

Erfahrungen aus einem offenen Praktikum für Lehramtsstudenten

Thomas Wilhelm, Wolfgang Reusch, Dieter Heuer

Lehrstuhl Didaktik der Physik, Am Hubland, 97074 Würzburg

Kurzfassung

Am Lehrstuhl für Didaktik der Physik an der Universität Würzburg wird seit 15 Jahren (meist zweimal im Jahr) ein offenes Praktikum zu Schulversuchen für Studierende des Lehramts an Gymnasien durchgeführt. Die Studenten bekommen dabei lediglich Themengebiete vorgegeben und müssen zunächst entscheiden, welche Versuche sie dazu mit welchen Mitteln durchführen wollen. Ihnen steht eine große Physiksammlung zur Verfügung, aus der sie selbst die passenden Geräte auswählen müssen. Über Erfahrungen mit diesem offenen projektartigen Praktikum sowie Vor- und Nachteile wird berichtet. In den letzten zehn Jahren sollten die Studenten am Ende jeweils einen Fragebogen zum Praktikum ausfüllen, in dem sie die Praktikumskonzeption beurteilen. Über die Ergebnisse dieser Umfrage wird ebenfalls berichtet und daraus werden Forderungen für die Zukunft abgeleitet.

1. Einführung

Im Referendariat erleben die ehemaligen Studenten häufig einen Praxisschock. Merzyn hat in einer Untersuchung von Physikreferendaren vier Gruppen von Schwierigkeiten ermittelt, denen die Referendare gegenüberstehen, wobei eine Gruppe durch den Begriff „Zeitdruck“ charakterisiert wird [1, S. 6]. So kostet insbesondere die experimentelle Unterrichtsvorbereitung den jungen Lehrern viel Zeit. Nach Merzyn ziehen sich die Klagen über gravierende Mängel bei der Ausbildung im Experimentieren durch das ganze 20. Jahrhundert [2, S. 82+138]. „Die Kritik gründet wesentlich - neben mangelnder Vertrautheit mit schulüblichem Gerät - darauf, dass die Lehramtsstudenten in ihrem Studium experimentell nie oder fast nie zu selbständigem Arbeiten kommen“ [2, S. 82]. Im traditionellen Grundpraktikum an Universitäten werden fertige Versuchsaufbauten und kochbuchartige Anweisungen vorgegeben. Die Umstellung im Referendariat ist dann groß, denn ein Lehrer muss selbst entscheiden, welche Experimente er mit welcher Fragestellung vorführt. Des Weiteren muss er selbst aus der Physiksammlung geeignete Geräte auswählen und diese in der Regel ohne Anleitung kombinieren. Schließlich muss er eine Fehlersuche betreiben, die hohe Anforderungen an das Fachwissen stellt. So ist es nicht verwunderlich, dass Physikfachleiter in den Studienseminaren die experimentelle Ausbildung im Studium schlecht bewerten und einen erheblichen Teil der Fachseminarsitzungen auf deren Schulung verwenden [2, S. 138+139].

Dabei zeigen Untersuchungen, dass die Erwartungen an die Lernergebnisse nur sehr unvollkommen erfüllt werden, wenn in den Vorgaben alles detailliert festgelegt ist. Denn häufig werden damit bereits alle wesentlichen Momente des Experiments erfasst [3, S. 304]. Der Student im Anfängerpraktikum wird so

kognitiv entlastet und bearbeitet die Aufgaben daher nur oberflächlich und aktiviert dadurch nicht unbedingt komplexe physikalische Konzepte zur Handlungsregulation [4, 5].

Man muss also unterscheiden, welches Experimentierverhalten im Praktikum verlangt wird. Horstendahl [6, 159 f.; 3, S. 308] unterscheidet drei Arten: Beim imitatorischen Experimentieren arbeitet der Student eine Versuchsanleitung ab, indem er die angegebenen Geräte der Anweisungen aufbaut und die geforderten Messungen durchführt. Dies entspricht den typischen universitären Praktika. Beim organisierenden Experimentieren muss der Student die zur Verfügung stehenden Geräte selbstständig zu einem Versuchsaufbau zusammenfügen, und Messungen durchführen. Beim konzeptuellen Experimentieren muss der Student erst selbst Hypothesen erarbeiten und einen Versuchsaufbau konstruieren. „Im Sinne naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen erscheint konzeptuelles Experimentieren besonders wünschenswert“ [3, S. 308].

2. Zielsetzungen

Am Lehrstuhl für Didaktik der Physik an der Universität Würzburg wird seit 15 Jahren (meist zweimal im Jahr) ein offenes Praktikum zu Schulversuchen von Studierenden des Lehramts an Gymnasien (6. bis 8. Fachsemester) durchgeführt. Die Studenten bekommen dabei lediglich Themengebiete vorgegeben und müssen zunächst entscheiden, welche Versuche sie mit welchen Mitteln durchführen wollen. Dazu steht ihnen eine große Physiksammlung zur Verfügung, aus der sie selbst die passenden Geräte auswählen müssen. Sie sind hier also ganz gezielt vor die gleiche Situation gestellt, in der sie sich später als Lehrer täglich befinden werden: Unter Berücksichtigung der schulüblichen Randbedingungen müssen sie Experimente aussuchen bzw. auch

selbst konzipieren und mit schulüblichem Experimentiergerät aufbauen und durchführen – allerdings ohne Zeitdruck und mit Betreuung. Es handelt sich bei dieser Art des Experimentierens also um konzeptuelles Experimentieren. Da die Studenten eigentlich das nötige Fachwissen mitbringen sollten, sie mindestens eine Einführungsvorlesung in die Methodik des Physikunterrichts gehört haben und nur Versuche für den Schulunterricht durchgeführt werden, sollte dies keine Überforderung darstellen.

Ein grundsätzliches Ziel ist es dabei, dass die Studierenden lernen, ein Experiment und seine technische Realisierung immer in Verbindung zu der unterrichtlichen Zielsetzung, zu den anvisierten Inhalten sowie dem möglichen methodischen Vorgehen zu sehen. Die damit verbundene Komplexität an geeigneten Stellen bewusst zu machen, ist ein wichtiger Schritt, damit die Bedeutung der technischen Realisierung und ihre evtl. Perfektionierung nicht verabsolutiert werden.

Um die Präsentation der Experimente zu üben und zu verbessern, werden ausgewählte Experimente in Form eines Demonstrationsvortrags vorgestellt. Die Bedeutung des Experiments für den Unterricht und didaktische Überlegungen zur Auswahl, Gestaltung und Durchführung der Experimente sollen während des Praktikums bedacht werden und in der Präsentation explizit thematisiert werden. Die Präsentation wird dann gemeinsam besprochen.

Außerdem soll im Praktikum auch die Chance genutzt werden, eventuell bei der Vorbereitung auftretende Defizite in der Physik oder in der Fachdidaktik aufzuarbeiten. Die schriftliche Ausarbeitung soll schließlich die Möglichkeit bieten, einmal physikalische Sachverhalte selbst zu formulieren und die didaktischen Gesichtspunkte zu diskutieren.

3. Ablauf

Das Praktikum wird in Zweiergruppen durchgeführt und jede Gruppe bearbeitet vier Themenbereiche. Jeder Themenbereich umfasst dabei eineinhalb Tage, wobei ein Tag zum freien Experimentieren und ein halber Tag zur Vorbereitung, Durchführung und Diskussion der abschließenden Präsentationen dient. Die Themen sind z.B. Strahlenoptik, Wellenoptik, Mikrowellen, newtonsche Gesetze, mechanische Schwingungen, mechanische Wellen, Wärme, Magnetismus, Induktion, elektrische Motoren/Generatoren, elektrisches Feld oder elektrische Schwingungen.

Die erste Praktikumseinheit mit dem Thema „Rechnereinsatz“ nimmt eine Sonderstellung ein. In der Vorbereitung auf dieses Praktikumsthema haben die Studierenden die Aufgabe, kurze Einführungen in dieses Thema durchzuarbeiten. Im Praktikum wird dann in die Bedienung einer Messwerterfassungssoftware und seit ca. fünf Jahren auch in eine Software zur graphischen Modellbildung eingeführt. Dabei wechseln sich noch stärker geführte Abschnitte mit freierem Arbeiten ab. Die drei weiteren The-

menbereiche für die drei verbleibenden Praktikumseinheiten sind von Gruppe zu Gruppe verschieden, wobei jede Gruppe drei Aufgabenstellungen aus unterschiedlichen Bereichen der Physik (Mechanik, E-Lehre, Optik, Wärmelehre, Atom- Kernphysik) bearbeitet und kein Thema doppelt vergeben wird.

Da die Studenten die Themen bereits etliche Wochen vor dem Praktikum bekommen, haben sie Zeit, sich zu den Themen Gedanken zu machen. Um die Vorstellungen der Studierenden für die Auswahl und Gestaltung der Experimente nicht vorzeitig einzuzengen, ist es empfehlenswert, dass sie zu einem Versuchsthema zuerst unabhängig von der Literatur ihre eigenen Ideen sammeln und fixieren. Dann sollen sie in Lehrplänen, Schulbüchern oder eigenen Schulheften nachschauen, welche Versuche sie zu ihrem Thema in Abhängigkeit von der Jahrgangsstufe finden. Weitere Anregungen können sie sich aus Versuchshandbüchern, Universitätslehrbüchern und aus der didaktischen Literatur holen. Da die Erfahrung gezeigt hat, dass manche Studenten sich dann für das Praktikum Versuche aussuchen, die mit schulüblichen Mitteln nicht oder im anderen Extrem in sehr kurzer Zeit durchführbar sind, oder am gestellten Thema vorbei planen (z.B. Verwechslung Schwingung – Wellen) wurde eingeführt, dass bereits vor dem Praktikum eine kurze formlose Liste der geplanten Versuche abzugeben ist.

Im Praktikum selbst sollen unterschiedliche Experimente (Freihand-, Einstiegs-, qualitative sowie quantitative Versuche einschließlich Messwerterfassung mit dem Computer) zum Themenbereich aufgebaut und durchgeführt werden. Aus der Gesamtheit der Experimente ist dann eine geeignete Auswahl für die Präsentation zu treffen und aufzubereiten. Die Präsentation soll pro Gruppe auf ca. 15 Minuten angelegt sein, im direkten Anschluss erfolgt jeweils die gemeinsame Besprechung. Die Präsentationen werden mit Video aufgezeichnet, in Einzelfällen kann die Analyse der Präsentation auch anhand der Aufzeichnung erfolgen. Die Studenten nehmen sich erfahrungsgemäß gerne diese Aufzeichnung mit nach Hause. Adressaten der Präsentationen sind allerdings die Praktikumsmitglieder, es soll und kann sich nicht um einen Ausschnitt einer Schulstunde handeln. Dabei soll das Experiment im Vordergrund stehen, während theoretische Herleitungen zu vermeiden sind. Allerdings sollen die zum Experiment benötigten physikalischen Grundlagen (Vereinfachungen, Grenzen usw.) mitgeteilt und erläutert werden. Außerdem sollen relevante didaktische Überlegungen angesprochen werden (siehe Abschnitt 2) und Besonderheiten bei der Vorbereitung und Durchführung von Experimenten (spezielle Tipps und Tricks) aufgezeigt werden.

4. Erfahrungen

Die Studenten sind in der Regel mit großer Begeisterung und Engagement beim Praktikum dabei. Es tauchen jedoch immer wieder ähnliche Schwierig-

keiten auf. So stellen die Studenten immer wieder fachliche Lücken fest. Dies ist nicht verwunderlich, da fast nur die klassische Experimentalphysik benötigt wird, die in den ersten drei Semestern gehört wurde. Vieles wurde davon wieder vergessen oder nie verinnerlicht, anderes wurde aus Zeitgründen nur kurz behandelt. Die weiteren Vorlesungen zu moderner Experimentalphysik und theoretischer Physik helfen dagegen für die meisten Schulversuche nicht. Ganz besondere Abneigung scheinen ein Großteil der Studenten vor der Elektrizitätslehre und insbesondere der Elektronik zu haben, so dass z.B. kaum Studenten das Thema „Transistor“ bearbeiten wollen. Hier liegen sicher auch Mängel in der Ausbildung vor.

Ein spezielles, sehr häufiges Problem ist, dass vielen Studenten überhaupt nicht klar ist, dass sich Spannungsquellen unterscheiden und die Angabe 5 V nicht ausreicht. So werden für Elektronikversuche, die eine perfekte Gleichspannung benötigen, eine pulsierende Gleichspannungsquelle verwendet oder für Versuche, die einen hohen Strom benötigen, kleine Spannungsquellen mit maximal 0,5 A. Der simple Hinweis, dass die abgebbare Leistung eines Netzgerätes mit dessen Masse korreliert, hilft den Studenten bereits, häufiger die richtige Spannungsquelle zu wählen.

Erfreulich ist, dass die Studenten nicht nur Standardversuche aufbauen, sondern immer wieder eigene Ideen entwickeln und eigene Versuche konzipieren - qualitative wie quantitative. Auch Anregungen aus der neueren didaktischen Literatur, die die Betreuer ins Gespräch brachten, wurden immer wieder gerne aufgegriffen, wie z.B. kostengünstige Versuche mit technischen Geräten aus dem Alltag [7, 8, 9] oder eine automatische Videoanalyse [10, 11] einer Schwingung einer Flüssigkeitssäule im U-Rohr oder eines Chaospendels. Interessant war z.B. eine große, mit Wasser gefüllte PET-Flasche als Pendelkörper, deren Masse sich durch das Auslaufen ständig verringerte. Beim Aufbau als Fadenpendel zeigte die Videoanalyse, dass die Schwingungsdauer unverändert bleibt, während bei einem Aufbau als Federpendel eine abnehmende Schwingungsdauer und ein Anstieg der Ruhelage durch die automatische Videoanalyse sichtbar wurden. Auch eine graphische Modellbildung stieß auf Interesse und es wurden sogar Videos mit einer Modellbildung verglichen, z.B. wurde ein Video eines Wagens auf der schiefen Ebene mit Reflexion am Ende im gleichen Programm (PAKMA) mit der Animation einer Modellbildung verglichen [12].

Einige Ideen der Studenten waren so gut, dass sie bereits veröffentlicht wurden. Dazu gehören Veröffentlichungen auf CD (z.B. Messung des Wirkungsgrades eines Gleichstrommotors [13] und Aufbau einer Spannungswaage [13]), auf einer Homepage (mechanische Meissnersche Rückkopplungsschaltung [14]) oder in Zeitschriften (z.B. kontaktloser

Energietransport bei der elektrischen Zahnbürste [15]).

Insgesamt äußern sich die Studenten stets sehr positiv über das Praktikum und sagen, dass dies eine der ganz wenigen Veranstaltungen sei, die etwas mit ihrem späteren Beruf zu tun hat. Die meisten wünschen sich mehr solcher Praktika mit Schulversuchen. So schlagen sie vor, mehr solche Praktika anstelle des Grund- und Fortgeschrittenenpraktikums anzubieten. Dadurch, dass sie bei diesem Praktikum die Versuche selbst konzipieren und die Geräte selbst auswählen müssen, haben sie ihrer Ansicht nach auch viel Fachliches gelernt.

5. Statistische Auswertung des Fragebogens

Seit 1994 haben die Studenten jeweils nach dem Praktikum einen Fragebogen zur Evaluation ausgefüllt (22 Durchführungen in 12 Jahren mit insgesamt 230 Studenten und 203 ausgefüllten Fragebögen). Bei den meisten Items hatten sich die Studenten auf einer siebenstufigen Skala zwischen einer positiven Eigenschaft (+3) und deren Gegenteil bzw. deren Verneinung (-3) zu entscheiden. Im Folgenden wird der Mittelwert aus den Mittelwerten der einzelnen Praktika angegeben. Damit werden zwar nicht die einzelnen Studenten gleich gewichtet, aber die einzelnen, zum Teil etwas unterschiedlichen Durchführungen.

Nach diesen Angaben hielten die Studenten die freie Wahl von Versuchen zu einem Thema für motivierend (2,3!), für inhaltlich anregend (2,0) und für unterrichtsrelevant (2,0). Das selbstständige Konzipieren eines Versuches mit eigener Auswahl von Versuchsgeräten wurde für herausfordernd (1,8) und lehrreich (2,4!) gehalten. Auch das Präsentieren von Versuchen vor der Praktikumsgruppe wurde für motivierend (1,3) und lehrreich (1,7) gehalten und für den späteren eigenen Unterricht für relevant (1,5) angesehen. Das spätere Ansehen der eigenen Präsentation auf dem Video wurde dabei für interessant (1,2), lehrreich (1,4) und für den späteren Unterricht für relevant (1,0) angesehen.

Einige Items betrafen den Rechneinsatz im Praktikum. Dieser wurde von den Studenten als interessant (1,7), lehrreich (1,7) und für den Physikunterricht relevant (1,1) angesehen. Die Offenheit der eingesetzten Software PAKMA, die im Vergleich zu anderer Software sehr viele Möglichkeiten bietet und damit auch mehr Anforderungen an den Benutzer stellt, wurde als nützlich gehalten (1,5). Der Umgang mit dem Rechner wurde entsprechend im Durchschnitt nicht für einfach gehalten (0,3), aber auch nicht für schwierig.

Schließlich enthielt der Fragebogen noch einige Items, bei denen die Studenten auf einer siebenstufigen Skala (von -3 bis +3) zwischen zwei extremen Beschreibungen wählen sollen (positiv ist also nahe Null). Hier gaben die Studenten an, dass sie die Zeit für ein Praktikumsthema (eineinhalb Tage) weder für „sehr reichlich“ (+3) noch für „sehr knapp“ (-3),

sondern für angemessen bis reichlich halten (0,4). Die wünschenswerte Anzahl der Praxiseinheiten (bisher vier) wird auf der Skala von „größer“ (+3) bis „kleiner“ meist mit richtig (0) oder etwas größer (+1) (Durchschnitt 0,4) angegeben. Die gebotene technische Hilfestellung der Betreuer sowie die durchgeführte Beratung der Betreuer hatte aus Studentensicht das richtige Maß. Die Studenten schätzten es durchaus, an einem Problem einige Zeit zu kämpfen, ohne gleich eine Lösung präsentiert zu bekommen. Dennoch waren die meist zwei Betreuer bei den meist fünf Gruppen permanent im Einsatz, da auch Versuche durchgeführt wurden, die die Betreuer herausforderten. So werden erfahrene Betreuer benötigt, die außer gutem fachlichem Wissen auch Erfahrung mit Schulversuchen brauchen. Des Weiteren ist ein Laborant sinnvoll, der sofort defekte Geräte reparieren kann und beim Suchen und Aufräumen der vielen Geräte helfen kann. Hier sollte also keineswegs im Zuge allgemeiner Sparanstrengungen gekürzt werden.

Die Anmerkungen der Studenten im freien Antwortformat sind sehr heterogen und betreffen insbesondere die eingesetzte Software. Einmal wurde das Praktikum verteilt über etliche Nachmittage während der Vorlesungszeit durchgeführt, was von den Studenten als negativ beurteilt wurde.

6. Weitere Verbesserungsvorschläge

Auch wenn viele Reaktionen der Praxisteilnehmerinnen und Teilnehmern recht positiv sind, hat das Praktikum unserer Ansicht doch bisher noch einen Schwachpunkt: die didaktische Reflexion über die Versuchsideen kommt noch zu kurz. Wir haben den Studentinnen und Studenten schon vorgeschlagen, bei der Sichtung ihrer Versuchsideen zur Versuchsplanung Vor- und Nachteile in Bezug auf den unterrichtlichen Einsatz in Stichworten mit zu notieren. Da dies bisher praktisch nicht umgesetzt wurde, sollte diese schriftlich fixierte Reflexion in Form von Stichworten für alle verpflichtend werden und jeweils vor der Versuchsdurchführung eine Kopie davon abgegeben werden. In der Ausarbeitung zu dem Versuchsthema sollten dann auch die didaktischen Vorüberlegungen ausformuliert und die während der Arbeit und durch die Präsentation mit der Besprechung neu gewonnenen didaktischen Aspekte stärker mit dargestellt werden.

7. Eine neue Herausforderung

Eine neue Situation ergibt sich dadurch, dass die Studenten seit Kurzem in Bayern in der mündlichen Staatsexamensprüfung im Fach Didaktik der Physik zu einem vorgegebenen Thema einen Versuch durchführen und diskutieren sollen, den sie vorher aufbauen müssen. Zur Vorbereitung auf diese Prüfung wäre unter dem Aspekt, alle „wichtigen“ Versuche selbst durchgeführt zu haben, sicher ein herkömmliches Praktikum zu Schulversuchen mit deren Demonstration ein hilfreiches Vorgehen, wobei aber

die eigene Auseinandersetzung mit didaktischen und methodischen Aspekten zu kurz käme. Da die Lehramtsstudenten aber den Wert des bisherigen projektartigen Praktikums für das spätere Berufsleben schätzen, wünschen sie sich beide Arten von Praktika.

Wenn man beide Versuchschancen umsetzen möchte, bietet sich eine teilweise Umwandlung des bisherigen Anfängerpraktikums an, in dem dann noch stärker klassische Schulversuche einbezogen werden. Dieses ist natürlich dadurch, dass alle Studenten die gleichen Anleitungen abarbeiten weit weniger betreuungsintensiv, auch bei großen Studentenzahlen durchführbar und Kosten sparender. Dennoch bleibt die Hoffnung, dass das Studium sich doch so verändert, dass es die zukünftige Tätigkeit der Lehramtsstudenten mehr in den Blick bekommt und auf die Anforderungen als Physiklehrer vorbereitet. Dazu ist es wichtig, dass die Studenten Möglichkeiten zu eigenständigem Experimentieren erhalten und die Lernsituation der späteren Berufssituation ähnelt.

8. Literatur

- [1] Merzyn, G. (2005): Junge Lehrer im Referendariat – In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 58, Heft 1, S. 4 – 7
- [2] Merzyn, G. (2004): Lehrerbildung - Bilanz und Reformbedarf. Ein Überblick über die Diskussion, Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler
- [3] Fischer, H. E.; Draxler, D. (2002): Konstruktion und Bewertung von Physikaufgaben – In: Kircher, E.; Schneider, W. B. (Hrsg.): Physikdidaktik in der Praxis, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 300 – 322
- [4] Hücke, L. (2000): Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computer-gestützten Experimenten des physikalischen Praktikums, Logos-Verlag, Berlin
- [5] Hücke, L.; Fischer, H. E. (2001): Fachdidaktische Forschung zur Verbesserung der experimentellen naturwissenschaftlichen Ausbildung – Eine Untersuchung im physikalischen Anfängerpraktikum – In: Finkbeiner, C.; Schnaitmann, G. W. (Hrsg.): Lehren und Lernen im Kontext empirischer Forschung und Fachdidaktik, Reihe Innovation und Konzept, Auer Verlag, Donauwörth, S. 496 – 517
- [6] Horstendahl, M. (1999): Motivationale Orientierung im Physikunterricht, Logos-Verlag, Berlin
- [7] Eckert, B.; Stetzenbach, W.; Jodl, H.-J. (2000): Low Cost-High Tech. Freihandversuche Physik, Aulis Verlag Deubner, Köln
- [8] Wilhelm, T. (2002): Beispiele für Freihandversuche zu ausgewählten Themen des Physikunterrichts am Gymnasium (Physik), Beiträge zur Gymnasialpädagogik 26, herausgegeben von der Referendarvertretung im Bayerischen Philologenverband, München

- [9] Berger, R. (2002): Das Mikrowellengerät - ein interessanter Küchenhelfer – In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 51, Heft 2, S. 9 – 17
- [10] Suleder, M.; Heuer, D. (2002): Automatische Videoanalyse– In: Nordmeier, V. (Red.): Didaktik der Physik. Beiträge zur Frühjahrstagung der DPG Leipzig 2002, Münster
- [11] Wilhelm, T.; Geßner, T.; Suleder, M.; Heuer, D. (2003): Sportaktivitäten vielseitig analysieren und modellieren – Video und Messdaten multimedial aufbereitet - In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 52, Nr. 2, S. 23 – 30
- [12] Suleder, M.; Wilhelm, T.; Heuer, D. (2004): Neue Möglichkeiten durch Kombination von Videoanalyse und Modellbildung – In: Nordmeier, V. (Red.): CD zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
- [13] Heuer, D. et al. (2003): Dorn.Bader Physik Sek II. PAKMA 2002, CD-ROM, Schroedel-Verlag, Hannover, ISBN : 3-507-10729-5
- [14] Mechanische Meißnersche Rückkopplung (1996): <http://didaktik.physik.uni-wuerzburg.de/software/mmr/>
- [15] Reusch, W. (2000): Hochfrequenz- und Resonanztransformator - Kontaktloser Energietransport bei der elektrischen Zahnbürste - In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik, Ausg. 3/49, S 38-39, Aulis Verlag Köln

9. Adresse

StR Thomas Wilhelm, AOR Wolfgang Reusch, Prof.
Dr. Dieter Heuer, Lehrstuhl für Didaktik der Physik,
Physikalisches Institut der Universität Würzburg,
Am Hubland, 97074 Würzburg, Tel. 0931/888-5788
wilhelm@physik.uni-wuerzburg.de,
reusch@physik.uni-wuerzburg.de,
heuer@physik.uni-wuerzburg.de