



Dr. Rainer Stetter

## Ins Schwarze treffen – garantiert!

Egal, wie schlecht ein Dart-Werfer auch zielt, der Pfeil soll ins „Schwarze“ treffen – so spiegelte sich der Inhalt eines gemeinsamen Studien-Projektes von Mechanikern, Elektronikern und Informatikern wider. Da sich an der Wurf-Qualität des Dart-Spielers technisch nichts ändern lässt, galt es, die Dartscheibe so zu modifizieren, dass sie sich der Flugbahn des Pfeiles entsprechend nachregeln lässt.

**E**xperten taten die Projekt-Idee einer „treffsicheren Dartscheibe“ anfänglich als illusorisch ab. Kaum einer wollte glauben, dass sich innerhalb von 250 ms – die typischerweise ein Dartpfeil fliegt – die Flugbahn des Pfeils online erfassen, die Koordinaten des Auftreffpunktes berechnen und auch noch die Scheibe dorthin verfahren lässt, so dass der Pfeil in die Mitte der Dartscheibe trifft. Trotz, oder vielleicht gerade weil dies keiner für mög-

lich hielt, fanden sich acht Studenten der Fakultäten Maschinenbau und Informatik zusammen, die alles daran setzten, im Rahmen einer interdisziplinären Teamarbeit nachzuweisen, was mit kleinem Budget und großem Engagement möglich ist.

Ziel der Teamsemesterarbeit war aber nicht nur, den Studenten den Umgang mit moderner Technologie zu vermitteln, sondern in mindestens gleichem Maße war es den Betreuern wichtig, die Studenten an

das Arbeiten im interdisziplinären Team heranzuführen.

Die Beteiligten trafen sich erstmals im Kick-off Meeting des Projektes am 04.04.05. Dabei war für alle Beteiligten diese Form der Zusammenarbeit neu: Mehrere Forschungseinrichtungen, unterschiedliche Firmen sowie eine bunt zusammen gewürfelte Truppe an Studenten – insgesamt rund 20 Personen – mussten auf das gemeinsame Ziel hin ausgerichtet werden. Als strukturelle Leitlinie für die Abwicklung kam das Quality Gate Modell zum Zuge, auf dessen Basis die Erarbeitung eines ersten groben Ablaufplanes erfolgte.

Nach der Bestimmung eines Studenten zum Projektleiter, stand als erste Aufgabe die Erarbeitung der Systemstruktur an: Der dabei entstandene Projektstrukturbaum war insbesondere in den frühen Phasen des Projektes von großer Wichtigkeit, um die vielen Fragen, welche in den verschiedenen Köpfen umherschwirren, etwas präziser fassen zu können. Gleichzeitig diente diese Struktur dazu, die einzelnen Teammitglieder bestimmten Arbeitsgruppen und -paketen zuzuordnen.

Zwei zentrale Fragen mussten in der ersten Projektphase beantwortet werden, um überhaupt die technische Machbarkeit einer treffsicheren Dartscheibe abzuklären:

- ▷ Wie genau und wie schnell kann ein Dartpfeil durch handelsübliche Bildverarbeitungssysteme erfasst werden?
- ▷ Wie muss die Aktorik gestaltet sein, um die Dartscheibe sehr schnell und präzise zu bewegen?

Eine erste Überschlagsrechnung ergab, dass sowohl für die Erfassung des Pfeils als auch für die Positionierung der Dartscheibe jeweils nur 100 ms zur Verfügung stehen. Die verbleibenden 50 ms sollten für die Berechnung der Verfahrkoordination sowie der Kommunikation der Komponenten untereinander reserviert bleiben.

In dieser Projektphase erfolgte zudem die Festlegung, den Verfahrweg der Scheibe in horizontaler und vertikaler Achse und Richtung maximal auf jeweils einen halben Scheibendurchmesser zu begrenzen. Für den Endnutzer bedeutet dies, dass sofern er die Dartscheibe überhaupt treffen würde, das System die Position der Scheibe so nachregelt, dass das Bulleye getroffen wird.

Die ersten Wochen – für die Anforderungsanalyse, Konzeptfindung und Durch-

(Bilder: itq)



führung der Machbarkeitsanalyse reserviert – liefen trotz aller Bemühungen nicht so reibungslos wie gewünscht: Einerseits mussten die Verantwortlichkeiten und Zuordnungen innerhalb des Betreuerstabes – drei Instituts- und drei Firmenvertreter – klar bestimmt werden. Andererseits hatten die Studenten auch untereinander Schwierigkeiten, sich in inhaltlichen und organisatorischen Detailfragen abzustimmen. Insbesondere über die Fakultätsgrenzen hinweg, gestaltete sich die Abstimmung anfangs sehr schleppend.

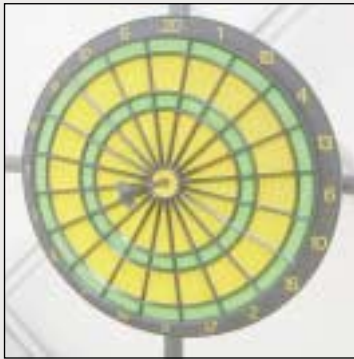
## Das interdisziplinäre Team

Insgesamt acht Studenten der Fakultäten Maschinenbau und Informatik setzten die treffsichere Dartscheibe im Rahmen einer interdisziplinären Teamarbeit um. Fachlich unterstützt durch die Maschinenbauinstitute itm (Informationstechnik, Prof. Bender) und iwv (Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Prof. Zäh) sowie den Informatiklehrstuhl Bildverstehen und Wissensbasierte Systeme von Prof. Radig. Initiiert und gecoacht wurde das Projekt

durch die Firma ITQ. Die hochschnellen Bildverarbeitungssysteme sponserte Stemmer Imaging. Festo stellte die extrem dynamischen Antriebe kostenlos zur Verfügung. Bosch Rexroth steuerte die Profilmotoren für die Gestelle bei. Die Dauer dieses Projekts war auf zirka 18 Wochen beschränkt, da die Studenten ihre Arbeiten innerhalb des Sommersemesters abzuwickeln hatten.

## Die Dartscheibe – live!

Wer erleben möchte, wie die Dartscheibe mit bis zu 6-facher Erdbeschleunigung versucht, den Pfeil zu treffen, hat dazu im Herbst mehrere Gelegenheiten: Erstmals ist die Dartscheibe am Samstag, den 22.10. beim Tag der offenen Tür der TU München zu sehen. Darüber hinaus wird sie auf den Messen Vision in Stuttgart (vom 08. bis 10.11.2005, Halle 2.0/Stand 138) und der SPS/IPC/Drives in Nürnberg (vom 22. bis 24.11. Halle 6/Stand 125) ausgestellt. Zudem ist eine Videosequenz des Wurfvorganges im Internet unter [www.treffsichere-dartscheibe.de](http://www.treffsichere-dartscheibe.de) zu sehen.



Um diese Situation besser in den Griff zu bekommen, wurde die Anzahl der Koordinationssitzungen erhöht. In diesen „großen“ Runden mussten die verschiedenen Antriebskonzepte und die Fortschritte der aus zwei Personen bestehenden Bildverarbeitungsgruppe detailliert vorgestellt werden. Anfänglich erachteten die Studenten dieses „Vorsingen“ als gleichermaßen lästig wie ungewohnt. Noch weiter oben in der Hitliste der ungeliebten Tätigkeiten stand nur noch die Forderung der

Betreuer nach der Verfassung einer Spezifikation, in der dargelegt werden sollte, wie die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen ineinander greifen sollen.

Erfreulicherweise konnten die „Informatiker“ bereits nach wenigen Wochen anhand von Laborversuchen erste Zwischenergebnisse liefern, welche die Erfassung des fliegenden Pfeils als machbar erscheinen ließen.

Nun lag es an den „Mechanikern“, sich auf eines der insgesamt vier verschiedenen, zu diesem Zeitpunkt angedachten Antriebskonzepte zu einigen. Die Anfertigung einer Entscheidungstabelle führte dazu, dass die Studenten schlussendlich ein Konzept favorisierten, welches sich durch äußerst wenig bewegte Massen auszeichnet. Nachdem dieses Konzept aber auch gewisse konstruktive Risiken barg, wurde anfänglich noch eine Redundanzlösung auf Basis einer Kreuzschlittenmimik mitverfolgt.

Nach der Festlegung des Konstruktionsfavoriten wurden die Arbeitsgruppen neu eingeteilt: Zwei Studenten konzentrierten sich nunmehr auf die Detailkonstruktion, Beschaffung und Montage aller mechanischen Komponenten; drei weitere widmeten sich der Detaillierung des Aktorik-Konzeptes sowie der Programmierung der Antriebe inklusive der Anbindung an den Steuerrechner via CAN-Bus. Ergänzend wurde ein Student als Qualitätssicherer benannt, der gruppenübergreifend agierte.

Zu diesem Zeitpunkt waren bereits 50 % der Gesamtprojektlaufzeit vorüber. Nachdem für den abschließenden Integrations- und Systemtest drei Wochen im

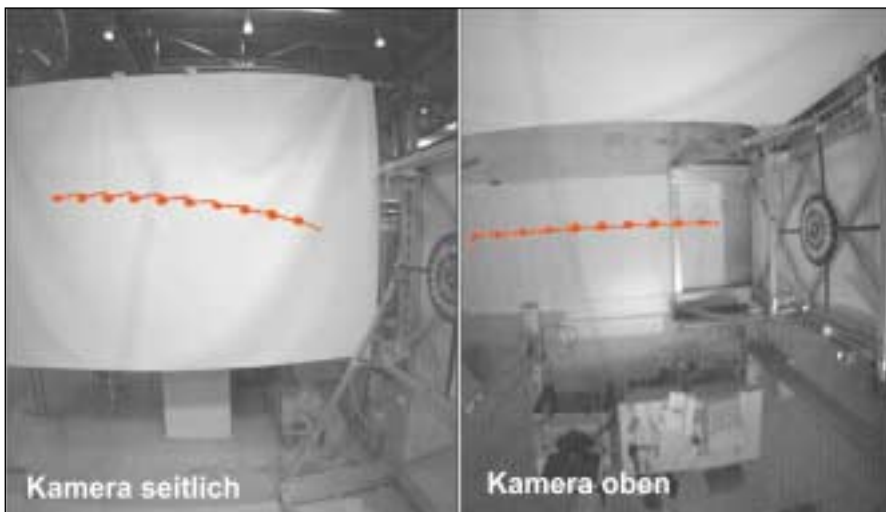


Das Konstruktionsprinzip der Dartscheibenbefestigung

Projektplan eingeplant waren, verblieben also nur rund fünf Wochen für die endgültige Ausführung der verschiedenen mechatronischen Komponenten.

Motiviert durch die Ergebnisse der Vorüberlegungen und der Machbarkeitsstudien mobilisierte das Team alle Kräfte. Die nun folgenden Wochen waren für die Studenten von nicht wenigen Nachschichten geprägt. Zusätzlichen Motivationsschub brachte dem Team jedes Zwischenergebnis, welches in irgendeiner Form greifbar war – wenn sich etwa die Antriebe zum ersten Mal bewegten oder die Gestelle für Dartscheibe und Kameras montiert wurden.

Eine Woche vor dem planmäßigen Projekt-Ende interagierten alle Teilsysteme zum ersten Mal so miteinander, dass die erforderliche Korrekturbewegung richtig bestimmt wurde und der Pfeil ins Schwarze traf. In der verbleibenden Woche ließ sich das System noch so weit trimmen, dass in zirca 50 % der Fälle das System wunschgemäß funktionierte. Beflügelt durch dieses Ergebnis arbeiten die Studenten nun daran, das System für ein größeres Publikum vorführbar zu gestalten. Zielsetzung für diese Version der treffsicheren Dartscheibe ist, dass von zehn Würfeln nur einer nicht richtig erkannt wird. *hap*



Die Flugbahn der Dartpfeile: Die Bildverarbeitungssysteme müssen die Flugbahn in allen drei Raumrichtungen vermessen.



**Dr. Rainer Stetter**

ist stellvertretender Vorsitzender des Fachverbandes Software im VDMA und Geschäftsführer von Software Factory und ITQ.  
E-Mail: [stetter@itq.de](mailto:stetter@itq.de)