

Information zum Referenten:

Dipl.-Ing. Dr.

Ronald Naderer, MBA



Studium

Johannes Kepler Universität, Linz, Österreich

- Studium der Mechatronik
- Doktoratsstudium Technik, Mechatronik

Donau Universität, Krems, Österreich

- Studium General Management

Berufliche Karriere

Johannes Kepler Universität, Linz, Österreich

- Rechnergestützte Methoden des Maschinenbaus

FerRobotics Compliant Robot Technology

- Mitgründer und Geschäftsführender Gesellschafter FerRobotics

Derzeitiger Arbeitgeber / Institution

FerRobotics Compliant Robot Technology GmbH

Hochofenstr. 2

4030 Linz

ronald.naderer@ferrobotics.at

www.ferrobotics.at

Compliant Robotic ein bionischer Ansatz

*Ronald Naderer, Paolo Ferrara, FerRobotics;
Hubert Gattringer, Institut für Robotik, JKU*

Zusammenfassung

Ein völlig neues Roboterkonzept revolutioniert die bisherigen Anwendungsmöglichkeiten auf diesem Gebiet. Interaktion von Roboter und Mensch, intuitive Programmierung, Eigenschaften wie „kontaktsensibel“ und gleichzeitig unempfindlich gegen Hammerschlag klingen futuristisch, sind aber bei FerRobotics bereits Wirklichkeit.

FerRobotics, gegründet 2006 mit Sitz in Linz, hat diese neue Generation der flexiblen Roboter in Leichtbauweise für Anwendungen in Industrie und Medizintechnik entwickelt. Der erste Roboter, der intuitiv handelt und Tätigkeiten gefühlvoll ausführt, so wie es der menschliche Arm eigentlich tut.

Vergleichbar dem menschlichen Arm verfügt der Leichtbauroboter über bis zu 7 Freiheitsgrade und hat dadurch sehr viele Bewegungsmöglichkeiten. Seine räumliche Skalierbarkeit und sein Eigengewicht-Nutzlastverhältnis zeichnen ihn besonders aus. Dabei ist er vor allem kontaktsensibel nachgiebig und kann auf Tuchfühlung fahren – „Compliant“. Der Roboterarm bietet unzählige Anwendungen in der Industrie, gerade bei kleineren Stückzahlen.

Die mobilen Bewegungsplattformen von FerRobotics nützen ebenfalls das revolutionäre Prinzip des nachgiebigen Antriebs. Durch die Befüllung mit Druckluft entstehen wahlweise geschmeidige oder ruckartige Bewegungen. Krafteinsatz und Geschwindigkeit sind je nach Bedarf regelbar. Ob Simulation, Virtual Reality, Fitness oder Industrie-Shaker: Mit bis zu 6 Bewegungsfreiheiten und Kommunikation über eine handelsübliche Schnittstelle zum PC bieten die Bewegungsplattformen unzählige Einsatzbereiche.

Herkömmliche Industrieroboter zeichnen sich durch starre Verbindungselemente mit steifen Servoantrieben aus. Damit ergibt sich eine sehr gute Positionier-/Wiederholgenauigkeit, die in vielen Industrieapplikationen gefordert wird. Geht der Roboter mit seinem Umfeld auf Kontakt, so treten aufgrund des starren Aufbaues zwangsläufig hohe Kräfte auf, die über eine entsprechende Sensorik sowie Regelungsaufwand abgefangen werden können.

Bei wichtigen industriellen Anwendungen, z.B. Schleifen, Polieren, Einlegen in Pressen, ist aber genau dieser Kontakt mit dem Umfeld gefordert. Die Besonderheit und Innovation dieser „Roboter mit Feingefühl“ (siehe Abbildung 1) liegt in der Nachgiebigkeit und Flexibilität der Komponenten und in der einfachen „Show-Do“-Programmierung. Das dadurch einfache Umrüsten erlaubt den Einsatz der Robotertechnologie auch bei kleinen Produktionsmengen oder wechselnden Anforderungen.

Für die Erschließung ihrer Märkte findet FerRobotics Anwender in Produktionsbetrieben, die die Vorteile dieser neuen Technologie nutzen wollen. Ganz besonders in der Medizintechnik wächst der Bedarf an solchen „helfenden Robotern“, sei es zur Unterstützung der Fachkräfte im Pflegebereich oder als „Lebenshilfe-Instrument“ für Menschen mit speziellen Bedürfnissen.

1 Einleitung

Bei wichtigen industriellen Anwendungen, z.B. Schleifen, Polieren, Einlegen in Pressen, ist ein Kontakt mit dem Umfeld unumgänglich. Diese bis vor kurzem eher futuristische Anforderung hat bei der FerRobotics Compliant Robot Technology GmbH zur Entwicklung einer neuen Robotergeneration geführt. An der Universität Linz entstand die Idee eines „sanften Roboters“ und das Spin-off Unternehmen FerRobotics hat das Konzept des flexiblen Leichtbauroboter mit pneumatischem Antrieb ausgereift und auf den Markt gebracht. Die Besonderheit und Innovation dieser „Roboter mit Feingefühl“ (siehe Abbildung 1) liegt in ihrer Nachgiebigkeit und ihrer Flexibilität der Komponenten, kombiniert mit einer einfachen „Show-Do“-Programmierung. Dieses einfache Programmieren durch Vorzeigen ermöglicht ein einfaches und schnelles Umrüsten der Arbeitsabläufe. Die systembedingte Nachgiebigkeit erlaubt völlig neue Denkansätze in der industriellen Anwendung, bei Kleinserienfertigung bis hin zur Interaktion auf Tuchfühlung von Mensch und Roboter. Die Integration modernster Hightech-Lösungen in ein einfaches Anwendungskonzept zeichnet FerRobotics-Roboter so ganz besonders aus.

Die dadurch entstehende Charakteristik eröffnet bisher technologisch ungelöste und daher völlig neue Anwendungsmöglichkeiten in der industriellen Automation, Simulation, Virtual Reality bis hin zu Fitness, sporttherapeutischen und medizintechnischen Anwendungen. Sowohl in der Medizintechnik als auch in der medizinischen Pflegebetreuung bieten „sanfte Roboter“ ganz weitreichende Anwendungsperspektiven, die Therapeuten und Pflegepersonal zugunsten ihrer Haupttätigkeit ganz wesentlich entlasten. Von der Hauskrankenpflege bis hin zum intelligenten Alltagsgerät, „helfende Roboter“ sind der Zukunftstrend im Wechselspiel von Gesellschaft und Technik und bilden einen wichtigen Grundstein bei der Lösung wichtiger Zukunftsthemen wie z. B. „Wohlbefinden im Alter“.



Abbildung 1: ROMO, 7-Achsen Roboter der Firma FerRobotics

2 Elastische Roboter

Die Anwendung elastischer Roboter ist für viele Bereiche von stetig wachsender Bedeutung. Dabei können grundsätzlich 3 verschiedene Arten der Elastizität unterschieden werden. In Abbildung 2 sind die unterschiedlichen Arten schematisch für 1 Gelenk dargestellt.

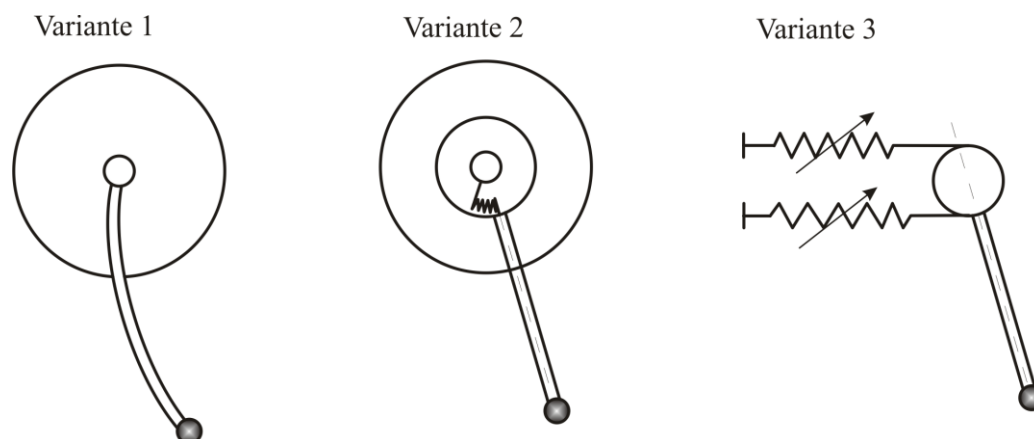


Abbildung 2: Ausführungsformen elastischer Roboter

Bei der ersten Variante wird ein Motor mit starrem Getriebe verwendet. Der Abtrieb ist ein elastischer Balken. Der Modellierungs- und Regelungsaufwand ist für diesen Fall enorm. Außerdem müssen die Krümmungen an mehreren Positionen des elastischen Balkens gemessen werden, um die elastischen Schwingungen zu unterdrücken, siehe [1], [3] und [5]. Variante 2 besteht aus einem starren Abtrieb. Allerdings ist die Elastizität hier im Getriebe, siehe auch [7]. Als Vertreter dieses Typs kann der LWR III des DLR [6] genannt werden. Dieser Roboter verfügt über eine motor- und abtriebsseitige Winkelmessung und eine Drehmomentenmessung in jedem Arm. Damit kann über die Regelung ein entsprechendes elastisches Verhalten eingepreßt werden. Der Aufwand zur genauen Messung des Drehmomentes und der Abtriebsposition ist relativ hoch. Die Variante 3 kommt beim ROMO zum Einsatz. Durch den Einsatz von elastischen Luftmuskeln und damit Druckluft als Antriebsmedium liegt die Elastizität hier im Antrieb selbst. Als Messung sind die Abtriebsposition und der jeweilige Druck im Muskel erforderlich.

3 Bionischer Lösungsansatz

Das Vorbild zu unserem Roboter mit linearem Pneumatikantrieb - dem sogenannten „Luftmuskel“ - kommt eigentlich aus der Natur. Die technische Umsetzung von Funktionsmustern aus der Natur nennt man Bionik. Unsere spezielle Technologie basiert auf dem bionischen Prinzip hierarchischer Ablaufstrukturen bzw. Domänen. Allen anderen übergeordnet ist das Systemverhalten. Charakteristische Merkmale des Systemverhaltens sind die systembedingte Nachgiebigkeit und Berührungssensitivität, wobei das technische Funktionsprinzip dem menschlichen Arm nachempfunden ist. Dieses Konzept beinhaltet ganz wesentliche Vorteile im Gesamtsystem und ganz besondere Anwendungsvorteile:

- schnelle und einfache Manipulation
 ...(Palettieren, pick&place,...)
- sanfte Positionierung
 ...(Anbringen von Schaumstoff/Fleece, Hilfsroboter,...)
- 3D-Konturenverfolgung mit definiertem Anpressdruck
 ...(Entgraten, Sandstrahlen, Polieren..)
- mobile Leichtbau-Roboterstation
 ...(mobiler Einsatz durch Montage auf einfache Transport-Plattform)
- Robustheit durch systembedingte Nachgiebigkeit
 ...(Roboter weicht aus anstatt zu kollidieren)

Die unterschiedlichen Domänen wiederum sind ebenfalls nach bionischem Vorbild strukturiert. Ein Roboter ist ein mechatronisches Produkt, das sowohl eine mechanische Funktion, eine elektrische Funktion und auch eine Softwarekomponente integriert, siehe [2]. Die Idee zu ROMOs mechanischem Design kommt aus dem menschlichen Bewegungssystem. Die Gelenke von ROMO sind in Leichtbauweise verbunden und werden von elastischen Muskeln bewegt. Zwei verschiedene Mechanismen steuern die Bewegung: das Gehirn (übergeordnetes Zentralsystem) und das Nervensystem (untergeordnetes Zentralsystem), siehe Abbildung 3.

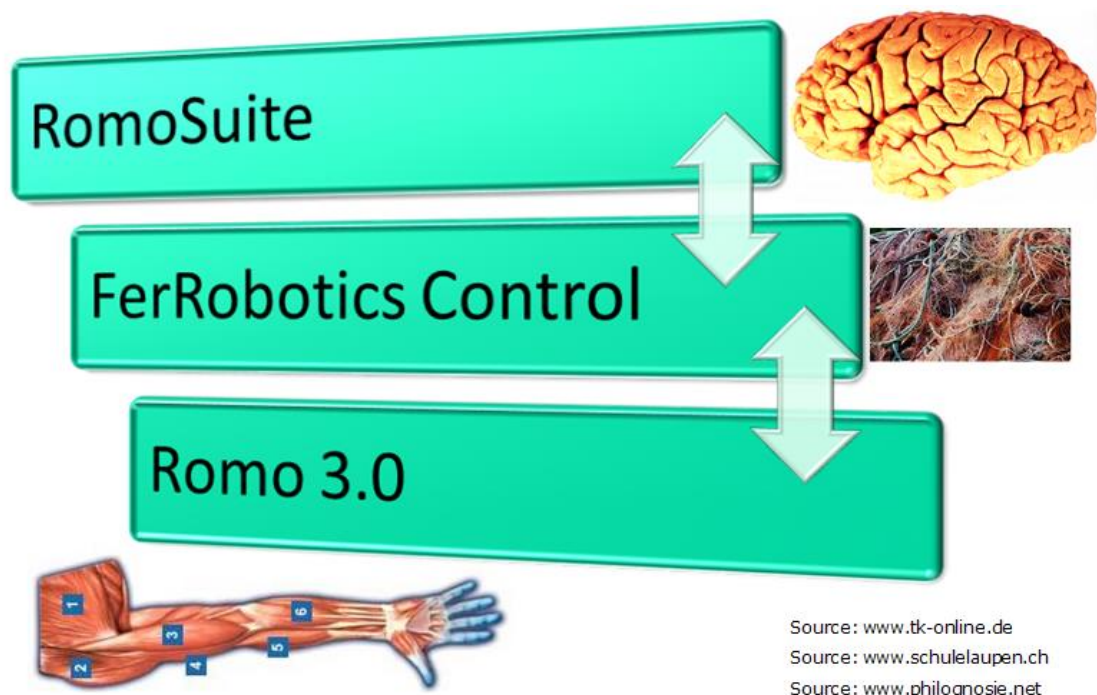


Abbildung 3: Bionische Struktur

Das Gesamtkonzept baut auf der Interaktion und Kooperation auf von:

- Romosuite – dem Gehirn
- FerRobotics Control – dem Nervensystem
- ROMO 3.0 – dem Bewegungsapparat

3.1 Romosuite – Das Gehirn

Die RomoSuite (welche das grafische Interface ebenfalls inkludiert) führt die vorprogrammierte Tätigkeit basierend auf Feedback von Position und Kraft korrekt aus. Außerdem können mit den gleichen Sensor-Inputs einfache Anwendungen neu programmiert werden. Durch die Sanftheit des Roboters erfolgt die Programmierung ganz natürlich, indem der Roboterarm im später ablaufenden Bewegungsmuster geführt wird und die jeweiligen Tätigkeiten „vorgemacht“ werden. Referenzpunkte am vorgegebenen Bewegungspfad können daraufhin mit intelligenten Aktionen ergänzt werden, die sehr oft mit Berührungssensitivität des Roboters oder peripherer Hardware verknüpft sind.

Abweichtoleranzen zu den Referenzpunkten oder der Wegführung können definiert werden, wobei der Roboter selbständig eventuelle Überschreitungen korrigiert ohne dass das System gestoppt, oder die Steuerung neu programmiert werden muss. Die daraus resultierenden Roboterprogramme sind die Symbiose von Zustandsautomaten (siehe Abbildung 5) und der Visualisierung von Pfad und Referenzpunkten (siehe Abbildung 4) in einer 3D Umgebung, ideal zur raschen Überprüfbarkeit auch für den Roboteranwender.

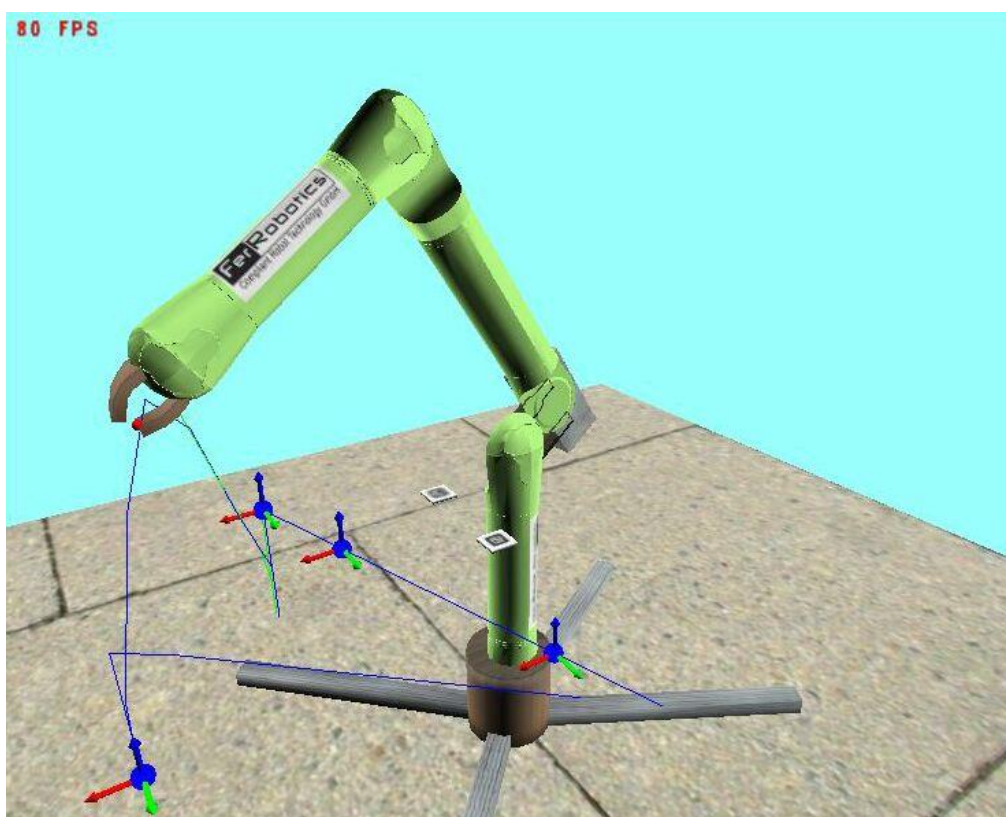


Abbildung 4: Online Visualisierung

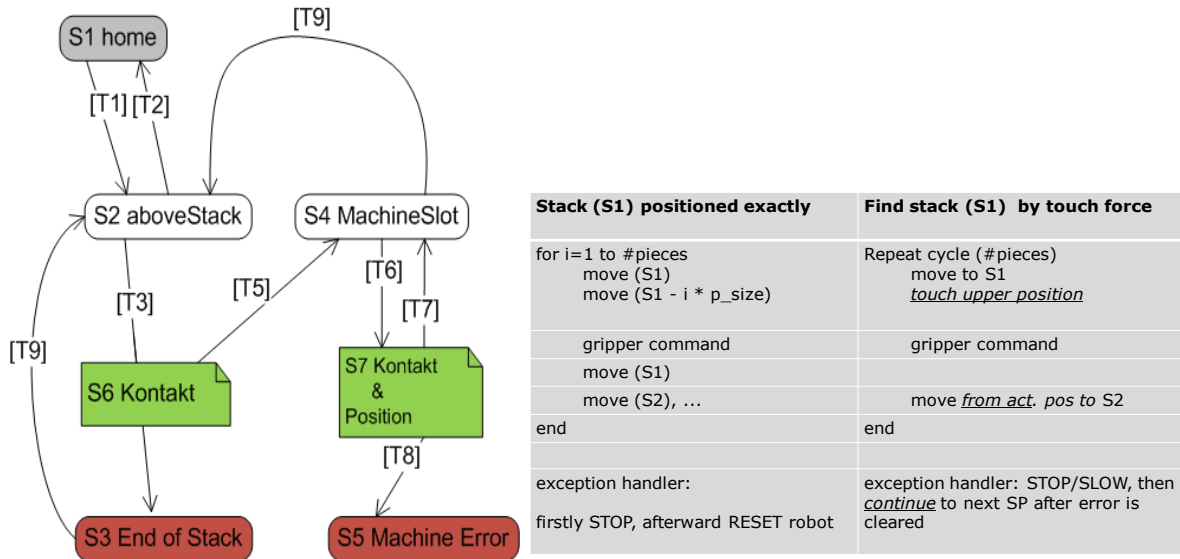


Abbildung 5: Zustandsdiagramm und Programm einer Stapelaufgabe

3.2 FerRobotics Control – Das Nervensystem

Die FerRobotics Steuerung ist ganz ähnlich dem menschlichen Nervensystem. ROMO verfügt über einen Reflex, der von der Steuerung und nicht von der Suite ausgelöst wird. Ebenso ist eine Diagnosefunktion integriert. Die allgemeine Steuerung bildet den Source-Code. Dieser wird in einen Automations-Link verknüpft, sodass ein Real-Time-System den Bewegungsprozess schließlich tatsächlich ausführen kann (siehe Abbildung 6).

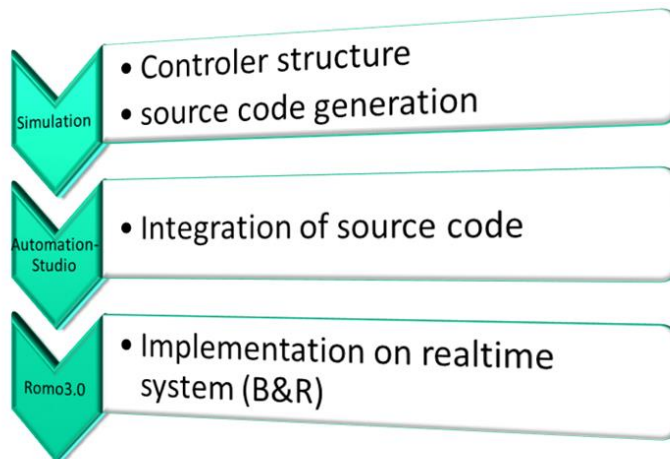


Abbildung 6: Entstehung der FerRobotics Control

3.3 ROMO 3.0 – Der Bewegungsapparat

Das Antriebskonzept von ROMO basiert auf Luftmuskeln (hergestellt von Festo) kombiniert mit Elektromotoren (PowerCubes von Schunk). Zur Übertragung des Drehmoments auf den angetriebenen Arm nutzt die pneumatische Konfiguration das Muskelkonzept eines menschlichen

Armes. Zwei Luftmuskel (Agonist –Antagonist) werden so gesteuert, dass ihre translateralen Kräfte wirksam werden (Abbildung 7).

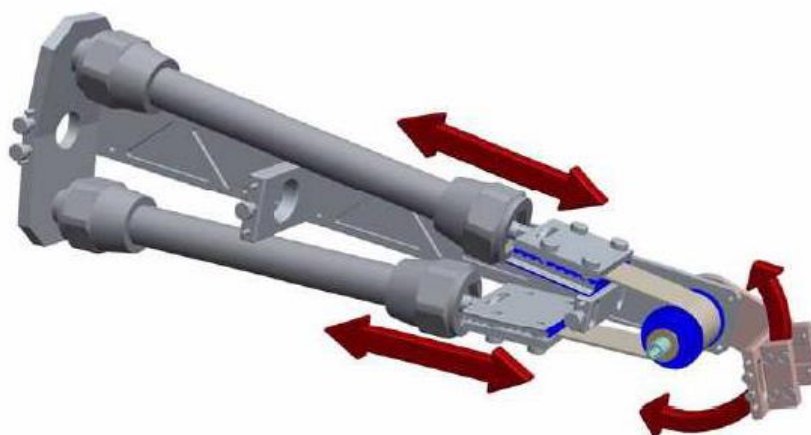


Abbildung 7: Antriebsprinzip

4 Anwendungs-Perspektiven

Diese neue Robotergeneration mit ihrer außergewöhnlichen Charakteristik erlaubt völlig neue Anwendungskonzepte. Die systembedingte Nachgiebigkeit bietet nun endlich die berührungssensitive Anwendung als Standardlösung. Daraus ergibt sich ein enormer Vorteil für die industrielle Anwendung. Darüber hinaus bieten neue, revolutionäre Anforderungen in der Medizintechnik, im Fitnessbereich bis hinein in die Virtual Reality eine enorme Bandbreite möglicher Anwendungen. Die einfache „Show-do“ Programmierung macht den Roboter nun zu einem Gerät für unterschiedliche, individuelle Tätigkeiten.

Dank dieser neuen Innovation können jetzt KMU's oder Nischenproduzenten die Vorteile der industriellen Automation nutzen. Wenn man bedenkt, dass die heimische Unternehmensstruktur überwiegend aus KMU's besteht, lässt sich unschwer die wirtschaftliche Tragweite der FerRobotics-Technologie abschätzen.

Die Medizintechnik verlangt nach intelligenten und kostenorientierten Qualitätslösungen. Die sanfte Robotertechnologie bietet ausgezeichnete Anwendungen in vielen verschiedenen Medizintechnik-Bereichen. Nicht zu letzt die demografische Entwicklung unserer Gesellschaft wird ohne humanorientierte Betreuungshilfen, die das Pflegepersonal zugunsten ihrer Haupttätigkeit unterstützen, nicht auskommen. Betrachtet man die aktuellen Trends der Krankenhaus-nachbetreuung, werden Trends zum unterstützten Heimtraining deutlich. All diese sensiblen Anwendungsbereiche basieren auf einem optimierten Gesamtkonzept von Sicherheit und Sanftheit mit einer einfachen, individuellen Bedienung mit einer gleichzeitig optimalen Datenaufzeichnung und –analyse.

Die Thematik Fitness spannt sich von der Vorbeugung, über die medizinische Anwendung oder herkömmliches Fitnesstraining bis hin zu Spezial-Belastungstrainings für Profis. Auch hier bietet die flexible, kraftdosierte Technologie eine enorme Bandbreite an Hightech-Geräten.

Hightech ist nicht nur trendy, sie folgt auch einem Wirtschaftlichkeitsprinzip. Es ist bereits jetzt abzusehen, dass die „sanften Roboter“ nicht nur in Fitness Studios und Therapiezentren Einzug halten werden, sondern auch in die privaten Haushalte.

Virtual Reality und Simulation sind die jüngsten und daher am meisten an technologischen Trends orientierten Bereiche. Ganz speziell in diesem sich ständig verändernden Feld an User-Ansprüchen liefern nur modernste Technologien jene Erfolge, die wiederum die permanente Weiterentwicklung garantieren.

Erst durch die technologische Verfügbarkeit, wie z. B. der neuen FerRobotics Technologie, öffnet das Tor zu neuen Anwendungen im Wechselspiel mit der kreativen Nutzung. Das heißt, wir haben den Weg der Integration sanfter und flexibler Roboter gerade erst beschritten, und wir befinden uns erst am Beginn eines breiten Spektrums an Möglichkeiten.

4.1 Literatur

- [1] Bremer, H.: Elastische Roboter. ZAMM, 2003, S. 507-523
- [2] Naderer, R.: Konzeptbewertungsmethoden und Weiterentwicklungsprozesse für innovative mechatronische Produkte, Johannes Kepler Universität Linz Diss. 2006
- [3] Ferrara, P.: Modulare Simulation elastischer Roboter – Fallstudie ebenes Mehrfachpendel, Johannes Kepler Universität Linz Diss. 2007
- [4] Ramsauer, M.: Entwicklung eines Roboterarms mit Luftmuskeln, Johannes Kepler Universität Linz Diplomarb. 2005
- [5] Mitterhuber, R.: Modellierung und Regelung kooperierender Knickarmroboter mit elastischen Komponenten, Johannes Kepler Universität Linz Diss. 2005
- [6] Ott, C.: Cartesian Impedance Control of Flexible Joint Manipulators, Universität des Saarlandes Diss. 2005
- [7] Gattringer, H.: Realisierung, Modellbildung und Regelung einer zweibeinigen Laufmaschine, Johannes Kepler Universität Linz Diss. 2006