



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
(IMST-Fonds)**

S2 „Grundbildung und Standards“

ENERGIE UND ZEIT ALS FAKTOREN IN DER ELEKTRONIK „SCHWEBENDE KUGEL“

ID 751

**Dipl.Päd. Ing. Kurt Alfred Famler
Koordinator**

**Dipl.Päd.Ing. Kurt Alfred Famler
Prof.Dipl.Ing. Christian Csitkovics
Mitarbeiter**

HTL&VA Pinkafeld

Pinkafeld, Mai 2007

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	3
1 EINLEITUNG	5
1.1 Ausgangssituation.....	5
1.1.1 Konstruktivistische Lerntheorie	6
1.2 Ziele dieses MNI-Projekts	9
1.2.1 Formulierung der Ziele	9
2 DIE DARSTELLUNG DES PROJEKTABLAUFS	10
2.1 Der Projektlauf	10
2.1.1 Aufgabenbereiche und Transparenz	12
3 DIE EVALUIERUNG DIESES PROJEKTS	14
3.1 Die Panelstudie	14
3.1.1 Evaluierungsinstrumente, Daten	14
3.2 Die Evaluierung der Ziele.....	15
3.2.1 Daten-Einlesen	15
3.2.2 Evaluierung	15
3.2.3 Auswertung	17
4 REFLEXIONEN	23
5 AUSBLICK	24
6 LITERATUR	25
7 BEGRIFFE, DEFINITIONEN	25
8 ANHANG	26
8.1 Concept mapping	26
8.1.1 Evaluierungsrelevante Aspekte.....	29
8.2 Fragebogen, Tagebuch.....	36

ABSTRACT

Das MNI-Projekt *“Energie und Zeit als Faktoren in der Elektronik”* mit dem Kurztitel *„Schwebende Kugel“* ist ein fächerübergreifendes Projekt, das sich in zwei Abschnitte unterteilen lässt: **Der Freie Fall** und **Die Schwebende Kugel**. Insbesondere die Fächer *Mathematik, Physik, Elektrotechnik und Elektronik* sowie *Programmiertechniken* werden in dieses Projekt einbezogen. Wesentliche Schwerpunkte sind *Differentialgleichungen der Bewegungslehre, energetische Aspekte, Magnetismus* und im engeren Sinne die *magnetische Energie und die magnetische Kraft, besondere Eigenschaften des Lichts, Verlustleistungen in Halbleitern und Schaltungstechniken*. Dies lässt bereits erahnen, wie breit das Wissen gefächert sein muss. All das Wissen um das Projekt findet schließlich seinen Ausdruck in einer Versuchsanordnung. Diese sollte so beschaffen sein, dass auch wenig fachlich versierte Betrachter einen Einblick vermittelt bekommen von der Komplexität physikalischer Ereignisabläufe. Gerade die Schwebende Kugel beweist, wie aufwendig eine Technik werden kann, um einen Zustand zu erreichen, der von „Natur aus“ nicht gewollt ist. Das Schweben der Kugel in diesem MNI-Projekt ist ein künstlicher Zustand, den es bekanntlich in Erdnähe unter „normalen“ Verhältnissen nicht gibt. Gerade das müsste zum Nachdenken anregen. Die Kugel an einem definierten Ort so zu stabilisieren, dass sie nicht nach „unten“ fallen kann, wirft schon im Vorfeld der Betrachtungen Fragen auf, wie: *„Was gibt es da an Kräften, die das Wunder des Schwebens ermöglichen können, außer, dass man die Kugel an einem unsichtbaren Faden aufhängt oder in einem Windkanal zum Schweben bringt?“* Der daraus resultierende Problemkreis war eine besondere Herausforderung für die Schüler. Wie sich schließlich zeigen wird, war man einem unsichtbaren Medium, dem Magnetismus und den magnetischen Kräften zugetan. Natürlich machte es keinen Sinn, eine variable magnetische Kraft zur Verfügung zu stellen und auf eine Kugel einwirken zu lassen, die nicht einmal ferromagnetisch wäre. Schon der ferromagnetische Aspekt ist so fundamental, dass alle Überlegungen *ad absurdum* geführt werden, wenn die Kugel bekanntlich nicht ferromagnetisch ist. Erst eine ferromagnetische Kugel gestattet es, sich mit der Aufgabe des Schwebens zu befassen. Von da an stellten sich Fragen, die es galt nach und nach zu beantworten.

Die Schwebende Kugel ist gewissermaßen eine „Umkehrung“ des Freien Falls. Hier ruht scheinbar ein Objekt, dort bewegt es sich. Einmal verbraucht es Energie, das anderemal „erzeugt“ es welche. Da sind Bewegungen unauffällig, dort sichtbar. So kann man durchaus behaupten, dass beide Abschnitte nicht viel gemeinsam besitzen. Und doch war das Kontraverselle Ursprung vieler Lerninhalte für zwei Diplomanden, die dieses Projekt bearbeitet haben. Ihr objektbezogenes Ziel war es, eine Versuchsanordnung so zu entwerfen und den Entwurf so umzusetzen, dass beide Abschnitte dieses MNI-Projekts in dieser Versuchsanordnung technisch so gut sind, dass man sowohl das Schweben der Kugel wie auch den Freien Fall demonstrieren kann. Dabei lautete der Auftrag, eine 6 g schwere ferromagnetische Kugel mithilfe magnetischer Kräfte zum Schweben zu bringen und am selben Ort einen Auslösemechanismus einzubauen, mit dem ein Freier Fall derselben Kugel ausgelöst werden kann. Der Freie Fall soll auf einer Fallstrecke von 1,5 m stattfinden, unterteilt in 9 gleich lange Teilstücke mit Sensoren an den Enden, die es ermöglichen sollen, das „Fallgesetz“ zu zeigen.

Wie die äußere Form der Versuchsanordnung aussehen soll, blieb weitgehend den Diplomanden überlassen. Die numerische Darstellung der Geschwindigkeiten oder der gleichwertigen Zählerstände war allerdings Bedingung. Bedingungen waren auch der Einsatz eines Mikroprozessors C517 und der von Operationsverstärkern.

Ein Ziel dieses Projekts war die Realisierung einer aus zwei Teilen bestehenden Versuchsanordnung in einer Qualität, die natürlich von den zur Verfügung stehenden Ressourcen und da wieder hauptsächlich vom Budgetrahmen abhängig war und ein Abbild der praktischen Fähigkeiten der Schüler darstellt. Es sind eine gute Qualität und klare funktionstüchtige Einheiten von den Diplomanden erreicht worden. Daher kann nach den bestandenen Diplomprüfungen davon ausgegangen werden, dass die Schüler ihr Ziel zu 100 % erreicht haben. Auch die Ziele des Projekts, wie sie in der Beschreibung desselben formuliert worden sind, konnten bis auf ein Ziel (Vertiefung der Einsicht in Zusammenhänge) erreicht werden. Dieses befand sich so „weit außerhalb“ der Untersuchungsmöglichkeiten, dass aufgrund der Komplexität der Aufgaben, des teilweise engen Zeitrahmens für Ausführungen und nicht zuletzt aufgrund der Abhängigkeit von Zulieferern keine Möglichkeiten bestanden, Gespräche mit den Schülern über tiefere Einsichten zu führen. Allein Beobachtungen waren da nicht zielführend. Was auch eine besondere Aufmerksamkeit verdient, ist die Frage „Wie wurden diese Ziele erreicht“? Die Methode, die sich quer durch das Projekt verfolgen lässt, lag außerhalb einer systematischen Grundbildung. Nicht Frontalunterricht stand im Mittelpunkt, sondern präzise Instruktionen transportierten neues Wissen. Aber auch durch das „Lernen aus Fehlern“ entstand neues Wissen oder bestehendes wurde transformiert.

Abschließend können Erkenntnisse durch das Projekt zusammengefasst werden, die durchaus interessant zu sein scheinen. Zunächst ist der in diesem Projekt beschrittene Weg des Unterrichtens eine gute Alternative zu anderen Unterrichtsformen, wie etwa zum Frontalunterricht, bei vielen Schülern wenig „beliebt“, aber aus der Sicht des Lehrers unverzichtbar, wenn er in „abgeschwächter“ Form, also nicht gerade „von oben herab“, angewendet werden kann. Durch dieses Projekt scheint mir wesentlich zu sein, dass Wissen nicht nur „inhaliert“, sondern auch verarbeitet werden konnte. Durch gemeinsames Agieren Lehrer-Schüler in diesem MNI-Projekt ist neues Wissen erfolgreich „konstruiert“ und zum Bestehenden hinzugefügt worden.

Schulstufe: 13.

Fächer: Elektrotechnik, Elektronik

Kontaktperson: Kurt Alfred Famler

Kontaktadresse: Meierhofplatz 1, HTL-Pinkafeld

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangssituation

Das Projekt wird an einer berufsbildenden höheren Schule durchgeführt. Das führt dazu, dass die Rahmenbedingungen dem Charakter des berufsbildenden Leitbildes unserer Schule unterzuordnen sind. Daraus resultierende Fragen beherrschen die Phase im Vorfeld des Projekts. In dieser Phase ist es etwas schwierig, Fuß zu fassen. Auch deshalb, weil es ein gewisses atypisches Projekt für eine HTL darstellt. Projekte, wie „Elektronische Zutrittskontrolle“, „Navigationssystem für Feuerwehr“, aber auch „Softwareentwicklung für Brennkurve“ haben meistens anders gelagerte Inhalte und im Vergleich zu diesem Projekt völlig konträre Ziele. Vergleiche ich das Projekt mit so genannten „normalen“ Projekten an unserer Schule, so kann ich gewisse Übereinstimmungen bezüglich Inhalte aus Mathematik, Elektrotechnik und Elektronik, da insbesondere aus der Mikroprozessortechnik, erkennen. Trotz der Verschiedenheit sind alle Projekte zielgerichtet. Die Besonderheit aber, die das Projekt „Schwebende Kugel“ von den anderen unterscheidet, ist, dass die „Physik“ in verstärktem Maße eingebunden werden muss, insbesondere die Bewegungslehre in ruhenden Systemen mit allen Querverbindungen zur Mathematik. Das setzt natürlich ein hohes Maß an Grundbildung voraus. Dass das Wissen der Diplomanden hinreichend wäre, um das Projekt in Angriff zu nehmen, geht vorerst aus der positiven und überzeugten Einstellung der Diplomanden zum Projekt hervor. Dieses gute „Gefühl“ zum Projekt kann vor dem Start beobachtet werden. Dann allerdings kommen vereinzelt Diskrepanzen zwischen Vorstellung und Realität zum Vorschein. Gerade diese sind in der Folge Ursache für ein gutes Verhältnis zwischen Diplomanden und Betreuer, was das Arbeiten am Projekt überaus spannend macht.

Um dem interessierten Leser eine Vorstellung über Inhalt und Sinn des Projekts zu geben, sei hier eine kurze Beschreibung desselben geboten:

Das Projekt „Energie und Zeit als Faktoren in der Elektronik“ setzt sich aus zwei Teilen zusammen:

1. Der Freie Fall
2. Die Schwebende Kugel

Der Auftrag an die Schüler besteht darin, beide Teile in einer Versuchsanordnung unterzubringen.

Die Fallstrecke der Fallversuchsanordnung wird in 9 gleich lange Intervalle unterteilt. Die gesamte Fallzeit ist die Summe aller Teilzeiten, welche mikroprozessorgesteuert¹⁾ ausgewertet und als Zahlen des Inhalts eines Registers dargestellt werden, was als Zähler benützt wird. Aus den 9 Zahlenwerten kann wiederum das „Fallgesetz“ abgeleitet werden.

Die 'Schwebende Kugel' andererseits ist vom energetischen Standpunkt aus betrachtet eine gewisse „Umkehrung“ des Fallversuchs. Hier soll durch einen geeigneten magnetischen Fluss eine Kugel der Masse m an einem definierten Ort so in Schwebelage gehalten werden, dass die Wege in y -Richtung (vertikale Komponente) wegen der Korrektur der Position der Kugel infinitesimal klein werden. Dafür bietet sich das Konzept eines analogen Regelkreises an mit seinem Kernstück eines PD-Reglers in Standardausführung und dann auch in einer speziellen Ausführung.

1.1.1 Konstruktivistischer und kognitivistischer Ansatz

Der Projektverlauf war besonders von Grundsätzen der *konstruktivistischen Lerntheorie* geprägt, und er wurde in jeder der 3 Phasen von diesen mehr oder weniger stark beeinflusst. Auf Theorien, wie *Jerome Bruner* sie vertritt, stützte sich das lerntheoretische Konzept.

„**Bruner** asserts that learning is an active process in which students construct new ideas or concepts based on their current knowledge.“

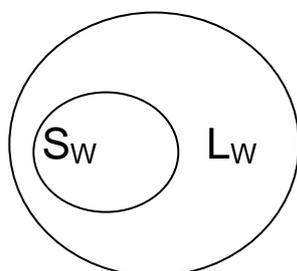
Der Projektverlauf selber gibt Hinweise auf den konstruktivistischen Ansatz, z.B. das „Entwerfen eines Konzeptes nach dessen Wahl aus vielen möglichen Konzepten“ in der Projektphase 1. Das bedeutete nichts anderes, als dass sich der Lernende mit seinem „Know how“ auseinandersetzen musste und dabei lernte, Lösungen anzubieten. Die Idee des Entdeckens zog sich durch den ganzen Projektverlauf. Wissen wurde vorwiegend „konstruiert“. *Entdeckendes Lernen* (J.Bruner) hatte Vorrang.

1.1.1.1 Das Potential des MNI-Projekts

Der gebotene Umriss des gesamten Projekts lässt erahnen, dass die Zugänge zum Projekt von allen Seiten weitgehend offen waren. Das machte das 'concept mapping'²⁾ für die Schüler besonders interessant, weil sie ihr zur Verfügung stehendes Wissen und Können frei anwenden und erproben konnten. Waren von ihnen gewählte Konzepte nicht vorteilhaft oder gar undurchführbar, stand ihnen natürlich fachliche und / oder mentale Unterstützung durch Lehrkräfte zur Verfügung.

Das Projekt war in das Prinzip einer „Repeat-Until Loop“³⁾ eingebettet. Das bedeutet, dass auch der Gewinn an neuen Erkenntnissen und / oder Wissen nicht auf Vorgaben beschränkt war.

Das Prinzip einer „Schleife“, die man von Strukturen aus Hochsprachen des Software-Engineering kennt, wurde angewendet. Dieses Prinzip schlug sich in der Vermittlung neuen Wissens nieder. Bei Gesprächen Lehrer - Lernender gab es kontinuierlich Feedbacks und bei gutem Gesprächsklima, welches auch steuerbar war, einen Nutzen für die Diplomanden. Der Lehrer fungierte als „Multiplikator“. Die Ausgangssituation Lehrer / Schüler konnte zu Beginn des Projekts so aufgefasst werden:



SW Wissen des Schülers bezüglich des Projekts

LW Wissen des Lehrers bezüglich des Projekts

Abb. 1: Schüler / Lehrer

Die Flächen innerhalb der Kreise können als „Kapazitäten“ aufgefasst werden. Natürlich ist das eine qualitative Darstellung und erhebt keinen Anspruch auf wahre Größenordnungen. Das Größenverhältnis der Flächen sollte aber in der Regel so gegeben sein. Man könnte sich natürlich ein umgekehrtes Verhältnis genau so vorstellen,

nur dann würde auch die übliche Lehrtätigkeit „auf den Kopf“ gestellt werden, was natürlich das gesamte Projekt „ad absurdum“ geführt hätte.

Sohin gesehen konnte ich von obiger Annahme ausgehen und möchte dazu noch eine weitere Sichtweise einführen, die es erlaubt das Verhältnis S_W / S_L aus einem ganz anderen Blickwinkel zu betrachten. Das kann dazu führen, dass das Hauptziel des Projekts schließlich „greifbarer“ wird.

Vorweg sei an dieser Stelle allerdings angemerkt, dass hier nicht die Möglichkeit bestand, wenn es überhaupt eine Möglichkeit gibt, das gesamte „Wissen“ und alle Fähigkeiten eines Menschen, sei es Schüler oder Lehrer, in so kurzer Zeit in Zahlen, Fakten oder Statements auszudrücken. Der Mensch soll nicht auf Zahlen, Fakten oder Statements reduziert verstanden werden! Vielmehr ist Folgendes dazu angedacht: einen Weg zum Hauptziel des Projekts zu weisen und einen Blickwinkel zu eröffnen, aus dem das Erreichen des Ziels gesehen und evaluiert werden kann.

Sei, wie schon eingeführt $S_W(P)$ das Wissen des Schülers bezüglich des Projektes, nun als die Menge von Informationen

$$S_W(P) = \{p_1, p_2, \dots, p_{m-1}, p_m\} \text{ und}$$

$L_W(P)$ das Wissen des Lehrers bezüglich des Projektes, nun als die Menge von Informationen

$$L_W(P) = \{p_1, p_2, \dots, p_{m+n-1}, p_{m+n}\}.$$

Dabei war wichtig, dass das Wissen des Schülers und das Wissen des Lehrers prinzipiell nicht „divergent“⁽⁴⁾ waren, sondern es Übereinstimmung geben musste.

Es gilt für das MNI-Projekt

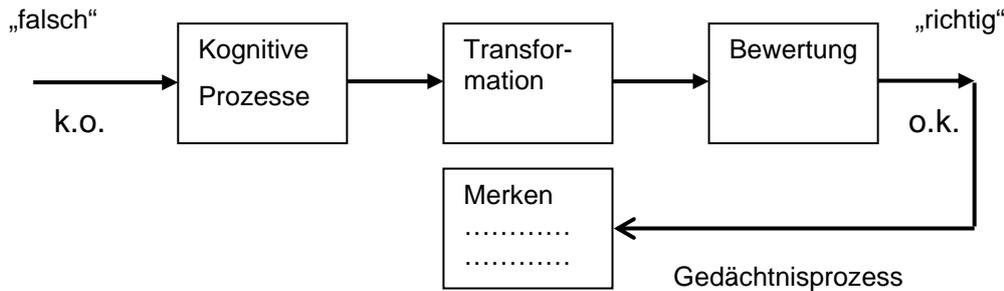
$$S_W(P) \subset L_W(P),$$

in Worten „ $S_W(P)$ ist echte Teilmenge von $L_W(P)$ “,

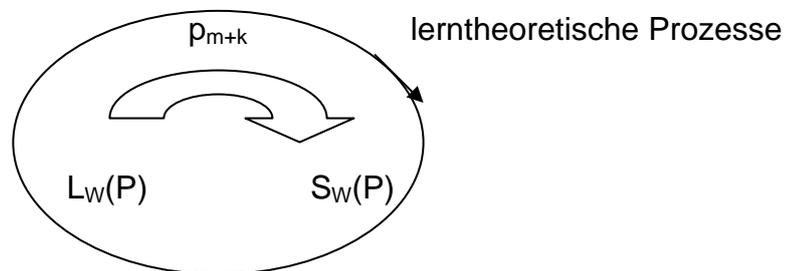
wobei „Wissen“ auf Fakten und Zusammenhänge reduziert verstanden werden sollen. Das „Wissen“ des Schülers allerdings musste in diesem Fall aus seinem Umfeld heraus projektbezogen vor Beginn des Projekts und an dessen Ende „quantitativ“ erfasst werden.

Das Initialelement des Lernens über die gesamte Zeit des Projektverlaufs stellte das **Entdeckende Lernen** dar. Damit verknüpft waren kognitive Prozesse („Ah, ich habe etwas entdeckt, kann aber keine gute Lösung anbieten...“ → Anweisungen oder „Das ist eine brauchbare Lösung, aber sie ist nicht optimal, so ist es besser...“ → Lernen aus „Fehlern“ ohne fremde Hilfe).

Entdeckendes Lernen (u.a. Lernen aus „Fehlern“) konnte mithilfe der Werkzeuge der Analyse, der Hypothese und der Überprüfung am Beispiel eines 3-Stufen-Modells so aufgefasst werden (Bruner):

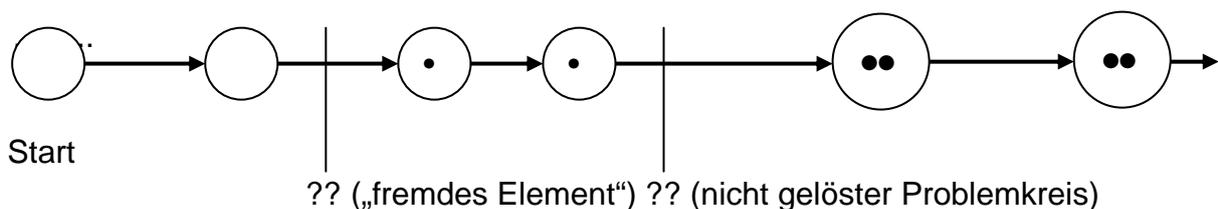


Die Vermittlung von neuen Lerninhalten durch den Lehrer erfolgte hauptsächlich aufgrund der Methode der **präzisen Anweisung**, die Aktionen auslöste, wie sie in der Abbildung unten dargestellt sind, wobei p_{m+k} eine k-te p-Information darstellt, die außerhalb der m p-Informationen des Schülers sich befand und vom Lehrer stammte.



Niveau: bildhaft - symbolisch, formal - mathematisch

Die Menge der neuen Lerninhalte, die die Diplomanden während der Bearbeitung des Projekts übernommen haben, konnte in eine Folge von Arbeitsschritten und Wissenszuständen umgewandelt werden. Dabei wurden Arbeitsschritte aperiodisch durch ein „fremdes Element“ unterbrochen und danach vom Entdeckenden Lernen abgelöst. Grafisch sieht das so aus:



1.2 Ziele dieses MNI-Projekts

Wie schon unter 1) betont, liegt dem Projekt „Schwebende Kugel“ eine Idee zu Grunde, nämlich Wissen aus Bereichen der Physik in Ereignisabläufe oder Prozesse einzubeziehen. Physikalische Vorgänge sind bekanntlich in zahlreichen Prozessen existent, werden aber nicht immer wahrgenommen und vielfach als selbstverständlich hingenommen. Das heißt also „Physik“ sollte in Verbindung mit Mathematik bewusster gemacht werden, um etwa ein „höheres Niveau“ an Verständnis für Ereignisabläufe zu erreichen. Wissensvermehrung wurde dazu als ein Motiv angedacht.

1.2.1 Formulierung der Ziele

- Hauptziel : **Vermehrung von Wissen des Lernenden**
- Teilziel 1 : **Vertiefung der Einsicht in Zusammenhänge**
- Teilziel 2 : **Steigerung der Flexibilität des Lernenden**
- Teilziel 3 : **Akzeptanz von Naturwissenschaften durch den Lernenden**

Hypothese: 1, 2, 3 kann aus einem Zuwachs an Wissen entstehen.

Aus der Sicht des Wissensstandes gab es bezüglich des Hauptziels *Vermehrung von Wissen des Lernenden* schon zu Beginn drei Szenarien:

- a) **Es wird keine Vermehrung von Wissen geben.**
(D.h. Die Schüler können allein mit ihrem Wissen das Projekt selbständig realisieren)

- b) **Es wird eine Vermehrung von Wissen geben.**

- c) **Es kann auch eine Reduktion von Wissen geben.**
(Nur bei ganz bestimmten Voraussetzungen!)

Der Fall a) wird dann eintreten, wenn mindestens ein Schüler der am Projekt beteiligten Schüler über ausreichendes Wissen verfügt oder gar „über den Dingen steht“. Teamarbeit erlaubt gegenseitige Absprachen und Austausch von Wissen untereinander, gerade deshalb auch, weil ein hohes Maß an Selbständigkeit gefordert wird.

Der Fall b) wird dann eintreten, wenn kein Schüler über ausreichend Wissen verfügt oder Schüler nicht in der Lage sind, Problemkreise vollständig und selbständig zu bearbeiten.

Der Fall c) wird dann eintreten, wenn eine bis dahin intakte „Weltsicht“ eines Schülers durch kontraproduktive oder inkompetente Anweisungen eines Lehrers beeinträchtigt oder gar beschädigt wird. Durch dessen Vertrauen in die Kompetenz eines solchen Lehrers könnte ein Lernprozess eingeleitet werden, der Wissensbestände des Schülers so transformieren kann, dass diese nicht mehr brauchbar sind.

2 DIE DARSTELLUNG DES PROJEKTABLAUFS

2.1 Der Projektlauf

Das Projekt wurde im Rahmen einer Diplomarbeit von zwei Diplomanden ausgeführt. Neben meiner unterstützenden Tätigkeit wurde noch ein Betreuer beigezogen. Das Projekt gliederte sich in 3 Phasen. Es waren keine eigenständigen Abschnitte, sondern Phase 2 war abhängig vom Ergebnis der Phase 1, also ihr logischer Nachfolger. Genau so verhielt es sich mit Phase 3 und Phase 2. Die gesamte Dauer der 3 Phasen erstreckte sich über einen Zeitraum von etwa 8 Monaten, also von September bis Mai. Jede Phase nahm ungefähr ein Drittel der Zeit in Anspruch. Einige Tätigkeiten, z.B. das Testen in Phase 2, ist auch in Phase 3 wegen Optimierungsmaßnahmen wieder vorgekommen. Die Phasen waren also nicht voneinander streng abgegrenzt.

Weiters sollte selbstverständlich ein „Ressourcenpark“ in ausreichendem Umfang für dieses Projekt zur Verfügung stehen, um es überhaupt durchführen zu können. Messgeräte, fachspezifische Geräte und Maschinen sowie Bauelemente, allerdings in eingeschränktem Umfang, gehören zur Standardausrüstung unserer Schule. Eine reichhaltige kommunikationsorientierte Umgebung ist ebenfalls vorhanden.

Einen Überblick vom Projektverlauf zeigt folgende Grafik:

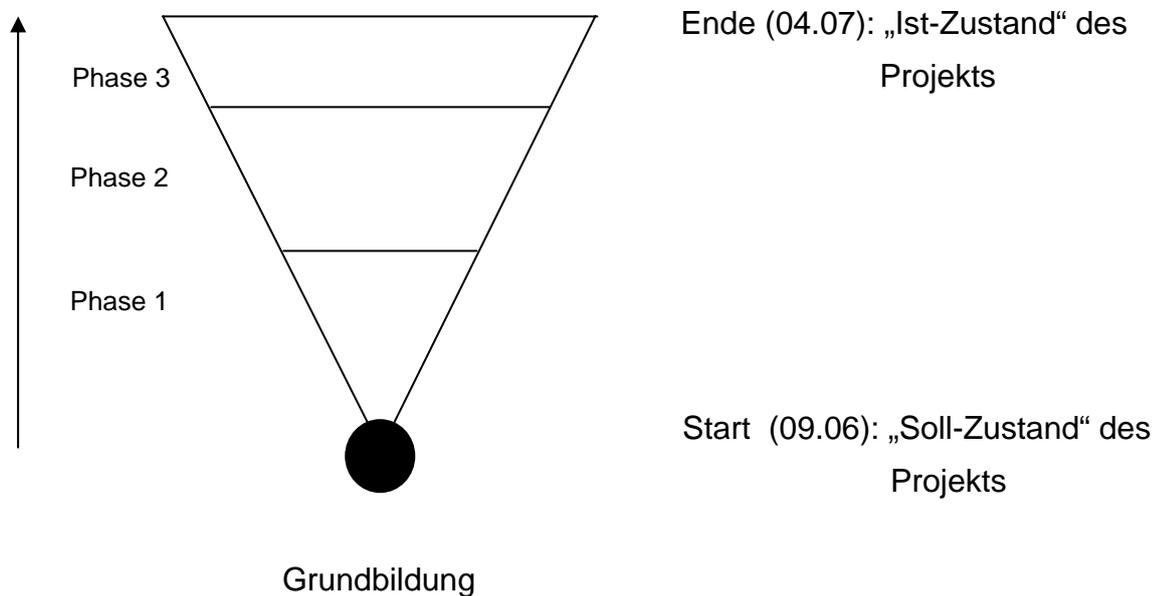


Abb. 2: Projektverlauf

Die praktischen Aktivitäten der Diplomanden ließen einen über alle 3 Phasen verteilten Zuwachs an sichtbaren Ergebnissen aus ihrer Arbeit an den Versuchsanordnungen erkennen, was sich im Ist-Zustand des Projekts summierte. Für weitere Untersuchungen bezüglich Erreichung der Ziele macht es aber wenig Sinn, bezüglich praktischer Aktivitäten auf Details einzugehen. Soviel jedoch konnte aus der Verfolgung des Projektverlaufs und der kontinuierlichen Kontrolle abgeleitet werden:

- Das „Produkt“ weist eine gute Qualität auf -..

Aus der Sicht des Lernens kam die praktische Komponente nicht zu kurz. Hier gab es auch Zuwächse. Sie sind aber, soviel kann schon aufgrund des Verlaufs des Projekts gesagt werden, im Vergleich zu der „geistigen Verarbeitung des Projekts“ von geringerer Bedeutung. Die praktische Komponente hat ihren hohen Stellenwert dort, wo es um die Umsetzung von Fakten in reale Objekte geht. Da kommt es naturgemäß auf große Erfahrung an, was Fertigkeiten anbelangt. Alle praktischen Aktivitäten hatten auch Bezug auf lerntheoretische Prozesse. Dabei konnte beobachtet werden, dass abgesehen von Wissen, das schon evident war, neu Hinzugekommenes immer ein paar Schritte vor einer praktischen Umsetzung bearbeitet worden ist. Das

war taktisch gut, weil es dadurch zu keinen Blockaden bzw. Engpässen gekommen ist. Ein Engpass wäre etwa gewesen: „Der Praxis fehlt das Wissen“. Dies hätte nicht unbedingt die Weiterentwicklung des Projekts blockiert, da ja auch viele „Dinge“ nach einem „Baukastenprinzip“ umgesetzt werden können, ohne dass man innere Zusammenhänge kennen muss. Aber aus der Sicht der Ziele des Projekts und deren Erreichung wäre das Projekt, nach einem Baukastenprinzip erstellt, dann sicherlich nicht so zu beurteilen gewesen. Was nun aber letztendlich das Projekt allen Beteiligten gebracht hat, ist Gegenstand des Abschnitts 3.

2.1.1 Aufgabenbereiche und Transparenz

Die Frage, womit hat man sich in den 3 Phasen beschäftigt hat, soll hier in groben Zügen durchleuchtet werden, genau mit dem hierarchischen Aufbau versehen, wie es die Struktur des Projekts vorgab. In diesem Zusammenhang muss zunächst noch auf folgende Punkte hingewiesen werden:

1. Das Projekt basierte auf Grundbildung
(Hinweis: Siehe Abb.2: Projektverlauf)
2. Das Projekt wurde auf weiten Strecken selbständig von den Diplomanden interaktiv, kreativ und pragmatisch umgesetzt.

Zu Pkt. 1 ist zu erwähnen, dass dieses Projekt ohne hinreichende Kenntnisse in Mathematik, Physik, Elektrotechnik und von praktischen Fertigkeiten nicht durchführbar gewesen wäre.

Der Ablauf des Projekts setzte sich aus 3 Phasen zusammen. Der ersten Phase ging eine Einführung mit klaren Zielsetzungen und Anweisungen voraus.

Phase 1 : In dieser Phase wurde nach einem geeigneten Konzept für die praktische Umsetzung gesucht, ein Plan vorgestellt und die dafür notwendigen Fakten und Materialien wurden eingeholt. Hier waren korrigierende Maßnahmen notwendig.

Phase 2 : In der zweiten Phase wurden Module erarbeitet, praktisch umgesetzt und getestet. Schaltungen befanden sich noch im Versuchsaufbaustadium. Das Testen ging dann allmählich in die Feinabstimmung über, wobei vereinzelt „Turbulenzen“ auftraten, wie atypische Bewegungen der Kugel aufgrund ihres dynamischen Verhaltens oder Probleme in der Software, für deren Beseitigung der Lernende gerne und verstärkt auf die Erfahrung der Betreuer zurückgegriffen hat.

In diesem Zeitabschnitt gingen den praktischen Aktivitäten, wie schon erwähnt, Lernprozesse durch unterstützende Maßnahmen voraus. So

konnte kein Ansatz zur Berechnung des Spulenstroms gefunden werden oder für die Kugelpositionierung: „Solarzelle, ja oder nein?“. Das Verstehen des Ersteren wurde am Beispiel eines idealisierten Modells geübt.

Aber auch ein durch eigene Erfahrung gefundenes Ergebnis (IR-Schranke anstelle einer Reflexlichtschranke) kann als ein gutes „Produkt“ des Lernens gewertet werden. Durch Erfahrung wurden auch Mechanik und Layouts verbessert. Platinen der 9 Anzeigen wurden selber produziert, nachdem der Entschluss, diese über einen Subauftrag fertigen zu lassen, verworfen worden ist.

Eine stolze Präsentation der Zwischenergebnisse erfolgte am „Tag der offenen Tür“

Phase 3 : Die letzte Phase war geprägt von Feinabstimmungen, Verbesserungs- und Abschlussarbeiten. Aber auch da mussten noch Lücken im Wissen geschlossen werden. Zum Beispiel „dynamisches Verhalten der Kugel“, Stabilität eines Reglers, Schwingneigungen von elektronischen Schaltungen, und da insbesondere aufgrund ungünstiger Leitungsverlegungen bei gedruckten Schaltungen, Störeinflüsse auf lange ungeschirmte Leitungen.

25. 04.2007 Die Diplomanden haben aus ihrer Sicht ihr Ziel erreicht: „Fallversuch“ mit neuen Erkenntnissen und „Die Kugel schwebt“.

3 DIE EVALUIERUNG DIESES PROJEKTS

3.1 Die Panelstudie

Die Evaluierung der Ziele erfolgt auf der Basis einer **Panel-Untersuchung** ⁵⁾, wobei das zu untersuchende Objekt ein Personenpanel, ein

sozio - lernendes Panel

darstellt. Besonderer Vorteil dieses Paneldesigns ist, dass intra - individuelle Veränderungen (*interne Fluktuation*) aufgrund einer Paneluntersuchung erfasst werden können, bei der die Erhebung von Daten zu mehreren Zeitpunkten mit derselben Stichprobe erfolgt. Über diese sogenannte interne Fluktuation kann dann ein Rückschluss auf **Nettoveränderungen** im Individualdatenniveau gezogen werden. Die Panelstudie ist aussagekräftiger als z.B. eine Trendstudie, bei der Veränderungen auf Individualebene nicht erfasst werden können. Andererseits tritt das Problem der *Panelmortalität* zutage. Darunter versteht man Ausfälle aus dem Panel durch z.B. Krankheit, Verhinderung durch welche Gründe auch immer, Verweigerung durch z.B. Unzulänglichkeit bzw. Inkompetenz. Dadurch könnte eine Panelstudie verzerrt werden bzw. bei einer relativ kleinen Stichprobe sogar einen „Totalausfall“ ergeben.

3.1.1 Evaluierungsinstrumente, Daten

Zwei wichtige Vertreter der empirischen Evaluationsinstrumente, die **Befragung** und die *systematische Beobachtung*, waren im Zuge der Projektausführung zum Einsatz gekommen. Von diesen wurde erwartet, dass sie ein Bild reflektieren werden von konkreten Wissenszuwächsen. Wie weit die Evaluierung der einzelnen Teilziele aufgrund der Ergebnisse der Befragung und der Beobachtungen möglich ist, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen. Die Beobachtung war ein zentrales Instrument der Evaluierung. Eine gute Beobachtung konnte durch nichts ersetzt werden. Anstelle der *Befragung* habe ich auch das *Interview* in Erwägung gezogen, allerdings mit dem Bedenken, dass der Wahrheitsgehalt unter dem Interviewereffekt leiden könnte. Von einem Test war abzuraten, da der Druck auf die Diplomanden ohnehin enorm war.

Bei jeder der drei Befragungen wurde ein halb - standardisierter Fragebogen (die wichtigsten Kriterien eines Fragebogens wurden berücksichtigt: Die selben Fragen wurden jedem der Diplomanden gestellt - Vergleichbarkeit, Anonymität wurde gewahrt, keine Suggestiv-Fragen, „klare Frage - klare Antwort“) verwendet, wobei sowohl *Fragen* gestellt als auch *Statements* dargeboten worden sind. Als Antworttypus ergab es *ja / nein* bzw. eine 5 - stufige Antwortskala von `trifft voll zu` bis `trifft nicht zu`. In Ausnahmefällen waren auch mehrzeilige (bis zu 4 Zeilen) textuelle Antworten (Fakten) erwünscht. Die sogenannte *Forced-Choice-Technik* wurde bewusst ausgeklammert, um nicht schon von vornherein „...wenn nicht klar, dann die Mitte“ auszuschließen.

3.2 Die Evaluierung der Ziele

Geht man von einem Netto - Zuwachs an „Wissen“ aus, so galt es zunächst zu überprüfen, ob bestimmte Voraussetzungen für das Erreichen des Hauptziels überhaupt vorhanden sind. Dazu gehörte auch eine, wenn auch nur näherungsweise, Feststellung bzw. Einschätzung von Kenntnissen und Fähigkeiten der beteiligten Schüler zum Zeitpunkt ihrer Entscheidung für dieses Projekt. Dieser Prozess ist natürlich auch aufgrund ihres Notenbildes des vorangegangenen Schuljahres nachvollziehbar. Ein hinreichendes Vorhandensein an „Potential“ fand eine gewisse Bestätigung auch an der spontanen „Annahme“ dieses Projekts, was auch auf Interesse (inhaltlich-kognitiv) schließen ließ. Eine leistungs- und wissensorientierte Motivation war ebenfalls erkennbar. Natürlich sind das keine stichfesten Beweise, aber doch Indizien für die Existenz entsprechender Kenntnisse und Fähigkeiten. Die Existenz, wie sie aus Noten abgeleitet werden kann, wurde auch durch das Ergebnis einer Befragung bestätigt. Sollten nun neue Lerninhalte dazukommen, so haben wir es mit einem relativen, individuellen Prozess zu tun.

3.2.1 Daten-Einlesen

Prämisse: „Alle zur Verfügung stehenden Daten dienen der Evaluierung der in 1.2.1 formulierten Ziele.“

Alle Daten, die der Evaluierung der Ziele nützlich sein können, stehen im **Anhang**, Seite 26ff, gesammelt zur Verfügung. Ihre Zuordnung zu den einzelnen Zielen ist von unterschiedlicher Prägnanz und durch Filterung erfolgt. Während die Daten bezüglich Hauptziel durch die Einführung eines Bewertungsschlüssels, basierend auf empirischer Erfahrung und Wertschätzung, leichter „quantifizierbar“ waren, gab es für die Daten bezüglich Teilziele eine solche Vorgangsweise nicht.

3.2.2 Evaluierung

Das sozio - lernende Panel war eine repräsentative Befragung von 2 Diplomanden an 3 Terminen und zwar am 20.11.2006, am 19.03.2007 und am 18.04. 2007. Im annähernd wöchentlichen Rhythmus erfolgte zusätzlich eine systematische Beobachtung. Der Paneleffekt, dass die Diplomanden ihre Einstellung zum Projekt und ihr Lernverhalten während des Projekts durch die wiederholte Befragung gefestigt bzw. verändert haben könnten, kann ausgeschlossen werden, weil die Inspiration und ihr Antrieb zum Lernen durch das Auftreten von Problemkreisen immer wieder angeregt worden ist. Diese Feststellung erfolgte durch intensive Beobachtung des Verhaltens der Diplomanden während der 3 Phasen des Projekts. Auch die Panelmortalität kam nicht zum Tragen.

Umfang und Form der Evaluierung konnten sofort durch die auf Seite 8 eingeführten drei möglichen Szenarien festgelegt werden. Sie gaben die Richtung vor, in der zu untersuchen war. Bei schon flüchtiger Durchsicht von Daten war erkennbar, dass Fall a) nämlich, „*Es wird eine Vermehrung von Wissen geben*“, anzuwenden ist. Darauf sollte nun der Verlauf der Evaluierung ausgerichtet werden. Um ein möglichst einheitliches und übersichtliches Bild von dieser zu bekommen, wurde hier anhand einer Tabelle analysiert.

Die beiden anderen Szenarien konnten ausgeschlossen werden.

Abkürzungen sollen die Lesbarkeit vereinfachen. Folgende Zeichen stehen künftig synonym für Begriffe:

- S == „Beide Diplomanden“
- S1 == „Ein Diplomand“
- LdA == „Lernen durch Anweisungen“, markiert mit -----
- LdF == „Lernen aus Fehlern“, markiert mit -----
- A“k“ == „k-te Abbildung“
- ED“k“ == „k-te Evaluierungsrelevanter Aspekt“
- F“k“ == „k-te Frage aus den Fragebögen“
- N“k“ == „k-te Notiz aus dem Tagebuch“
- WAS == „Was hat der Schüler profitiert“
- WIE == „Wie hat der Schüler was profitiert“
- T/P == Theorie/Praxis

Hauptziel: Tabelle 1

Phase	S	T/P	WAS	WIE	Beleg	Az/	Pkt
			Wissensstand am Ende des Projekts				100
1	S	T	CPU: EMV, Schutzeinrichtungen.	LdF	A3, N2	5h/	2
1	S	T	Reflexlichtschranke/IR-Lichtschranke	LdF	A3, ED4, N3	12h/	5
1	S	T	Solarmodul:Spezifikation	LdA	A2, ED1,N5	5h/	2
1	S1	T/P	Spulenstrom, Hardware	LdA	A2, ED2, ED5, N7	12h/	5
1	S	T	Lasttransistor:EmitterS/KollektorS	LdA	A2, ED2, N8	12h/	5
1	S1	T	Softwarekorrektur	LdF	N10	5h/	2
2	S	T	PD-Regler mit Verz. 1. O.	LdA	N12	12h/	5
3	S	T/P	PD-Regler 2.Typ, Störg d.Fremdlicht	LdA	A2, ED3, N13	17h/	7
3	S	T	Verbesserung d. Leitungsführung	LdA	N16, N17	5h/	2
3	S	P	Leitungskanäle	LdF	N15, N17	5h/	2
			Anteile "Schwebende Kugel"				29
			Anteile "Fallversuch"				8

Auswertung:

Wissenszuwachs, Phase 1	21
Wissenszuwachs, Phase 2	5
Wissenszuwachs, Phase 3	11
Summe der Zuwächse	37
Wissen zu Beginn, qualitativ	63
Anteil theoretischer Inhalte	30
Anteil praktischer Inhalte	7

Teilziele: Tabelle 2

Ziel	Beschreibung	Belege
1	Vertiefung der Einsicht in Zusammenhänge	Keine brauchbaren Daten verfügbar !
2	Steigerung der Flexibilität des Lernenden	N6, N16, N10, F15
3	Akzeptanz von Naturwissenschaften	F7, F10 und 11, F8

3.2.3 Auswertung

Das Projekt „Schwebende Kugel“ hatte aufgrund einer kleinen Stichprobe (zwei Diplomanden) keine gute „Breitenwirkung“. Der Verlauf in seiner Gesamtheit war daher auf „Qualität“ ausgerichtet. So kann nicht nur eine Qualität der Versuchsanordnung, sondern auch eine „Qualität“ der besonderen Lernleistungen herausgestrichen werden, wie es die Tabelle auf Seite 14 zeigt. Die Qualität der Versuchsanordnung steht in keinem Zusammenhang mit der kleinen Stichprobe. Diese Qualität könnte auch von einer größeren Anzahl von Schülern erreicht, wenn nicht gar noch übertroffen werden. Dies ist durch Erfahrungen aus der Unterrichtstätigkeit gesichert. So konnte beobachtet werden, dass zum Beispiel bei einem „Miniprojekt“, etwa *Der Astabile Multivibrator*, in einer Gruppe von 12 Schülern durch das Spalten des „Projekts“ in Arbeitsbereiche mindestens 4 Gruppen (im optimalen Fall 6 Gruppen, wenn ebenso viele Arbeitsbereiche zur Verfügung stünden, weil kleinere Gruppen erfahrungsgemäß meistens „stabiler“ agieren) je 1 Arbeitsbereich zugeteilt werden konnte. Dabei konzentrierte sich jede Gruppe auf ihre Arbeit und versuchte, eine gute Arbeit abzuliefern. Voraussetzung dafür war, Wissen zunächst zu ergänzen oder überhaupt grundlegend zur Verfügung zu stellen, meist nur durch einen Frontalunterricht möglich, weil bei einem „gesplitteten“ Unterricht Gruppe für Gruppe eine bis mehrere Gruppen unbeschäftigt (gravierender Nachteil) bleiben. Was sich durch das Splitten als schwerwiegender Nachteil herausstellte, war oft eine Überschreitung des Zeitplans, weil jede Gruppe nach der ersten Gruppe abhängig von ihrer jeweiligen Vorgängergruppe war. So kam es nicht selten vor, dass es zu massiven Verzögerungen im Verlauf des „Projekts“ gekommen ist. Das hier skizzierte Verfahren hat sich dann bewährt, wenn die Zuteilungen der Arbeitsbereiche gut gelungen waren. Somit hätte auch das Projekt *Schwebende Kugel* gesplittet werden können und das sogar mindestens auf 6 Arbeitsbereiche mit einer hohen Wahrscheinlichkeit, dieselbe Qualität der Versuchsanordnung zu erreichen, allerdings nur dann, wenn der Verlauf des Projekts „reibunglos“ von Statten gegangen wäre.

Was die besondere Lernleistung bei diesem MNI-Projekt anlangt, hatte auf diese die kleine Stichprobe besondere Auswirkungen. Diese Leistung ist durch die kleine Stichprobe geprägt und überhaupt ermöglicht worden. Erfahrungen aus „Miniprojek-

ten“ haben gezeigt, dass das notwendige Wissen allgemein vermittelt werden konnte, aber durch das Splitten dann aus ihrem Zusammenhang gerissen worden ist. So hat dann meist jede Teilgruppe sich auf ihren Bereich konzentriert und hauptsächlich nur die Inhalte aus diesem Bereich transformiert und im Gedächtnis fest verankert, was aber nicht heißt, dass andere Inhalte verloren gegangen sind. Außerdem wurde immer wieder ein Verhaltensmuster von Schülern, vielleicht von Menschen überhaupt, offenkundig, dass viele Schüler (nicht alle!) sich auf das konzentrierten, was ihnen aufgetragen worden ist und damit „eigen“ war und womit sie sich schließlich identifizieren konnten. Nur ein verschwindend kleiner Anteil zeigte sich bereit darüber hinaus mehr zu leisten.

Das Projekt *Schwebende Kugel* wäre auch, wie schon erwähnt, durch Splitten technisch durchführbar, wenn die Stichprobe groß wäre, allerdings mit Sicherheit nicht in dieser hier gebotenen Qualität der besonderen Lernleistung. Steht noch eine Variante zur Diskussion, die aus der Sicht der Lernleistung vielversprechend zu sein scheint, wenn die Stichprobe groß ist: Jeder Schüler von angenommen 12 Schülern „bearbeitet“ das gesamte Projekt, jeder kann sich mit ihm identifizieren. Abschließend werden die Ergebnisse beurteilt und zusammengefaßt und die Versuchsanordnung aus 12 Teilstücken zusammengefügt. Eine ähnliche Form dieser Variante ist Teil meiner langjährigen Unterrichtspraxis und versteht sich unter dem Begriff *Elementarisierung*. Ein Beispiel: Projekt:U/I-Kennlinien – Kennlinie einer Glühlampe, 12 Schüler, 6 Kleingruppen machen paarweise dasselbe „Projekt“. Merkmal: gute Qualität der Lernleistung für jeden der Schüler. Allerdings kann die zuletzt beschriebene Variante einen „Schönheitsfehler“ aufweisen, der durch eine Beeinflussbarkeit von außen entsteht und den „Output“ immens mindern kann. Unzureichende bis gar keine Ausrüstungen mit Unterrichtsbehelfen aufgrund von vernachlässigten Prioritäten können die Durchführbarkeit von „Projekten“ behindern oder sogar unmöglich machen. Hier ist störendes „Potential“ möglich.

Bei diesem Projekt verliefen die Abschlussarbeiten reibungslos, die Präsentation des Projekts erfolgte ohne Komplikationen und die Diplomanden haben die Diplomprüfungen bestanden, weil das Wissen bezüglich Projekt in wesentlichen Punkten ausreichend war bis hin zu einem Spitzenwert, der zu einer Auszeichnung führte. Um fairerweise die Wissenszuwächse nicht durch die Lupe einer Auszeichnung zu betrachten, sei hier ein gerütteltes Mittelmaß gewählt. So kann ein Kandidat vom zweiten nicht verdeckt werden. Dieses komplexe Wissen, über alle Bereiche des Projekts verteilt, musste „100 %-ig“ sein und das war es auch. Wäre das nicht der Fall gewesen, hätte dies mit Sicherheit zu einem Scheitern geführt.

Der Wissensstand am Ende des Projekts wurde somit als Bezugsgröße gewählt und auf 100 T v. 100 gesetzt. Dieser Wissensstand, der durch Prüfer bestätigt worden ist, steht 250 Stunden Arbeitszeit (gerundet 8 Monate x 4 Wochen x 8 Stunden) gegenüber, in der er gefestigt aber auch ausgebaut worden ist. Bei allen Aktionen, in die ich involviert war, ist mir aufgefallen, dass die Komplexität neuer Lerninhalte mit ihrer Ausführungszeit korrelierten. Das eröffnet einen Zugang zu einem Zusammenhang, der so formuliert werden kann: „*Je komplexer die Aufgabe, desto länger die Ausführungszeit (Az)*“.

$$R \subset M \times N \mid R = \{(5,2), (12,5), (17,7), (250,100)\}; (1,2, \dots, 250) \ni M, (1,2, \dots, 100) \ni N$$

R ist eine Relation zwischen der Menge M der Ausführungszeiten (Az) in Stunden und der Menge N der Punkte in der rechten Spalte der Tabelle 1.

Die entsprechenden Zahlenwerte (100, 37) aus der Tabelle 1 sind die Grundlage des Diagramms 1:

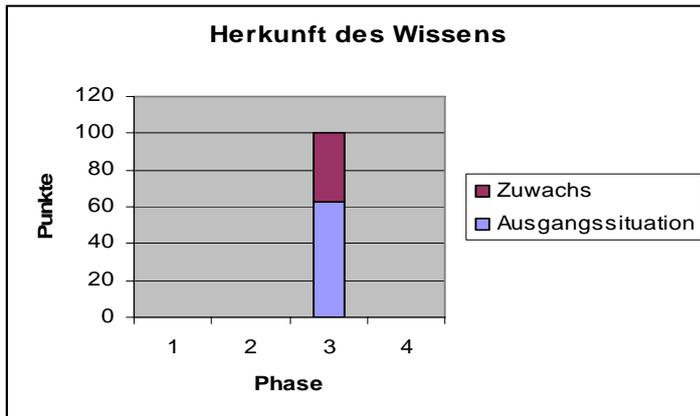


Diagramm 1

Aus dem Diagramm 1 kann ein relativer Zuwachs an Wissen der Diplomanden von etwa 37 % abgelesen werden. Beide Schüler haben eng miteinander kooperiert, so dass man mit Sicherheit davon ausgehen kann, dass sie alle neu hinzugekommenen Erkenntnisse gemeinsam erarbeitet haben. Am gesamten Wissensstand der einzelnen Diplomanden bezüglich des Projekts, dem, wie schon erwähnt, 100 Punkte zugeteilt wurden, hat der Zuwachs an Wissen einen Anteil von etwa 37 Punkten und die Ausgangssituation somit einen Anteil von etwa 63 Punkte. Wichtig dabei ist zu beachten, dass diese Werte rein im Zusammenhang mit dem Projekt zu sehen sind und die Werte selber Ausdruck einer annähernden Einschätzung der Situation durch den unterstützenden Lehrer sind. Das Ergebnis deckt sich aber auch weitgehend mit der persönlichen Einschätzung der Diplomanden (F14). Einen Hinweis auf den Gesamtwissensstand der Diplomanden bezüglich dieses Projekts vermitteln auch die Endergebnisse vom „Freien Fall“ in Form von Messreihen in ED 6 und ED 7 im Anhang und „Die Kugel schwebt!“, was aus verständlichen Gründen hier nicht gezeigt werden kann.

Die Verteilung des Zuwachses auf die 3 Phasen des Projekts zeigt das Diagramm 2. Es zeigt aber auch einen signifikanten Rückgang der Zuwächse in der 2. Phase des Projekts gegenüber einer „starken“ ersten Phase. Der Zuwachs erholt sich dann wieder in der 3. Phase. Der Spitzenwert der 1. Phase wird allerdings nicht mehr erreicht.

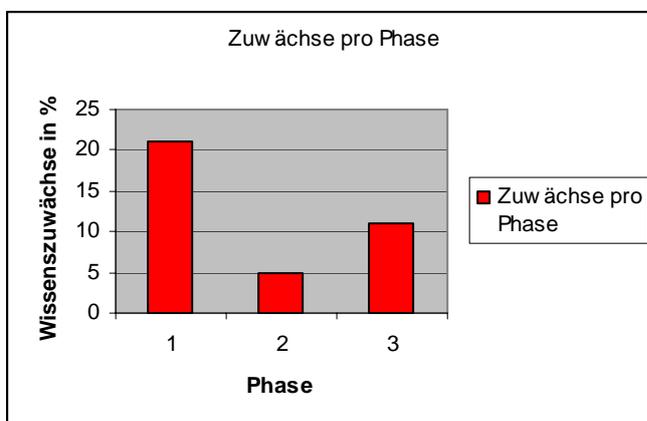
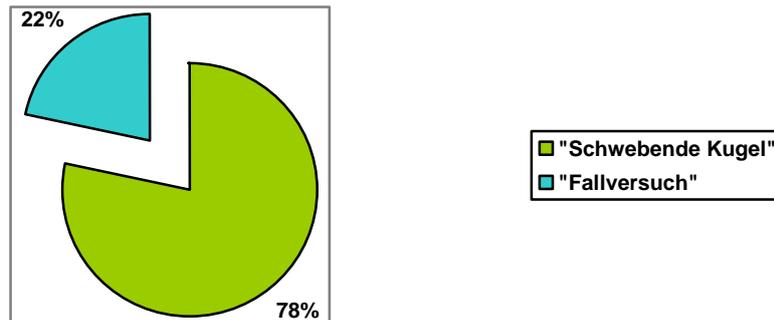


Diagramm 2

Die Tabelle 1 gibt auch Auskunft über die Anteile der Zuwächse des Lernstoffs der Teilabschnitte „Schwebende Kugel“ und „Fallversuch“ am gesamten neu zu verarbeitenden Stoff. 78 % des gesamten Zuwachses können der Schwebenden Kugel zugeordnet werden, 22 % entfallen auf den Fallversuch:

37 Pkte → 100% Zuwachs, 29 Pkte → 78%, 8 Pkte → 22%

Diagramm 3 : Komplexität "Schwebende Kugel"/"Fallversuch"



Die Verteilung der gesamten Komplexität des Lernstoffs auf die Teilgebiete ist hier ein projektspezifisches Merkmal und wird vermutlich von Projekt zu Projekt unterschiedlich aussehen. Darüber hinaus hat die Komplexität oder die Fülle der Möglichkeiten der Aneignung neuer Informationen eine besondere lerntheoretische Bedeutung, sodass darauf im Abschnitt 4 noch etwas näher eingegangen werden soll.

Ein Ergebnis, das den strukturellen Aufbau des Projekts besonders hervorhebt, zu dem ich auch die „praktischen“ und „theoretischen“ Wissenszuwächse zähle, kann dem Diagramm 4 entnommen werden:

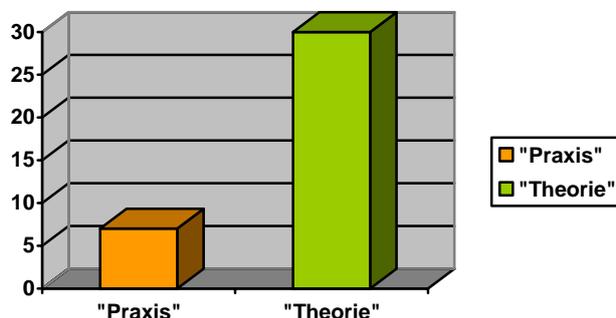


Diagramm 4

Hier erkennt man einen deutlichen Überhang an Zuwachs von „theoretischem“ Wissen gegenüber dem Zuwachs an „praktischem“ Wissen.

Teilziele:

Nicht ganz so sicher lässt sich die Position der Diplomanden bezüglich der Teilziele nachweisen. Die Fragen „Hat sich an der Einsicht in tiefere Zusammenhänge etwas verändert?“ oder „ Hat sich die Flexibilität gesteigert?“ oder „Wurde die Akzeptanz von Naturwissenschaften erzielt?“ können keinem Maßstab zugeordnet werden.

Ein Wissenszuwachs ist, wie oben ausgeführt, im Zuge des Projekts gewonnen worden. Ob dieser auch zu einer Vertiefung der Einsicht in Zusammenhänge, wie etwa in den Zusammenhang von Position-Istzustand und Fremdlicht bei der „Schwebenden Kugel“, geführt hat, kann mangels aussagekräftiger Daten nicht gesichert beantwortet werden. Hier ist die Beobachtung auch ein geeignetes Instrument, um eine Entscheidung herbeiführen zu können, allerdings nur in Verbindung mit intensiven Gesprächen Schüler – Lehrer. Dazu ist es nicht gekommen. Die Schüler waren während der sehr knappen Ausführungszeiten zu sehr auf ihre Aufgaben konzentriert. Verzögerungen, durch Zulieferer verursacht, haben zusätzlich den Zeitrahmen eingengt. Die Komplexität des Projekts wurde den Schülern mehr und mehr bewusst und daher waren unnötige Unterbrechungen tunlichst zu vermeiden. Vermutungen sind daher nicht zielführend. Anders sind Teilziel 2 und Teilziel 3 durch Aufzeichnungen aufgrund von Beobachtungen bzw. durch klare Antworten auf diesbezügliche Fragen als erreicht anzusehen. In Gesprächen mit den Schülern, insbesondere mit einem dominanten Schüler, kamen die Antworten spontan und überzeugend. Die Vorschläge, wie etwa N10, N16 lagen schon außerhalb des Auftrags, zeigen aber gerade deshalb besonders gut die Fähigkeit der Schüler, mit Lösungen flexibel umzugehen. Insbesondere N16 zeigt klar die Flexibilität eines Diplomanden damit, dass am Beispiel Kugel, diese nicht nur „analog“ sondern auch „digital“ in Schwebelage gehalten werden kann. Aber auch N17 zeigt schön, wie flexibel man Daten verarbeiten kann, indem als Zusatzlösung eine Parallelausgabe von Daten über eine geeignete Schnittstelle an einen PC für die direkte Bearbeitung der Daten auf dem PC realisiert wurde. Der Grad der „Flexibilität“ bzw. der „Akzeptanz“ aber kann daraus nicht abgeleitet werden. Allerdings läge das „Gewicht“ der Flexibilität, wenn man die Teilziele gewichten könnte, anhand von Beobachtungen mit Sicherheit über dem der Akzeptanz. Eine Akzeptanz der Naturwissenschaften ist besonders durch die Bejahung des Statements: „Ich würde gerne an ähnlichen Projekten weiterarbeiten“ (F7) untermauert. Der hohe Motivationsgrad der Diplomanden bestätigt ebenfalls das Vorhandensein von Akzeptanz. Wäre das Projekt mit mathematischen / naturwissenschaftlichen Inhalten nicht akzeptiert worden, so wären mit Sicherheit nicht Verbesserungsvorschläge noch in der Schlussphase gekommen. N17 ist ein Hinweis auf diese besondere Motivation. Die Diplomanden selber bringen in F3 eine Steigerung der Motivation zum Ausdruck.

Resümee:

Anhand der Evaluierung konnten im Projekt zwei prägnante Strukturen ausgemacht werden. Wollen wir sie als

- a) **Struktur der „Theorie und Praxis“**
- b) **Lernen an komplexen Strukturen**
(ohne *Elementarisierung*: anstehende Fragen wurden sequentiell bearbeitet)

bezeichnen.

Während die *Struktur der Theorie und Praxis* das Rüstzeug für die Realisierung des Projekts zur Verfügung stellte, war eine Struktur der Komplexität der Ursprung für den Lernerfolg der Diplomanden, für das Aneignen neuer Informationen und deren Verarbeitung. Somit kann davon ausgegangen werden, dass in dieser Struktur ein Potential vorhanden war, das die Schüler in Anspruch nahmen und auch erfolgreich umsetzen konnten. Ausgehend von der Bewältigung des gesamten Projekts, nicht zuletzt wegen des mit der Bewältigung eng verbundenen Zuwachses an neuen Informationen und deren guten Verarbeitung (siehe Tabelle 1), kann dieses MNI-Projekt als erfolgreich angesehen werden. Es muss aber auch betont werden, dass der Erfolg nur dank der hohen Komplexität des Projekts über das übliche Maß hinaus möglich war, weil es thematisch auf ein hohes Niveau gehoben worden ist und auch Aspekte miteinander verknüpfen konnte. Hätte man von Anbeginn nur den prüfenden „Charakter“ eines Projekts ins Auge gefasst, so wäre es sicherlich für die Betreuer und Prüfer zwingend, aber auch von Vorteil gewesen, ein Projekt mit „einfacherem“ Thema zu wählen, mit einem Thema, das zulässt, nur den Wissensstand des Schülers zu überprüfen.

Was die Evaluierung der Teilziele anlangt, kann kein so gutes Bild wie bei der Evaluierung des Hauptziels gezeichnet werden. Aber auch hier sind die Ergebnisse durch die Datenbank weitgehend gesichert.

Bezüglich *Erlernen sozialen Verhaltens* konnten während der Projektrealisierung keine besonderen Auffälligkeiten bzw. Veränderungen festgestellt werden, da sich Diplomanden ohnehin nicht mehr mitten in einer *Sozialisationsphase* befinden. Sie kennen bereits soziale Normen und wissen, sie anzuwenden. Was aber für die Gesamtbeurteilung des Projekts von Bedeutung sein kann, ist die Tatsache, dass andererseits durch das *Lernen im sozialen Umfeld* und durch ein Lernen in der „Klausur“ Lehrer nicht ständig am Laufenden sein konnten, woher Schüler Daten bzw. Informationen beziehen. Dies mindert sicherlich nicht den Erfolg dieses Projekts, vielmehr ist es Beweis, dass die Diplomanden mit Wissen umgehen konnten, sie in der Lage waren, es zu ergänzen und zu transformieren. Ein hohes Maß an Selbständigkeit kann den beiden Diplomanden zugestanden werden, was sich auch im Verlauf des gesamten MNI-Projekts manifestiert hat.

4 REFLEXIONEN

Dieser Abschnitt soll in erster Linie Aspekte dieses MNI-Projekts widerspiegeln, die außerhalb der Untersuchungen angesiedelt sind. Dabei können auch vermehrt persönliche Ansichten einfließen. Diese „Randbemerkungen“ sollen aber keinen Einfluss auf das Ergebnis der Evaluierung der Ziele dieses Projekts haben. Vielmehr sollen die Überlegungen und Ideen als Gedankenexperiment aufgefasst werden, keinen belehrenden Charakter annehmen. Sie sollten nach Durchsicht dieses Berichts einfach nur zum Nachdenken anregen, etwa über:

Was nun?

Dieses Projekt war, wie schon eingangs erwähnt, an einer HTL ein Projekt der eher unkonventionellen Art. Insbesondere durch die Wahl untypischer Themen, die im Projekt nicht „alleine“ dastehen konnten, sondern miteinander verzahnt waren, unterscheidet es sich von den übrigen Projekten in der Schule. Eine Verzahnung von physikalischen Ereignisabläufen bis hin zum Magnetismus und dessen besondere Verknüpfung mit elektrischem Strom führten schließlich zu energetischen Größen, deren Wirkungen zerstörerisch, aber auch erhaltend sein konnten, wie es der „Freie Fall“ und die „Schwebende Kugel“ eindrucksvoll zeigten. Diese wohl nicht zu unterschätzende „Bandbreite“ hatte ein hohes Maß an Wissen über das Projekt den Diplomanden abverlangt und auch Ausbauwürdiges zu Tage befördert. Gerade diese Eigenschaft kann jetzt, zum Abschluss, herausgestrichen werden und eröffnet das besagte Gedankenexperiment.

Das Projekt „Energie und Zeit als Faktoren in der Elektronik“ kann, wie es die Evaluierung seiner Ziele eindeutig belegt, in drei „Bildbereiche“ unterteilt werden. Bildbereiche deshalb, weil sie durch Momentaufnahmen in einem Zeitraster, sei es textuell, fotografisch oder durch Video, mit aussagekräftigen Inhalten aufgefüllt werden könnten, um schließlich ein Gesamtbild des Projekts widerzuspiegeln. Somit hätte jeder Bereich sein „Gesicht“. Die Bildbereiche möchte ich *spontanen Bereich* (Bereich ohne fremde Hilfe), *Lernbereich* und *prüfenden Bereich* nennen. Der spontane Bereich und der Lernbereich sind autonome Bereiche, der prüfende ist ein nicht-autonomer Bereich. Das Projekt hätten wir auch ohne Lernbereich durchführen können, allerdings nicht in diesem Umfang und mit dem Ziel. Ebenso ist dieses Projekt ohne prüfende Absicht in einem dafür geeigneten Jahrgang adäquat jederzeit durchführbar.

Für meine weitere Vorgangsweise im Unterricht ist ein Lernbereich in einem umfassenden Projekt von großer Bedeutung, den ich schon als *Sequentielles Lernen an komplexen Strukturen* bezeichnet habe. Nur die Steigerung der Komplexität wird um den Preis eines immer mehr und mehr „aufgeblähten“ Projekts erreicht, bis schließlich der Überblick und / oder die Sinnhaftigkeit verloren geht. Dem gegenüber stehen diametral das Prinzip der *Elementarisierung* und daraus das „Lernen an elementaren Strukturen“. Durch eine Elementarisierung wird ein Zugang zu kleineren Einheiten eröffnet und eine ungeahnte Möglichkeit, in die „Tiefe“ zu gehen, bietet sich an. Allerdings steigt der Arbeitsaufwand für alle Beteiligten auch hier proportional mit der Komplexität.

Ich werde mich nun wieder vermehrt der Methode „*Devide and Conquer*“ zuwenden, was soviel bedeutet wie: „Zerlege eine komplexe Struktur in ihre elementaren Strukturen und bearbeite diese“, vielleicht ein anderer Ausdruck für die *Elementarisierung*.

5 AUSBLICK

Zwei Richtungen zeigt dieses MNI-Projekt auf. Die eine wird durch ein „Overstatement“ der Komplexität, die andere durch die Elementarisierung der Komplexität vorgegeben. Zum einen ließe sich die Komplexität am Beispiel eines „einfachen“ Projekts mit dem Titel „Der Freie Fall“ bis an die Grenzen des menschlichen Denkvermögens erweitern, indem Untersuchungen an dem Verhalten des freien Falls in Bezug auf Zeit und Raum auf nicht-ruhende Systeme bis an die physikalische „Demarkationslinie“ ausgedehnt werden, an der dann alle uns bekannten Gesetzmäßigkeiten enden und ab der es sie nicht mehr gibt. Zum anderen geht man diametral zu dieser Ausweitung den Weg der Elementarisierung, wobei man die „Rezeptur“ *Devide and Conquer* anwenden kann: „Zerlege das Projekt *Der Freie Fall* in `k` elementare Strukturen, betrachte sie kritisch und bewerte sie, bilde aus den neu gewonnenen `k` Strukturen wieder das Projekt *Der Freie Fall*„. Dann sind alle Fragen zum Freien Fall so gut beantwortet, wie sie eben in den Problemkreisen bearbeitet worden sind.

An beiden Wegen liegt ein immenses Lernpotential, allerdings mit jeweils unterschiedlichen Inhalten. Letzterem haben die Diplomanden den Vorzug gegeben, indem sie für die Ausführung der Schwebenden Kugel Alternativen angeboten haben. Das ist kein Beweis dafür, dass das Interesse nur auf diesen Teil des Projekts beschränkt worden ist, kann aber als Hinweis gewertet werden, dass man eher „bodenständigen“ Lösungen zugetan ist. So wurde von den Diplomanden angeregt, den analogen Regler durch einen digitalen zu ersetzen (siehe N16) oder die numerische Darstellung der Speicherinhalte nicht auf Displays zu machen, sondern die Daten über eine Schnittstelle an einen Rechner weiterzuleiten, um sie auf diesem unmittelbar weiter verarbeiten zu können. Man kann das Engagement der Diplomanden nicht hoch genug schätzen, wenn man bedenkt, dass sie sozusagen als Draufgabe, also außerhalb des Rahmens dieses MNI-Projekts, Daten auch auf einen Rechner umgeleitet und auf diesem ausgewertet haben. Man hat bereits elementarisiert.

In Anbetracht solcher Tatsachen ist man geneigt, Elementarisierung stärker in den Vordergrund zu rücken, weil es von größerem Interesse ist.

Ich habe diesen Weg schon einmal beschritten. Dieses Projekt bewies, dass es ein guter Weg sein kann.

Vorteile :

- a) **Das Projekt bleibt überschaubar**
- b) **Genauere Strukturierung möglich**
- c) **Kreativität wird gefördert**
- d) **Gibt die Möglichkeit einer sehr effizienten und objektiven Leistungsbeurteilung**

Nebeneffekte: Freude an der „Arbeit“, Möglichkeit, sich und die eigene Arbeit und das Können zu präsentieren, nach dem Motto:
„Schaut, was ich kann!“

6 LITERATUR

Internetadressen:

<http://www.psy.pdx.edu/PsiCafe/KeyTheorists/Bruner.htm>

(26.4.2007)

7 BEGRIFFE, DEFINITIONEN

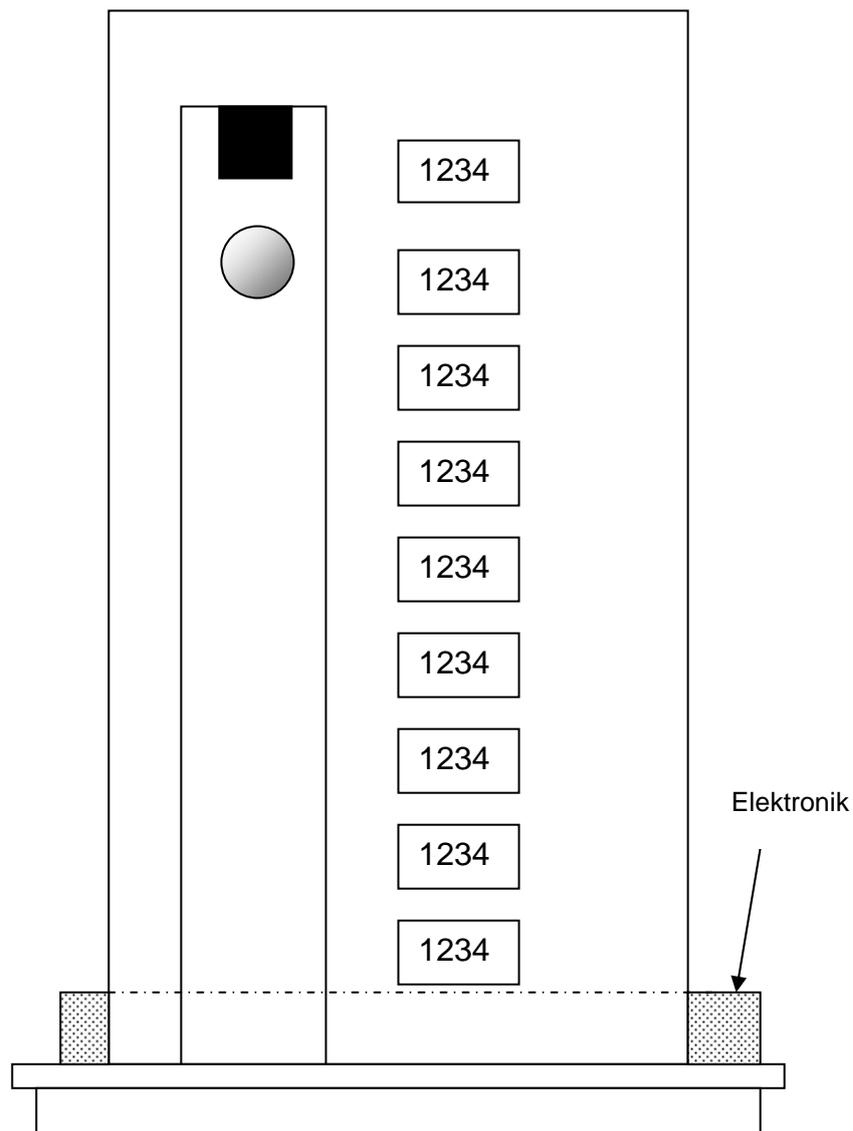
- 1) uP oder CPU: (Central Processing Unit). Wie schon die Kurzbezeichnung verrät, befinden sich auf einem Chip auf kleinstem Raum Einheiten für Rechenprozesse, Register, Timer, Ports und andere spezielle Einheiten. U.a. gibt es 8-bit, 16-bit und 32-bit Mikroprozessoren.
- 2) Concept Map: Wörtlich übersetzt ist damit eine „Begriffslandkarte“ gemeint. Begriffe beliebiger Anzahl stehen zweidimensional in Beziehung zueinander. Diese Begriffslandkarte kann in Anlehnung an die Graphentheorie verstanden werden. Durch die Wissensstrukturierung auf der Basis einer solchen Landkarte können Wissenslücken leichter erkannt werden.
- 3) Repeat-Until Loop: Schleifenkonstrukt, in Hochsprachen verwendet. Diese Schleife wird so lange durchlaufen, bis die Abbruchbedingung am Ende der Schleife erfüllt ist. (UNTIL...) Im Schleifenrumpf kann z.B. Wissen gestapelt werden.
- 4) Divergent :: Hier ist damit das Auseinanderstreben der Ansichten über ein und dasselbe Objekt gemeint. Man bezieht völlig unterschiedliche Positionen zu einem Thema. Die Ansichten divergieren.
- 5) Panelstudie: Benutzt den Begriff des Panels für Forschungszwecke. Hier wird ein Personenpanel eingesetzt. Besonderes Kennzeichen einer Panel-Untersuchung ist, dass dieselbe Variable an den gleichen Personen zu verschiedenen Zeitpunkten untersucht wird.
- 6) BeLL: Abkürzung für *Besondere Lern - Leistung*.

8 ANHANG

Hier findet sich Datenmaterial mit relevantem Bezug zur Evaluierung der Ziele dieses MNI-Projekts. Das sind Auszüge aus Schaltplänen, Schaltpläne, Skizzen zum concept mapping, und Detailzeichnungen.

8.1 Concept mapping

Die Zeichnung dient nur zur Information. Sie ist nicht maßstabsgetreu und enthält keine Details. Sie soll einfach grafisch den Inhalt einer *concept map* wiedergeben.



Format : 164 x 70 cm

Abb. 1: Versuchsanordnung, Ansicht v. vorne

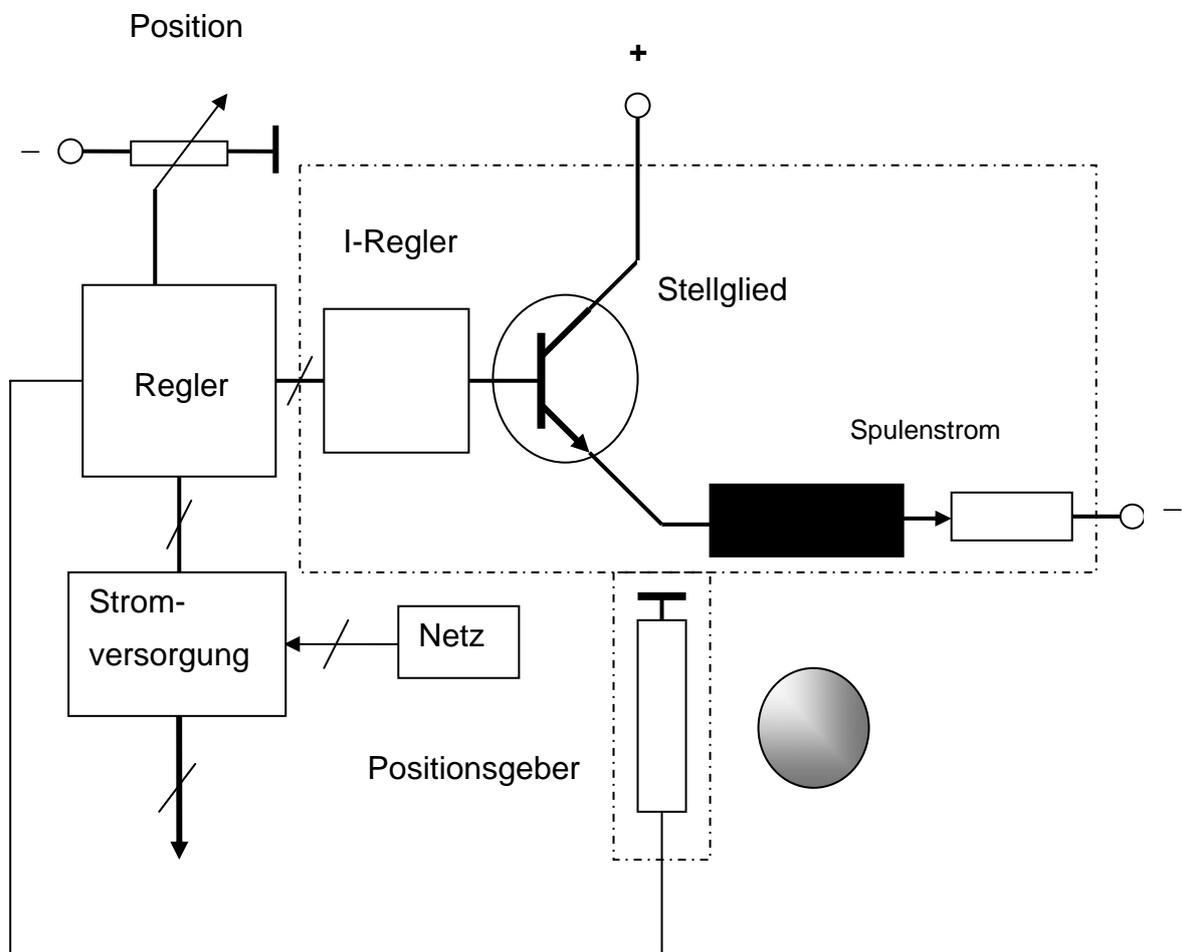


Abb. 2 : Komponenten des Regelkreises „Schwebende Kugel“

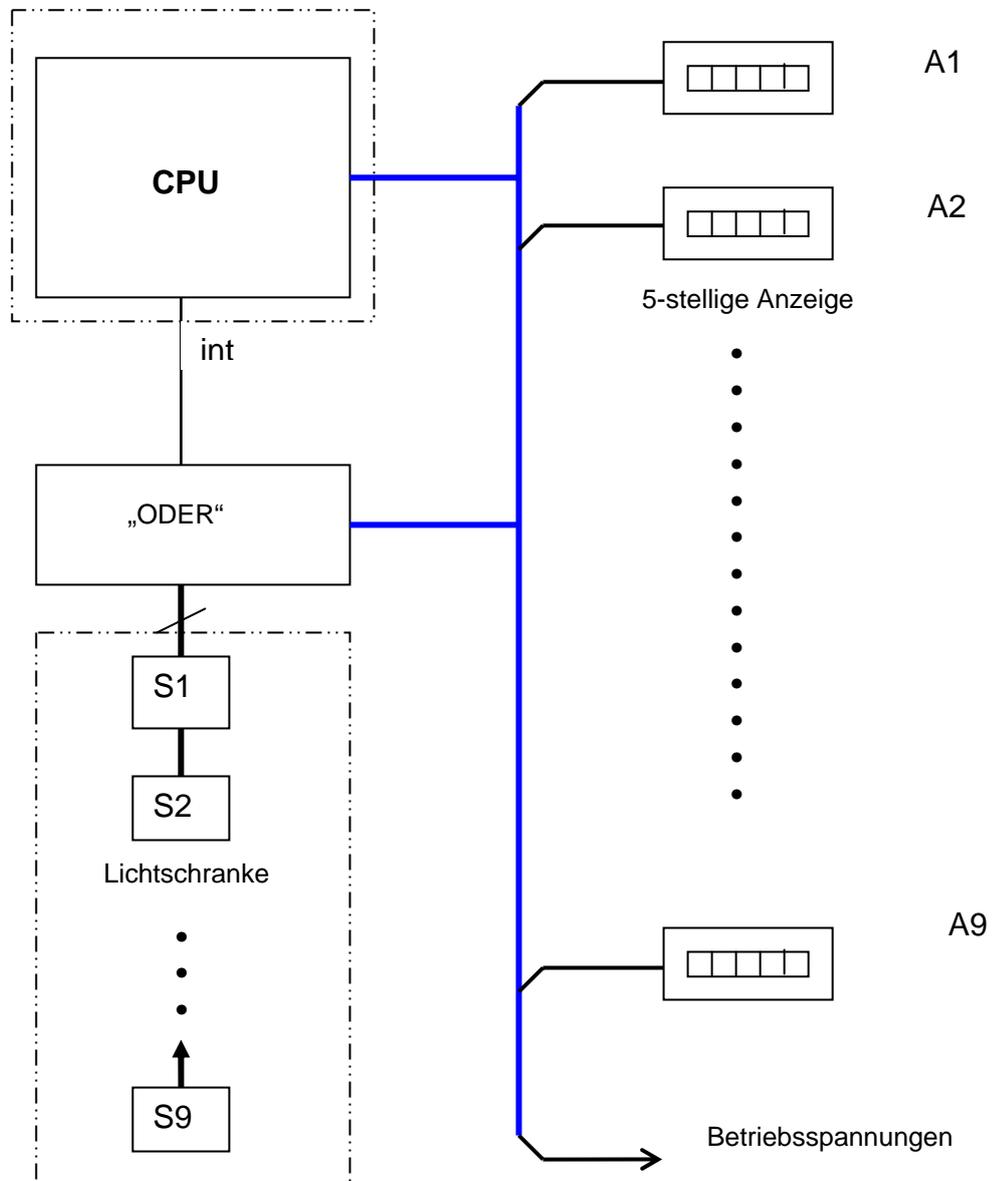
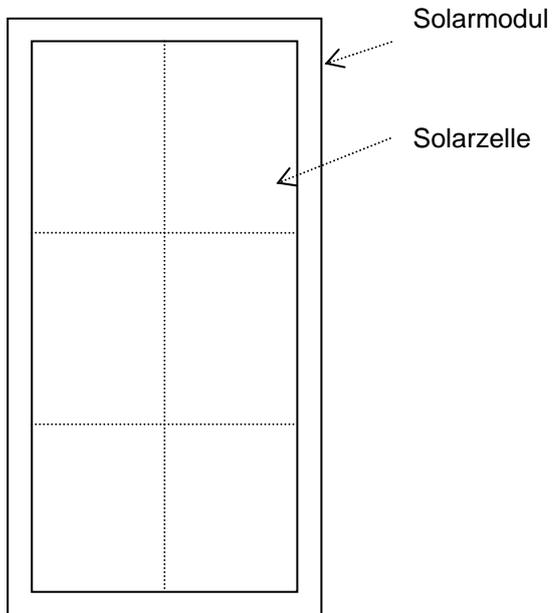
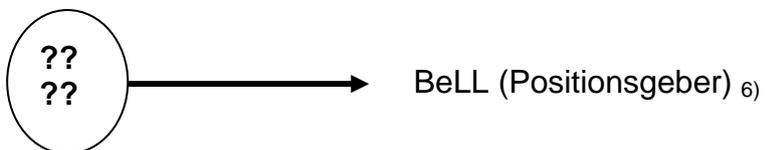


Abb. 3 : Komponenten des Abschnitts „Freier Fall“ und deren Verknüpfung untereinander („Blockschaltbild“)

8.1.1 Evaluierungsrelevante Aspekte

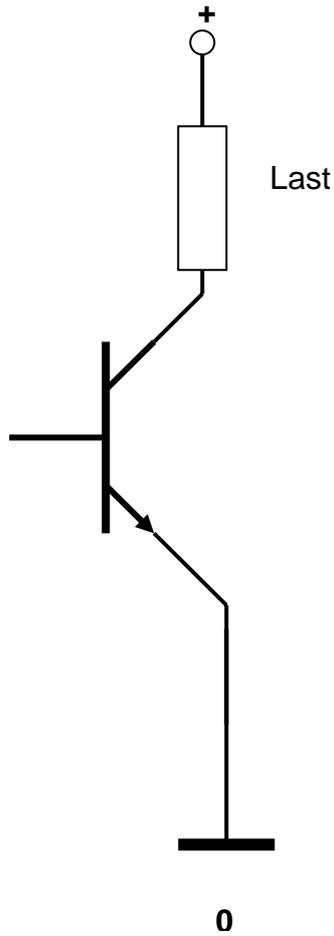


Format : BxH 75x95 mm



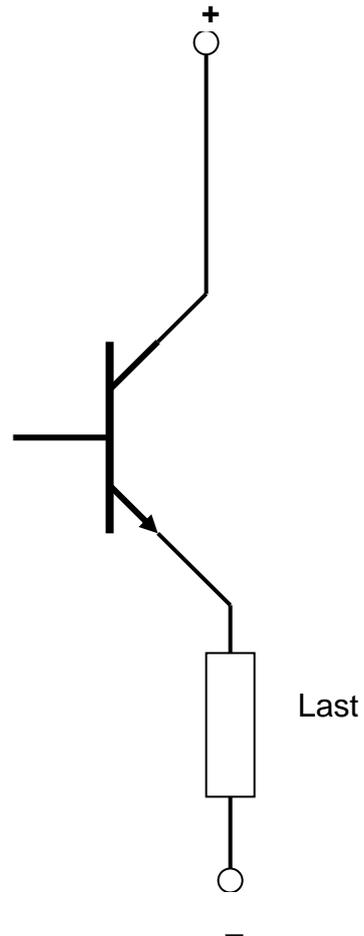
Aspekte : a) Spezifikation

ED 1 : Solarmodul, Spezifikation



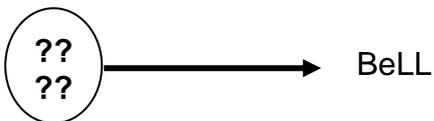
„Emitterschaltung“

?



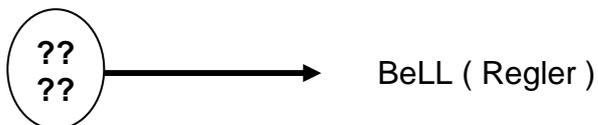
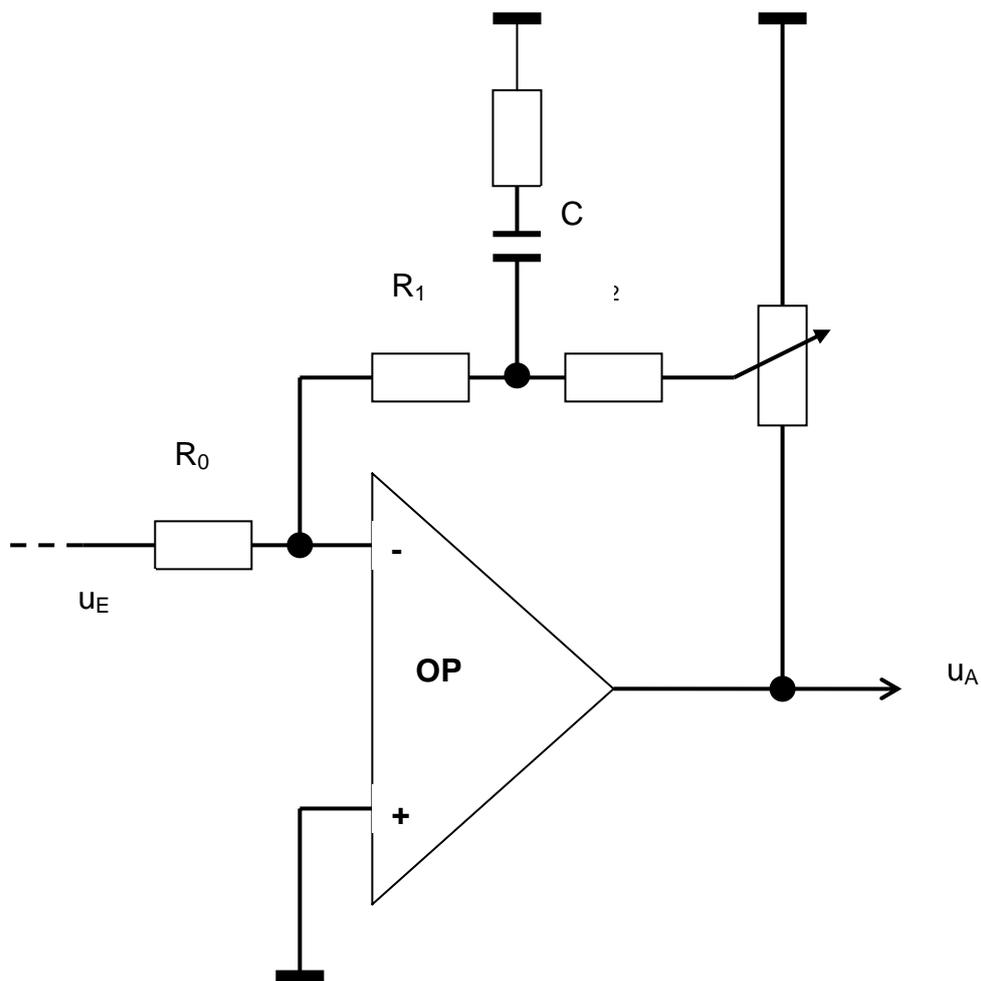
„Kollektorschaltung“

“



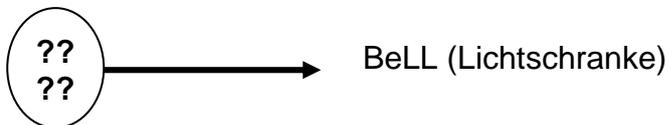
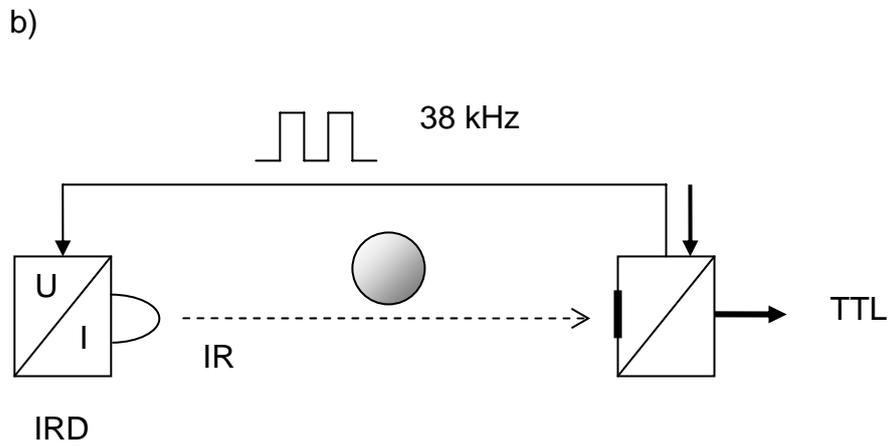
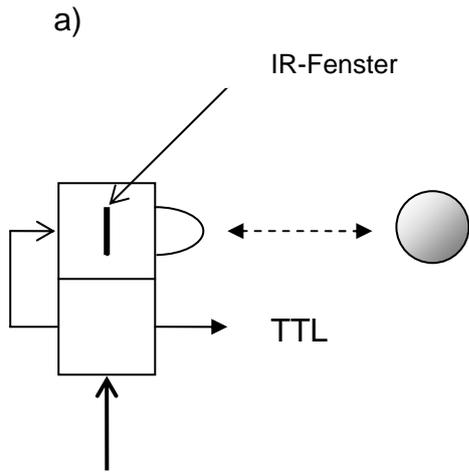
- Aspekte:
- a) Phasenverschiebung in Bezug auf die Ausgangsspannung der Regelung und auf die Ausgangsspannung des Solarmoduls.
 - b) Eingangswiderstand, Ausgangswiderstand, Stromverstärkung.
 - c) Ansatz zur Berechnung des Spulenstroms.

ED 2 : Thema Stellglied, „Schwebende Kugel“



- Aspekte:
- Vergleich des Regelverhaltens eines Standard-PD-Reglers mit dem eines speziellen PD-Reglers (siehe oben).
 - Parameter der Übertragungsfunktion des speziellen Reglers.
(Die Größe von C ist mit entscheidend für das dynamische Verhalten der Kugel)

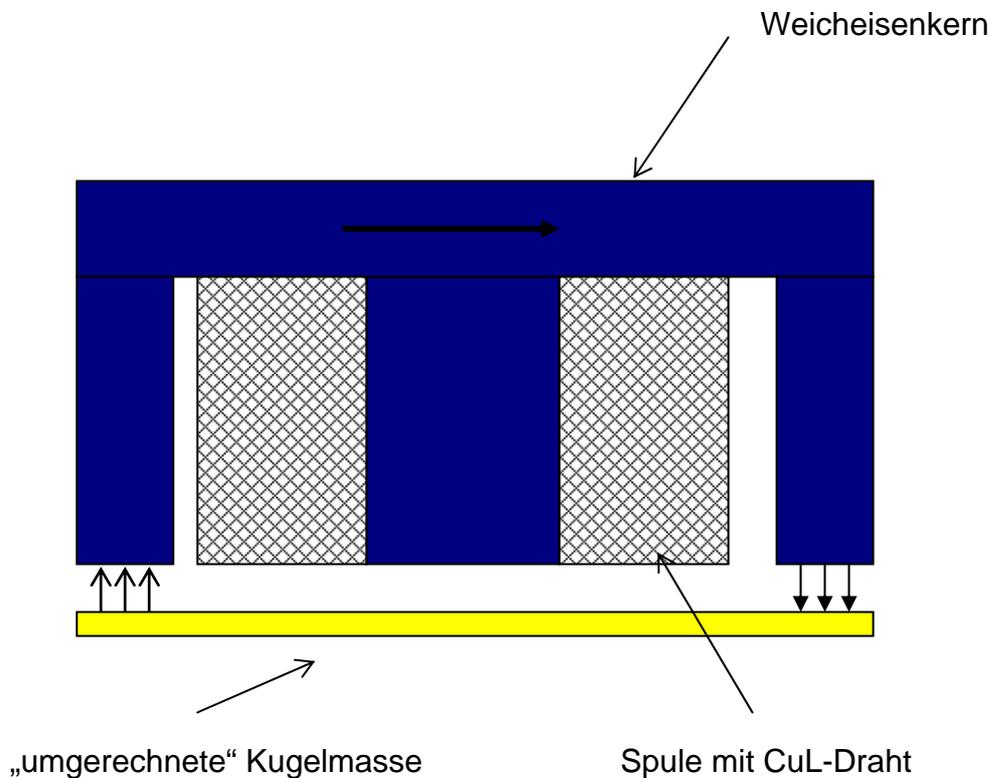
ED 3 : *Spezieller PD-Regler*



- Aspekte: a) Licht: Wellenlänge, Reflexion, Beugung
 b) Nebeneffekte bei Reflexlichtschranke

ED 4 : Reflexlichtschranke a), IR-Lichtschranke b)

Um bei der Berechnung des Spulenstroms von einem homogenen magnetischen Fluß ausgehen zu können, wurde zunächst ein idealisiertes Modell der Anlage „Schwebende Kugel“ eingeführt:



Über eine Energiebilanz, wie sie explizit durch folgende Differenzialgleichung beschrieben werden kann, kommt man zu einer Größe der magnetischen Induktion B in Abhängigkeit von der Masse der „Kugel“ :

$$u * i * dt = \frac{B^2}{2 * \mu_0} * dV + m * g * dy ,$$

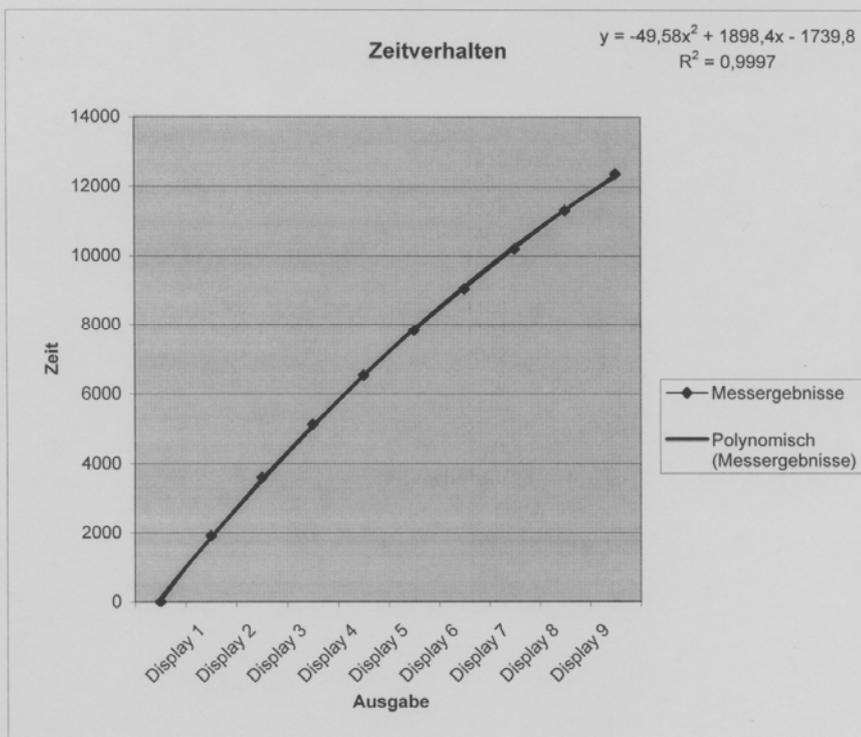
Der erste Ausdruck auf der rechten Seite der Gleichung steht für die magnetische Energie pro Volumseinheit und der zweite Ausdruck für die mechanische Energie der Kugel aufgrund einer Korrektur ihrer Position.

Die Summe der magnetischen Spannungen führt dann zur Durchflutung, über die schließlich der Spulenstrom berechnet werden kann.

ED 5 : *Ansatz zur Berechnung des Spulenstroms*

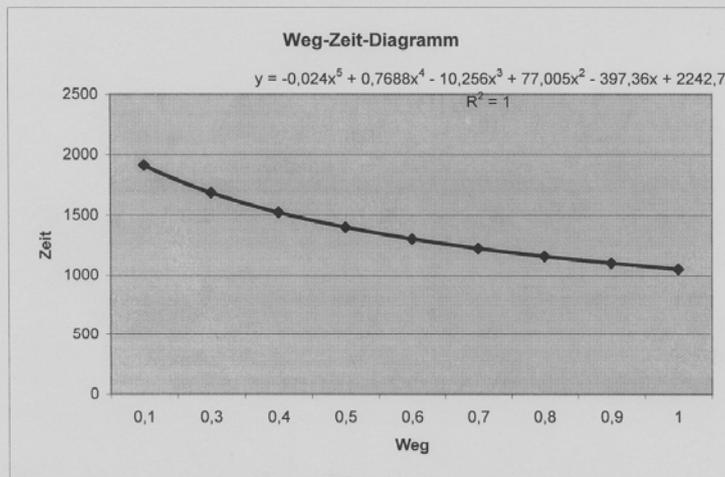
Fallversuch

Displays	Messergebnisse	Differenz
	0	1913 Erster Wert= Sensor 1 bis Sensor 2
Display 1	1913	1685
Display 2	3598	1524
Display 3	5122	1401
Display 4	6523	1304
Display 5	7827	1225
Display 6	9052	1159
Display 7	10211	1102
Display 8	11313	1052
Display 9	12365	



ED 6: **Ergebnis1 aus dem Fallversuch**

Weg-Zeit-Verhalten	
Weg [m]	Zeit (Differenz der Sensoren)
0,1	1913
0,3	1685
0,4	1524
0,5	1401
0,6	1304
0,7	1225
0,8	1159
0,9	1102
1	1052



Man erkennt, dass die Zeit bei längerem Weg kürzer wird. Dies zeigt, dass die Zeitdifferenz zwischen den Messpunkten stetig sinkt. Wenn die sich auf gleichem Weg ändert, herrscht eine Beschleunigung oder eine Verzögerung vor. In unserem Fall handelt es sich um eine Beschleunigung, da die Differenz kleiner wird.

ED 7: Ergebnis 2 aus dem Fallversuch

8.2 Fragebogen, Tagebuch

Fragebogen zum Zwecke der
Evaluierung des Projekts
„Schwebende Kugel“

Code Name L7.12

Fortsetzung: Allgemeines

Beginn der Befragung

19.03.07

Anfangs hatte ich gewisse Zweifel, ob mein Wissen und Können ausreichen würde, alle Ziele des Projekts zu erreichen:

(F1)

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Ich war von Anfang an überzeugt vom Erfolg des Projekts:

(F2)

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Im Laufe der Bearbeitung des Projekts erlebte ich eine Steigerung meiner Motivation:

(F3)

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Das Arbeiten im Team ist mir wichtig:

(F4)

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Fragebogen zum Zwecke der
Evaluierung des Projekts
„Schwebende Kugel“

Code Name G.12

Fortsetzung: Allgemeines

Beginn der Befragung

19.03.07

Anfangs hatte ich gewisse Zweifel, ob mein Wissen und Können ausreichen würde, alle Ziele des Projekts zu erreichen:

(F1)

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Ich war von Anfang an überzeugt vom Erfolg des Projekts:

(F2)

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Im Laufe der Bearbeitung des Projekts erlebte ich eine Steigerung meiner Motivation:

(F3)

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Das Arbeiten im Team ist mir wichtig:

(F4)

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Beginn der Befragung

Mir gefällt das Projekt, weil verschiedene Mechanismen vorkommen:

(F5)

trifft voll zu
trifft nicht zu

Mir gefällt das Projekt, weil verschiedene Mechanismen vorkommen:

(F6)

trifft voll zu
trifft nicht zu

Ich würde gerne an ähnlichen Projekten weiterarbeiten:

(F7)

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Ich habe Freude, dass das Projekt so weit gelungen ist:

(F8)

ja nein

Ich habe durch dieses Projekt neue Erfahrungen gesammelt:

(F9)

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Mich interessiert so ein Projekt, weil viele Aspekte aus Physik, Mathematik und Elektronik einbezogen werden:

(F10)

trifft voll zu
trifft nicht zu

Mich interessiert so ein Projekt, weil viele Aspekte aus Physik, Mathematik und Elektronik einbezogen werden:

(F11)

trifft voll zu
trifft nicht zu

Ich sehe meine Kenntnisse in Physik, Mathematik und Elektrotechnik/Elektronik als hinreichend, um das Projekt durchführen zu können:

(F12)

Nein Ja

Ich sehe meine Kenntnisse in Physik, Mathematik und Elektrotechnik/Elektronik als hinreichend, um das Projekt durchführen zu können:

(F13)

Nein Ja

Fragebogen zum Zwecke der
Evaluierung des Projekts
„Schwebende Kugel“

Code Name X.9.12

Fragebogen zum Zwecke der
Evaluierung des Projekts
„Schwebende Kugel“

Code Name LTAO

Fortsetzung : Allgemeines

Fortsetzung : Allgemeines

Beginn der Befragung 18.04.07

Beginn der Befragung 18.04.07

Nach meiner Einschätzung ...

Nach meiner Einschätzung ...

...habe ich in Relation zu meiner Ausgangssituation um etwa

...habe ich in Relation zu meiner Ausgangssituation um etwa

F14

0 10 20 30 40
 %

F14

0 10 20 30 40
 %

an Erkenntnisse dazu gewonnen.

an Erkenntnisse dazu gewonnen.

... hat sich meine Flexibilität in Bezug auf 'applications' (Material und technische Systeme) gegenüber Beginn des Projekts um etwa

... hat sich meine Flexibilität in Bezug auf 'applications' (Material und technische Systeme) gegenüber Beginn des Projekts um etwa

0 10 20 30 40
 %

0 10 20 30 40
 %

gesteigert.

gesteigert.

F15

F15

Die Zusammenarbeit mit der unterstützenden Lehrkraft hat gut funktioniert

Die Zusammenarbeit mit der unterstützenden Lehrkraft hat gut funktioniert

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

F16

F16

Ich habe von der Zusammenarbeit profitiert

Ich habe von der Zusammenarbeit profitiert

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Die Größe des Spulenstroms ist in einem geeigneten „Arbeitsbereich“ vorwiegend bestimmt durch folgende Faktoren:

Ich würde den Fallversuch auf einer Fallstrecke von 1 m lieber im Vakuum durchführen, um Einflüsse, wie z.B. durch den Luftwiderstand, zu eliminieren:

F17

F20

- a) Abstand der Kugel zum Magnet
- b) Masse der Kugel
- Sonst Windungszahl

über nicht
über

Spezielles zu energetischen Aspekten
Teil 2

Ich wähle eine schwerere Kugel (relativ große Masse), um die Fallgeschwindigkeit der Kugel an die technischen Gegebenheiten der Messanordnung anzupassen:

Ein Teil der 'Aufschlagsenergie' der Kugel im Freien Fallversuch wird verbraucht, um die Kugel auf dem gleichen Weg wieder in ihre Ausgangslage zu bringen.

F21

Nicht Ja

F18

Trifft voll zu
Trifft nicht zu

Ich würde den Fallversuch auf einer Fallstrecke von 1 m lieber im Vakuum durchführen, um Einflüsse, wie z.B. durch den Luftwiderstand, zu eliminieren:

Gib für einen 'Schweberversuch', der 1 min lang dauert, einen Zahlenwert der elektrischen Energie, die zugeführt werden muss, in Ws an:

F19

über nicht
über

..... 214 Ws

F22

Tagebuch zum Projekt,

Aufzeichnungen von September 2006 bis April 2007 über Beobachtungen Nn

1) 08.09.06

Diplomanden haben zu Teil „Freier Fall“ C-Programmierung bereits in Angriff genommen.

2) 20.09.06

Beschädigung de uC51-Moduls durch unsachgemäße Handhabung:

Empfohlene Verbesserungen:

1. kürzere Leitungen
2. Entstörkondensatoren und sehr nahe gelegene Stützkondensatoren vorsehen
3. Unsichere Schaltnetzteile meiden!

3) 16.10.06

Nach Versuchen an Reflexlichtschranken, kommt von den Diplomanden ein Vorschlag, anstelle dieser, eine IR-Schranke mit denselben Bauteilen zu konstruieren, weil dadurch die Zuverlässigkeit des Systems wesentlich erhöht werden.

4) 08.11.06

Gespräche mit Diplomanden zeigen gutes Feedback. Die Anzeigen der Speicherinhalte sind schon fester Bestandteil der Versuchsanordnungen. Die Anzeige selber soll in Form von 7-Segmentanzeigen erfolgen. Darin ist erkennbar, dass auch auf Optik Wert gelegt wird. Die Ressourcengrenzen könnten dadurch allerdings überschritten werden.

5) 14.11.06

Problem „Solarmodul, ja oder nein“. Ja, aber Spezifikation beachten.

Es wird eine zu aufwendige „Verpackung“ der Elektronik angestrebt. Rückführung auf einfachere Lösungen.

6) 27.11.06

Anzeige-Lösung „MAX 7219“ und Layoutvorlage von Dipl. XG 12 (Codename) entworfen.

7) 05.12.06

Ersten Abschnitt zur näherungsweise Berechnung des Spulenstroms Dipl. XG12 besprochen und zur Bearbeitung ein Modell übergeben. Dipl. LT10 arbeitet an der Hardware.

8) 06.12.06

Anregungen zur intensiveren Auseinandersetzung mit dem Lasttransistor (Stellglied). Diplomanden wählten ungünstige Grundschialtung „Transistor als Schalter“.

9) 07.12.06

“Tag der offenen Tür“: Präsentation des Ist-Zustandes.

10) 19.01.07

Fehler in der Anzeige

Dipl. XG12 macht den Vorschlag, in das Programm für die Anzeige der Zähler eine Fehleroutine bei einer inkorrekten Auslösung einzubauen. Ist softwaretechnisch ein sehr guter Vorschlag.

11) 21.02.07

Problem Dynamisches Verhalten der Kugel: Der Halte-Effekt ist spürbar, aber noch schwach ausgeprägt.

12) 28.02.07

Hinweis... der vermeintliche Arbeitspunkt ist für den Haltezustand der Kugel nicht geeignet, weil ein idealer PD-Regler nicht stabil sein kann. Vorschlag: PD-Regler mit Verzögerung erster Ordnung betrachten. Polplan beachten!

13) 14.03.07

Dipl. haben die Funktion des klassischen PD-Reglers (z.B. Parallelschaltung des P- und des D-Anteils) experimentell auf das dynamische Verhalten der Kugel abgestimmt. 2. Typ (PD-Regler mit einem OP!) noch nicht realisiert. Dipl. haben Einfluss des Fremdlichtes zuwenig Bedeutung beigemessen. Vorschlag: Das Licht mehr bündeln!

Dipl. ist der Einfluss des D-Teils noch nicht gänzlich bewusst. Hinweis: Kapazität des Kondensators verringern, um das „Zittern“ der Kugel auszuschalten.

14) 21.03.07

Regelung ist fein abgestimmt:Kugel schwebt.

15) 28.03.07

Abschlussarbeiten.

16) 04.04.07

Regelung als gedruckte Schaltung wird zu „wilden“ Schwingungen angeregt. Empfohlene Abhilfe: Leitungsverlegung überdenken. Dabei wichtige Parameter berücksichtigen. Diplomanden stellen außerdem fest, dass auch lange nicht-geschirmte Leitungen zu Störungen führen können.

Weiterführende Idee von Dipl. angeregt: Analoge Regelung durch eine digitale ersetzen!

17) 11.04.07

Platinen neu gestaltet. Schwingungen eliminiert. Große Zufriedenheit seitens der Diplomanden erkennbar. Äußeres Aussehen der Versuchsanordnung (Fallversuch und Schwebende Kugel in Einem) wird noch verbessert:

z.B.: „Elektronik in ein Gehäuse...“, „Freie Leitungen in Kanäle..“. Zusätzliche Datenübertragung auf PC realisiert!! Die Motivation kennt beinahe keine Grenzen.

18) 18.04.07

Inhaltliche Präsentation vor der gesamten Klasse (Referat, Beamer).

19) 25.04.07

Präsentation der Versuchsanordnung und ihre Ergebnisse.

