

Situiertes Lernen in Mixed Reality Lernräumen

Mixed Reality Lernräume lassen sich charakterisieren durch ein bestimmtes Verhältnis des virtuellen Raumes der Digitalen Medien mit dem Raum physikalischer Gegenstände und realer Orte. Dafür schlagen wir eine technisch flexible und lose Kopplung physikalischer und virtueller Gegenstände vor. Wir propagieren keine neuen Schnittstellen oder Geräte, sondern das Konzept eines Lernraums, das mit den sich herausbildenden Digitalen Medien auf neue Art und Weise umgeht. Mit einfacher Schnittstellentechnik soll es leichte, aber doch stets bewusst wahrnehmbare Übergänge zwischen virtuellen und realen Sphären des Lernraums geben. Von entscheidender Bedeutung ist, dass die Kontrolle nicht bei der Technik, sondern bei den Lernenden liegt.

1 Konzeptioneller Entwurf

Traditionelle Produktions- und Arbeitsweisen, die durch den direkten und sinnlichen Umgang mit materiellen Gegenständen geprägt sind, verlieren in der modernen Wissensgesellschaft an Bedeutung. An ihre Stelle treten virtuelle Werkzeuge, Werkstoffe und Maschinen. Geplante Systeme werden im Computer entworfen, simuliert und dort getestet. Die so erzeugte simulierte Wirklichkeit ist jedoch stets in Bezug zur realen Welt zu setzen. Lernende sind deshalb zunehmend in einen Lernraum von sogenannten *Mixed Realities* versetzt. Dieser ist geprägt durch das Wechselverhältnis des virtuellen Raums der digitalen Medien mit dem Raum physikalischer Gegenstände und realer Orte. Im sozialen Raum der durch Regeln und Arbeitsteilung bestimmten Gemeinschaft entstehen so neue Abläufe nach Regeln, welche erstens wahrzunehmen und zweitens zu lernen sind. Das Lernen mit elektronischen Medien oder virtuellen Werkzeugen einerseits und das Lernen am realen Objekt in der stofflichen Welt andererseits scheinen jeweils nach verschiedenen Mustern abzulaufen und gegensätzliche Lernkulturen zu repräsentieren. „Das Konzept der *Mixed-Reality* ermöglicht es, diesen Gegensatz zu überwinden: es löst die ursprüngliche Trennung von Realem und Virtuellen auf und ermöglicht deren gegenseitige Verknüpfbarkeit und Abbildung.“ (Müller 2005, S. 301). *Mixed Reality*-Lernumgebungen reduzieren anders als *Virtual Reality*-Systeme die Sinne der Lernenden nicht auf den audiovisuellen Bereich, sondern es soll möglich sein, in einer alle Sinne umfassenden Umgebung intuitiv experimentieren zu können.

Dieser Vorteil der engen Kopplung zwischen real-stofflichen und virtuellen Modellen mündet bei manchen *Mixed Reality*-Lernumgebungen aber in einem zu starren Design, das für einen speziellen Fall gestaltet wird und sich nur schwer an unterschiedliche Szenarien anpassen lässt. Zum anderen werden die Lernenden durch eine enge computergestützte Kopplung in ein technisch geprägtes Korsett gepresst, das ein flexibles und kreatives Herangehen an Lernaufgaben erschwert. In der Gestaltung der vorhandenen Teile wird dabei nicht nur die Lösung vorweggenommen, sondern auch schon der Lösungsweg. Eine Übertragung von Kompetenzen, Vorgehensweisen und Werkzeugen oder eine Kopplung an andere Systeme ist in der Regel nicht vorgesehen und de facto oft ausgeschlossen.

Wir schlagen deshalb ein Konzept der *losen Kopplung* zwischen physikalischen und digitalen Bereichen vor. Wie in traditionellen *Mixed Reality*-Lernumgebungen ermöglicht es Kopplungen zwischen physikalischen und virtuellen Gegenständen, aber nicht als starres Design für eine bestimmte Lernumgebung mit festgelegter Konfiguration, sondern für einen Lernraum, in dem viele unterschiedliche Konfigurationen von virtuellen und realen Gegenständen hergestellt werden können.

Einerseits führt dies zu technisch flexiblen und leicht zu realisierenden Szenarien, andererseits – und das ist uns am wichtigsten – werden so vielfältige didaktisch sinnvolle Lernszenarien realisiert. Lernen beruht immer auf einer Bewältigung von Differenz, aus der (aktiven) Überführung einer unbekanntenen Situation in ein Modell, das für Lernende verständlich und begreifbar ist.[1] Eine besondere Herausforderung stellt hierbei das Erlernen von abstrakten Sachverhalten und die Bewältigung des Prozesses der Abstraktion selbst dar.[2] Oder in den Worten von Visionären des Lernens mit Computern ausgedrückt: „What counts is your mental world of interests, dreams and fantasies, which are often very far removed from everyday life. The key educational task is to make connections between powerful ideas and passionate interests.” (Papert/Minsky/Kay 2005, S. 37). Seymour Papert hat dafür die Idee vom „Konstruktionistischen Lernen“ ausgearbeitet, ein auf dem Konstruktivismus basierender Ansatz, der das Lernen als aktiven Aufbau von Wissensstrukturen begreift. Wissen wird durch die Lernenden hergestellt, nicht von den Lehrenden vermittelt. Der Konstruktivismus geht davon aus, dass dieser Aufbau von Wissensstrukturen dann besonders gut gelingt, wenn die Lernenden mit äußerlich sichtbaren, wahrnehmbaren Objekten arbeiten, selbst etwas herstellen, etwas konstruieren.

Deshalb erscheinen uns Lernumgebungen sehr problematisch, in denen der Computer als automatisches System wahrgenommen wird, das den Lernenden wiederkehrende grundlegende Aufgaben algorithmisch abnimmt, ihnen dabei aber auch die Orientierung und das Gefühl für die Sache vorenthält. Stattdessen plädieren wir für die Realisierung von situiertem Lernen, bei dem Lernende den Computer bewusst als Medium zur Unterstützung von Abstraktionsprozessen in konkreten Situationen benutzen, die sie selbst schaffen und weiterentwickeln. Im Idealfall thematisieren Lernende explizit

- die Differenz zwischen simulierten digitalen Welten und realem Verhalten in der physikalischen Umwelt,
- die Funktionsweise des Mediums Computer selbst und
- den Übergang zwischen unterschiedlichen Repräsentationen von Modellen.

In dem hier vorgestellten Konzept wird also eine flexible und lose Kopplung zwischen realen und virtuellen Gegenständen vorgeschlagen. Das heißt, im Lernraum beschränkt sich das Computer-System auf die Bereitstellung von unterschiedlichen medialen Repräsentationen, die in einer vorliegenden Lernsituation interessant sein können. Technisch ist die Kopplung auf das Erkennen von Markern zur Identifizierung von Gegenständen beschränkt. Je nach Lerngruppe können Lernende zumindest einen Teil der Kopplung auch selbst realisieren.[3]

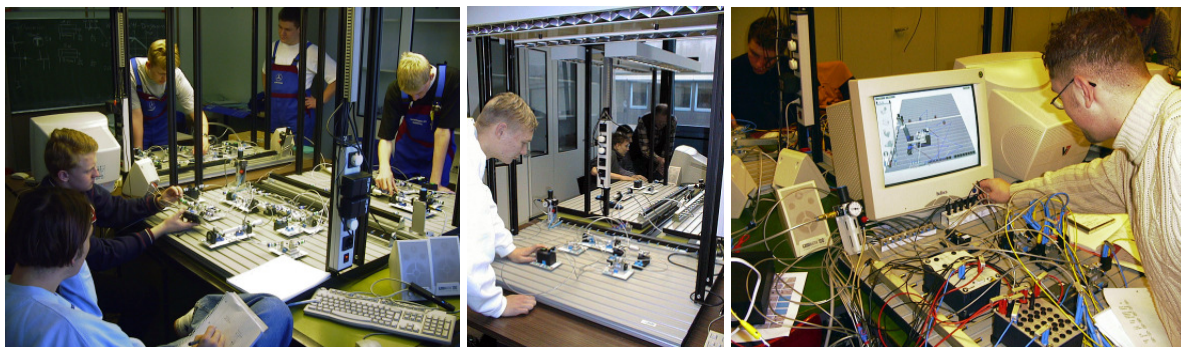


Abb. 1: Lernende arbeiten im Mixed Reality-Lernraum

2 Die Initiative geht vom Lernenden aus

Alles, was (Computer-) Technik in dem von uns vorgeschlagenen Konzept für den Lernenden leistet, ist die unterschiedliche Darstellung der in einer konkreten Lernsituation

interessierenden Dinge. Dagegen hat die Zusammenführung der verschiedenen Medien, die Anwendung der bereitgestellten Daten, der Bezug auf eine bestimmte Anforderung, das Erkennen von Zusammenhängen und die Interpretation der konkreten Situation stets der Mensch zu leisten. Dies ist keine Frage einer technischen Limitierung, sondern das eigene Herstellen von solchen Verbindungen ist essenzieller Teil des Lernens.

Im Technikunterricht gilt es, (Bau-) Teile und ihre Funktionen zu verstehen. Es gilt, medial angebotene Informationen auszuwählen und auf die konkret vorliegende Situation zu übertragen. Lernende müssen den Erfolg der eigenen Aktionen überprüfen. Sie dürfen nicht von einem Gerät abhängig werden, sondern sollten lernen, mit technischen Artefakten auf ihre eigene Weise umzugehen, mit verschiedenen Medien spielen können. In einem solch offenen Konzept, sind Lernende keine Anwender von Geräten. Stattdessen setzen sie Technik zum Verständnis und zur Lösung von Problemen ein. Sie nähern sich unklaren Situationen – und das sind offene Problemstellungen für Lernende stets – neugierig und fragend, erste Informationen sammelnd. Anstatt gleich auf eine bestimmte Lösung zu zielen, experimentieren sie zum Beispiel mit technischen Baukästen, um sich an Gegenstand und Thema heranzutasten.

Wie ein solches konstruktionistisches Lernkonzept mit dem Ansatz der losen Kopplung von realen und virtuellen Gegenständen im *Mixed Reality*-Lernraum verbunden werden kann, sei an einem ersten Beispiel erklärt: Ein Handy[4] zeigt, wenn es über einen Teil einer Schaltung wie einen Motor gehalten wird, neben statischen Angaben wie Leistung oder maximale Drehzahl auch dynamische Informationen zum aktuellen Zustand und Prozessverlauf an. Je nach Teil der Schaltung umfassen diese Angaben etwa die Stromstärke, die Spannung, die Batterie-Ladung, die Drehzahl, den Luftdruck, die Lage von mechanischen Teilen, die Stellung von Schaltern und den Schaltplan. Die Teile der Schaltung werden optisch durch Markierungen oder per Funk durch *RFID chips* identifiziert, die internen Daten werden über Funk übertragen, denkbar ist auch der Einsatz von elektrischen Steckverbindungen.

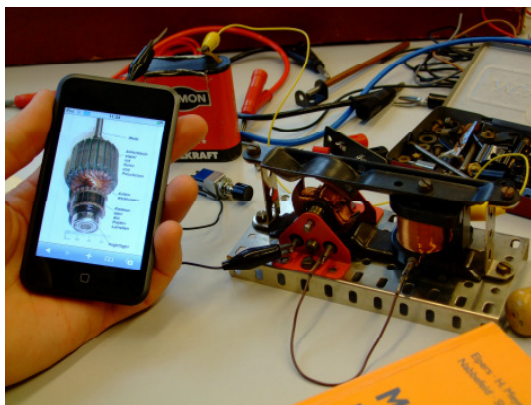


Abb. 2: *Elektromotor: Märklin Baukasten-*

Auf diese Weise wird mit einfachen Mitteln eine Beziehung zwischen realen Bauteilen und abstrakten Repräsentationen hergestellt, die schrittweise einen Aufbau von mentalen Modellen über die Problemstellung ermöglicht, welche zu einem immer komplexeren und abstrakteren Verständnis führt. Die in einem solchen Prozess des Experimentierens unvermeidlichen und stets auftretenden Brüche zwischen unterschiedlichen Repräsentationen werden nicht umgangen, technisch gelöst oder vor den Lernenden versteckt, sondern ihnen werden verschiedene computergestützte Werkzeuge und Methoden an die Hand gegeben, mit denen sie mit den Brüchen umgehen und sie als Teil der Erfahrung akzeptieren und produktiv nutzen. Es wird keine vollständige Automatisierung angestrebt, sondern die

Integrationsleistung erbringen die Experimentierenden selbst. Vorgeschlagen wird mit dem Ansatz der losen Kopplung also nicht die Entwicklung eines weiteren Systems, sondern ein Konzept für den Einsatz verschiedener vorhandener Techniken, die der jeweiligen Lernsituation angemessen collage-artig in Bezug gesetzt werden. Da bei diesem Vorgehen Lernende die (Computer-) Technik selbst gestalten oder zum Teil sogar modifizieren, lernen sie sowohl etwas über das von ihnen zu lösende Problem als auch über das Medium, das sie zur Lösung einsetzen. Damit unterscheiden wir uns auch bewusst von allen Ansätzen, welche fordern, dass das Medium transparent sein sollte. Die Grenze zwischen mechanischen oder elektrischen Bauteilen und dem Computer wird nicht aufgelöst, sondern die Bauteile bleiben Teile, der Computer bleibt Computer, Medien (wie Beschreibungen, Schaltpläne, Fotos, Videos) bewahren sich ihren stets fragmenthaften Charakter. In unserem Modell ist die Schnittstelle nicht transparent, sondern mit sichtbaren Brüchen behaftet, die nicht versteckt, sondern als zu lernende Differenz deutlich werden.

3 Ansätze der Realisierung

Eine Realisierung ist technisch vorstellbar mit handelsüblichen Baukästen (etwa Fischer, Kosmos, Lego, Märklin); diese bilden abgeschlossene Systeme mit zwar hoher interner Integration, aber mit nur schwacher Verbindung nach außen. Hier gilt es Beziehungen herzustellen, die wir exemplarisch erläutern. Die im Folgenden angeführten Beispiele stellen den praktischen Bezug des vorgestellten Konzepts zu verschiedenen Lernsituationen her. Alle Lernszenarien sind auf selbständige Gruppenarbeit mehrerer Lernender hin orientiert und auf kooperative Zusammenarbeit. Sie folgen dem Leitbild, dass Lernende voneinander lernen, sich ergänzen und gegenseitig helfen. In einem solchen Prozess ist die Eigeninitiative aller Teilnehmenden stark gefordert, nicht das Verfolgen eines durch das Medium vorbereiteten oder gar vorgeschriebenen Wegs. Jeder Lernende kann dabei eine andere Art der medialen Darstellung wählen oder sich weitere Informationen vom Computer anzeigen lassen. Der durch die gemeinsame Arbeit und die bereitgestellten Daten angestoßene Austausch soll die eigene Erfahrung ergänzen und helfen, sie in bekannte Zusammenhänge einzuordnen. Konkrete Aufgaben können das Erkunden, die Reparatur oder der (Um-) Bau etwa eines elektrischen Schaltkreises, einer mechanischen Maschine oder eines vertrauten Geräts wie einer Kaffeemaschine oder eines Toasters sein. Im Folgenden beschreiben wir mögliche Szenarien der losen Kopplung, gegliedert nach unterschiedlichen Metaphern für die Lösung von Aufgaben.

3.1 Röntgenblick

Die Metapher des Röntgenblicks bezeichnet Medien, die einen virtuellen Blick ermöglichen, wie es drinnen oder dahinter aussieht. Ermöglich werden soll ein Hineinschauen der Lernenden in Maschinen, ohne dass diese zuvor auseinander genommen werden. Das Zerlegen von mechanischen Teilen führt oft dazu, dass die Funktionszusammenhänge der Elemente nur noch schemenhaft erkennbar sind. Dargestellt wird dazu eine Maschine etwa als einzelne 3D-Ansicht oder auch als Überlagerung mit der Ansicht der gegenständlichen Maschine. Je nach gewähltem Blickpunkt und Entfernung werden andere Teile der Maschine durchsichtig und geben den Blick frei auf ansonsten verdeckte oder schwer zugängliche Bereiche. Die Anzeige der Lage der inneren Teile der Maschine wird dabei laufend aktualisiert.

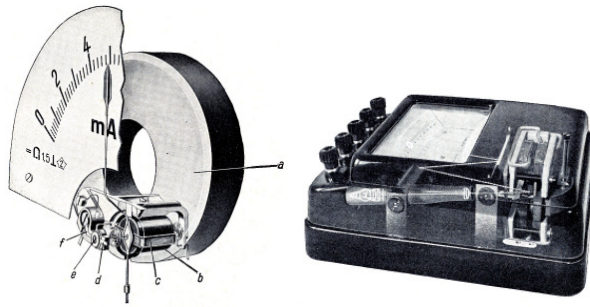


Abb. 3: Schnittdarstellung eines Amperemeters und ein Lichtmarken-Leistungsmesser mit eingezeichnetem Strahlengang (Märklin 1957, S. 114)

Die Interaktion der Teilnehmer beschränkt sich auf das Einstellen der gewünschten Ansicht und das Einblenden von bestimmten Bauteilgruppen (Befestigungen, Motor, Ölkreislauf, Elektrik etc.). Eine mögliche Anwendung ist die Wartung oder Reparatur von Geräten. Während etwa Checklisten mit Angaben zum richtigen Abschalten, Öffnen, Anfahren etc. explizite Handlungsanweisungen enthalten, die in bestimmten Situationen schnell effektive Ergebnisse zeigen, erlauben sie aber durch ihre Spezialisierung kaum den Aufbau von universellen Kompetenzen der Lernenden und entziehen ihnen die Initiative und auch die Verantwortung für ihre Arbeit. In bestimmten Fällen (etwa vor dem Abheben von Flugzeugen) mögen solche Vorgehensweisen sinnvoll (und vorgeschrieben) sein, in einer Lernsituation verhindern sie allerdings die Identifikation der Lernenden mit ihrer Tätigkeit, die aber einen wesentlichen Beitrag zum individuellen Lernen leistet.

3.2 Stethoskop

Mit der Metapher des Stethoskops meinen wir Medien, welche Artefakte quasi abhören, wie ein Arzt seinen Patienten. Diese Metapher ist abstrakter als die des Röntgenblicks, ist auch nicht strikt auditiv zu verstehen, sondern allgemeiner als Diagnoseinstrument. Lernende können die internen Zustände von mechanischen oder elektronischen Bauteilen herausfinden und beurteilen, indem sie diese „abhören“. Klassische Realisierungen des Stethoskops sind Messgeräte; *Mixed Reality*-Realisierungen wären virtuelle Messgeräte, die mit realen Situationen verbunden und interpretiert werden. Über das übliche Messen der Stromstärke oder des Widerstands hinaus werden dazu beispielsweise die Drehzahl eines Elektromotors oder die momentane Lage von Getrieberädern angezeigt, während das Gerät läuft. Es kann dann auf das Anhalten eines mechanischen oder elektronischen Prozesses verzichtet werden, das die gemachten Beobachtungen erschweren oder sogar wertlos machen kann. Es können auch Veränderungen und Experimente vorgenommen werden, deren Folgen sofort überprüfbar sind. Verborgene Vorgänge im Innern einer Maschine genauso wie in einer chemischen Lösung müssen Lernende nicht mehr nach einem Lehrbuch ohne eigene Überprüfung hinnehmen und auswendig lernen, sondern sie können sie selbst erkunden und diskutieren. Ursachen und Folgen werden an Hand der vorliegenden Materialien und der eigenen Arbeit ersichtlich.

Ein mögliches Szenario ist eine Lernsituation, in der die Lernenden in kleinen Gruppen Elektromotoren verschiedener Bauart überholen. Um zunächst das Prinzip zu verstehen, sind schematische Darstellungen aufzurufen; diese sind dann über Zeichnungen oder Fotos mit den vorliegenden Teilen zu vergleichen und zu identifizieren. Schließlich können Aufbau und Zusammenwirken am gegenständlichen Modell nachvollzogen werden.



Abb. 4: Experimentieren mit einer Batterie

Ein anderes Szenario wäre das Verstehen von Batterien. Batterien sind heute in der Regel nicht zu öffnen oder sogar bereits wartungsfrei; oft ist es Lernenden deswegen völlig unklar, welche internen Vorgänge ablaufen. Anweisungen zum Umgang und zur Pflege von Batterien müssen ohne eigene Kenntnis der internen Abläufe als gegeben hingenommen, auswendig gelernt und schematisch befolgt werden. Oft resultiert aus Unverständnis aber auch innere Ablehnung und aus der mangelnden Verknüpfung mit eigenen Erfahrungen das Vergessen. Normalerweise wird niemand ermutigt, Batterien zu öffnen; und dies hat ja einerseits gute Gründe, andererseits hülfe es zunächst auch nicht unbedingt weiter, die Einzelteile zu betrachten. Um den chemischen Prozess zu verstehen, der in Batteriezellen abläuft, kann also ein exemplarischer Versuch aufgebaut werden, an dem der ablaufende chemische Prozess beobachtet werden kann. Nicht-sichtbare Vorgänge lassen sich in unserem *Mixed Reality*-Szenario ergänzend per Handy anzeigen (siehe Abb. 4). Ein gegenständliches oder virtuelles Schnittmodell lässt sich öffnen und betrachten, um die Übertragung auf den alltäglichen Anwendungszusammenhang (wie etwa Autobatterien) anzustoßen.

3.3 Identifikation

Die technische Identifikation von Bauteilen durch den Computer ermöglicht dem Lernenden einen leichten Zugang zu Informationen über deren Funktionsweise. Diese kann in Fotos, schematischen Darstellungen, der Angabe technischer Daten, Klartext-Beschreibungen, Bildern und/oder Aufgaben-/Anwendungsbeispielen abgelegt sein. Da diese Identifikation eine Relation zu digitalen Informationen realisiert, ermöglicht sie Lernenden viel mehr als die bloße Identifizierung eines unbekanntes technischen Elements. Der Computer schafft etwa durch Suchfunktionen oder digitale Darstellungen in hypertextartigen Strukturen Bezüge zu Informationen über die Verwendungs- und Funktionsweise der Bauelemente. Wenn der Lernende in dieser Weise etwa einen pneumatischen Zylinder identifiziert hat, liefert zum Beispiel die DERIVE-Umgebung[5] inhaltlich passende Übersichten pneumatischer Bauteile, ermöglicht aber auch einen strukturellen Blick ins Innere des Zylinders, wodurch seine Funktionsweise mit Hilfe von computeranimierten Darstellung sichtbar wird. Wenn Auszubildende auf einem Modelltisch eine pneumatische Schaltung aufzubauen versuchen, können sie diese gleichzeitig am Computer in einem Editor konstruieren und simulieren. Aus der Differenz zwischen der realen – mit unübersichtlichen Schlauchverläufen und Anschlüssen – und der virtuellen Schaltung – mit normgerecht schematisierten Bauteilen und übersichtlichen Anschlüssen – lässt sich viel lernen, was in der jeweiligen Sphäre allein nicht wahrzunehmen oder zu erkennen ist. Die Widerständigkeit des Materials und die vielfältige

Wahrnehmbarkeit der Druckluft lässt sich im Virtuellen nur sehr beschränkt nachbilden, während die virtuelle Ebene vielfältige abstrakte Darstellungen generieren kann, die ein kognitives Verständnis der Schaltung ermöglichen, das sich aus der Anschauung des Realen allein niemals gewinnen lässt.

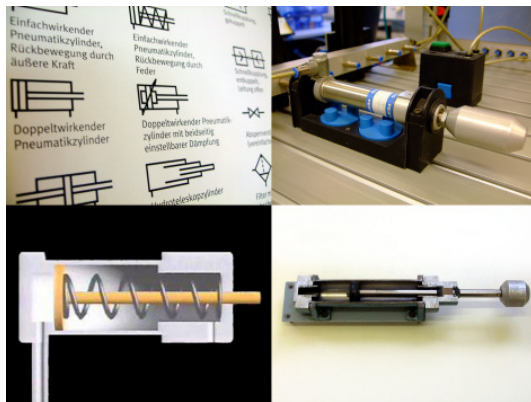


Abb. 5: Darstellungen eines einfach wirkenden Zylinders

Die technische Kopplung zwischen der realen und der virtuellen Sphäre bleibt – anders als in einem integrierten Konzept der Kopplung, bei dem auch der Energiefluss simuliert wird[6]– lose. Zum einen wird sie über die Identifizierung von Elementen durch Marker hergestellt, zum anderen einfach durch die räumliche Gestaltung des Lernszenarios. Die digitale computergenerierte Darstellung der Schaltung wird nicht im Büro oder im Klassenraum erstellt und analysiert, sondern in einer Werkstatt-Umgebung neben den realen Elementen platziert. Auf diese Weise wird die Differenz greifbar. Prinzipiell kann der Lernraum natürlich auch in die Fabrik, das heißt, in die tatsächliche Produktionsstätte, verlegt werden. Ob das sinnvoll ist, hängt von den Gegebenheiten realer Produktion ab.[7]

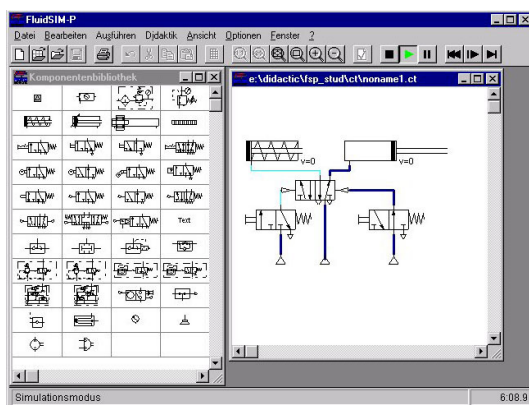


Abb. 6: Ein Simulator für pneumatische Schaltungen

3.4 Strategisches Spiel

Ein Spiel wie *Risiko* funktioniert nur mit einer Gruppe von Teilnehmern, das heißt mit mehreren Spielern, in diesem Fall 2-6. In Erweiterung des bekannten Brettspiels findet eine bewusste Unterscheidung statt zwischen digitalen Informationen, die einem bestimmten Spieler zur Verfügung stehen oder eben nicht zur Verfügung stehen. Die Spieler sehen nur genaue Informationen über das Gebiet, das ihre Truppen auch tatsächlich kontrollieren sowie

(in geringerem Maße) über die direkt angrenzenden Gebiete. Die physikalische Landkarte bleibt dabei leer. Per Handy angezeigt werden Angaben zu den eigenen Armeen, die vor den anderen Spielern geheim gehalten werden, wie etwa die Anzahl, den Zustand, die verfügbaren Typen (siehe Abb. 7).

Die Hauptinteraktion spielt sich nach wie vor zwischen den Spielern ab, und die Geräte sind kein Ersatz für die anderen Spieler. Das Spiel ist noch immer nur mäßig komplex (verglichen etwa mit Echtzeit-Computerstrategiespielen) und bleibt in erster Linie ein Brettspiel; die Zusatzinformationen sind allerdings relevant für das Spiel und nicht nur überflüssige Ausschmückung.



Abb. 2: Risiko

Dieses spielerische Szenario spielt genau mit den technischen Möglichkeiten, die oben für verschiedene Lernsituationen beschrieben sind und fordert den sozialen Umgang miteinander heraus. Dieser soll durch die Technik nicht ersetzt oder überflüssig gemacht werden, sondern gegenüber klassischen Lerntechniken intensiviert und auf einen selbst kontrollierten und intrinsisch motivierten Gruppenprozess fokussiert werden, in den sich alle Beteiligten ganz einbringen können.

Das Spiel *Risiko* dient hier nur als Beispiel, um einige der sozialen Auswirkungen andeuten zu können, die mit dem vorgeschlagenen Konzept verbunden sind. Viele weitere Spiele mögen sich anbieten und ebenso oder besser Lernsituationen schaffen, in denen die Lernenden spielerisch mit den vorliegenden Medien und den interessierenden Inhalten umgehen können. Hingewiesen sei auf den seit einiger Zeit wieder stark zunehmenden Diskurs um computergestützte Lernspiele unter der Bezeichnung *serious games*. (Material dazu findet sich unter <http://edweb.sdsu.edu>) Natürlich stellt sich in diesen Zusammenhang die Frage, ob sich Spiele überhaupt auf diese Weise für das Lernen instrumentalisieren lassen. Bisher gibt es offenbar nur sehr wenige Projekte, die beiden Seiten gerecht werden.

4 Ausblick

Wir haben ein Konzept des situierten Lernens in *Mixed Reality*-Lernräumen vorgeschlagen. Abstrakte physikalische oder chemische Zusammenhänge werden nicht aus Lehrbüchern gelernt, sondern bezogen auf konkrete Szenarien in Anwendungssituationen. Damit Lernenden je nach Situation die benötigte Information im angemessenen Abstraktionsniveau zur Verfügung gestellt werden kann, haben wir eine flexible und lose Kopplung physikalischer und realer Gegenstände vorgeschlagen. Solche lose Kopplung basiert technisch

auf der eindeutigen Kennzeichnung der verwandten Bauteile und deren Erkennung durch die benutzten Geräte; dies lässt sich technisch durch eine explizite *Markierung* der Teile (durch Barcodes, *RFID chips* oder Ähnliches) erreichen. Die dafür eingesetzte Technik (wie Funk, Video, elektrischer Kontakt) ist jeweils auf die vorliegende Situation abzustimmen. Das hier diskutierte Modell ist nicht auf bestimmte Geräte (etwa Handys) festgelegt, sondern benutzt bestehende Standard-Technik. Eingesetzt werden können alle Arten von interaktiven Anzeigegeräten, wie Bildschirme von PCs, Laptops, PDAs oder Beamer, die auf Wände oder Tische projizieren, wobei mehrere Lernende gemeinsam etwas sehen oder sich gegenseitig zeigen können. Lose Kopplung ermöglicht die Realisierung vielfältiger Anwendungsszenarien mit Standardtechnik unter der Kontrolle und der Organisation der Lernenden selbst. Sie verorten das zu Lernende in bekannten Zusammenhängen, und erwerben gleichzeitig einen souveränen Umgang mit Medien.

5 Literaturverzeichnis

- Engeström, Y. (1999): Lernen durch Expansion. Marburg
Märklin (1957): Bauanleitungsheft zum Kasten Elex 1053. Göppingen
Müller, D. (2005): Zwischen Realem und Virtuellem – Mixed-Reality in der technischen Bildung. In: Lehmann, K. und Schetsche, M. (Hrsg.): Die Google-Gesellschaft. Bielefeld, S. 299-304
O’Sullivan, D., Igoe, T. (2004): Physical Computing – Sensing and Controlling the Physical World with Computers. Boston
Papert, S., Minsky, M., Kay, A. (2005): What Have We Learned from Our Past? A Conversation. Communications of the ACM, Vol 1, p. 35-38

6 Endnoten

- [1] Ausnahmen sind Situationen, in denen es um reines Training geht, wie etwa bei Fahrzeug-Simulatoren.
[2] Eine avancierte und weiter ausdifferenzierte Lerntheorie liefert hierzu das Konzept *Lernen durch Expansion* von Yrjö Engeström.
[3] Eine Reihe von Beispielen mit relativ einfachen Lösungen finden sich in Dan O’Sullivan, Tom Igoe (2004)
[4] Wenn wir hier oder im Folgenden von Handys oder PDAs sprechen, sind prinzipiell alle Arten von digitalen *hand-held devices* wie Handys, PDAs, Tablet PCs.
[5] DERIVE: distributed real and virtual learning environments for mechatronics and teleservice
<http://www.derive.uni-bremen.de> (letzter Zugriff: 30.03.09)
[6] Bruns, F.W., Yoo, Y, Kleiza, K. (2008): Einheitliches Konzept für die Verbindung digitaler und physikalischer Modelle mit Hyper-Bonds – DFG Abschlussbericht VEDIP – artecLab Paper 13. Bremen
[7] Die Frage, wie eng das Lernszenario an den realen Anwendungskontext heranrücken kann, ist im Rahmen dieses Aufsatzes nicht zu behandeln. Wegen der immer stärkere Durchdringung aller Orte mit vernetzter Informationstechnik lässt sich aber vermuten, das prinzipiell zum Beispiel auch Lern- und Arbeitsszenarien immer enger verflochten werden.