



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

S3 „Themenorientierung im Unterricht“

SÄGE - KONTEST

**EVALUIERUNG EINER FEEDBACK-BASIERTEN TRAININGS-
METHODE ZUR ERREICHUNG DER FÜR DAS FÜHREN VON
HANDWERKZEUGEN NOTWENDIGEN FEINMOTORIK
(HILFT FEEDBACK BEIM SÄGEN-LERNEN?)**

ID 713

Mag. Johannes Lhotka

Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium 3950 Gmünd

Gmünd, Juni 2007

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	4
1 EINLEITUNG	5
2 AUSGANGSSITUATION	6
2.1 Persönliche Vorerfahrungen	6
2.2 Vorwissen und Fertigkeiten der Schüler/innen.....	6
2.3 Teilbereich Sägen	7
2.4 Imageprobleme des Technischen Werkens	8
3 PROJEKTZIELE UND ERWARTUNGEN	10
3.1 Schnelles Erreichen der für das Sägen notwendigen Feinmotorik.....	10
3.2 Steigern der Selbsteinschätzungsfähigkeit der Schüler/innen	11
3.3 Imagezuwachs für TEW	11
3.4 Zusammenfassung der Ziele.....	12
4 AKTIONSPLAN UND AKTIVITÄTEN	13
4.1 Rahmen, Klassen.....	13
4.2 Zeitplan - Ablauf	13
4.3 Entwicklung und Produktion der Laserhalterung.....	15
4.4 Eingangstest:	16
4.5 Übungsphase:.....	17
4.6 Abschlusstest:.....	19
4.7 Alternativen zur Messung.....	19
4.7.1 "High Tech": Lab of Tomorrow	19
4.7.2 „Low-Tech“: Wasserglas	21
4.7.3 Akustische Auswertung.....	21
5 EVALUATION	22
5.1 Methodik	22
5.1.1 Feinmotorikzuwachs	22
5.1.2 Steigerung der Selbsteinschätzungsfähigkeit	24
5.1.3 Imagezuwachs	24

5.2	Ergebnisse	24
5.2.1	Feinmotorik	24
5.2.2	Selbsteinschätzung	26
5.2.3	Imagezuwachs	29
5.3	Interpretation der Ergebnisse.....	30
5.3.1	Feinmotorik	30
5.3.2	Selbsteinschätzung.....	31
5.3.3	Imagezuwachs	31
6	RESUMEE UND AUSBLICK.....	32
6.1	Kontext zu den MNI-Zielen.....	32
6.2	Professionalisierung (Weiterentwicklung)	32
6.3	Mögliche Ausweitung	32
7	LITERATUR.....	33

ABSTRACT

Im Schuljahr 2006/07 wurde im Unterrichtsfach Technisches Werken mit Schüler/innen der 5.Schulstufe versucht, feinmotorische Defizite beim Sägen durch den Einsatz von optischem Feedback (Laserzielvorrichtung) rasch und effizient auszugleichen. Die Testauswertungen zeigen eine deutliche Wirksamkeit des Feedback-Trainings. Gleichzeitig gelang es, den Schüler/innen die Vorgehensweise bei wissenschaftlichem Arbeiten nahe zu bringen und einen geschärften Blick für die eigenen Fähigkeiten zu vermitteln. Das Image des Technischen Werkens konnte durch dieses Projekt bei Kolleg/innen des eigenen Faches und der anderen Fächer gesteigert werden.

Schulstufe: 5 + 7 AHS

Fächer: Technisches Werken

Kontaktperson: Mag. Johannes Lhotka

Kontaktadresse: 3950 Gmünd, Kleedorf 25

Schüler/innen: 1.Klassen 34 Schüler, 3. Klasse 16 Schüler
(alle männlich)

1 EINLEITUNG

Eine Zeitungsmeldung von vielen: Kölner Stadtanzeiger vom 12.7.2007

Kopfprämie für Mitarbeiter: Rund 24 000 Ingenieure fehlen derzeit in Deutschland ... Deshalb hat etwa der Siemens-Konzern mittlerweile eine Kopfprämie ausgesetzt: Ein Mitarbeiter, der einen neuen Kollegen anwirbt, bekommt 3000 Euro ... Die Zahl der jungen Menschen, die sich für einen ingenieurwissenschaftlichen Studiengang entscheiden, geht seit einigen Jahren kontinuierlich zurück ... Kritik übt der VDI-Direktor in diesem Zusammenhang auch an Schulen und Lehrplänen: Es werde in Deutschland versäumt, Kinder früh für Technik und Naturwissenschaften zu begeistern. An den Schulen komme der Technikunterricht vielfach zu kurz, auch aufgrund des Lehrermangels.....(1)

Leider gibt es auch bei uns diese Meldungen. (2) Aber wir haben ja Werken als Pflichtfach!?

Ein Auszug aus dem Lehrplan zeigt den hohen Anspruch, der an das Fach gestellt wird. (3)

TECHNISCHES WERKEN: Bildungs- und Lehraufgabe:

.... Durch die Auseinandersetzung mit den Sachbereichen „Gebaute Umwelt“, „Technik“ und „Produktgestaltung/Design“ sollen die Schülerinnen und Schüler befähigt werden, das Leben in einer hochtechnisierten Welt in ökologischer, ökonomischer und sozialer Hinsicht zu bewältigen. Einsichten gewinnen in Zusammenhänge von Ursache und Wirkung bei technischen Sachverhalten ...Förderung von Kreativität und Innovationsfähigkeit durch systematisches und divergierendes Denken ... werkgerechten Einsatz von Maschinen und Werkzeugen kennen lernen ... Entwicklung von kritischer Selbsteinschätzung, Frustrationstoleranz und Kritikfähigkeit als Grundlage für Entscheidungsfindungen Beiträge zu den Bildungsbereichen: Gesundheit und Bewegung:....Ausbau der Feinmotorik Didaktische Grundsätze: Wichtigstes Ziel der Unterrichtsarbeit ist wegen seines starken Motivationscharakters das Herstellen eines konkreten Produkts.....Bei der Herstellung der Werkstücke sollen die Schülerinnen und Schüler handwerkliche Grundfertigkeiten erlernen und anwenden können

Der Lehrplan geht von durchschnittlich handwerklich befähigten Schüler/innen aus. Aber der Durchschnitt stammt aus dem Jahre 1979. Leider sieht die Situation heute anders aus.

2 AUSGANGSSITUATION

Vier Minuten brauchten Schüler/innen am Beginn der ersten Klasse AHS, um eine Fichtenholzleiste mit 15 mal 20 mm Querschnitt durchzusägen. In meiner Unterrichtsvorbereitung hatte ich aus früherer Erfahrung dafür 30 Sekunden eingeplant.

Bei einer daraufhin nachgefragten Selbsteinschätzung beurteilten die Schüler/innen ihre Sägefähigkeiten mit Gut und Sehr Gut.

Das Werkstück würde niemals in der dafür vorgesehenen Zeit fertig werden.

Ich bräuchte viel mehr Unterrichtszeit, um die Schüler/innen auf das früher normale Niveau des Umganges mit Handwerkzeugen zu bringen. Aber gerade hat man mir wieder eine Werkstunde schulautonom gekürzt.

Ich muss etwas tun!

2.1 Persönliche Vorerfahrungen

Durch meine Ausbildung als Turnlehrer und durch meine Tätigkeit als Segelfluglehrer habe ich mich schon seit dem Jahr 1965 intensiv mit den Vorgängen beim Lernen sensomotorischer Fertigkeiten befasst. So entwickelte ich zum Beispiel eine neue Lehrmethode für das Segelfliegen, die auf sensomotorischen Trainingsmethoden basiert. Die dabei gewonnenen Erfahrungen verhießen Zeitgewinn und waren mit ein Grund für die vorliegende Arbeit.

Ein weiteres Hobby von mir hatte auf dieses Projekt Einfluss: Als Geigenspieler muss ich den Bogen mit einer dem Werkzeuggebrauch ähnlichen linearen Bewegung führen, um die Saiten richtig in Schwingung zu versetzen.

2.2 Vorwissen und Fertigkeiten der Schüler/innen

Im Laufe meiner jahrzehntelangen Unterrichtstätigkeit beobachtete ich einen dramatischen Rückgang der Vorerfahrungen im Werkzeuggebrauch. Dieser bezieht sich auf alle Werkzeuge, tritt aber beim Sägen besonders deutlich zutage. Nur einzelne Kinder zeigen eine adäquate Fertigkeit: zumeist ist dann ein Großvater Tischler oder übte einen ähnlichen Beruf aus.

Die mangelnde Feinmotorik und Koordinationsfähigkeit beim Werkzeuggebrauch sind wahrscheinlich auf das geänderte Freizeitverhalten (Fernsehen, Computerspiele, Computersimulation etc. statt "Basteln") zurückzuführen.

Ein weiterer Grund kann die Tatsache sein, dass immer mehr Kinder in „fertigen“ Wohnungen aufwachsen. Es gibt weniger Möglichkeiten, „auf der Baustelle“ mitzulernen. Außerdem „macht Basteln Schmutz“, die neue Wohnung soll sauber bleiben, die Kinder lieber fernsehen oder computerspielen.

Die dadurch schwieriger zu lösenden Aufgaben im Werkunterricht stellen eine zusätzliche Hürde dar, sich mit Technik auseinanderzusetzen. Dies führt unter anderem zu dem von der Wirtschaft und Industrie in ganz Europa so stark beklagten Techniker/innenmangel. Auch in Österreich wird in vielen Studien auf diesen Mangel hingewiesen und auf die Notwendigkeit eines verstärkten Technikunterrichts in der Sekundarstufe hingewiesen. (2)

Da der technische Werkunterricht auch vermehrt durch schulautonome Entscheidungen aus dem Fächerkanon verschwindet (z.B. IKT statt Werken), ist der Versuch notwendig, neue Medien und Technologien für das Erlernen werkzeuggerechter Fähigkeiten zu entwickeln und einzusetzen.

Auf Grund des seltenen Werkzeuggebrauches und der Tatsache, dass „Beurteilen“ fast immer von den Erwachsenen kommt, fehlt den Schüler/innen oft auch die Fähigkeit zur Selbsteinschätzung. So wird meist die eigene Leistung vollkommen verkannt. In den meisten Fällen handelt es sich um eine starke Selbstüberschätzung, seltener wird „das Licht unter den Scheffel gestellt“.

2.3 Teilbereich Sägen

Holz ist auf Grund seiner leichten Verfügbarkeit und seines dem Alter der Kinder adäquaten Bearbeitungswiderstandes eines der meistverwendeten Materialien im Werkunterricht. Damit kommt dem spanabhebenden Trennverfahren „Sägen“ eine dominante Stellung beim Werkzeuggebrauch zu.

Das Ansetzen des Schnittes und das Führen der Säge stellen eine große Anforderung an die Feinmotorik dar. Fehler in der Handhabung führen dabei nicht nur zu unbefriedigenden Ergebnissen, sondern bedeuten auch eine nicht unerhebliche Verletzungsgefahr. So ist beim Sägen insbesondere auf eine gleichmäßige Vor- und Rückbewegung zu achten,

die möglichst viele Zähne zum Einsatz bringt. Der Druck muss sich dem Schliff der Säge und dem Material anpassen. Schaukel- Kipp- und Gierbewegungen müssen vermieden werden.

Weiteren Einfluss auf das Arbeitsergebnis haben selbstverständlich auch der Zustand der Säge und die notwendige Fixierung des Werkstückes (Diese Punkte bleiben in der nachfolgenden Betrachtung ausgespart. Die Sägen waren in gutem Zustand, die Werkstücke wurden vom Testleiter eingespannt.)

2.4 Imageprobleme des Technischen Werkens

Das Unterrichtsfach Technisches Werken steht nicht nur im Zeugnis am hinteren Ende der Fächerliste, sondern wird auch im schulischen Alltag meist als entbehrlich befunden. Unterricht nur am Nachmittag, der Einsatz ungeprüfter Lehrkräfte und im schulautonomen Bereich Streichung des Faches zugunsten anderer Angebote sind die fatalen Folgen dieser Einschätzung.

Die Wirtschaft, allen voran Handel und Industrie, beklagt die realitätsferne Ausbildung an Österreichs allgemeinbildenden höheren Schulen. Der praxisfernen theoretischen Ausbildung fehlt die Bewährung durch konkretes, praktisches Problemlösen. Das Ergebnis ist eine Gesellschaft, deren latente Technikfeindlichkeit ein nicht zu unterschätzendes Problem für eine technikorientierte Zukunft darstellt.

Technisches Werken bietet sich als Brücke zwischen Theorie und Praxis für alle Unterrichtsfächer an.

Technisches Werken ist die Lehre von der vom Menschen gemachten Welt. Alle Maßnahmen, die der Mensch an der Natur setzt, um sie (zu seinen Gunsten) zu verändern, sind Thema der Werkerziehung. Die Bandbreite der Lehrinhalte spannt sich von den urzeitlichen Basistechnologien wie Faustkeil und Blockhüttenbau über neueres Wissen von Holz- und Kunststofftechnologie, Metallbearbeitung, Do It Yourself, Design und Architektur bis zu modernsten Anwendungen von High-Tech wie Elektronik, Computer, Robotertechnik und Lasertechnologien. Wirtschaftliches Denken und Handeln werden durch Übungsfirmen und komplette Produktionsgänge ausgeprägt.

Technisches Werken – Technologie schließt die praktisch-technische Lücke in der Allgemeinbildung unserer Mittelschüler. In fächerübergreifenden Projekten wird unseren Nachfahren Kompetenz und Verantwortlichkeit für die Zukunft unserer Welt vermittelt.

Leider sind die Ziele und Möglichkeiten des Faches Technisches Werken der Wirtschaft, den Eltern, Schulbehörden und Lehrerkollegen nicht genügend bekannt. Diese Unwissenheit führt zu teilweise grotesken Maßnahmen wie Streichung des Faches durch Ministerium oder Schulautonomie oder wie Einsatz von ungeeigneten Lehrern mit falschen Ausbildungsvoraussetzungen. Dies verstärkt die eingangs angesprochene Problematik.

Das Ergebnis: trotz unserer von der Technik dominierten Welt sinkt die Zahl der Technikstudenten und Technikstudentinnen jährlich.

Das vorgelegte Projekt ist in der Lage mitzuhelfen, das Unterrichtsfach "Technisches Werken" (engl.: "Technology"!) als unverzichtbare Grundlage für eine höhere Technik-Akzeptanz zu etablieren. Diese führt durch fächerübergreifende Zusammenarbeit mit Physik und anderen Fächern auch zu deren stärkeren Praxisbezug und damit zu einer geringeren Ablehnung der "zu theoretischen, unverständlichen...." naturwissenschaftlichen Fächer.

Tatsache ist: Immer wieder werden Ausbildungslücken der Jugend angemahnt, die jedoch vom neuverstandenen Fach Werkerziehung ausgefüllt werden könnten, wenn es die Anerkennung und Unterstützung von Wirtschaft, Schulbehörde und Eltern erhielte.

Langfristig sichert ein guter Werkunterricht durch die Ausbildung von kompetenten und verantwortungsbewussten Nachfahren den Fortbestand unseres Wertesystems und den Erhalt der Funktionen einer technisch orientierten Gesellschaft mit hohem Kulturanspruch.

Das vorliegende Projekt hat daher auch die Aufgabe, eine Imagekorrektur des Technischen Werkens zu fördern.

3 PROJEKTZIELE UND ERWARTUNGEN

Um weiterhin das technische Wissen unserer Gesellschaft mit Hilfe ansprechender Werkstücke an die Schüler/innen herantragen zu können, ohne den Großteil der Bearbeitungsschritte selbst mit Maschinen übernehmen zu müssen, muss ein innovativer Weg gefunden werden, die motorischen Defizite rasch und effizient zu beseitigen. Dieses Projekt soll einen möglichen Weg evaluieren.

Das richtige Einschätzen der eigenen Fähigkeiten ist Voraussetzung für das erfolgreiche Herangehen an Aufgaben. Dieses Projekt soll den Schüler/innen helfen, mit dem richtigen Blick für die eigenen Fähigkeiten an Probleme heranzugehen.

Damit das Fach Werken nicht in die Bedeutungslosigkeit versinkt, müssen Entscheidungsträger der Politik und der Wirtschaft, aber auch Eltern, Kinder und selbst mancher Werklehrer von der Unabdingbarkeit dieses Faches überzeugt werden.

3.1 Schnelles Erreichen der für das Sägen notwendigen Feinmotorik

Um beim Sägen (und ähnlichen Vorgängen wie Feilen, Raspeln, Schleifen etc.) den optimalen Wirkungswinkel der Schneiden zum Material beizubehalten, ist es notwendig, die Hand in einer reinen Linearbewegung führen zu können. Da aber unsere Gelenke grundsätzlich zu Kreisbewegungen führen, kann nur über die koordinierte Bewegung mehrerer Gelenke ein lineares Ergebnis erreicht werden.

Dieselbe Aufgabe müssen zum Beispiel Geigenspieler mit dem Bogen, Speerwerfer mit dem Speer und Billardspieler mit dem Queue bewältigen.

Mit Hilfe einer Laserzielvorrichtung soll beim Sägen die notwendige optische Rückkopplung für eine lineare Bewegung ermöglicht werden.

Für die Evaluation bieten sich automatische Videoauswertung, akustische Auswertung (frei gehört oder mit Hilfe von Sonogrammen), Zeitauswertung der Dauer des Sägevorganges sowie eine Expertenbeurteilung der Videoaufzeichnung an.

3.2 Steigern der Selbsteinschätzungsfähigkeit der Schüler/innen

In der untersuchten Altersgruppe liegen Selbsteinschätzung und Fremdbeurteilung oft weit auseinander. Durch das gemeinsame Betrachten der Videoaufzeichnungen (vorher-nachher) wird das eigene Tun mit der Leistung der Klassenkolleg/innen direkt vergleichbar.

Eine formlose schriftliche Befragung dient als Indikator für die Steigerung der Selbsteinschätzungsfähigkeit der Probanden. Gleichzeitig werden die Abweichungen der Selbstbeurteilung vom Lehrerurteil festgehalten.

3.3 Imagezuwachs für TEW

Durch dieses wissenschaftlich fundierte Projekt kann ein Schritt zur Imageverbesserung des Faches getan werden.

Der Trend zur Abschaffung des Faches (Reduzierung der Unterrichtsstunden, Aushöhlung der Lehrerfortbildung ...) muss umgekehrt werden.

Für eine qualitätsvolle Bildungsarbeit ist die Verankerung von Werkerziehung-Technologie als Oberstufenfach anzustreben.

Das Bild der Werkerziehung muss bei Wirtschaft, Eltern und Schulbehörde zurechtgerückt werden.

In überspitzter Form lässt sich der Wunsch nach einem Imagezuwachs auch als „Halos Traum“ (4) definieren:

Traum eines Werklehrers

I have a dream.....

dass Mütter lieber zum Mathematiklehrer gehen, um das fehlende Sehr Gut für einen Vorzug zu erbetteln...

dass der Direktor wöchentlich den Werklehrer fragt, ob er noch Geld für die Werksaalausstattung braucht.....

dass fast jeder Maturant Werkerziehungslehrer werden will...

dass der nächste Maturavorsitzende Werkerzieher ist und Schüler im Wahlfach Werken antreten...

dass alle Werksäle lichtdurchflutete, überausgestattete Werkstattpaläste sind....

dass die Werknote ganz oben im Zeugnis steht...

dass das nächste Werkerzieherfortbildungsseminar auf Einladung des Unterrichtsministeriums wie ein Ärztekongress auf den Bahamas stattfindet....

und dann bin i aufgewacht.

(HALOS Traum, 28.12.2000)

Als Indikatoren für eine Imagesteigerung sollen der Besuch und die Reaktionen auf eine Präsentation in der Aula der Schule, offene Kollegen/innenbefragung sowie die Response auf Internetforen-Postings herangezogen werden.

3.4 Zusammenfassung der Ziele

Ziele:	Maßnahmen:	Indikatoren:
Feinmotorik	Laserzielsägen	Videoauswertung Sonogramme Expertenbeurteilung
Selbsteinschätzungs-Fähigkeit	gemeinsamer Videovergleich	Selbsteinschätzungs-Raster vorher-nachher
Imagezuwachs	Präsentation des Projekts	Fragebögen Kollegen, Internetfeedback

Tabelle 1 Ziele-Maßnahmen-Indikatoren

4 AKTIONSPLAN UND AKTIVITÄTEN

Da durch Zufall in den untersuchten Klassen nur Knaben unterrichtet wurden, wird in der Folge sinngemäß nur die männliche Form „Schüler“ verwendet. Ein Vergleich mit Mädchen wäre anzustreben.

4.1 Rahmen, Klassen

An dem Projekt nahmen 13 Schüler aus der 1a-Klasse, 8 Schüler aus der 1b-Klasse, und 13 Schüler aus der 1c-Klasse teil, wobei die 1b und die 1c einen zusammengelegten Unterricht besuchen. Für den Entwurf, den Prototypenbau, die Auswahl und die Endfertigung der Laserpointerhalterungen wurden 16 Schüler aus der 3b eingesetzt.

4.2 Zeitplan - Ablauf

September 2006:

20.09.07 Startup Wien

Oktober 2006

Messplatz entwerfen, ausprobieren

Testbögen entwerfen, ausprobieren

November 2006

16.11 – 18.11. Schwerpunktspezifischer Workshop S3 Irenental

24.11. Planung und Entwicklung der Halterungen für den Laserpointer mit der 3.Klasse, Modellauswahl

25.11 Prototyp und Test, Produktion in Serienfertigung (12 Stück)

27.11 Testleisten besorgen, Testplatz einrichten + testen

28.11 Leisten zerstückeln, Information der Schüler, Anfangstest und Selbsteinschätzung 1a

30.11. Information, Anfangstest und Selbsteinschätzung 1bc

Dezember 2006

01.12. Probe: Sägetest und Videoaufzeichnung 3b, nach Erklärung des Vorhabens und Vorzeigen des Laserstrahles

- 04.12. Laserpointer vorbereiten
- 05.12. Übungsphase 1a
- 12.12. Endtest 1a
- 14.12. Übungsphase 1bc
- 21.12. Endtest 1bc

Jänner 07

- 04.1. Foto und Videodokumentation bearbeitet

März 07

- 14.3. Zwischenbericht gesendet, Vorschläge eingebracht
- 20.3. Videoteilversuche, Audioexzerptversuche (Video2wav)
- 21.3. Internetrecherche Videoanalyse (VIMPS gefunden, getestet)
- Sonogramme-Bildanalyse (Audacity), Suche nach Farbpixelzähler

April 07

- Viana gefunden, automat. Einleseversuche, Viana verliert Referenzpunkt, aber Einzelbildklicken auf Großschirm möglich.
- 02.04. Coach5 Auswerterversuche, Standard Deviation...
- 12.04. Fragebogen 1bc ausgeteilt, ausgefüllt und ausgewertet
- 17.04. Bericht erweitert, Fragebogen 1a ausgeteilt, ausgefüllt und ausgewertet
- 23.04. Bericht überarbeitet
- 26.-28. 04. Schreibworkshop Attersee
- 27.04. Fragebogen „Image“ an Kolleg/innen ausgegeben, retour und ausgewertet

Mai 07

- 08.05. 1a Selbstevaluation Schüler mit Videobetrachten und Bewertungsbogen
- 10.05. 1bc Selbstevaluation Schüler mit Videobetrachten und Bewertungsbogen

15. 05. Präsentation der bisherigen Arbeit bei der Arbeitsgemeinschaft Technisches Werken an AHS für N.Ö. entfallen, Zeitproblem, aber Vorstellung und Diskussion mit Kollegen Friedl Grall

19.05. Fragebögenauswertung, grafische Aufbereitung

27.05. Absendung 2. Rohbericht

Juni 07

10.06 Einarbeiten der Vorschläge des Betreuers

Ende Juni Abschluss des Projektes

Die Präsentation des Projektes im Web auf Werken-spezifischen Sites wird erst nach Abschluss des Projektes und somit nach Fertigstellung des Projektberichtes erfolgen

4.3 Entwicklung und Produktion der Laserhalterung

Um die Laserpointer auf den Sägen zu befestigen, wurden die Schüler der 3b im November 2006 beauftragt, im Unterricht entsprechende Lösungen zu entwickeln. Die einzigen Vorgaben waren, dass die Vorrichtung mit unseren technischen Möglichkeiten im Werkssaal erzeugt werden konnte und die notwendige Festigkeit gegeben sein musste.

Es entstanden verschiedene Entwürfe mit Klemmtechnik (Wäscheklammern, Miniaturschraubstöcke, ...) oder Klebelösungen (unpraktikabel, weil nicht leicht lösbar), Drathalterungen, Knetgummifixierung etc.

Die beste Lösung fand ein Schüler, der ein Stück Fichtenleiste mit einem Schlitz für den Sägerücken und einer Bohrung für den Laserpointer versah. Das Ein- und Ausschalten des Lasers konnte durch tieferes Hineinstecken und wieder Herausziehen des Laserpointers in seinem Halterungsloch bewerkstelligt werden.



Bild 1 Laserhalterung

Dieser Entwurf wurde dann im Unterricht zwölfmal in Serienproduktion hergestellt. Das heißt, es wurden für die einzelnen Bearbeitungsschritte Stationen aufgebaut und mit „Spezialisten“ besetzt. Dann durchlief das Rohmaterial (Fichtenleiste) die Schritte Anreißen, Ablängen, Schlitzen, Bohren und Schleifen. Eine Qualitätskontrolle schied fehlerhafte Produkte aus.

4.4 Eingangstest:

Die Schüler wurden mit minimaler mündlicher Information („Säge bitte am vorgezeichneten Strich die Leiste ab. Bewege die Säge ruhig mit langen Zügen hin und her“) aufgefordert, eine zirka einen Zentimeter dicke Scheibe von einer Fichtenholzleiste (20 x 15 mm) abzusägen. Der geringe Querschnitt sollte den Testdurchlauf für alle Schüler in derselben Unterrichtsstunde ermöglichen.

Der Vorgang wurde mit einer Videokamera vor einem speziell präparierten Hintergrund gefilmt und das Säegeräusch mit einem an der Säge befestigten Mikrophon aufgezeichnet. Die Säge war mit einem hellen Punkt markiert, um eine eventuelle spätere Videoauswertung zu ermöglichen.

Die dafür benötigte Zeit wurde notiert und das Holzstück durch eine Nummer und einen Pfeil eindeutig zuordenbar markiert.



Bild 2 Testplatz

4.5 Übungsphase:

Für das Üben wurden die Schüler durch Ziehen einer hellen oder dunklen Kugel in die Testgruppe A oder die Vergleichsgruppe B eingeteilt und erhielten den Auftrag, zehn weitere Scheiben von der Leiste abzusägen.

Zur Vorbereitung bekamen alle Schüler ohne Begründung, aber mit Vorzeigen folgende Informationen:

1. gleichmäßige, lange Züge
2. nicht „schaukeln“
3. nicht „kippen“
4. nicht „schief führen“ (gieren)
5. die Leiste kurz einspannen, öfter umspannen

Die Schüler der Gruppe A erhielten Sägen, die mit einer Laser- Zielvorrichtung ausgestattet waren. Sie wurden dazu angehalten, beim Sägen den Laserpunkt an der Wand auf einem engen Zielfeld zu halten.



Bild 3 Laserpunkt

Die Gruppe B arbeitete ohne Laservorrichtung. (Sie haben allerdings die Instruktionen für die Gruppe A mitgehört.)



Bild 4 Üben

Die Beobachtung ergab, dass Laserleute langsamer waren, weil sie den Punkt mitbeobachten mussten. Manche schauten später nicht mehr auf den Zielpunkt, sondern sägten schnell und unkontrolliert vor sich hin.

Probleme gab es durch Batterieschwäche und Kontaktfehler der Laserpointer, sowie Ein- und Umspannprobleme mit der Tischlerzwinde wegen zu geringer Kraft der Schüler.

Schülermeinung: „Laserschaun und sägen geht schwerer, aber beim langsamen Sägen ist das Punkthalten leicht, beim schnellen Sägen sehr schwer“

4.6 Abschlusstest:

Der Abschlusstest wurde wie der Eingangstest am „Sägeprüfstand“ absolviert und mitgefilmt sowie mit dem an der Säge befestigten Mikrophon aufgenommen. Auf der Säge war keine Laserzielvorrichtung aufgebaut.

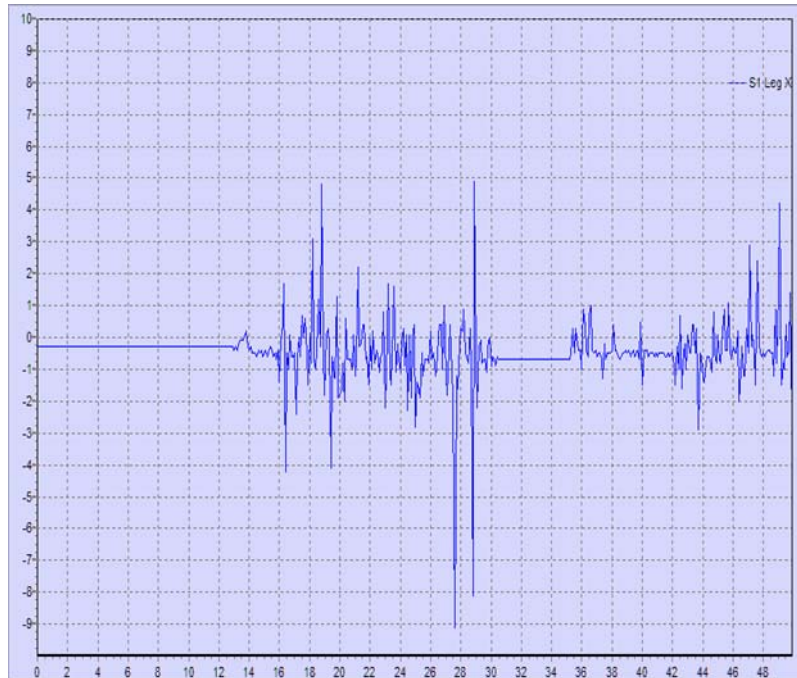
Alle Schüler wurden vor dem Endtest noch einmal darauf hingewiesen, die gesamte Länge der Säge zu verwenden, nicht zu schaukeln, nicht zu kippen, nicht schief zu führen. Die „Laserleute“ wurden daran erinnert, auf einen „gedachten“ Zielpunkt hinzuwirken. Dies hat auch die Vergleichsgruppe mitgehört.

4.7 Alternativen zur Messung

Bei der Vorbereitung des Projekts wurden auch verschiedene andere Meßmethoden ins Auge gefasst. Drei davon werden hier beschrieben.

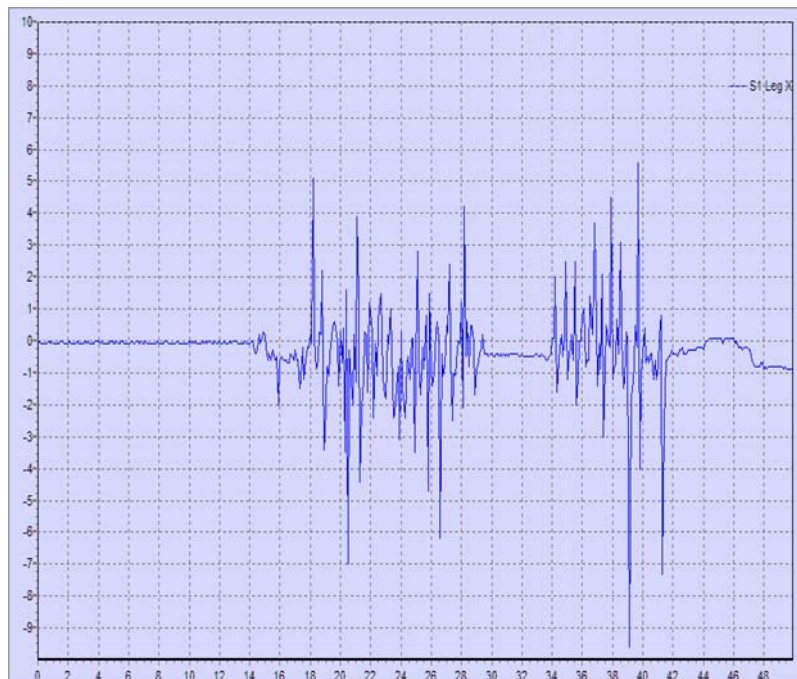
4.7.1 “High Tech”: Lab of Tomorrow

Am Gymnasium Gmünd steht ein “Lab of Tomorrow” – System (LOT) zur Verfügung (5). Dabei handelt es sich um verschiedene Beschleunigungssensoren für Arme und Beine, sowie um Sender, Empfänger und Auswertesoftware im Laptop. Unsere Schüler/innen führten damit z.B. Messungen an Schispringern durch. Bereits früher wurden von mir in Zusammenarbeit mit dem Physikunterricht Probemessungen beim Feilen und Sägen mit den Beschleunigungssensoren durchgeführt. Es zeigte sich, dass der messtechnische Aufwand und die Anfälligkeit für Störungen sehr groß waren. Daher wurde auf diese Meßmethode verzichtet. Zwei Messkurven sind hier in Bildern dargestellt:



Grafik 1 LOT-schlecht

Durch Weg-Aufzeichnung wurden die ungleichmäßig langen und zeitlich unrythmischen Sägezüge eines ungeschickten Sägers grafisch festgehalten.



Grafik 2 LOT-gut

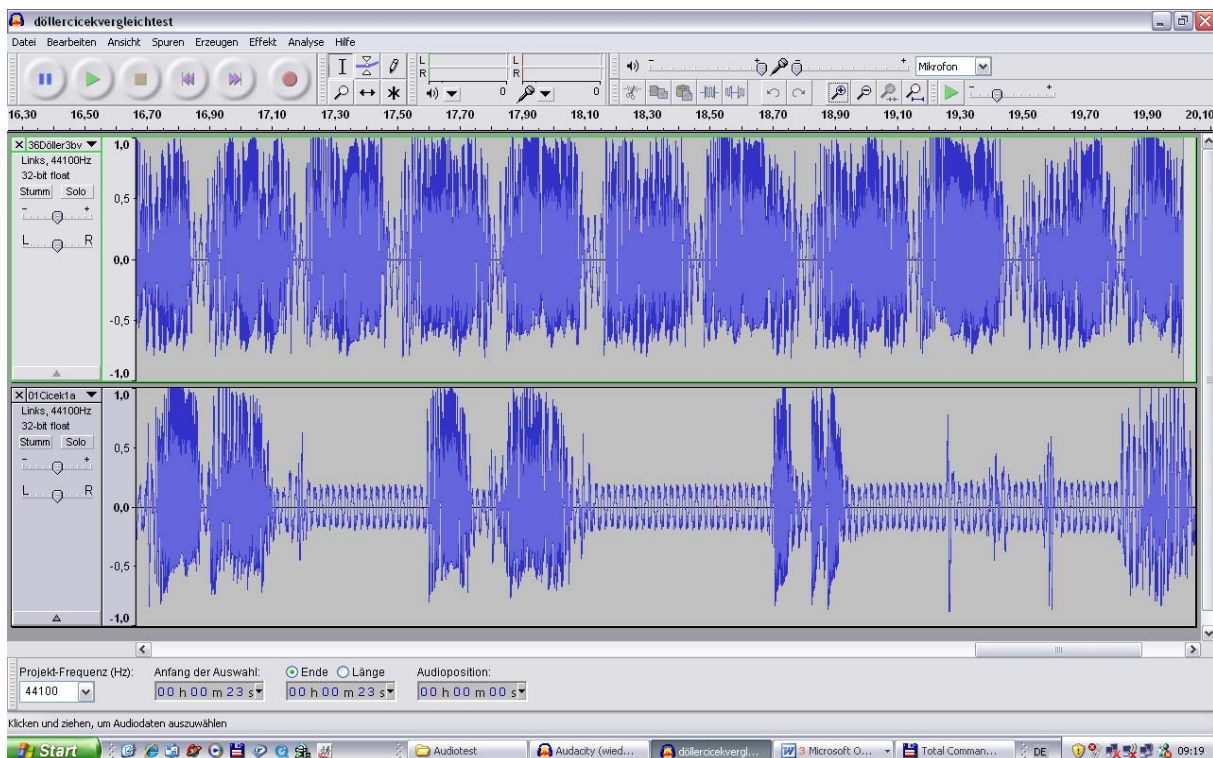
Im Vergleich zum vorigen Bild erkennt man die längeren und gleichmäßigeren Sägezüge eines geübten Sägers.

4.7.2 „Low-Tech“: Wasserglas

Als „Low-Tech“- Lösung könnte man versuchen, einen Messbecher mit Wasser auf der Säge zu montieren. Ruckartige Bewegungen würden das Wasser verspritzen, langsame, gleichmäßige zeigten eine größere Wasserrestmenge. Die verbliebenen Milliliter stünden in direkter Relation zur Sägefähigkeit.

4.7.3 Akustische Auswertung

Beim Sägeteststand war auch ein Spezialmikrofon an der Säge befestigt, sodass die Sägegeräusche mit aufgezeichnet wurden. Anhand der Sonogramme lässt sich optisch der Unterschied zwischen gutem und schlechtem Sägen erkennen:



Grafik 3 Sonogramme

Das obere Sonogramm zeigt die gleichmäßigen Sägezüge eines 13-jährigen Schülers, darunter die stockende, von Pausen durchsetzte Sägeföhrung eines 11-jährigen Schülers. Mit Hilfe von Klanganalyseprogrammen lieöen sich konkrete Zahlenwerte für die Evaluation ermitteln.

5 EVALUATION

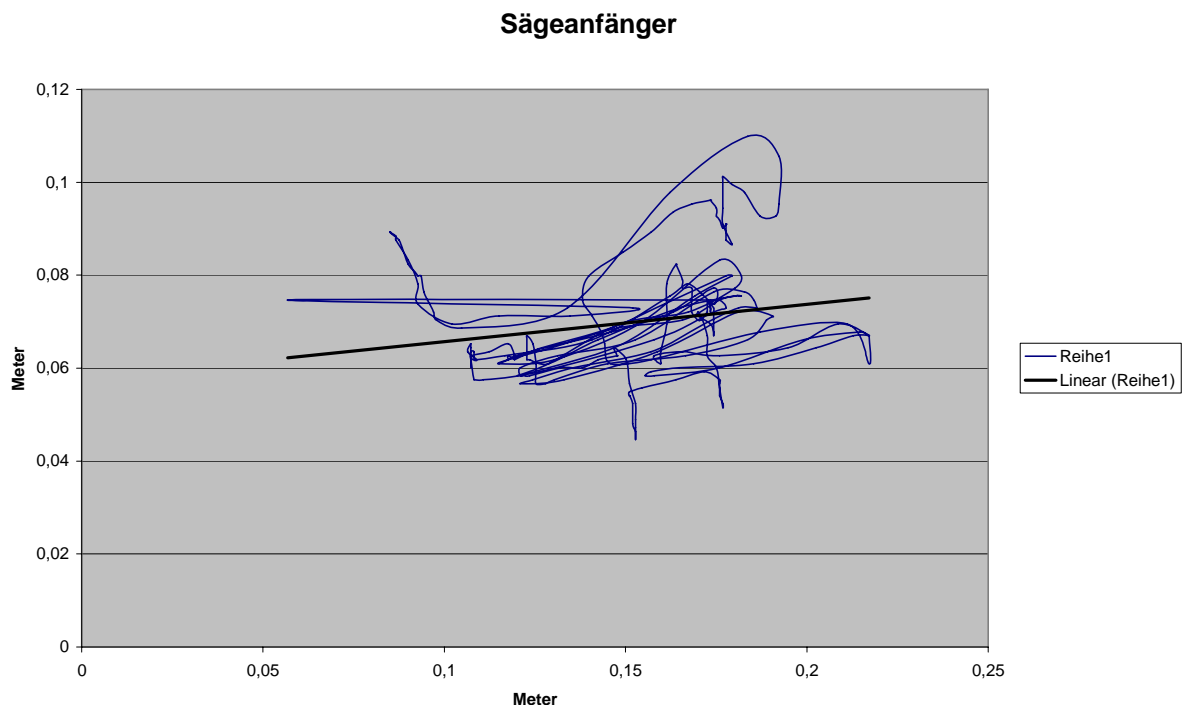
5.1 Methodik

Die Methoden der Evaluation wurden den unterschiedlichen Zielsetzungen des Projektes angepasst.

5.1.1 Feinmotorikzuwachs

Die für die Feststellung des Feinmotorikzuwachses geplante Videoauswertung konnte auf Grund der Rückstufung und Budgetkürzung des Projektes nicht durchgeführt werden. Die zur Verfügung stehende Software Coach 5 beherrscht leider keine automatische Videoerkennung. Die zusätzlich getesteten Videotrackerprogramme Viana, ViMPS und SimiMatchiX benötigen einen starken Farbkontrast des Messpunktes im Video. Es ist empfehlenswert, mit Infrarot-reflektierenden Klebpunkten und Infrarotbeleuchtung zu arbeiten. (6)

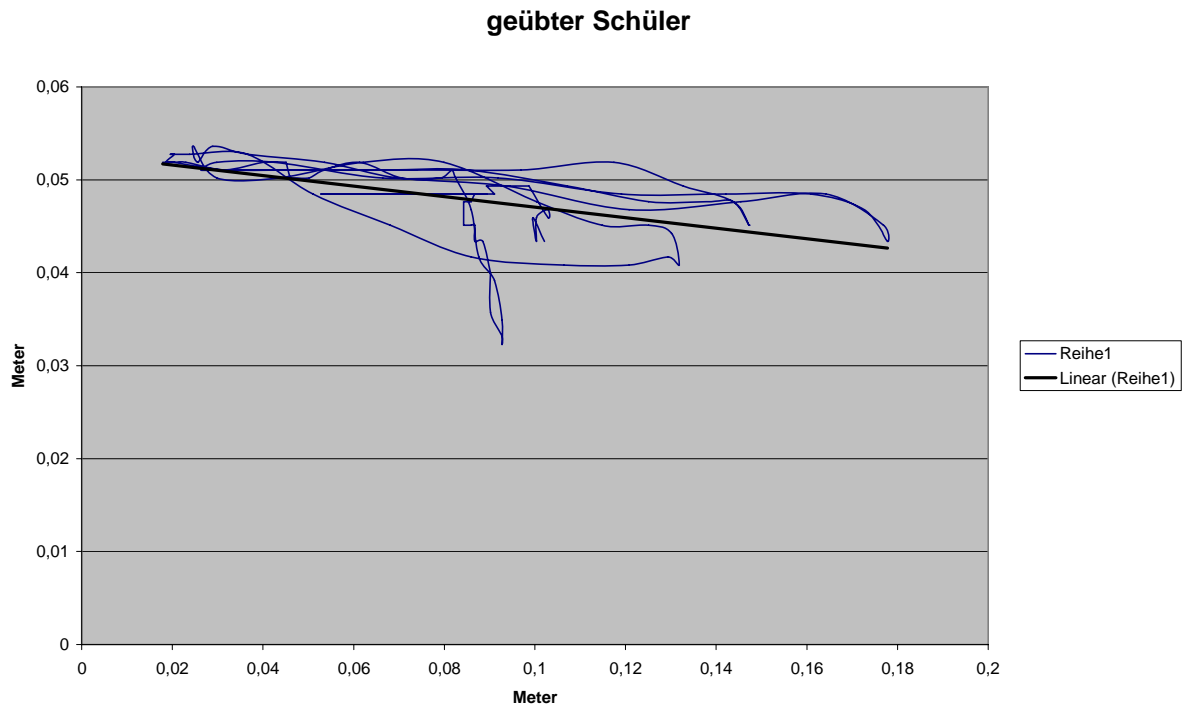
Die probeweise händisch durchgeführte Einzelbildauswertung ergab ein mathematisch sehr gut erfassbares Bild der Sägequalität:



Grafik 4 Sägeanfänger

Die Bewegungsspur eines 11-jährigen Schülers zeigt deutlich die unruhige Sägeführung im Vergleich zur idealen Geraden. Die Abweichung

von der Regressionsgeraden beträgt bei diesem Schüler 0,159205. (Die Abweichung ist die Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der Abweichungen von der Regressionsgeraden in y-Richtung gemessen).



Grafik 5 geübter Schüler

Beim geübten Schüler (13 Jahre) beträgt die Abweichung nur 0,040056. Das ist ein Verhältnis von 1 zu 4. Die stärkeren Zacken entstehen beim Ansetzen der Säge und sind meist unvermeidlich.

Diese Art der Evaluation ergäbe die genaueste Beschreibung und Vergleichsmöglichkeit der Sägeführung. Die zwei vorstehenden Diagramme entstanden jedoch aus jeweils mehr als 250 Einzelbildauswertungen für nur 10 Sekunden Filmmaterial. Da jede Messaufzeichnung oft mehrere Minuten dauerte und insgesamt 68 Filme ausgewertet werden sollten, war diese händische Art der Auswertung undurchführbar.

Somit wurde unter Verzicht auf exakte Daten auf die Expertenbeurteilung (Lehrerbeurteilung) einer Videogegenüberstellung „vorher-nachher“ zurückgegriffen, wobei die Schüler/innen gleichzeitig mitbeobachteten und mitbeurteilten. Damit gewannen sie gleichzeitig eine Basis für die Selbsteinschätzung.

5.1.2 Steigerung der Selbsteinschätzungsfähigkeit

Bei der Beobachtung der Videoaufzeichnungen wurden die Schüler angehalten, auf den Beobachtungsbögen beim Erkennen eines Sägefehlers (Stocken, Hektik, Spur verlieren) von 10 Maximalpunkten Abzüge zu machen. Das Ergebnis sollten sie mit „V“ für den Anfangstest und mit „O“ für den Endtest markieren. Die ausgefüllten Bögen wurden dann vom Lehrer in die herkömmliche fünfstufige Notenskala übertragen. (Der dabei verwendete Beobachtungsbogen findet sich im Anhang.)

Für die Evaluation der Steigerung der Selbsteinschätzungsfähigkeit wurde die Beurteilung der Schüler nach dem Anfangstest mit der Lehrerbeurteilung verglichen, sowie die Schüler/innen um offene Antworten nach Anwendung des gelernten Sägens an einem Werkstück gebeten.

5.1.3 Imagezuwachs

Der Imagezuwachs für das Fach Technisches Werken konnte mit Hilfe eines Fragebogens an die Teilnehmer des Schreibworkshops in Weyregg am Attersee am 27.4.2007 (im Anhang), sowie mit Hilfe von offenen Gesprächen bei der Arge-Tagung TEW und im Lehrerkollegium im Konferenzzimmer evaluiert werden.

Eine Aulapräsentation und eine Newsletterrundfrage im Web werden erst nach Redaktionsschluss des Berichtes erfolgen.

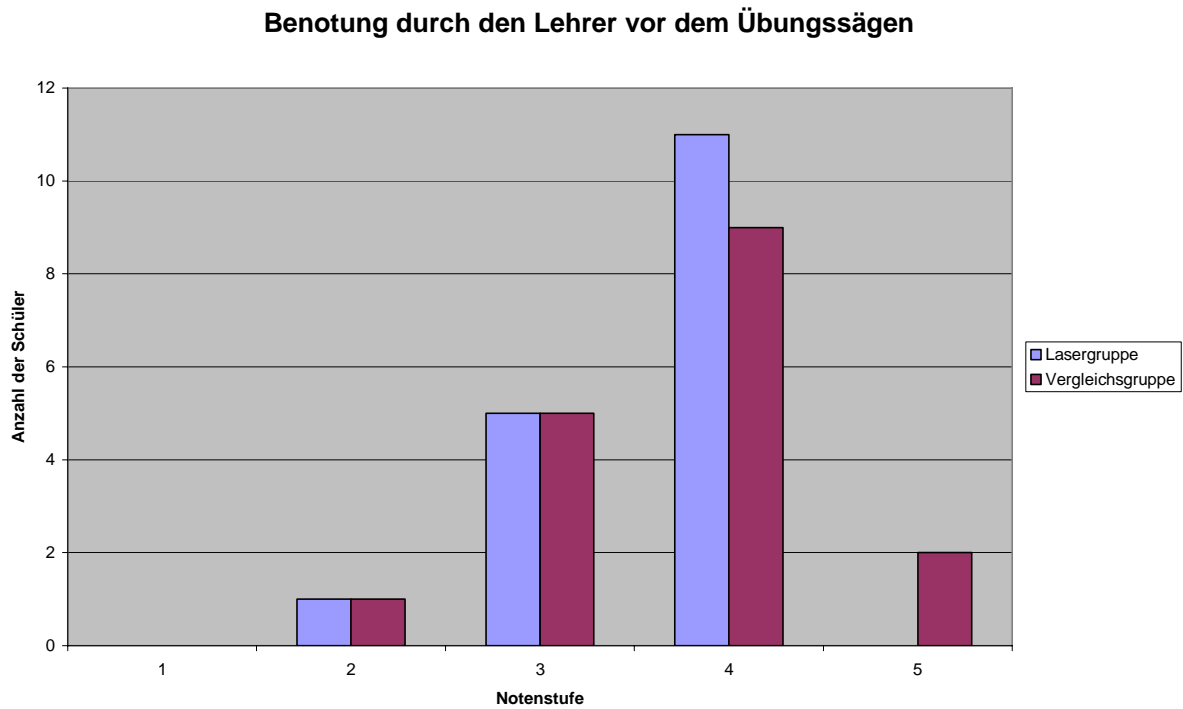
5.2 Ergebnisse

Das Projekt brachte in allen drei angesprochenen Aspekten deutlich positive Ergebnisse.

5.2.1 Feinmotorik

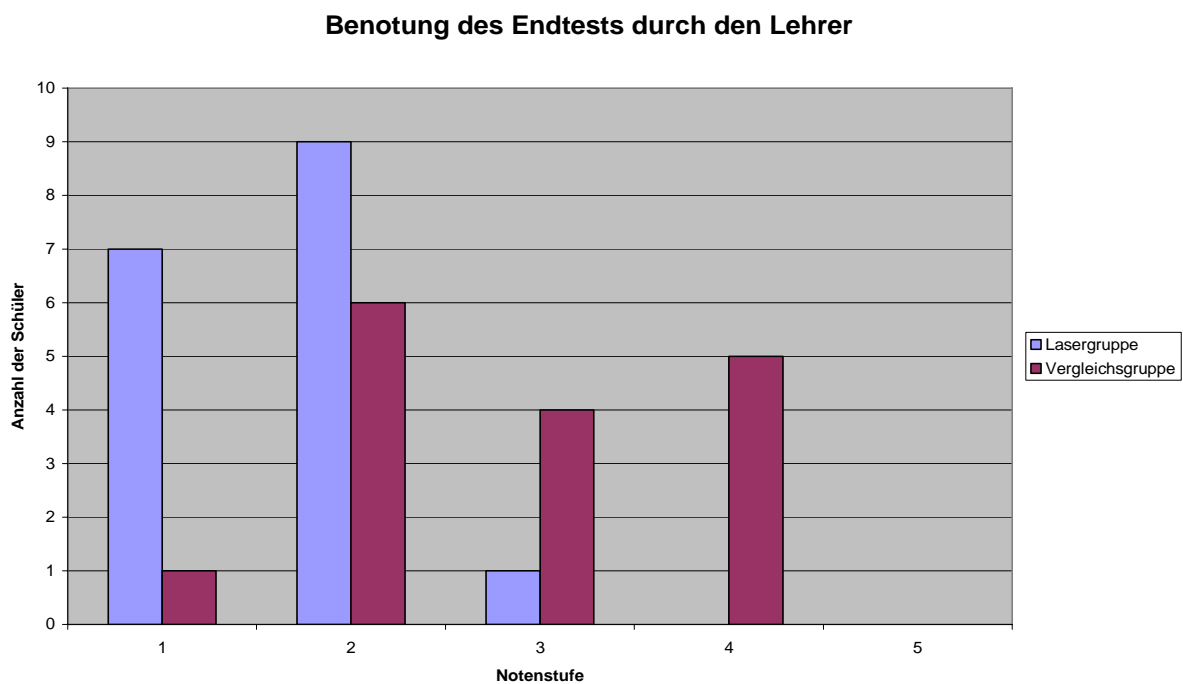
Bei der Durchführung des Anfangstests stellte sich heraus, dass die Schüler unerwartet lange für das Absägen einer dünnen Fichtenleiste (15 mal 20 mm!) gebraucht haben. Die vorgesehen 30 Sekunden pro Schüler wurden von fast allen überschritten. Die durchschnittliche Sägedauer betrug 1 Minute und 36 Sekunden, wobei die längste Dauer bei 4 Minuten lag. Für das Auswertungsvideo wurden daher die einzelnen Tests auf 25 Sekunden genormt.

Die Auswertung der Daten vor dem Üben zeigt eine gleichmäßige Verteilung der Fähigkeiten in beiden Gruppen:



Grafik 6

Nach der Übungsphase einerseits mit der Laserfeedbackmethode und andererseits durch normales Übungssägen wurden beim Endtest Unterschiede zwischen den Gruppen deutlich:

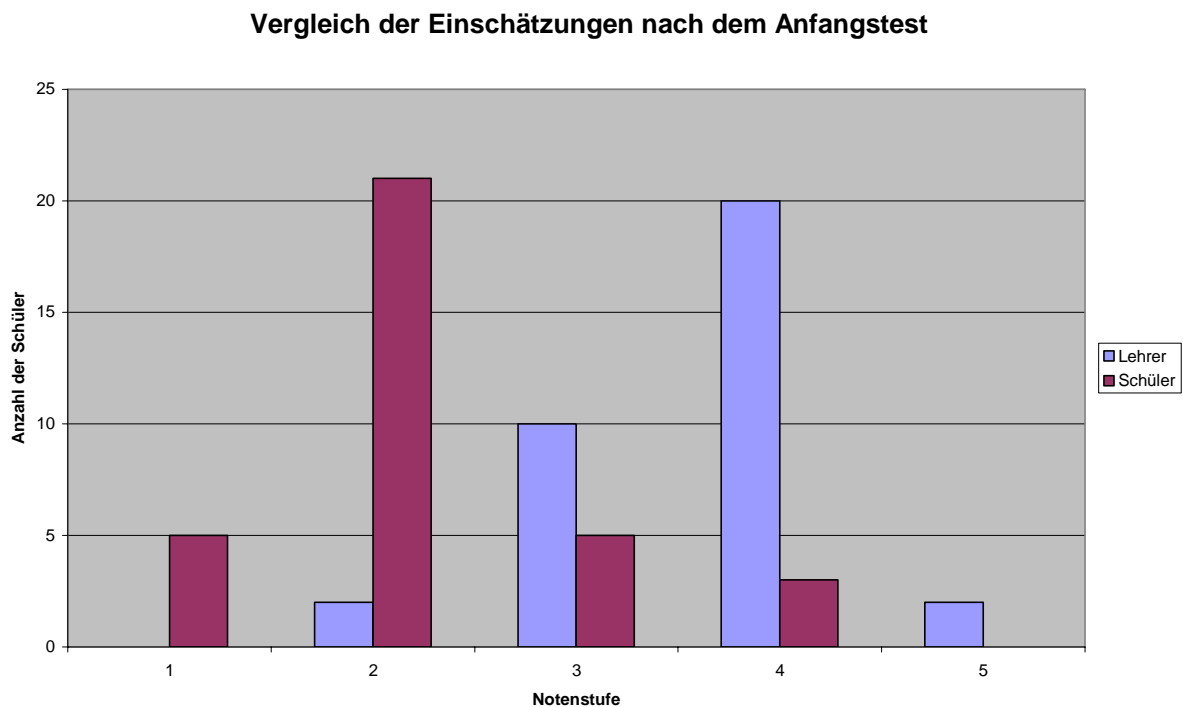


Grafik 7

Die Grafik zeigt in den untersuchten Klassen einen deutlichen Vorsprung der Lasergruppe vor der Vergleichsgruppe. Die Datenbasis findet sich im Anhang.

5.2.2 Selbsteinschätzung

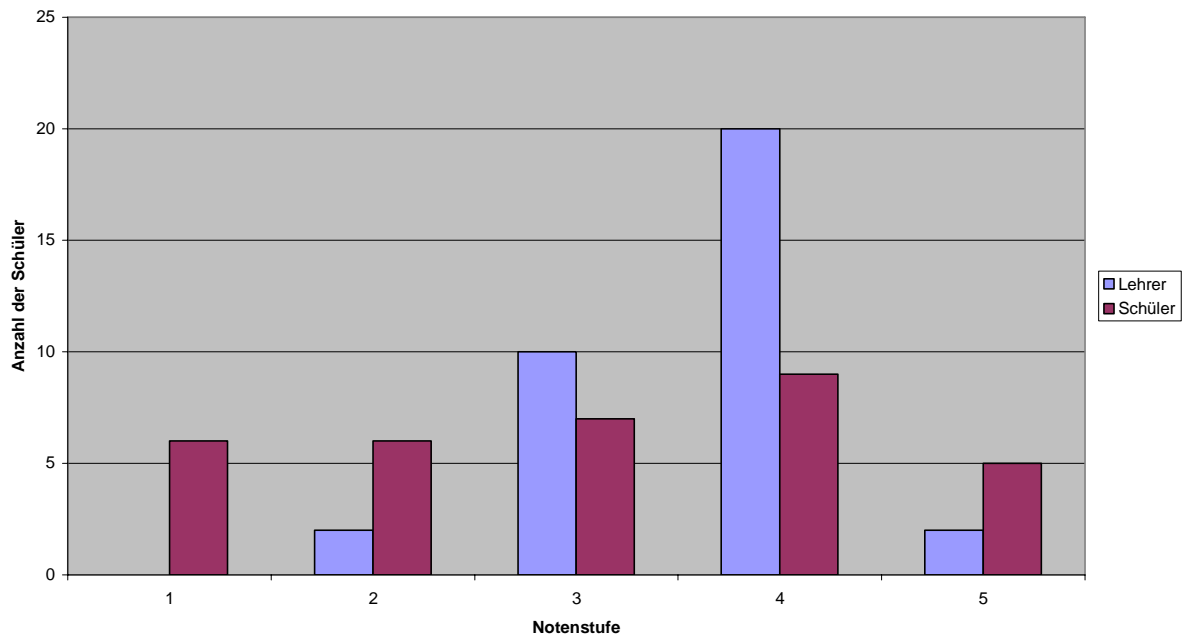
Gleich nach dem Anfangstest wurden die Schüler/innen um eine Selbstbenotung gebeten. Die Selbstbeurteilung wich stark von der Lehrerbeurteilung ab, die Schüler/innen sahen sich „gut“ oder „sehr gut“, der Lehrer beurteilte dieselben mit „gerade noch genügend“.



Grafik 8 Selbsteinschätzung vor Videotraining

Nach dem Vergleich der eigenen Leistung mit Hilfe der Videobeobachtung wich die Selbstbeurteilung nicht mehr so stark von der Lehrerbeurteilung ab:

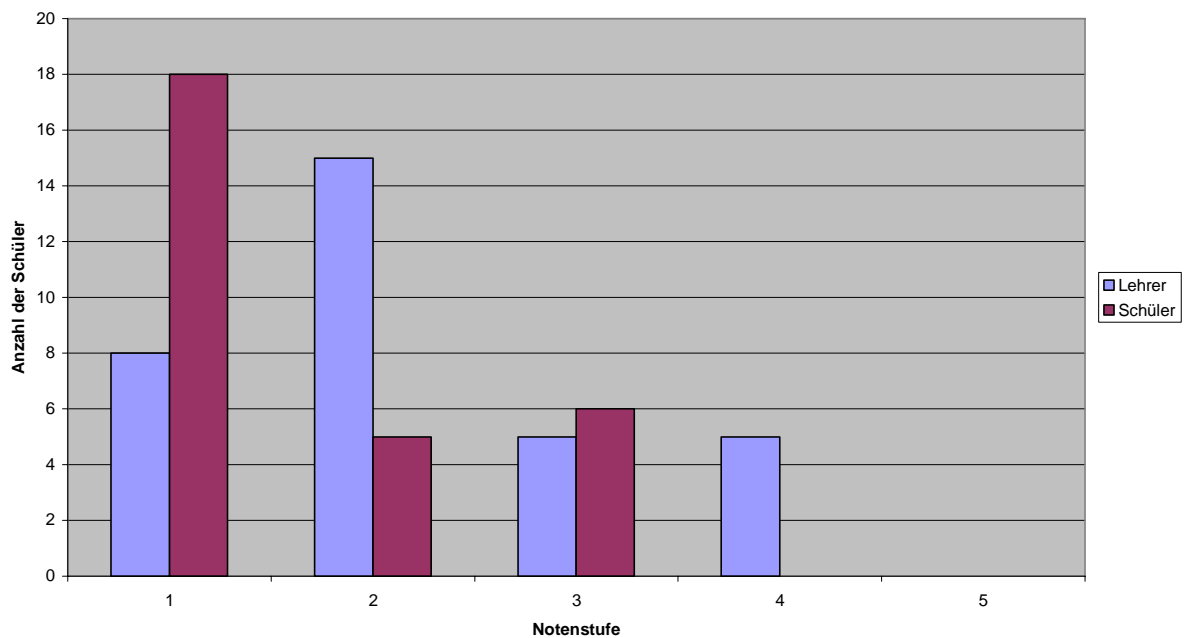
Anfangstesteinschätzung nach Videotraining



Grafik 9 Selbsteinschätzung nach Videotraining

Auch bei der Beurteilung des Endtests schätzten sich die Schüler schon eher korrekt ein:

Endtestbeurteilung



Grafik 10 Endtestbeurteilung

Die Datenbasis findet sich im Anhang.

Nach dem Ausfüllen der „Beobachtungsblätter“ wurden die Schüler gebeten, Antworten auf folgende Fragen zu geben:

1. Hat dir dieses „Videobeobachten“ geholfen, deine Fähigkeiten im Vergleich zu den anderen besser einzuschätzen?
2. Wie hast du dich dabei gefühlt?

(Zur authentischeren Wiedergabe wurden die Antworten buchstaben- genau übertragen.)

Halil C.: Ich habe mich mit anderen vergleichen können. Es gaben gute und schlechte Leistungen. Ich glaubte das ich der schlechteste werde.

David D.: Ich kann mich mit manchen anderen gut vergleichen. Ich habe mich beim Film geschämt.

Dominik D.: Es war interessant zu sehen wie sich andere verbessern oder verschlechtern. Die meisten haben sich beim 2. Sägen verbessert. Man sieht am Video den Unterschied zwischen mir und den anderen. Mir ist es gut gegangen!

Franz K.: Es war ein Unterschied zwischen allen. Es hat jeder andere Fehler gemacht. Das Video hat mir gezeigt das ich andere besser mit mir vergleichen kann. Das beobachten war mir peinlich.

Matthias K.: Ich konnte mich mit andern Schülern vergleichen. Wenn man sich ein Video ansieht wo man beim Sägen gefilmt wurde sieht man die Fehler von sich und andere Leute. Es war mir wenig peinlich.

David M.: Ich säge schlechter als die anderen und habe mich auch so beurteilt. Es war peinlich, lustig (wegen die anderen), interessiert.

Benjamin Sch.: Ich habe mich beobachtet gefühlt. Mir war es peinlich. Ich kann mich vergleichen mit den anderen.

Fabian Sch.: Ich habe jetzt einen ganz anderen Überblick als sonst. Und weiß jetzt wie die andern Sägen. Als ich das Video über mich gesehen habe war ich sehr überrascht das ich mich überschätzt habe.

Philipp Sch.: Ich kann mich mit anderen vergleichen und sehe ob es auch andere gibt die so segnen wie ich. Das Vorhervideo war mir unangenehm.

Manuel S.: Ich kann mich gut mit den anderen Kindern vergleichen. Das selber benoten ist komisch.

Bernhard H.: Mir hat das anschauen sehr geholfen. Ich habe mich dabei sehr gut gefühlt.

Thomas P.: Durch dieses Anschauen kann ich uns besser einschätzen. Am Anfang fühlte ich mich eher schlecht, dann immer besser.

Philipp W.: Habe bessere Ergebnisse erwartet. Es hat mir geholfen mich besser einzuschätzen. Ich habe es nicht glauben können, dass es so große unterschiede zwischen vorher und nachher gibt.

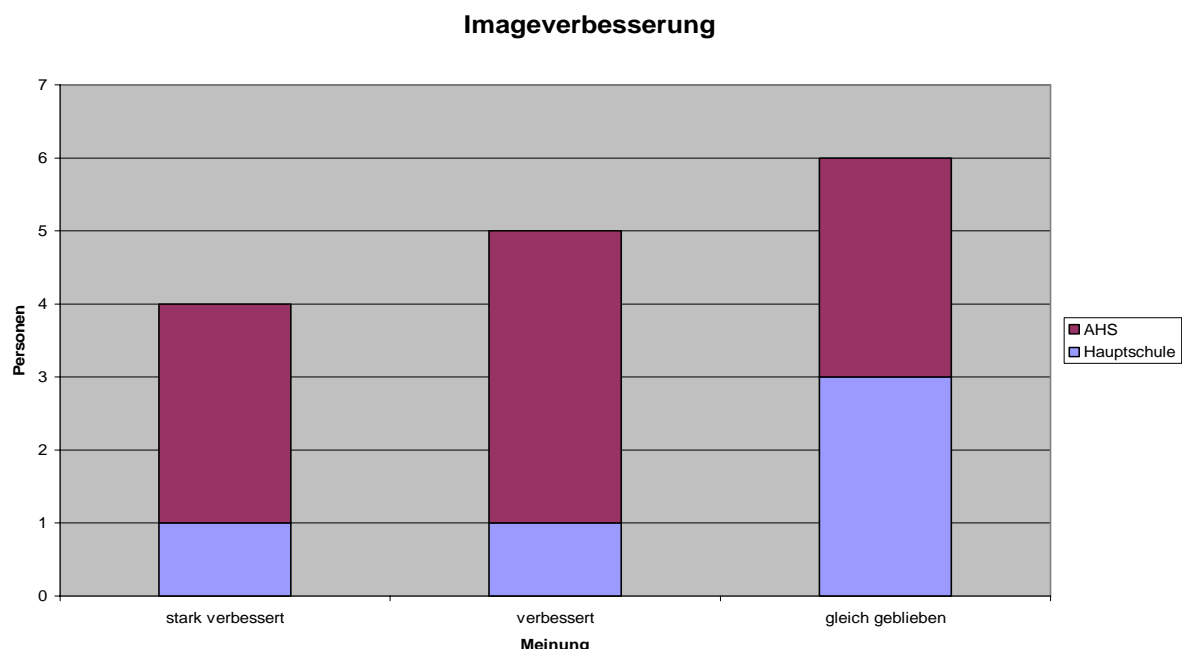
Florian L.: Durch dieses Anschauen habe ich etwas dazugelernt. Ich habe gefühlt, dass ich seit dem ersten Mal mich sehr verbessert habe.

Jonas E.: Durch dieses Anschauen ist mir erst bewusst geworden das trainieren nur dann einen Sinn hat wenn man genaue Anweisungen bekommt. Ich habe mich Gefühlt als würde ich gleich Explodieren. (Es war toll)

Florian H.: Ja, ich kann mich besser einschätzen. Ich habe mich wie ein Lehrer gefühlt aber an sonsten ist es mir gut gegangen.

5.2.3 Imagezuwachs

Bei den 16 Fragebögen, die beim Schreibworkshop in Weyregg am Attersee von anderen Projektleitern ausgefüllt wurden, antworteten auf die Frage: „Wie hat sich Ihr Bild vom Unterrichtsfach Technisches Werken durch das Wissen über das IMST-Projekt „Sägetraining und Test mit Laserfeedback“ geändert?“ immerhin 9 Kolleg/innen mit „stark verbessert“ oder „verbessert“. 7 Kolleg/innen antworteten mit „gleich geblieben“, niemand mit „verschlechtert“ oder „stark verschlechtert“. Die Datenbasis findet sich im Anhang.



Grafik 11 Imageverbesserung

Die Imageverbesserung zeigt sich bei 7 von 10 AHS-Lehrer/innen, jedoch nur bei 2 von 5 Hauptschullehrer/innen.

Unter „Begründung und sonstige Bemerkungen“ schrieben die Kolleg/innen:

Je mehr man kennt, umso besser das Bild. Gute Projekte -> besseres Bild -> besseres Image (ORG: Ch, Ph) Habe die Idee sehr interessant gefunden, vor allem sehr innovativ und „physikverwandt“. (HS: M, GZ, Ph, Ch) Plausible Argumentation (HS: M, GW, GS) Ein kuriozes Projekt (AHS: M, Ch) Unterstützt motorisch.-kreative Fähigkeiten...(AHS: M, GWK) Weiter so! (HS: E, BU) Deutliche Aufwertung des Faches TW im Fächerkanon! TW kann ausschlaggebend sein für die Entscheidung zu einem technisch-nawi- Studium. (HTL: Ch) So lässt sich TW gut verkaufen! (HS: D, GS, WTX) Mich begeistert die Begeisterung des Projektleiters. Ich wäre vorher niemals auf die Idee gekommen, über TW nachzudenken! (AHS: BIUK)

Bei den Gesprächen im Konferenzzimmer zeigten sich viele Kolleg/innen erstaunt über den wissenschaftlichen Ansatz des Projekts. Mit einem Physiker wurde daraufhin bereits eine fächerübergreifende Zusammenarbeit im nächsten Schuljahr fixiert. Der Informatiker, ein weiterer Physiker und der Lehrer für Religion und Latein diskutierten noch lange über die Möglichkeiten feedback-gesteuerten Lernens.

5.3 Interpretation der Ergebnisse

Obwohl die Erwartungen an den Erfolg des Lernprojektes auf Grund der Vorerfahrungen im sensomotorischen Lernen (Segelflug, Sportunterricht) hoch angesetzt waren, wurden sie von den Ergebnissen der Schüler/innen noch übertroffen. Beim Imagezuwachs wurden die Erwartungen erfüllt.

5.3.1 Feinmotorik

Da die reine Übungszeit mit der Säge gerade einmal ungefähr zehn Minuten betrug, liegt der Grund für die Verbesserung eher im sensorischen als im motorischen Bereich. Da der Laserpunkt vor allem die sensorische Seite anspricht, ist der beachtliche Qualitätszuwachs bei nur zehn Übungsschnitten mit der Laserzielhilfe erklärbar. Die herkömmliche Art sägen zu lernen beruht auf dem Prinzip Versuch und Irrtum. Mit dieser Methode kann sich beim komplexen Vorgang des Sägens der schnelle

Erfolg, den die Jugendlichen heute mit einem Tastendruck am Computer gewöhnt sind, nicht einstellen. Hier steht fleißiges - und frustrierendes - Üben vor dem Können.

5.3.2 Selbsteinschätzung

Um sich selbst richtig einschätzen zu können, braucht man Vergleichspersonen und die Fähigkeit der Beurteilung. Bei unserem Schulsystem ist das Beurteilen jedoch fälschlicherweise oft der Lehrperson vorbehalten. Wenn man den Schüler/innen einen „Maßstab“ gibt (Kriterien zur Beurteilung) und mit ihnen einige Übungsbeurteilungen durchführt, dann fehlt nur noch das „eigene Bild“ zur gelungenen Selbsteinschätzung. Ein Spiegel, ein Foto (Fotohandy!) oder Video helfen beim „Erkennen lernen“. Es geht um das „vor Augen führen“, Videofeedback muss vermehrt eingesetzt werden. Das gemeinsame Betrachten der Videoaufzeichnungen bei diesem Projekt ermöglichte den Schüler/innen einen großen Schritt bei der Verbesserung der Selbsteinschätzung.

5.3.3 Imagezuwachs

Es fällt auf, dass die Imageverbesserung bei den Lehrerkolleg/innen sich hauptsächlich bei den AHS-Lehrer/innen zeigt, während bei den Hauptschullehrer/innen das „gleichgeblieben“ dominiert. Grund dafür ist die traditionell praxisnähere Einstellung an Hauptschulen im Vergleich zu den theorielastigeren AHS. Auch unterrichten ungleich mehr Hauptschulkolleg/innen neben ihren anderen Fächern als Zweitfach Technisches Werken und haben so von vornherein eine höhere Meinung von ihrer Arbeit.

Im Allgemeinen wird dieses Fach weit unter seinem Wert gehandelt. Dieses Projekt zeigt, dass Imageverbesserung notwendig und auch möglich ist.

6 RESÜMEE UND AUSBLICK

Rückblickend war es richtig, die Mühen dieses Projektes auf sich zu nehmen. Die ordnende Unterstützung durch das MNI-Team war eine große Hilfe bei der Bewältigung der „normalen“ und „außerordentlichen“ Probleme, die im Laufe des Jahres auftraten.

6.1 Kontext zu den MNI-Zielen

Das vorliegende Projekt diente der Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten zur rasch wirksamen Umsetzung von Innovationen im Werkunterricht. Der unmittelbare Bezug zu konkretem Unterricht stellt sicher, dass ein Beitrag zur Weiterentwicklung des MNI-Unterrichts geleistet wurde. Die Ergebnisse der Evaluation legen eine Fortsetzung der Projektidee im zukünftigen Unterricht nahe. Somit konnten die Ziele des MNI-Fonds erreicht werden.

6.2 Professionalisierung (Weiterentwicklung)

Dieses Projekt ist geeignet, zur Professionalisierung des Werkunterrichtes und der Werklehrer/innen beizutragen. Die Vorbereitung, das Projekt- u. Zeitmanagement, die Unterrichtsgestaltung, die vorgeschriebene Evaluation, all dies hilft, die eigene Position als Lehrer zu hinterfragen und neu und besser zu definieren. Der schulübergreifende Austausch mit Kolleg/innen bei den verschiedenen Workshops zeigt, mit welchem großem Engagement viele Lehrer/innen an der Weiterentwicklung des österreichischen Schulsystems arbeiten. Dies hilft, auch gegen Ende eines langen Lehrerwirkens noch neue Wege zu gehen und mit Optimismus der weiteren Schulentwicklung zu folgen.

6.3 Mögliche Ausweitung

Der Erfolg der sensomotorischen Lernmethode durch zeitgleiches Feedback beim Sägen kann natürlich nicht nur auf andere werkzeugbezogene Fähigkeiten übertragen werden, sondern ebenso auf alle anderen sensomotorischen Lernvorgänge. Die Physik bietet ein weites Feld an Meßmethoden, die speziell für bestimmte feinmotorische Aufgaben adaptiert werden können. Nachahmer sind erwünscht.

7 LITERATUR

Webseiten zum Projekt:

(1) Kopfprämie für Ingenieure:

<http://www.ksta.de/html/artikel/1182933909062.shtml> (13.7.2007)

(2) Studie zum Techniker/innenmangel

http://www.ibw.at/html/rb/pdf/rb_28_schneeberger.pdf (13.7.2007)

(3) Lehrplan Technisches Werken an AHS

<http://www.bmukk.gv.at/medienpool/792/ahs17.pdf> (11.07.2007)

(4) Der Traum eines Werklehrers:

http://tew.schule.at/index.php?kthid=6084&s=1&real_artikel_kthid=&no_sub_kats=1&activate_noaddline=1&suchtext=&artikelid=66708 (2.6.2007)

(5) Website zum „Lab of Tomorrow“

<http://lot.virtuelleschule.at/> (2.6.2007)

(6) Websites zur Videoanalyse:

<http://didaktik.physik.uni-essen.de/viana/> (26.5.2007)

www.physik.uni-mainz.de/lehramt/ViMPS/ (26.5.2007)

<http://www.simi.com/de/> (26.5.2007)

Allgemeine Literatur zur Sensomotorik:

ANSCHÜTZ, H. (1974). Kybernetik. Kamprath-Reihe kurz und bündig Grundwissen. 3. Auflage. Würzburg: Vogel-Verlag.

JOHANNSEN, G., BOLLER, H.E., DONGES, E. & STEIN, W. (1977). Der Mensch im Regelkreis – Lineare Modelle. Methoden der Regelungstechnik. München Wien: R. Oldenburgerverlag.

LHOTKA, J. (1978). Der Segelflugunterricht aus der Sicht des sensomotorischen Lernens (Kritik und Vorschlag). Hausarbeit bei Univ. Prof. Dr. Raimund Sobotka, Universität Wien.

PRESSLER, G. (1964). Regelungstechnik. Mannheim: Bibliographisches Institut AG.