

Das Erlangener Projektpraktikum



**Eine Initiative zur
Erneuerung des
physikalischen
Anfängerpraktikums**

- Thesen



- Das Praktikum ist besonders geeignet zur Herausbildung der wissenschaftlichen Methode im breiterem Sinne
- Das trahierte Praktikum übersieht leicht die Vermittlung der Experimentierkunst
- Eine Reform sollte besser auf die Anforderungen der Diplom-/ Zulassungsarbeit vorbereiten

- Ziele



- Erarbeitung *physikalischer Grundkenntnisse* und deren Überprüfung in Experimenten
- *Selbstständigkeit* in Planung, Aufbau und Durchführung von Experimenten
- Befähigung zur *Teamarbeit*
- Kennenlernen *moderner Meßmethoden*
- *Darstellung* der eigenen Arbeit

- Bisherige Situation



- Zweisemestriges Anfängerpraktikum (3. & 4. Semester)
- 12 bzw. 11 Versuchstermine
- Feste Versuchsaufbauten mit festgelegtem Ablauf
- Stark unterschiedliche Dauer der Experimente (2- 4h)
- Vor- und Nachbereitung zu Hause
- Versuchsreihenfolge häufig sachfremd
- 2-Gruppen
- Tutoren prüfen Theorie und weisen in Apparatur ein
- Protokoll betont Theorie und Messwertanalyse, ist Grundlage für das Testat

- Reformmöglichkeiten



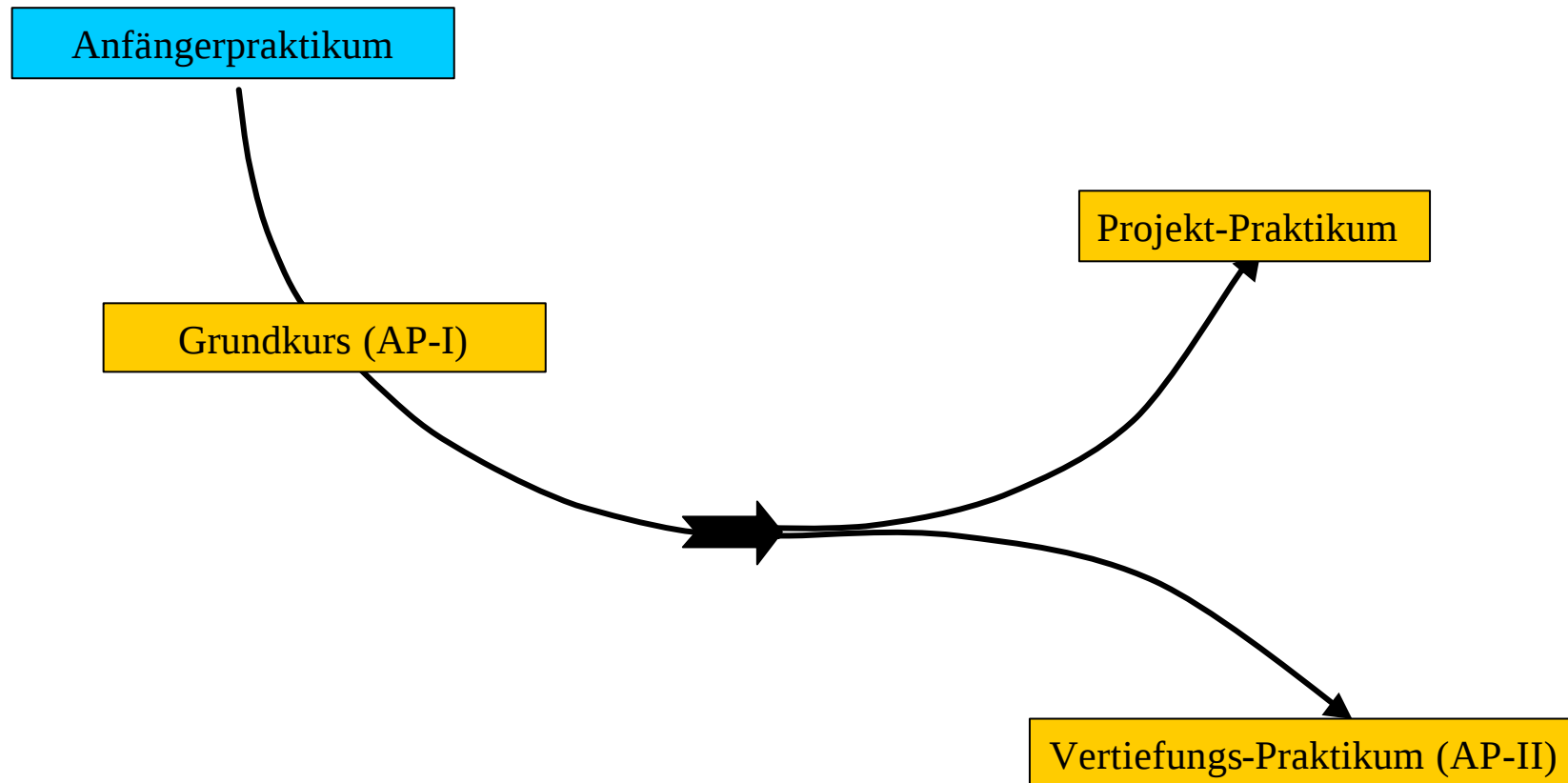
- Behutsame Modernisierung des trahierten Anfängerpraktikums
- Einführung eines neuen Praktikumtyps: Projektpraktikum

- Probleme des Projektansatzes

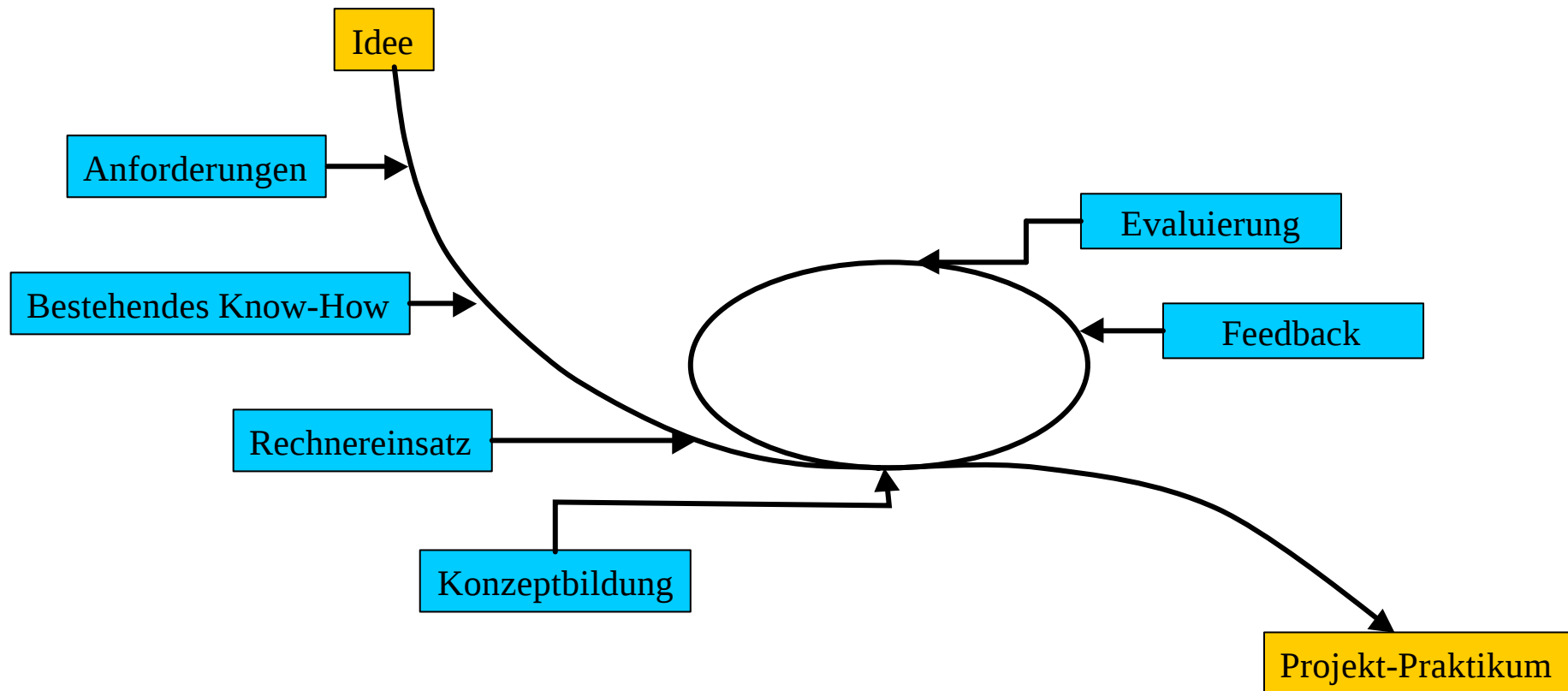


- *Vernachlässigung der “hard skills”* gegenüber den “soft skills” ?
- Woher kommt das *Basiswissen* ?
- *Breite* des vermittelten Wissens ?
- Black Box Physik ?
- *Durchmogeln* ? (TEAM)
- *Überforderung* der Studenten ?
- *Überforderung* der Durchführenden ?

- Gesamtkonzept



- Methodisches Vorgehen



- PP-Konzept



- alternativ zum AP II
- Gruppen aus 5-6 Studenten + 1 Tutor
- eigene, zugewiesene Laborräume
- ständiger Zugang (eigene Schlüssel)
- eigenständige Themenwahl,
aber 3 Hauptgebiete sind abzudecken
(Mechanik, Optik, Akustik...)

- PP-Konzept



- 4 Projekte im Semester
 - ↳ 2 Einführungsprojekte á 2 Wochen
 - ↳ 2 Hauptprojekte á 4 Wochen

- eigenständige Aufgabenverteilung innerhalb der Gruppe
 - ↳ Theorie, Literaturrecherche, Außenteam, Apparaturbau, Messen, Dokumentation...

- PP-Konzept



- Tutor
 - berät bei Themenwahl, Aufgabendefinition, Organisation, Durchführungsproblemen und Projektabschluß
 - 1 Pflichttreffen Gruppe + Tutor / Woche
- Abgabe eines Gemeinschaftsprotokolls eine Woche nach Projektabschluß
- Testatvergabe durch Praktikumsleitung
- Abschlußpräsentation am Semesterende im Plenum mit Vorstellung eines Projektes jeder Gruppe

- Allgemeine Ressourcen



- 6 Experimentierräume
 - ↳ 2 verdunkelt für Optikversuche
- 2 Besprechungszimmer
 - ↳ mit Overhead / Internetzugang / Küche
- Sammlung mit Experimentiermaterial
 - z.B. diverses Stativmaterial, Netzgeräte, Oszilloskope, digitale Multimeter, Lötstation, Laser, Linsen, hochwertige Oberflächenspiegel, Motoren, Windkanal, Vakuumtisch ...

- Allgemeine Ressourcen



- schwingungsgedämpfte Tische (für kritische Interferenz-Experimente und Holographie)
- Photolabor
- Nutzung der elektronischen und mechanischen Werkstatt
- Handbibliothek
- Rechner für Internetrecherche und Laserdrucker

- Rechner Ressourcen



- 4 Rechner zur computergestützten Meßwert-
erfassung, Auswertung und Dokumentation mit
internem Netzwerk

- CASSY-S:

- 8-fach kaskadierbares, serielles Interface
- galvanisch getrennte Ein- und Ausgänge
- mikrokontrollergesteuert
- 2 analoge Spannungseingänge (12 bit)
Meßbereich: 0.3 / 1 / 3 / 10 / 30 / 100 V G 1 %
Abtastrate: 100 kHz
- 1 analoger Spannungseingang
Meßbereich: 0.1 / 0.3 / 1 / 3 A
- 4 Timereingänge mit 32 bit-Zählern
- 1 Umschaltrelais
- 1 schaltbare Spannungsversorgung

- Rechner Ressourcen



■ CASSY-S:

- Sensoren zum Messen von
 - Bewegungen
 - Kräften
 - Drücken
 - Temperaturen
 - Beleuchtungsstärken
 - Magnetfeldern

- anschließbar sind
 - Lichtschraken
 - Geiger-Müller-Zählrohr
 - Mikrophone ...

- Rechner Ressourcen



- Modellbildung mit “Powersim”-Software zur Simulation (quantitativ und qualitativ) dynamischer Systeme
- Camcorder, Videokarte und “Videopoint”-Software zur Digitalisierung und Datenauswertung von Videos.
- StarOffice-Paket, TeX und Auswertesoftware
- (Liste mit Versuchsvorschlägen)

- Durchführung



- Teilnehmerzahl: 28 Studenten (= 70 %)
- 5 Gruppen (3 á 6, 2 á 5 Studenten)
- Problem: Vordiplom-Prüfungszeitraum in der zweiten Semesterhälfte für Erasmus-Studenten

- Durchgeführte Versuche '99



- Spektroskopische Untersuchung einer mikrowelleninduzierten Leuchterscheinung
- Schallwellen im Medium
- Der akustische Dopplereffekt
- Bau einer Magnetschwebebahn
- Strömungsphysik im Windkanal
- Distanzbestimmung mit dem Doppelfernrohr
- Geschwindigkeitsmessung mittels Dopplereffekt bei Mikrowellen
- Messung der Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Medien
- Tunneleffekt bei Mikrowellen
- Bau einer „Railgun“
- Alternative Energiequellen
- Die Wasserrakete in Experiment und Theorie
- Nachweis der Sonolumineszenz
- Messung an einer Dardabahn: Beschleunigung und Geschwindigkeit
- Bestimmung des Luftwiderstandsbeiwertes
- Holographie
- Operationsverstärker
- Distanzbestimmung mit Ultraschallpulsen
- Evaluierung verschiedener Beschleunigungsarten
- Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit mit der Drehspiegelmethode

Das virtuelle Projektpraktikum









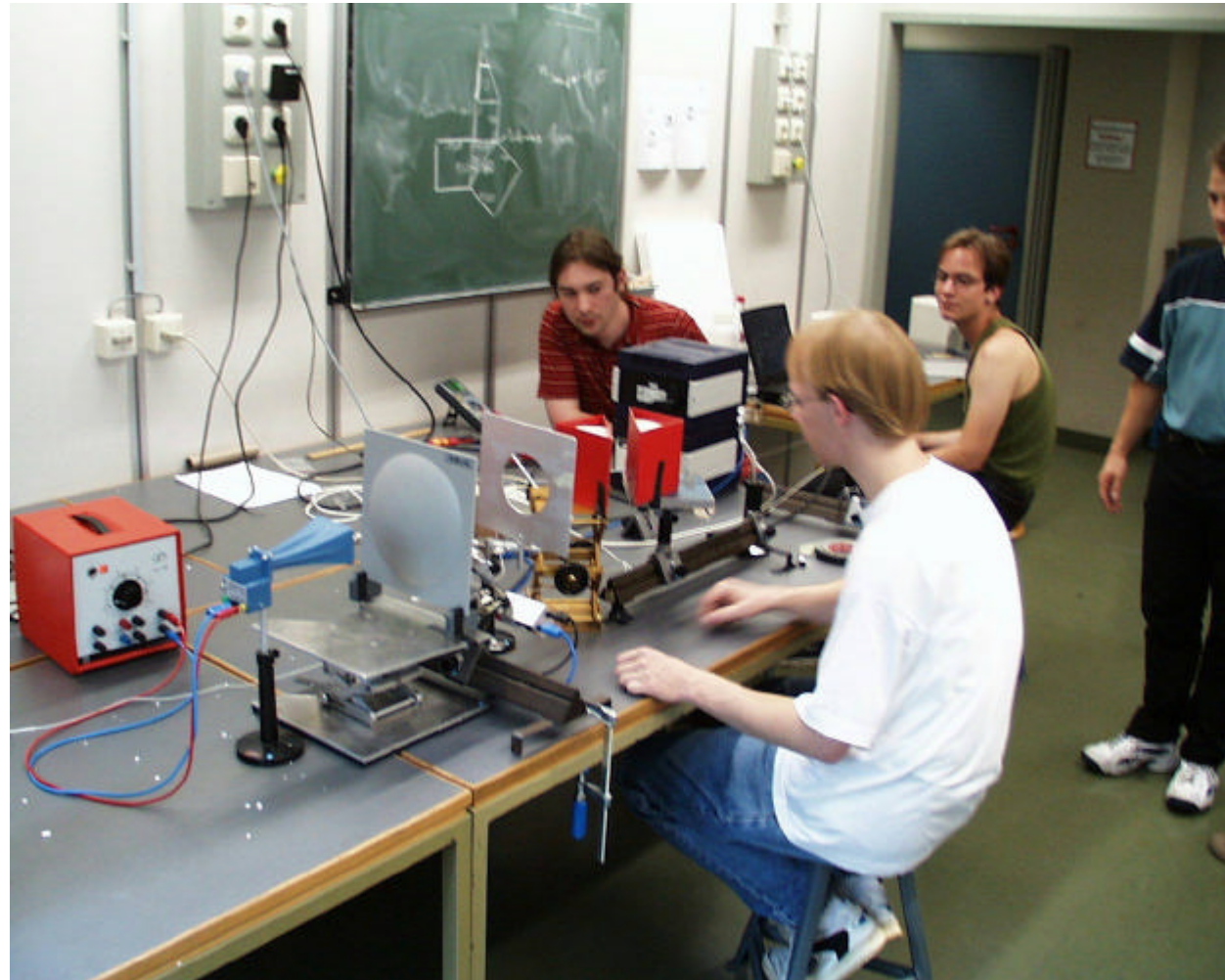




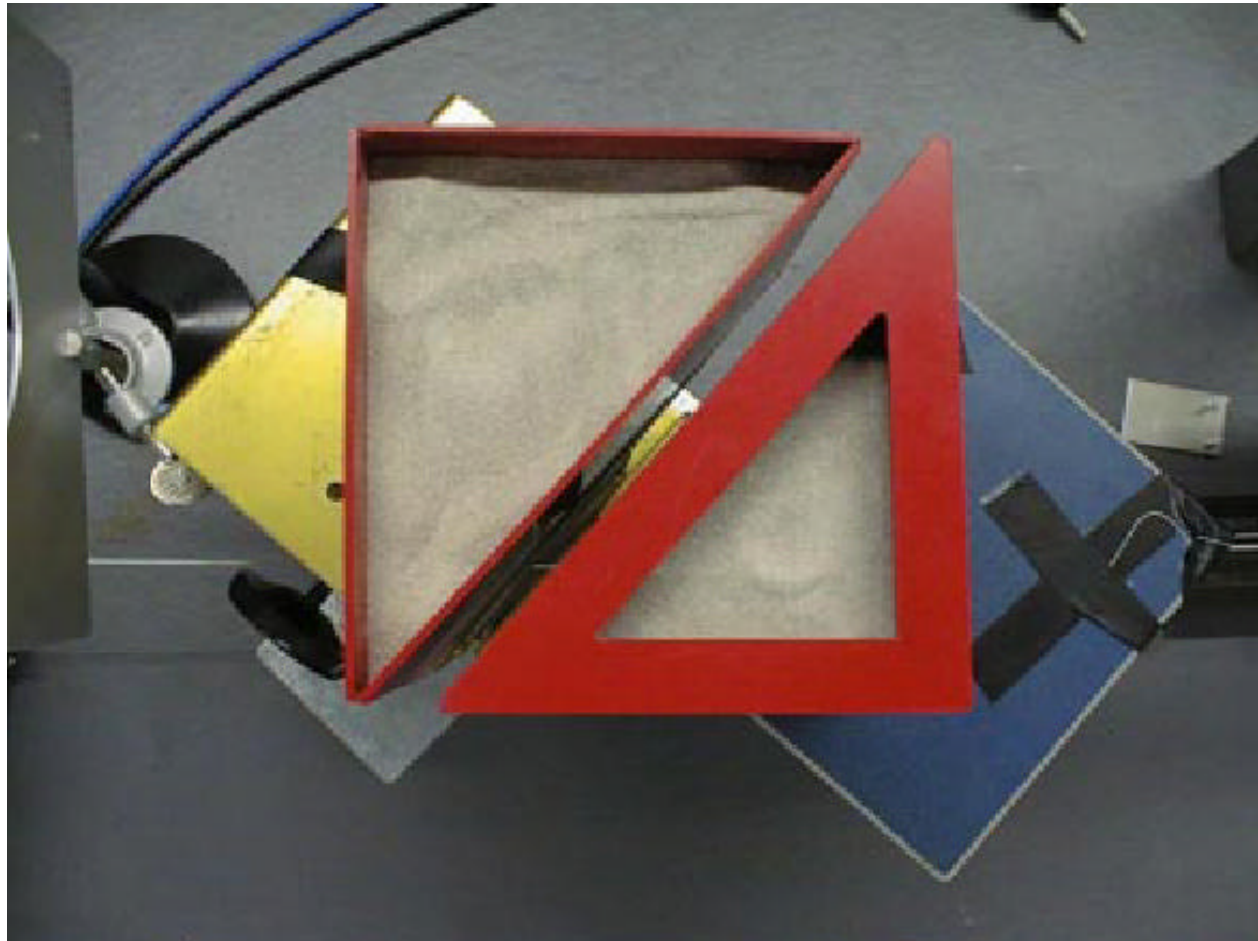




- Protokollbeispiele



- Protokollbeispiele



CASSY Lab - Messung21-15.7 PVC-quadrat. ab jetzt

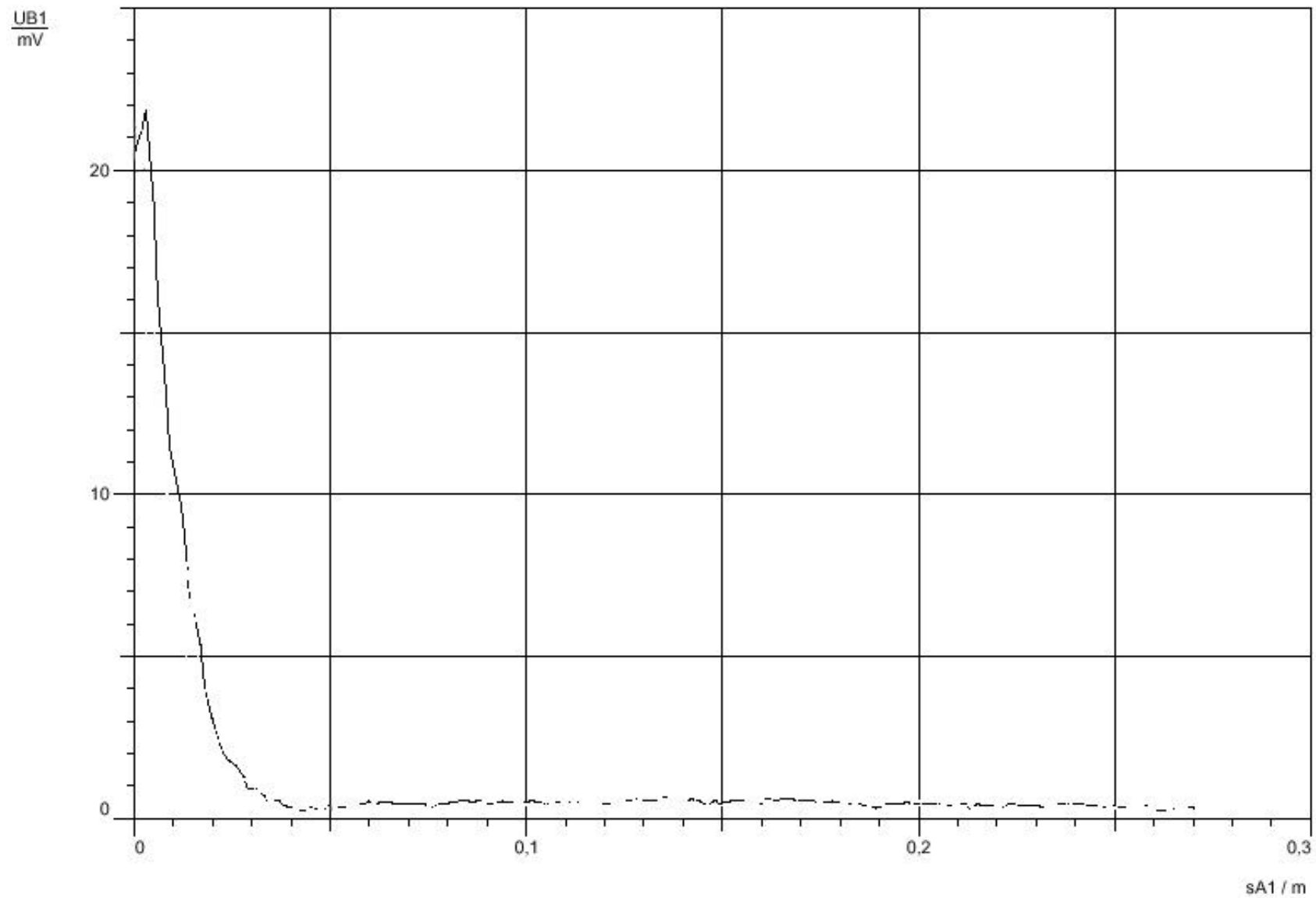


Abbildung 11: Intensität aufgetragen auf Tunnelstrecke

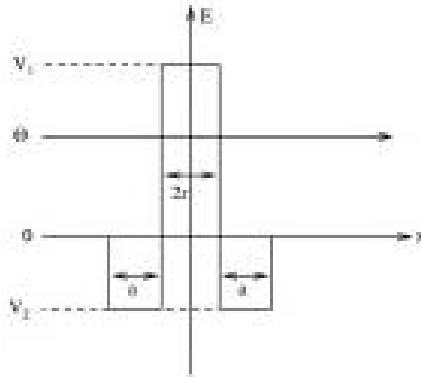


Abbildung 8: Potential für den Tunneleffekt mit Prismen

Da wir wie in (10) beschrieben, die Wellenzahl k nicht mit Hilfe der Schrödingergleichung berechnen, also nicht direkt Potentialunterschiede betrachten, handelt es sich bei Abb. 8 nur um ein Pseudo-Potential. Dies hat keinen realen physikalischen Hintergrund, sondern dient nur zur Veranschaulichung der Zusammenhänge mit dem quantenmechanischen Tunneleffekt.

Wir lösen dieses Problem genauso wie in 1.4 mit folgenden Gleichungen:

$$\varphi_1 := e^{ikx} + Ae^{-ikx} \quad (41)$$

$$\varphi_2 := Be^{ikx} + Ce^{-ikx} \quad (42)$$

$$\varphi_3 := De^{ikx} + Ee^{-ikx} \quad (43)$$

$$\varphi_4 := Fe^{ikx} + Ge^{-ikx} \quad (44)$$

$$\varphi_5 := He^{ikx} \quad (45)$$

und den folgenden Anschlußbedingungen:

$$\varphi_1(-a-r) = \varphi_2(-a-r) \quad (46)$$

$$\varphi_1'(-a-r) = \varphi_2'(-a-r) \quad (47)$$

$$\varphi_2(-r) = \varphi_3(-r) \quad (48)$$

$$\varphi_2'(-r) = \varphi_3'(-r) \quad (49)$$

$$\varphi_3(r) = \varphi_4(r) \quad (50)$$

$$\varphi_3'(r) = \varphi_4'(r) \quad (51)$$

$$\varphi_4(a+r) = \varphi_5(a+r) \quad (52)$$

$$\varphi_4'(a+r) = \varphi_5'(a+r) \quad (53)$$

Nach der Berechnung mit MAPLE ergibt sich für den Koeffizienten H , der der Amplitude der auslaufenden Welle entspricht:

$$H := 16\xi k \kappa^2 e^{(-2i(kr+ka-\kappa a-\xi r))} / (-2\xi^2 k \kappa e^{(6i\xi r)} + 2\xi k^2 \kappa e^{(4i\xi r)}$$

$$\begin{aligned} &+ 4\xi k \kappa^2 e^{(4i\xi r)} - 2\xi k^2 \kappa e_1 - 4i \sin(2\xi r) k^2 \kappa^2 e_3 + \xi^2 \kappa^2 e_2 \\ &+ 4i \sin(2\xi r) \xi^2 k^2 e_3 - 4i \sin(2\xi r) \xi^2 \kappa^2 e_3 - \kappa^4 e_1 + \kappa^4 e_2 + 2k \kappa^3 e_1 \\ &+ k^2 \kappa^2 e_2 - 2\xi^2 k \kappa e_2 - 2\xi k^2 \kappa e_2 + 4\xi k \kappa^2 e_2 + k^2 \kappa^2 + \xi^2 \kappa^2 + \xi^2 k^2 \\ &+ 2\kappa^2 \xi + 2k \kappa^3 + 2\xi^2 k \kappa + 2\xi k^2 \kappa + 4\xi k \kappa^2 + \xi^2 k^2 e_2 + 4i \sin(2\xi r) \kappa^4 e_3 \\ &+ 4\xi k \kappa^2 e_1 + 2\xi^2 k \kappa e_1 - 2\kappa^2 \xi e_2 - 2k \kappa^3 e_2 - \kappa^4 e^{(4i\xi r)} - \xi^2 \kappa^2 e_1 \\ &- k^2 \kappa^2 e^{(6i\xi r)} - 2k \kappa^3 e^{(6i\xi r)} + 2\kappa^2 \xi e^{(4i\xi r)} - \xi^2 \kappa^3 e^{(4i\xi r)} + \kappa^4 - 2\kappa^2 \xi e_1 \\ &- \xi^2 k^2 e_1 - k^2 \kappa^2 e_1 - \xi^2 k^2 e^{(4i\xi r)}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mit } e_1 &:= e^{2i(\kappa a + \xi r)} \\ e_2 &:= e^{6i\kappa a} \\ e_3 &:= e^{2i(\kappa a + \xi r)} \end{aligned} \quad (54)$$

Analog zu (37) gibt das Betragsquadrat von H die Transmissionswahrscheinlichkeit an.

Die Konstanten k und κ berechnen sich gemäß Formel (38) unter Verwendung der Mikrowellenfrequenz $f = 9.35 \text{ GHz}$ und dem Brechungsindex $n = 1.65$ im Sand zu:

$$k = 195.97 \text{ m}^{-1} \quad (55)$$

$$\kappa = 323.34 \text{ m}^{-1} \quad (56)$$

Die Strecke im Sand beträgt pro Prisma:

$$a = 6.0 \text{ cm} \quad (57)$$

Da wir mit dem Empfänger die Intensität der auslaufenden Welle messen, plotten wir das Betragsquadrat (ohne Einheit) der Wellenfunktion bei $x > r + a$ hinter dem Tunnel für verschiedene imaginäre ξ in Abhängigkeit der Tunnelstrecke $l = 2r$:

- Protokollbeispiele

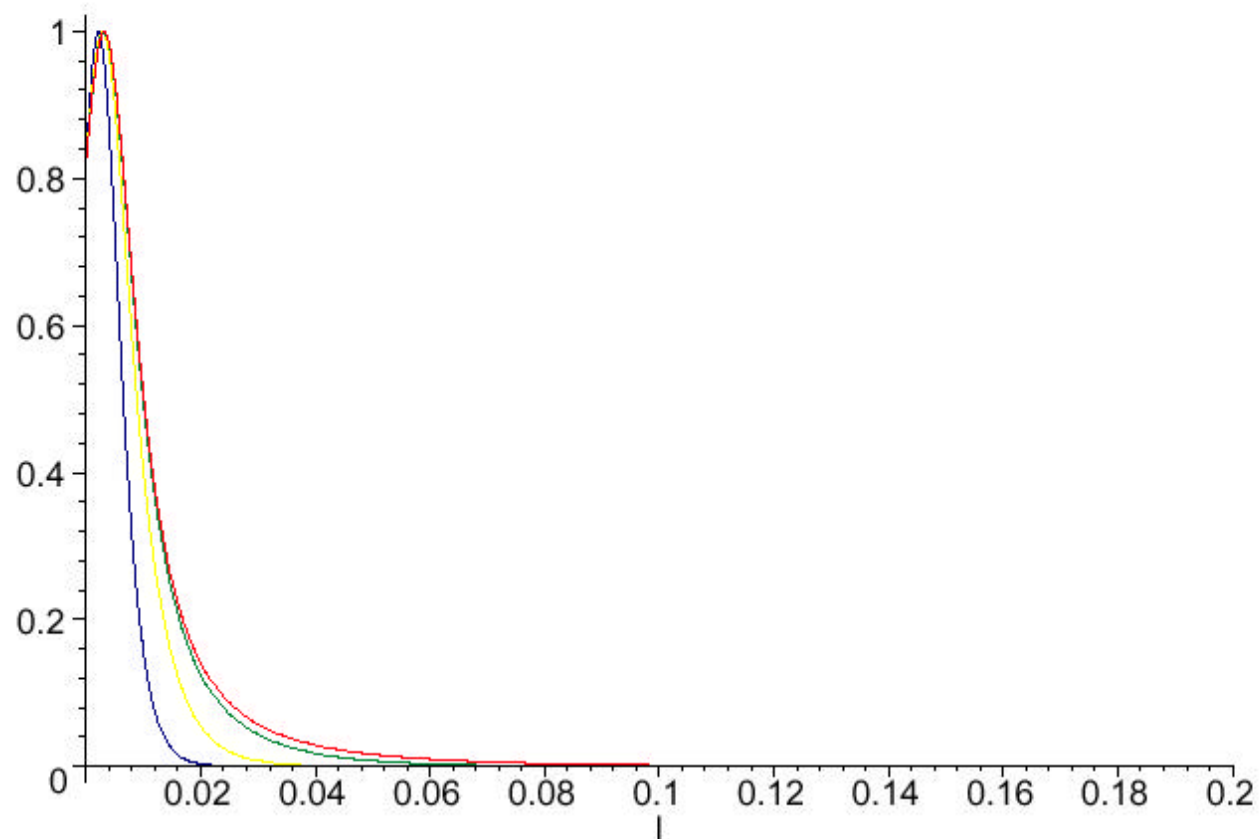
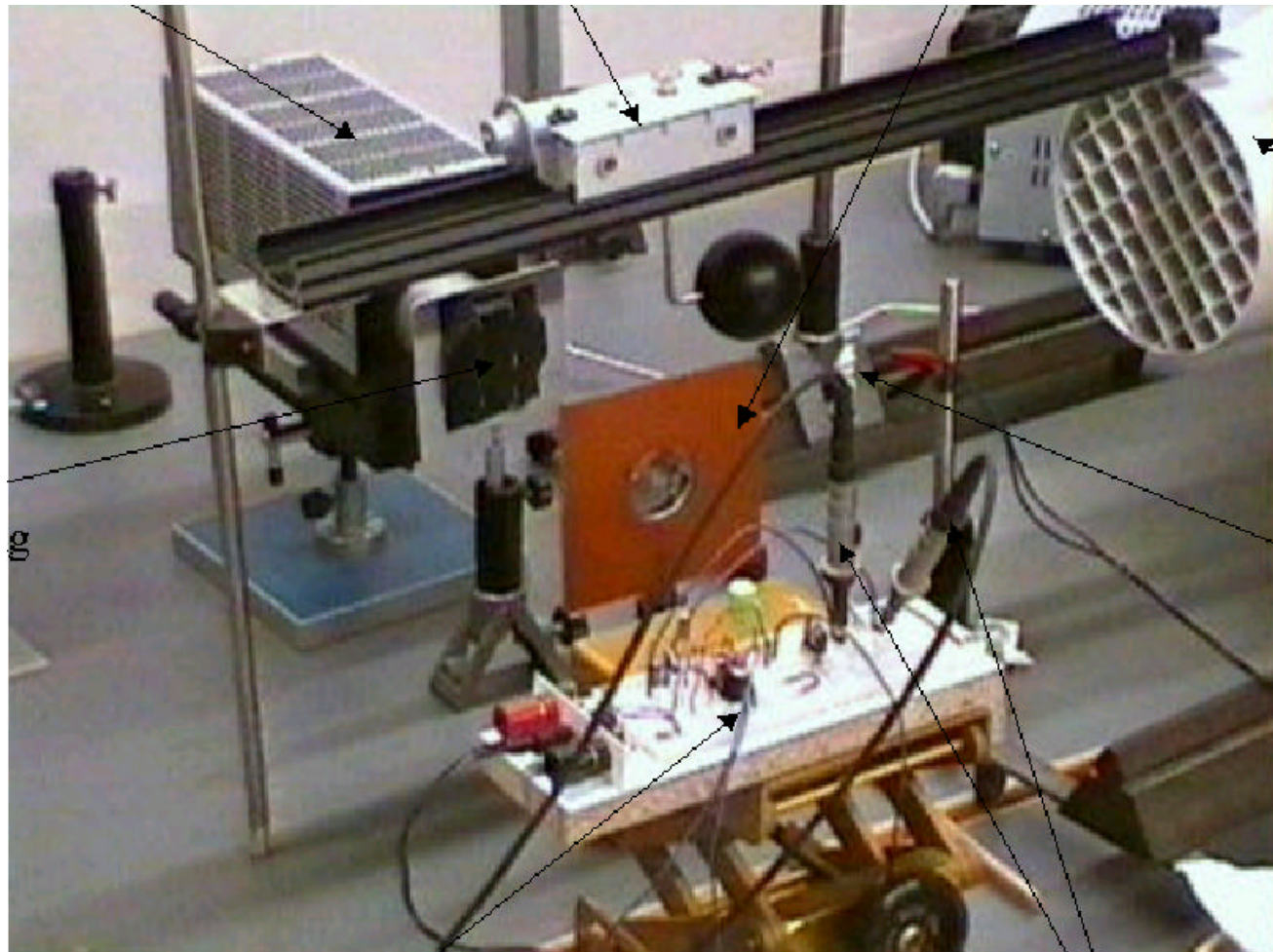
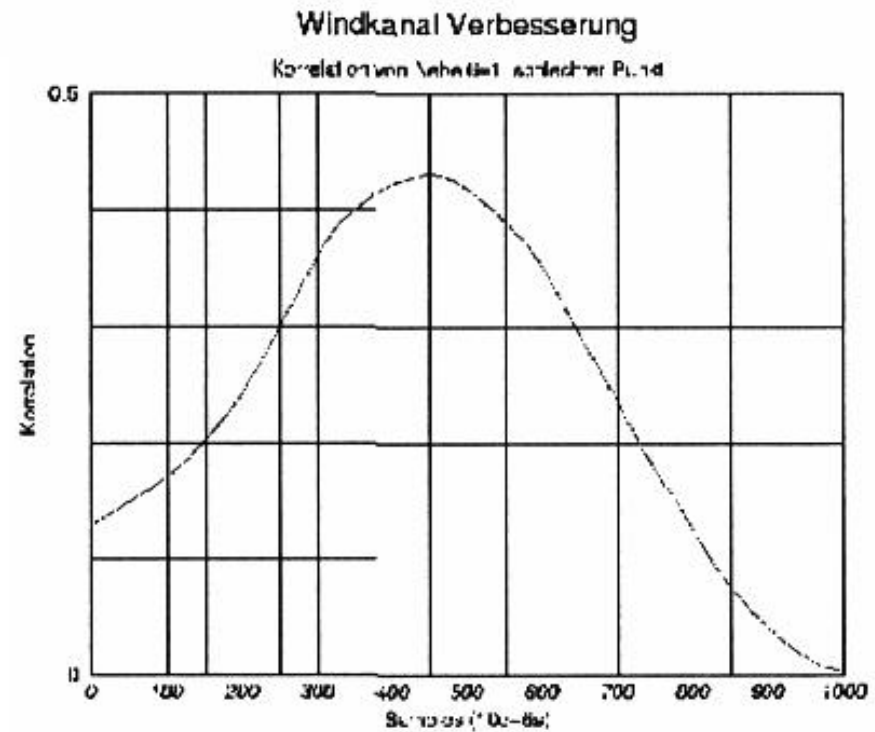
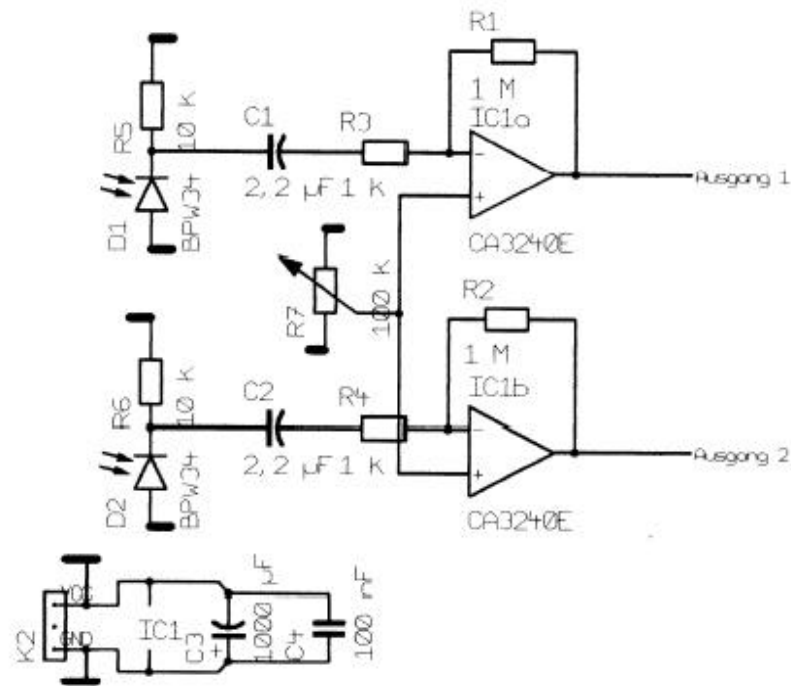


Abbildung 9: Intensität hinter Tunnel: in rot $\xi = 0.1 \cdot ik$; grün $\xi = 0.2 \cdot ik$; gelb $\xi = 0.5 \cdot ik$; blau $\xi = ik$
(mit $k = k_{\text{Luft}}$)

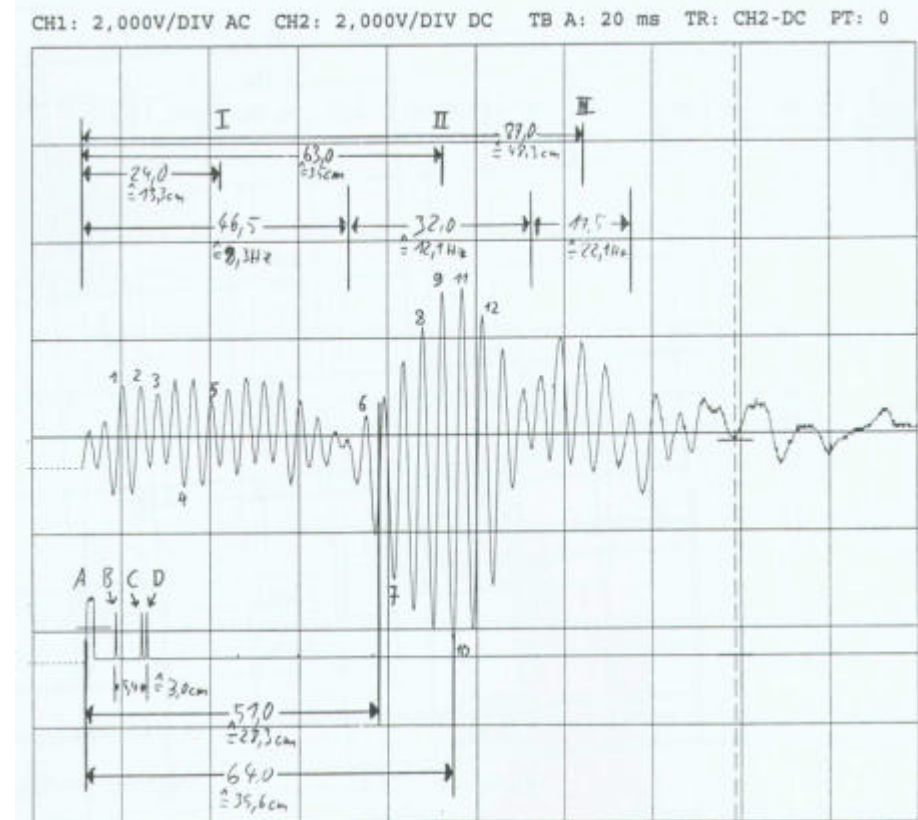
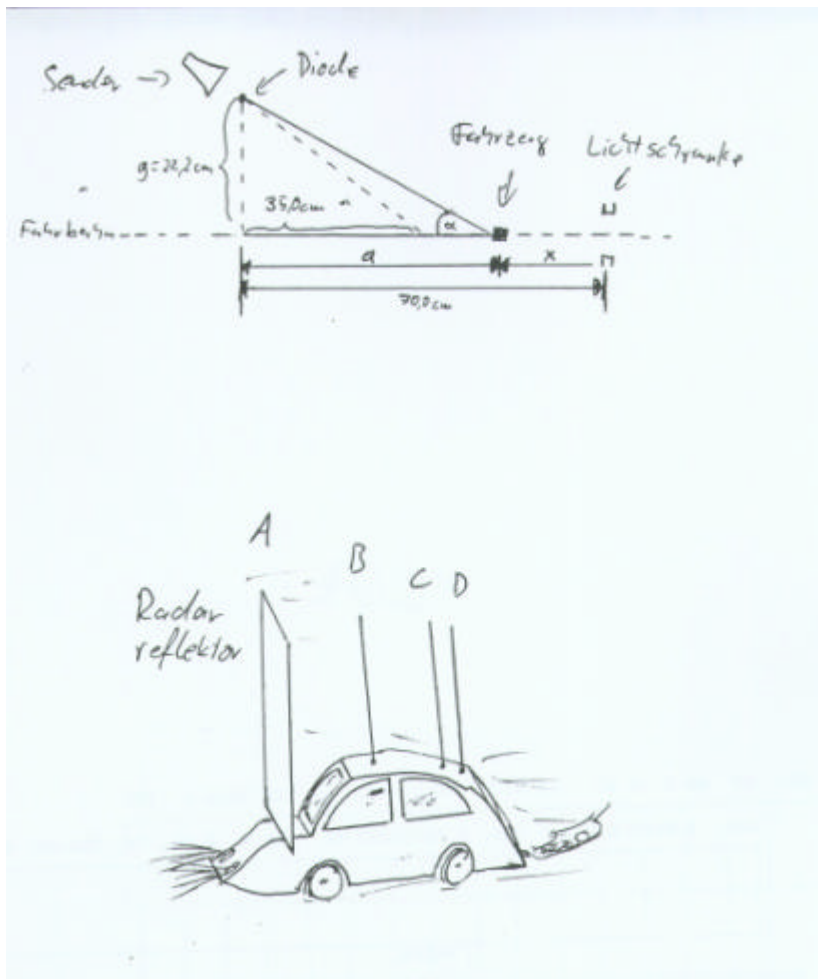
- Protokollbeispiele



- Protokollbeispiele

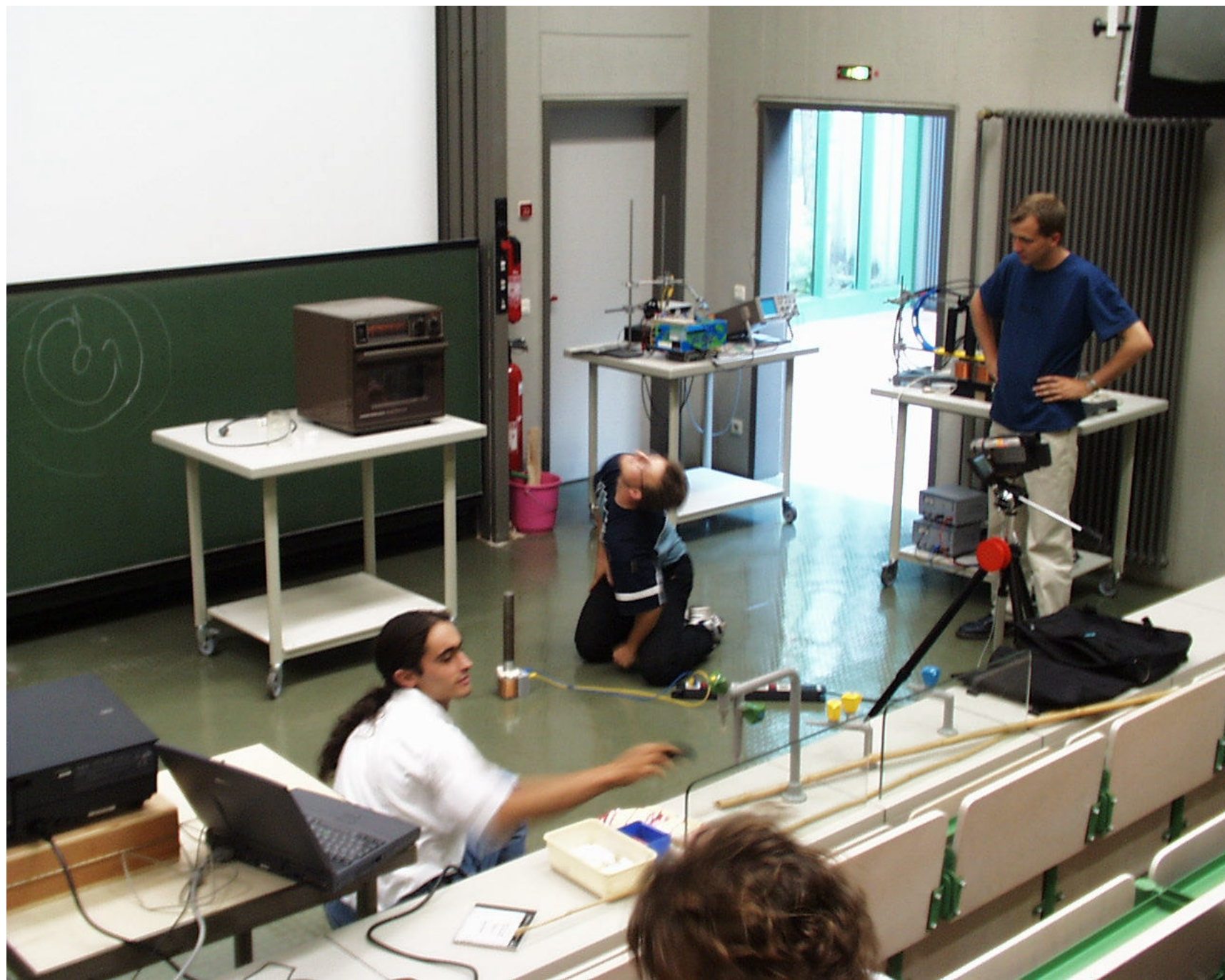


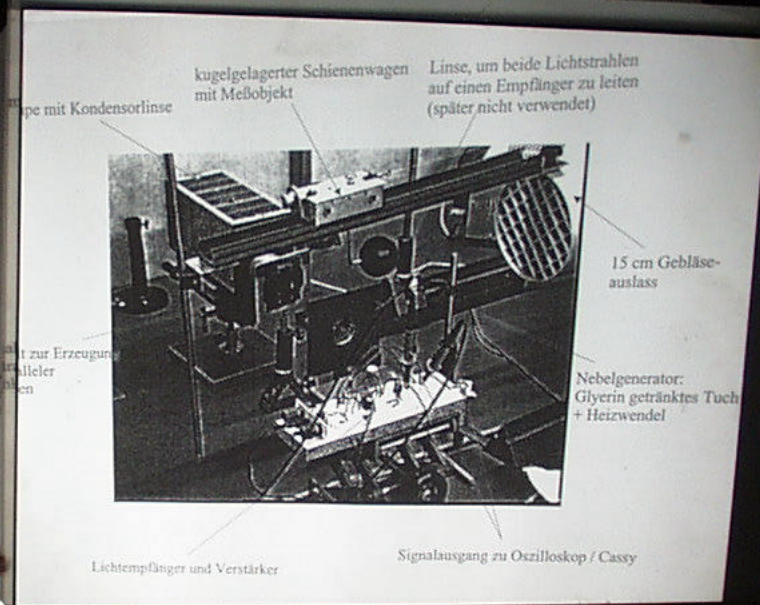
- Protokollbeispiele



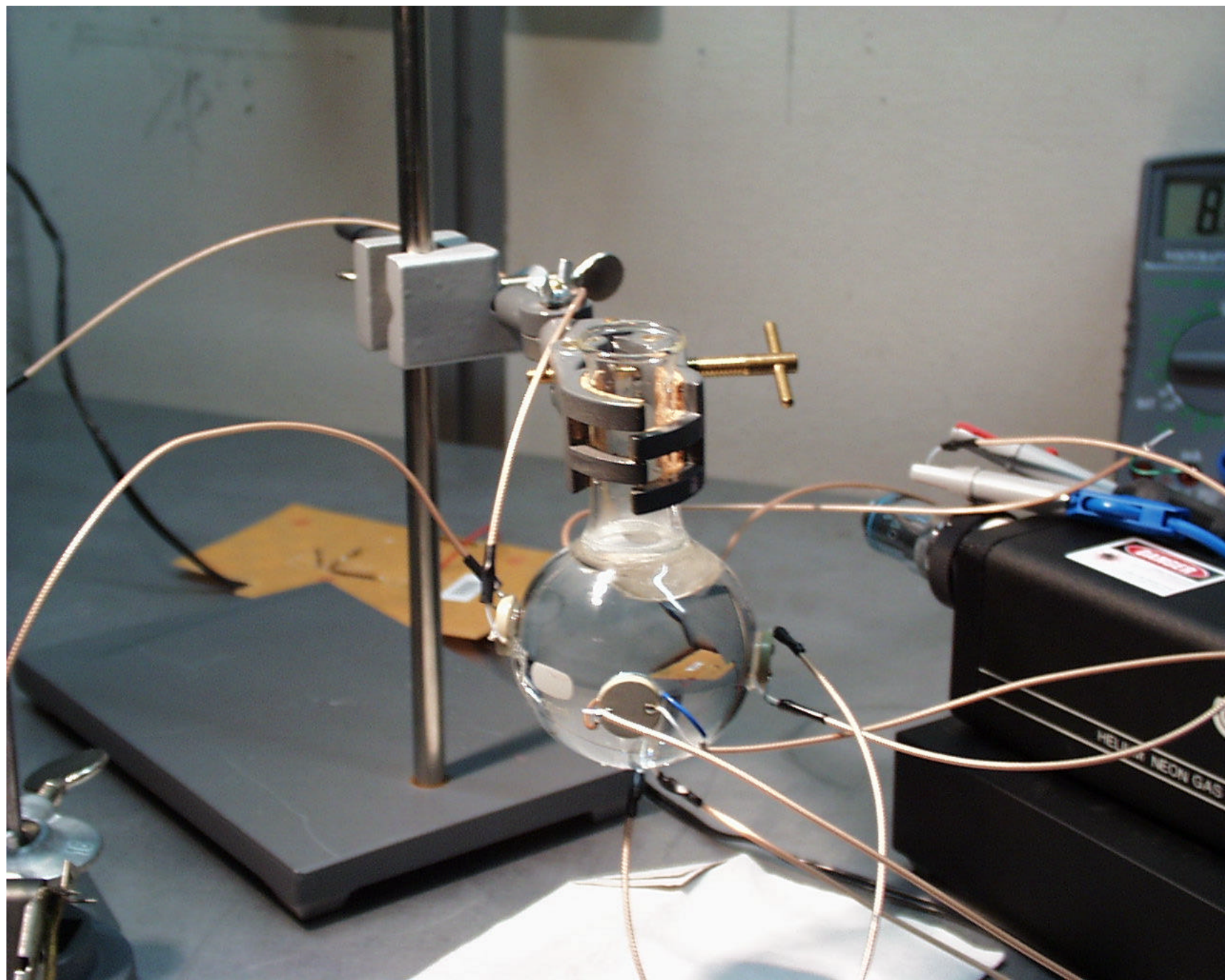










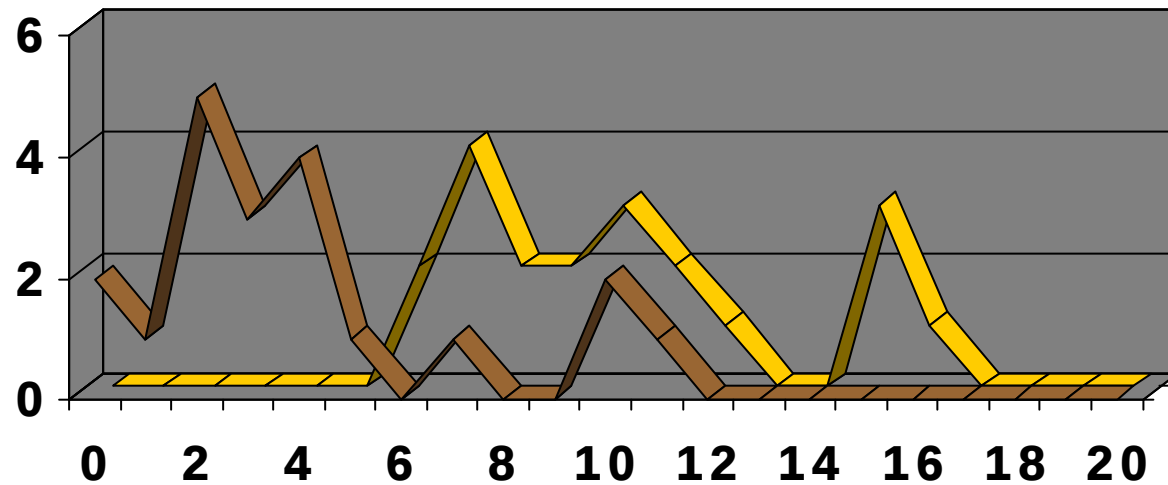


Evaluierung

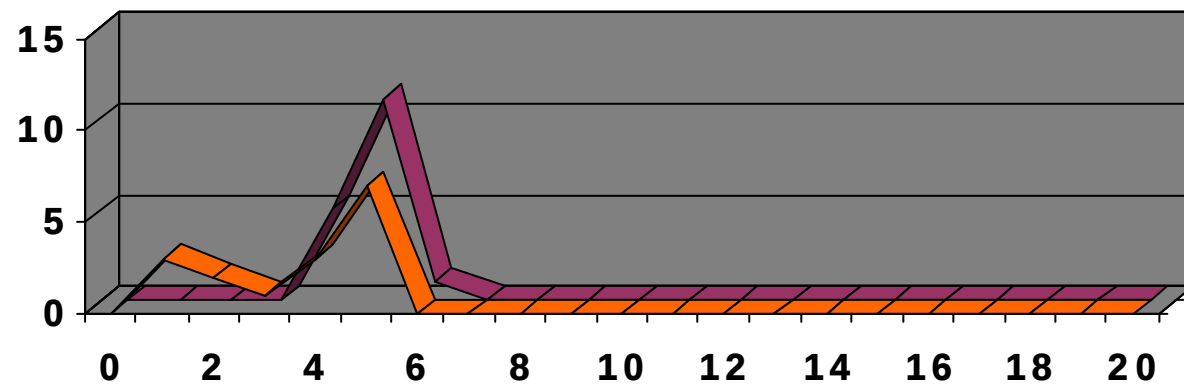


- Selbsteinschätzung von PP und AP-I
- Anonymer Fragebogen am Ende des PPs
- Rücklaufquote: 75 %

- Zeitaufwand



Zuhause: 4 h/w
UNI: 10 h/w
14 h/w



Zuhause: 3,6 h/w
UNI: 4,8 h/w
8,4 h/w

- Konzeptakzeptanz

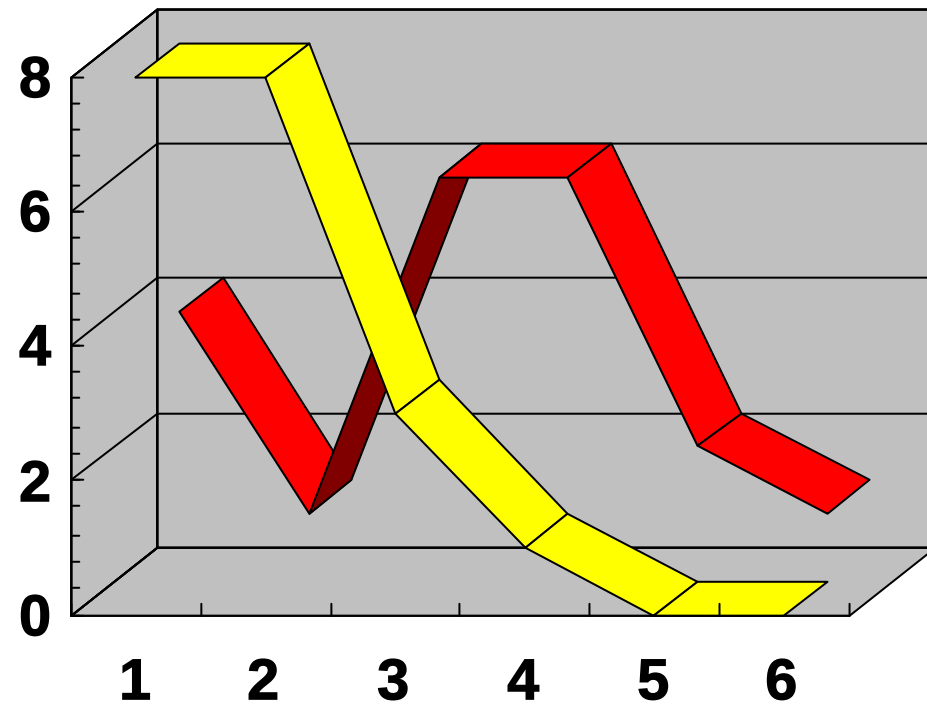


Gruppengröße OK:	85 %
Arbeitsbelastung war gerecht verteilt:	75 %
Arbeitsumgebung OK:	73 %
2x2 + 2x4 Modell OK:	74 %
Projektabschluß befriedigend:	85 %
AP-I war wichtige Basis:	62 %

- LZ: Theorie und Praxis verbinden

■ PP: 1,9

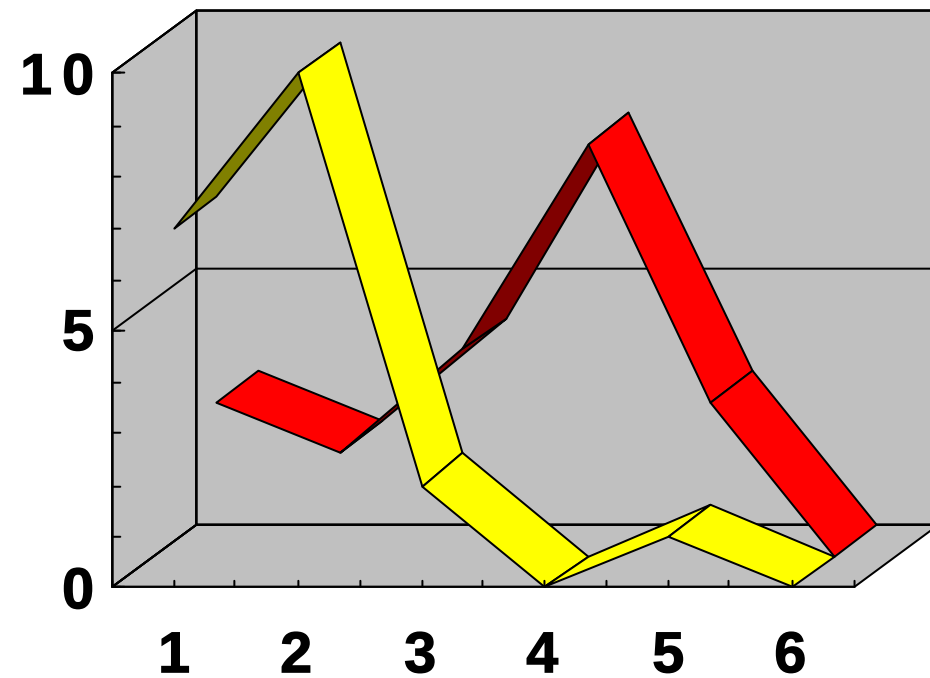
■ AP1: 3,2



- LZ: Experimentelle Fähigkeiten

■ PP: 1,9

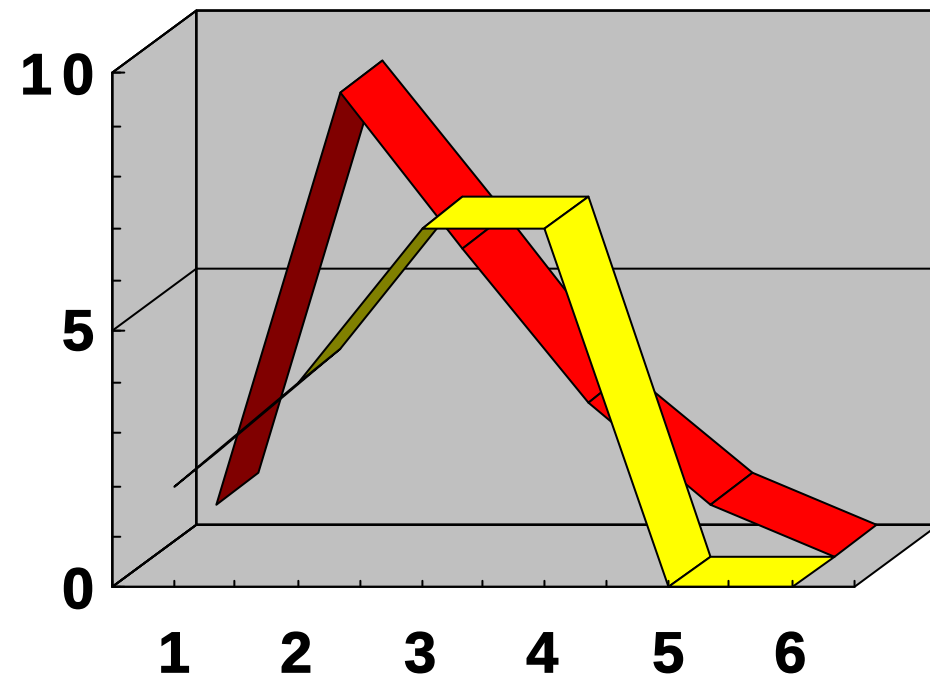
■ AP1: 3,3



- LZ: Theorie

■ PP: 3,0

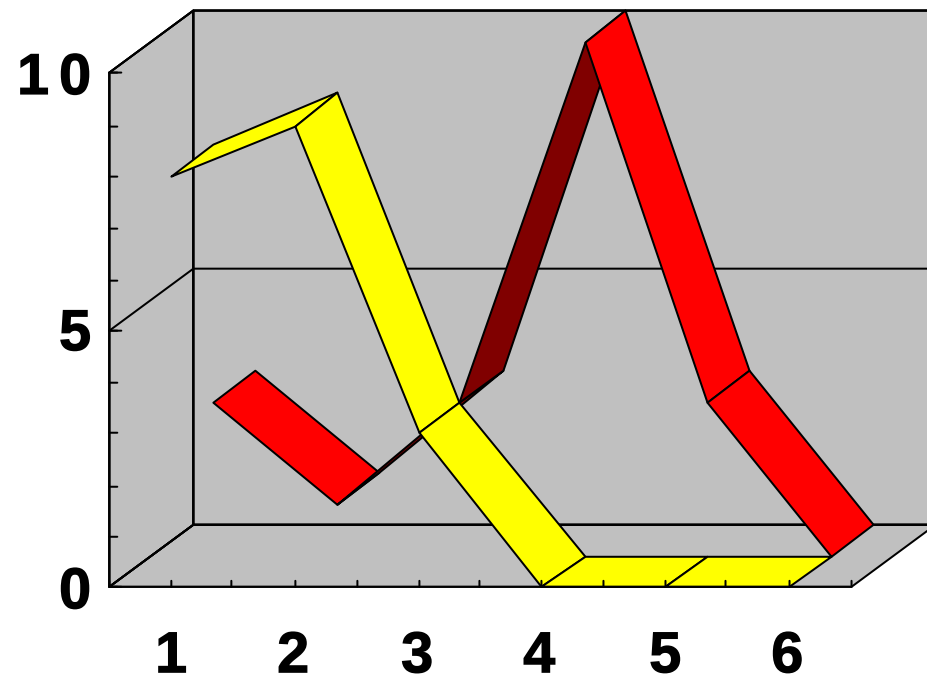
■ AP1: 2,7



- LZ: Problemerkennung

■ PP: 1,8

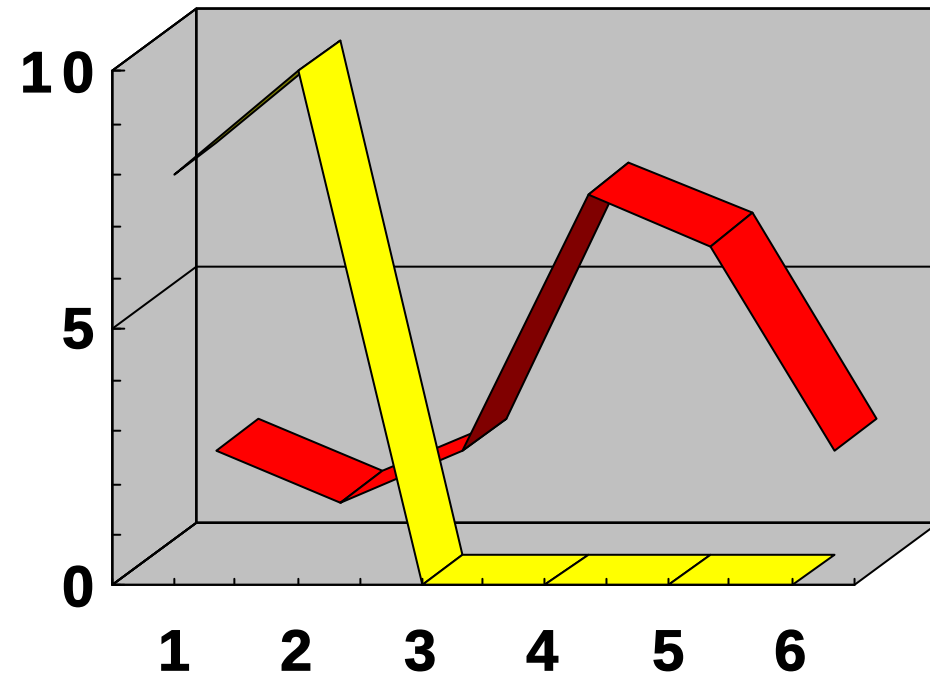
■ AP1: 3,5



- LZ: Problemlösung

■ PP: 1,6

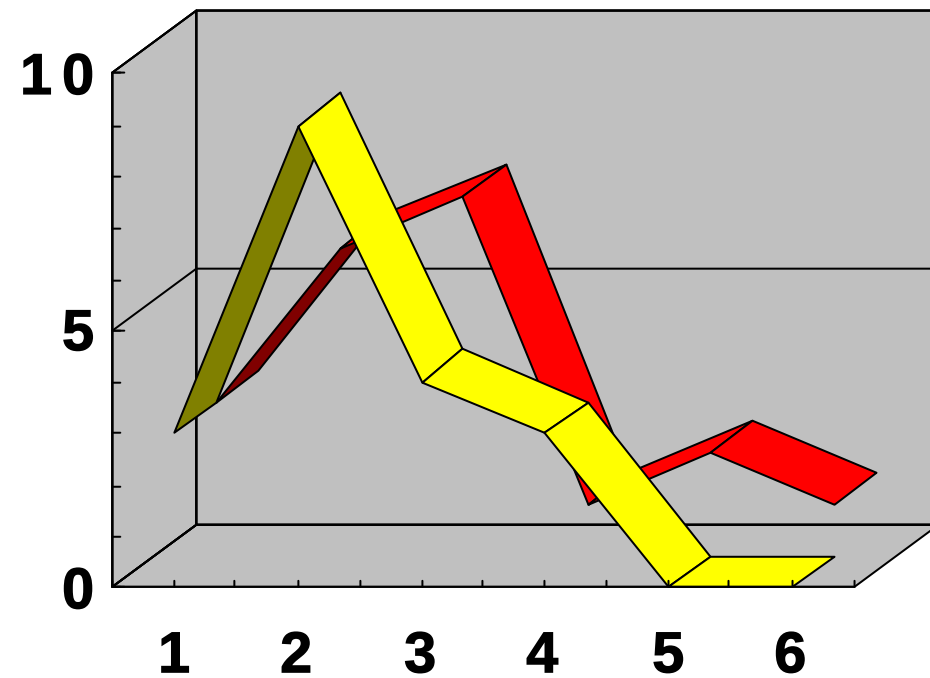
■ AP1: 4,0



- LZ: Auswertung

■ PP: 2,4

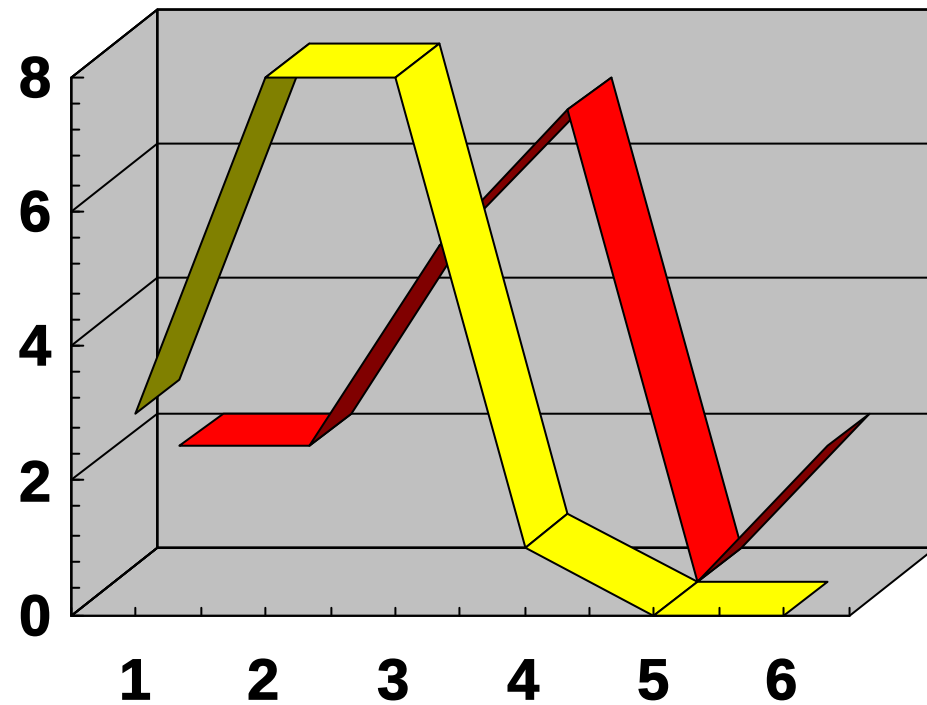
■ AP1: 2,8



- LZ: Soziale Kompetenz

■ PP: 2,4

■ AP1: 3,4



Fine



- Empfehlen Sie das PP ihren Kollegen ?

- JA: 100 % (!)

- Dank an Beteiligte, Geldgeber und Studenten!

- <http://pp.physik.uni-erlangen.de>