufgrund der Aufgabenkomplexität. Eine SPS ist daher eine ideale Lösung zur flexiblen Automatisierung des analytischen Labors.

Eine SPS verfügt über digitale und analoge Ein- und Ausgangsbaugruppen sowie über verschiedene Hardware-Schnittstellen. Über diese Schnittstellen kann mittels unterschiedlicher Protokolle, wie zum Beispiel Profinet und / oder OPC-UA, die nahtlose Integration und Kommunikation mit anderen Geräten realisiert werden. Durch ihre modulare Bauweise können flexible Anpassungen an die jeweiligen Anwendungsfälle, beispielsweise durch Erweiterung mit Ein- und Ausgangsmodulen, vorgenommen werden. Ein WLAN-Modul ermöglicht zudem Fernzugriff, was die Flexibilität durch Ortsunabhängigkeit steigert. Siemens ist ein Anbieter von speicherprogrammierbaren Steuerungen. Bei Siemens-Geräten erfolgt die Programmierung der SPS im sogenannten „Totally Integrated Automation (TIA) Portal“. Dies ist eine integrierte Engineering-Softwareumgebung, die speziell für die Programmierung, Konfiguration und Überwachung der SPS entwickelt wurde. Im TIA-Portal stehen die Programmiersprachen KOP (Kontaktplan), FUP (Funktionsplan), AWL (Anweisungsliste), S7-Graph (Schrittkettenprogrammierung) und SCL (Structured Control Language) zur Verfügung, was den Anwendern Flexibilität bietet und es ihnen ermöglicht, diejenige Sprache auszuwählen, die am besten ihren individuellen Kenntnissen, Vorlieben und den spezifischen Anforderungen des Automatisierungsprojektes entspricht [3].

Das Plugin „ArTIA“ wurde in einer Kooperation zwischen ArtiMinds und Siemens entwickelt. Mithilfe dieses Plugins ist es möglich, einzelne Programme aus der RPS direkt in die SPS zu übertragen und von dort aus zu steuern. Die fehleranfällige

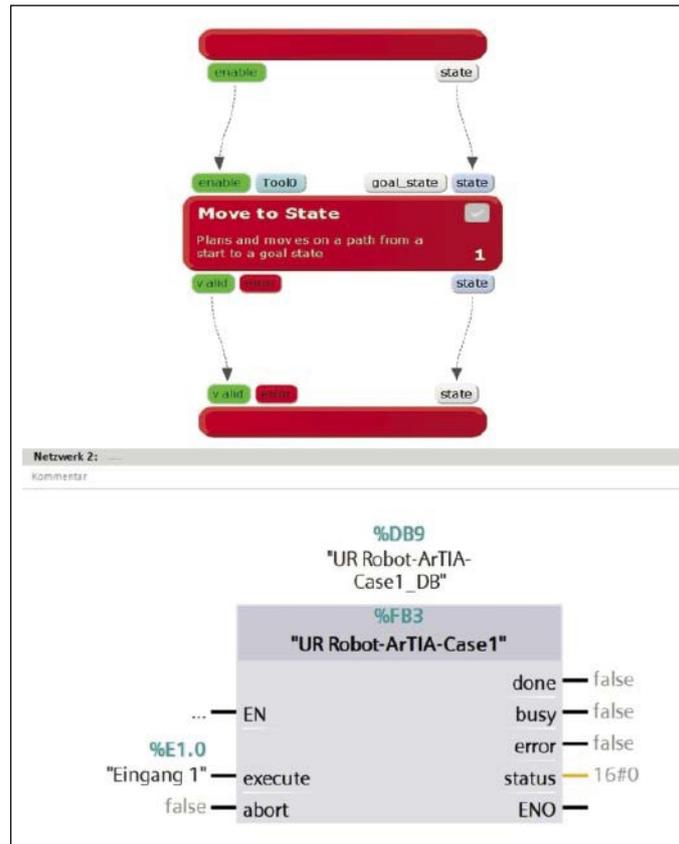


Abb. 3: Definition des Unterprogramms „Case 1“ in ArtiMinds (oben) und Ansteuerung des Unterprogrammes „Case 1“ im TIA-Portal (unten). Nach der Übertragung des ArtiMinds-Programmes in das TIA-Portal werden die Unterprogramme als Funktionsblock erzeugt.

und arbeitsaufwendige Schnittstellenprogrammierung, zwischen SPS und Roboter, findet komplett automatisch statt. Durch die nahtlose Integration von RPS mit der SPS wird die Zusammenarbeit von Roboter und Peripheriegeräten optimiert und es können darüber hinaus beliebige weitere Nutzdaten ausgetauscht werden. Bei der in Abbildung 1 beschriebenen Dispenserstation erfolgt somit nach der Automatisierung des Bewegungsablaufs des Roboters die Integration in die SPS. Die SPS übernimmt dann den Start einer Linearführung, die den Hub des Dispensers ausführt und startet nach Beendigung des Hubs den nächsten ArtiMinds-Prozess (siehe Abb. 2 und 3). Die Verwendung der SPS als zentrale Steuerung bietet eine hohe Flexibilität, um die verschiedenen Geräte im Automatisierungsaufbau miteinander zu synchronisieren und einen reibungslosen Ablauf der Laborprozesse

zu gewährleisten. Eine solche Umsetzung eines Automationsprozesses kann ohne tiefgreifende Programmierkenntnisse erreicht werden.

### Rapid Prototyping mittels additiver Fertigung und Mikrocontrollern

Additive Fertigung auf Basis des Fused Layer Modelling (FLM, dt. Schmelzschichtung) hat sich als vielversprechende Technologie im Bereich des Rapid Prototyping etabliert. In analytischen Laboren finden sich zahlreiche Objekte mit unterschiedlichen Geometrien, Steifigkeiten und Materialien wie Racks, Spritzen und Schraubdeckeldosen. Diese müssen beispielsweise durch unterschiedliche Endeffektoren gegriffen und in diversen Halterungen aufbewahrt werden. Zur Erschaffung dieser Objekte bietet sich die additive Fertigung mittels FLM an, da sie im Vergleich zu her-

kömmlichen Fertigungsverfahren eine schnelle und kostengünstige Produktion von Bauteilen ermöglicht. Besonders die Flexibilität dieser Technologie ermöglicht die Herstellung individueller und anpassbarer Objekte für den Einsatz in Laboren. Ein vielfältiges Angebot an Kunststoffen mit unterschiedlichen Materialkennwerten ist kommerziell verfügbar. Dadurch können Bauteile hergestellt werden, die den Anforderungen an Festigkeit und chemischer Beständigkeit entsprechen.

Der Bau eines Prototyps kann auch die Entwicklung einzelner automatisierter Stationen umfassen. Dies schließt die Fertigung von Halterungen, Einhausungen und weiteren notwendigen Objekten mittels additiver Fertigung ein. So musste für die Dispenserstation beispielsweise eine Schelle gefertigt werden, die den Hub der Gewindespindel auf den Dispenser überträgt. Dem vorangestellt ist ein Simulations- und Design-Prozess in CAD-Programmen, wie beispielsweise den kostenfreien Programmen FreeCAD oder Tinkercad sowie das Prozessieren der virtuellen Objekte für den 3D-Drucker mittels Open-Source Slicer Software wie beispielsweise Cura oder PrusaSlicer.

Im Rahmen des Prototypenbaus werden Mikrocontroller wie Raspberry Pi oder Arduino UNO zur Ansteuerung von Sensoren und Aktuatoren genutzt. Dieser Ansatz vereint Kosteneffizienz und Zugänglichkeit, da Dokumentationen den Einstieg ohne tiefgehende Programmierkenntnisse ermöglichen. Der Prototypenbau ist auch für kleinere Labore möglich, da die Kosten vergleichsweise gering sind, und das Angebot an Kunststoffen und mikroelektronischen Bauteilen vielfältig ist. Für die Hubstation war die Ansteuerung eines NEMA-Schrittmotors notwendig. Diese erfolgte durch einen Raspberry in Verbindung mit einem Treiberboard. Der notwendige Code wurde in Python geschrieben. Der Raspberry wurde durch die SPS angesteuert, initiierte und steuerte den Hubprozess und



*Eine speicherprogrammierbare Steuerung ist daher eine ideale Lösung zur flexiblen Automatisierung des analytischen Labors.*

sendete im Anschluss ein Signal an die SPS zur Fortsetzung der weiteren Prozessschritte.

#### Fazit und Ausblick

Zusammenfassend zeigen die vorgestellten Konzepte und Technologien, dass die flexible Automatisierung im analytischen Labor großes Potenzial birgt. Durch den Einsatz von Cobots und einer intelligenten Softwarelösung für intuitives grafisches Programmieren, eröffnen sich Laboren Möglichkeiten zur Steigerung der Produktivität, sowie zur Verbesserung der Analysegenauigkeit und Arbeitssicherheit.

#### Danksagung

Das Forschungsprojekt iHexagon wurde im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) – Fördermodul Kooperationsprojekte – vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

#### Zugehörigkeiten

<sup>1</sup>Institut für Umwelt & Energie, Technik & Analytik (IUTA), Duisburg, Deutschland

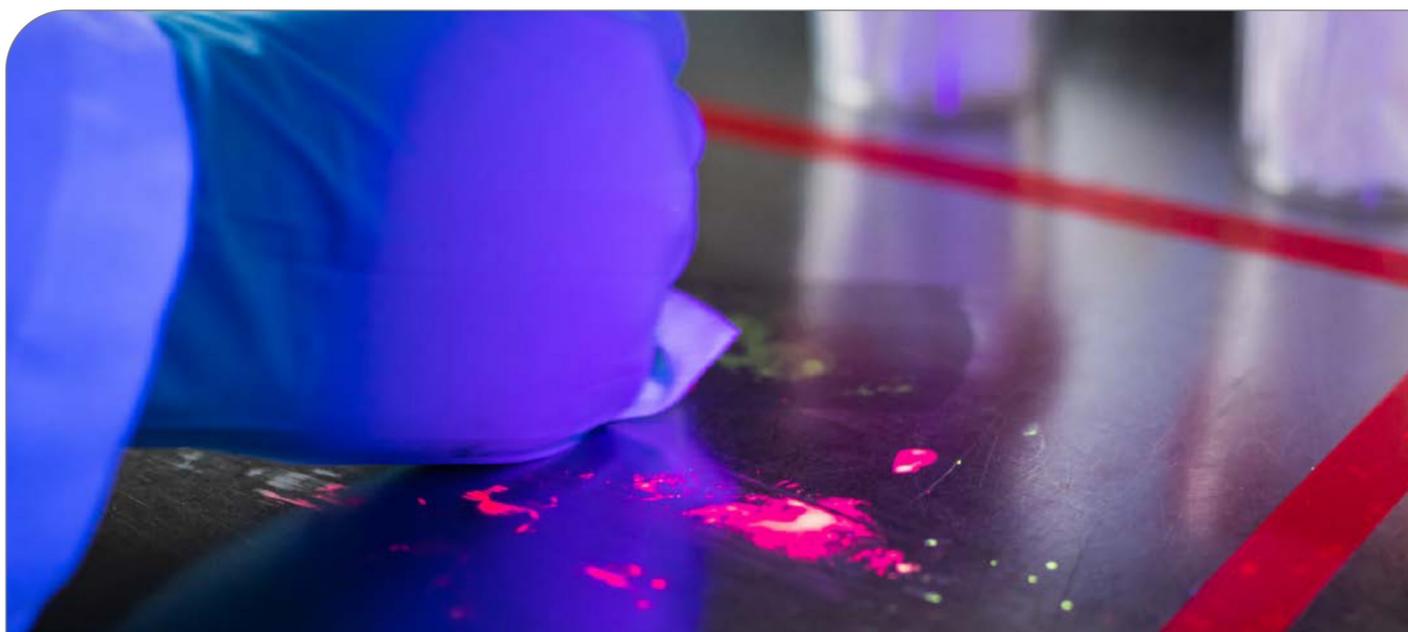
#### ● KONTAKT |

##### Dr. Thorsten Teutenberg

Abteilungsleiter Forschungsanalytik & Miniaturisierung  
Institut für Umwelt & Energie,  
Technik & Analytik e. V. (IUTA)  
Duisburg, Deutschland  
teutenberg@iuta.de

[1]

Literatur:  
<https://bit.ly/GIT-Teutenberg-4>



### Fokusthema: Schwerpunkte am IUTA

Neben dem Interview mit Ulrike Gerecke und Thorsten Teutenberg über die Ziele von FutureLab.NRW, lesen Sie vier Beiträge von Mitarbeitern des Instituts für Umwelt & Energie, Technik & Analytik zu den Themen Bioanalytik, Miniaturisierung, Digitalisierung und Automatisierung:



- Wischprobenmonitoring für monoklonale Antikörper
- Additive Fertigung trifft auf Lab-on-a-Chip-Systeme
- Quo Vadis Digitalisierung in der Analytik
- Flexible Automationskonzepte für das analytische Labor

<https://bit.ly/Fokusthema-Schwerpunkte-IUTA>