

# Das Mechatronik-Labor für zu Hause

## Optimierung der Bedingungen beim Distance-Learning in technischen Studiengängen

Vortrag von Prof. Dr.-Ing. Guido Kramann, Fachhochschule Brandenburg, gehalten auf der 6. HDL-Fachtagung / AG-F Frühjahrstagung in Brandenburg an der Havel am Freitag, 17. Juni 2011

*„...He argued that the Message contained not just a blueprint for building a machine but also descriptions of the design and means of fabrication of components and subcomponents. In few cases , he thought, there were descriptions of whole new industries not yet known on Earth.....“*

*Aus dem Roman „Contact“ von [Sagan, Carl 1985].*

Welche Form sollte in einem Ingenieurstudiengang wie der Mechatronik ein Fernstudiengang haben? Dieser Frage möchte ich mich in meinem Vortrag widmen.

Warum mich diese Frage beschäftigt, will ich im ersten Abschnitt "Hintergründe" darstellen.

Im zweiten Abschnitt mache ich den Versuch zu beschreiben, welches gute Lernbedingungen für einen solchen Studiengang wären.

Möglichkeiten, die im zweiten Abschnitt beschriebenen Bedingen herzustellen, werden dann im dritten Abschnitt "Entwurf von Umsetzungsmöglichkeiten" beschrieben. Einen Teil der Antwort sehen Sie bereits in dem Titel meines Beitrags: "Das Mechatronik-Labor für zu Hause"

und in diese Richtung gehen dann auch die in dem Abschnitt vier beschriebenen konkreten Umsetzungen.

Eine Darstellung meiner weiteren Planung sollen diesen Beitrag abrunden:

## Gliederung

- 1. Hintergründe**
- 2. Beschreibung günstiger Bedingungen**
- 3. Entwurf von Umsetzungsmöglichkeiten**
- 4. Eigenentwicklungen**
- 5. Ausblick**

## 1 Hintergründe

Im Fachbereich Technik der Fachhochschule Brandenburg gibt es derzeit keine Fernstudien-Angebote. Alle Energie wird derzeit in die Einrichtung eines Master-Studiengangs aufgewendet, der im Sommersemester 2012 starten soll. Danach allerdings soll das Distance-Learning in den Fokus genommen werden. Ich möchte die Zeit bis dahin als Chance nutzen, Techniken der Wissensvermittlung zu erarbeiten, die den besonderen Anforderungen eines Fernstudiums im Ingenieurbereich gerecht werden. Aus dem Anspruch der FH-Brandenburg besonders familienfreundlich zu sein, leite ich zudem eine

gewisse Legitimation für mich ab, die erarbeiteten Elemente des Fernstudiums bereits innerhalb des bestehenden Präsenzstudiengangs Bachelor-Mechatronik einzusetzen.

Die im folgenden dargestellten Techniken verstehen sich also nicht als Gesamtkonzept eines Fernstudiengangs, sondern als Ergänzungen und Erweiterung der gängigen Praxis mit dem Ziel den besonderen Erfordernissen eines Ingenieurstudiengangs gerecht zu werden.

### **Zusammengefasst lässt sich sagen:**

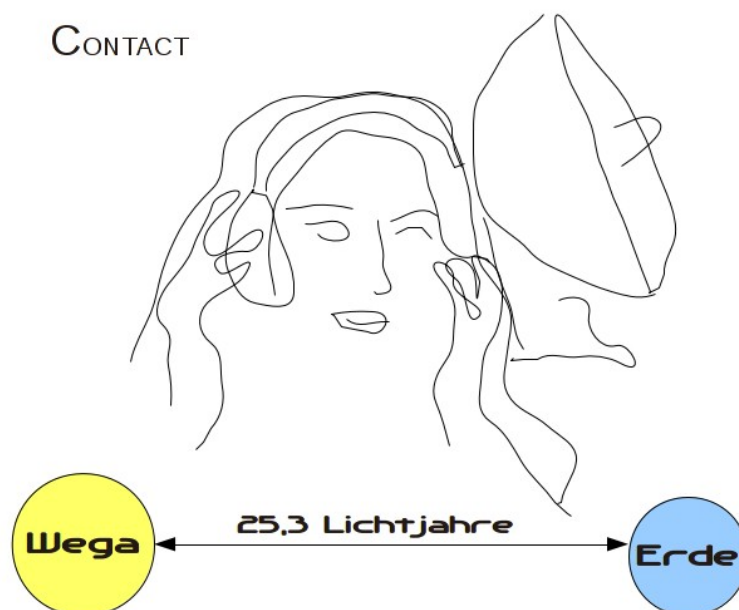
Die hier vorgestellten Techniken zielen vornehmlich darauf ab, das Erüben der praktischen Tätigkeiten eines Ingenieurs aus den Hochschul-Laboren nach Hause zu verlegen, um dadurch das Erlernen von Ingenieur-Fertigkeiten zu intensivieren. Darüber hinaus soll durch die vorgestellten Techniken ein projekt orientiertes und damit stärker selbst bestimmtes Lernen auch zu Hause ermöglicht werden. Das damit verbundene erhöhte Maß an Eigenverantwortlichkeit und auch die erweiterten Möglichkeiten die Lernziele mit zu gestalten, sollen eine bessere Vorbereitung auf bzw. eine bessere Anbindung an die Berufstätigkeit gewährleisten.

## **2 Beschreibung günstiger Bedingungen**

### EMOTIONEN

Hierin sind sich Neurologen und Reformpädagogen einig: Lernen funktioniert besser bei innerer emotionaler Beteiligung, [s. z.B. SPITZER 2002, Hüther 2006]. Eine Aufgabe bewältigen, die im Zusammenhang mit dem eigenen Leben steht, selber dem nachgehen, was einen gerade interessiert, geben einen guten Hintergrund ab, vor dem Lernen funktioniert. Oder knapp neurologisch formuliert: Aufgaben, die eine echte Herausforderung darstellen, schaffen eine emotionale Erregung, die wiederum die aktuelle neuronale Plastizität fördert. Wie können in einem Fernstudium Bedingungen geschaffen werden, die diesen Anforderungen gerecht werden?

Ich möchte Ihnen das anhand eines Literaturbeispiels in besonders eingängiger Weise präsentieren.



*Bild 1: Illustration zu dem Science Fiction-Roman "Contact".*

In dem verfilmten Science Fiction-Roman "Contact" des 1996 verstorbenen Astronomen,

Sachbuchautors, Fernsehmoderators und SETI-Mitbegründers Carl Sagan, wird erzählt, wie es ablaufen könnte, wenn irgendwann einmal über Radioteleskope eine Nachricht außerirdischer Intelligenzen empfangen würde (Illustration s. Bild 1).

Im Verlauf der Handlung stellt sich heraus, dass die Nachricht den Bauplan einer Maschine enthält, die, wenn man sie baut, es den Menschen ermöglicht, die Außerirdischen zu besuchen.

Es soll an dieser Stelle nicht übergangen werden, dass hier ein besonders extremes Beispiel von Distance-Learning vorliegt. Doch welche sind besondere Unterscheidungsmerkmale zwischen gängigen Fernstudiengängen und diesem?

- 1. Der Lernstoff wird im Ganzen vermittelt, nicht in kleinen Einheiten.**
- 2. Zuhause gibt es auch Labore, nicht nur Theorie.**
- 3. Es gilt ein Werk zu vollenden, nicht einen Abschluss zu bekommen.**

Im Vergleich zur gängigen Praxis heutiger Fernstudiengänge wird bei "Contact" der Lernstoff nicht in kleine Häppchen verpackt, sondern im Ganzen vermittelt.

"Zuhause" gibt es auch Labore, es wird dort nicht nur Theorie gelernt.

Die Motivation der "Studierenden" ihren "Stoff" zu lernen ergibt sich wie nebenbei aus dem Wunsch heraus die Maschine zum Funktionieren zu bringen und nicht daraus, einen Abschluss zu machen.

- 1. Der Lernstoff wird im Ganzen vermittelt, nicht in kleinen Einheiten:** Es ist motivierender, wenn man selber auswählen kann, was man gerade lernen will. Das, was einen gerade interessiert ist auch das, was gerade gut gelernt werden kann.
- 2. Zuhause gibt es auch Labore, nicht nur Theorie:** Die Bereitschaft, eine neue Fertigkeit zu erüben ist in der Regel viel höher, als in Präsenzphasen innerhalb von Laborpraktika die Gelegenheit dazu gegeben wird. Die Möglichkeit gerade erlernte Theorie eigenständig und unverzüglich an einem konkreten Versuch umsetzen zu können, schafft durch die Beteiligung aller Sinne eine Vielzahl an mentalen Verknüpfungen. Die ungezwungenere Atmosphäre zu Hause ermutigt eher dazu, Dinge, die noch nicht gut beherrscht werden wiederholt durchzugehen. Es ist hier nicht nötig irgendjemandem etwas zu beweisen. Man kann sich nicht blamieren.
- 3. Es gilt ein Werk ist zu vollenden, nicht einen Abschluss zu bekommen:** Durch den Auftrag, eine Maschine zu entwickeln, wird ein sehr plastischer leicht zu erfassender Grund vorgegeben, wozu die Erarbeitung der Theorie von Nutzen sein soll. Die Lernmotivation ist dadurch höher, aber es wird auch ein umfassenderes, tieferes Verständnis für einen größeren Themenkreis gefördert.

### **3 Entwurf von Umsetzungsmöglichkeiten**

Manche bekannte Größen, wie Nikola Tesla oder Konrad Zuse haben ihre Labore zu Hause gehabt.

Hürden bei einer Realisierung innerhalb eines Fernstudienganges liegen dabei

- in der ungewohnten Art des Lernens,
- in den Kosten, die herkömmliche Labore und Werkstätten verursachen, aber auch
- in den Schwierigkeiten der Hochschule, die Handhabung der Entwicklungs-Labore von Ferne zu vermitteln und Probleme zu beheben.

Ein konkretes Beispiel soll helfen, die nachfolgenden Lösungsansätze für diese Probleme

gut zu verstehen:

## Autonome Vehikel

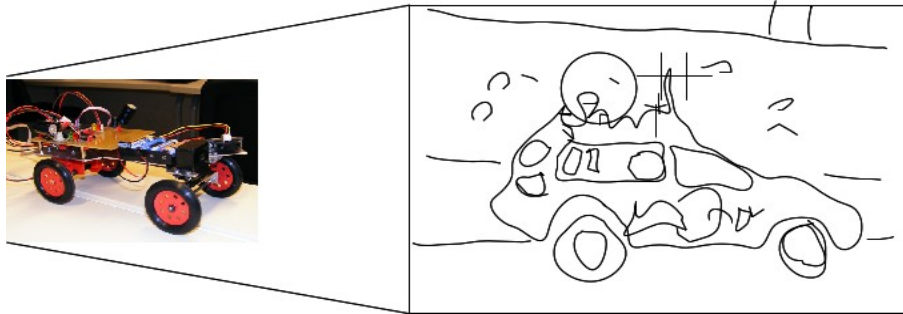


Bild 2: Illustration zum Thema „Autonome Vehikel“.

Ein typisches Lernsystem in der Mechatronik ist das Autonome Vehikel, auch einfach AV genannt. An einem solchen System können die meisten mechatronischen Lehrinhalte praktisch angewendet werden:

- Konstruktion
- Entwurf elektronischer Schaltungen
- Programmierung von Mikrocontrollern und eingebetteten Systemen
- Entwurf von Regelkreisen
- Numerische Simulation und die Anwendung von Optimierungsverfahren

Dieses Beispiel ist sehr gut skalierbar. Es sind Ausprägungen denkbar, die schon am Beginn des Studiums zu Hause umsetzbar sind, solche, die eher für das Ende des Studiums geeignet sind und schließlich solche, die nur an der Hochschule realisierbar sind, mit denen also das zu Hause erarbeitete ergänzt und abgerundet werden kann.

Die Bandbreite reicht hier von einem kleinen Linien verfolgenden Spielzeug bis hin zu einem mit Rechnern, Sensoren und Telemetrie gespickten Fahrer losen Geländewagen (Illustration Bild 2).

## Linux-Live-Systeme und Open Source Software

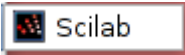


Programm	Beschreibung	Homepage
 Scilab	Wissenschaftliches Rechnen und Simulation	<a href="http://www.scilab.org/">http://www.scilab.org/</a>
 KiCad	Elektronik Layout	<a href="http://iut-tice.ujf-grenoble.fr/kicad/">http://iut-tice.ujf-grenoble.fr/kicad/</a>
 Eclipse	u.a. Java Entwicklungsumgebung	<a href="http://www.eclipse.org/">http://www.eclipse.org/</a>
FreeCAD	3D-CAD-Programm	<a href="http://sourceforge.net/apps/media/wiki/free-cad">http://sourceforge.net/apps/media/wiki/free-cad</a>

Tabelle 1: Auswahl einiger Open Source Software CAE-Programme.

Vieles von dem, was früher als Hardware realisiert wurde, lässt sich heute als Software umsetzen.

Konstruiert wird heute mit Hilfe von CAD-Software, statt am Konstruktionsbrett, Layouts elektronischer Schaltungen werden am PC entwickelt und die Daten direkt an einen Fräsbohrplotter gegeben, Logische Steuerungen werden nicht mehr mit digitalen

Bauteilen, sondern z.B. über Mikrocontroller-Programme realisiert, deren Funktionieren auch am PC mit Simulatoren getestet werden kann, Regelkreise werden nicht mehr mit Hilfe von Operationsverstärkerschaltungen, sondern ebenso als Programme eines Embedded Systems realisiert (vergl. Beispiele in Tabelle 1). Viele Tests können durch Optimierungsvorgänge an Simulationsmodellen ersetzt werden. Ein großer Teil des Labors und der Werkstatt besteht heutzutage aus Computer-Software. Deren Anschaffungskosten reduzieren sich zu Null, wenn Open-Source-Software zum Einsatz gebracht wird.

Schwierigkeiten, die es bei der Installation und der Konfiguration der Software geben könnte, können durch die Verwendung von Live-Systemen als Betriebssystem minimiert werden: Die Hochschule könnte bootfähige USB-Sticks anbieten, die z.B. als Betriebssystem ein Linux-Live-System wie KNOPPIX [Knopper, Klaus 2011] enthalten, auf dem bereits die ganze oben beschriebene Software samt aller wichtigen Anleitungen und interaktiven Lehrinhalten vorinstalliert ist. Bei dem erwähnten System KNOPPIX werden im Gegensatz zu anderen solchen Systemen die durch einen Benutzer durchgeführten Änderungen auf dem USB-Stick persistent gespeichert. Ein solches Konzept gewährleistet eine gute Wartbarkeit: Wird ein USB-Live-System zerschossen, so kann es einfach wieder auf den USB-Stick gespielt werden. Bei allen Studierenden kann der gleiche Softwarestand mit den gleichen Problemen vorausgesetzt werden. Fortgeschrittene Studierende können sich den USB-Live-Stick auch selber erstellen.

## **Simulation versus Hardware / Vom Ganzen ins Detail - ein Studien-Szenario**



*Bild 3: Studierende bei der Arbeit an kleinen Modellen Autonomer Vehikel im Rahmen des Präsenzstudiengangs Mechatronik an der FH-Brandenburg.*

Eine Lehrinheit zum Thema Autonome Vehikel (s. auch Bild 3) könnte in einem Ingenieur-Fernstudium in folgender Weise ablaufen:

Die Studierenden erhalten zu Beginn des Studium leihweise ein funktionierendes Lernsystem. Dies könnte aus einem PC-Motherboard basierten AV bestehen, das über einen USB-Live-Stick betrieben wird, der sämtliche Software zum Lernen und zur Hardwareansteuerung enthält.

Zunächst werden die Studierenden anhand bestimmter Konfigurationsmöglichkeiten des AV lernen, wie es insgesamt konzipiert ist, wie leistungsfähig bestimmte eingebaute Regelungssysteme sind usw.

Im Verlauf des Studiums werden die Studierenden immer mehr davon verstehen, wie das AV aufgebaut ist und das Ziel verfolgen, selber eines aufzubauen, in der Regel mit ein paar Erweiterungen und Verbesserungen gegenüber dem entliehenen, gemäß den Forschungsvorhaben der Lehrenden der Hochschule. Schließlich werden sie nach einer im Lehrmaterial verfügbaren Basisanleitung erfolgreich ein eigenes AV aufgebaut haben, können das entliehene zurückgeben und sich auch an der Instandhaltung, Konfiguration und Reparatur der AVs ihrer jüngeren Kommilitoninnen und Kommilitonen beteiligen. Auf dem Weg dahin haben sie gelernt: Funktionsmodule miteinander zu verschalten und Fehleranalyse zu betreiben, dynamische Systeme zu modellieren und zu simulieren, Regelkreise zu entwerfen und zu optimieren, Programme für die Benutzerschnittstelle zu entwickeln, Programme zur Hardwareansteuerung zu entwickeln, Betriebssysteme und Software zu aktualisieren, elektronische Schaltungen zu entwickeln und aufzubauen, mechanische Konstruktionen durchzuführen und umzusetzen.

Je nach der besonderen Ausrichtung des jeweiligen AV haben sich die Studierenden in manche Themengebiete sehr stark vertieft und andere vernachlässigt. Günstig für diese Art von Studium wäre, wenn ein Mindestniveau für alle Gebiete definiert wäre und die Forderung bestünde, auf einem bestimmten Prozentsatz der Gebiete ein gewisses Maß an weiter reichender Vertiefung erreicht zu haben, ohne festzulegen wo genau.

Ansätze eines Lernens vom Ganzen zum Detail hin, um einen leichteren Einstieg in ein neues Sachgebiet zu bieten, finden sich auch neuerdings in einigen Lehrbüchern zum Erlernen objektorientierter Computersprachen. Den Lernenden wird ein fertiges System präsentiert, z.B. eine virtuelle Welt mit einem „Roboter“ als Objekt, der zunächst durch einfach zu programmierenden Methoden manipuliert wird (s. z.B. [Becker 2007, Kölling 2010]). Projekt getriebenes Lernen findet über viele nicht institutionalisierte Internet-Plattformen statt, wo die Beteiligten sich in Foren gegenseitig helfen und in Wikis Wissen zusammentragen, z.B. zum Bau eines Quadro-, Hexa-, oder Oktokopters [Buss 2011].

Der Nachweis über die erworbenen Fertigkeiten kann über gewöhnliche Klausuren erfolgen, da das geforderte theoretische Wissen im Verlauf der Arbeit an dem AV ja notgedrungen erworben werden musste. Alternativ und ergänzend sind die Präsentation und Dokumentation des AV-Projektes, aber auch die Vergabe abgegrenzter Aufgaben, die in Klausurbedingungen in einer virtuellen Umgebung (s. Weiter unten) umzusetzen sind denkbar. Nach Abschluß des AV-Projektes verbliebene Wissenslücken müssten über ein Tutorium identifiziert werden und über die Vergabe ergänzender Kleinprojekte und/oder Lerneinheiten ausgeglichen werden. Als Zielvorgabe für einen erfolgreichen Abschluss wäre denkbar vorzugeben, dass eine gewisse Kernkompetenz plus zwei/drei Vertiefungen ja nach Neigung gefordert wird (vergl. Illustration in Bild 4).

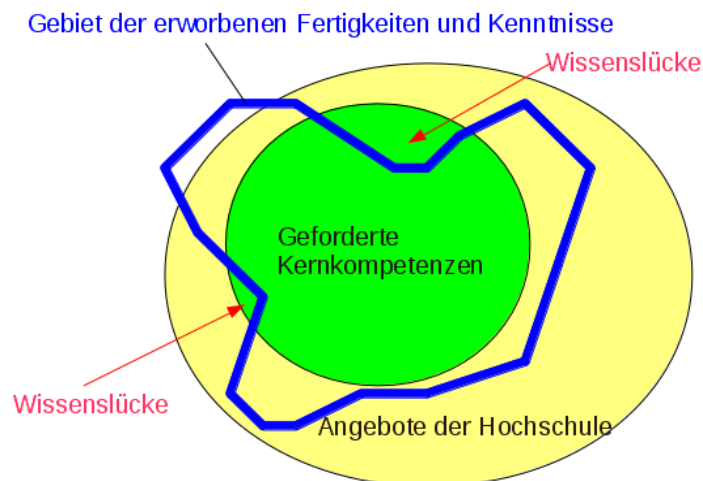


Bild 4: Beispielhafte Wissens- und Fertigkeitslandkarte nach Studienabschluss eines Projektbasierten Fernstudiums.

## 4 Eigenentwicklungen

Im folgenden werden bereits Praxis erprobte Elemente aus dem Präsenzstudium der Mechatronik an der FH-Brandenburg dargestellt, die als Bausteine in einem Ingenieur-Fernstudium in dem bisher beschriebenen Sinne direkt eingesetzt werden könnten. Auswahlkriterium ist dabei nicht die Ambitioniertheit der Beispiele, sondern ihre Eignung als Grundlage eines Selbststudiums, das dann in einer Präsenzphase ergänzt werden kann.

Es wurde im vorangegangenen Abschnitt bereits erwähnt, dass eine Herangehensweise beim Lernen vom Ganzen ins Detail besondere Lernvorteile bringt:

Nach dem Kennenlernen eines ganzheitlichen Konzeptes, z.B. eines AV, können später ergänzte weiter differenzierende Lerninhalte mental in ein Gesamtkonzept integriert werden und werden so viel eher in ihrer Bedeutung für das Ganze und damit überhaupt verstanden.

Die numerische Simulation und dazu gehörige Animationen erlauben es ein intuitives Verständnis für sehr Mathematik-lastige Lehrinhalte, wie die Regelungstechnik zu vermitteln. Beispielsweise in ein über das Internet abrufbares Applet verpackt, wird Kunden seitig nicht einmal eine besondere Software benötigt, um sie nutzen zu können.

In didaktischen Empfehlungen für den Einsatz von Animationen findet sich der gut nachvollziehbare Hinweis, dass

*„...ihr Einsatz nur sinnvoll ist, wenn ihre Eigenschaften passend zum Lehrgegenstand sind...“*  
[Niegemann et. al. 2004]

Diese Anforderung ist bei Animationen zu Simulationsmodellen in der Mechatronik und verwandten Gebieten natürlich in hohem Maße erfüllt.

Am Beispiel eines Fahrzeuges, das eine kreisrunde Linie verfolgen soll, werden in einem Applet (s. Bild 5) die qualitativen Eigenschaften der Regelparameter eines PID-Reglers vermittelt. Durch Verstärken und Abschwächen der Parameter P, I und D kann der Anwender die Auswirkung der einzelnen Parameter direkt am Verhalten des sich ständig weiter bewegenden Fahrzeuges ablesen:

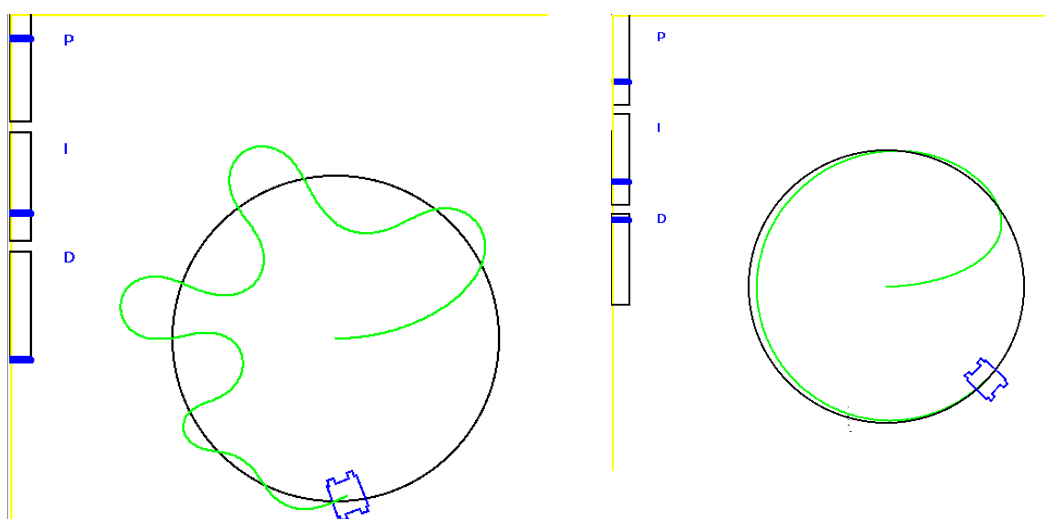


Bild 5: Animation einer Fahrzeugsimulation bei zwei verschiedenen eingestellten Parametern einer Lenkregelung.

Erwähnenswert ist an dieser Stelle auch die umfangreiche Bibliothek an Java-Applets zur Illustration physikalischer Vorgänge durch Simulationen von [Junglas 2008].

Mit nicht viel mehr als einem Lötcolben, einer Säge, einer Heißklebepistole und Materialkosten die um die zwanzig Euro liegen lässt sich ein kleines AV mit einer solchen Lenkregelung Mikrocontroller basiert umsetzen (vergl. Foto des Miniaturfahrzeugs, aus der Demonstration im Vortrag in Bild 6):

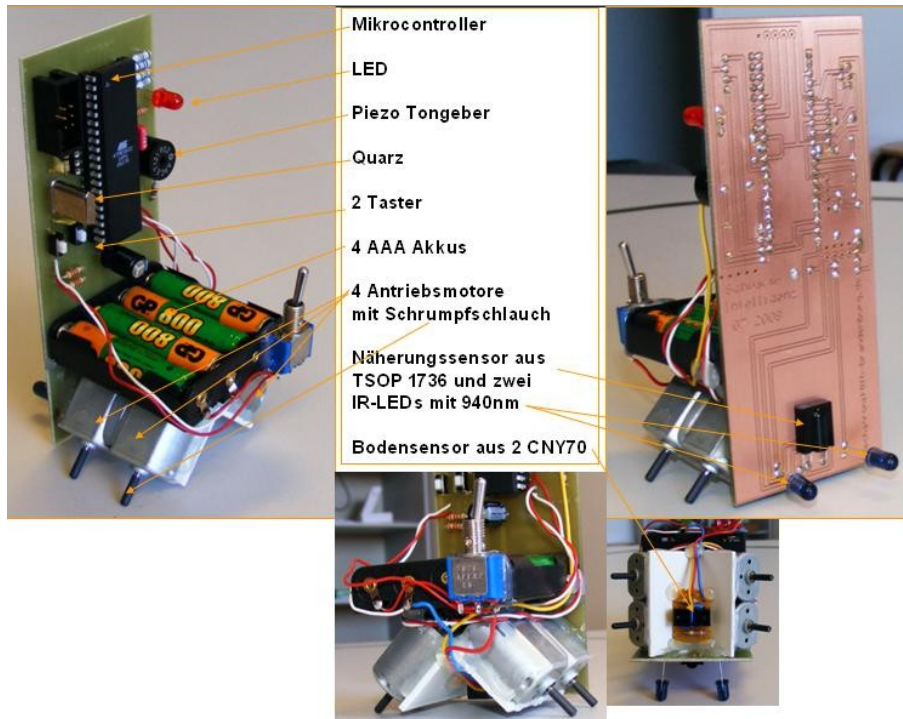


Bild 6: Einfach aufzubauendes Vehikel mit Mikrocontroller basierter Lenkregelung, s. Projektbeschreibung unter [http://www.kramann.info/65\\_Workshop/07\\_Schwarmintelligenz](http://www.kramann.info/65_Workshop/07_Schwarmintelligenz)

## E-Test

Seit drei Jahren prüfe ich Semester begleitend alle Fächer, die ich unterrichte durch elektronische Tests ab. Die Studierenden setzen sich an vereinbarten Terminen gemeinsam in einen PC-Pool, rufen eine spezielle Internetseite auf, die ein Server auf meinem Notebook temporär bereitstellt, melden sich an und bearbeiten für 30 Minuten einen Test, an deren Ende ihnen eine Gesamtnote angezeigt wird und wie sich die erreichten Punkte auf die einzelnen Aufgaben verteilen. Entgegen anderen bekannten Möglichkeiten Tests zu erstellen, kann die verwendete Eigenentwicklung auch automatisiert kreative studentische Lösungen bewerten, auf die der Dozent beim Testentwurf nicht selber gekommen ist. Ermöglicht wird dies, indem bei den mathematisch / programmiertechnischen Aufgaben nicht das beurteilt wird, was die Studierenden schreiben, sondern die Ausgabe eines Rahmen-Computerprogramms, das die Studierenden mit ihren Einträgen ergänzen.

Beispielsweise kann eine Aufgabe lauten:

"Schreiben Sie eine C-Funktion, die den Winkel eines Richtungsvektors des R2 in Grad liefert, dessen beide Komponenten x und y der Funktion übergeben werden."

Zur Beurteilung, ob die Aufgabe richtig gelöst wurde, wird das Rahmen-Computerprogramm die Funktion mit diversen Testwerten aufrufen, das Ergebnis ausgeben und die Übereinstimmung dieser Ausgabe mit derjenigen überprüfen, die die Musterlösung liefert (vergl. Bild 7).

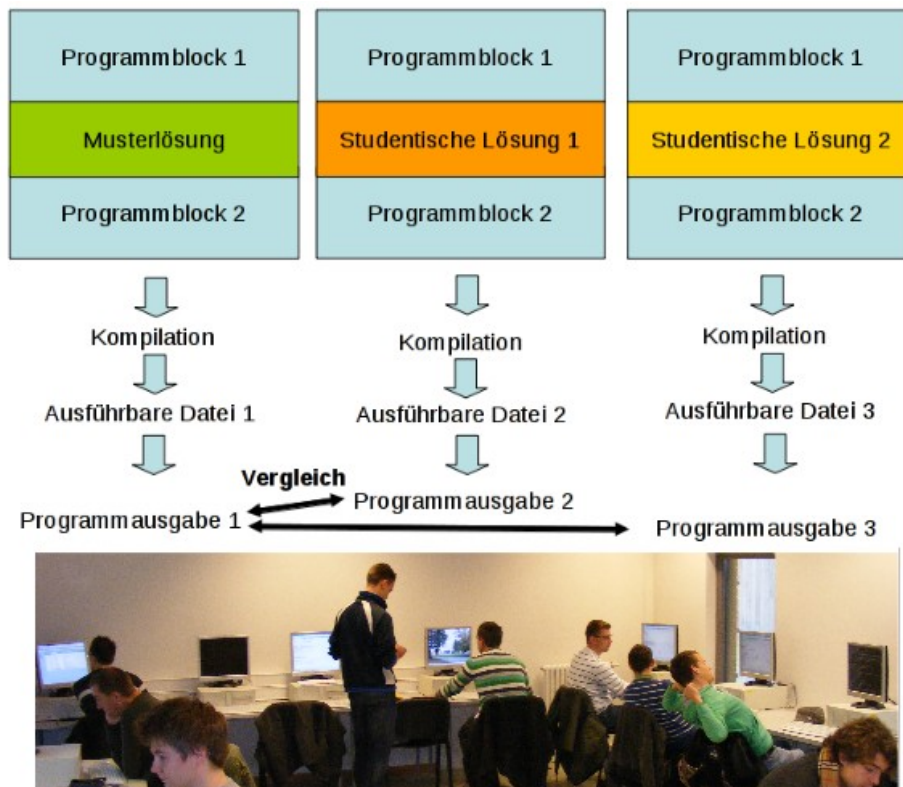


Bild 7: Prinzipieller Ablauf eines „E-Tests“.

Auch Aufgaben, deren Lösungen eine größere Variabilität haben dürfen sind nach diesem Prinzip handhabbar: Ist es doch möglich eine exakte Ausgabe zu vergrößern, oder einfach Ausgaben zu produzieren, die darstellen, ob eine Lösung in einem bestimmten Toleranzbereich liegt, wie beispielsweise die Trajektorie eines Fahrzeugs für dessen Lenkung ein Regler angegeben werden soll.

Durch gezielte Verschleierung des Rahmen-Computerprogramms kann für den Anwender auch der Eindruck vermittelt werden, er ergänze kein Programm, sondern gebe eine Berechnungsvorschrift an.

## 5 Ausblick

In dem nun folgenden Ausblick werden Angaben über die nächsten Entwicklungsschritte eines für das Distance Learning im Ingenieur-Bereich geeigneten Lehr- und Lernsystems (LLS) gemacht, wie sie in dem zeitlich begrenzten Rahmen des Vortrags nicht in dieser Tiefe hätten gegeben werden können.

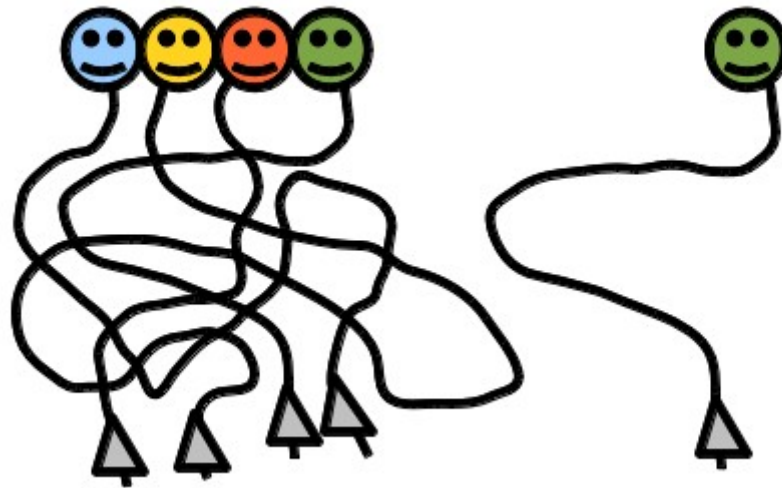
Die Entwicklung wird durch folgende Paradigmen geleitet:

**1)** Die Komplexität technischer Sachverhalte kann nicht rein virtuell adäquat abgebildet werden. Das Mechatronik-Labor für zu Hause benötigt neben CAE-Software, Computer-Simulationen usw. in jedem Fall auch Hardware-Elemente.

*Don't make me think!*  
 Buchtitel, Krug, Steve [2006].

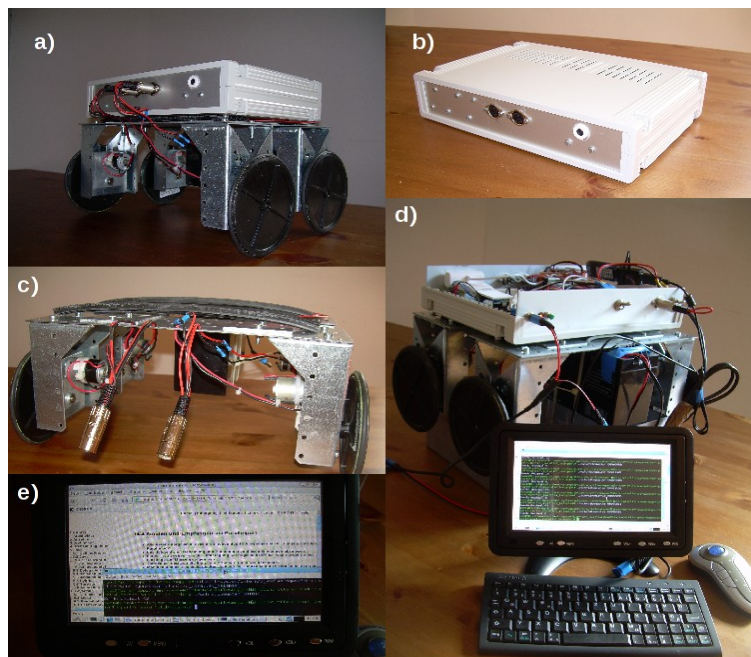
**2)** Die Einarbeitungsschwierigkeiten bei gängigen Internet basierten Lernplattformen und Content Management-Systemen beruht nicht zuletzt auf dem Bestreben, eine möglichst große Bandbreite eigentlich voneinander unabhängiger Funktionalität in eine monolithische Software zu integrieren. Die Einarbeitung in voneinander klar getrennten Einzelanwendungen, wie es bei der Bereitstellung der gerade sehr populär gewordenen

Apps praktiziert wird, ist wesentlich einfacher (vergl. die Illustration in Bild 8).



*Bild 8: Vereinigung vieler Einzelanwendungen in eine Software / Verminderung der Komplexität und des Einarbeitungsaufwandes bei Herauslösung einer Einzelanwendung.*

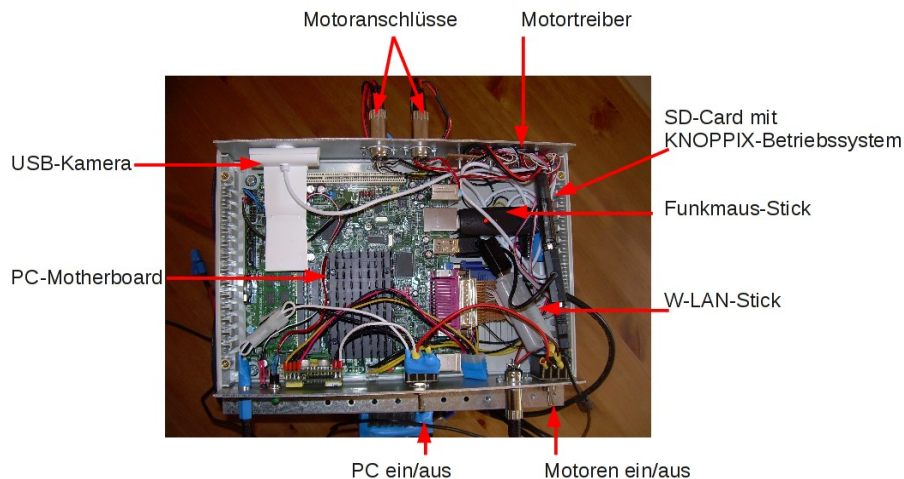
**3)** Durch die Einführung eines Live-Linux-Systems können bei den Studierenden, d.h. Client-seitig, Systemvoraussetzungen sicher gewährleistet werden, die typische Web-Anwendungen als Grundlage meiden würden, um eine breite Zugänglichkeit zu gewährleisten. Beispielsweise werden interaktive 3D-Animationen erst mit HTML5 aller Voraussicht nach möglich sein, obwohl es bereits seit 1997 den Standard VRML 2.0 gibt, der es auf einfache Weise ermöglicht, 3D-Animationen zu erstellen. Das Erfordernis spezieller Plug-ins, um entsprechende Inhalte innerhalb eines Webbrowsers zu visualisieren und eine anders orientierte Entwicklungspolitik seitens der Web-Browser-Anbieter waren der Grund dafür, dass sich diese Technik bislang nicht durchsetzen konnte. Technisch hoch stehende Webanwendungen anzubieten soll vor einer allgemeinen Verfügbarkeit die Präferenz gegeben werden.



*Bild 9: PC-basiertes Autonomes Vehikel unter Verwendung des Live-Linux-Betriebssystems Knoppix 6.5.*

Ein PC-Motherboard-basiertes AV befindet sich noch in der Entwicklung (Bild 9). Gezielt wird hier versucht, Komponenten zu verwenden, die den aktuellen Stand der Technik

abbilden und dennoch günstig zu erhalten sind. Im Umfeld der PC-Technik ist dies gegeben, da hier hochwertige Komponenten, wie Motherboards, USB-Kameras, LCD-Bildschirme in Massen produziert werden und sehr günstig zu erhalten sind. Zudem ist es derzeit üblich diese Komponenten sehr häufig zu erneuern, wodurch es leicht ist beispielsweise umsonst an ein nicht mehr benötigtes PC-Motherboard zu kommen. Die mechanischen Komponenten sind hauptsächlich Standard-Elemente aus dem Baumarkt oder dem Haushaltsbereich. Ziel ist es ja im Sinne einer Pilot-Studie des "Contact-Prinzips" quasi Jedermann allein aufgrund einer Anleitung im Internet den Bau und die Programmierung des AV zu ermöglichen. Nähere Angaben zu dem System im aktuellen Entwicklungsstand:



*Bild 10: Inneres des Elektronik-Gehäuses.*

Das verwendete Gehäuse bietet neben dem PC-Motherboard Platz für sämtliche notwendigen USB und Parallelport-Devices (vergl. Bild 10):

- USB-Kamera
- W-LAN-Stick
- SD-Card mit Betriebssystem
- USB-Funkmaus / Presenter-Stick
- Motortreiber über Parallelport angesteuert

PC-Gehäuse und Fahrgestell lassen sich leicht voneinander trennen (Bild 9 a,b,c). Die Motoren werden über DIN-Stecker verbunden (Bild 9c). Das Fahrgestell trägt auch einen 12V 7AH Bleiakku. Ein zweiter Akku kann leicht ergänzt werden, um die Motorspannung von 12V auf 24V heraufzusetzen. Das Fahrgestell besteht aus vier Baumarkt-üblichen Balkenschuhen und mehreren Lochplatten aus Stahl. Mit Hilfe der vorhandenen Bohrungen (die natürlich ergänzt werden müssen) lässt sich der Antrieb auch für Laien recht exakt herstellen. Ziel dieses Entwurfs war es im Sinne eines Mechatronik-Labors für zu Hause "Jedermann" die Möglichkeit zu geben, das System mit Hilfe einer im Internet verfügbaren Anleitung (in Planung) ohne allzu hohen Kostenaufwand umzusetzen.

Solche Hardware-Projekte liefen bislang getrennt von der Erstellung von Simulationsmodellen und beides wiederum getrennt von den im E-Test verwendeten Techniken. In Zukunft sollen diese drei Elemente zu einem Gesamtsystem zusammengefügt werden:

Das Erstellen von Reglern für ein Simulationsmodell soll innerhalb eines E-Tests möglich sein und das Resultat soll sich hierin direkt in einer 3D-Animation visualisieren lassen. Der

entwickelte Regler soll dann über die gleiche Webschnittstelle direkt auf einem AV getestet werden können (vergl. Bild 11). Die Software-technische Umsetzung erfolgt unter Einsatz der Programmiersprachen C, C++, Java, Javascript und PHP entsprechend deren Eignung für bestimmte Probleme, wobei Java aufgrund seiner umfangreichen reibungslos miteinander kombinierbaren Klassen-Bibliotheken eine führende Position zukommt. Für die Hardwareansteuerung mit Java ergeben sich hier allerdings einige Probleme aufgrund der zu erwartenden Echtzeitanforderungen. Hinweise hierzu finden sich beispielsweise in [Benra, Halang 2009].

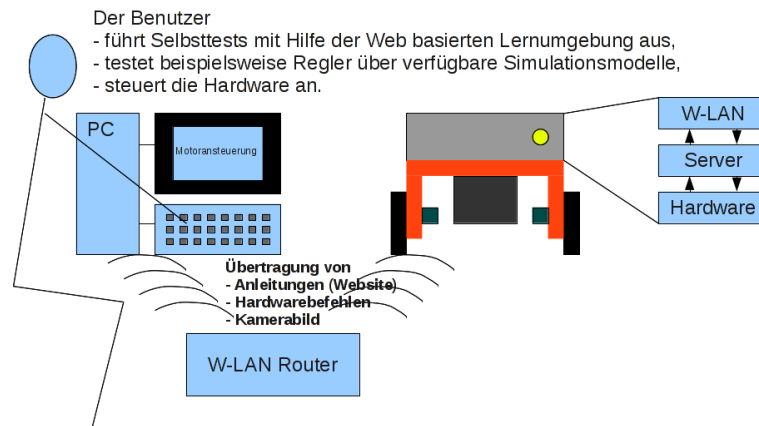


Bild 11: Illustration eines integrativen Lehr- und Lernsystems für die Mechatronik – das Mechatronik-Labor für zu Hause.

Das Fahrzeug enthielt dann also den Server, der die Intranetseiten für das Selbststudium bereitstellt. Über den gleichen Weg (Aufruf dieser Seiten über W-LAN) erfolgt die Kommunikation mit der Fahrzeug-Hardware, sowie die Bereitstellung diverser unterstützender Simulationsprogramme.

Ein Projekt wie das PC-Motherboard-basiertes AV für sich genommen entbehrt zunächst einem echten Lebensbezug. Dieser kann aber über eine Spezifizierung auf eine besondere Anwendung hin ergänzt werden.

Konkret ist geplant, eine Erweiterung des AV als Museumsführer im Archäologischen Museum von Brandenburg einzusetzen. Vor diesem Hintergrund ergeben sich einerseits ganz neue Anforderungen an die Entwicklung, andererseits bietet ein solches Ziel für die Studierenden auch eine Vielzahl an sozialen Vernetzungsmöglichkeiten, aus denen heraus eine besondere Motivation, aber auch hohe Anforderungen an das Projekt erwachsen können.

Es ist vorgesehen, den Fortgang des hier angerissenen Gesamtprojektes zur Entwicklung eines Lehr- und Lernsystems für das Mechatronikstudium im Distance-Learning öffentlich unter [http://www.kramann.info/74\\_LLS](http://www.kramann.info/74_LLS) mit dem Ziel fortzuführen, bis Mitte des Jahres 2012 einen Stand zu erreichen, der eine weitere Verbreitung praktikabel macht. Alle Interessierten sind dazu eingeladen, den Prozess aktiv durch Kritik und Ideen zu unterstützen: [kramann@fh-brandenburg.de](mailto:kramann@fh-brandenburg.de)

## Referenzen

**Becker, Byron Weber [2007]:** *Java – Learning to Program with Robots*, Thomson Course Technology; Boston.

**Benra, Juliane T.; Halang, Wolfgang A. [2009]:** *Software-Entwicklung für Echtzeitsysteme*, Springer; Heidelberg, S.155-170.

**Buss, Holger; Busker, Ingo [2011]:** *MikroKopter*; <http://www.mikrokoetter.de>, aufgerufen am 20.07.2011.

**Hüther, Gerlad [2004]:** Die Bedeutung innerer und äußerer Bilder für die Strukturierung des kindlichen Gehirns, in: *Lernen*; Verlag Freies Geistesleben; Stuttgart, S.60-62.

**Junglas, Peter [2008]:** *PhysBeans – Physikalische Simulation mit Java-Applets*; Verlag Harri Deutsch; Darmstadt.

**Knopper, Klaus [2011]:** *KNOPPIX 6.5 Live-Linux-System*; <http://www.knopper.net>; aufgerufen am 03.07.2011.

**Kölling, Michael [2010]:** *Einführung in Java mit Greenfoot: Spielerische Programmierung mit Java*; Pearson Studium; München.

**Krug, Steve [2006]:** *Don't make me think!*; Redline GmbH; Heidelberg.

**Niegemann, Helmut M. et.al. [2004]:** *Kompendium E-Learning*; Springer; Heidelberg, S. 140.

**Sagan, Carl [1985]:** *Contact*; Simon and Schuster; New York, S. 192.

**Spitzer, Manfred [2002]:** *Lernen - Gehirnforschung und die Schule des Lebens*; Spektrum; Heidelberg, S. 157-173.