Konstruktive Überlegenheit auf dem Spielfeld

Konstruktion und Finite-Elemente-Analyse mit NX führt Forscher aus Graz zu Erfolgen in der Middle Size Fußball-Liga für autonome Roboter

TU GRAZ MOSTLY HARMLESS ROBOCUP TEAM

Herausforderungen

Enge Vorgaben durch Reglement

Nicht verschiebbare Fertigstellungstermine

Knappes Budget

Komplexe mechanische Systeme

Kombination mit Elektronik und Hydraulik

Schläge und Vibrationen

Wechselnde Team-Mitarbeiter

Erfolgsfaktoren

Rasche Redesigns

Festigkeitssimulation

Dynamische Mehrkörpersimulation

Schnelle Einarbeitung

Kontinuierlicher Wissensaufbau

Ergebnisse

Effizienzsteigerung in der Konstruktion

Verlässliche Festigkeitsdaten

Verminderter Prototypenbedarf

Budgetoptimierung

Weltklasse-Kicker aus dem Grazer TU-Forschungslabor

Wohldefinierte, leicht zu kommunizierende Regeln einerseits und hohe Freiheitsgrade für autonome Roboter andererseits sind Kriterien, die in einer Testumgebung für künstlicher Intelligenz und Robotik vorhanden sein müssen. Vor allem muss sie veränderliche, realitätsnahe Bedingungen und den Einfluss anderer Mitspieler bieten. Fußball erfüllt diese Bedingungen und ist noch dazu publikumswirksam, weshalb in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts als Versuchsfeld für Forschung, Entwicklung und universitäre Ausbildung die internationale Lehr- und Forschungsinitiative RoboCup geboren wurde.



Middle Size Roboter des TU Graz Mostly Harmless RoboCup Team spielen autonom Fußball, noch gegen andere Roboter, bald vielleicht auch gegen Menschen

Gespielt wird streng nach FIFA-Regeln in unterschiedlichen Kategorien – Humanoid, Middle Size, Simulation, Small Size und Standard Platform. Fußball spielen ist dabei natürlich nur Mittel zum Zweck: Ziel ist die Entwicklung von Methoden, mit denen autonome Roboter in anderen Einsatzbereichen auf Basis ihrer Beobachtungen in kurzer Zeit die richtigen Entscheidungen treffen können. Noch spielen bei den Bewerben Roboter gegen Roboter. Um der Forschungstätigkeit eine Art vorgezeichneter Entwicklungsachse zu verleihen, wurde jedoch bereits eine vollmundige Herausforderung ausgesprochen: Im Jahr 2050 soll eine Gruppe Roboter gegen den dann regierenden Weltmeister im Humanfussball antreten.

Passenderweise ist „Don't Panic" das Motto des von Dr. Gerald Steinbauer geleiteten „Mostly Harmless RoboCup Team". Die interdisziplinäre Projektgruppe der Technischen Universität Graz spielt seit 2005 in der Middlesize Liga, bei der pro Seite sechs Roboter mit etwa 50 cm Breite und 90 cm Höhe stehen. Mit omnidirektionalem Rollenantrieb bewegen sie sich über den Hartplatz und sind vollautonom. Das heißt, von der Stromversorgung bis zur Druckluftflasche für den Kickmechanismus ist alles an Bord. Von außen kommen lediglich die Kommandos des Schiedsrichters.



"Der Umstieg auf NX brachte eine deutliche Reduktion der Durchlaufzeiten pro Entwicklungsschritt. Das unkomplizierte Handling der Software kommt unserer Teamstruktur mit hoher Fluktuation entgegen."

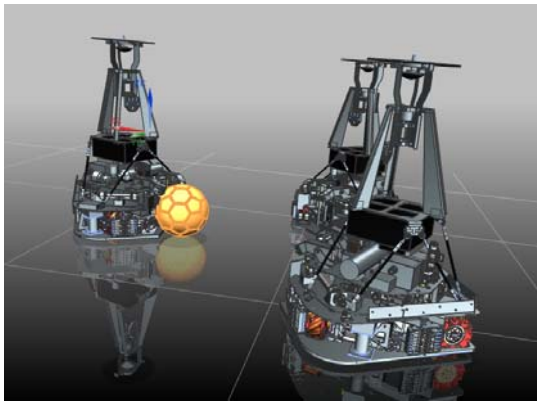
Norbert Rath

Maschinenbau-Leiter

TU Graz Mostly Harmless RoboCup Team

Herausforderung für 15 Institute

2003 hatte die TU unter der Leitung von Prof. Gerald Steinbauer vom Institut für Softwaretechnologie erstmals ein Team zur WM geschickt. Das aus 10 bis 15 Mitgliedern bestehende Team vereinigt die unterschiedlichen Kulturen der einzelnen Fachbereiche. Maschinenbau, Hardware und Software arbeiten einander zu und müssen einander im Hinblick auf das Ergebnis verstehen und eng kooperieren. Und die Teilnahme an den RoboCup-Bewerben mit den zeitkritischen Projektschritten davor und den zwei Wochen in der Gruppe vor Ort ist ein nicht zu ersetzender Realitätstest für die Studierenden.



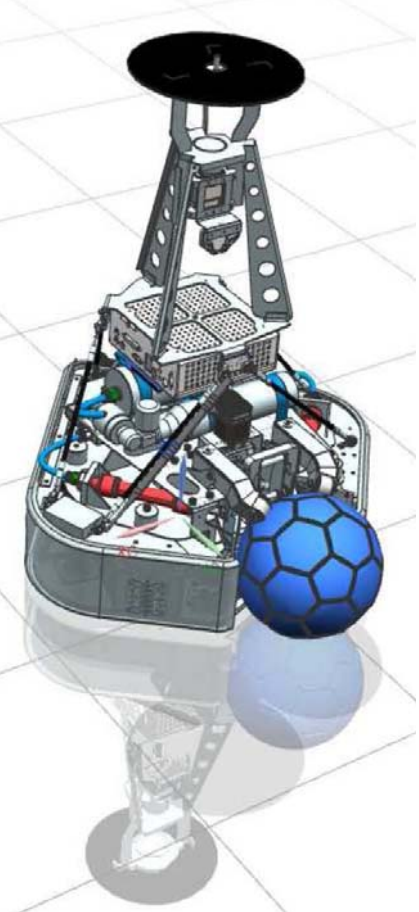
Mit 520 x 520 mm Grundfläche, 800 mm Höhe und bis 40 kg Masse reglementiert, bewegen sich die Roboter mit bis zu 3,6 m/s über das Spielfeld.

„Bei den German Open 2011 in Magdeburg erzielten unsere 2006 gebauten Kicker den 4. Gesamtrang in der Middle Size Liga", sagt Michael Kollar, Sprecher des Mostly Harmless RoboCup Team. Für ihn ist diese Liga die Königsklasse im Roboterfussball, da sie von allen die größte maschinenbauliche Komplexität aufweist. „Etwas mehr als ein Jahr davor hatten wir die Entscheidung getroffen, eine neue dritte Generation zu entwickeln. Diese wurde in Magdeburg erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt."

Modulares Design aus voll-virtueller Konstruktion

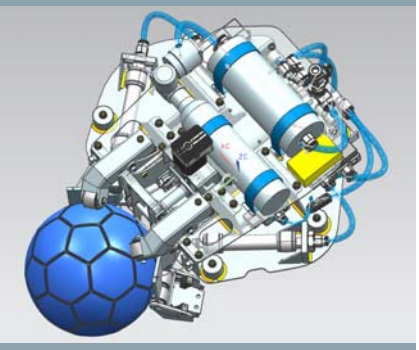
War die Generation 2 noch als starre Einheit konzipiert gewesen, entschlossen sich die Forscher zu einem modularen Aufbau der dritten Robotergeneration. Die omnidirektional mobile Plattform wird damit zum reinen Laufwerk und Träger aller anderen Systeme. Diese – etwa der Ballführungs- und Schussmechanismus – können als ganze Einheiten unaufwändig an- und abgebaut und durch Weiterentwicklungen ersetzt werden, ohne in das Gesamte einzugreifen. So zum Beispiel die Baugruppe für die Ballführung, bei der die Mostly Harmless RoboCup Gruppe als eines von nur wenigen Teams an der Pneumatik für die Ballführung festhält.

Um die Neugestaltung der Krikkit 3 Roboter anzugehen, musste die mechanische Konstruktion auf neue Beine gestellt werden. „Die älteren Roboter-Generationen waren in einer Mischung von echter 3D CAD-Konstruktion und Handzeichnung entstanden", weiß Norbert Rath, Maschinenbau-Leiter der Gruppe. „Dazu war ein innerhalb der TU Graz weit verbreitetes, zu parametrischer Arbeitsweise zwingendes und äußerst unhandliches CAD-System verwendet worden." Dieses Werkzeug wies gewisse Mängel bei der Zeichnungsableitung auf. Vor allem aber konnte damit die Arbeit wegen seiner hoher Anwendungskomplex-ität nicht ohne einen enormen Schulungs- und Einarbeitungsaufwand aufgenommen werden. In der RoboCup Gruppe ist jedoch naturgemäß ein häufiger personeller Wechsel die Regel. Deshalb suchten die Wissenschaftler eine Alternative, die einerseits die hohe funktionale Komplexität abzudecken in der Lage ist, andererseits mit geringem Schulungsbedarf leicht zu erlernen und mit der Möglichkeit, die Gesamtaufgabe so zu verteilen, dass viele „Mitspieler" ohne viel Abstimmungsaufwand an der Gesamtaufgabe mitwirken können. Deshalb schaffte das Mostly Harmless RoboCup Team zur Jahreswende 2008/09 NX von Siemens PLM Software an.





Den vierten Platz erzielte das as TU Graz Mostly Harmless RoboCup Team beim German Open in Magdeburg vom 31.März bis 03. April 2011.



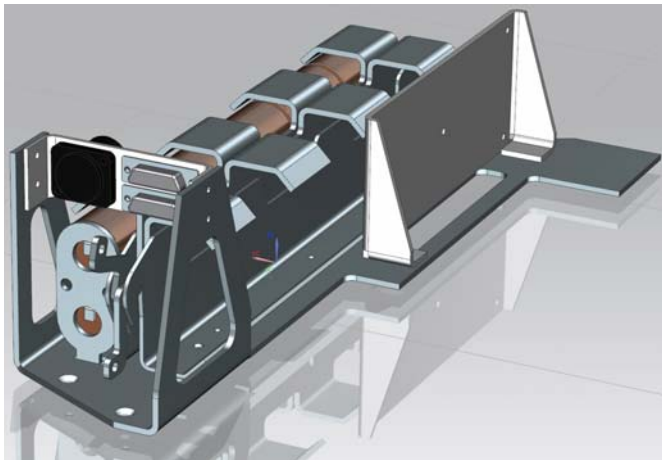
Die Ballführung als 3D-Modell in NX und als reale Baugruppe. Sie demonstriert den modularen Aufbau der Krikkit-3 Roboter.



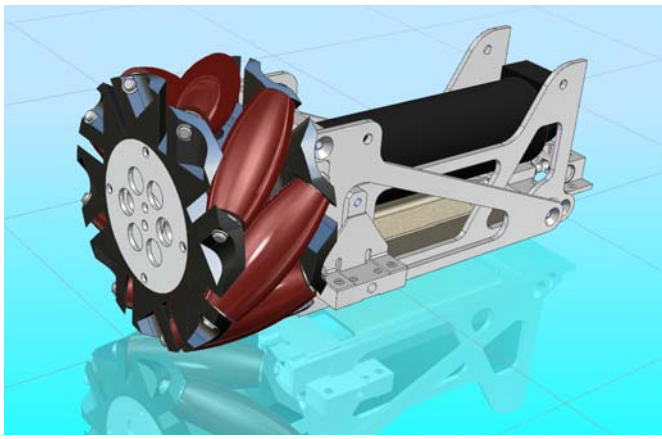
Komplexität braucht Mächtigkeit

Gegen eines der an Schulen und Universitäten noch populäreren „kleinen" Systeme wie Solid Edge sprach die größere Mächtigkeit von NX, unter anderem durch die Verfügbarkeit voll integrierter Zusatzmodule wie die Finite Elemente Analyse. „Diese ist bei NX einerseits völlig transparent in das Gesamtpaket integriert, im Gegensatz zu Paketen anderer Hersteller erlaubt es uns andererseits, das Modell individuell zu erstellen und anzupassen", sagt Norbert Rath. „Das ist wichtig, um innerhalb der selben Objekte strukturelle Untersuchungen mit unterschiedlichen Genauigkeitsgraden anzustellen."

Durch die unverhältnismäßig große Agilität der Roboter mit selbst konstruierten Omni-Wheels in Kombination mit dem in Relation zur Grundfläche recht hohen Aufbau kommt es zu teils erheblichen Schwingungen. Diese verzerren das Bild aus dem ganz oben an der Spitze des Kegels angebrachten visuellen Erkennungssystems und sind daher hochgradig unerwünscht. „Die NX Kinematik-Tools erlauben eine umfassende dynamische Mehrkörpersimulation, die ich in dieser Form von keiner anderen CAD-Software kenne", lobt Norbert Rath. „Damit konnten wir beispielsweise die von den Rädern des Laufwerks beeinflusste Schwingungsausbreitung nachvollziehen und in weiterer Folge wegoptimieren."



Oben: 3D-Modell des Akkuträgers
Unten: Antriebseinheit mit Omni-Wheels



Datenintegration erleichtert Teamarbeit

Allein die Einheitlichkeit und Konsistenz der Daten erleichtert die Arbeit in unseren wechselnden Teams erheblich. Mit den früher eingesetzten Werkzeugen mussten Step-Dateien erzeugt und mittels anschließendem Re-Import aus den unterschiedlichen Quellen zusammengeführt werden. Zudem waren für verschiedene Teilaufgaben Programme mehrerer Hersteller im Einsatz gewesen, die alle eine spezifische Datenaufbereitung verlangten. „Allein die Aufbereitung der Daten des zugegebenermaßen komplexen Ballführungsmoduls zur anschließenden Weiterverarbeitung hielt mich mit der alten Methode eine ganze Woche lang beschäftigt", berichtet Michael Kollar. „Dem gegenüber beschränkt sich die Arbeit innerhalb der NX-Umgebung auf maximal einen Tag."



Der unmittelbare Bezug zur Realität bleibt stets erhalten, kostensparende Designänderungen können rascher erfolgen als zuvor.

Lösungen/Services

NX

www.siemens.com/PLM

Hauptgeschäft des Kunden

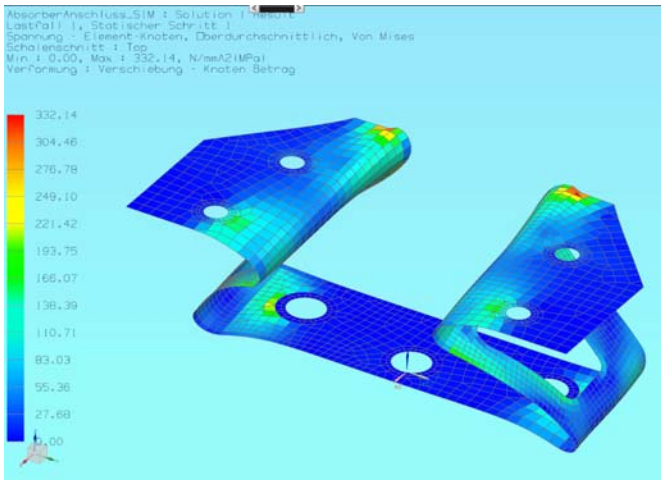
Das TU Graz Mostly Harmless RoboCup Team forscht an autonomen Robotern, die es zur Gänze selbst entwickelt.

www.robocup.tugraz.at

Kundenstandort

Graz, Österreich

„Noch krasser ist das Verhältnis im Fall der Festigkeitssimulation“, ergänzt Norbert Rath. Die wurde in Zeiten der früheren Ausstattung normalerweise nur grob näherungsweise per Hand ermittelt, da die Durchführung einer vollständigen Finite Elemente Berechnung zeitlich nicht in Frage gekommen wäre. „Das war ausgesprochen unbefriedigend, denn oft müssen strukturelle Elemente optimiert werden, um das Gewichtslimit nicht zu überschreiten“, erläutert er die Notwendigkeit der Simulation. „Heute überprüfen wir ganz selbstverständlich jeden Optimierungsschritt zeitnah und ohne Wechsel der Arbeitsumgebung mit einer umfassenden Festigkeitssimulation mittels Finite Elemente Analyse.“



Finite Elemente Analyse des Absorberanschlusses

Ebenfalls sehr zeitsparend ist die Fertigungsüberleitung. Die Daten werden kooperierenden Instituten und unterstützenden Firmen in Form von dxf-Dateien zur Verfügung gestellt. „Für eine Baugruppe mit 500 Teilen ist dieser Datenexport mit allen Vorbereitungen und Kontrollen in weniger als einem halben Tag zu erledigen“, freut sich Michael Kollar.



Mit dem unkompliziertem Handling von NX beherrschen die Studierenden die Komplexität der Konstruktion und optimieren die Herstellungskosten

Budgetoptimierung dank NX

Neben den funktionalen Vorteilen von NX als umfassende Lösung für die mechanischen Konstruktion spielen in chronisch unterdotierten Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen wie der TU Graz natürlich auch budgetäre Überlegungen eine nicht zu unterschätzende Rolle. „Auch in dieser Hinsicht hilft uns NX, da mit diesem Werkzeug die Bindungen und Relationen der Teile zueinander bei Änderungen vollständig erhalten bleiben. Konstruktive Änderungen sind damit sehr viel einfacher sind als früher“, sagt Norbert Rath. Das ist wichtig, weil oft mehrere Varianten untersucht werden müssen, ehe das Ergebnis wettkampftauglich und zugleich innerhalb des Budgetrahmens herstellbar ist. „Trotz unvergleichlich höherer Datenqualität und Ergebnissicherheit sinkt der zeitliche Aufwand und wir schaffen ein Vielfaches der Design-Iterationen von früher.“

Das wiederum erhöht die Siegeschancen des Teams und seines vollständig in NX konstruierten Krikkit 3, aber auch die Wahrscheinlichkeit, dass autonome Roboter andere, nützlichere Aufgaben als Fussballspielen gut und sicher erledigen. Sollte Ihnen an der TU Graz einer begegnen, halten Sie sich an das Motto des RoboCup Teams: „don’t panic!“

Contact
Siemens PLM Software
Americas 800 498 5351
Europe 44 (0) 1276 702000
Asia-Pacific 852 2230 3333

www.siemens.com/PLM

© 2011 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved. Siemens and the Siemens logo are registered trademarks of Siemens AG. D-Cubed, Femap, Geolus, GO PLM, I-deas, Insight, Jack, JT, NX, Parasolid, Solid Edge, Teamcenter, Tecnomatix and Velocity Series are trademarks or registered trademarks of Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. or its subsidiaries in the United States and in other countries. All other logos, trademarks, registered trademarks or service marks used herein are the property of their respective holders.
X1 XXXXX 7/10 B