



Diplomarbeit

**Didaktischer Einsatz
funktionsfähiger
Miniaturmodelle für die
technische Logistikausbildung**

eingereicht an der

Montanuniversität Leoben

erstellt am

Lehrstuhl Industrielle Logistik

Vorgelegt von:

David PIETZKA
9535013

Betreuer/Gutachter:

Univ.-Prof.Dr.mont. Corinna Engelhardt-Nowitzki

Leoben, Juni 2007

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

A handwritten signature in black ink, reading "David Pietzka". The signature is written in a cursive style with a long horizontal stroke at the end.

Leoben, 13.06.2007

Kurzfassung

Die Arbeit zeigt, wie funktionsfähige Miniaturmodelle aus Fischertechnik in der technischen Logistikausbildung verwendet werden können. Es wird am Beispiel eines Hochregallagers mit automatischem Regalbediengerät erörtert, wie ein solches Modell gebaut, gesteuert und im Unterricht verwendet werden kann.

Ferner wird aus didaktischer Sicht analysiert, wieso der Einsatz solcher Modelle gerechtfertigt ist. Dabei wird auf Themenkreise wie "Schlüsselkompetenz", "Aktivierung", "Handlungsorientierung" und „problemorientiertes Lernen“ eingegangen.

Außerdem wird konkret beschrieben, wie die Einbettung in den Lehrbetrieb funktionieren kann - mit Aufgabenstellungen, Anforderungen an die Betreuer und Möglichkeiten zur Evaluierung.

Der letzte Teil der Arbeit enthält schließlich noch einen Ausblick auf mögliche Erweiterungen im Rahmen eines Logistiklabors.

Abstract

The paper shows how functional models made of Fischertechnik can be used in technical logistics education. On the sample of a high rack with automated storage and retrieval machine it is shown how such a model is built, controlled and used for teaching.

Further it is analyzed why the usage of such models from the didactical point of view can be recommended. There is a discussion of key words like "Key Competences", "Activation", "Activity Orientation" and "Problem Based Learning".

In addition there is a concrete description how a model can be embedded into education - containing issues to be solved, requirements for supervisors and possibilities of evaluation.

In the last part there is a preview of possible extensions within the scope of a logistic laboratory.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	0
2	Technische Ausführung.....	2
2.1	Beschreibung Regalbediengeräte	2
2.2	Technologien zur Realisierung von Modellen	4
2.2.1	Softwaremodelle.....	4
2.2.2	Industriemodellbau	5
2.3	Einsatz von Fischertechnik	6
2.4	Modellauswahl, Kenndaten und Funktionalitäten	7
2.4.1	Eckdaten und Funktionen	7
2.4.2	Abmessungen	8
2.5	Mechanischer Aufbau	8
2.5.1	Fahrwerk	9
2.5.2	Lift	10
2.5.3	Hubschlitten.....	11
2.6	Steuerung	11
2.6.1	Elektrische Verkabelung	12
2.6.2	Drehzahlregelung der Antriebe	15
2.6.3	Einbindung eines 24 V Motors.....	17
2.7	Zusammenfassung	18
3	Didaktischer Hintergrund.....	19
3.1	Besonderheiten in der Logistikausbildung	20
3.2	Wissen	21
3.3	Arten des Lernens	22
3.4	Theorien	23
3.4.1	Aktives Lernen, Autonomie und Selbstbestimmung	23
3.4.2	Interaktive Lehrstrategien	25
3.4.3	Schlüsselqualifikationen.....	27
3.4.4	Handlungskompetenz.....	28
3.4.5	Handlungsorientierung	32
3.4.6	Problemorientiertes Lernen.....	37
3.4.7	Motivationsförderung	40
4	Umsetzung in der Lehre	42
4.1	Das Labor im didaktischen Umfeld	42
4.2	Übersicht Logistiklabors	45
4.2.1	Fachhochschule Aschaffenburg	45
4.2.2	Fachhochschule Hamm	45
4.2.3	Fachhochschule Osnabrück.....	45
4.2.4	Fachhochschule Rhein Ahr Campus	46
4.2.5	Technische Universität Ilmenau	46
4.2.6	Universität Magdeburg	46
4.2.7	Universität Tübingen.....	48
4.2.8	Zusammenfassung und Bewertung.....	48
4.3	Wünsche vs. Mittel	49
4.4	Ziele und Methoden der Lehre	50
4.4.1	Lehrziele.....	50
4.4.2	Lehrmethoden.....	53
4.5	Einbettung in eine Lehrveranstaltung	53
4.5.1	Problemstellungen	54
4.6	Evaluierung	56

5	Ausblick	58
	5.1 Tatsächliche Umsetzung	58
	5.2 Erweiterungsmöglichkeiten	58
	5.2.1 Tiefergehendes Nutzungsschema	58
	5.2.2 Zusätzliche Anlagenteile	58
6	Literaturverzeichnis	60
7	Anhang	64
	7.1 Abkürzungsverzeichnis.....	64
	7.2 Beispiel einer konkreten Aufgabenstellung.....	64
	7.3 Abbildungen des Modells.....	66

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1 Mögliche Klassifikation von Schlüsselqualifikationen	28
Tabelle 2 Aufschlüsselung der Handlungskompetenzen	30
Tabelle 3 Abstufung von Handlungskompetenzen.....	32
Tabelle 4 Eignung verschiedener Verfahren im Lernprozess	37
Tabelle 5 Definition der Lehrziele.....	51
Abbildung 1 Komponenten eines Regalbediengerätes (Klinkhammer Group Modell „Picco2“)	2
Abbildung 2 Modell eines HRL mit RBG im Logistiklabor der FH Wr. Neustadt	6
Abbildung 3 Gesamtansicht Hochregallager mit Regalbediengerät	9
Abbildung 4 Fahrwerk.....	10
Abbildung 5 Antrieb des Lifts	10
Abbildung 6 Antriebe der ersten und dritten Ebene des Hubschlittens	11
Abbildung 7 Fischertechnik-Positionsschalter	11
Abbildung 8 Fischertechnik ROBO Interface	12
Abbildung 10 Positionsschalter x-Achse	13
Abbildung 11 Positionsschalter y-Achse	13
Abbildung 12 Antriebe für x- und y-Achse	14
Abbildung 13 Positionsschalter z-Achse.....	14
Abbildung 14 Antriebe der drei Ebenen der z-Achse	15
Abbildung 15 Pulsweitenmodulation: Konstante Maximalspannung	16
Abbildung 16 Pulsweitenmodulation: Reduktion auf 50 % des Ausgangsamplitude	16
Abbildung 17 Pulsweitenmodulation: Reduktion auf 33,3 % des Ausgangsamplitude.....	16
Abbildung 18 Vierquadrantensteller	17
Abbildung 19 Dimensionen der Interaktion [9]	26
Abbildung 20 Teilkompetenzen der Handlungskompetenz nach Pfäffli	31
Abbildung 21 Drei Dimensionen von Handlungskompetenz nach Pfäffli	31
Abbildung 22 Phasen im Handlungsprozess	36
Abbildung 23 Zusammenhang zwischen Art der Wissensvermittlung und Grad des Verstehens	43
Abbildung 24 Stückgutförderanlage aus Fischertechnik der Uni Magdeburg	47
Abbildung 25 Förderknotenmodell der Uni Magdeburg	47
Abbildung 26 Fischertechnik-Hochregal der Uni Tübingen	48
Abbildung 27 Mögliche Ausbaustufen	59
Abbildung 28 Drehmodul in der Zuförderstrecke	66
Abbildung 29 Verworfenen Prototyp des Hubschlittens.....	66

1 Einleitung

Mit der steigenden Bedeutung der Logistik in der Wirtschaft, bekommt auch die entsprechende Hochschulausbildung einen immer größeren Stellenwert. Immer mehr Universitäten und Fachhochschulen bieten Logistik-Studiengänge an, um den Unternehmen die benötigten Fachkräfte zur Verfügung zu stellen.

Gleichzeitig vollziehen sich einige für diese Ausbildungsstätten bedeutsame Entwicklungen¹. Der Zugang zum aktuellen Wissen nahezu aller Disziplinen ist zeitnah und fast unbegrenzt möglich (Stichwort „Internet“). Neurowissenschaftler klären Stück für Stück die Mechanismen des Lernprozesses auf, und Psychologen und Didaktiker formulieren darauf aufbauend Lehrkonzepte. Neue Präsentationsmethoden (digitale Projektion) halten in den Unterricht Einzug. Dozenten haben es sich auf ihre Fahnen geheftet, in der Lehre neben quantitativen auch qualitative Ziele², wie Problemlösekompetenzen oder die Fähigkeit zur Analyse, Synthese und Beurteilung, zu verfolgen.

Nichts desto trotz ist nach wie vor die Vorlesung die (mit Abstand) am häufigsten praktizierte Lehrform an Hochschulen. Umfangreiches Fachwissen wird an meist passive Studierende frontal übermittelt und anschließend quantitativ abgeprüft. Den Studierenden bleibt oft „nichts anderes übrig, als möglichst schnell und möglichst viel vom vorgegebenen Stoff oberflächlich zu lernen, ihn in der Prüfung parat zu haben – und kurze Zeit später das meiste davon wieder vergessen zu haben“ (Winteler 2005 S. 20 [8]).

Auch der Versuch, durch Diskussionen zur Belebung des Unterrichts beizutragen scheitert oft. Dozierende müssen sich ihre Fragen selbst beantworten, weil die Studierenden „stumm wie Fische“ (Winteler) sind und sich kein echter Dialog entwickelt. Wenn überhaupt, sind es immer die gleichen Studierenden, die sich am Unterricht beteiligen. Kaum jemand ist vorbereitet und die Fluktuation im Laufe des Semesters ist extrem hoch.

Diese Umstände sind bekannt und es besteht der Wille zur Änderung. So wird ständig an der Verbesserung der Lehrmethoden gearbeitet, um die Studierenden noch besser auf die Anforderungen von Praxis bzw. Forschung vorzubereiten. Im Rahmen dieser Bestrebungen haben einige Ausbildungsstätten im Logistikbereich Labors eingerichtet, um einerseits neben quantitativen auch verstärkt qualitative Ziele in der Lehre zu erreichen. Gleichzeitig erhofft man sich davon, die Studierenden zu motivieren und Begeisterung für das Berufsbild zu

¹ Das gilt natürlich auch für Ausbildungsstätten in anderen Wissenssparten.

² „Quantitative Ziele“ bezeichnet im Umfeld der Hochschuldidaktik eine Orientierung in Richtung Vermittlung von umfangreichem Fachwissen, während „qualitatives“ Lehren die Förderung von über das Fachwissen hinaus gehenden Fähigkeiten bezeichnet. [8]

vermitteln. Einige dieser Labors verfügen unter anderem über funktionsfähige Modelle von in der Logistik relevanten Anlagen.

In dieser Arbeit wird der Frage nachgegangen, wie Miniaturmodelle – im konkreten Fall aus Fischertechnik – in der technischen Logistikausbildung verwendet werden können. Es wird am Beispiel eines Hochregallagers mit automatischem Regalbediengerät gezeigt, wie ein solches Modell gebaut, gesteuert und im Unterricht verwendet werden kann.

Ferner wird aus didaktischer Sicht analysiert, wieso der Einsatz solcher Modelle gerechtfertigt ist. Dabei werden gängige Theorien vorgestellt, die für die Themenstellung relevant sind. Mit der Beschreibung des Konzepts des problemorientierten Lernens (POL) wird ein Ansatz präsentiert, der sehr gut für den Laborbetrieb geeignet ist.

Ein Überblick über Laboreinrichtungen für die Logistikausbildung im deutschsprachigen Raum zeigt die verschiedenen Motive für den Einsatz solcher Labors auf. Darauf folgt eine Erörterung des Spannungsfeldes zwischen gewünschten Lehrmethoden und vorhandenen Ressourcen.

Als Ergebnis der gesamten Arbeit widmet sich ein Kapitel der konkreten Beschreibung, wie die Einbettung eines Modells in den Lehrbetrieb funktionieren kann. Dabei werden die theoretischen Überlegungen und die Möglichkeiten des Modells zusammengeführt. Daraus resultiert ein Überblick, wie problemorientiertes Lernen in Kombination mit dem beschriebenen Modell aussehen kann - mit Aufgabenstellungen, Anforderungen an die Betreuer und Möglichkeiten zur Evaluierung.

Der letzte Teil enthält schließlich noch einen Ausblick auf mögliche Erweiterungen im Rahmen eines Logistiklabors.

2 Technische Ausführung

Dieses Kapitel beschreibt die Konstruktion des Hochregallager-Modells mit automatischem Regalbediengerät. Nach einer allgemeinen Beschreibung dieser Maschinen folgt eine Übersicht darüber, auf welche Arten Modelle erstellt werden können. Daran schließt eine Erklärung zu Technologie- und Modellwahl an, gefolgt von einer Erläuterung der Kenndaten des realisierten Modells. Weiters finden sich in diesem Kapitel Details zur mechanischen und elektrischen Ausführung der Miniaturanlage.

2.1 Beschreibung Regalbediengeräte

Bei einem Regalbediengerät³ handelt es sich um eine Maschine zum Ein- und Auslagern von Waren in oder auf verschiedenen Ladehilfsmitteln. Es besteht aus den Grundelementen Fahrwerk, Mast, Hubschlitten und eventuell einer Kopftraverse mit dem oberen Fahrwerk.

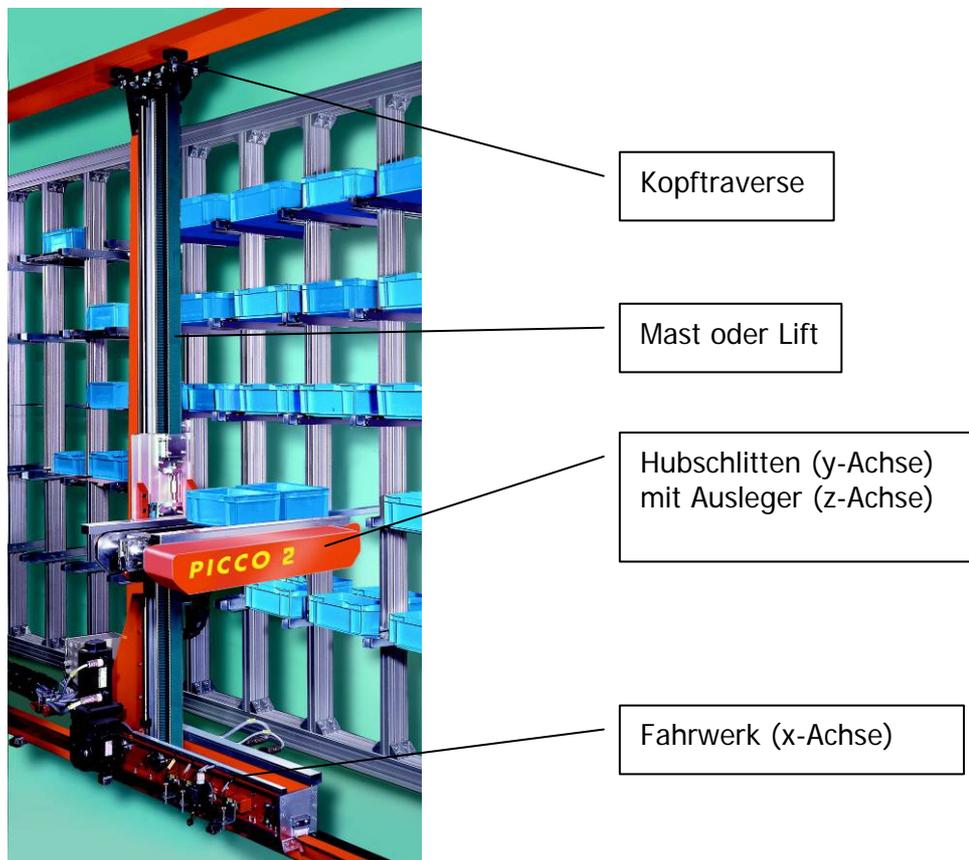


Abbildung 1 Komponenten eines Regalbediengerätes (Klinkhammer Group Modell „Picco2“)⁴

Daraus resultiert, dass drei Bewegungsrichtungen unterschieden werden:

- X-Richtung: Entlang der Schiene (Ganglängsrichtung)
- Y-Richtung: Aufwärts- und Abwärtsbewegung des Hubschlittens

³ In der historischen Entwicklung waren die Forderung nach geringem Platzbedarf und die Erreichbarkeit von Stellplätzen in großer Höhe die treibenden Faktoren [i].

⁴ Quelle: Firma Klinkhammer Group http://www.klinkhammer.com/de/archiv/_produktinfos/components/Picco2.jpg

- Z-Richtung: Der Ausleger des Hubschlittens, der ins Regal zur Lastaufnahme und Abgabe einfährt

Prinzipiell werden Regalbediengeräte je nach Anwendung, Bauform und Automatisierungsgrad in mehrere Kategorien unterteilt.

Grundlegend wird unterschieden, ob ein „Mann zu Ware“ oder „Ware zu Mann“ System vorliegt. Bei ersterem befindet sich am Hubschlitten, oder in seltenen Fällen am Fahrwerk, eine Kabine, von welcher aus ein Mitarbeiter die Maschine direkt steuert. Beim Kommissionieren bewegt sich somit der Mensch (mit dem RBG) zur Ware, eine Lösung die häufig in Hochregalen⁵ mit geringerer bis mittlerer Umschlagshäufigkeit und mäßigem Automatisierungsgrad zu finden ist. Bei Anwendungen mit einer hohen Frequenz an Lagerspielen und durchgehender Automatisierung findet das „Ware zu Mann“ Konzept Anwendung, indem das Regalbediengerät vollkommen autonom Waren von der Übergabezone⁶ ins Lager und wieder zurück bringt. Dieses Konzept kann nicht nur bei klassischen Hochregalen angewandt werden, sondern auch zum Beispiel bei automatischen Versandpufferlagern oder für Kleinteil-Behälterlager.

Vom Bautyp her kann unterschieden werden, ob das RBG nur in einer Gasse fährt, oder ob mittels Kurvenführung, Weichen und Umsetzwagen mehrere Gänge durch ein Gerät bedient werden. Weiters werden noch Ein- und Zweimast sowie Rahmengeräte unterschieden. Mehrere Masten verbessern die Steifigkeit, wodurch Konstruktionen für größere Höhen und Lasten möglich werden [1].

Aktuelle RBGs werden unabhängig vom Automatisierungsgrad fast immer mit Hilfe einer SPS gesteuert. Diese ist dafür verantwortlich, die vom Bediener oder übergeordneten Steuerungssystem vorgegebenen Lagerspiele in Bewegungen umzusetzen. Das geschieht unter Berücksichtigung der von Sensoren (Endschalter, Lichtschranken, Waagen, ...) gelieferten Daten. Bei vollautomatischen Anlagen sind es die der SPS übergeordneten Steuerungssysteme, die die Stellplätze verwalten und für eine möglichst optimale Aneinanderreihung von Bewegungsaufträgen sorgen.

Die wichtigsten Abläufe, die von einem Regalbediengerät ausgeführt werden, sind Einlagerungen (ein Lademittel wird von der Übergabezone zu einem Lagerplatz gebracht), Auslagerungen (vom Lagerplatz zur Übergabezone) und Umlagerungen (zur Konsolidierung der Stellplätze im Lager).

⁵ Von Hochregalen spricht man meist bei einem Palettenlager ab 12 m Nutzhöhe. Das technische Maximum liegt gegenwärtig zwischen 40 und 50 m.

⁶ Die Übergabezone kann dabei eine Kommissionierstation, die Anbindung an eine Fördertechnik oder schlicht eine manuelle Station zum Aufgeben und Entnehmen von Waren sein.

Die Leistungsfähigkeit in Bezug auf Durchsatz wird über die so genannten Spielzeiten⁷ beschrieben. Diese geben an, wie lange ein gesamter Ablauf (z.B. die Einlagerung) dauert.

Zur Steigerung des Durchsatzes sehen die meisten Steuerungskonzepte Doppelspiele vor, weil dadurch Leerfahrten vermieden werden. Das kann zum Beispiel durch die Kombination einer Ein- und Auslagerung erfolgen.

2.2 Technologien zur Realisierung von Modellen

Gegenwärtig konkurrieren am Markt zwei verschiedene Ansätze zur Erstellung von realitätsnahen Modellen von technischen Anlagen:

- Softwaremodelle
- Industriemodellbau

Die folgenden Unterkapitel enthalten eine kurze Beschreibung dieser beiden Techniken unter Berücksichtigung der jeweiligen Vor- und Nachteile.

2.2.1 Softwaremodelle

Die große Stärke von Systemen der „Virtual-Reality-Technologie (VR), also die realitätsnahe dynamische 3D-Darstellung von Maschinen und Anlagen in einer virtuellen Welt“ [2], besteht darin, dass nach der einmaligen Anschaffung und Einarbeitung in das System mit relativ geringem Aufwand beliebig viele weitere Modelle erstellt werden können. So ist es bei fast allen Systemen möglich, einmal entworfene „Anlagenteile“ bzw. Module zu speichern und wieder zu verwenden. Außerdem können Adaptierungen nach erfolgter Fertigstellung eines Modells ohne großen Aufwand durchgeführt werden.

Für sehr spezifische oder untypische Anlagenteile ist es aber meist erforderlich, sich spezifische Erweiterungen der Softwarepakete einzukaufen, die den Preis des Basispaketes dann leicht um ein Vielfaches übersteigen können.

Die treibende Kraft hinter der Entwicklung von Softwarepaketen zur Erstellung von virtuellen Modellen in Unternehmen ist vor allem die Tatsache, dass sich diese für den Vertrieb und die Präsentation von Planungsvorschlägen ideal einsetzen lassen. Ein Anlagenbauer kann so beispielsweise seinem Kunden bereits in der Planungsphase eine virtuelle Besichtigung der angebotenen Anlagen in einer dreidimensionalen Fabrik ermöglichen, in der ein simulationsähnlicher Betrieb erfolgt.⁸

⁷ Aus mehreren Einzeltests unter genauen Auflagen ermittelte statistische Mittelwerte

⁸ Ein Beispiel für ein solches Softwarepaket ist der taraVRbuilder der Firma Tarakos GmbH [2]. Im Umfang des Paketes ist auch ein Modul für Hochregallager mit verschiedenen Regalbediengeräten.

Diese Softwaremodelle eignen sich auch sehr gut für den Einsatz in der Logistikausbildung, da nach dem einmaligen Erwerb der Modellierungssoftware den Studierenden und Lehrenden viele Einsatzmöglichkeiten offen stehen. Der Bogen möglicher Anwendungen spannt sich über die Modellbildung selbst (wie kann die Wirklichkeit abstrahiert werden, welche Parameter braucht man, um den Zweck des Modells zu erfüllen, usw.), über das Simulieren von einzelnen Anlagenteilen wobei Parameteränderungen in Bezug auf ihre Auswirkungen auf die Logistik beobachtet werden können, bis hin zu komplexen virtuellen Fabriken, die zur Illustration nahezu aller logistischen Zusammenhänge herangezogen werden können.

2.2.2 Industriemodellbau

Funktionierende Miniaturmodelle eines Regalbediengerätes – und anderer Anlagenteile – hinterlassen beim Betrachter den stärksten Eindruck⁹. Darum erfolgt der Einsatz solcher Modelle vor allem bei Messen (wo man aus der Masse des Mitbewerbs herausragen möchte) und zu Lehrzwecken an Hochschulen¹⁰.

Für diese ausgezeichnete Wirkung sind allerdings auch einige Nachteile in Kauf zu nehmen:

- Die Kosten eines Modells steigen mit zunehmendem Detaillierungsgrad meist überproportional.
- Gewisse Prozesse können auch im besten Miniaturmodell nicht wirklich ablaufen (man denke nur verschiedene Anlagen der Prozessindustrie oder an einen Bioreaktor).
- Ein Modell ist wie eine echte Anlage zu warten. Abnutzung und Störungen sind nicht auszuschließen. Dies bedingt zusätzlichen Aufwand im laufenden Betrieb und die Verfügbarkeit von Technikern mit entsprechenden Fachkenntnissen zur Behebung solcher Situationen.
- Änderungen oder Erweiterungen des Modells, die nicht schon im Vorfeld berücksichtigt wurden, sind sehr aufwändig.

Die nachstehende Grafik zeigt ein einreihiges Hochregal mit automatischem RBG, dass in der FH Wiener Neustadt in der Logistikausbildung (Automatisierungstechnik) zum Einsatz kommt.

⁹ Man vergleiche den Eindruck, den eine Eisenbahnsimulation im Vergleich zu einer Modelleisenbahn hinterlässt.

¹⁰ Vergleiche Kapitel 4.2 das einige Beispiele für den Einsatz in Ausbildungslabors enthält.

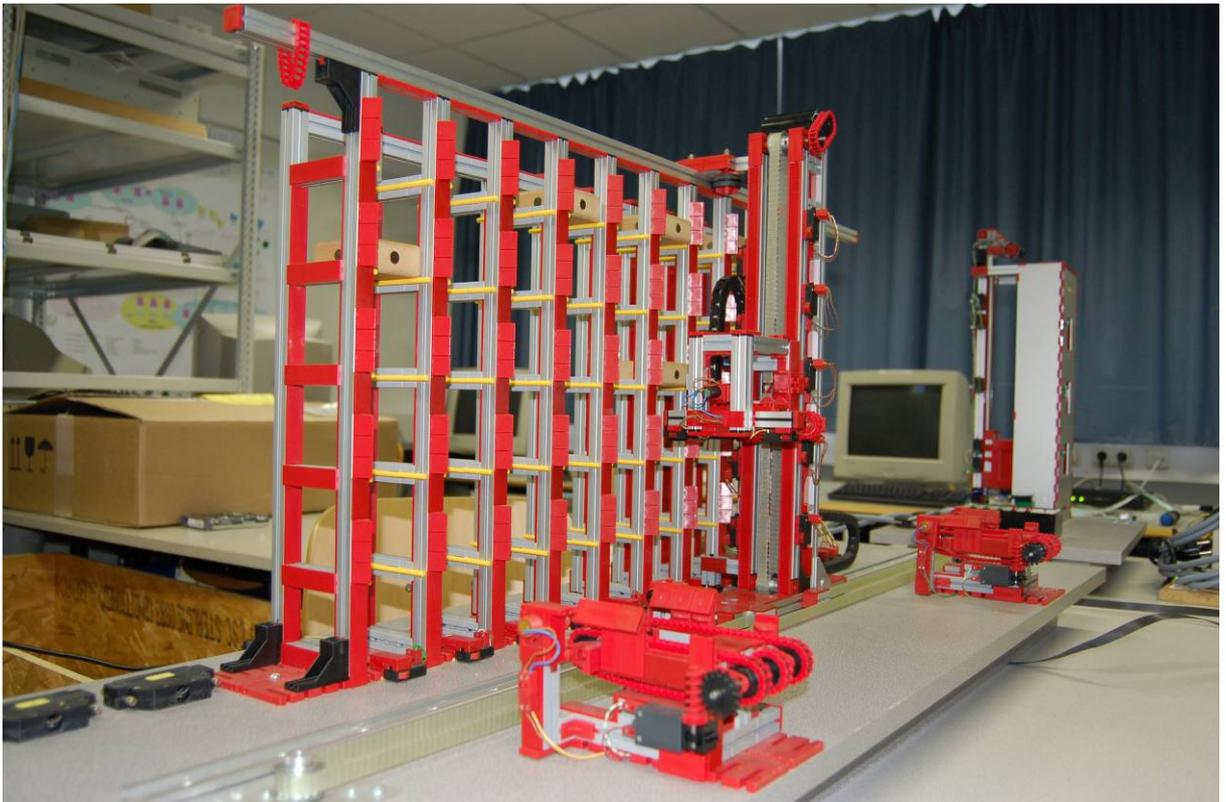


Abbildung 2 Modell eines HRL mit RBG im Logistiklabor der FH Wr. Neustadt

2.3 Einsatz von Fischertechnik

Eine erhebliche Anzahl der gegenwärtig für Ausbildungszwecke genutzten Anlagenmodelle und alle dem Autor bekannten Miniaturhochregallager¹¹ sind aus Fischertechnik gebaut.

Das liegt zum einem an der großen Zahl an verfügbaren Aktoren (Motoren verschiedenster Größen, Pneumatiksysteme, Signalleuchten, Lautsprecher, ...) und Sensoren (Endschalter, Lichtschranken, Magnetsensor, Helligkeitssensor, Feuchtigkeitssensor, ...) der RoboPro-Serie [4], die leicht in verschiedenste Steuerungs- und Regelungsumgebungen eingebunden werden können¹² und zum anderen darin, dass die mechanischen Elemente im Vergleich zu Einzelanfertigungen wesentlich preiswerter sind¹³. Außerdem erlaubt es die für Fischertechnik typische Verbindungstechnik Modelle relativ schnell zu bauen, mit dem Zusatzeffekt, dass die Teile bei Konstruktionsfehlern leicht abgebaut und wieder verwendet werden können. Dies erleichtert in Folge dann auch Wartung, Modifikationen und Erweiterungen.

Auch wenn der Umfang an verfügbaren Teilen und Baugruppen groß ist, ist man trotzdem gewissen Einschränkungen unterworfen. So führt die geringe Steifheit von

¹¹ Vergleiche Kapitel 4.2 oder die Referenzliste der Firma Staudinger GmbH [3]

¹² Die meisten Teile sind in einer Ausführung für Spannungen von 9 und 24 Volt erhältlich. Da die 24 Volt dem Industriestandard entsprechen, kann zum Beispiel ein Fischertechnik-Modell über eine SPS gesteuert werden.

¹³ Die Firma Lego bietet inzwischen ebenfalls ähnliche Produkte an (Mindstorms), diese lassen sich aber (noch) nicht so gut in fremde Steuerungssysteme einbinden [5].

Kunststoffbauteilen bei größeren Modellen zu Problemen. Ein Formfaktor begrenzt die Verfügbarkeit von Teilen in Bezug auf Länge, Breite und Höhe, wodurch beim Konstruieren immer nur eingeschränkte Wege eingeschlagen werden können. Die verfügbaren Motoren und Getriebe stoßen bei großen Modellen schnell an ihre Leistungsgrenzen und müssen dann aus anderen Bezugsquellen (meist sehr kostenintensiv) bezogen werden.

Das in der Arbeit beschriebene Model hat einen sehr starken Prototypen-Charakter. Häufige Änderungen einzelner Komponenten waren zu erwarten, was letzten Endes zur Entscheidung führte, das Modell mit Fischertechnik zu verwirklichen. Ein Referenzbesuch bei der Fachhochschule Wiener Neustadt bestätigte die Überlegungen, dass Fischertechnik-Modelle den Anforderungen des Laborbetriebs einer Hochschule gewachsen sind.

2.4 Modellauswahl, Kenndaten und Funktionalitäten

Nach der Festlegung der Technologie für die Realisierung galt es noch die Art des Modells zu bestimmen. Entscheidend waren dabei Überlegungen in Hinblick auf Entwicklungskosten, Platzbedarf, Praxisbezug und Anzahl der möglichen Aufgabenstellungen, die sich mit dem Modell demonstrieren lassen. Unter diesen Kriterien fiel die Entscheidung auf ein Hochregallager mit automatischem Regalbediengerät. Andere Ideen wurden für eine spätere Realisierung im Rahmen mehrerer Erweiterungsphasen zurückgestellt (siehe Kapitel 5.2.1).

Es folgt eine kurze Beschreibung des Modells durch seine Kenndaten und den Funktionsumfang.

2.4.1 Eckdaten und Funktionen

Das Modell ist als Rahmengerät (vier Masten) ausgeführt und kann in einer Gasse zwei Hochregale (links und rechts) mit je 72 Stellplätzen bedienen. Die Regale sind in 6 Spalten und 6 Ebenen mit je 2 Stellplätzen in der Tiefe unterteilt. Am Hubschlitten bzw. Ausleger des Lifts finden zwei Ladehilfsmittel gleichzeitig Platz.

Es gibt zwei Übergabeplätze, wobei einer permanent zufördert und der andere fix für das Auslagern verwendet wird. An der Zuförderstrecke ist ein Barcodescanner zur eindeutigen Erfassung der einzulagernden Lademittel montiert. Die Zu- und Abfördereinheiten sind als Gliederbandförderer ausgeführt¹⁴.

Die Steuerung erfolgt über ein mittel USB an einem PC verbundenen ROBO Interface der Firma Fischertechnik, an das mehrere I/O-Extension Module angeschlossen sind. Am PC läuft

¹⁴ Auf diese peripheren Komponenten des Modells wird in Folge nicht weiter eingegangen.

eine unter .net c# entwickelte Software, die mit Hilfe von Fischertechnik-Bibliotheken in der Lage ist Motoren zu steuern bzw. den Zustand der Sensoren abzufragen.

Zum Funktionsumfang gehören folgende Anwendungsmöglichkeiten:

- Einzelspiel einen oder zwei Behälter einlagern
- Einzelspiel einen oder zwei Behälter auslagern
- Doppelspiel einen oder zwei Behälter einlagern und einen oder zwei Behälter auslagern
- Doppelspiel einen oder zwei Behälter auslagern und einen oder zwei Behälter einlagern
- Housekeeping: Einen Behälter im Hochregallager umlagern

2.4.2 Abmessungen

Das Modell ist auf einer Bodenplatte aus Pressspan montiert, die 150 cm lang und 94 cm breit ist. Der Lift ist 18 cm lang (in Fahrtrichtung), 13 cm breit und 82 cm hoch. Der Ausleger am Lift ist 17,7 cm lang und 3,2 cm breit. Jedes der beiden Hochregale ist 48,3 cm lang, 89,2 cm hoch und 13,5 cm tief. Diese Dimensionen entsprechen einem Kompromiss zwischen Handhabbarkeit und Anschaulichkeit des Modells.

Die Proportionen einzelner Teile des Modells zueinander entsprechen nicht denen eines wirklichen Regalbediengeräts. Aufgrund der Ausführung in Fischertechnik war es notwendig, den Ausleger und den Lift (der in Wirklichkeit meist nur ein Mast ist) überproportional groß auszuführen, um gewisse Funktionen überhaupt möglich zu machen und um die notwendige mechanische Steifheit zu erreichen.

2.5 Mechanischer Aufbau¹⁵

Der größte Teil des Modells besteht aus Standard-Fischertechnik-Teilen. Nur das Hochregal selbst, das eine Aluminiumkonstruktion ist und der Antrieb zum Heben und Senken des Hubschlittens (inklusive Elektronik) sind von anderen Lieferanten zugekauft¹⁶.

Bei der Realisierung des Modells musste in zwei wesentlichen Punkten (neben den bereits erwähnten Proportionen) von einem vorbildgetreuen Nachbau abgewichen werden.

¹⁵ Die Planung und der Aufbau des Modells inklusive Automatisierung und Steuerungssoftware sind zwar dem praktischen Teil der Arbeit zuzurechnen, da dies für den Betrieb des Modells in der Logistikausbildung aber nur von untergeordneter Bedeutung ist, erfolgt die Beschreibung an dieser Stelle nur sehr kurz gefasst.

¹⁶ Das Hochregal wurde von der Firma PMCNC in Trofaiach gefertigt.

Erstens wurde, um den Vorführeffekt nicht einzuschränken und eine einfache Wartbarkeit zu gewährleisten, darauf verzichtet in das Modell eine Hallenkonstruktion mit einzubauen. Darum existiert auch keine obere Schiene die das RGB führt¹⁷.

Zweitens ist das Fahrwerk nicht einspurig. Wegen des Fehlens einer oberen Schiene war es für die Stabilität des Turms notwendig, vier „Stützräder“ anzubringen, womit die Konstruktion nun eigentlich dreispurig ist.



Abbildung 3 Gesamtansicht Hochregallager mit Regalbediengerät

2.5.1 Fahrwerk

Die Antriebskraft wird beim Fahrwerk durch eine Schnecke, die direkt auf der Motorwelle sitzt auf ein Zahnrad übertragen, das wiederum in eine Zahnstange eingreift, die am Boden

¹⁷ Eine solche Schiene wäre normalerweise auf die Dachkonstruktion montiert.

der Gasse montiert ist. Über diese Antriebsform ist sowohl eine gute Kraftübertragung bei geringen Reibungsverlusten, als auch eine Führung des Fahrwerks in der Gasse möglich. Die Zahnstange erfüllt eine ähnliche Rolle wie die Bodenschiene bei echten Regalbediengeräten.

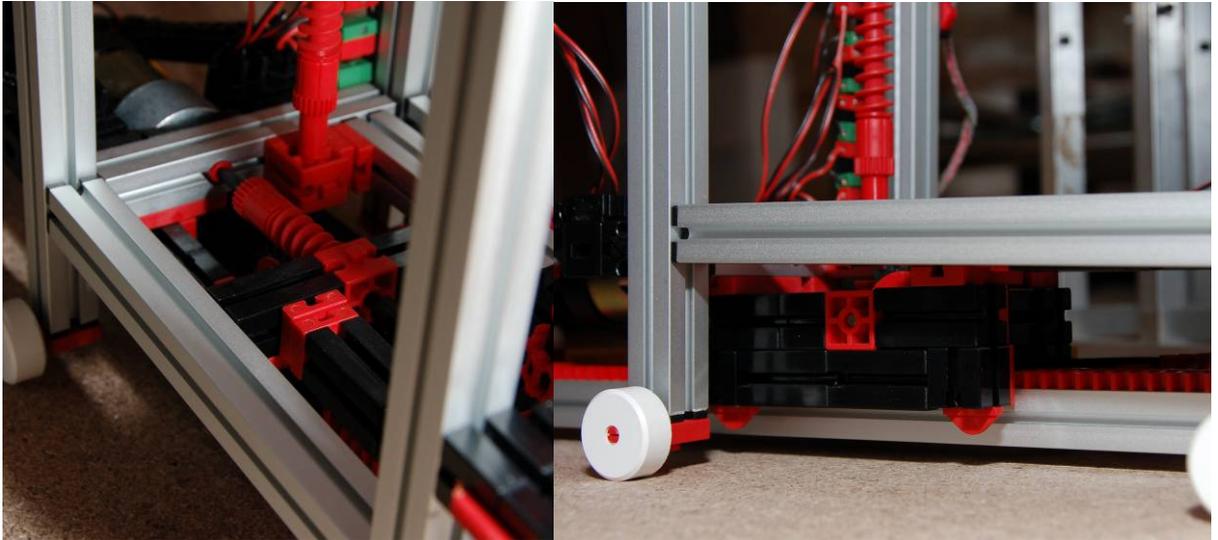


Abbildung 4 Fahrwerk

2.5.2 Lift

Der Lift wird von einem starken Elektromotor angetrieben. An dessen Welle ist ein (modifiziertes) Fischertechnik Zahnrad angebracht, das über einen Kettenantrieb zwei ebenfalls über Zahnräder und Ketten synchronisierte schneckenförmige Wellen antreibt. Diese Schnecken reichen vom Boden des Masts bis an dessen Spitze.



Abbildung 5 Antrieb des Lifts

2.5.3 Hubschlitten

Am Hubschlitten sind zwei Schneckenmuttern befestigt. Sobald der Antrieb die Schnecken zum Drehen bringt, wird der Hubschlitten über die starren Schneckenmuttern nach oben gezogen. Damit während des Hebens und Senkens der Schlitten in Position bleibt, ist er mit acht Laufrädern an den vier Mastpfeilern¹⁸ abgestützt.

Der Ausleger des Hubschlittens kann auf drei Ebenen bewegt werden, um im Regal zwei hintereinander liegende Stellplätze bedienen zu können. Die erste Ebene wird über einen Schneckenantrieb bewegt. Auf dieser Ebene sitzt wieder ein Motor, der über Zahnstangen die darüber liegende Ebene verschieben kann. Die Stellfläche selbst kann noch über einen Kettenantrieb bewegt werden. Der Antrieb ist mit einem Getriebe mit Rutschsicherung ausgestattet, um eine Beschädigung der Ketten oder des Motors zu verhindern, sollte die Steuerung den Motor an den Endpositionen nicht rechtzeitig abschalten.

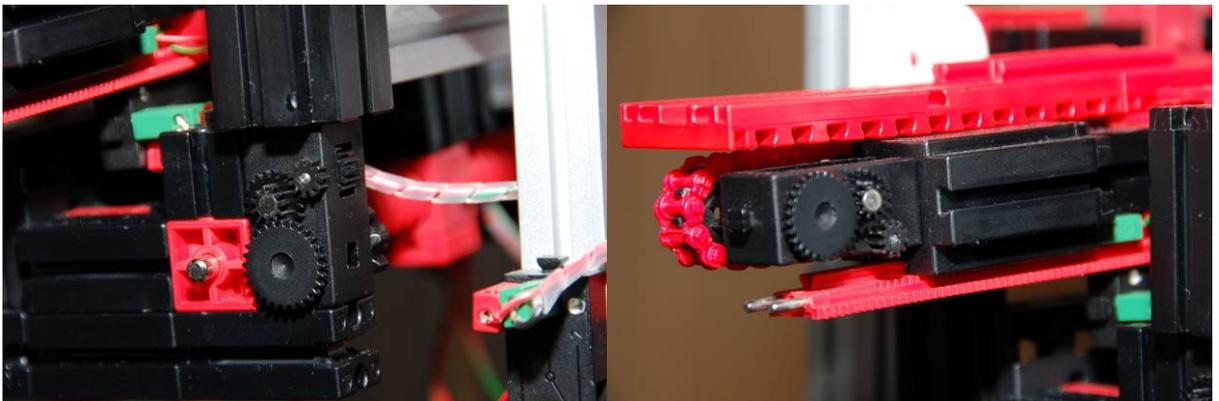


Abbildung 6 Antriebe der ersten und dritten Ebene des Hubschlittens

2.6 Steuerung

Die Steuerung kann im Wesentlichen in drei wesentliche Funktionsblöcke untergliedert werden:

- In das Modell integrierte Aktoren und Sensoren



Abbildung 7 Fischertechnik-Positionsschalter

¹⁸ Die Mastpfeiler und andere Bauteile, bei denen eine besondere Steifheit erforderlich ist, sind als Aluprofile ausgeführt.

- Fischertechnik Steuerungsmodule (ROBO Interface und I/O-Extensions)



Abbildung 8 Fischertechnik ROBO Interface

- Ein unter c# entwickeltes Steuerprogramm, dass über eine USB-Verbindung zum ROBO Interface die Abläufe steuert.

2.6.1 Elektrische Verkabelung

Die Verkabelung ist größtenteils über original Fischertechnik Steckverbinder verwirklicht, wobei alle Kabellitzen verzinkt sind.

Zwischen den bewegten Teilen (Fahrwerk – Hubschlitten und Bodenplatte – RBG) sind zur Führung der Kabel Schleppketten montiert. Diese stellen sowohl einen Schutz für die elektrischen Leitungen, als auch eine Bewegungshilfe¹⁹ dar.

Es folgen die Kontaktpläne gruppiert nach den verschiedenen Funktionsgruppen.

Zur Steuerung des Fahrwerks wurden 8 Taster verwendet. Die Taster NO_RBG_P1 bis NO_RBG_P6 markieren die Haltepositionen des Fahrwerks an den 6 Spalten des Hochregals. NO_RBG_P0 dient zur Positionierung an den Übergabestationen und NO_RBG_END wird bei der Initialisierung der Fahrwerksposition benötigt.

¹⁹ Ohne Schleppketten würden sich die Kabel häufig am Modell verfangen und zu Störungen führen.

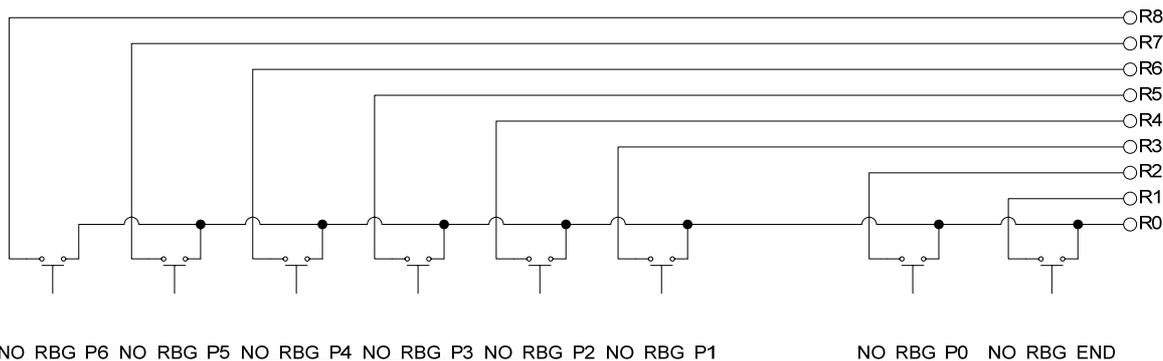


Abbildung 9 Positionsschalter x-Achse

Zur Positionierung des Hubschlittens werden sechs Taster verwendet, die ein genaues Einstellen der Stopposition des Liftes in den sechs Ebenen des Hochregals erlauben.

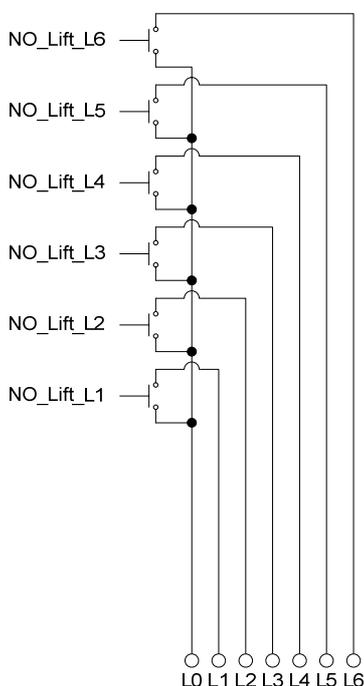


Abbildung 10 Positionsschalter y-Achse

Der Antrieb für die Bewegung entlang der x-Achse (in der Gasse) erfolgt über einen „Power-Motor“ der Firma Fischertechnik. Dieser hängt direkt an einem Motorausgang des I/O-Moduls und wird mit einer Spannung von 9 Volt bei einer maximalen Stromaufnahme von 1 Ampere gespeist. Daraus ergibt sich für diesen Antrieb eine maximale Leistung²⁰ von 9 Watt.

Da eine Leistung von 9 Watt für das Heben und Senken des Lifts nicht ausreicht, war es notwendig dort einen leistungsfähigeren Motor zu verwenden. Das gewählte Modell zieht bei einer Spannung von 24 V einen maximalen Strom von 2,2 Ampere. Damit ist er in der Lage beinahe die 6-fache Leistung der Fischertechnik „Power-Motoren“ zur Verfügung zu stellen.

²⁰ Scheinleistung

Allerdings muss das 9 Volt Steuersignal nun auf die Betriebsspannung von 24 Volt „übersetzt“ werden. Das ist mit Hilfe von Optokopplern möglich²¹.

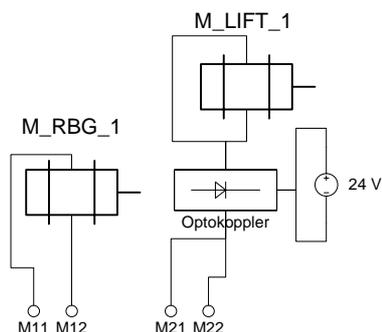


Abbildung 11 Antriebe für x- und y-Achse

An den drei Ebenen in denen der Ausleger in z-Richtung bewegt werden kann, sind sieben Taster zur Steuerung integriert. Ein Kontakt je Ebene dient dem Abfragen der Mittelstellung. In der ersten Ebene dienen zwei Schließer als Endschalter. Aufgrund der konstruktiven Gegebenheiten ist in der mittleren Ebene der rechte Endschalter als Öffner ausgeführt. Dadurch kann er in der Steuerung gleich behandelt werden, wie alle anderen Endsignale – der geschlossene Kontakt zeigt das Erreichen der Endposition an. In der obersten Ebene werden keine Endkontakte benötigt. Der Antrieb ist über eine Zeitverzögerung gesteuert.

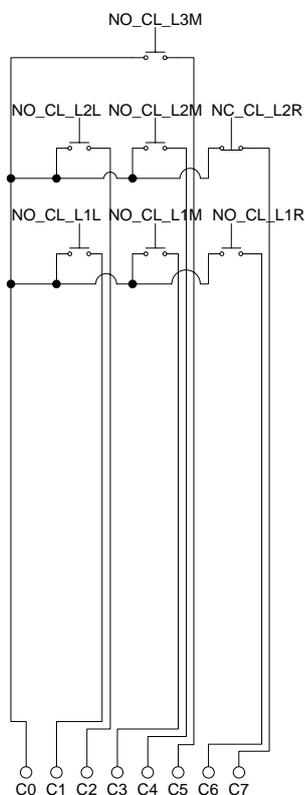


Abbildung 12 Positionsschalter z-Achse

²¹ Eine ausführliche Beschreibung ist in Kapitel 2.6.3 zu finden.

Alle drei Motoren, die für den Antrieb in z-Richtung verwendet werden, sind direkt an die I/O-Ports der Fischertechnik-Steuerung angeschlossen. Es handelt sich dabei um drei „Mini-Motoren“ der Firma Fischertechnik mit einer maximalen Leistung von 9 Watt.

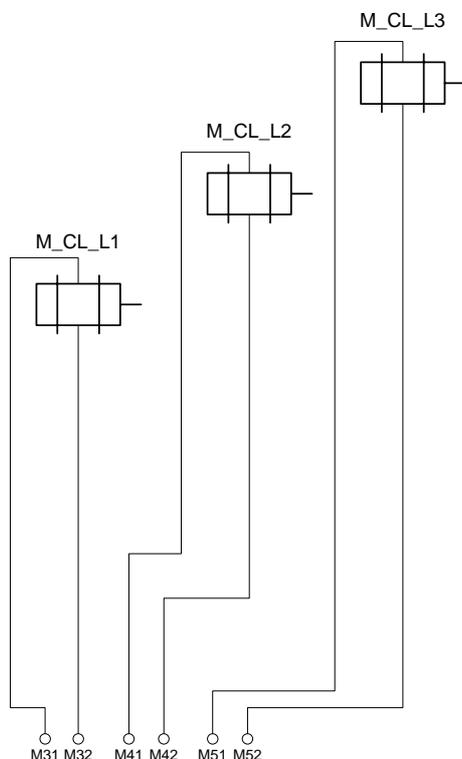


Abbildung 13 Antriebe der drei Ebenen der z-Achse

2.6.2 Drehzahlregelung der Antriebe

Die Drehzahl eines Gleichspannungsmotors ist proportional der angelegten Spannung. Deswegen kann durch steigern/senken der Betriebsspannung die Motordrehzahl erhöht/verringert werden. Das rein digitale Steuerungsmodul von Fischertechnik ist aber nicht wirklich in der Lage, die Amplitude der Gleichspannung an den Motorausgängen zu verändern (analog), sondern bedient sich der Methode der Pulsweitenmodulation²². Anstatt beispielsweise die Spannung von 9 Volt auf 4,5 Volt zu senken, wird das Ausgangssignal mit einer Amplitude von 9 Volt so „zerhackt“, dass in kurzen Intervallen jeweils die volle bzw. keine Spannung anliegt. Der induktive Charakter des Motors stellt einen trägen Energiespeicher dar, der die angelegte Spannung glättet²³. Im vereinfachten Modell kommt dies einer Integration des Spannungsverlaufes gleich. Die drei nachstehenden Abbildungen verdeutlichen diesen Effekt.

²² In der Literatur auch als Pulsbreitenmodulation zu finden [6].

²³ Dieses Prinzip wird generell in Gleichstromstellern (DC-DC-Wandler) verwendet.

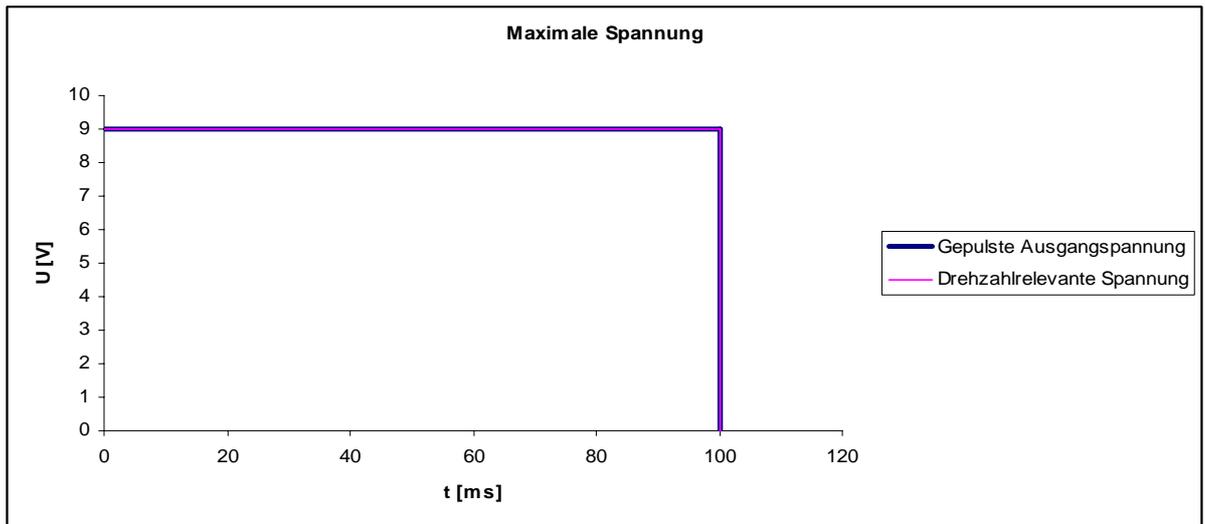


Abbildung 14 Pulsweitenmodulation: Konstante Maximalspannung

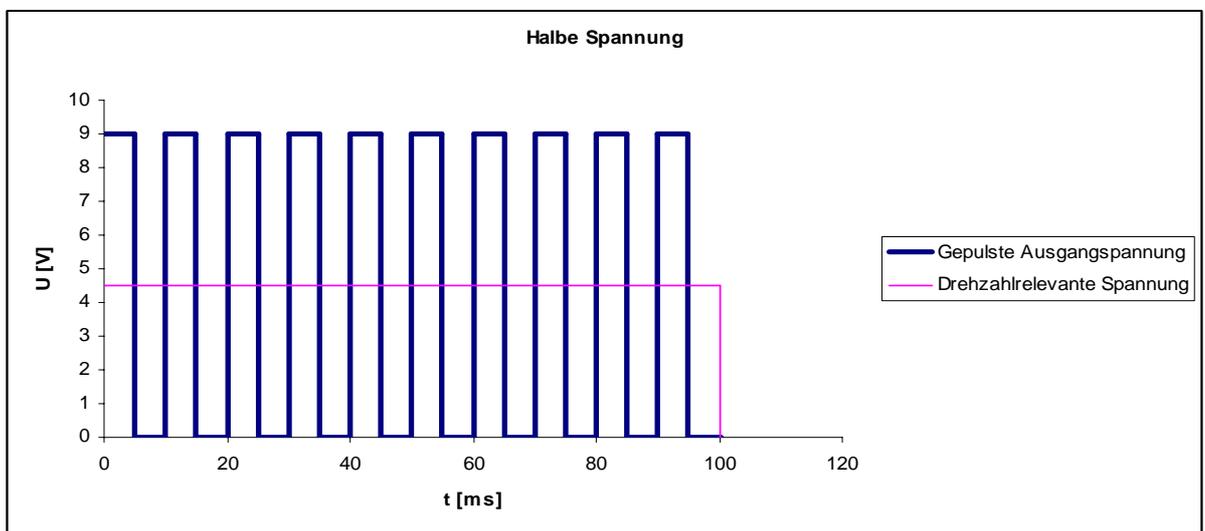


Abbildung 15 Pulsweitenmodulation: Reduktion auf 50 % des Ausgangsamplitude

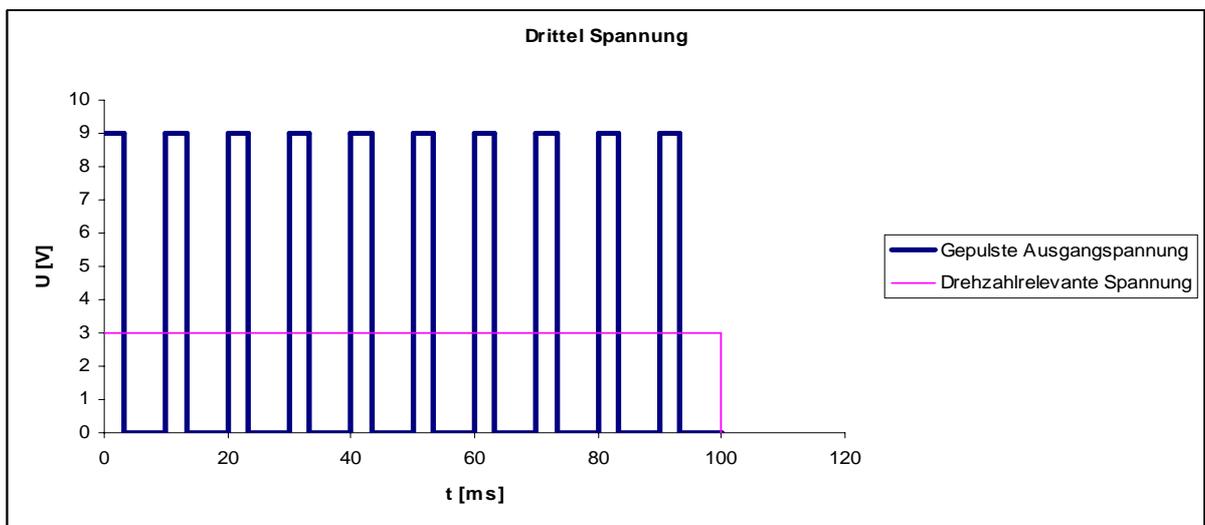


Abbildung 16 Pulsweitenmodulation: Reduktion auf 33,3 % des Ausgangsamplitude

2.6.3 Einbindung eines 24 V Motors

Wie bereits erläutert, benötigt der Antrieb des Lifts einen leistungsstarken 24 Volt Motor. Da die Ausgangsspannung der Motor-Ports am Fischertechnik I/O-Modul jedoch nur 9 Volt beträgt, ist es notwendig einen so genannten Vierquadrantensteller²⁴ zu verwenden, um auch am höheren Spannungsniveau steuern zu können.

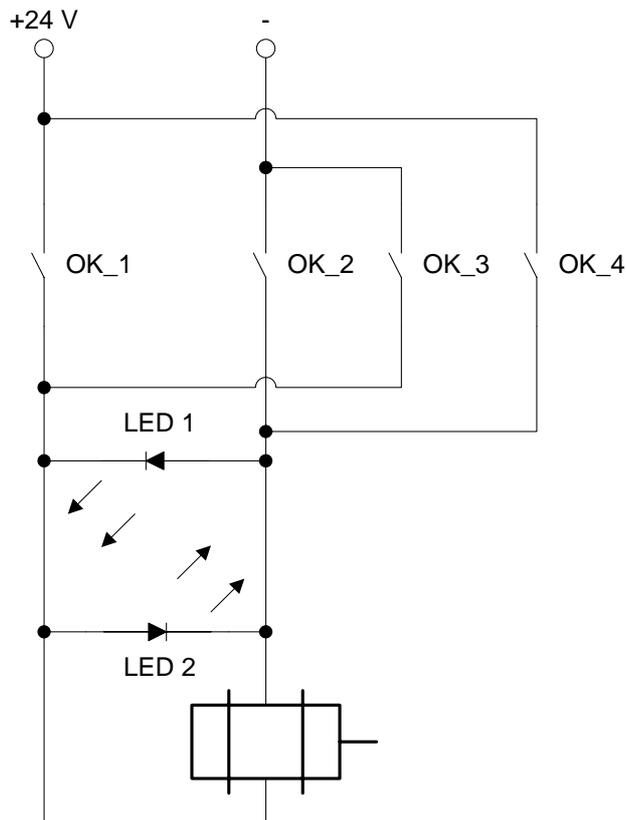


Abbildung 17 Vierquadrantensteller

Aus obiger Abbildung geht die Funktionsweise des Vierquadrantenstellers hervor. Er besteht aus vier Optokopplern, wobei OK_1 und OK_2 positive Steuerspannungen übertragen (die Beschaltung des Optokopplers ist in der Abbildung nicht dargestellt; es ist lediglich der Ausgang als Schalter dargestellt) bzw. OK3_ und OK4 negative. Diese parallelen Schalter Übertragen somit die Steuerspannung auf ein Potential von 24 Volt.

Parallel zum Motor (induktiver Verbraucher) sind noch zwei Freilaufdioden (als LED mit hochohmigem Vorwiderstand ausgeführt) geschaltet, um eine Zerstörung der Schaltelektronik durch Spannungsspitzen zu vermeiden.

²⁴ Vierquadrantensteller werden auch als „H-Brücken“ bezeichnet [ii].

2.7 Zusammenfassung

Mit dem beschriebenen Modell eines Hochregallagers mit automatischem Regalbediengerät steht eine funktionstüchtige Anlage für den Laborbetrieb zur Verfügung, die mit allen wesentlichen Funktionalitäten der realen Vorbilder ausgestattet ist. Damit können die für einen Logistiker interessanten Zusammenhänge, unter Laborbedingungen veranschaulicht und in Folge von den Studierenden analysiert werden²⁵.

Gleichzeitig ist der beschriebene Prototyp relativ kostengünstig, kann mit überschaubarem Aufwand gewartet werden und ist leicht änder- und erweiterbar.

²⁵ Die Beschreibung der konkreten Aufgabenstellungen folgt in Kapitel 4, wo es die Umsetzung in der Lehre geht.

3 Didaktischer Hintergrund

Zur Auswahl von geeigneten Lehrmethoden gibt es subjektiv gesehen die verschiedensten Ansätze inklusive Begründungen. Um diese Arbeit aber auf eine objektive Basis zu stellen, wurde versucht, in einer Auseinandersetzung mit der Literatur der Didaktik (das Wort stammt aus dem Griechischen und bedeutet übersetzt die Lehre vom Unterricht) jene Theorien herauszufiltern, die den Einsatz eines Modells begründen und/oder beschreiben.

Seit Beginn des 17. Jahrhunderts existiert die Didaktik als eigenständige wissenschaftliche Disziplin. Mit den Werken von Wolfgang Ratke und Jan Amos Komensky existierten in dieser Zeit erstmals umfangreiche Anleitungen zur gezielten Vermittlung von Wissen in schulischen Einrichtungen. Diese beiden Pädagogen brachten aber nicht nur das bis dahin gesammelte Wissen zu Papier, sondern formulierten auch revolutionäre neue Ideen. Sie unterstrichen den Nutzen des Unterrichts in der Muttersprache und in den Naturwissenschaften. Komensky propagierte unter anderem in seinen Schriften auch die Idee der allgemeinen Schulpflicht [18, 19].

Diese ersten Ansätze wurden Stück für Stück verfeinert und umgesetzt. Ende des 19. Jahrhunderts bringt die als Reformpädagogik bezeichnete Strömung grundlegende Neuerungen auf. Sieht man von den Ideen Pestalozzis ab, war Bildung bis dahin etwas sehr Autoritäres und häufig lebensfremd²⁶. Die neuen Prinzipien waren die Selbsttätigkeit der Schüler, das freie Gespräch, Erlebnispädagogik, Schulgemeindepädagogik, praktische Tätigkeiten oder Lernen durch Handeln [iv].

Seit damals folgten noch viele weitere Theorien zur Verbesserung der Lehre²⁷. Sie stellen vor allem den Versuch da, auf neue Herausforderungen zu reagieren. Dazu zählt die scheinbar abnehmende Motivation der Schüler und Studierenden ebenso, wie neue Erkenntnisse der Psychologie und Hirnforschung, die Verfügbarkeit neuer Medien, aber auch das Faktum der sich immer schneller ändernden Anforderungen der Berufswelt.

In den nachfolgenden Kapiteln werden einige der für die Arbeit relevanten Theorien aus der einschlägigen Literatur vorgestellt. Zuerst wird aber auf die Besonderheiten der Anforderungen, die an einen Logistiker gestellt werden, eingegangen, um dann daraus die besonderen Rahmenbedingungen für die Lehre abzuleiten.

²⁶ Zum Teil ist dies auch auf den bis dahin herrschenden Mangel an Mitteln zurückzuführen. Bücher waren zum Beispiel sehr teuer und daher für Studierende meist unerschwinglich. Unter diesen Bedingungen war die „Vorlesung“ eine nicht ersetzbare Methode der Wissensvermittlung.

²⁷ Eine Auswahl bedeutender Personen, die sich um die Didaktik verdient gemacht haben findet sich auf der Internetseite des Lehrstuhls für Schulpädagogik/Didaktik der Universität Jena unter dem Menüpunkt „Geschichte der Didaktik“ [16]

3.1 Besonderheiten in der Logistikausbildung

Gerade die vorhin angesprochene schnelle Veränderung beruflicher Anforderungen trifft im Besonderen auf die Logistik zu, handelt es sich dabei doch noch um eine eher junge Fachrichtung, mit vielen Innovationen (technischer aber auch theoretischer Natur) innerhalb kürzester Zeit. Ging es ursprünglich nur um Transport, Umschlag und Lagerung (TUL) von Gütern, beinhaltet das gegenwärtige Verständnis von Logistik einen wesentlich erweiterten Tätigkeitsbereich²⁸. Man denke dabei nur an Begriffe wie Supply Chain Management, Entsorgungslogistik, Produktionsplanung, Flussmanagement und Geschäftsprozessoptimierung, die ein wesentlich breiteres Verständnis der Aufgaben der Logistik darstellen [39]. Auch die Technologien und Methoden, mit denen ein Logistiker in seinem Berufsalltag in Berührung kommt, unterliegen einer rasanten Neu- und Weiterentwicklung. Wenn man bedenkt, dass vor 20 Jahren Dinge wie das Internet, mobile Kommunikation, Barcodes, EDI, Just-in-Time, ECR, Personal Computer und Satellitennavigation – um nur einige zu nennen – in der Logistik noch so gut wie keine (wenn überhaupt eine) Rolle spielten, dann wundert es nicht, dass sich für Logistiker auch das berufliche Umfeld extrem verändert hat. Und auch für die nächste Zeit ist keine Verlangsamung dieses dynamischen Entwicklungsprozesses zu erwarten.

Daraus ergibt sich der Umstand, dass es schwierig ist vorauszusehen, welche konkreten Fertigkeiten ein angehender Logistiker in 10, 20 oder 30 Jahren benötigen wird. Hinzu kommt noch, dass je nach Branche (zum Teil sogar je Unternehmen) ein recht unterschiedliches Logistikverständnis besteht, das zum Teil auch tatsächlich auf verschiedenen Gegebenheiten und Anforderungen beruht [7].

Darüber hinaus ist man in der Logistik häufig mit komplexen Aufgabenstellungen konfrontiert, die sich aus der „engen und vielschichtigen Verknüpfung zwischen Akteuren und System“ (Lexikon Logistik S. 250 [1]) ergeben²⁹. Diese Zusammenhänge sind darüber hinaus oft nicht transparent, nicht linear in Bezug auf ihre Ursache-Wirkungsbeziehung, zeitverzögert und schwer reproduzierbar. Der Logistiker muss also in der Lage sein, eine gesamtheitliche Sichtweise zu entwickeln, die über mehrere Stufen von

²⁸ Klaus und Krieger unterteilen die Logistikentwicklung in drei Stufen: „TUL-Logistik“, „Koordinations-Logistik“ und „Flow Management“ (Klaus, Krieger 2004 S. XX [1])

²⁹ Am Modell des Hochregallagers kann ein solches Beispiel nachvollzogen werden: Von den Prinzipien der Betriebswirtschaft ausgehend, würde man die Anzahl der Stellplätze so planen, dass man vom Ist-Bedarf ausgeht und dazu noch das zu erwartende Wachstum und eventuell eine Reserve hinzufügt. Aus Sicht der Logistik ist die Planung aber wesentlich umfangreicher, weil Umstände wie artikelreine Lagerplätze, das Ein-Auslagerprinzip (FIFO, LIFO), die Möglichkeit zum Housekeeping und einiges mehr berücksichtigt werden muss. Dies ergibt einen wesentlich erhöhten Bedarf an Stellplätzen, so dass ein rein nach betriebswirtschaftlichen Regeln ausgelegtes automatisiertes Hochregallager eventuell gar nicht, oder mit nur sehr stark verringertem Durchsatz funktioniert.

Kausalzusammenhängen hinausreicht und es so ermöglicht, die Ursache von Problemen auf den wahren Auslöser zurückzuführen.

Angesichts dieser Tatsachen kann es in der Logistikausbildung nicht genügen, ein reines Faktenwissen zu vermitteln³⁰, das heute über Literatur und Internet ohnehin umfangreich und schnell zur Verfügung steht. Das Ziel muss es vielmehr sein, ein tieferes Verständnis [8] zu vermitteln, ein „systematisches Denken, die Fähigkeit zur ursachenadäquaten Analyse auch nicht-linearer oder zeitverzögerter Zusammenhänge, sowie eine hohe Problemlösungs- und Abstraktionsfähigkeit“ (Engelhardt-Nowitzki 2006 S. 8 [7]).

Trotzdem besteht natürlich die Notwendigkeit, den Nachwuchslogistikern ein fachspezifisches Wissensgerüst zu vermitteln, das, um die vorhin genannten Qualifikationen erweitert, dann einen guten Einstieg in die Berufswelt ermöglicht. Dabei steht der Lehrende dann aber oft vor dem Problem, dass die Motivation seiner Studierenden beim Vermitteln dieses Faktenwissens nicht den Erwartungen entspricht.

Aus all den genannten Punkten ergeben sich zusammenfassend folgende Zielsetzungen für die Logistikausbildung:

- Motivation des Studierenden, die zur klaren Vision von und Identifikation mit seinem Berufsbild führt
- Förderung von Fähigkeiten wie analytischem und abstraktem Denken, dem schrittweisen Lösen von Problemen und verschiedener Sozialkompetenzen
- Vermittlung des notwendigen Fachwissens

Bevor ein Überblick zum Stand der didaktischen Forschung zur Erreichung solcher Ziele gegeben wird, sei noch etwas über die unterschiedlichen Arten des Wissens und des Lernens gesagt.

3.2 Wissen

Es existieren viele verschiedene Definitionen darüber, was genau Wissen ist [x]. Aus Sicht der Didaktik kann es als „verfügbare, mehr oder weniger überdauernde Vorstellungen (mentale Konstrukte) verstanden“ (Pfäffli 2005 S. 69 [14]) werden. Im Rahmen einer Ausbildung soll das Wissen vermittelt werden, das den Studierenden dazu ausstattet die

³⁰ Trifft eigentlich nicht nur auf die Logistikausbildung zu, sondern auf jeder Form der Lehre – ganz besonders auf die Hochschullehre

Anforderungen des späteren beruflichen Lebens erfolgreich zu meistern³¹. Dazu sind nach Auffassung von Didaktikern vier verschiedene Wissensarten notwendig [14]:

- Deklaratives Wissen: Faktenwissen über Sachverhalte, Ideen, Konzepte, Gesetze, ...
- Prozedurales Wissen: Verfahrenswissen wie etwas zu tun ist bzw. wie man vorzugehen hat
- Konditionales Wissen: Berücksichtigung der Umstände unter denen Wissen zur Anwendung kommen soll
- Erfindungswissen: Die Fähigkeit neue Lösungen zu entwickeln, neue Situationen richtig zu gestalten und daraus zusätzliche Erkenntnisse zu gewinnen

3.3 Arten des Lernens

Beim Erwerb von Wissen ist die Einstellung der Studierenden zum Lernen bzw. der diesbezügliche Kontext, den sie aus ihren bisherigen Erfahrungen heraus mitbringen ein wichtiger Ausgangspunkt. Die Forschung unterteilt nach sechs Konzepten (Pfäffli 2005 S. 30 [14], Foster, Winteler 2006 S. 197 [17]):

- Wissen vermehren
- Auswendig lernen und reproduzieren
- In der Praxis anwenden
- Verstehen
- Eine Sichtweise ändern
- Sich als Person verändern

Einige Autoren unterscheiden dabei noch in zwei emotionale oder motivationsbedingte Gruppen [14]. Die ersten drei Konzepte werden dem „oberflächenorientierten“ Lernen zugerechnet, der Rest dem „tiefenorientierten“. Pfäffli unterscheidet diese beiden Gruppen von Lerntypen nach folgenden Merkmalen (Pfäffli 2005, S. 30f [14]):

Oberflächenorientierte Studierende:

- Verfolgen meist leistungsorientierte Ziele
- Richten ihre Leistung nach denjenigen ihrer Mitstudierenden aus
- Betrachten Wissen als etwas, was von Außen an sie herangetragen wird

³¹ Inwieweit das auch auf nicht fachbezogene Wissensinhalte zutrifft ist umstritten. Auch die Frage, wie spezifisch das Fachwissen sein soll ist keineswegs eindeutig beantwortet.

- Nehmen Wissen auf, um es später, beispielsweise bei Prüfungen, reproduzieren zu können
- Nehmen beim Lernen eine eher rezeptive Haltung ein, Auswendiglernen ist ihre bevorzugte Lernstrategie
- Sind primär daran interessiert, mit einem minimalen Aufwand einen maximalen Prüfungserfolg zu erzielen

Tiefenorientierte Studierende:

- Verfolgen könnensorientierte Ziele
- Orientieren sich am Inhalt
- Möchten das Wissen begreifen und wollen die Bedeutung von Wissen erkennen
- Denken die Inhalte durch
- Erkennen sich selbst als Hauptakteure oder Hauptakteurinnen erfolgreichen Lernens
- Sind primär am Wissen und an Aufgaben interessiert

Pfäfflis Resümee lautet wie folgt (Pfäffli 2005, S. 31 [14]): „Die anspruchsvollen Ziele der Hochschullehre können ohne tiefenorientiertes Lernen kaum erreicht werden. Nicht alle Studierenden bringen jedoch die Motivation und Fähigkeit zu solchem Lernen mit.“

3.4 Theorien

Die folgenden Kapitel stellen einen Überblick über verschiedene didaktische Konzepte dar (wobei die Trennung untereinander nicht immer scharf möglich ist), die für eine Lehrveranstaltung relevant sind, in der ein funktionierendes Miniaturmodell in der universitären Logistikausbildung zum Einsatz kommt. Dabei wurde versucht, die Theorien von eher allgemeinen und für die Problemstellung dieser Arbeit nur teilweise relevanten in Richtung sehr spezifischer mit hoher Bedeutung zu reihen. Das Unterkapitel über das problemorientierte Lernen stellt den wesentlichsten Teil der Betrachtung dar, weil es jene Methode beschreibt, die letztlich für den Einsatz des Modells in der Logistikausbildung am besten geeignet ist. Im letzten Teil folgen noch einige zusammenfassende Ideen zur Motivationsförderung.

3.4.1 Aktives Lernen, Autonomie und Selbstbestimmung

In Bezug auf die vorherrschenden Lehrparadigma hat sich in den letzten 20 Jahren ein Wandel vollzogen. Man orientiert sich viel stärker an der Rolle des Lernenden und versucht eine für ihn optimale Umgebung zu schaffen. Dieser Trend deckt sich mit den Ergebnissen

der modernen kognitiven Psychologie, die besagen, dass es die Aufgabe des Lehrenden ist, den Lernenden zu aktivieren. Das bedeutet wiederum, „dass die Aktivitäten des Studierenden wesentlich wichtiger dafür sind, was und wie gelernt wird, als die Aktivitäten des Dozenten“ (Forster, Winteler 2006 S. 195 [17]).

Wird Wissen in der klassischen Form einer Vorlesung³² vermittelt, so gelingt es zwar einem Teil der Studierenden dieses zumindest teilweise zu übernehmen. Selten ist das Gelernte dann aber wirklich verfügbar, weil es nicht mit dem bereits vorhandenen Vorwissen verknüpft werden kann. Auch eine Aktualisierung durch in der Praxis erlebte Situationen findet häufig nicht statt. Wünschenswerte Vorgänge wie Verständnis, Umsetzung und Entwicklung bleiben in der Regel aus.

Daraus folgt auch ein Wandel im Rollenverständnis von Studierenden und Lehrenden. Erstere sind nicht mehr ausschließlich passive Informationsempfänger sondern eher unabhängige Lernende, die autonom und selbstbestimmt agieren. Zweitere sind dementsprechend nicht mehr reine Wissensvermittler, sondern haben die Aufgabe dem Lernenden unterstützend – eventuell sogar in der Coaching-Rolle – beizustehen. Beide Seiten stehen vor der Herausforderung eine ausgewogene, ideale Mischung zwischen selbst- und fremdgesteuertem Lernen zu verwirklichen.

Diese Überlegungen werden in der Literatur häufig unter dem Konzept des „aktiven Lernens“ eingeordnet. Obwohl es dazu keine klare Definition gibt, existieren nach Winteler (Winteler 2005 S. 125 [8]) einige Merkmale, die allgemein mit diesem Begriff verbunden werden:

- Die Studierenden sind über das reine Zuhören hinaus beteiligt.
- Es wird mehr Wert darauf gelegt, die studentischen Fertigkeiten und Fähigkeiten zu entwickeln, als Information zu übertragen.
- Die Studierenden werden zu höherwertigem Denken angeregt (Analyse, Synthese, Evaluation).
- Die Studierenden werden aktiviert (lesen, diskutieren, schreiben).
- Es wird größerer Wert darauf gelegt, dass die Studierenden ihre eigenen Konzepte, Einstellungen und Werte erkunden.

Winteler fasst wie folgt zusammen: „Aktives Lernen bezeichnet alles, was die Studierenden während des Unterrichts tun, außer passiv zuzuhören. Dies reicht vom Lernen, wie man aktiv zuhört, über kurze schriftliche Übungen, in denen die Studierenden auf Teile der Vorlesung

³² Der wesentlichste Nachteil von klassischen Vorlesungen liegt darin, dass die Kommunikation nur in eine Richtung läuft. Außerdem lässt die Aufmerksamkeit der Studierenden sehr rasch nach (~ nach 15 Minuten) [8].

reagieren, bis hin zu Gruppenübungen, in denen sie das Gelernte auf reale Situationen anwenden oder neue Probleme zu lösen lernen.“ (Winteler 2005 S. 125 [8])

Didaktiker empfehlen Dozierenden auch durch die Schaffung von Wahlmöglichkeiten den Studierenden das Gefühl von Autonomie und Selbstbestimmtheit zu vermitteln, um sie dadurch zu aktivieren. Einige Beispiele dafür sind³³:

- Wenn Aufgaben im Selbststudium zu erledigen sind, kann der Studierende aus mehreren möglichen Aufgabenstellungen wählen.
- Die Studierenden entscheiden mit, welche Art von Unterstützung sie während einer Arbeit in Anspruch nehmen.
- Innerhalb eines bestimmten Rahmens können die Studierenden selbst entscheiden, wie sie die Ergebnisse ihrer Arbeiten präsentieren.
- Bei Exkursionen und Lehrausflügen wird den Studierenden die Möglichkeit zur Mitgestaltung geboten.
- Verschiedene Formen der Selbstbewertung werden ins Spiel gebracht.
- Wo nötig/möglich werden Verhaltensregeln gemeinsam fixiert.

Es gibt kein allgemein gültiges Patentrezept zur Aktivierung von Studierenden. So hat sich zum Beispiel bei Gruppenübungen gezeigt, dass es nicht bloß genügt Gruppen zu bilden und ihnen Aufträge zu erteilen. Nicht selten kommt es dann zu einer ungleichmäßigen Verteilung des Arbeitspensums innerhalb der Gruppe und es kommt zu Streitigkeiten, die dazu führen, dass die Studierenden eher demotiviert denn aktiviert sind.

Motivationsprobleme entstehen auch dann, wenn es dem Dozierenden nicht gelingt, Sinn und Lehrziel einer Übungseinheit zu vermitteln. Die Übungseinheiten werden dann zum Teil wie eine Beschäftigungstherapie empfunden. Der gewünschte Lehrerfolg aus der praktischen Anwendung bleibt aus, bzw. wird im schlimmsten Fall sogar ins Gegenteil verkehrt.

In der Fachliteratur werden deswegen u. a. interaktive Lehrstrategien vorgeschlagen, auf die im nächsten Kapitel eingegangen wird.

3.4.2 Interaktive Lehrstrategien

Das Lernen an Universitäten basiert auf der Interaktion zwischen Lehrenden und Studierenden. Vielen didaktischen Ansätzen liegt daher eine Verbesserung des

³³ Die aufgezählten Punkte basieren auf Überlegungen von Nickolaus [9] und Pfäffli [14].

Kommunikationsprozesses in dem Sinne zu Grunde, dass alle Beteiligten die Möglichkeit erhalten Ablauf und Inhalt mit zu beeinflussen.

Nickolaus zeigt in diesem Zusammenhang, dass bereits eine positive Erwartungshaltung des Lehrenden zu einer günstigeren Entwicklung der Lernleistung führt (Nickolaus 2006 S. 110ff [9]). Er zitiert in Folge Studien, die diesem Parameter einen „Anteil von 5% der Varianzaufklärung des Lernerfolges“ zuschreiben. Das wäre „ein größerer Anteil als im Mittel durch die Methodenwahl erklärt wird“.

Die Erwartungshaltung schlägt sich sowohl in einer Lenkungsdimension (bei positiven Erwartungen wird der Lehrende den Studierenden relativ viel Spielraum lassen die Lehrziele zu erreichen) als auch in einer emotionalen Dimension (eine negative Erwartungshaltung führt zu Abneigung und Geringschätzung) nieder. Nachfolgende Grafik stellt die sich daraus ergebende Interaktionsebene dar.

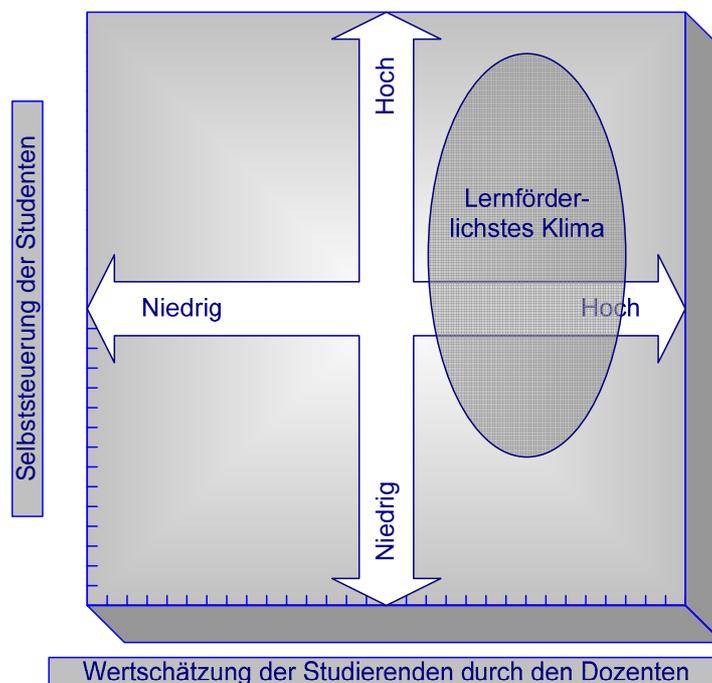


Abbildung 18 Dimensionen der Interaktion [9]

Über die Erwartungshaltung hinaus kann beim Interaktionprozess über eine gezielte Steuerung durch den Lehrenden erreicht werden, dass die Studierenden kontinuierlich aktiviert werden, „um einen Lernstil zu entwickeln, der nicht ziellos oder lediglich auf die Reproduktion des Wissens gerichtet ist, sondern auf die Anwendung des Gelernten abzielt“ (Winteler 2005 S. 134). Winteler zeigt am Beispiel der didaktischen Methode Diskussion, wie solch eine Steuerung möglich ist. Folgende auch auf andere Methoden übertragbare Prinzipien fallen dabei auf:

- Vorbereitung ist ein wesentlicher Schlüssel zum Erfolg
- Keine direkte Kritik an Personen – kritisiert werden dürfen nur Meinungen, Ideen, Leistungen, usw.
- Zuhören ist unumgänglich
- Es soll versucht werden alle gleich mit einzubeziehen
- Eine schriftliche Zusammenfassung ist von großem Wert
- Nur durch sofortige Evaluation kann der Erfolg bestimmt werden

3.4.3 Schlüsselqualifikationen

Der Begriff der Schlüsselqualifikationen geht auf Dieter Mertens zurück, der diesen Ausdruck erstmals 1974 im Zusammenhang didaktischer Überlegungen verwendete [18]. Der Hintergrund seiner These war die bereits angesprochene Entwicklung eines sich immer schneller änderndem beruflichen Umfeldes (siehe Kapitel 3.1). Aufgrund der Unsicherheit in der Prognose solcher Entwicklungen und der Annahme, dass Wissen umso schneller wieder verloren geht, je größer dessen Praxishöhe sei, schlug er vor, in der Ausbildung verstärkt das Vermitteln von Qualifikationen zu betreiben, die den Schüler/Studierenden befähigen, in Zukunft selbstständig neues Wissen zu erwerben. Dadurch wäre eine laufende Anpassung an die Ansprüche des Arbeitsmarktes (und der Gesellschaft) möglich. Unter dem Konzept der Schlüsselqualifikationen „verstand er solche Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, welche nicht unmittelbaren und begrenzten Bezug zu bestimmten disparaten praktischen Tätigkeiten erbringen, sondern sich für eine große Zahl von Positionen und Funktionen zum gleichen Zeitpunkt und für die Bewältigung von meist unvorhersehbaren Änderungen von Anforderungen im Laufe des Lebens eignen“ (Nickolaus 2006 S. 73 [9]) .

Mertens nannte vier verschiedene Gruppen von Qualifikationen:

- Basisqualifikationen wie z.B. strukturiertes, logisches und analytisches Denken
- Horizontalqualifikationen bei denen es um Wissensbeschaffung, Verarbeitung und Verbreitung geht
- Breiterelemente, d.h. Qualifikationen die auf verschiedenen Ebenen von Nutzen sind
- Vintage-Faktoren, womit eine Überbrückung des durch Innovation entstandenen Generationsunterschieds in Bezug auf Qualifikation möglich wird

Folgende Eigenschaften kennzeichnen Schlüsselqualifikationen [14]:

- Werden nicht so leicht obsolet wie spezifisches Fachwissen
- Zusammensetzung aus verschiedenen Teilqualifikationen

- Nicht spezifisch
- Nicht an bestimmte Funktionen oder Berufe gebunden
- Komplexe Zusammensetzung

Von Reetz wurde 1990 eine Erweiterung der Ideen Mertens publiziert, die er wie in unten stehender Tabelle gezeigt, in drei Hauptgruppen zusammenfasste.

Tabelle 1 Mögliche Klassifikation von Schlüsselqualifikationen³⁴

Schlüsselqualifikationen			
Materielle KENNTNISSE und FERTIGKEITEN	1.	Berufsübergreifende, d.h. allgemein bildende Kenntnisse und Fertigkeiten: z.B. Kulturtechniken, Fremdsprachen, technische und wirtschaftliche und soziale Allgemeinbildung	BREITEN-ELEMENTE (n. <i>Mertens</i>)
	2.	Neuaufkommende Kenntnisse und Fertigkeiten: z.B. Elektronische Datenverarbeitung, Mikroelektronik, Pneumatik, Hydraulik, neue Technologien	VITAGE-FAKTOREN (n. <i>Mertens</i>)
	3.	Vertiefte Kenntnisse und Fertigkeiten, d.h. Ausbau von Grundlagen, die wenig veränderbar sind: z.B. höherer Messlehrgang, Fachfremdsprache	TIEFEN-ELEMENTE
	4.	Berufsausweitende, d.h., über den Einzelberuf hinausgehende Kenntnisse und Fertigkeiten: auf Berufsfeldbreite, auf weitere inhaltlich und funktional verwandte Gebiete	KONZENTRISCHE ELEMENTE
Formale FÄHIGKEITEN	1.	Selbständiges; logisches, kritisches, kreatives Denken	BASISQUALIFIKATIONEN (n. <i>Mertens</i>)
	2.	Gewinnen und Verarbeiten von Informationen, Informiertheit über Informationen	HORIZONTALQUALIFIKATIONEN (n. <i>Mertens</i>)
	3.	Selbständiges Lernen, das Lernen lernen, sich etwas erarbeiten können	LERNQUALIFIKATIONEN
	4.	Anwendungsbezogenes Denken und Handeln, Einsatz der eigenen Sensibilität und Intelligenz, z.B. bei Umstellungen und Neuerungen, im Vorschlags- und Erfindungswesen	TRANSFERQUALIFIKATIONEN
	5.	Entscheidungsfähigkeit, Führungsfähigkeit, Gestaltungsfähigkeit, z.B. Selbständigkeit bei Planung, Durchführung und Kontrolle	HANDLUNGSQUALIFIKATIONEN
Personale VERHALTENS- WEISEN	1.	Verhaltensqualifikationen mit <i>einzelpersönlicher</i> Betonung: u.a. Selbstvertrauen, Optimismus, Wendigkeit, Anpassungsfähigkeit, Gestaltungskraft, Leistungsbereitschaft, Eigenständigkeit	WERTHALTUNGS-QUALIFIKATIONEN
	2.	Verhaltensqualifikationen mit <i>zwischenmenschlicher</i> Betonung: u.a. Kooperationsbereitschaft, Fairness, Verbindlichkeit, Gerechtigkeit, Aufrichtigkeit, Dienstbereitschaft, Teamgeist, Solidarität	
	3.	Verhaltensqualifikationen mit <i>gesellschaftlicher</i> Betonung: u.a. Fähigkeit und Bereitschaft zu wirtschaftlicher Vernunft, technologischer Akzeptanz und zum sozialen Konsens	
	4.	Arbeitstugenden, u.a. Genauigkeit, Sauberkeit, Zuverlässigkeit, Exaktheit, Pünktlichkeit, Ehrlichkeit, Ordnungssinn, Konzentration, Ausdauer, Pflichtbewusstsein, Fleiß, Disziplin, Hilfsbereitschaft, Rücksichtnahme	

Kritiker orten hier aber das Problem, dass diese – unwidersprochen wünschenswerten – Qualifikationen teilweise nicht direkt gelehrt, sondern nur gefördert werden können.

3.4.4 Handlungskompetenz

Der Ausdruck „Kompetenz“ stammt ursprünglich aus dem Lateinischen (*competentia*) und bedeutet wörtlich übersetzt „Zusammentreffen“ [19] und kann unter anderem im Sinne von Vermögen, Fähigkeit, Zuständigkeit und Befugnis [v] verwendet werden. Da das Wort je nach Zusammenhang unterschiedliche Bedeutungen haben kann, sei kurz auf die Verwendung im Kontext der Didaktik eingegangen. Laut Pfäffli handelt es sich um „die

³⁴ entnommen aus Nickolaus 2006 S. 75[9]

Fähigkeiten und die Bereitschaft einer Person, unter Rückgriff auf Wissen und Können in konkreten Situationen aktiv zu sein“ (Pfäffli 2005, S. 62 [14]).

Die Abgrenzung zwischen den Begriffen Qualifikation und Kompetenz ist unscharf und umstritten. Während die eine Gruppe Qualifikation nur als die erfolgreiche Umsetzung von Kompetenz in der Praxis versteht und die beiden Begriffe substituierend verwendet [14], sind andere der Meinung, dass der Begriff der Qualifikation zu sehr an situative Anforderungen gebunden ist und daher in der Didaktik dem Ausdruck „Kompetenz“ der Vorzug zu geben ist [vi]. Zu den Begriffen „Fertigkeit“ (automatisierte Verfahrensweise oder Technik) und „Fähigkeit“ (gelernte oder verinnerlichte Verhaltensweise; aktive Potenz etwas hervorzubringen³⁵) bestehen auch nur geringfügige Unterschiede.

Basierend auf der vorhin beschriebenen Modifikation des Konzepts der Schlüsselqualifikationen durch Reetz (Kapitel 3.4.3) haben einige Didaktiker weiterführende Klassifizierungen vorgenommen, wobei aber nun häufig an Stelle des Begriffes Qualifikation der Ausdruck Kompetenz verwendet wird. In Kontext dieser Arbeit ist aber vor allem von Interesse, dass damit auch eine inhaltliche Verfeinerung einhergegangen ist.

Geisenberger und Nagel [11] geben zum Beispiel basierend auf den Überlegungen von Reinert und Zimmermann [38] einen Überblick über die große Anzahl an Facetten, die letzten Endes notwendig wären, damit jemand über Handlungskompetenz verfügt. Unter Handlungskompetenz wird dabei „die Fähigkeit des Einzelnen sich in beruflichen, gesellschaftlichen und privaten Situationen sachgerecht, durchdacht, sowie individuell und sozial verantwortlich zu verhalten“ (Kultusministerkonferenz [20]) verstanden.

Während beim ursprünglichen Ansatz von Mertens dem eigentlichen Fachwissen (wegen der Veränderung im Laufe der Zeit) eine nur untergeordnete Rolle beigemessen wird, spielt hier die Fachkompetenz eine zentrale Rolle. Geisenberger und Nagel sind überzeugt, dass ohne Fachkompetenz „keine Handlungskompetenz erreichbar ist“ (Geisenberger; Nagel 2002 S. 2 [11]).

³⁵ Definition von Vermögen nach Aristoteles

Tabelle 2 Aufschlüsselung der Handlungskompetenzen³⁶

Handlungskompetenz	
Fachkompetenz	
• Fachkenntnisse	- Begriffe, Fakten lernen
• Fachgebundene Fertigkeiten	- Realität verstehen
	- Zusammenhänge erkennen
• Einstellungen durch das Fach	- Aktivitäten beurteilen
Sozialkompetenz	
• Einfühlungsvermögen	- Diskutieren, Zuhören, Fragen
• Kommunikationsfähigkeit	- Begründen, Argumentieren
• Konfliktfähigkeit	- Gespräche leiten
• Kooperationsfähigkeit	- Frustrationstoleranz trainieren
• Teamfähigkeit	- Kooperieren, Integrieren
• Offenheit und Toleranz	- Präsentieren
• Solidarität	
Methodenkompetenz	
• Arbeits- und Zeitorganisation	- Planen, Entscheiden, Organisieren
• Informationen sammeln	- Nachschlagen, Notizen machen
• Verarbeitung von Informationen	- Strukturieren, Visualisieren
• Nutzung von Lernhilfen	- Gestalten
• Fachliche Arbeitsweisen	- Ordnung halten
• Kreative Problemlösung	
Personale Kompetenz	
• Ausdauer, Selbständigkeit	- Selbstvertrauen entwickeln
• Selbsteinschätzung	- Spaß an einem Thema haben
• Selbstbewusstsein	- Engagement entwickeln
• Entscheidungsfähigkeit	- Werthaltungen aufbauen
• Ethische Verantwortung	

Pfäffli erweitert diesen Ansatz noch einmal und fügt dem noch einen fünften Kompetenzbereich – die Reflektionskompetenz – hinzu, die sie als Schnittmenge der vier anderen Kompetenzen sieht. Reflektionskompetenz „bezeichnet die Fähigkeit, über eigene Wahrnehmungen und Handlungen in allen Kompetenzbereichen nachzudenken. Sie ist Voraussetzung, dass Menschen aus Erfahrung lernen, und somit für bewusst herbeigeführten Wandel“ (Pfäffli 2005, S. 64f [14]).

³⁶ entnommen aus Geisenberger; Nagel S. 1 [11]

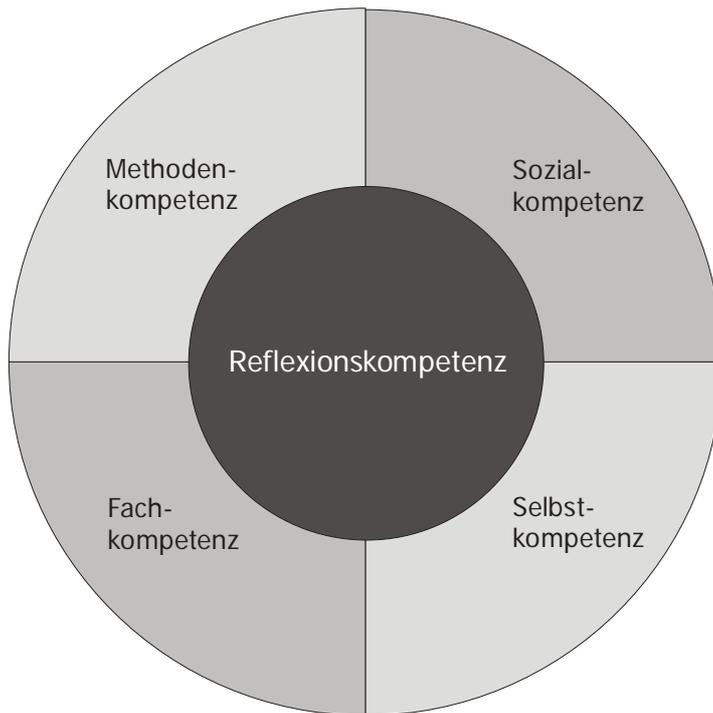


Abbildung 19 Teilkompetenzen der Handlungskompetenz nach Pfäßli³⁷

Der Grad der notwendigen Handlungskompetenz zum Meistern einer bestimmten Situation wird in der Literatur [14] in drei Dimensionen gemessen:

- Wie neu ist die Situation für den Betreffenden?
- Ist er mit der Situation vertraut?
- Inwieweit ist er in der Lage sich selbst zu steuern?

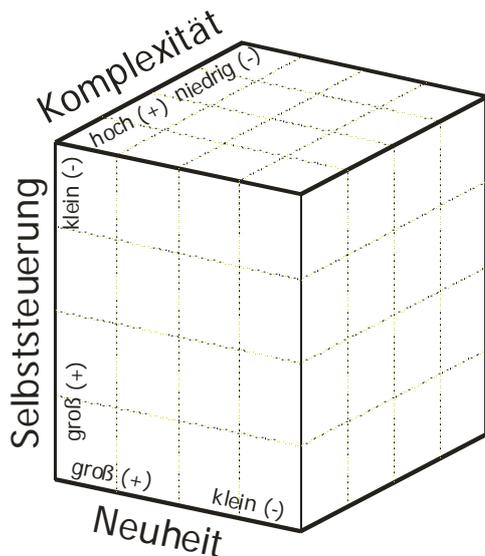


Abbildung 20 Drei Dimensionen von Handlungskompetenz nach Pfäßli³⁸

³⁷ Mit geringfügigen Änderungen entnommen aus Pfäßli 2005, S. 65 [14]

³⁸ Mit geringfügigen Änderungen entnommen aus Pfäßli 2005, S. 86 [14]

Die Handlungskompetenz kann in Folge nach Pfäffli wie folgt abgestuft werden (Pfäffli 2005, S. 86 [14]):

Tabelle 3 Abstufung von Handlungskompetenzen

Stufe	Neuheit	Selbststeuerung	Komplexität
1. Stufe: Anwenden I	-	-	+
2. Stufe: Anwenden II	-	+	++
3. Stufe: Problemlösen	+	+/-	+++
4. Stufe: Problemlösen und Entwickeln	++	++	++++

Unter „Anwenden I“ wird dabei auf den einfachsten Anwendungsfall Bezug genommen, während „Anwenden II“ sich schon auf etwas komplexere Situationen bezieht.

3.4.5 Handlungsorientierung

Das Konzept der Handlungsorientierung fügt sich nahtlos an das der Handlungskompetenzen, obwohl es schon bedeutend länger existiert und nach einigen Quellen sogar auf Pestalozzis Formel von der Einheit von Kopf, Herz und Hand zurückgeführt werden kann [vii].

Im 20. Jahrhundert wurde die Idee der Handlungsorientierung besonders von Hans Aebli verfochten. Seine zentrale These besagt, dass sich Wissen aus Handlungen ergibt. Seine Vorstellungen formuliert er wie folgt: „Das Ziel ist es einestells, ein Repertoire von Handlungsmöglichkeiten zu erwerben, die der junge Mensch später einmal einsetzen kann, um seine praktischen Probleme zu bewältigen, andernteils, ein Wissen aufzubauen das nicht bloß aus statistischen Versatzstücken besteht, sondern aus lebendigen und klaren Einsichten in die Zusammenhänge dieser Welt, ein Weltbild, das sowohl eine tiefe Sicht der Dinge umfasst, als auch dem praktischen Tun dient.“ (Aebli 2006 S. 183 [12])

In seinen Theorien geht Aebli davon aus, dass sich alle Handlungen eines Menschen zu Handlungsfolgen und Handlungsschemata zugerechnet werden können. Handlungsfolgen werden Stück um Stück aufgebaut, wann immer etwas Neues getan wird. Es geschieht ad hoc und der Ablauf als ganzes ist neu. Die Teilelemente dieser Gesamthandlung, die großteils nichts Neues darstellen und im Gedächtnis gespeichert sind, nennt Aebli Handlungsschemata, die er über drei Eigenschaften definiert:

- Sie sind als Ganzes gespeichert
- Sie sind reproduzierbar
- Sie sind auf neue Gegebenheiten übertragbar

Wird ein neues Handlungsschema entworfen, muss eine Brücke zwischen den verfügbaren Gegebenheiten und dem gewünschten Handlungsziel geschlagen werden. Aebli unterscheidet dabei zwei Strategien, wie das vor sich gehen kann:

1. Bei der regressiven Handlungsplanung wird vom Handlungsziel ausgegangen und jeweils überlegt, „welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, damit der letzte Handlungsschritt ausgeführt werden kann“ (Aebli 2006 S. 191 [12]).
2. Das gegenteilige Schema ist das der progressiven Planung. Dabei wird ausgehend von den verfügbaren Gegebenheiten Schritt für Schritt nach vorne geplant.

Aebli versucht auch die Vorteile der Handlungsorientierung psychologisch zu begründen:

Es ist „klar, dass die eigene Ausführung einer Handlung gute Voraussetzungen für den Erwerb der betreffenden Handlungsvorstellung schafft. Es könnte sein, dass wir auf diese Weise einen Ablauf wiederholen, der sich in der kindlichen Entwicklung abspielt. [...] Auch bei älteren Schülern und Erwachsenen gilt die Regel, dass eine Handlung im effektiven Versuch leichter erlernt und besser verstanden wird, als im reinen Gedankenexperiment.

Der umgekehrte Vorgang, die Umsetzung einer Handlungsvorstellung in eine effektive Handlung, wird dann einfach zu bewerkstelligen sein, wenn der Schüler, wie soeben ausgeführt, von der effektiven Handlung zur Handlungsvorstellung gelangt ist. Schwierig wird ihm diese Umsetzung fallen, wenn er die Handlungsvorstellung nur aus der Beobachtung gewonnen hat, und am schwierigsten wird die für ihn sein, wenn er sie aufgrund bloßer verbaler Schilderungen kennen gelernt hat“ (Aebli 2006 S. 194f [12])

Für den Unterricht schlägt Aebli vor, bei der Anwendung des handlungsorientierten Konzeptes, einen sechsstufigen Prozess zu durchlaufen [12].

1. Definition der Zielvorstellung: Dabei soll festgelegt werden, was weshalb zu erreichen ist.
2. Analyse der Ist-Situation: Darunter wird die Beurteilung der Ausgangslage und der vorhandenen Mittel verstanden.
3. Festlegung von Lösungsschritten: Dazu gehört die Festlegung von Einzelschritten (regressiv oder progressiv), deren Vorbedingungen und Reihenfolge.
4. Beurteilung des Plans: Vor der Umsetzung soll noch überlegt werden, wie realistisch der Plan ist, ob alle Mittel zur Umsetzung vorhanden sind, usw.³⁹

³⁹ Man könnte die Punkte 3 und 4 auch als einen gemeinsamen Meilenstein sehen, da sie sich inhaltlich nicht eindeutig voneinander abgrenzen.

5. Ausführung: Man versucht das Handlungsziel durch exaktes Befolgen der geplanten Lösungsschritte zu erreichen.
6. Review: Gemeinsam (Lernender und Lehrender) soll überprüft werden, inwieweit die Ergebnisse den Erwartungen entsprechen, wo Verbesserungsmöglichkeiten liegen, bzw. warum das Ziel nicht erreicht wurde.

Nach Aebli genügt es aber nicht bloß eine Handlung auszuführen, um didaktische Erfolge zu erzielen. Er postuliert, dass es nach dem Ausführen der Handlung noch zu einer „Verinnerlichung“ des Handlungsvorganges kommen muss, „was heißt eine Vorstellung von einer Tätigkeit zu besitzen. Es heißt, diese Tätigkeit innerlich ausführen zu können“ (Aebli 2006 S. 200 [12]).

Aebli geht davon aus, dass diese Verinnerlichung in drei Stufen abläuft:

1. Die Lernenden rekapitulieren die Handlung innerlich und geben das Ergebnis sprachlich wieder. Es folgt eine schriftliche oder bildliche Aufzeichnung des Handlungsablaufes.
2. Ohne dass Teile der konkreten Handlung, oder deren Ergebnis, sichtbar sind, soll der Handlungsablauf, nur auf die Aufzeichnungen gestützt, detailliert rekonstruiert werden.
3. In der letzten Phase soll eine Wiederholung aller Aspekte der Handlung, ohne jede anschauliche Stütze, rein mit den Mitteln der Sprache stattfinden.

Durch das mehrmalige Durchdenken und Wiederholen während des Prozesses der Verinnerlichung wird einerseits erreicht, dass sich die Sache besser ins Gedächtnis einprägt. Andererseits gewinnt man dadurch den Überblick, der es – so Aebli – ermöglicht, nicht die Lösung für das eine konkrete Problem zu kennen, sondern auch ähnlich gelagerte Aufgaben unter anderen Umständen sofort zu durchschauen. Aebli fasst die Resultate in Bezug auf den Lernenden folgendermaßen zusammen: „Er weiß mit welchem Ziel er die einzelnen Schritte eines Handlungsablaufs einsetzt und warum sie geeignet sind, die Teilziele zu erreichen. Er überblickt auch das Zusammenwirken der einzelnen Maßnahmen auf die Erreichung des Endzieles hin. Die Struktur seines Handelns ist ihm klar“ (Aebli 2006 S. 202 [12]).⁴⁰

Wöll setzt sich sehr kritisch mit Aebli's Ansatz der Handlungsorientierung auseinander (Wöll 2004 S. 42ff [10]) und kommt zu dem Schluss, dass zwar kaum ein Argument Aebli's

⁴⁰ Aebli meint gar, mit diesem Konzept könne die Kluft zwischen Praktikern und Theoretikern überwunden werden: „So wird man nicht mehr davon sprechen können, dass am einen Ort Praktiker und am anderen Ort Theoretiker ausgebildet werden. Dann werden an beiden Orten denkende Praktiker und praktische Denker erzogen.“

widerlegbar ist, dass der Handlungsbegriff insgesamt aber ein zu idealisierter ist und keine generelle Gültigkeit hat.

Pfäffli hingegen stellt sich hinter das Konzept der handlungsorientierten Didaktik ohne aber direkt auf Aebli Bezug zu nehmen [14]. Ihre Ausführungen sind auch nicht ganz so radikal, die Handlung immer als Grundlage für fundiertes Wissen einzufordern. Allerdings geht sie von der gleichen Ausgangssituation wie Aebli aus: Wissen ist „träge“, was bedeutet, dass die Tatsache, dass ein Studierender in einer Prüfung Gelerntes reproduzieren kann, noch lange nicht garantiert, dass er auch in der Lage ist, es in praktischen Problemsituationen korrekt anzuwenden. „Deshalb sollten die Studierenden bereits während des Studiums auch wissensgeleitetes Handeln erfahren und einüben. [...] Handeln gilt als höchst effiziente und unverzichtbare Form für den Erwerb und die Entwicklung von Wissen und Kompetenzen. [...] Es ist deshalb sinnvoll, im Rahmen der Hochschullehre viele konkrete Lerngelegenheiten zu schaffen, die ein Lernen durch Handeln ermöglichen“ (Pfäffli 2005 S. 189 [14]).

Um durch handlungsorientierte Lernprozesse die Kluft zwischen Wissen und Handeln zu verringern, müssen diese so gestaltet werden, dass komplexe und authentische Probleme mit starkem Praxisbezug selbstgesteuert zu lösen sind, ohne dass dabei die Lernsituation für die Studierenden zu unstrukturiert wird. Das könnte zur Überforderung der Studierenden oder zum Aufbau von wenig systematisiertem und strukturiertem Wissen führen.

Auch Pfäffli unterteilt den Handlungsprozess in mehrere Teile⁴¹ (siehe nachstehende Abbildung), die zur Lösung eines Problems mit gleichzeitigem Lerneffekt notwendig sind.

⁴¹ Diese weichen etwas von der Systematik Aebli ab und sind stärker darauf ausgerichtet, wo überall vom Lehrenden Unterstützung und/oder Anleitung notwendig ist. Außerdem gibt es bei ihr noch die „inneren Prozesse“.

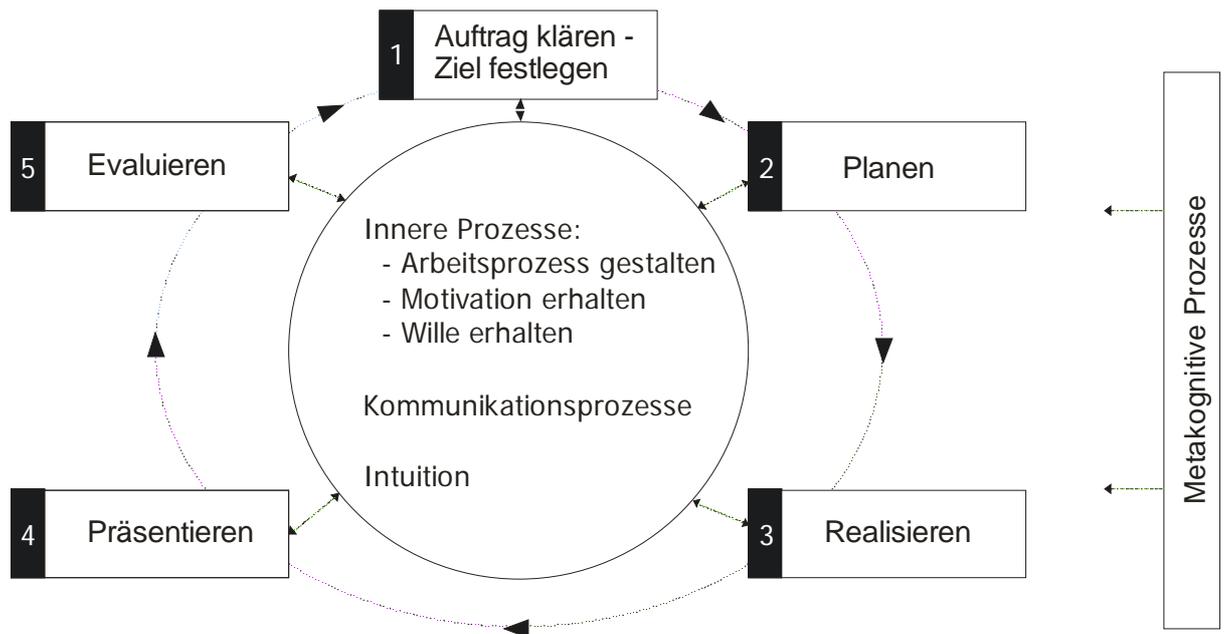


Abbildung 21 Phasen im Handlungsprozess⁴²

Darüber hinaus definiert sie sechs Grundsätze des handlungsorientierten Lehr- und Lernprozesses. Es sind dies:

1. Die Aufgabenstellungen sollen realistisch, praktisch, voneinander verschieden und komplex sein. Wichtig ist auch dass zumindest in Teilen bekanntes Wissen bzw. Strategien nicht zur Lösung genügen, ohne dass die Studierenden dabei überfordert (=demotiviert) werden.
2. Mit der Aufgabenstellung müssen klare Ziele sowohl in Bezug auf die Lösung als auch die Lernziele (Förderung welcher Kompetenzen, Fertigkeiten, ...) definiert werden.
3. Die Interaktion zwischen allen Beteiligten trägt wesentlich zum Lernprozess bei (vergleiche Kapitel 3.4.2). Aus diesem Grund ist auf darauf zu achten, dass es vor allem durch gruppendynamische⁴³ Phänomene wie ungleiche Beteiligung, Abstimmungsprobleme und Ähnlichem nicht zu einer Störung des Lernklimas kommt.
4. Studierende müssen sich aktiv einbringen und die Handlungen dann reflektieren, verbalisieren und systematisieren. Nur so können die Erkenntnisse in neuen Problemsituationen wieder angewandt werden.
5. Die Studierenden müssen die Verantwortung für den Lernprozess übernehmen.

⁴² Entnommen aus Pfäffli 2005 S. 191 [14]

⁴³ Das Lernen/Handeln in Gruppen ist an und für sich die konstruktivste Form im handlungsorientierten Konzept.

6. Dozierende übernehmen bei allen Phasen des Prozesses begleitende Beratungsaufgaben, ganz besonders aber am Beginn und Ende sowie in der Metakognition⁴⁴.

Verschiedene Unterrichtsverfahren eignen sich dabei unterschiedlich gut zur Erreichung der verschiedenen Lehrziele. Pfäffli ordnet sie wie folgt ein⁴⁵:

Tabelle 4 Eignung verschiedener Verfahren im Lernprozess

Problemorientierte Unterrichtsverfahren:	Fallstudie	Projekte	Studentische Einzelarbeiten		Problem-based Learning
			schriftlich	Gestaltung, Produktion	
Neues Wissen entwickeln	X	XX	XXX	XX	XXX
Vorhandenes Wissen / vorhandene Kompetenzen anwenden	XXX	XXX	X	XXX	XX
Neue Kompetenzen entwickeln	X	XXX	X	XXX	XXX

XXX sehr geeignet

XX möglich

X geeignet zum Einüben oder Entwickeln von spezifischen Kompetenzen im Bereich systematisches Arbeiten oder Lernen und Kommunikation

Auf eine sehr bekannte Lernform aus dem Konzept der Handlungsorientierung wird im folgenden Kapitel näher eingegangen. Es handelt sich dabei um die Methode des problemorientierten Lernens.

3.4.6 Problemorientiertes Lernen

Im deutschsprachigen Raum ist Aebli einer der ersten, der das Konzept des problemorientierten Lernens vorschlägt. Bei ihm geschieht das allerdings im Zusammenhang mit dem regulären Schulunterricht. Das Ziel ist es, „die Kräfte freizulegen, die den Schüler zum Suchen und Forschen anregen und die bewirken, dass er sich eine neue Form des Tuns oder des Denkens aus eigenem Antrieb erarbeiten will“ (Aebli 2006⁴⁶ S. 277 [12]).

Der Vorteil liegt für ihn klar auf der Hand: „Ist das Problem einmal auf klare und lebendige Weise gestellt, so braucht der Lehrer die Klasse nicht am Gängelband eng gefasster Fragen und Hinweise durch die Lektion zu steuern, sondern er wird sie innerhalb der durch das Problem gesetzten Schranken und der durch es vorgezeichneten allgemeinen Richtung relativ selbstständig forschen lassen können, wobei es ihm nur noch zufällt, Ordnung in die kollektive Denkarbeit zu bringen und die Durchführung inhaltlich zu überwachen.“ (Aebli 2006 S. 197 [12])

⁴⁴ Metakognition bezeichnet die Auseinandersetzung mit den eigenen kognitiven Prozessen (Gedanken, Meinungen, Einstellungen usw.), oder das „Wissen über das eigene Wissen“.

⁴⁵ Entnommen aus Pfäffli 2005 S. 194 [14]

⁴⁶ Die Quelle bezieht sich auf die 2006 erschienene 13. Auflage, die Erstauflage erschien jedoch 1983.

Kennzeichnend für das problemorientierte Lernen ist, dass am Beginn des Lernprozesses ein konkretes Problem⁴⁷ steht. Das gewählte Problem sollte folgende Eigenschaften haben [10, 16, 21]:

- Alltäglich im Sinne von lösbar, konkret, aktuell und real
- Dem Vorwissen der Studierenden angemessen
- Adäquate Komplexität
- Inhaltliche Breite (nicht nur eine hoch spezifische Aufgabenstellung)
- Auf verschiedene Arten lösbar

Die Rolle des Lernenden ist beim problemorientierten Lernen aktiv und autonom (soweit möglich), wobei der Erwerb von neuen Kenntnissen und Fähigkeiten für ihn nicht im Mittelpunkt steht, sondern quasi nebenbei erfolgt.

Der Ablauf des POL kann, je nach Autor [16, 21, 42] in sieben bis acht Phasen unterteilt werden. Dazu gehören:

- Problemdefinition inklusive der Klärung von Verständnisfragen und der Definition von unbekanntem Dingen und Begriffen
- Darstellung der Relevanz des Problems, sowie genaue Beschreibung von Ausgangs- und Endpunkt der Aufgabenstellung
- Organisation zur Lösung (Gruppenbildung, Verteilung von Teilaufgaben, ...)
- Ideensammlung und Brainstorming
- Selbstständige Strukturierung der Ideen, Hypothesenbildung, oder Vorgabe eines Untersuchungsrahmens, der zeigt, wie Experten das Problem lösen würden
- Lernziele definieren
- Ausarbeitung mit Unterstützung durch den Dozierenden
- Präsentation der Ergebnisse
- Evaluierung des Lösungsweges

Während der Phasen des problemorientierten Lernens werden von den Studierenden folgende Tätigkeiten ausgeführt⁴⁸:

- Analysieren
- Klären

⁴⁷ Dabei kann es sich um ein echtes Problem aus der Praxis handeln oder um eine simulierte Problemstellung.

⁴⁸ Nach Pfäffli 2006 S. 212 [14]

- Ideen entwickeln
- Fehlendes erkennen
- Planen
- Nachdenken
- Recherchieren
- Verbalisieren
- Durcharbeiten
- Verstehen
- Verknüpfen
- Präsentieren

Zu den Vorteilen des POL zählt, dass es zu höheren individuellen Leistungen führt und bessere Lernergebnisse bringt, als eine klassische Vorlesung. Neben dem Erwerb von Wissen, wobei das Gelernte besser behalten wird, als bei vielen anderen Methoden, fördert es auch den Aufbau von Kompetenzen (z. B. Lern- und Problemlösefähigkeit) und sozialen Fähigkeiten. Es führt zu einer Verringerung der Kluft zwischen Theorie und Praxis ebenso wie zu geringeren Abbruchquoten und einem höheren Selbstvertrauen bei den Studierenden. Mit genügend Betreuern ist zudem eine beliebige Anzahl von Teilnehmern denkbar.

Als Nachteile werden die Gefahr der anfänglichen Überforderung, der hohe Aufwand und die durch die Subjektivität bedingte Gefahr, dass Wissensbereiche unberücksichtigt bleiben, genannt.

Gegenwärtig bieten im deutschsprachigen Raum einige Universitäten das POL-Konzept in der medizinischen Ausbildung an [viii].

Es existieren zwei dem POL sehr ähnliche Konzepte mit den Bezeichnungen „denkende Erfahrung“ und „Methode der bildenden Erfahrung“. Beide durchlaufen sie ähnliche Phasen wie das POL, sind aber nicht so stark auf ein konkretes, real existierendes Problem ausgerichtet. Bei der denkenden Erfahrung zum Beispiel genügt als Ausgangssituation schon „eine unabgeschlossene Sachlage, die Befremdung, Verwirrung und Zweifel auslöst“ (Wöll 2004 S. 58 f [10]).

3.4.7 Motivationsförderung

Mangelnde Motivation der Studierenden ist eines der größten Probleme in der Hochschulausbildung. Dieser Motivationsmangel⁴⁹ kann verschiedenste Ursachen haben, die teilweise in gesellschaftlichen und kulturellen Rahmenbedingungen zu suchen (es kommt vor, dass Studierende nicht „gut und motiviert“ sein wollen, weil dies dem Lifestyle und Selbstverständnis ihrer Clique zuwiderlaufen würde⁵⁰), oder auf andere Besonderheiten im Umfeld eines Studierenden zurückzuführen sind.

Viel kann aber durch verschiedene Maßnahmen des Dozierenden erreicht werden. Aus Sicht der Studierenden gehören dazu folgende Punkte [10, 16, 17]:

- Begeisterung und Motivation des Vortragenden/Betreuers
- Praxisbezug und Wert („Das kann ich später einmal sicher brauchen“)
- Gute Organisation des Unterrichts
- Anspruchsvolle Ziele, die weder über- noch unterfordernd sind
- Benennung von Herausforderungen
- Möglichkeit zur aktiven Beteiligung
- Multisensorische Wissensvermittlung unter Ansprache möglichst vieler Intelligenzformen
- Verschiedene Lehrmethoden
- Angebot von Unterstützung
- Zeit für Beratungsgespräche und begründetes Feedback
- Klare Lernziele und Prüfungskriterien

Der ersten beiden Punkte sind dabei mit Abstand am Wichtigsten.

Motivation ist etwas Ansteckendes. Zeigt der Lehrende eine große Begeisterung für den Lehrgegenstand wird der „Funke“ schnell auf einige Studierende überspringen und wie beim Schneeballeffekt immer mehr mitziehen. Aebli schreibt deshalb in Bezug auf Lehrer: „Damit erkennt man, wie wichtig die Ausbildung und die Weiterbildung der Lehrer ist und wie sehr es darauf ankommt, dass auch der Lehrer seine Interessen pflegt und unterhält.“ (Aebli 1997 S. 155 [13])

⁴⁹ Das Wissen über die Neurobiologie der Motivation ist noch sehr beschränkt. Es entstammt im Wesentlichen der Suchtforschung, der Untersuchung hirngeschädigter Menschen und Tierversuchen.

⁵⁰ Vergleiche Pfäffli 2005 S. 29 [14]

Zu „Praxisbezug und Wert“ sei noch angemerkt, dass Menschen im Allgemeinen dann zu etwas motiviert sind, wenn es für sie wertvoll und erreichbar scheint. Pfäffli überträgt diese Überlegung auf die Lehre und folgert daraus, dass Motivation „als Ergebnis der Multiplikation von Werthaftigkeit und Erfolgssicherheit des Gelernten aufgefasst werden“ kann (Pfäffli 2005 S. 32 [14]).

Winterle und Pfäffli unterscheiden bei der Lernmotivation (wie in der psychologischen Motivationsforschung üblich [ix]) noch zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation [10, 16]. Wenn eine Handlung um ihrer selbst willen ausgeführt wird, weil sie als interessant, spannend und herausfordernd erlebt wird spricht man von intrinsischer Motivation. Wenn man aber dadurch motiviert ist, weil man positive Folgen herbeiführen (schneller Abschluss, gute Noten, ...) oder negative Folgen (Durchfallen bei einer Prüfung, lange Studiendauer, ...) abwenden möchte, dann wird dies als extrinsisch motiviert eingeordnet. Extrinsisch motivierte Studierende lernen vor allem Fakten, was sich auf konzeptionelles Verstehen und Kreativität nicht förderlich auswirkt.

4 Umsetzung in der Lehre

Dieses Kapitel ist darauf fokussiert zu zeigen, wie unter Berücksichtigung der im vorigen Kapitel ausgeführten didaktischen Theorien funktionsfähige Modelle (insbesondere das in Kapitel 2 beschriebene Hochregal mit automatischem RBG) in der Logistikausbildung zum Einsatz kommen können.

4.1 Das Labor im didaktischen Umfeld

Aus Sicht des Wortstammes ist ein „Logistiklabor“ eine ideale Einrichtung für Studierende. Das Wort „Logistik“ kann auf das griechische „logos“ – als „Verstand“ oder „Rechenkunst“ übersetzt – oder auf das germanisch-französische „loger“ – in der Bedeutung von „versorgen“ oder „unterstützen“ – zurückgeführt werden. „Labor“ wiederum stammt vom lateinischen Wort „laborare“ ab, das auch mit „arbeiten“ wiedergegeben werden könnte. Ein Logistiklabor kann somit, im Sinne des Wortstammes, als „Einrichtung in der Studierende durch praktisches Arbeiten ihr Verständnis (der Logistik) unterstützen/erweitern können“ bezeichnet werden.

Diese rein sprachliche Überlegung wird durch das, was im didaktischen Teil dieser Arbeit in Bezug auf den Erwerb von Kompetenzen (siehe Kapitel 3.4.4), über das problemorientierte Lernen (Kapitel 3.4.6), sowie die Förderung von Motivation (Kapitel 3.4.7) zusammengestellt wurde, didaktisch untermauert.

Ein Labor bietet die optimale Umgebung dafür, die Gegebenheiten für studentorientiertes, autonomes Lernen zu schaffen. Im Sinne des POL können dem Studierenden anspruchsvolle Aufgabenstellungen präsentiert werden, die realen Bedingungen sehr ähnlich sind, oder sogar entsprechen. Verglichen mit dem Lernen während eines Praktikums in einem Unternehmen bietet es aber einige wesentliche Vorteile⁵¹:

- Das Labor bietet die Möglichkeit verschiedene Ideen und deren Auswirkungen auszuprobieren, ohne dass dabei mit gravierenden Konsequenzen zu rechnen ist (zumindest solange nicht böswillig agiert wird). Somit kann verglichen werden, wo die Vor- bzw. Nachteile unterschiedliche Lösungen liegen, was wesentlich zum Gesamtverständnis beiträgt.
- Dieses Ausprobieren kann durchaus auch einen spielerischen Charakter annehmen, was sich gerade im Kontext der Arbeit mit jungen Menschen günstig auf Arbeitseinsatz und Motivation auswirken kann.

⁵¹ Auch wenn das klassische Praktikum aus anderen Gründen, die aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden, unverzichtbarer Teil der Ausbildung sein soll.

- Viele Übungen bzw. Experimente können (nahezu) beliebig oft wiederholt werden. Das erlaubt es – im zeitlichen Rahmen des für den Betreuer möglichen – die individuellen Bedürfnisse der einzelnen Studierenden zu berücksichtigen.
- Während der Studierende im Labor experimentiert, besteht für den Betreuer die Möglichkeit als Berater zur Seite zu stehen und vor allem den Prozess der Metakognition zu fördern, was wiederum den resultierenden Lerneffekt maßgeblich beeinflusst.

Um den Mehrwert in Bezug auf den Lerneffekt zu illustrieren, der sich einstellt, wenn Studierende die Möglichkeit des Wissenserwerbs nicht nur durch das Hören, was sie hören bzw. im günstigen Fall auch sehen, sondern durch ihr eigenes Tun, sei auf nachfolgende Abbildung verwiesen. Das Resultat der zugrundeliegenden Studie lässt den Schluss zu, dass der zu erwartende Lerneffekt für Studierende im Labor in etwa doppelt so hoch ist, als bei einer klassischen Vorlesung⁵².



Abbildung 22 Zusammenhang zwischen Art der Wissensvermittlung und Grad des Verstehens⁵³

Das Labor ist aber auch nicht die Lösung aller didaktischen Herausforderungen im universitären Umfeld. Folgende Aspekte dürfen nicht außer Acht gelassen werden:

- Die Arbeit im Labor kann erst dann Erfolge bringen, wenn das notwendige fachspezifische Basiswissen bereits vorhanden ist. Sonst wird nur unspezifisch „gespielt“, was für die Studierenden zwar Spaß aber keinen Lernerfolg bedeutet.

⁵² Andere Untersuchungen zum selben Thema kommen zu leicht abweichenden Werten, die aber alle die gleiche Tendenz zeigen [46, 47].

⁵³ Entnommen aus Schenk u. a. 2006 S. 105 [35]

- Die Einrichtung und der Betrieb eines Labors sind mit erheblichen Kosten verbunden. Außerdem ist damit zu rechnen, dass der rasante technische und methodische Fortschritt in der Logistik dazu führt, dass häufige Anpassungen an den Stand der Technik vorzunehmen sind (z. B. Softwareupdates, neue Techniken der Materialverfolgung, usw.), um der Forderung nach aktuellen Problemstellungen nachkommen zu können.
- Der Betreuung und Aufgabenauswahl im Labor ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, da sich bei Über- oder Unterforderung der Studierenden keine und bei mangelnder Betreuung nur sehr geringe Lerneffekte einstellen. Dabei gilt es auch das richtige Mittelmaß für die Anleitung bei der Exploration zwischen kompletter Ungesteuertheit der Studierenden und quasi schon frontalem Unterricht zu finden. Wird das nicht berücksichtigt, wird das Labor zu einem Ort, an dem Studierende demotiviert werden.
- Die Anforderungen an das fachliche und methodische Wissen der Ausbilder sind sehr hoch. Es soll zum Beispiel die Fähigkeit vorhanden sein, unerwartete (im Augenblick des Auftretens teilweise sogar unerklärliche) Situationen schnell zu durchdringen und erklären zu können. Außerdem besteht häufig die Herausforderung Gruppen von Studierenden, die in Bezug auf ihr Vorwissen, ihre Motivation und ihren Lerntyp inhomogen sind, zusammenzuhalten und so weit als möglich selbstgesteuert arbeiten zu lassen, ohne dass dabei die gesteckten Lernziele verfehlt werden.
- Darüber hinaus gilt es zu bedenken, dass in einem Labor meist nur eine sehr begrenzte Anzahl an Studierenden gleichzeitig betreut werden kann. Dementsprechend hoch ist der Aufwand bei hohen Teilnehmerzahlen verglichen mit einer klassischen Lehrveranstaltung.

Berücksichtigt man aber, dass in einem Labor neben der Problemlösefähigkeit und Fachwissen auch noch wertvolle „soft skills⁵⁴“ vermittelt bzw. trainiert werden, die im späteren beruflichen Umfeld mindestens genauso wertvoll sind, wie das „harte“ Faktenwissen, so handelt es sich beim Labor um eine für den Lehrbetrieb sehr wertvolle Einrichtung. Nicht nur in der naturwissenschaftlichen Ausbildung, in der das Labor schon sehr langer Zeit fixer Bestandteil ist, sondern auch in der Logistikausbildung kann das Labor wesentlich zu einer fundierten Vorbereitung auf die Praxis beitragen.

⁵⁴ Dazu zählen verschiedene soziale Kompetenzen ebenso, wie die Fähigkeit zur Selbstorganisation, Zeitmanagement und anderes mehr.

4.2 Übersicht Logistiklabors

Dieses Kapitel gibt eine Übersicht⁵⁵ über Logistiklabors und über die Verwendung von Hochregalmodellen in verschiedenen Bildungseinrichtungen. Es soll gezeigt werden, was die häufigsten Anwendungsfelder im derzeitigen Praxiseinsatz sind und welche Motive damit verfolgt werden.

4.2.1 Fachhochschule Aschaffenburg

Das Logistiklabor der FH Aschaffenburg stellt PC-Arbeitsplätze mit verschiedenen Softwarewerkzeugen zur Verfügung (Simulation: eMPlant, AutoMod; Optimierungssoftware: ILOG Optimization Bibliothek, XPRESS-MP von Dash Optimization; Individualsoftware: Euronetz, PMT, FlowEval; Standardsoftware: SAP R/3) [28]. Das Labor kommt sowohl in der Logistikausbildung der Hochschule als auch bei externen Seminaren für verschiedene Unternehmen aus der Umgebung zum Einsatz [29]. Gleichzeitig wird es auch als Forschungseinrichtung genutzt, wobei Simulation und KI-Methoden im Vordergrund stehen [27].

4.2.2 Fachhochschule Hamm

Das Logistiklabor der FH Hamm ist durch eine sehr technische Ausprägung gekennzeichnet. Dem Studierenden wird die Entwicklung von Kommissioniersystemen im Laufe der letzten Jahre (Mann zu Ware, Pick by Light, Ware zu Mann) ebenso anschaulich aufbereitet, wie verschiedene Palettierungssysteme, Hubtische und Heberoboter [31].

4.2.3 Fachhochschule Osnabrück

Die Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften betreibt ein Logistiklabor, das sich vor allem als Einrichtung zur computerunterstützten Simulation versteht. Simulationsprogramme wie Taylor, Dosimis, Process V3 und Whitness stehen zur Verfügung. Für die Lagerplanung und Lagerverwaltung können die Software-Tools RELAP 3, LCAD sowie AUTOCAD verwendet werden. Auch ein kleines Hardware-Modul zur Arbeit mit beleglosen Kommissioniersystemen ist installiert. Außerdem ist ein Logistik-Informationszentrum angegliedert, in dem Logistik-Fachzeitschriften, Videos, Präsentations- und Demo-Programme von Logistik-Applikationen verwaltet und Interessierten zur Verfügung gestellt werden. [26]

⁵⁵ Die Aufstellung ist nicht vollständig. Sie zeigt aber auf, welche verschiedene Anwendungen und Ausbaustufen möglich sind. Die Reihung der Bildungseinrichtungen erfolgte alphabetisch.

4.2.4 Fachhochschule Rhein Ahr Campus

An dieser FH wird das Logistiklabor als Dienstleistungsprovider betrieben. Zielgruppe sind sowohl Studierende (besonders während Praxissemestern und beim Verfassen von Diplomarbeiten), als auch Firmen bei Fragestellungen zu den Bereichen E-Business und Logistik.

Ausgestattet ist das Labor mit einem Modell eines automatischen Hochregals⁵⁶, der Geschäftsprozess-Modellierungssoftware ARIS, dem Simulationstool ARENA und einem ERP-System (Infor:Com) [30].

4.2.5 Technische Universität Ilmenau

Im Rahmen von Projektseminaren bekommen Studierende an der Fakultät für Informatik und Automatisierung die Aufgabe das Modell eines Hochregals mit Regalbediengerät als Automatenetz zu planen und zu realisieren. [22]

4.2.6 Universität Magdeburg

An der Universität Magdeburg werden am Lehrstuhl für Logistik drei nennenswerte Einrichtungen betrieben:

- **Logistik-Lernstudio:** Dabei handelt es sich um einen mit PCs ausgestatteten Hörsaal, der für e-Learning und zur Erprobung internetgestützter, multimedialer Lernformen genutzt wird. Darüber hinaus kann diese Einrichtung von Studierenden zum Selbststudium genutzt werden. Zu diesem Zweck stehen verschiedene Softwarepakete wie SAP, und Spezialsoftware zur Touren-, Routen- und Logistiksystemplanung zur Verfügung [23].
- **Logistik-Labor:** Im Logistiklabor stehen zwei Modelle aus Fischertechnik⁵⁷. Das größere – eine kranbediente Stückgutförderanlage – ist an einen Materialflussrechner angebunden, an dem verschiedene Szenarien für Transportaufträge geplant und überprüft werden können. Am kleinen Modell – einem komplexen Förderknoten – können Studierende selbst eine Ablaufsteuerung entwickeln und erproben. Bei beiden Modellen sollen die Studierenden auch lernen, bei möglichen Störungen richtig zu reagieren [24].
- **Kommissionierlabor:** Hier werden Planspiele zur Kommissionierung mit Beleg durchgeführt. In Zukunft ist geplant auch belegarme bzw. beleglose

⁵⁶ Fischertechnik; von der Firma Staudinger aufgebaut

⁵⁷ Aufgebaut von der Firma Staudinger

Kommissionierplanspiele durchzuführen, wobei eine direkte Kopplung zu einem ERP-System (Axapta) vorgesehen ist [25].



Abbildung 23 Stückgutförderanlage aus Fischertechnik der Uni Magdeburg⁵⁸

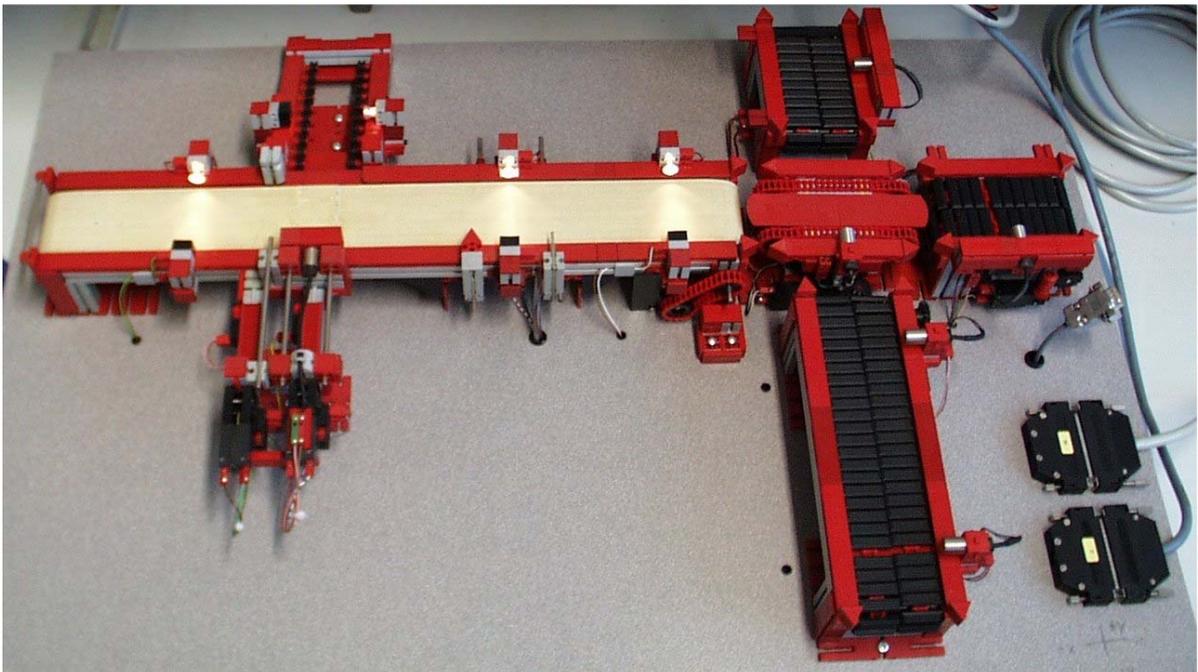


Abbildung 24 Förderknotenmodell der Uni Magdeburg⁵⁹

⁵⁸ Quelle: http://lamp.urz.uni-magdeburg.de/~logistik/misc/loglab_big.jpg

⁵⁹ Quelle: http://lamp.urz.uni-magdeburg.de/~logistik/misc/loglab_kl_mod.jpg

4.2.7 Universität Tübingen

Am Institut für Informatik wird ein Modell eines Hochregals mit Regalbediengerät⁶⁰ in einer Lehrveranstaltung mit Übungscharakter verwendet. Unter dem Titel „Embedded Systems“ werden die Studierenden in hardwarenaher Programmierung unter Echtzeitbedingungen geschult, wobei es jeweils um die Ansteuerung des Modells geht. [21]

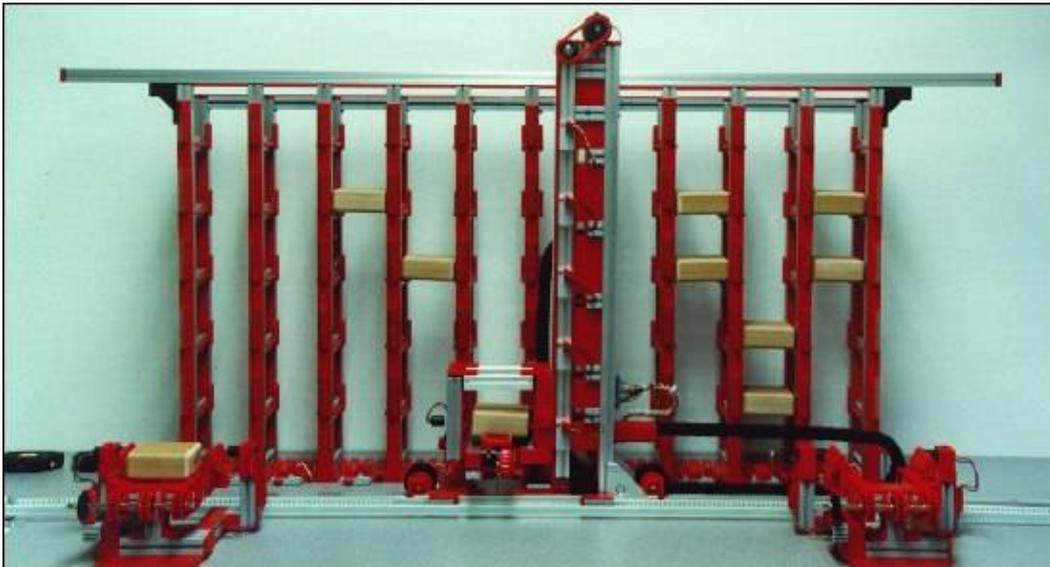


Abbildung 25 Fischertechnik-Hochregal der Uni Tübingen⁶¹

4.2.8 Zusammenfassung und Bewertung

Neben den sieben hier kurz vorgestellten Bildungseinrichtungen verfügen auch die folgenden über ähnliche Einrichtungen:

- FH Braunschweig (Fischertechnik-Modelle) [32]
- FH Gelsenkirchen (Fischertechnik-Modelle) [32]
- FH Kaiserslautern (Fischertechnik-Modelle) [34]
- FH Primasens (Fischertechnik-Modelle) [32]
- FH Wiener Neustadt (Fischertechnik-Modelle und Logistiklabor)
- TU-Berlin (Fischertechnik-Modelle und Logistiklabor) [34]
- Uni Duisburg (Logistiklabor, Planspiele) [33]

Vergleicht man die unterschiedlichen Einrichtungen, kristallisieren sich im Wesentlichen sechs verschiedene Anwendungsbereiche heraus:

⁶⁰ Fischertechnik-Modell der Firma Staudinger

⁶¹ Quelle: <http://www-ti.informatik.uni-tuebingen.de/~freuer/es/hochregal.html>

1. Modelle werden eingesetzt um bei Automatisierungsübungen den Studierenden ein möglichst realitätsnahes Betätigungsfeld zu bieten⁶². Dabei handelt es sich mit Abstand um die häufigste Anwendung.
2. Softwaremodelle und Simulationen dienen dem Logistikuterricht. Auch diese Variante wird von vielen Hochschulen genützt.
3. Echte Anlagen bzw. Teile davon werden in Labors zur anschaulichen Demonstration von Logistikprozessen verwendet. Aufgrund des nicht erheblichen Ressourcenaufwandes (Geldmittel für Anschaffung und Betrieb, Platzbedarf, Wartung und Bedienpersonal) können sich nur sehr wenige Institutionen solche Unterrichtsmittel leisten.
4. Einige Labors werden zur fixen Installation von für Planspiele benötigten Einrichtungen verwendet.
5. Studierenden werden Softwarepakete, die in der Logistik typischerweise zum Einsatz kommen (Simulationen, Tourenplanung, ERP, ...), zum Selbststudium zur Verfügung gestellt.
6. Für die Logistik relevante Informationen werden in und auf verschiedensten Medien (Zeitschriften, Produktbeschreibungen, Fotografien, Filme und Videos, Demoprogramme, ...) gesammelt.

Nicht übersehen werden darf natürlich auch, dass einige der hier vorgestellten Logistiklabors einen fixen Bestandteil des Marketingkonzepts der jeweiligen Hochschule darstellen. Es kann also hinterfragt werden, ob in allen Fällen eine vernünftige Nutzung im Spannungsfeld zwischen komplexen Nutzungsmöglichkeiten und begrenzten Unterrichtszeiten und Betreuungsressourcen überhaupt möglich ist.

4.3 Wünsche vs. Mittel

Selbstverständlich wäre es ideal, wenn Studierende ihre Fertigkeiten unter Bedingungen erwerben könnten, die denen der Wirklichkeit so weit wie möglich entsprechen. Technisch ist das ohne Frage möglich. Sowohl über funktionierende Miniaturmodelle als auch über ihre virtuellen Gegenstücke (z. B. virtuelle Fabriken) können Umgebungen erschaffen werden, die ein Arbeiten unter realitätsnahen Bedingungen ermöglichen. Demgegenüber stehen aber in mehrerer Hinsicht begrenzte Mittel:

⁶² Auch an der Montanuniversität Leoben üben die Studierenden in der LV „Automatisierungstechnik“ an funktionierenden Miniaturmodellen.

- Die Anschaffungskosten übersteigen die Möglichkeiten eines Lehrstuhls meist bei weitem.
- Das Kennenlernen eines komplexen Modells und der dazugehörigen Aufgabenstellungen sprengt schon den Rahmen einer gewöhnlichen Lehrveranstaltung. Die Möglichkeiten, die ein solches Modell bietet, können innerhalb der Zeitschranken einer einzelnen Übung nur partiell genutzt werden. Die Nutzung eines komplexen Modells kann sich daher nur im Rahmen fächerübergreifender (wenn nicht sogar interdisziplinärer) Projekte amortisieren, weil nur so eine genügend große Anzahl an Semesterstunden zur Verfügung steht.
- Studierende, die an einem solchen Modell arbeiten, sollten im Idealfall das Wissen, dass sie im Laufe ihrer Ausbildung in verschiedensten Disziplinen erworben haben, einbringen, überprüfen und erweitern können. Dazu wäre aber auch eine Betreuung notwendig, die über die Grenzen von Lehrstühlen und Instituten hinausgeht.

Es gilt also bei der Planung des Einsatzes von Modellen in der Logistikausbildung auszuloten, wie unter Berücksichtigung begrenzter Ressourcen ein möglichst großer Mehrgewinn im Lehrbetrieb erzielt werden kann.

In den folgenden Kapiteln soll beschrieben werden, wie das mit dem einleitend beschriebenen Modell eines Hochregals unter Berücksichtigung der im Theorieteil beschriebenen didaktischen Überlegungen möglich ist.

4.4 Ziele und Methoden der Lehre

Dieses Kapitel listet die Lehrziele und Lehrmethoden auf, die im Rahmen einer technischen Logistikausbildung an einer Hochschule⁶³ rund um die Verwendung des Hochregal-Modells in Frage kommen.

4.4.1 Lehrziele

Die Basis zur Entwicklung einer Lehrveranstaltung stellt eine klare Vorstellung über die zu erreichenden Ziele dar. Daraus lässt sich dann das Profil der Veranstaltung ebenso erkennen, wie eine grobe Vorgabe der idealen Lehrmethoden zur Erreichung dieser Ziele. In dieser Arbeit erfolgt die Definition auf Basis des von Winteler entwickelten Lehrziel-Inventars (Winteler 2005 S. 34ff [8]).

⁶³ Bei den Überlegungen geht es konkret um die Studienrichtung „Industriellistik“ an der Montanuniversität Leoben.

Die nachfolgende Tabelle zeigt, welche Teilziele bei der Arbeit mit dem Hochregallager-Modell in welchem Umfang erreicht werden können und sollen. Aus der Auswertung der Tabelle kann in Folge die Ausrichtung einer möglichen Lehrveranstaltung abgeleitet werden.

Tabelle 5 Definition der Lehrziele

	essentiell	sehr wichtig	wichtig	unwichtig	nicht zutreffend
1. Die Fähigkeit entwickeln, gelernte Prinzipien und Generalisierungen auf neue Probleme und Situationen anzuwenden.	X				
2. Analytische Fertigkeiten entwickeln.		X			
3. Problemlösefertigkeiten entwickeln.		X			
4. Die Fähigkeit entwickeln, vernünftige Schlussfolgerungen aus Beobachtungen zu ziehen.	X				
5. Die Fähigkeit zur Synthese und Integration von Informationen und Ideen entwickeln.		X			
6. Die Fähigkeit zu holistischem (ganzheitlichem) Denken entwickeln, sowohl das Ganze als auch die Teile sehen.		X			
7. Die Fähigkeit zu kreativem Denken entwickeln.		X			
8. Die Fähigkeit entwickeln, zwischen Fakten und Meinungen zu unterscheiden.			X		
9. Die Aufmerksamkeit verbessern.					X
10. Die Fähigkeit verbessern, sich zu konzentrieren.			X		
11. Das Gedächtnis verbessern.					
12. Das Zuhören verbessern.				X	
13. Den sprachlichen (mündlichen) Ausdruck verbessern.				X	
14. Das Textstudium verbessern.					X
15. Den schriftsprachlichen Ausdruck verbessern.				X	
16. Angemessene Studienfertigkeiten, -strategien und -gewohnheiten entwickeln.			X		
17. Mathematische Kenntnisse verbessern.				X	
18. Fachtermini und Fakten des Fachs lernen.			X		
19. Konzepte und Theorien in diesem Fach lernen.				X	
20. Das Können im Umgang mit Materialien/Gegenständen/Technologie entwickeln, die zentral für dieses Fach sind.		X			
21. Sichtweisen und Werte dieses Fachs zu verstehen lernen.		X			
22. Auf den Beruf oder ein Graduiertenstudium vorbereiten.		X			
23. Techniken und Methoden lernen, um neues Wissen in diesem Fach zu erwerben.			X		
24. Methoden und Materialien in diesem Fach kritisch zu bewerten lernen.			X		
25. Wichtige Beiträge in diesem Fach zu würdigen lernen.				X	
26. Eine wertschätzende Haltung den Geisteswissenschaften und Technikwissenschaften gegenüber entwickeln.				X	

27. Offenheit für neue Ideen entwickeln.	X	
28. Eine informierte Meinung zu aktuellen sozialen Fragen entwickeln.		X
29. Verantwortung entwickeln, sich für die Rechte und Pflichten eines mündigen Bürgers einzusetzen.		X
30. Eine lebenslange Freude am Lernen entwickeln.	X	
31. Sinn für Ästhetik entwickeln.		X
32. Verständnis für historische Abläufe entwickeln.		X
33. Verständnis für die Rolle der Naturwissenschaft und Technik entwickeln.		X
34. Verständnis für andere Kulturen entwickeln.		X
35. Die Fähigkeit entwickeln, ethisch begründete Entscheidungen zu treffen.		X
36. Die Fähigkeit entwickeln, produktiv mit anderen zusammen zu arbeiten.	X	
37. Managementfähigkeiten entwickeln.		X
38. Führungsfähigkeiten entwickeln.		X
39. Die Verpflichtung zu präziser und genauer Arbeit entwickeln.		X
40. Die Fähigkeit entwickeln, sich nach Anweisungen, Instruktionen und Planungen zu richten.		X
41. Die Fähigkeit entwickeln, die Zeit effektiv zu organisieren und zu nutzen.	X	
42. Die Verpflichtung zu persönlicher Leistung entwickeln.	X	
43. Die Fähigkeit entwickeln, die Arbeit professionell auszuführen.		X
44. Einen Sinn dafür entwickeln, sich für das eigene Verhalten verantwortlich zu fühlen.		X
45. Selbstachtung und Selbstvertrauen stärken.		X
46. Die Verpflichtung entwickeln, zu den eigenen Werten zu stehen.		X
47. Den Respekt gegenüber anderen entwickeln.		X
48. Wert legen auf psychische Gesundheit und Wohlbefinden.		X
49. Wert legen auf physische Gesundheit und Wohlbefinden.		X
50. Wert legen auf eine aktive Verpflichtung zur Aufrichtigkeit.		X
51. Die Fähigkeit zu selbständigem Denken entwickeln.	X	
52. Die Fähigkeit entwickeln, kluge Entscheidungen zu treffen.		X

Die einzelnen Teilziele lassen sich zu 6 Zielgruppen zusammenfassen, wobei sich dann aus den obenstehenden Wertungen folgende Gruppengewichtung für die Lehrveranstaltung ergibt:

- Ziel 1 – 8: Komplexe Denkfähigkeit: sehr wichtig (1,875)
- Ziel 9 – 17: Grundlegende Lernfähigkeit: unwichtig (4,0)
- Ziel 18 – 25: Fachspezifisches Wissen und Fertigkeiten: wichtig (3,375)
- Ziel 26 – 35: Geisteswissenschaften und akademische Werte: nicht zutreffend (4,6)

- Ziel 36 – 43: Vorbereitung auf die berufliche Karriere: wichtig (2,75)
- Ziel 44 – 52: Persönliche Entwicklung: unwichtig (3,889)

Die Ziele beim Arbeiten mit dem Modell sind also vor allem auf den Erwerb komplexer Denkfähigkeit, die Vorbereitung auf den Beruf und erst in dritter Linie auf den Erwerb von fachspezifischem Wissen und Fertigkeiten ausgerichtet. Entsprechend dieser Vorgabe müssen Methoden und Aufgaben gewählt werden, die das Erreichen der gewählten Lehrziele sicherstellen.

4.4.2 Lehrmethoden

Wenn die gewünschten Ziele über den Erwerb von reinem Faktenwissen hinausgehen – was hier der Fall ist – dann kommt die klassische Vorlesung ohnehin nicht mehr in Frage⁶⁴. Vergleicht man die Resultate, die laut didaktischer Forschung mit verschiedenen Lehrmethoden erreicht werden können, mit den im vorigen Kapitel definierten Zielen, so bietet sich das problemorientierte Lernen als wahrscheinlich idealstes Mittel zur Erreichung derselben an.

Mit dem Modell steht ein als Ausgangspunkt geeignetes „Problem“ (in Form von verschiedenen Aufgabenstellungen) zur Verfügung, das an der Praxis orientiert ist und durchaus fächerübergreifende Perspektiven aufweist. Die Aufgaben, die sich rund um das Modell ergeben, lassen sich gut mit den für das POL typischen Schritten des Lernprozesses lösen. Außerdem ist es forschendes Lernen, in einer zumindest phasenweise selbstständigen Gruppe, in der sich der Einzelne aktiv und kooperativ einbringen kann und soll.

In Folge können beim Umgang mit dem Modell auch die Vorteile des POL erwartet werden, was besonders in der Logistik, in Bezug auf eine über das reine Fachwissen hinausgehende Problemlösefähigkeit, äußerst wünschenswert ist.

Es gilt also konkrete Problemstellungen zu finden, die den Anforderungen des POL genügen und dann darauf bezogen die Einbettung in eine Lehrveranstaltung zu planen.

4.5 Einbettung in eine Lehrveranstaltung

Bei der Umsetzung in den konkreten Lehrbetrieb wird vorerst nur eine Lehrveranstaltung mit Übungscharakter und kleiner Teilnehmerzahl einen passenden Rahmen bilden.

Die Komplexität der Aufgaben und das benötigte Vorwissen lassen es ratsam erscheinen, eine solche Lehrveranstaltung am Ende des Bakkalaureatsstudiums oder zu Beginn des Masterstudiums anzusiedeln.

⁶⁴ Siehe Winteler 2005 S. 39 [8]

Vom Umfang der Aufgaben her, ist die Lehrveranstaltung bei 2 Semesterstunden (geblockt) anzusiedeln.

4.5.1 Problemstellungen

Allen Aufgabenstellungen geht voraus, dass zuerst das Miniaturmodell vorgestellt wird und die Studierenden aufgrund von Beobachtungen, Tests und Messungen ein abstrahiertes Modell des Hochregals mit Regalbediengerät entwerfen. Somit verfügen die Studierenden dann über eine idealisierte Beschreibung, wie die Anlage (bzw. das Modell) funktioniert, wo es Abhängigkeiten gibt und wie diese aussehen.

Außerdem werden ihnen die Grundlagen der Funktionsweise anhand von Beispielen näher gebracht und sie bekommen Hinweise, wo weiterführende Informationen, sofern sie gewünscht/benötigt werden, zu finden sind.

Nachdem die abstrahierten Modelle erstellt und in Feedbackrunden diskutiert und gegebenenfalls optimiert wurden, beginnt die eigentliche Problemlösungsphase. Dabei kommen folgende Aufgabenstellungen in Frage⁶⁵:

- Es soll eine Prognose erstellt werden, ab welchem Auslastungsgrad (Lagerspiele pro Zeiteinheit) durch die Verwendung von Doppelspielen eine Durchsatzsteigerung erzielt werden kann und unter welchen Umständen ein unbedingtes Doppelspiel zu Schwierigkeiten führt bzw. möglich ist.
- Die Studierenden sollen mit vorgegebenen Kostenstrukturen eine Investitionsentscheidung treffen, ob eine neue Anlage besser als Hochregallager mit einer Gasse und einem Regalbediengerät bei doppelter Regaltiefe in zwei Schichten oder besser als zweigassiges HRL mit zwei RBGs und Einschichtbetrieb ausgeführt werden soll.
- Es wird die Annahme aufgestellt, das Lager sei nur teilweise ausgelastet. Die Studierenden sollen ein Konzept zur Nutzung des Leerraums erstellen (Versandpuffer, Leerbehälterspeicher, Retourenzusammenführung, Lagerdienstleistung, ...).
- Eine bestimmte Anzahl von Artikeln (inklusive Angabe der Umschlagshäufigkeit) soll nach dem FIFO-Prinzip bewegt werden. Die Studierenden sollen begründete Prognosen dazu abgeben, ab welchem Füllgrad FIFO problematisch wird und welche Strategien (Stichwort „Housekeeping“) eine Verbesserung der Situation bewirken.

⁶⁵ Im Einzelnen bedürfen diese Aufgaben jedoch noch einer Evaluierung in der konkreten Lehrsituation.

- Es soll überlegt werden, wie sich die Maschinenverfügbarkeit auf die verschiedenen Betriebsarten auswirkt. Außerdem soll ein Konzept zur Messung der Verfügbarkeit entwickelt und umgesetzt werden.
- In einem Szenario „Abnahmetest“ bekommen die Studierenden eine genaue Beschreibung der Leistungsdaten des Hochregals. Die Aufgabe ist dann, einen Abnahmetest durchzuführen und ein entsprechendes Abnahmeprotokoll zu erstellen. Dabei soll auch ein Gefühl dafür entwickelt werden, welche Aspekte im Umgang mit Systemlieferanten von Bedeutung sind⁶⁶.

Die Summe der Aufgaben entspricht jener Situation in der Praxis, wenn es darum geht ein automatisiertes Lager zu beschaffen⁶⁷. Es werden Fragen wie die prinzipielle Auslegung, die notwendigen Funktionalitäten, Überdimensionierung, Anlagenverfügbarkeit bis hin zur technisch-funktionalen Abnahme berührt. Dadurch werden die Studierenden für ein breites Spektrum an häufigen Fragestellungen der technischen Logistik sensibilisiert und mit einer gewissen Handlungskompetenz ausgestattet.

Die Studierenden präsentieren die Ergebnisse ihrer Überlegungen jeweils in einem Rahmen der dem Praxisvorbild angepasst ist. Das heißt, ein Investitionsvorschlag wird einem Geschäftsführer präsentiert, das Konzept zur Messung der Verfügbarkeit wird einem internen Arbeitskreis vorgestellt, der Abnahmebericht wird dem Lieferanten vorgelegt usw.

Die beratende Funktion des LV-Leiters umfasst dabei folgende Bereiche:

- Sicherstellen, dass die Studierenden über das erforderliche Wissen verfügen bzw. bei Wissensdefiziten Hinweise geben, wie Informationen beschafft werden können (das entspricht der realen Situation in der Praxis, wo auch selbstständig aus eigenen Unterlagen, durch Literaturrecherche, über das Internet, oder durch Anfrage bei einem Experten die benötigten Informationen beschafft werden müssen)
- Bei offensichtlichem Stillstand mögliche Überlegungen vordenken
- Im Einzelfall durch Fragen oder im Dialog die Studierenden in Richtung einer möglichen Lösung führen
- Spätestens bei der Ergebnispräsentation soll die teilweise eher intuitiv dominierte Vorgehensweise der Studierenden mit logistischen Methoden zusammengeführt/erklärt/ergänzt werden

⁶⁶ Diese Aufgabe ist als konkrete Aufgabenstellung im Anhang ausgeführt (Kapitel 7.2).

⁶⁷ Weitere Aufgaben rund um den Beschaffungsprozess könnte das Erstellen der Hauptpunkte des Lastenheftes ebenso sein, wie das Prüfen eines von einem Lieferanten verfassten Pflichtenheftes.

- Studierende zur Selbstreflexion anregen

Insgesamt hat der Betreuer vor allem die Aufgabe der Moderierens und Coachens. Neben den dafür erforderlichen Fähigkeiten ist es von Vorteil, über gute Kenntnisse des Modells wie auch der Vorbildanlagen und deren Verwendung zu verfügen, um den Studierenden kompetente Auskünfte, oder Beispiele für reale Praxissituationen erteilen zu können.

Zur Beurteilung der Leistung der Studierenden können folgende Parameter herangezogen werden:

- Wie oft musste das ursprünglich abstrahierte Modell geändert werden, bzw. Nachmessungen angestellt werden (QM-Aspekt)?
- Wie zuverlässig waren die Prognosen zu den verschiedenen Fragestellungen?⁶⁸
- Von wie viel Kreativität zeugen die Lösungsansätze?
- Entsprechen die verwendeten Methoden dem Vorwissen und wurden sie korrekt angewandt?
- Wie verlief die Präsentation der Ergebnisse und konnten diese auf Nachfragen hin verteidigt werden?
- Wurden besondere Zusatzleistungen erbracht?
- Wie rationell wurde an der Lösung gearbeitet?

Die Beurteilungskriterien werden den Studierenden am Beginn der Lehrveranstaltung dargelegt.

Damit die Aufgabenstellungen über mehrere Gruppen bzw. Semester hinweg attraktiv bleiben, besteht die Möglichkeit durch Veränderung der Motorengeschwindigkeiten im Setup der Steuerungssoftware ein gänzlich verschiedenes Betriebsverhalten zu bewirken.

4.6 Evaluierung

Neben der am Semesterschluss durch die Universität vorgesehenen Evaluierung soll eine solche neue Lehrveranstaltung (zumindest während der ersten Abhaltung) von einem fortlaufenden Evaluierungsprogramm begleitet werden.

Einerseits soll in regelmäßigen Abständen Feedback von den Studierenden eingeholt werden, wobei es vor allem darum geht, sicherzustellen dass diese im richtigem Maß gefordert werden (Zeitaufwand, Vorauswissen, ...) und mit der angebotenen Betreuung zufrieden sind. Andererseits soll durch Eigenevaluierung festgestellt werden, ob die Ziele der jeweiligen

⁶⁸ Den Studierenden soll am Fischertechnik-Modell die Möglichkeit geboten werden ihre Prognosen zu überprüfen.

Unterrichtseinheit erreicht wurden und inwieweit der Verlauf der gesamten Veranstaltung den Erwartungen entspricht.

Werden durch solche regelmäßigen Überprüfungen Defizite festgestellt, gilt es die Ursachen zu hinterfragen und gegebenenfalls eine Änderung des Gesamtkonzepts vorzunehmen.

Sofern durchführbar, wäre eine Langzeitevaluierung ideal, die eventuell sogar darüber Auskunft geben könnte, ob und inwiefern die Lehrveranstaltung für die spätere berufliche Praxis von Vorteil war.

5 Ausblick

Nachdem in dieser Arbeit eingehend erörtert wurde, dass der Einsatz von funktionsfähigen Modellen in der Logistikausbildung, verknüpft mit der Methode des problemorientierten Lernens, zu einer wesentlichen Bereicherung des Studiums beitragen kann, sei abschließend beschrieben wie eine über dieses theoretische Konzept hinausreichende praktische Umsetzung aussehen kann⁶⁹.

5.1 Tatsächliche Umsetzung

Für das Modell steht bereits ein kleiner Raum an der Universität zur Verfügung. Weiters hat sich eine Firma bereiterklärt, die noch benötigten Hardwarekomponenten (PC) kostenlos zur Verfügung zu stellen.

Damit wäre ein Pilotversuch mit dem Modell bereits im Wintersemester 2007/08 denkbar. Mit einer kleinen Gruppe Studierender könnte versucht werden, ob sich das aus der Theorie abgeleitete Unterrichtskonzept umsetzen lässt und ob es den gewünschten Erfolg mit sich bringt – sowohl aus der Sicht der Lernenden als auch aus der der Lehrenden.

5.2 Erweiterungsmöglichkeiten

Abschließend sei noch erwähnt, welche Möglichkeiten zum erweiterten Nutzen des Modells offen stehen. Dabei sind zwei Varianten denkbar.

5.2.1 Tiefergehendes Nutzungsschema

Das bestehende Modell wird im ersten Nutzungskonzept nur zur Veranschaulichung logistischer Zusammenhänge und Besonderheiten verwendet. Es würden sich aber weitere Anwendungsfelder eröffnen, sollte es interdisziplinär genutzt werden.

Eine Modellierung des Systems im Syntax von UML wäre eine solche mögliche Aufgabenstellung. Weiters könnte die Steuerlogik als Finite State Diagramm dargestellt werden. Oder es wäre denkbar die Datenbasis, die zur Speicherung der im Hochregal befindlichen Ladehilfsmittel im Rahmen einer Lehrveranstaltung zu entwerfen bzw. die bestehende zu erweitern (z.B. als XML-Schema).

5.2.2 Zusätzliche Anlagenteile

Um die möglichen Aufgabenstellungen zu erweitern und inhaltlich auf noch weitere Bereiche der Logistik auszudehnen, wurde eine sukzessive Erweiterung des bestehenden Modells

⁶⁹ Diese Überlegungen beziehen sich auf die Montanuniversität Leoben

(auch als Phase I bezeichnet) überlegt. In der zweiten Ausbaustufe soll ein Versandsorter mit LKW-Verladeterminal hinzukommen. Die dritte Erweiterung wäre eine Produktionsstrecke mit einigen in ihrer Sequenz austauschbaren Bearbeitungsmaschinen und dazugehörigen Förder- und Staueinrichtungen. Eine dazu passende Zufördereinheit stellt die vierte Ausbaustufe dar. Dies würde unter anderem ein Zwischenlagern von Halbfertigteilen im Hochregal ermöglichen (mit all den damit in Verbindung stehenden zusätzlichen Aufgabenstellungen). In der letzten Ausbaustufe könnte das LKW-Terminal noch um eine multimodale Verladestation mit angrenzendem Blocklager erweitert werden, um die typischen Logistikfragen der Transportwirtschaft in das Labor mit einzubinden.

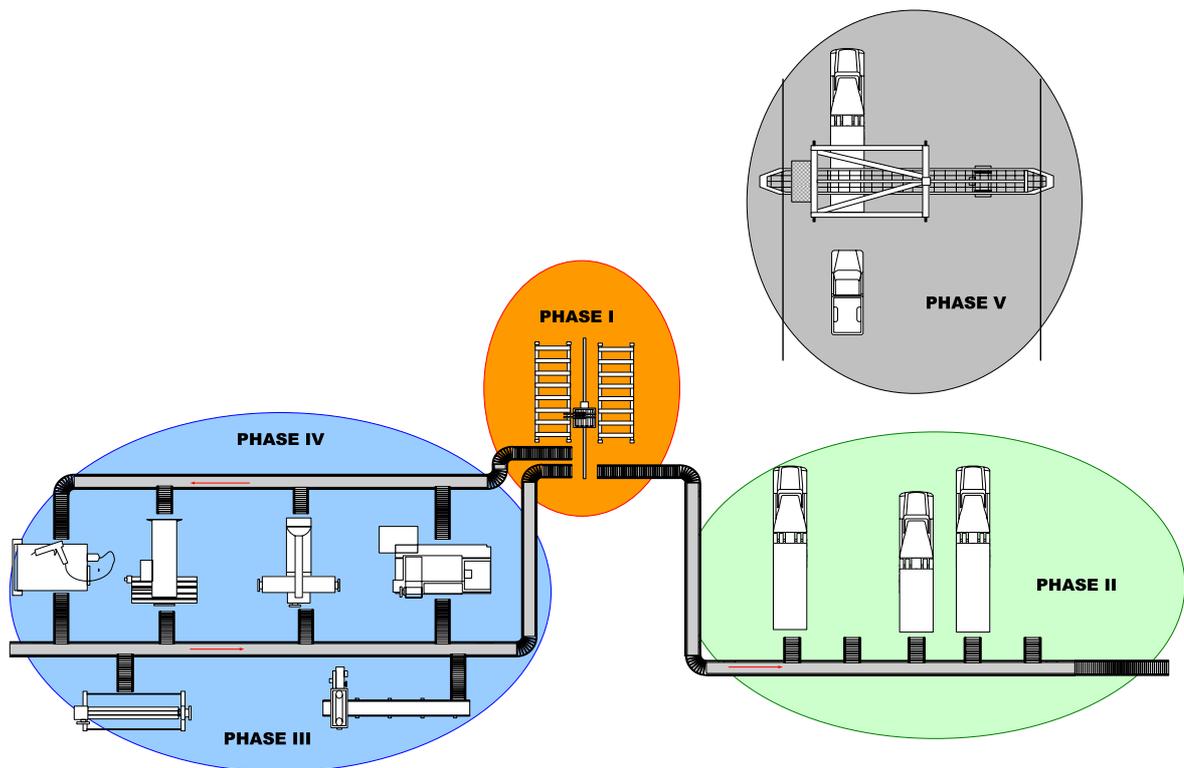


Abbildung 26 Mögliche Ausbaustufen

Mit einem solchen Umfang könnte das neue Logistiklabor nicht nur zu einem integralen Bestandteil in der Vermittlung von über das reine Fachwissen hinausgehende Kompetenzen werden, sondern auch zu einem Marketinginstrument, das noch für viele junge Menschen einen zusätzlichen Anreiz darstellt, sich im Rahmen ihrer Hochschulausbildung mit der Logistik auseinanderzusetzen.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Klaus, Peter; Krieger, Winfried; u.a.: Lexikon Logistik, 3. Auflage, Wiesbaden, Gabler, 2004. ISBN 3-409-39502-4
- [2] Internetseite der Firma Tarakos GmbH. Online im Internet:
<<http://www.tarakos.com>> Stand 05.2007, Abfrage 24.05.2007
- [3] Internetseite der Firma Staudinger GmbH: Produktübersicht Simulation. Online im Internet: <<http://www.staudinger-est.de/simulation01.aspx>> Abfrage 24.05.2007
- [4] Internetseite der Firma Fischertechnik. Online im Internet:
<<http://www.fischertechnik.de/de/>> Abfrage 24.05.2007
- [5] Internetseite der Firma Lego: Produktübersicht für das Produkt Mindstorms. Online im Internet: <<http://mindstorms.lego.com/>> Abfrage 24.05.2007
- [6] Böhmer, Erwin: Elemente der angewandten Elektronik, 8. Auflage, Wiesbaden, Vieweg, 1992. ISBN 3-528-74090-6.
- [7] Engelhardt-Nowitzki, Corinna: Anforderungen an die Logistikausbildung, in: Ausbildung in der Logistik, 1. Auflage, Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag, 2006. ISBN 978-3-8350-0574-7.
- [8] Winterler, Adi: Professionell lehren und lernen, 2. Auflage, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2005. ISBN 3-534-17258-2
- [9] Nickolaus, Reinhold: Didaktik – Modelle und Konzepte beruflicher Bildung, 1. Auflage, Baltmannsweiler, Schneider Verlag Hohengehren, 2006. ISBN 3-8340-0090-6
- [10] Wöll, Gerhard: Handeln: Lernen durch Erfahrung, 1. Auflage, Baltmannsweiler, Schneider Verlag Hohengehren, 2004. ISBN 3-89676-790-9
- [11] Geisenberger, Siegfried; Nagel, Werner: Aktivierung in der ökonomischen Bildung, 1. Auflage, Freiburg 2002. ISBN 3-8311-4220-3
- [12] Aebli, Hans: Zwölf Grundformen des Lehrens, 13. Auflage, Stuttgart, Klett-Cotta, 2006. ISBN 978-3-608-93044-3
- [13] Aebli, Hans: Grundlagen des Lehrens, 4. Auflage, Stuttgart, Klett-Cotta, 1997. ISBN 3-608-93116-3
- [14] Pfäffli, Brigitta: Lehren an Hochschulen, 1. Auflage, Bern, Haupt Verlag, 2005. ISBN 3-258-06871-2

- [15] Rose, Colin; Nicholl, Malcom: M.A.S.T.E.R.-Learning, 2. Auflage, Frankfurt/Main, mvg Verlag, 2002. ISBN 3-636-07064-9
- [16] Lütgert, Will, Friedrich-Schiller-Universität Jena: Werkzeugkasten Didaktik. Online im Internet: <<http://www.didaktik.uni-jena.de/index.htm>> Stand 2002, Abfrage 31.05.2007
- [17] Forster, Pit; Winteler, Adi: Vom Lehren zum Lernen, in: Ausbildung in der Logistik, 1. Auflage, Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag, 2006. ISBN 978-3-8350-0574-7.
- [18] Mertens, Dieter: Schlüsselqualifikationen: Thesen zur Schulung für eine moderne Gesellschaft, in: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 7 (1974) 1, S. 36 - 43
- [19] Duden - Deutsches Universalwörterbuch, 6. Auflage. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich, Dudenverlag, 2007. ISBN 978-3-411-05506-7
- [20] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Online im Internet <<http://www.kmk.org/doc/publ/handreich.pdf>> Stand 15.09.2000, Abfrage 03.06.2007
- [21] Universität Tübingen: Praktikum Embedded Systems. Online im Internet <<http://www-ti.informatik.uni-tuebingen.de/~freuer/es/einleitung.html>> Stand 2002, Abfrage 04.06.2007
- [22] Technische Universität Ilmenau: Case Studies für die Ansteuerung von Hardware-Modellen - Modell: Hochregallager. Online im Internet <http://www.tu-ilmenau.de/fakia/index.php?id=2105&L=0&arbeiten_id=241> Stand 23.09.2005, Abfrage 04.06.2007
- [23] Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Logistik: Logistik-Lernstudio. Online im Internet <<http://lamp.urz.uni-magdeburg.de/~logistik/lls.php?srsid=5fc3477f035a74c6c64789116562de59&menuenr=3&unterp1nr=0>> Stand 30.10.2003, Abfrage 04.06.2007
- [24] Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Logistik: Logistik-Labor. Online im Internet <<http://lamp.urz.uni-magdeburg.de/~logistik/loglab.php?srsid=5fc3477f035a74c6c64789116562de59&menuenr=3&unterp1nr=1>> Stand 24.03.2004, Abfrage 04.06.2007

- [25] Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Logistik: Kommissionierlabor. Online im Internet <<http://lamp.urz.uni-magdeburg.de/~logistik/kommissionierlabor.php?srsid=5fc3477f035a74c6c64789116562de59&menuenr=3&unterp1nr=2>> Stand 09.03.2005, Abfrage 04.06.2007
- [26] Fachhochschule Osnabrück: Das Labor für Logistik. Online im Internet <<http://www.wiso.fh-osnabrueck.de/3029.html>> Stand 28.09.2005, Abfrage 04.06.2007
- [27] Fachhochschule Aschaffenburg: Logistikkabor - Forschung. Online im Internet <<http://www.fh-aschaffenburg.de/index.php?id=log-forschung>> Abfrage 04.06.2007
- [28] Fachhochschule Aschaffenburg: Logistikkabor - Ausstattung. Online im Internet <<http://www.fh-aschaffenburg.de/index.php?id=ausstattung>> Abfrage 04.06.2007
- [29] Fachhochschule Aschaffenburg: Logistikkabor - Lehre. Online im Internet <<http://www.fh-aschaffenburg.de/index.php?id=log-lehre>> Abfrage 04.06.2007
- [30] Fachhochschule Rhein Ahr Campus: Logistikkabor. Online im Internet <<https://www.rheinahrcampus.de/Logistikkabor.125.0.html>> Abfrage 04.06.2007
- [31] SHR Magazin: Perspektiven Bildung. Ausgabe 3/2006 Online im Internet <http://www.srh.de/cps/rde/xbcr/SID-3F575FEA-E71D779C/srh_dir/perspektiven_03-2006.pdf> Abfrage 04.06.2007
- [32] Referenzlist der Firma Staudinger. Online im Internet <<http://www.staudinger-est.de/profil09.aspx?section=Simulation>> Abfrage 04.06.2007
- [33] Universität Duisburg: Professur für technische Logistik - Logistikkabor. Online im Internet <http://www.uni-due.de/tul/research_logistic_laboratory.shtml> Stand 21.03.2007, Abfrage 04.06.2007
- [34] Referenzliste Fischertechnik. Online im Internet <<https://secure.ugfischer.com/produkte/modellbau.html>> Abfrage 04.06.2007
- [35] Schenk, Michael; Reggelin, Tobias; Barfus, Katja : Innovative Lehrmethoden in der universitären und außeruniversitären logistischen Aus- und Weiterbildung, in: Ausbildung in der Logistik, 1. Auflage, Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag, 2006. ISBN 978-3-8350-0574-7.
- [36] Nowitzki, Olaf: Elemente des aktivierenden Lernens in der Hochschulausbildung, in: Ausbildung in der Logistik, 1. Auflage, Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag, 2006. ISBN 978-3-8350-0574-7.

[37] Matzler, Kurt; Bidmon, Sonja; Schwarz-Musch, Alexandra : Didaktische Aspekte der Arbeit mit Case Studies, in: Ausbildung in der Logistik, 1. Auflage, Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag, 2006. ISBN 978-3-8350-0574-7.

[38] Reinert, Edgar; Zimmermann, Klaus: Methodenkompetenz im Unterricht, in: Lehren und Lernen 26. Jahrgang (2000) 1, S. 11 – 25

[39] Stabenau Hanspeter: Entwicklung und Stand der Logistik, in: Lexikon Logistik, 3. Auflage, Wiesbaden, Gabler, 2004. ISBN 3-409-39502-4

Obwohl das Projekt Wikipedia in Bezug auf seinen Status als zitierfähige Quelle noch umstritten ist (Unvoreingenommenheit, Nachvollziehbarkeit und Nachprüfbarkeit), sei auf einige im Kontext dieser Arbeit interessante Artikel verwiesen:

[i] Wikipedia: Regalbediengerät. Online im Internet:

<<http://de.wikipedia.org/wiki/Regalbedienger%C3%A4t>> Stand 09.07.2006, Abfrage 22.05.2007

[ii] Wikipedia: Vierquadrantensteller. Online im Internet:

<<http://de.wikipedia.org/wiki/Vierquadrantensteller>> Stand 30.03.2007, Abfrage 29.05.2007

[iii] Wikipedia: Wolfgang Ratke. Online im Internet: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wolfgang_Ratke> Stand 01.05.2007, Abfrage 31.05.2007

[iv] Wikipedia: Reformpädagogik. Online im Internet: <<http://de.wikipedia.org/wiki/Reform%C3%A4dagogik>> Stand 30.05.2007, Abfrage 31.05.2007

[v] Wiktionary: Kompetenz. Online im Internet: <<http://de.wiktionary.org/wiki/Kompetenz>> Stand 11.04.2007, Abfrage 03.06.2007

[vi] Wikipedia: Kompetenz. Online im Internet: <<http://de.wikipedia.org/wiki/Kompetenz>> Stand 01.06.2007, Abfrage 03.06.2007

[vii] Wikipedia: Handlungsorientierung. Online im Internet <http://de.wikipedia.org/wiki/Handlungsorientierter_Unterricht> Stand 29.05.2007, Abfrage 05.06.2007

[viii] Wikipedia: Problembasiertes Lernen. Online im Internet <http://de.wikipedia.org/wiki/Problemorientiertes_Lernen> Stand 13.05.2007, Abfrage 06.06.2007

[ix] Wikipedia: Motivation. Online im Internet <<http://de.wikipedia.org/wiki/Motivation>> Stand 04.06.2007, Abfrage 06.06.2007

[x] Wikipedia: Wissen. Online im Internet <<http://de.wikipedia.org/wiki/Wissen>> Stand 03.06.2007, Abfrage 06.06.2007

7 Anhang

7.1 Abkürzungsverzeichnis

CAD	C omputer A ided D esign
ECR	E fficient C onsumer R esponse
EDI	E lctronic D ata I nterchange
FH	F ach h ochschule
HRL	H ochregallager
KI	K ünstliche I ntelligenz
LV	L ehr v eranstaltung
PC	P ersonal C omputer
POL	P roble m orientiertes L ernen
QM	Q ualitäts m anagement
RBG	R egal b ediengerät; auch als RFZ oder Regalförderzeug bezeichnet (im Englischen auch SR für s torage and r etrieval machine)
SPS	S peicher p rogrammierbare S teuerung (im Englischen PLC für p rogrammable logic controller)
SQ	S chlüssel q ualifikation
TUL	T ransport, U mschlag, L agerung → Logistik im ursprünglichen Verständnis
VR	V irtual- R eality

7.2 Beispiel einer konkreten Aufgabenstellung

Am Beispiel „Abnahmetest“ soll gezeigt werden, wie die Aufgabenstellungen konkret ausformuliert werden und wo besonders für die Praxis relevante Fähigkeiten vermittelt werden.

Die zugrunde liegende Aufgabe lautet: „Die Studierenden bekommen eine genaue Beschreibung der Leistungsdaten des Hochregals. Die Aufgabe ist dann, einen Abnahmetest durchzuführen und ein entsprechendes Abnahmeprotokoll zu erstellen. Dabei soll auch ein Gefühl dafür entwickelt werden, welche Aspekte im Umgang mit Systemlieferanten von Bedeutung sind“.

Die Studierenden bekommen dementsprechend folgende Arbeitsanweisung:

Sie sind das verantwortliche Projektteam (Projektleiter, Logistikverantwortlicher, Leiter der Wartung und Instandhaltung und Lagerleiter) das mit der Realisierung eines automatischen Hochregallagers mit Regalbediengerät betraut wurde. Die Fertigstellung durch den Systemlieferanten steht in Kürze bevor und der Projektleiter des Lieferanten hat um einen

funktionalen Abnahmetest gebeten. Es ist nun Ihre Aufgabe diesen Test vorzubereiten und durchzuführen.

Die Anlage wurde mit folgenden technischen Daten bzw. Funktionen bestellt:

- *Maximal 120 Doppelspiele / Stunde (Idealbedingungen: Ein Behälter pro Spiel; nur aus erster Regalreihe)*
- *Durchschnittlich 80 Doppelspiele / Stunde*
- *Bei Einzelspielen 15% kürzere Spieldauer als bei Doppelspielen*
- *85% Maschinenverfügbarkeit*
 - *Einzelspiel einen oder zwei Behälter einlagern*
 - *Einzelspiel einen oder zwei Behälter auslagern*
 - *Doppelspiel einen oder zwei Behälter einlagern und einen oder zwei Behälter auslagern*
 - *Doppelspiel einen oder zwei Behälter auslagern und einen oder zwei Behälter einlagern*
 - *Housekeeping: Einen Behälter im Hochregallager umlagern.*

Aufgaben:

- *Verteilen Sie innerhalb der Gruppe der verschiedenen Rollen im Projektteam und versuchen Sie diese konsequent auszuleben.*
- *Erstellen Sie einen Testplan, der dazu geeignet ist, die obige Spezifikation zu überprüfen. Für jeden Testfall sollten zumindest, Ausgangssituation, der Testablauf und das erwartete Ergebnis beschrieben sein.*
- *Führen Sie den Abnahmetest am Modell aus und protokollieren Sie Ihre Ergebnisse in einem Testprotokoll.*
- *Erstellen Sie ein Abnahmeprotokoll, mit dem Sie die Anlage entweder voll abnehmen, mit offenen Punkten abnehmen, oder nicht abnehmen. Begründen Sie Ihre Entscheidung.*
- *Erklären Sie dem Projektleiter des Lieferanten (Betreuer) in einer simulierten Telefonkonferenz ihre Entscheidung*

Ihm Rahmen einer abschließenden Diskussion wird noch darauf eingegangen, wie das Kunden-Lieferanten-Verhältnis in einer solchen Situation aussehen kann. Dabei sollen

Punkte wie die Vor- und Nachteile der verschiedenen Abnahmevarianten, das Ziehen von Pönalen, Nachverhandlungen und Serviceverträge angesprochen werden.

7.3 Abbildungen des Modells

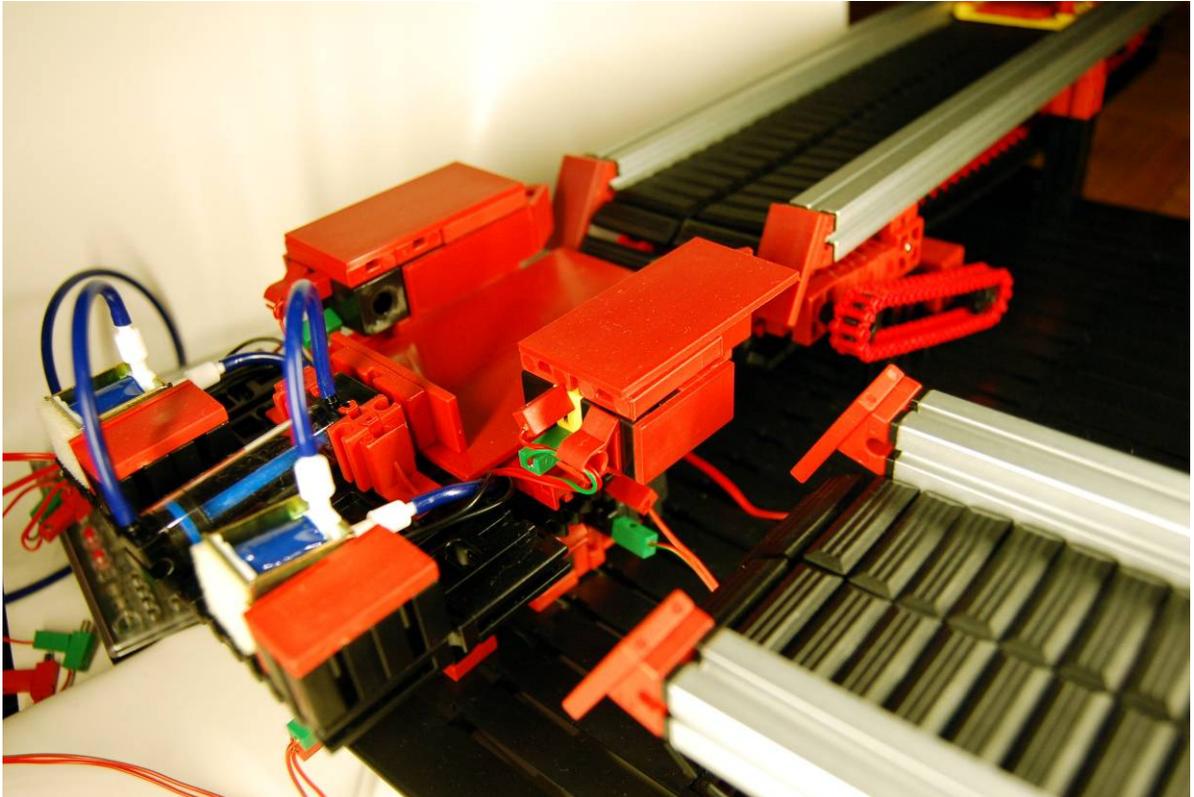


Abbildung 27 Drehmodul in der Zuförderstrecke

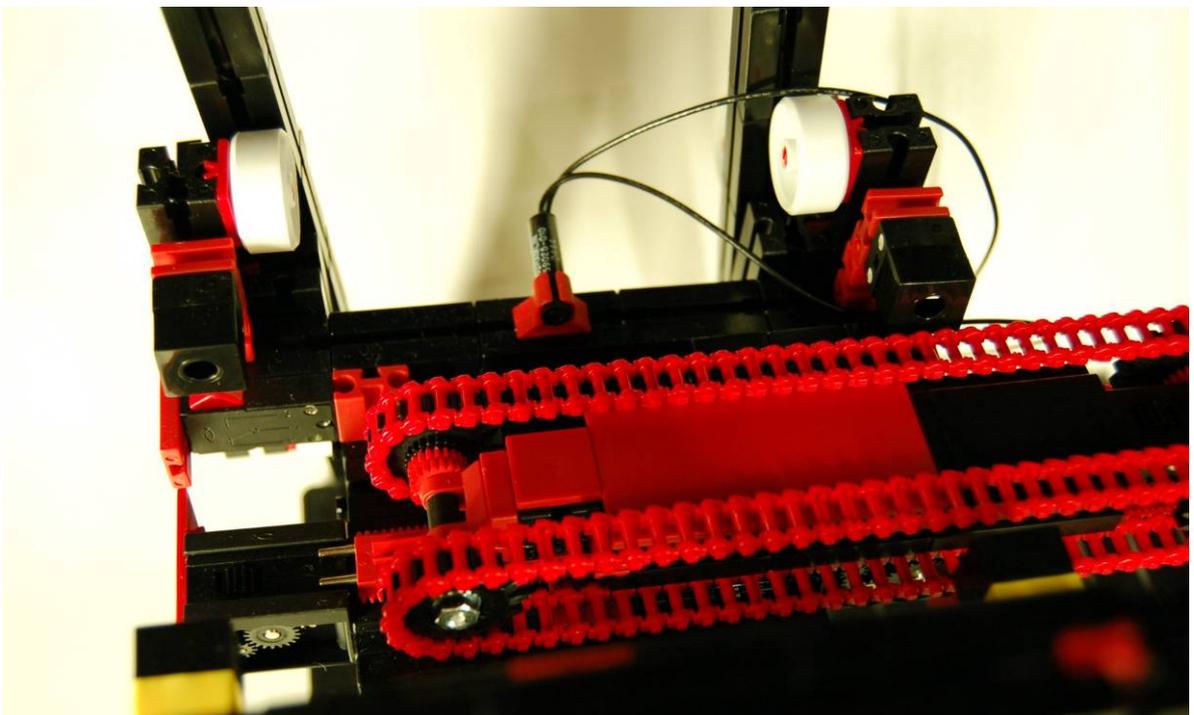


Abbildung 28 Verworfenener Prototyp des Hubschlittens