



# Schwingende Mathematik am Monochord

## Kurzfassung der gleichnamigen Dokumentation

Andrea, Holl  
Monika, Gabriel-Peer  
Josef, Huber

HTL1

Anichstr. 26-28

6020 Innsbruck

Tel.: ++43 512/59717

Der Schulalltag zeigt, dass Mathematik und Physik selbst für HTL-Schüler gefürchtete Gegenstände sind, da sie viel zu theoretisch bleiben und daher schwer verständlich sind.

Mit unserem Projekt „Schwingende Mathematik“ wollten wir neue Zugänge zu den Fächern ermöglichen. Es sollte nicht ausschließlich mit dem Kopf, sondern mit allen „Sinnen“ gelernt werden. Dafür stellten wir unseren Schülern/Innen ein Monochord zur Verfügung, ein antikes Saiten-Instrument, dessen Saiten auf gleiche Tonhöhe gestimmt sind. Durch Stege, die unter Saiten gestellt werden und diese verkürzen, können verschiedene Tonhöhen und -lagen gespielt werden.

Die Besonderheit des Monochords ist es, dass Saitenteilungen nicht vorgegeben sind. Sie werden von den Schülern errechnet, die Ergebnisse können gehört werden.

Wir bildeten ein Team von zwei Mathematikerinnen (Monika und Andrea) und einem Physiklehrer (Josef). An unserer Abteilung, Maschineningenieurwesen der HTLI Anichstraße in Innsbruck, waren folgende Klassen beteiligt:

- Zwei erste Klassen in Mathematik (6 Schüler und eine Schülerin der HM1a und 26 Schüler der HM1b)
- Eine zweite Klasse in Mathematik (6 Schüler der HM2b) und eine andere zweite im Fach Physik (32 Schüler der HM2a)
- Eine dritte Klasse in Mathematik (19 Schüler und 3 Schülerinnen der HM3b)

Auf dem ersten Blick ist das Monochord ein Musikinstrument. Man kann sich vorstellen, dass sein Einsatz in einem Mathematik- und Physikprojekt – wir unterrichten wie schon gesagt an einer HTL – auf einigermaßen großes Erstaunen bei Kollegen/innen und bei unserem Chef gestoßen ist.

Dabei haben Musik, Mathematik und Physik viele Gemeinsamkeiten, die beim einfachen Musizieren allerdings nicht in den Vordergrund treten. Wir haben nur einige wenige davon ausgearbeitet:

- Mathematische Gesetzmäßigkeiten der Intervalle: Teilung der Saite durch 2 bedeutet einen Oktavsprung zum Grundton, teile ich eine Saite im Verhältnis 2:3 so erhalte ich die Quint, 3:4 bedeutet die Quart. Intervallbezeichnungen wurden nicht als Vorwissen vorausgesetzt, sondern über Verhältnisse eingeführt.
- Der charakteristische Klang eines Monochords entsteht aus der Schwingung der Saite. Dabei schwingt die Saite als Ganzes, das ist die so genannte Grundschwingung. Den eigentlichen Farbton jedoch erzeugen die Oberschwingungen, die ein Vielfaches der Frequenz der Grundschwingung aufweisen. Die Addition dieser Schwingungen ergibt das Klangbild.

- Die pythagoräische Tonleiter baut auf vorgegebene Saitenverhältnisse auf, wie den Ganzton, Quint, Quart und Oktav. Alle anderen Intervalle kann man sich über die Tonleiterstruktur und Bruchrechnen herleiten.
- Eine Oktav besteht in der gleichschwebend (gleichstufigen) Stimmung aus 12 gleichen Halbtönen, d.h. konstanter Verkürzungsfaktor der Saiten (geometrische Folge, Exponentialfunktion).
- Der Zusammenhang zwischen dem n-ten Oberton und der Länge der Seite ist eine Potenzfunktion.
- Ein Halbton ist das geometrische Mittel der Nachbar-Halbtöne; das arithmetische Mittel des Grundtons und der Oktav ist die Quart.  
 $((1+1/2):2=3/4)$

Die Umsetzung unseres Projekts erfolgte einerseits im Rahmen des normalen Unterrichts in Form von Gruppenarbeiten mit der ganzen Klasse, andererseits in Form von freiwilligen Angeboten außerhalb des Unterrichts bzw. während einer wöchentlich stattfindenden „Offenen Lernen“ Einheit am Nachmittag in einer 1.Klasse. Das Stundenausmaß betrug vier bis sechs Stunden pro Klasse. Zum selbständigen Arbeiten erhielten unsere Schüler Arbeitsblätter.

Rückmeldungen von den Schülern holten wir auf verschiedenste Weise ein, durch Stundenbeobachtungen, Fragebogen, Schülerbefragungen und –Interviews.

- Im Regelunterricht ist es unserer Erfahrung nach nicht sinnvoll, das Monochord einzusetzen. Dafür ist der Arbeitslärm der Schüler einfach zu groß und das Instrument viel zu leise. Für eine gesamte Klasse ist ein Monochord viel zu wenig, mehrere wären für den Lehrer/Lehrerin nicht kontrollierbar. Dies haben wir deshalb nicht ausprobiert, weil uns unsere Instrumente sehr wichtig und wertvoll sind und wir nicht sicher waren, dass es sich für unsere Schüler ähnlich verhält.
- In Physik beobachteten wir, dass die Schüler selbstständig arbeiteten und ihre Ergebnisse in Messprotokollen dokumentierten. Unaufgefordert brachte ein Schüler sein Notebook mit Mikrofon und Frequenz-Messprogramm mit, ein anderer seine Gitarre.

Besonders gut bewährt hat sich der Einsatz des Monochords im Rahmen des Projektunterrichts und im Rahmen der „Offenen-Lerneinheit“. Es waren nur wenige Schüler anwesend und die Gruppe, die am Monochord arbeitete, war fix eingeteilt.

- Die Lernmotivation war sehr hoch. Punkte wie Spaß, Partnerarbeit, das Projektthema gefällt und der Zeitaufwand stört nicht, haben alle Schüler im Fragebogen mit Ja beantwortet. Unsicherheiten im eigenständigen Arbeiten hat es allerdings bei den Schülern der 1.Klasse gegeben. Ein Schüler der 2. Klasse Mathematik, der selber Klarinette spielt und vorher Schüler der Musikhauptschule war, sagte: „Ich bin nicht so gut in Mathe, aber so etwas würde ich jederzeit wieder machen, es war lässig.“
- Mit zwei Schülern der 1. Klasse und mit einem Schüler der 2. Klasse Mathematik führten wir Interviews durch. Uns interessierte, ob uns mit dem Monochord ein „neuer sinnlicher Zugang zur Mathematik“ gelungen wäre. Konkret haben wir z.Bsp. gefragt, ob das Spielen und Hören die reine Kopfarbeit entlastet habe. Zwei haben mit ja geantwortet, einer war der Meinung, dass beides gleich wichtig wäre. Ein besserer Zugang zu mathematischen Inhalten wurde von einem Schüler beim Bruchrechnen

gesehen. Zur Kreativität angeregt wurden zwei Schüler. Dazu sagt einer: „...i hab jetzt Gitarre spielen angefangen, eben a wahrscheinlich aus diesem Grund, weil ma des eben gefallen hat“.