

## Remote Controlled Laboratories – Experimentieren aus der Ferne

Stefan Altherr, Bodo Eckert, Hans-Jörg Jodl

Fachbereich Physik, TU Kaiserslautern, Erwin-Schrödinger-Straße, 67663 Kaiserslautern

### Kurzfassung

Multimedien sind heute eine anerkannte Ergänzung im Physikunterricht. Als neueste Entwicklung gelten in diesem Bereich die sogenannten *Remote Controlled Laboratories* (RCL), also Experimente die über das Internet ferngesteuert werden. Im Text soll ein kurzer Überblick über den weltweiten Bestand an RCL gegeben werden. Eigene Entwicklungen werden angesprochen bevor Möglichkeiten zum Einsatz in der Schule diskutiert werden. Abschließend wird ein Ausblick auf die anstehenden Aufgaben und die weiteren Ziele in diesem Bereich gegeben.

### 1. Einführung

„Mars Express in die Umlaufbahn eingetreten – Signal von Beagle-2 steht noch aus“ [1]. Solche und ähnliche Meldungen waren in allen Nachrichtensendungen während der Weihnachtsfeiertage 2003 zu hören (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Computergrafik „Beagle-2“ [1]

Kaum einer konnte sich den Berichten über diese beiden Remote Controlled Laboratories (RCL) entziehen. Beides Vorzeigebeispiele aktueller Forschung, beides Musteranwendungen für RCL. Doch man muss nicht so weit gehen, um Beispiele für RCL zu finden. Zahllose Fabrikanlagen werden zentral, und somit aus der Ferne gesteuert. RCL sind in zahlreichen Gegenständen des täglichen Lebens zu finden. Damit stellen sie auch einen interessanten Ansatzpunkt für die Physiklehre in der Schule dar, dem oft der berechtigte Vorwurf gemacht wird, nur Lehrmittelfisik zu betreiben, die von alltagsfremden Aufbauten der entsprechenden Firmen geprägt ist.

Dabei ist sicherlich ein erstes Ziel, Schulen den Zugang zu Experimenten zu ermöglichen, die aus Zeit-, Kosten- oder Komplexitätsgründen im Unterricht nicht durchgeführt werden können.

Viel interessanter erscheint es uns jedoch, den Aufbau eigener RCL zu ermöglichen, und damit im Rahmen von (interdisziplinären) Projekten oder

Facharbeiten einen viel tiefergehenden Zugang zur Thematik zu ermöglichen. Neben inhaltlichen Lernzielen, können somit auch fachübergreifender Kompetenzen erworben werden.

### 2. Individuelle RCL

Recherchiert man im Internet nach RCL, so lassen sich nur etwa 50 Einträge finden, bei denen es möglich ist, Experimente tatsächlich fernzusteuern [2].

Bei diesen handelt es sich nahezu ausschließlich um individuelle Lösungen, d.h. um Aufbauten, bei denen weder bei Hard-, noch bei Software auf standardisierte Komponenten zurückgegriffen wird.

Dies hat zur Folge, dass jeder, der ein solches RCL aufbaut, im Prinzip wieder „bei Null“ anfangen muss. Also ist jedes Mal ein geeignetes Interface zur Ansteuerung des Versuches zu finden und eine darauf abgestimmte Software zu programmieren.

Ein Beispiel dafür ist der „Telerobot“ [3] der University of Western Australia (siehe Abb. 2).

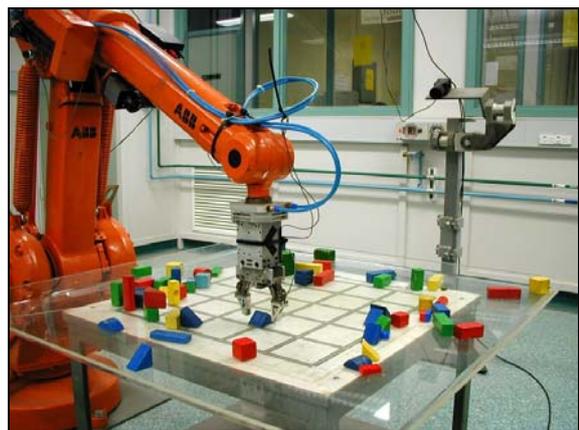


Abb. 2: Telerobot [3]

Dieser Roboter ermöglicht es, Bauklötze auf einem Raster zu bewegen. Wie am benutzten Roboterarm und der programmierten Software leicht zu erkennen ist, wurde mit finanziell großem Aufwand ein RCL mit leider nur geringem didaktischen Nutzen reali-

siert. Dies liegt daran, dass man sich noch in einer Phase des Ausprobierens befindet.

Wie für Aufbauten dieser Generation typisch, lässt sich die Art der Realisierung von Außen als Benutzer nicht nachvollziehen.

### 3. RCL mit standardisiertem Interface

Die genannte Vorgehensweise liefert natürlich nur wenig Verwertbares für den Schulbetrieb. Die Nutzung erscheint wenig sinnvoll, und der Aufwand zum Aufbau eines eigenen RCL dieser Art ist von einer Schule nicht zu leisten.

Aus diesem Grund haben wir versucht, Interface und Software zu standardisieren, um die Entwicklungskosten und den Aufwand zu minimieren. Da es an deutschen Schulen bereits weit verbreitet ist, wählten wir das CASSY-Interface von Leybold-Didactic [4].

Zu dieser Hardware wurde von uns zunächst ein Versuch zur Elektronenbeugung [5] realisiert. Diese erste Installation erlaubt die Variation der Beschleunigungsspannung. Der Durchmesser der Beugungsringe kann ausgelesen werden.

Aufbauend auf diesem Prototyp wurden in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Museum in München, der Eberhard von Kuenheim Stiftung, des Arbeitgeberverbandes Gesamtmetall und der Netzmedien GbR [6] drei weitere RCL aufgebaut. Dies sind ein fernsteuerbarer Roboter, eine Wärmebildkamera sowie eine optische Pinzette [7].

Alle drei Versuche nutzen dieselbe Hardware-Schnittstelle, und die Software baut auf einem Grundprogramm auf, das jeweils nur leicht angepasst werden muss.

Das nächste RCL dieser Familie wurde von Netzmedien GbR zusammen mit Leybold-Didactic selbst aufgestellt. Es handelt sich um den Aufbau einer Elektronenablenkröhre, bei der Beschleunigungs- und Ablenkspannung sowie der Helmholtz-Spulenstrom variiert werden können. Darüber hinaus ist die Anwahl verschiedener Kameraperspektiven möglich (siehe Abb. 3).

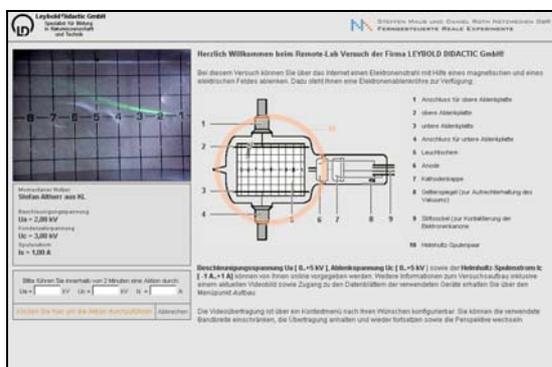


Abb. 3: Elektronenablenkröhre, Leybold-Didactic GmbH, [8]

Das aktuellste RCL dieser Gruppe ist das H<sub>2</sub>-Labor [9].

Mit dieser Grundlage wäre es Schulen prinzipiell möglich, eigene RCL zu realisieren. Jedoch übersteigt der Anschaffungspreis für ein CASSY-Interface (in der Regel werden Sensor- und Power-CASSY benötigt, sowie weitere Grundgeräte) meist die finanziellen Möglichkeiten von Schulen, um damit nur ein Experiment dauerhaft zu betreiben.

### 4. RCL mit dem Intelligent-Interface

Der hohe Preis der CASSY-Interface Systeme ist u.a. durch den großen Funktionsumfang bedingt, der die Anforderungen zum Aufbau eines einfachen RCL übersteigt.

Aus diesem Grund haben wir nach einem Interface mit geringerem Funktionsumfang und entsprechend geringerem Preis recherchiert. Fündig wurden wir dabei bei der Firma Fischertechnik [10] welche das sogenannte Intelligent-Interface (siehe Abb. 4) anbietet.

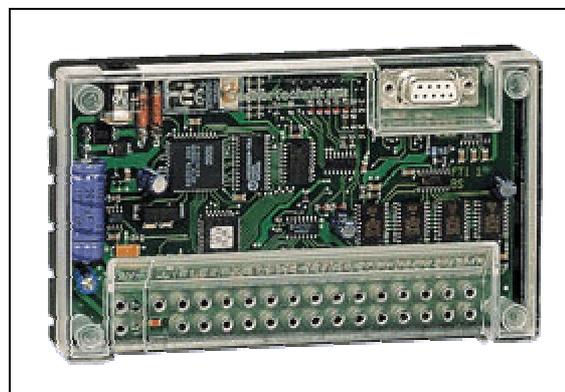


Abb. 4: Das Intelligent-Interface

Wir haben uns dabei aus mehreren Gründen für ein etabliertes Markengerät entschieden. Es handelt sich um ein robustes Gerät mit guter Dokumentation, welches eine große Akzeptanz bei Schülern, Eltern und Lehrern besitzt. Die Hemmschwelle vor der *fremden* Technik ist somit nahezu aufgehoben.

Die Entwicklung der Software zur Anbindung an das Internet ist nahezu abgeschlossen und kann in absehbarer Zeit von unserer RCL-Webseite [11] kostenlos heruntergeladen werden. Bei der Programmierung der Software wurde dabei versucht, ein möglichst leicht zu konfigurierendes und flexibles System zu schaffen, welches weitreichende Einsatzmöglichkeiten besitzt.

Zum Test der Software wurde von uns ein Roboterarm (ebenfalls Fischertechnik) gebaut, der nun seit 6 Monaten im Testbetrieb läuft (siehe Abb. 5).

### 5. Weitere Ziele und Aufgaben

Damit haben wir nun (neben dem CASSY-Interface für anspruchsvollere RCL) ein System aus Hard- und Software zur Hand, welches in nächster Zukunft von Schulen eingesetzt werden kann. Gleichzeitig gilt es, didaktische Konzepte zum Einsatz von RCL im Schulunterricht zu entwickeln.

Ist dies geschehen, so hoffen wir, dass die Schüler selbst (z.B. in Projekten) Erfahrung im Aufbau und Umgang mit RCL gewinnen können, und dass sie Zugang zu Experimenten erhalten, die an der Schule selbst nicht durchführbar sind.

Neben einer weiteren Vernetzung von Schule und Hochschule durch Support bei Aufbau und Nutzung von RCL, ist auch eine Kooperation zwischen Schulen wünschenswert und möglich.

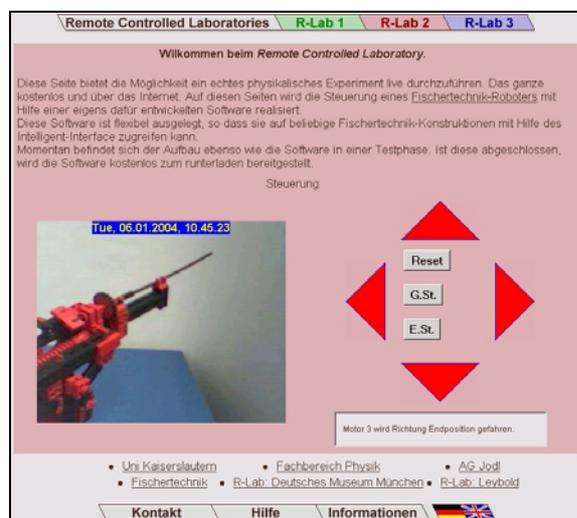


Abb. 5: Fischertechnik-Roboter mit Intelligent-Interface [12]

Endziel ist das Entstehen eines Netzwerkes von RCL an Hochschulen, Schulen, Museen, Firmen, Stiftungen und sonstigen Trägern welches von allen Interessierten frei genutzt werden kann.

## 6. Fazit

RCL stellen eine Möglichkeit dar, den Schulunterricht zu bereichern. Dort, wo das reale Experiment nicht durchgeführt werden kann, bieten multimediale Elemente einen weiteren möglichen Zugang zu Lerninhalten.

Weiterhin bietet sich der Aufbau eigener RCL im Rahmen von Projekten an, wo neben Fachinhalten auch zahlreiche Schlüsselqualifikationen (Teamwork, Präsentation, Recherche, etc.) erlernt werden können.

## 7. Danksagung

Besonderer Dank geht an die Firmen Fischertechnik und Leybold-Didactic als Sponsoren unserer RCL. Ebenfalls möchten wir uns bei der Eberhard von Kuenheim Stiftung und dem Arbeitgeberverband der Metall- und Elektro-Industrie Gesamtmetall für die Unterstützung sowie bei D. Roth für die experimentelle Realisierung des RCL zur Elektronenbeugung bedanken.

## 7. Literatur

Alle Links sind auf dem Stand vom 22.03.2004.

- [1] ESA Portal - Germany:  
[http://www.esa.int/export/esaCP/GGG03KCM8\\_EC\\_Germany\\_0.html](http://www.esa.int/export/esaCP/GGG03KCM8_EC_Germany_0.html)
- [2] Vergleiche hierzu:
  - [http://www.learninglab.de/i\\_labs/docs/Uebers\\_Fernlabore/uebersicht\\_fernlabore.html](http://www.learninglab.de/i_labs/docs/Uebers_Fernlabore/uebersicht_fernlabore.html)
  - <http://131.246.237.59>
- [3] Telerobot, University of Western Australia, Dr. Ken Taylor:  
<http://telerobot.mech.uwa.edu.au/index.htm>
- [4] Leybold-Didactic GmbH, CASSY-Interface:  
<http://www.leybold-didactic.de/software/index.html?cassy-s.html>
- [5] Elektronenbeugung, TU Kaiserslautern:  
<http://131.246.237.97/rlab/web/index.shtml>
- [6] Netzmedien GbR, D. Roth und S. Maus:  
<http://www.netzmedien.de>
- [7] remote\_lab – ein ferngesteuertes Labor im Internet:  
<http://www.remote-lab.de/>
- [8] Leybold-Didactic GmbH, Remote-Lab:  
<http://remote-lab.leybold-didactic.de/>
- [9] H<sub>2</sub>-Labor:  
<http://www.h2-lab.com/>
- [10] Fischertechnik  
<http://www.fischertechnik.de>
- [11] RCL, TU Kaiserslautern:  
<http://131.246.237.97>
- [12] Fischertechnik-Roboter mit Intelligent Interface, TU Kaiserslautern:  
<http://131.246.237.59/roboter/index.asp>