

Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung  
von Unterricht in der Sekundarstufe I

**Physik**

Materialien zum Themenbereich

**Aufgabenvorschläge zur Steigerung  
der Qualität des Physikunterrichts  
und Hinweise zum unterrichtlichen Einsatz**

Herausgegeben vom

Bei diesem Material handelt es sich  
um eine 1. Erprobungsfassung, die im  
Laufe der Maßnahme weiterentwickelt wird.

Landesinstitut für  
Schule und Weiterbildung **NRW.**

<b>1</b>	<b>Einleitung: Einführung in Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung.....</b>	<b>5</b>
1.1	Qualität als gemeinsame Aufgabe.....	7
1.2	Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung als schulspezifischer Prozess .....	8
1.3	Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung als kontinuierlicher Prozess.....	9
1.4	Die Materialreihe „Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung von Unterricht in der Sekundarstufe I.....	9
1.5	Aufbau und Struktur der Materialien im Fach Physik.....	10
<b>2</b>	<b>Peter Labudde: Forschung und Schulpraxis - Zehn Thesen zur Steigerung der Effizienz des naturwissenschaftlichen Unterrichts .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Weiterentwicklung der Aufgabenkultur als Beitrag zur Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung des Physikunterrichts .....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>Hans E. Fischer: Einführung in die Konstruktion und Bewertung von Physikaufgaben zur Verbesserung des Physikunterrichts .....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>Aufgabenvorschläge zur Steigerung der Qualität des Physikunterrichts.....</b>	<b>55</b>
5.1	Einführung in die Aufgabenvorschläge.....	57
5.2	Das Mindener Wasserstraßenkreuz - Das größte Wasserstraßenkreuz der Welt .....	59
5.3	Rund um das Hookesche Gesetz .....	75
5.4	Die Lösung: Untersee als Energiespeicher für Bielefeld .....	89
5.5	Elektrizitätslehre: Widerstände .....	117
5.5.1	Heißleiter und Kaltleiter; nichtlineare Widerstände.....	120
5.5.2	Sicherung und Strombegrenzer .....	125
5.5.3	Längen- und Querschnittsabhängigkeit von Drähten .....	134
5.5.4	Parallel- und Reihenschaltung.....	138
5.6	Transport elektrischer Energie - möglichst sparsam .....	157
5.7	Kann man in Luft schwimmen? - Entwicklung einer Messvorschrift am Beispiel des Auftriebs in Gasen.....	171
5.8	Optische Instrumente .....	178
<b>6</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>195</b>
6.1	Qualität von Schule und Unterricht - Basismaterial zur Orientierung.....	198
6.2	P. Labudde: Selbstständig lernen - Eine Chance für den Physikunterricht .....	214
6.3	Die Grundkonzeption des BLK-Programms .....	220
6.4	Die naturwissenschaftlichen Fächer im Rahmen einer modernen Allgemeinbildung .....	235
<b>7</b>	<b>Literaturliste .....</b>	<b>241</b>

## **2. Peter Labudde:**

**Forschung und Schulpraxis -  
Zehn Thesen zur Steigerung  
der Effizienz des naturwissen-  
schaftlichen Unterrichts**

## Forschung und Schulpraxis - Zehn Thesen zur Steigerung der Effizienz des naturwissenschaftlichen Unterrichts

Peter Labudde (Universität Bern, Höheres Lehramt)<sup>1</sup>

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Kolleginnen und Kollegen,

der Titel meines Vortrages lautet: Forschung und Schulpraxis - Zehn Thesen zur Steigerung der Effizienz des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Ich möchte eine kleine Vorbemerkung machen zum Wort *Effizienz*: Effizienz heißt für mich in diesem Zusammenhang zweierlei:

- I *Effizienz* im Hinblick auf Kinder und Jugendliche, die später nicht ein mathematisch-naturwissenschaftlich-technisches Studium oder nicht einen derartigen Beruf ausüben werden, andererseits auch Effizienz in Bezug auf Kinder und Jugendliche, die einen Beruf in diese Richtung wählen werden.
- II *Effizienz* unter verschiedenen Perspektiven, die Unterricht haben kann.
  - 1) Auf das Wissen bezogen, die kognitive Perspektive,
  - 2) auf die affektive Perspektive, ich denke hier an Interesse, an lebenslange Auseinandersetzung mit den Naturwissenschaften oder auch Interesse und den Willen für umweltgerechtes Handeln,
  - 3) eine weitere Perspektive, die soziale Perspektive.

Also, im Hinblick auf diese drei Perspektiven ist die Effizienz wichtig, bezogen auf die beiden Personengruppen, die ich erwähnt habe.

Ich habe zehn Thesen formuliert. Sie haben diese zehn Thesen vor sich:

<b>Forschung und Schulpraxis: Thesen zur Steigerung der Effizienz des naturwissenschaftlichen Unterrichts</b>
1. Integration des Vorverständnisses
2. Selbstverantwortung der Lernenden
3. Lebensweltlicher Bezug im systematischen Wissensaufbau
4. Authentische, offene Probleme
5. Kooperation, Kommunikation und Disput der Lernenden
6. Repertoire von Unterrichtsmethoden
7. Förderung von Mädchen und Jungen
8. Neukonzeption der Prüfungskultur
9. Autonomie und Eigenverantwortung der Lehrpersonen
10. Evolution des Schul- und Unterrichtsverständnisses von Lehrkräften

<sup>1</sup> Vortrag gehalten am 10. Nov. 1998 in Dortmund an der Fachtagung „Sicherung und Entwicklung der Qualität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts an allgemeinbildenden Schulen.“

Ich werde sie im Verlaufe des Vortrages durchgehen. Jede These oder jeweils zwei dieser Thesen will ich mit der Praxis verknüpfen und konkrete Beispiele aus dem Unterricht, meinem Unterricht - ich habe während sieben Jahren Mathematik, Physik und Chemie unterrichtet - bringen sowie Beispiele aus der Praxis der Grundausbildung und Weiterbildung von Lehrkräften. Und ich werde an einzelnen Stellen Forschungsergebnisse aus internationalen Projekten einflechten.

**These 1:** Kommen wir zur ersten These:

### **Integration des Vorverständnisses**

Ich verstehe Folgendes darunter:

**Das Individuum findet im naturwissenschaftlichen Unterricht immer wieder Gelegenheit, sein individuelles Vorverständnis explizit einzubringen und zu artikulieren.**

**Das Vorverständnis - aus dem Alltag und aus früherem Unterricht - umfasst konzeptionelles und methodologisches Wissen, die Alltagssprache, Interessen, Einstellungen und Gefühle.**

Mir sind folgende Punkte hier wichtig. Erstens, das Wort *explizit*. Die Jugendlichen, die Kinder sollen in unserem Unterricht, im Mathematikunterricht, im Biologie-, Physik-, Chemieunterricht explizit die Möglichkeit erhalten, ihr Vorverständnis, ihr Vorwissen einbringen zu können. Dass wir sie als Lehrkräfte fragen, was wisst ihr zu diesem Thema schon, was für Fragen habt ihr an dieses Thema?

Der zweite Punkt, der mir wichtig ist: So wie hier das Wort *Vorverständnis* gebraucht wird, umfasst es einerseits die kognitive Seite und andererseits Interessen, Einstellungen und Gefühle. Es wurde heute Morgen bei Herrn Törner schon angesprochen, die Einstellungen von Kindern oder Jugendlichen gegenüber unseren Schulfächern können sehr positiv sein, aber auch sehr negativ. Auch das gilt es im Unterricht zu berücksichtigen.

**These 2:** Die zweite These:

### **Selbstverantwortung der Lernenden**

**In einer von der Lehrperson vorstrukturierten Umgebung generiert das Individuum neues Wissen in zunehmender Selbstverantwortung:**

**Es setzt sich Lernziele, reflektiert und kontrolliert Lernprozesse und -resultate. Damit erwirbt das Individuum sowohl Sach- wie auch Selbstkompetenz.**

Ich meine damit Folgendes: Dass die Lernenden wohl von uns Lehrkräften angeleitet werden und dass wir Lernprozesse, Lehrprozesse vorstrukturieren, aber dass es Freiräume gibt, in denen Jugendliche oder Kinder selbstverantwortlich lernen können.

Beide Elemente oder beide Thesen, die ich jetzt aufgeführt habe, die Integration des Vorverständnisses wie auch die zunehmende Selbstverantwortung, sind für mich Kernpunkte eines so genannten konstruktivistischen Ansatzes. Und wenn man, das wurde heute verschiedentlich genannt, nach Japan schaut, dann scheint es, dass in Japan der Unterricht vielleicht deswegen eine höhere Effizienz hat, jetzt bezogen auf die TIMSS-Resultate, weil dort Kinder und Jugendliche mehr die Möglichkeit haben, ihre Selbstverantwortung und ihr Vorverständnis zu integrieren in den Unterricht. Und das scheint keine Frage der Klassengröße zu sein, in Japan finden Sie 40 bis 50 Lernende in einer Klasse.

**Beispiel:** Ich möchte das an einem Beispiel zeigen: Anknüpfen an das Vorverständnis und Selbstverantwortung der Lernenden.

Zum Thema „Beschleunigung“, einer der Grundbegriffe in der Physik in der Sekundarstufe I wie in der Sekundarstufe II. Die Beschleunigung und die entsprechenden Formeln, die dort erarbeitet werden, kann man verschieden einführen. Bei der gleichmäßig beschleunigten Bewegung kann ich zum Beispiel folgende Formel an der Tafel herleiten:  $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ . So kann man Physik unterrichten. Aber was hat das mit dem Vorwissen der Jugendlichen, mit Selbstverantwortung zu tun? Man kann es anders machen, und in unseren Schulen heute, und vermutlich auch in Ihren Schulen heute, wird es irgendwie so gemacht: Eine Luftkissenbahn, ein Reiter darauf, der Reiter wird durch Gewichte hier gezogen. Man kann das mit Lichtschranken messen. Dahinter ist heutzutage noch ein Computer geschaltet und über die Lichtschranken wird die Bewegung dann entsprechend aufgezeichnet. Große Freude bei der Lehrkraft und auch Freude bei den Schülern. Aber wo bleibt hier das Anknüpfen an das Vorverständnis der Jugendlichen?

In meinem Unterricht habe ich es anders gemacht. Ich bin mit den Jugendlichen auf den nahe gelegenen Bahnhof gegangen. Und wir haben hier auf dem Bahnsteig vor der Lokomotive ein Messband ausgelegt. Die Jugendlichen stehen dort mit Stoppuhren in der Hand und messen bei 5 Metern, 10 Metern, 15 Metern die Zeit, bei der die Lokomotive vorbeifährt. Dann diskutieren wir, „ja, wie sieht das jetzt aus, wenn die Lokomotive anfährt?“ Oder hier auf dem Bahnhofsvorplatz ein anfahrendes Auto und die Jugendlichen wieder beim Messen. Wir diskutieren: „Wie kann man das qualitativ fassen, dass etwas schneller „schnell“ fährt?“ Wir benutzen hier die Alltagssprache „schneller schnell werden“. Anschließend kann man ein s-t-Diagramm auftragen und dann diskutieren: „Was wird schneller schnell?“ und „was heißt jetzt hohe Beschleunigung oder niedrige Beschleunigung?“ In einem solchen Beispiel können Jugendliche ihr Vorwissen einbringen. Sie können selber Fragen stellen: „Ja, was beschleunigt denn schneller, ein Mofa oder wenn ich zu einem Hundertmeterlauf starte? Was ist da eigentlich schnell, wie kann ich das quantitativ erfassen?“ Sie können hier sowohl ihr Vorwissen hineinbringen wie ihre Interessen und Gefühle.

**Forschungsergebnisse:** Wenn man schaut, was bringt so etwas, bringt das überhaupt etwas? Und wie häufig findet so etwas im Unterricht statt? Ich präsentiere Ihnen jetzt einige Resultate von TIMSS. Wir haben in der Schweiz Zusatzuntersuchungen gemacht, die nur auf nationaler Ebene durchgeführt wurden, konkreter nur in der Deutschschweiz.

Einbezug des Vorwissens	stimmt	stimmt nicht
	1	4
Der Lehrer richtet den Physikunterricht aus nach: ... unseren Alltagserfahrungen		3.05
Wenn wir in Physik mit einem neuen Thema beginnen, so fangen wir an, ... indem uns der Lehrer fragt, was wir zu dem neuen Thema wissen.		2.97
Wenn ein neuer physikalischer Begriff eingeführt wird, erarbeiten wir Verbindungen bzw. Abgrenzungen zum entsprechenden Wort der Alltagssprache.		2.79
Der Lehrer fordert dazu auf, Gesetze und Theorien der Physik mit Erfahrungen zu vergleichen, die ich im Alltag gemacht habe.		2.50
Wenn ein neuer physikalischer Begriff eingeführt wird, überlegen wir, was wir über diesen Begriff schon wissen.		2.36
Erfahrungen aus dem Alltag helfen mir, physikalische Probleme in der Schule besser zu verstehen.	2.35	
Skala: 6 Items; Cronbach-Alpha 0.72; N = 606		2.67 (0.022)

Wir haben Jugendliche vor dem Abitur gefragt, wie weit das Vorwissen einbezogen wird. Zum Beispiel mit folgendem Item: „Der Lehrer richtet den Physikunterricht aus [...] nach unseren Alltagserfahrungen.“ Da konnten sie von 1 bis 4 ankreuzen: 1 stimmt, 4 stimmt nicht. Oder ein nächstes Item: „Wenn wir in Physik mit einem neuen Thema beginnen, so fangen wir an, indem uns der Lehrer fragt, was wir zu dem neuen Thema wissen.“ Wir haben so die Jugendlichen gefragt, wie stark das Vorwissen einbezogen wird. Es ist so, wenn man das statistisch genau auswertet, dass das alles relativ wenig gemacht wird.

Interessant ist dann, dass bei den Jugendlichen oder in den Schulklassen, in denen das Vorwissen einbezogen wird, positive Korrelationen zu motivationalen Variablen bestehen. Ich zeige Ihnen da jetzt einmal ganz kurz einige statistische Resultate.

Physikunterricht auf der Sekundarstufe II					
Fragebogen und TIMSS-Test: N = 668 aus 152 Klassen					
Methodisch-didaktische Variablen (Auswahl)	Umsetzung im Unterricht nach Meinung der Lernenden	Wirksamkeit nach Meinung der Lernenden	Korrelation mit „Kompetenzüberzeugung in Physik“	Korrelation mit „Bellebtheit der Physik“	Korrelation mit „Physikleistungen“ (TIMM-Test)
Einbezug des Vorwissens	wenig-mittel	(nicht untersucht)	0.21***	0.19***	0.08*
Physikunterricht als Erlebnis	wenig	(nicht untersucht)	0.41***	0.38***	0.16**
Lebensweltlicher Bezug	mittel	hoch	0.23***	0.18***	0.02
Zusammen-	wenig	(nicht unter-	0.25***	0.22***	0.03

arbeit L-S		sucht)			
Zusammenarbeit S-S	wenig	hoch	0.20***	0.23***	0.06
Repertoire von Unt.-methoden	wenig	(nicht untersucht)			
Schülerexperimente	wenig-mittel	hoch	0.21***	0.24***	0.02

Wir haben hier Korrelationen gebildet. Einerseits zwischen Einbezug des Vorwissens, das waren diese Items, die ich Ihnen jetzt gerade gezeigt habe. Und andererseits haben wir sie gefragt, wie kompetent sie sich in Physik fühlen. Oder wir haben sie gefragt, wie beliebt Physik ist. Und wir haben es korreliert mit den Physikleistungen, so wie sie im TIMSS-Test gemessen wurden. Und da sehen Sie - ich beziehe mich jetzt nur auf den rot unterlegten Teil der Folie - dass hier signifikante Korrelationen vorliegen mit den motivationalen Variablen. Das heißt zwischen diesen auf der einen Seite und - auf der anderen Seite - „Einbezug des Vorwissens“, das ist die kognitive Seite des Vorverständnisses sowie „Physikunterricht als Erlebnis“, das ist die affektive Seite des Vorverständnisses. Die Interpretation dieser Korrelation ist folgende: Jugendliche, die angeben, dass sie ihr Vorwissen und ihre Interessen und Gefühle einbringen können in den Unterricht, diese Jugendlichen zeigen eine höhere Kompetenzüberzeugung in Physik, bei ihnen ist Physik beliebter. Und sie zeigen auch, allerdings nur sehr schwach korreliert, fast gar nicht, etwas bessere Leistungen im Physik-Leistungstest von TIMSS.

Für mich sind diese beiden Thesen, insbesondere die Integration des Vorverständnisses, ganz zentral für eine neue Lern-Lehr-Kultur und für eine Effizienzsteigerung des Unterrichts. Ich will nicht sagen, dass ich eigentlich meinen Vortrag an dieser Stelle schon beenden könnte. Aber es ist für mich wirklich ganz zentral.

**These 3:** Ich komme zur dritten und vierten These:

**Lebensweltlicher Bezug  
im systematischen Wissensaufbau**

Ich habe hier einerseits den systematischen Wissensaufbau. Unsere Fächer Biologie, Chemie, Physik und die Mathematik insbesondere zeichnen sich ja durch eine hohe Fachsystematik aus. Und diese Fachsystematik ist ein Orientierungspunkt für unseren Unterricht. Er ist häufig, leider sage ich, eher dominierend und vielleicht sogar der einzige Orientierungspunkt. Der andere Orientierungspunkt sollte der lebensweltliche Bezug sein. Was ich konkret damit meine, ist Folgendes:

**Der lebensweltliche Bezug ist ein wegweisendes Element für die tägliche Unterrichtsgestaltung. Naturphänomene, Alltagsvorgänge und -gegenstände bilden ein Fundament aller Curricula.**

Egal ob das der offizielle Lehrplan ist oder der heimliche Lehrplan. Das ist eine Forderung, es ist leider nicht so in der Realität, es sollte so sein.



**These 4:** Die nächste These, die da eng mit gekoppelt ist, gekoppelt ist deswegen, weil es auch hier um die Inhalte des Unterrichts geht, heißt:

***Authentische, offene Probleme***

**Authentische, nicht zu eng gestellte Fragen und Probleme, die Freiräume für die Lernenden lassen und die diese über weite Phasen selbstständig bearbeiten, bilden Pfeiler des naturwissenschaftlichen Unterrichts.**

Wenn ich den lebensweltlichen Bezug und die authentischen Probleme zusammennehme, dann spricht man in der kognitiven Psychologie oder der Fachdidaktik heute von situiertem Lernen. Mir geht es hier darum, eine Lanze zu brechen für dieses situierte Lernen. Wobei, das habe ich bei der These 3 versucht zu untermalen, es gilt eine Balance zu finden einerseits zwischen dem Aufbau systematischen Fachwissens, der nicht aufgegeben werden sollte. Dies war ein Problem, das manchmal in den Curricula der 60er und 70er Jahre auftrat, es entstieg wohl dem sogenannten *Entdeckenden Lernen*. Also einerseits dieser fachsystematische Aufbau und andererseits der lebensweltliche Bezug mit den authentischen, offenen Problemen. Hier gilt es eine Balance zu finden.

**Beispiel:** Auch dort ein Beispiel. Warum können wir nicht eine Unterrichtseinheit durchführen, zum Beispiel im Sommerhalbjahr oder über ein paar Wochen im Sommer, indem wir die Naturwissenschaft, oder die Physik jetzt in meinem Fall, mit dem Thema „Schwimmbad“ koppeln? Ich habe mit Schulklassen ein Schwimmbad besucht, das kann ein Freibad sein oder ein Hallenbad, und dort einfach einmal Schülerfragen gesammelt. Fragen, die dann kommen, lauten: „Warum ist das Wasser scheinbar hinten im Bassin flacher als vorne?“ Das ist eine Frage, die wir als Physiklehrer oder Physiklehrerin erwarten können. Eine andere Frage: „Warum sind Schwimmbäder meistens blau gestrichen?“ Da musste ich mich auch erst einmal vergewissern, warum das so ist. Dann noch eine Frage, die für mich völlig unerwartet war, und das macht für mich als Lehrer ja den Unterricht dann auch so spannend: „Warum sind die Steinplatten am Beckenrand im Sommer so heiß? Da kann man sich so schön aufwärmen, wenn man ausgekühlt ist. Warum werden sie so heiß und das Wasser wird nicht so heiß?“ Das sind Fragen, die Jugendliche stellen.

Oder dann die Frage: „Wie ist das mit dem Wasserdruck? Der nimmt doch zu da unten im Sprungbassin in drei Meter Tiefe, das spürt man doch.“ Und dann tauchen wir und fragen: „Ja, wie nimmt der Druck mit der Tiefe zu? Das wird mehr. Ja, wie viel wird es mehr?“ Das lässt sich gar nicht beantworten mit dem Ohr als Messinstrument. Das ist auch bereits schon eine Erkenntnis. Und dann kann man entsprechende Laborversuche machen mit den schönen Instrumenten, die wir in der Sammlung haben. Und dann eine andere Frage: „Wie ist das, wenn ich meinen Kopf schräg halte? Ist der Wasserdruck auf diesem Ohr, das gegen oben zeigt, gleich groß wie auf diesem unteren Ohr? Ja, ist hier überhaupt Wasserdruck auf dem unteren Ohr?“ Also, da kann man die Jugendlichen ganz schön in Verlegenheit bringen. Und dann tauchen sie hinunter. Und ich frage dann, das würde ich hier in Nordrhein-Westfalen nicht machen, ich frage: „Wie ist das, wenn ihr mit Ski einen Berg hinunter fahrt oder mit dem Fahrrad eine Passstraße hinunter, da nimmt der Druck ja auch

zu. Wenn man dann den Kopf schräg hält, wie ist das mit dem Druck auf die Ohren?“ Also hier werden Fragen kreiert, die aus dem lebensweltlichen Bezug kommen.

Und ein authentisches Problem noch: Olympische Spiele 1972 in München, 400 Meter Lagenrennen der Herren. So wurden Gold- und Silbermedaille vergeben:

**Olympische Spiele  
München 1972**

400-m-Lagen Herren  
1. Larson 4:31,982  
2. McKee 4:31,984

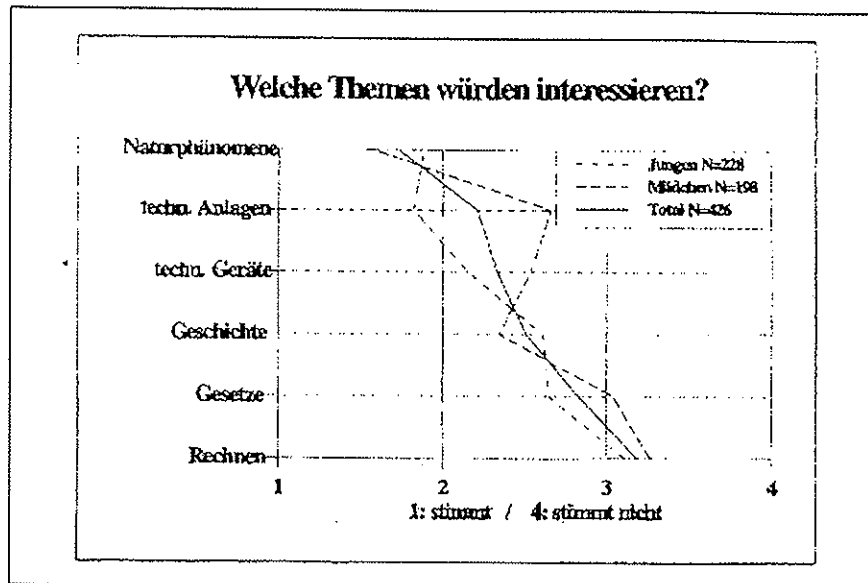
Ist das gerecht? Ja, also so wurden sie vergeben. Und dann kamen große Diskussionen auf. Ich habe in dieser Zeit genau mein Physikstudium begonnen, und wir haben uns überlegt: Das mit der Messgenauigkeit, das ist nicht gerecht. Es wurde dann Gott sei Dank das Reglement geändert, beim Schwimmsport werden die Medaillen nur noch auf eine hundertstel Sekunde vergeben. Und der Zufall will es, dass dann zwölf Jahre später, so zwei Goldmedaillen vergeben wurden:

**Olympische Spiele  
Los Angeles 1984**

100-m-Freistil Damen  
1. Hogshead 55,92  
Steinseifer 55,92

Das kann man mit Jugendlichen diskutieren, die Messgenauigkeit im Sport und dass man hier etwas geändert hat wegen der Messgenauigkeit: Das Schwimmbassin müsste nämlich auf 0,1 mm überall genau gleich lang sein, wenn man bei einem 400-m-Rennen auf eine tausendstel Sekunde genau messen wollte.

**Forschungsergebnisse:** Lebensweltlicher Bezug, authentische Probleme, das ist das, was Jugendliche auch wünschen, wenn man sie fragt, was inhaltlich im Physikunterricht durchgearbeitet werden sollte. Wir haben im Rahmen der TIMS-Studie nach ihren Interessen gefragt.



Naturphänomene, techn. Anlagen, techn. Alltagsgeräte, Gesetze:  $P < 0.01$

Das hier ist kein neues Resultat, das wird x-malig in anderen Studien berichtet. An vorderster Stelle *Naturphänomene*, das interessiert sie sehr, dann *technische Großanlagen*, *technische Geräte*, *Geschichte*, *physikalische Gesetze* und hier *Rechenaufgaben*. Wir hatten das noch etwas ausführlicher dargestellt, ich will das jetzt hier nur mit einem Stichwort wiedergeben. Die Tragik unserer Fächer, denken Sie jetzt vor allem an Physik, Chemie, zum Teil auch Mathematik, liegt darin, in Biologie etwas weniger, viel weniger, ist, dass wir genau in diesem Bereich unterrichten: Gesetze, Rechnen, genau das, was am wenigsten interessiert.

Ein anderes Problem, das hier auf dieser Folie auch sichtbar wird, und ich komme nachher bei einer der Thesen noch darauf zurück, sind die großen Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen bei den Interessen. Ein Unterricht, der jungen Frauen und jungen Männern besser gerecht werden will, müsste diese geschlechtsspezifischen Unterschiede auch stärker berücksichtigen.

Ja, ich komme ganz kurz noch zu einer Bemerkung, die von einer großen Persönlichkeit in Bezug auf diesen lebensweltlichen Bezug und auf diese authentischen, offenen Probleme gemacht wurde. Sie ist von jemandem, der seit längerer Zeit nicht mehr lebt und der sich ganz unverfänglich zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht geäußert hat: Nietzsche. Nietzsche sagte: „Und nun, bei einem Rückblick auf den Weg des Lebens müssen wir ebenfalls entdecken, dass etwas nicht wiedergutzumachen ist, die Vergeudung unserer Jugend. Als man uns Mathematik und Physik auf eine gewaltsame Weise aufzwang, anstatt uns erst an die Verzweiflung der Unwissenheit zu führen und unser kleines tägliches Leben, unsere Hantierungen und alles, was sich zwischen Morgen und Abend im Hause, in der Werkstatt, am Himmel, in der Landschaft ergibt, in Tausende von Problemen aufzulösen, von peinigenden, beschämenden, aufreizenden Problemen, um unserer Begehrde dann zu zeigen, dass wir ein mathematisches und mechanisches Wissen zu

allernächst nötig haben, und uns dann das erste wissenschaftliche Entzücken an der absoluten Folgerichtigkeit dieses Wissens zu lehren.“

Was Nietzsche gesagt hat, vor fast hundert Jahren, gilt auch jetzt noch genau gleich. Lebensweltlicher Bezug, authentische, offene Probleme, und das eingegliedert oder in Zusammenhang mit der Fachsystematik.

**These 5:** Ich komme zu der These fünf:

***Kooperation, Kommunikation und Disput der Lernenden***

**Die Kooperation zwischen den Lernenden, das Austauschen von Fragen und Ideen sowie das Führen von wissenschaftlichen Streitgesprächen sind konstitutive Elemente eines naturwissenschaftlichen Unterrichts.**

Ich weiß nicht, wie viele von Ihnen in der naturwissenschaftlichen Forschung tätig gewesen sind, während des Staatsexamens, der Diplomarbeit oder später in der Industrie. Dort ist Zusammenarbeit doch ein zentraler Bestandteil bei der Produktion von neuem naturwissenschaftlichen Wissen. Sie ist konstitutiv. Warum sollte das nicht auch für den naturwissenschaftlichen Unterricht gelten? Kooperation, Kommunikation und das Wissenschaftliche Streitgespräch.

**These 6:** In diesen Zusammenhang gehört auch das:

***Repertoire von Unterrichtsmethoden***

Es gibt Unterrichtsmethoden, die diese Kooperation und den Disput, die Kommunikation stärker fördern, als das im Plenumsunterricht möglich ist. Das heißt nicht, dass ich gegen Plenumsunterricht grundsätzlich bin. Ich wehre mich nur gegen den sehr hohen Anteil - in Ihrem Land und in unserem Land - von Plenumsunterricht. Mit dem Repertoire meine ich:

**Die Lehrkraft setzt im naturwissenschaftlichen Unterricht vielfältige Unterrichtsformen ein. Damit kann sie ziel- und situationsspezifisch ihren Aufgaben als Vertreterin der wissenschaftlichen Gemeinschaft, als Lernberaterin und als Diskussionsleiterin gerecht werden.**

So kann die Dominanz des fragend-entwickelnden Unterrichts durchbrochen werden.

**Beispiel:** Auch hier ein Beispiel dazu. Ein Beispiel, das ich auf verschiedenen Schulstufen eingesetzt habe und regelmäßig auch in der Grundausbildung von Lehrkräften wie auch in der Fortbildung von Lehrkräften einsetze. Aufgabenstellung: „Sie sollen ein Boot bauen aus Styropor.“ Styropor lässt sich sehr einfach bearbeiten, schneiden, kleben, bohren. Und dieses Styroporboot soll in einer PET-Flasche Wasser transportieren, einen halben Liter Wasser zum Beispiel oder drei Deziliter Was-

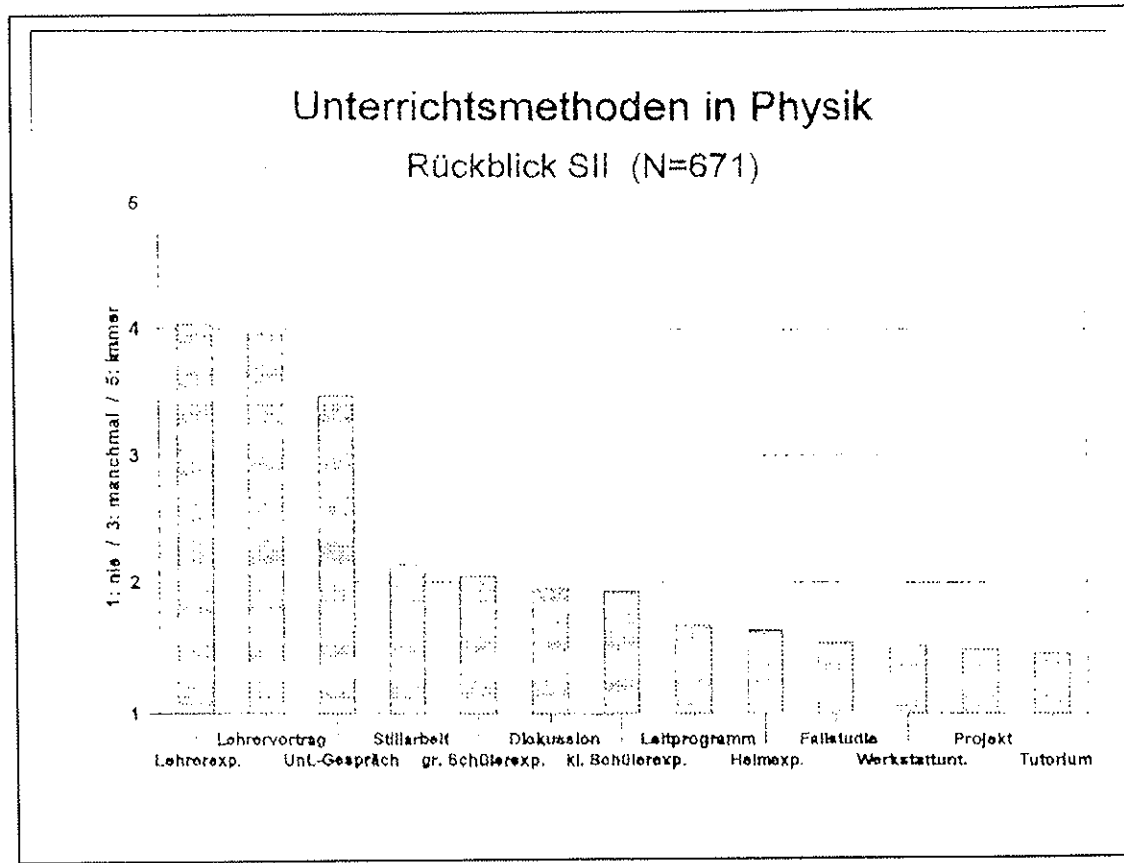
ser, und durch dieses Wasser angetrieben werden. Mit der Zeit wird das Wasser hier also abnehmen. Das ist die Aufgabenstellung.

Ich zeige dann den Jugendlichen oder angehenden Lehrkräften noch, wie sich Styropor bearbeiten lässt. Die Lernenden haben das Material zur Verfügung sowie ein Kinderplanschbecken in der Ecke, wo man die Boote ausprobieren kann. Dann sage ich: „Jetzt gehen Sie in Zweiergruppen und bauen so etwas.“ Angehende Lehrkräfte überlegen zunächst einmal, wie sie so etwas konstruieren könnten. Ich hatte ganz intensive Diskussionen und Streitgespräche, es gibt kaum Lehrveranstaltungen, die so intensiv sind. Werden dann erste Probeboote ins Wasser gesetzt, möglichst frühzeitig hoffentlich, dann sieht man manchmal schon, dass etwas nicht funktioniert. Zum Beispiel hier, weil der Schwerpunkt zu weit hinten liegt. Ich zeige Ihnen jetzt drei Modelle, die nach insgesamt 120 Minuten, also zwei Zeitstunden herausgekommen sind. Die Studierenden führen hier eine Schiffsparade vor: Das Wasser ist bei diesem Schiff oben gelagert, der Wasserstrahl führt auf eine Art Schaufelrad und diese treibt wie beim Mississippi-Dampfer links und rechts das Schiff an. Hier ist jetzt das Wasser noch höher gelagert, auch hier wird über einen Gummischlauch ein solches Rad angetrieben und bewegt das Schiff vorwärts. Das letzte Dia, auch hier eine Katamaran. Da wurde der Begriff der potentiellen Energie zwar begriffen. Was aber nicht begriffen wurde, ist die Frage nach der Stabilität eines Schiffes.

Was tritt hier an physikalischen Problemen auf? Es gibt viele Fragen, ich nenne jetzt nicht alle, sondern nur einige: a) Die Studierenden oder Jugendlichen lernen, das Wasser muss hoch gelagert werden. b) Der ganze Themenbereich „Rückstoßprinzip“, zum Beispiel: Der Wasserschlauch, durch den das Wasser nach hinten ausfließt, welchen Querschnitt soll er haben? Soll der Wasserschlauch über oder unter der Wasseroberfläche sein? c) Oder ein anderer Themenbereich: Was ist der Vorteil, der Nachteil einer Katamaranlösung? d) Wie sieht es aus, wenn ich das Wasser auf so eine Schaufel leite? Wie wirkt die Reibungskraft, was ist der Wirkungsgrad? All das wird in diesen zwei Stunden begriffen - mit den Händen -, auch wenn es vom Begriff her noch nicht geklärt ist.

Ich komme jetzt wieder auf die Thesen zu sprechen, hier findet enorm viel Kommunikation, Kooperation und Disput statt. Und das Repertoire von Unterrichtsmethoden wird durch Beispiele wie dieses erweitert. Hierauf aufbauend lässt sich eine längere Unterrichtsreihe durchführen von mehreren Lektionen, in denen man viele Dinge aus der Mechanik erarbeiten kann. Anknüpfen kann man an das, was die Jugendlichen beim Schiffsbau gelernt haben.

**Forschungsergebnisse:** Wie sieht das mit den Unterrichtsmethoden in der Realität aus? Auch hier ganz kurz einige Fragen und Resultate von TIMSS. Wir haben Jugendliche kurz vor dem Abitur gefragt, welche Unterrichtsmethoden sie in den letzten zwei Jahren im Physikunterricht erlebt hätten. Alle Jugendlichen haben in der Schweiz alle Naturwissenschaften zu besuchen, bis zum Abitur. Wir haben sie gefragt: „Welche Unterrichtsmethoden haben Sie erlebt?“ Und wir haben zwölf Methoden zur Auswahl gestellt. Bei jeder Methode standen fünf Antwortkategorien zur Auswahl: nie, selten, manchmal, häufig, immer. Lehrerexperimente und Lehrvortrag sowie das Unterrichtsgespräch, d. h. Lehrerfrage - Schülerantwort, finden am meisten statt.



Ich vermute, dass das bei Ihnen ähnlich ist. Enttäuschend für mich ist, dass alle anderen Unterrichtsmethoden, insbesondere auch Schülerexperimente, nach Meinung der Jugendlichen nur selten bis nie eingesetzt werden. Das Positive ist, wenn ich jetzt diese Resultate auf ein Schlagwort reduzieren soll, dass der Physikunterricht eine „Lehrer-Experimente-Physik“ ist. Wenn man die Jugendlichen fragt, welche Methoden sie vermehrt wünschen, dann nennen sie unter anderem Lehrerexperimente. Die wollen sie haben. Und auch die anderen Unterrichtsformen wünschen sie deutlich mehr. Außer den Lehrervortrag, den deutlich weniger, und auch das Unterrichtsgespräch weniger.

**These 7:** Ich komme zu These sieben und acht. Es wurde verschiedentlich angesprochen:

#### **Förderung von Mädchen und Jungen**

- Es werden gezielt Maßnahmen ergriffen, um im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht beiden Geschlechtern gerecht zu werden. Unter anderem:
- Berücksichtigung individueller und geschlechtsspezifischer Vorerfahrungen
- Steigerung des Selbstvertrauens
- Phasenweise seedukativer Unterricht
- Veränderung der Prüfungskultur
- Kooperativer Unterrichtsstil
- ...

TIMSS zeigt in erschreckender Deutlichkeit einmal mehr, dass in vielen Ländern die Leistungsunterschiede zwischen Mädchen und Jungen drastisch sind. Deutschland und die Schweiz gehören mit zu den Ländern, wo sie mit am größten sind. Hier gilt es, eine andere Unterrichtskultur zu schaffen. Ich hatte Gelegenheit in den letzten Jahren in einem Forschungsprojekt mitzuarbeiten, „Koedukation im Physikunterricht“. Ich möchte dazu nur kurz folgende Bemerkungen machen.

Die erste Bemerkung. Es ist falsch zu sagen, Mädchen finden keinen Zugang zur Physik oder zur Chemie, Mathematik oder Informatik. Es muss anders lauten. Wir Lehrkräfte und Personen, die in der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften tätig sind, finden zu wenig Möglichkeiten, um unsere Fächer so zu unterrichten, dass wir auch Mädchen und junge Frauen erreichen.

Zweite Bemerkung. Mir ist bewusst, dass sich dieses Problem nicht allein mit dem Unterricht lösen lässt, sondern das Ganze ist eingebettet in ein größeres gesellschaftliches Problem.

Stichwort „Wandel der Geschlechterrollen“. Aber diese Einbettung in das größere Problem darf nicht als billige Ausrede dienen, um im Unterricht nichts zu tun.

Es gibt genügend Möglichkeiten, etwas zu verbessern: Die ersten sechs Thesen sind alles Maßnahmen, wie viele Untersuchungen gezeigt haben, die die Situation verbessern können, das heißt, gerade auch Mädchen und junge Frauen anzusprechen. Eine weitere Möglichkeit neben diesen sechs Thesen ist eine Veränderung der Prüfungskultur. Ich komme damit jetzt zur achten These.

**These 8:** Neukonzeption der Prüfungskultur.

<b>Neukonzeption des Beurteilens und Benotens</b>
---

Bei einer Veränderung der Prüfungskultur müssen unter anderem diskutiert werden:
--

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• die fachspezifischen und allgemeinen Bildungsziele</li><li>• das Verhältnis von Selbst- und Fremdbeurteilung</li><li>• das Spektrum der Prüfungsformen</li><li>• die Lernförderlichkeit</li></ul> |
|---|

Die TIMSS-Resultate sind für mich unter einem Punkt mit einem Fragezeichen zu versehen. Es ist ein traditioneller Physiktest, wie er weltweit in den meisten Ländern üblich ist. Wenn wir eine neue Prüfungskultur einführen wollen mit anderen Arten von Prüfungen, müsste an zwei Dinge gedacht werden. Es müsste erstens ein Überdenken der Ziele, Inhalte und Methoden unserer Fächer erfolgen. Und der zweite Punkt müsste sein, die Prüfungskultur so zu verändern, dass sie bei Jungen und Mädchen vor allem auch zu Kompetenzerfahrungen führen würde. Damit diese sehen können, „ich bin nicht immer nur schlecht in Physik- oder Chemieprüfungen, sondern ich kann in diesen Fächern etwas leisten und erreichen.“

**Beispiele:** Ich möchte Ihnen drei Beispiele von Prüfungen, wie sie in anderen Bildungssystemen praktiziert werden, skizzieren. Zunächst ist es das International Baccalaureate: Ein Zentralabitur, es wird weltweit an vier- bis fünfhundert Schulen abgenommen. Dort kennt man die so genannte Abiturarbeit, sozusagen eine Diplomarbeit, das heißt die Jugendlichen müssen in irgendeinem Fach eine größere Arbeit schreiben. In der Schweiz führen wir im Jahr 2001 auch so etwas ein, das heißt eine Schülerarbeit, dass die Jugendlichen mal selber in einem Fach eine größere Arbeit schreiben müssen, die dann auch für das Abiturzeugnis zählt.

Zweites Beispiel, im Bundesstaat Viktoria in Australien wurde Anfang der 90er Jahre der Lehrplan geändert auf die Initiative vor allem von Physiklehrerinnen, Chemielehrerinnen und Didaktikerinnen im Hinblick auf die Mädchenförderung. Es wurde dort vorgeschrieben, dass die Jahresnote sich aus vier Noten zusammensetzen muss: Zwei normale Tests, das sind dann in diesem Land eigentlich Multiple-Choice-Tests. Dann eine dritte Note für Schülerexperimente und eine vierte Note für eine Projektarbeit. Und gerade die dritte und vierte Note geben, vor allem auch bei Schülerinnen, oft ganz andere Resultate als die beiden ersten Noten. Dass dieser Lehrplan nicht so ohne weiteres eingeführt wurde, dass es Widerstände gab, also das muss ich hier gar nicht erwähnen. Aber es zeigt, dass mit einer anderen Prüfungskultur, Ziele, Inhalte und Methoden des Unterrichts überdacht werden und das andere Kompetenzerfahrungen für die Schülerinnen und Schüler möglich werden.

Ich habe noch ein drittes Beispiel zu einer Prüfungskultur. Im Rahmen von TIMSS wurde - etwas unbeachtet von den Medien - ein sogenannter Performance Test durchgeführt. An dem haben ungefähr zwanzig Länder teilgenommen, leider nicht die Bundesrepublik. Es ging da um Schülerexperimente. Dreizehnjährige führten Schülerexperimente durch. Und dort zeigt sich, dass die Leistungsunterschiede zwischen Mädchen und Jungen Null waren, Null. Und zwar waren das Schülerexperimente in Biologie, Chemie, Physik. Also, durch eine andere Prüfungskultur, in die Schülerexperimente einbezogen werden oder auch durch kleinere Projekte, ließe sich der Physikunterricht verändern und ließen sich andere Kompetenzerfahrungen für Schülerinnen und Schüler ermöglichen.

**These 9:** Ich komme zu These neun.

### **Autonomie und Eigenverantwortung der Lehrpersonen**

Etwas, was mir als Gast und nicht nur mir, sondern auch anderen Gästen, die aus der Schweiz in Ihr Land kommen, immer wieder auffällt, ist, dass die Autonomie, die schweizerische Lehrkräfte haben, deutlich größer ist als diejenige, die Lehrkräfte in Ihrem Lande haben. Insbesondere in naturwissenschaftlichen Fächern, in Mathematik ist das etwas anders. Es gibt auch andere Länder, die bewusst darauf abzielen, die Autonomie und die Freiräume und die Eigenverantwortung der Lehrkräfte zu steigern. Ich will ein Beispiel zeigen, und um nicht immer nur die Niederlande oder die Schweiz zu zitieren, das Beispiel Ungarn. Ungarn hat seit 1995 einen neuen Lehrplan, den gibt es vollständig in einer englischen Übersetzung, rufen Sie die ungarische Botschaft an.



Da heißt es folgendermaßen:

The "National Core Curriculum (NCC)" regulates the content of education through providing a unified base, but leaving free scope for diverse individual activities of schools, teachers, and pupils. NCC allows parents, students and school leaders to express their interests and values, promotes professional ambitions of teachers [...]

To accomplish these goals, NCC establishes unified objectives that, under normal circumstances, can be met in 50 to 70 per cent of the time resource [...]

*Hungary: National Core Curriculum 1996, p. 16*

Das heißt, der Lehrplan ist so konzipiert, dass 30 bis 50 Prozent zur freien Verfügung sind. Auch wenn das jetzt vielleicht in der Realität nur 20 bis 40 Prozent sind, das spielt hier keine Rolle. Aber es sind Freiräume, die von Lehrkräften genutzt werden können sowie von Schulen, von Eltern, von Jugendlichen. Und es sind genau diese Freiräume, diese Eigenverantwortlichkeit, die gute Lehrkräfte auch nutzen. Und diese guten Lehrkräfte - und die gibt es in jedem Bildungssystem -, die können Kristallisationskeime sein für Innovationen. Von daher scheint es mir wichtig, dass die Initiativen, die jetzt hier im Land Nordrhein-Westfalen initiiert worden sind, auf Schulebene, auf Fachgruppenebene umgesetzt werden. Lehrkräfte sollen in Eigenverantwortung, in einer relativen Autonomie sich selber Ziele setzen und eigene Entwicklungen planen.

**These 10:** In dem Zusammenhang auch die letzte These: Evolution des Schul- und Unterrichtsverständnisses von Lehrkräften.

### ***Einstellungen von uns Lehrpersonen***

Ich meine damit Folgendes: Ganz zentral, Herr Törner hat das bereits in einigen Thesen angesprochen, ist die Frage: „Was ist unser Bild von Schule und Unterricht, von Lernen und Lehren?“ Ich zeige Ihnen eine Folie, die stammt von mir aus einem Seminar.

Diese Fragen, die wir uns als Lehrkräfte immer wieder stellen müssen oder die wir uns als Fachleiter und Fachleiterin oder Dezernent und Dezernentin mit unserer Umgebung immer wieder diskutieren sollen, sind:

Was ist mein Bild von Schule und Unterricht, vom Lernen und Lehren?

Wie sehe ich meine Rolle gegenüber Schülerinnen und Schülern, Kollegium und Eltern?

Ich diskutiere das mit Studierenden, die kommen aus einem Hochschulstudium und die wissen so viel. Ich meine das wirklich ernsthaft, „so viel“: Sowohl Ihre und unsere Lehrkräfte haben eine hohe Fachausbildung, sie wissen so viel als Mathematiker und als Biologinnen und Chemiker. Und das Wissen wollen sie so gerne weitergeben; man weiß ja so viel, und man kann so viel der Klasse erzählen. Und genau dadurch kann es dann zu so viel Lehrervortrag, Lehrerexperimenten, Unterrichtsgespräch kommen.

Ja, also darüber nachzudenken, über solche Fragen, das ist für mich zentral. Und das sollte vor allem auch in einer Gruppe von Lehrkräften diskutiert werden. Allein wird man diese Reflexionsarbeit kaum leisten können, alleine wird einem das nur schwer gelingen. Hingegen in Zusammenarbeit wird es möglich sein, eher möglich sein.

Ich komme zum Schluss des Vortrages. Ich hatte zehn Minuten später angefangen und höre deswegen auch zehn Minuten später auf. Ich habe zwei Wünsche, die ich an Sie richten möchte:

Der erste Wunsch betrifft drei Potentiale, die in meinen Augen zu wenig genutzt werden. Das erste Potential ist das Potential, das in unseren Fächern ist. Wie viele Möglichkeiten, wie viele Chancen gibt es, Biologie, Physik, Chemie im Unterricht interessant zu gestalten. Also, ich bin ja froh, dass ich diese Fächer habe. Ich hätte Mühe, andere Fächer zu unterrichten. Das Potential unserer Fächer, die Inhalte, die Methoden, werden noch zu wenig ausgenutzt. Das zweite Potential: das Potential bei den Kindern und Jugendlichen, die wir als Lehrkräfte begleiten. Wie viel steckt in jenen, es wurde heute morgen angesprochen. Wenn wir dort Freiräume geben, wie viel kommt da an Wissen, wie viel an Fragen und wie viel an Interesse. Dieses Potential wird auch zu wenig genutzt.

Und das dritte Potential, das ist für mich das wichtigste Potential. Das Potential, das in uns als Lehrkräften steckt. Wir könnten doch - oder auch die Lehrkräfte, die wir ausbilden -, die und wir könnten doch mehr als nur vor der Klassen stehen und dieses Frage-Antwort-Spiel spielen. In uns steckt doch mehr! Auch dieses Potential ist nicht ausgenutzt. So weit mein erster Wunsch.

Der zweite Wunsch ist, ja, wenn man jetzt diese Potentiale ausnutzen will, dann braucht das Veränderungen. Und Veränderungen erzeugen zum Teil eine Abwehr. Es liegt an uns - und Sie zeigen durch Ihren Besuch der heutigen Fachtagung, dass Sie bereit sind, solche Veränderungen mitzutragen -, es liegt an uns, Bereitschaft für diese Veränderungen zu wecken wie auch mitzutragen.

Ich wünsche mir, dass das Nutzen der Potentiale und die Bereitschaft zu Veränderungen, dass Sie das mittragen. Herzlichen Dank!

**Literatur zum Referat von P. Labudde:**

Labudde, P. (1993): Erlebniswelt Physik (Beispiele: Planung/Durchführung/Auswertung - Unterrichtsmethodische Gestaltungsmöglichkeiten - Fachdidaktische Zusatzinformationen). Bonn: Dümmler.

Labudde, P. (1996, 3. Auflage): Alltagsphysik in Schülerversuchen – Planung, Durchführung, Auswertung, Lösungen, Unterrichtshinweise. Bonn: Dümmler.

Labudde, P. (1997): Selbstständig lernen - eine Chance für den Physikunterricht. In: Labudde, P. (Hrsg.): Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, Heft 37 (Feb. 1997) „Selbstständig lernen“, 4 - 9.

Labudde, P. (1997): Physik lernen als Sprachlernen - wie in der Wissenschaft so im Unterricht. In: Fischer, Hans E.: Handlungsorientierter Physik-Unterricht Sekundarstufe II. Bonn: Dümmler, 56 - 80.

Labudde, P. (1999): Mädchen und Jungen auf dem Weg zur Physik. In: Labudde, P. (Hrsg.): Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, Heft 49 (Feb. 1999) „Mädchen, Jungen und Physik“, 4 - 10.

Labudde, P./Pfluger, D. (1999): Physikunterricht in der Sekundarstufe II: Eine empirische Analyse der Lern-Lehr-Kultur aus konstruktivistischer Perspektive. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 1/1999.

***Forschung und Schulpraxis:  
zehn Thesen zur Steigerung der Effizienz  
des naturwissenschaftlichen Unterrichts***

- 1) Integration des Vorverständnisses
- 2) Selbstverantwortung der Lernenden
- 3) Lebensweltlicher Bezug im systematischen Wissensaufbau
- 4) Authentische, offene Probleme
- 5) Kooperation, Kommunikation und Disput der Lernenden
- 6) Repertoire von Unterrichtsmethoden
- 7) Förderung von Jungen und Mädchen
- 8) Neukonzeption des Beurteilens und Bewertens
- 9) Autonomie und Eigenverantwortung der Lehrperson
- 10) Einstellung von uns Lehrpersonen