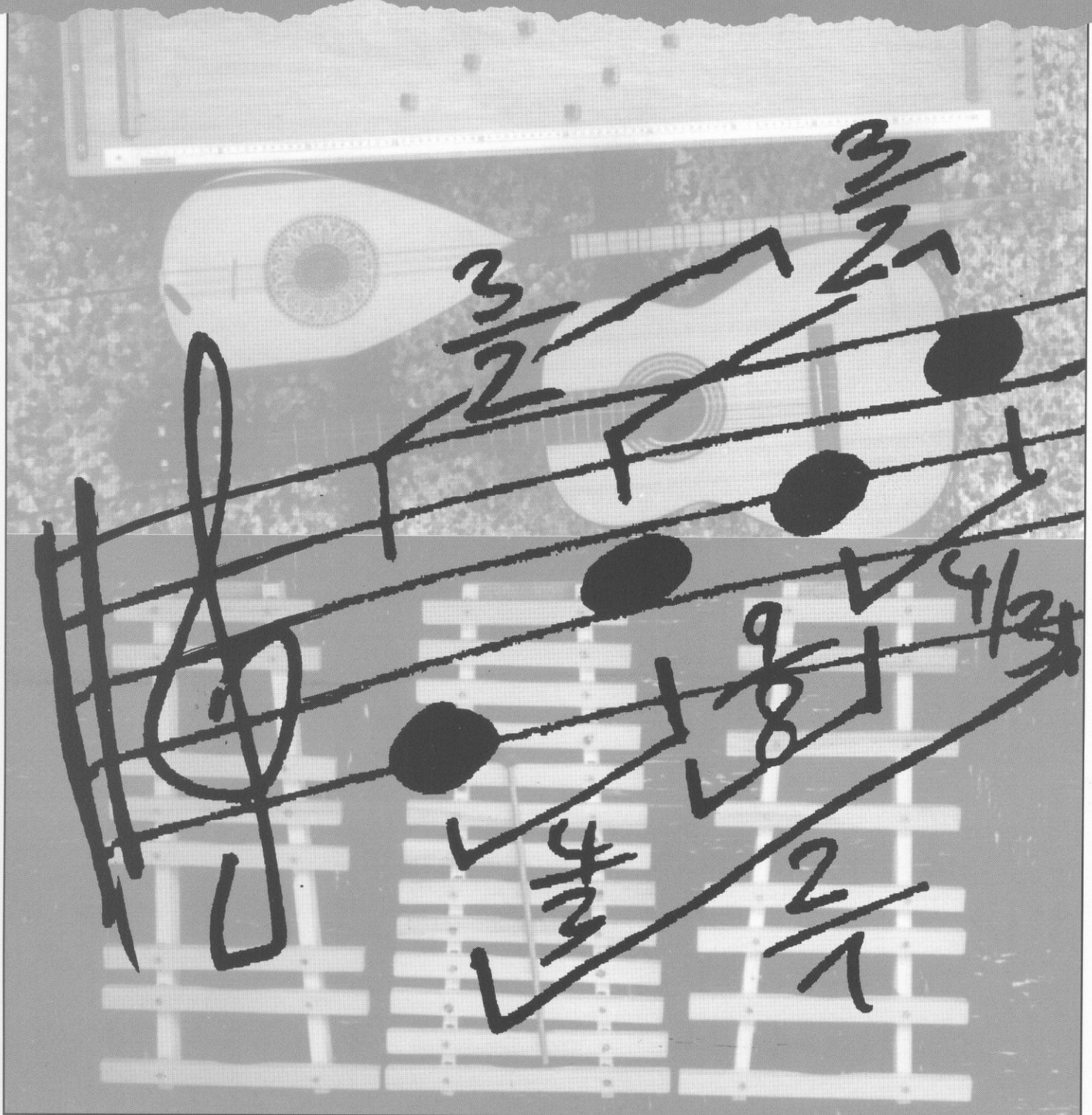


IMPULSE FÜR DAS Heft 3 Mathematik INTERKULTURELLE LERNEN



Tonleitern der Weltkulturen für Auge und Ohr

Berechnung und optische Darstellung von Tonleiterstrukturen

RAA

Inhalt

Teil 1: Andere Länder – andere Töne

Eine Unterrichtseinheit zur mathematischen Beschreibung von Tonleiter-Strukturen und ihrer Anwendung beim Vergleich ausgewählter Tonleitern verschiedener Kulturen

Teil 2: Tonleitern auf Xylophonen – selbst gebaut

Ein Projektkonzept zum Bau von Xylophonen für die Demonstration von Exemplarischen Tonleitern für Auge und Ohr

Berechnung und optische Darstellung von Tonleiterstrukturen	3
Teil 1: Andere Länder – andere Töne	7
A. DIDAKTISCHER KOMMENTAR	8
1. Hinweise zum Umgang mit den Materialien in einem fächerübergreifenden Kurs	8
2. Anmerkungen zu den Zielen des Kurses	8
3. Erkennungsübungen	9
4. Hinweise für Gruppen- oder Einzelarbeit	10
5. Arbeit am Monochord: Intervalle, Teterachorde, Tonleitern	10
6. Kontroverse über "Weltmusik"	13
7. Beispiele zur Anwendung des Gelernten (Perspektive des Faches Musik)	14
8. Literaturhinweise	22
9. Discographie	23
B. AUFGABENBEISPIELE UND LÖSUNGEN	24
C. ARBEITSBLÄTTER ZUR BERECHNUNG DER INTERVALLE UND TONLEITER-STRUKTUREN	26
1. Übersicht über die Arbeitsblätter	26
2. Arbeitsblätter (1 – 18)	26
3. Lösungen zu den Arbeitsblättern	45
Teil 2: Tonleitern auf Xylophonen – selbst gebaut	49
"PROJEKT XYLOPHONBAU": DIDAKTISCHER UND FACHLICHER KOMMENTAR SOWIE MATERIALIEN – AUS PRAKTISCHER PERSPEKTIVE	50
1. Wozu Xylophone bauen	50
2. Technische Hinweise zum Bau der Xylophon-Tonleitern.	51
3. Materialien aus der Projektwoche am Gymnasium Bielefeld-Heepen:	53
4. Einschätzung zum Projekt – aus persönlicher Perspektive	58
5. Kurzbeschreibung des dreiwöchigen Projekts am Oberstufen-Kolleg	59
6. Anregungstafeln zu den Xylophonen im Oberstufen-Kolleg	60
Nachworte	61

Tonleitern der Weltkulturen für Auge und Ohr

2. überarbeitete Auflage
Nottuln-Appelhülsen

ISBN 978-3-930197-... - € 12,50

Copyright bei den Autor/innen

Vervielfältigung für schulische Zwecke erlaubt.

Berechnung und optische Darstellung von Tonleiterstrukturen

EINFÜHRUNG in die Handreichung – primär aus der Perspektive des Faches Mathematik

Die vorliegende Handreichung dokumentiert in ihrem ersten Teil unter der Überschrift "Andere Länder - andere Töne", wie in der fächerübergreifenden Kooperation von Mathematik und Musik ein interkulturell relevantes Thema, nämlich die mathematische Beschreibung von exemplarischen Tonleitern der Weltkulturen, in den Jahrgangsstufen 10 oder 11 behandelt werden kann.

Nach ihrem "methodischen" Schwerpunkt ist der Unterrichtsansatz dem Fach Mathematik zuzuordnen; vom Themenbereich her scheint er zur Musik zu gehören. In den Kommentierungen wird diese doppelte Perspektive mal stärker zur mathematischen, mal stärker zur musikalischen Seite ausschlagen. Dieses stellt sich dann nicht als Problem dar, wenn zum Beispiel im Wahlpflichtbereich II die Bezugsfächer schwerpunktübergreifend zusammenarbeiten, d. h. gleichgewichtig ihre stofflichen und methodischen Ansätze in ein gleichnamiges Projekt einbringen können. Ist dieses nicht der Fall, so sei - nicht zuletzt auch wegen der Tatsache, dass die vorliegende Handreichung wohl zunächst in die Hände von Mathematikern gelangt (ist), - zunächst einmal aus dieser Fach-Perspektive dargestellt, was gelernt werden kann: Mit den in der Handreichung dargebotenen Aufgabenbeispielen und Arbeitsblättern kann - beginnend mit der Jahrgangsstufe 10 und ggf. vertiefend in der Jahrgangsstufe 11 - an Logarithmen-Rechenregeln herangeführt werden. Darüber hinaus eignet sich der Lernansatz, nämlich die Mathematisierung von Tonleiterstrukturen, auch zur Wiederholung und Anwendung der Potenz- und Exponentialfunktionen (in 1 1/1).

Teil 2 der Handreichung mit dem Titel "Tonleitern auf Xylophonen - selbst gebaut" macht schon in der Formulierung deutlich, dass es hier um Projektunterricht (im strengen Wortsinn) geht. Gelernt wird "mit Kopf, Herz und Hand" und "mit allen Sinnen". In der didaktischen Reflexion (und) auf der Basis eigener, ganz praktischer Erprobung wird in Teil 2 der Handreichung dargestellt, wie durch den (Eigen-)Bau von Xylophonen, durch das Herstellen von Tonleitern mit Klangstäben aus Ahorn, durch die Wahrnehmung und (intersubjektive) Beschreibung von Tönen und Tonabständen etwas erfahrbar wird, was üblicherweise im Musikunterricht "dem Hören" und im Mathematikunterricht "der Berechnung" anheim gestellt ist und was sich insgesamt dem eigenen kreativen Tun in der Regel nicht erschließt. Reich weist darauf hin, dass Projektunterricht geradezu als >die privilegierte Form< interkulturellen Lernens bezeichnet worden sei. "Der unbestreitbare Vorteil ist, dass in dieser Form sinnvolle Verbindungen von Situativität und Systematik möglich sind und fächerübergreifend gearbeitet werden kann; beides kommt den Grundideen der interkulturellen Bildung entgegen." Reich und vor ihm Hohmann betonen allerdings, dass es falsch wäre, jegliches Interkulturelle Lernen ausschließlich für Projektstage oder -wochen zu reservieren, da diese nicht Regelfall des schulischen Lernens seien. (Vgl. Reich, 111; vgl. Hohmann, 19; ausführliche bibliographische Hinweise am Ende dieses Kapitels.)

Wird Unterricht anhand der vorliegenden Anregungen strukturiert, können fachlich Einsichten sowohl für den Bereich Mathematik als auch für den musikalischen Bereich gestiftet werden. Im Fortgang der "Arbeit" an und mit den Xylophonen (in der Regel während einer Projekt-Woche oder eines zeitlich umfassenderen fächerübergreifenden Projekts - wie die beiden "Bielefelder Beispiele" dies verdeutlichen) können auch interkulturelle Erfahrungen gemacht werden, die im folgenden - nun wieder aus der Perspektive beider primär beteiligter Fächer - zu beschreiben sind. Hierbei gilt es, auf interessante Aspekte der "Fach-/Fächer-Geschichte" zu verweisen.

Bei dem in dieser Handreichung dargestellten Themen- und Lernansatz wird deutlich, dass die Disziplinen Mathematik und Musik besondere Gemeinsamkeiten hatten und haben, deren (Wieder-) Aufnahme in die Allgemeinbildung und deren Bewusstwerdung - im Zuge auch der Interkulturellen Bildung - derzeit auf der Tagesordnung steht. Die Mathematisierung der Musik, begonnen durch die Pythagoräer im 6. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung, ist bis heute nicht abgeschlossen. "Harmonik in mikrotonaler Musik" (vgl. Titel eines Buches von H.P. Hesse in der Bibliographie auf Seite 24) ist aktueller Gegenstand der Forschung. Hierauf Bezug zu nehmen ist - wissenschaftspropädeutisch - eine Chance für den Mathematikunterricht.

Zudem ist Musik aus fremden Ländern durch Medien und Migration in unseren Alltag eingezogen, also "erfahrbar" geworden. Ob man sich über fremde Töne freut oder ärgert - in unserer multikulturellen Gesellschaft ist der Musikgeschmack für Jugendliche ein Faktor bei der Identitätssuche. Diese "Geschmackssache" unter dem für die meisten wohl unerwarteten Zugriff seitens der Mathematik transparent zu machen, dies ist eine besondere Chance, wenn man beachtet, dass es sonst wenig Zugang gibt zu den - zumeist auch abgeschotteten - Bereichen der persönlichen Einstellung. Interkulturelle Bildung ver-

bindet verschiedene Lerndimensionen, z. B. das Erfahrungslernen und das soziale Lernen, wenn sich Jugendliche mit ihren persönlichen Vorlieben auseinandersetzen und miteinander darüber kommunizieren, wie diese geprägt sein mögen. Damit einher geht auch die Auseinandersetzung und der Umgang mit dem FREMDEN. (Dieser ist im übrigen der entscheidende Ansatz für ein Lernarrangement für das Fach Deutsch zu Goethes "Iphigenie" geworden, welcher in Heft 1 in dieser Materialreihe dar gestellt ist.)

"Interkulturelle Bildung kann mit der Wahrnehmung von Fremdem und Fremdheit beginnen - ob es sich nun um Aussehen, Sprache oder Kultur, z. B. auch ungewohnte musikalische Klangfolgen handelt. Zunächst einmal ist es wichtig, die Gefühle zu registrieren und nicht zu verdrängen, die sich dabei einstellen. Erst dann können die eigenen Wahrnehmungen bearbeitet und eigene Fixierungen, was für schön, gut, nützlich, gerecht usw. gehalten wird, formuliert werden. Im Anschluss daran erst auch können im weiteren Verlauf die eigenen Fixierungen als Prägungen der eigenen Sozialisation erkannt werden." (Schmitt, in Reich, 9)

Im Mathematikunterricht sind die Erkenntnismethoden verfügbar, mit deren Hilfe fremde Tonleitern als zwar andersartig, aber gleichwertig zu "unserer" gleichschwebend temperierten Tonleiter wahrnehmbar werden. Die Andersartigkeit wird beim Hören als exotisch, häufig aber auch als falsch oder "unterentwickelt" empfunden (etwa bei Vierteltönen in orientalischer Musik).

Bei mathematischer Betrachtung fremder Tonleitern wird deren Struktur auch für das Auge wahrnehmbar. Damit kann gegebenenfalls offensichtlich werden, dass eine andere - eine andere als die oben genannte - Tonleiter ebenfalls klar strukturiert ist, dass andere Tonleitern häufig sogar differenzierter sind als die gleichschwebend temperierte, auf die das "abendländische Gehör so geprägt ist. Dieses kann beispielsweise Vierteltöne nicht einordnen oder gar Unterscheidungen vornehmen bis zu (ca.) Zehnteltönen, wie es sie in der indischen Musik gibt.

Die Tatsache, dass sich die gleichschwebend temperierte Tonleiter geschichtlich entwickelt hat und sich weiter verändert (vgl. H.P. Hesse), kann durch mathematische Betrachtung gut nachvollzogen werden. Musik - so ist zu wiederholen - war die erste mathematisierte Wissenschaft. Wenngleich die mathematisierten Aspekte beim üblichen Musizieren keine Rolle spielen, soll durch die in dieser Handreichung dargestellten Lernarrangements, d.h. besonders auch durch das "Projekt Xylophonbau" deutlich nachvollziehbar werden, inwiefern beim Bau von Musikinstrumenten und bei ihrer wechselseitigen Abstimmung nicht nur "Intuition" gebraucht wird, sondern auch akustische und mathematische Kompetenz. Neue elektronische Musikinstrumente, die besonders leicht und damit auch virtuos umzustimmen sind, bieten hier besonders reizvolle Entwicklungsperspektiven.

Bevor noch einmal detailliert auf die Intentionen und Methoden der nachfolgend dargestellten Arrangements eingegangen wird, sei die Frage aufgegriffen, die sich den Leserinnen und Lesern an diesem Punkt stellen mag, welche Fähigkeiten und Fertigkeiten, welche "fächerübergreifenden Lehr-Kompetenzen" sie denn bringen müssten, wenn sie - was wohl der Ausnahmefall sein dürfte - nicht zufällig eine Fachausbildung beider Disziplinen besitzen und/oder als Mathematiker auch praktizierender Musiker sind.

Bei der Arbeit mit den hier vorgestellten Material reicht für eine Mathematiklehrerin bzw. für ein Mathematiklehrer als Zusatzkompetenz die Kenntnis der Musiknoten-Schreibweise und die Fähigkeit, Grundintervalle herauszuhören und wiedergeben zu können. Wünschenswert wäre natürlich das Spiel eines Instruments, unabdingbar ist die Aufgeschlossenheit gegenüber Fremdem. Geboten ist in jedem Fall unterrichtliche Abstimmung mit dem/den Musiklehrerinnen und -Lehrern der jeweiligen Schule; im Pflichtbereich II könnte ein schwerpunktübergreifender Kurs thematisch konkret (s. Titel des Heftes und/ des ersten Teils) angeboten werden.

Im Musikstudium spielt der mathematische Aspekt von Tonleitern keine große Rolle. Die meisten Musiklehrerinnen und -lehrer bringen ihn im Unterricht auch nicht ein. Die Standardwerke der Musikwissenschaft und der musikalischen Akustik und entsprechende Lehrwerke enthalten Kapitel zur Mathematisierung der Tonleitern. Da diese didaktisch aber wenig aufbereitet sind, können sie höchstens fachlich als Informationsquelle dienen. Musiklehrerinnen und -lehrer würden wohl beklagen, wie viel mathematisches Wissen in solchen Büchern vorausgesetzt ist, das ihnen selbst kaum verfügbar ist.

Kollegiale fächerübergreifende Kommunikation ist in jeder Hinsicht ein Gewinn, geht man schon von diesen beiden Fächern aus. Aus dem Fach Geschichte könnte Weiteres gelernt werden; von den Geschichtskolleginnen und -kollegen könnte man etwas erfahren über die historischen Hintergründe für Interkulturelle Beziehungen in den Künsten und Wissenschaften, z. B. in der Begegnung von Orient und Okzident. (Hierzu wird es in der Materialreihe "IMPULSE FÜR INTERKULTURELLE LERNEN Materialien

- zunächst für den Begegnungsraum "iberische Halbinsel" geben, die von einer Geschichtsfachgruppe erarbeitet werden.) Wissen über Kulturkontakt und Kulturaustausch ist für uns alle notwendig, wollen wir mit arbeiten, kulturarrogante Haltungen im Prozess der Interkulturellen Bildung zu überwinden. Leider sind - Schmitt meint - solche Hintergründe vielfach aus dem Blick geraten:

"Vergessen ist der weiträumige Kulturaustausch das gegenseitige Lernen unter den Völkern und Ethnien über viele Jahrhunderte hinweg. Eure sich zu seiner heutigen Existenz entwickelt in der Auseinandersetzung und als Schülerin der islamisch-arabischen Kultur - nicht nur im Bereich der Mathematik und Medizin, sondern auch der weiteren Kultur, Dichtkunst und Mode: die Araber retteten die Schriften der alten Griechen, schenken uns den Endreim in der Dichtung ..." (Schmitt, 3)

Schmitt betont, dass gegen Kulturarroganz "kulturgeschichtliche Erinnerungsarbeit und der Vergleich mit anderen Kulturen" gesetzt werden müssten (vgl. ebd. S.7). Gerade im Dialog mit Historikern könnte deutlich werden, wie in den eigenen Fachparadigmen - in denen der Fächer Mathematik und Musik - eurozentristische Sichtweisen sich manifestiert haben. Auf solche Problematik wird im Vorwort zum Heft 2 der Reihe IMPULSE FÜR DAS INTERKULTURELLE LERNEN, in der Handreichung zur "Kalenderberechnung" näher eingegangen (vgl. WIEVIEL TAGE IN DER WOCHE ...).

Für unser Vorhaben zum fächerübergreifenden Interkulturellen Lernen (am Beispiel der Untersuchung von Tonleiterstrukturen), einem Vorhaben, das in dieser Handreichung aus pragmatischen Gründen in zwei Materialteilen dargeboten ist, welche vorab didaktisch getrennt reflektiert werden, sollen nun abschließend und in der Gesamtschau noch einmal wichtige pädagogische, didaktische und fachliche Überlegungen genauer dargestellt werden.

Aus heutiger Sicht, insbesondere der von Jugendlichen, haben Musik und Mathematik nicht viel miteinander zu tun. Die antike Zuordnung der Musik in das Quadrivium zu Arithmetik, Geometrie und Astronomie ist kaum bekannt.

In einem interdisziplinär arbeitenden Kurs im Wahlpflichtbereich II, aber auch für Lerngruppen der beiden Einzelfächer in der Jahrgangsstufe 10 oder 11, in denen Lernende mit sehr unterschiedlicher musikalischer Vorbildung und mit unterschiedlichen Fähigkeiten in der Mathematik zusammenkommen, sprechen gleichwohl eine ganze Reihe von Gründen für einen mathematisierten Zugang zu den (einigen) Tonleitern der Weltkulturen:

- Das pythagoreische Musikverständnis ist eine Wurzel, aus der sich in je besonderer Weise unsere abendländische und z. B. auch die arabische Musikkultur entwickelten. Die Einfachheit der pythagoreischen Harmonielehre bietet einen guten Einstieg in die Geschichte der Tonleiter-Entwicklungen sowohl des Abendlandes wie auch des chinesischen, arabischen und teilweise des indischen Kulturkreises. Vom Wissen um die gemeinsamen Wurzeln in der antiken Harmonielehre ausgehend, kann man interkulturell die je besondere Entwicklung studieren.
- Die Bruchzahlen $\frac{2}{1}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{9}{8}$... für Oktave, Quinte, Quarte, Sekunde usw. ermöglichen musikalisch weniger vorgebildeten Schülerinnen und Schülern einen am Monochord leicht nachvollziehbaren Zugang zu Tonleiter- und Intervallbezeichnungen.
- In den Lerngruppen sollen die verschiedenen Grade an musikalischer Vorbildung nicht die gemeinsame Arbeit an den Gegenständen beeinträchtigen. Mit der pythagoreischen Harmonielehre und mit den weiter oben schon genauer gekennzeichneten mathematischen Operationen beschäftigen sich alle Schülerinnen und Schüler gleichermaßen wohl zum ersten Mal. Wo besonders unbefriedigende Vorerfahrungen mit Mathematik gemacht wurden, bietet sich mit dem anwendungsbezogenen und "anschaulichen" Thema eine (neue) Lernchance, die Rechenregeln für Brüche, Potenzen und Logarithmen in den Griff zu bekommen.
- Für Schülerinnen und Schüler nicht-deutscher Herkunft stellt der Kurs eine Möglichkeit dar zur "Spurensuche". Sie können sich neu in Beziehung setzen zur Herkunftskultur ihrer Eltern (oder Großeltern) und über aktuelle Musikgewohnheiten (rezeptive oder produktive) berichten. Für alle Mitglieder der Lerngruppe soll das Wissen über solche Hintergründe zu einer Haltung führen, die für gleichberechtigte Gültigkeit für den je eigenen Geschmack plädiert. Gemeinsame Wurzeln der verschiedenen Musikkulturen (s.o.) können historisch so ergründet werden, dass erkennbar wird, wie Kulturen in Kontakt waren und auseinander sich entwickeln können und schon entwickelt haben. Solches Erkennen ist zukunftsbedeutsam. Besonders der monokulturellen, eurozentristischen Orientierung, die das schulische Lernen heute noch stark prägt, ist etwas entgegenzusetzen. (Vgl. Auernheimers "Einführung in die interkulturelle Erziehung", die in Teil 1 sehr detailliert darstellt, dass sich der Diskurs um die Interkultu-

relle Erziehung mit den eigenen Grundlagenfragen und mit den Praxisbereichen für interkulturelles Arbeiten befassen muss sowie mit dem, was man denn nun unter "Kultur" zu verstehen habe. (Vgl. ebd. bes. S. 13 ff und auch die Teile 3, 4, 5.3 und 5.6.)

- Die Erarbeitung der logarithmischen und akustischen Grundlagen für die cent-Werte macht dieses in der Musikwissenschaft übliche Vergleichsmaß für Tonleitern erst wirklich verfügbar. Die Strukturierung der diatonischen Intervalle durch fortgesetzte arithmetische und harmonische Mittelwertbildung der Saitenteilungsverhältnisse bietet einen elementarmathematischen Zugang zum Tonleitersystem. Am Vergleich der pythagoreischen und der diatonischen Tonleiter wird bereits die Vielfältigkeit bzw. die Relativität von Harmonieverständnis als Kultursegment) deutlich.
- Eine besondere Lernchance wird durch den Titel unseres Heftes "Tonleitern der Weltkulturen für Auge und Ohr" angesprochen. Die musikalische Bedeutung, die der gleichschwebend temperierten Stimmung seit Johann Sebastian Bach zukommt, wird hörbar aus der Schallplatte "Das wohltemperierte Klavier" und auch theoretisch nachvollziehbar bei Loos u.a. (Vgl. Loos, G., Lippert, G., Walcha, H., Thienhaus, E.: Temperierte Stimmung – ein musikalischer Kompromiss; Musikbeispiele aus "Das Wohltemperierte Klavier." I (Bach), Schallplatte und Begleittext; ELEKTROLA, Köln.). Sichtbar werden dieses Stimmungsprinzip und seine Probleme anhand der cent-Werte und der Berechnung des sog. geometrischen Mittels (zwölfte Wurzel aus zwei). An Abbildungen und ggf. auch an Exemplaren von einem der Gitarre ähnlichen Instrument mit unterschiedlichen Bundabständen (besser: Saitenteilungsverhältnissen), z. B. einer türkischen Saz, können Besonderheiten anderer Tonleitern – wiederum auch bei weniger geübtem Gehör – deutlich werden.
- In einer Projektwoche können Xylophone gebaut werden (vgl. hierzu insgesamt Teil 2 dieser Handreichung und die didaktisch-methodischen Begründungen weiter oben). Wenn Xylophone der in der Lerngruppe repräsentierten Kulturen gebaut werden, ist der interkulturelle Dialog direkt zu führen.
- Mit beiden Lernarrangements (S. Teil 1 und 2 der Handreichung) wird erreicht, dass eng begrenzte Unterrichtszeiten und Stundentakte überschritten werden, dass sich die Schülerinnen und Schüler ggf. auch um Konzerte und/oder Musikaufnahmen anderer Musiktraditionen bemühen, dass sie Instrumentenbauer aufsuchen und befragen etc. (s. Öffnung von Schule).
- Aus dem Blickwinkel des Faches Mathematik wird auch Abwechslung in engerem methodischen Sinne angestrebt. Ist die cent-Wert-Rechnung geübt, können Tabellen aus der musikwissenschaftlichen Literatur herangezogen und ausgewertet werden. Vor allem sind die in den Begleittexten zu den Schallplatten mitgeteilten Tonleitern zu untersuchen. Bei Musikvorführungen wären diese dann auch nach Möglichkeit herauszuhören (s. Materialien, s. auch Angaben bei den Literaturhinweisen und in der Discographie).
- In jedem Fall ist aber ins Bewusstsein zu rufen, dass bei allem Bemühen um kulturelle Vielfalt (s. Instrumente, Tonleitern, Musikstücke) mit der Verwendung der cent-Werte zum Vergleich von Tonleitern ein eurozentrischer Zugriff bleibt. Dieser rechtfertigt sich (nur) wegen der überschaubaren Struktur dieses Systems und wegen der Nähe zur Musikpraxis.

BÖCKER/DELLE/KRIEGER/SPIES

Literaturnachweise und -empfehlungen zum Bereich Interkulturelle Erziehung (Auswahl):

- | | |
|------------------------------------|---|
| Georg Auernheimer: | Einführung in die interkulturelle Erziehung. Darmstadt 1990. |
| Hans H. Reich & Ulrike Pörnbacher: | Interkulturelle Didaktiken. Fächerübergreifende und fächerspezifische Ansätze. Münster/New York. 1993. |
| Guido Schmitt: | Fächerübergreifende Dimensionen interkultureller Bildung. In: Reich/Pörnbacher, S. 1 bis 15. |
| Manfred Hohmann/Hans H. Reich: | Ein Europa für Mehrheiten und Minderheiten. Diskussionen um die interkulturelle Erziehung. Münster/New York 1989. |

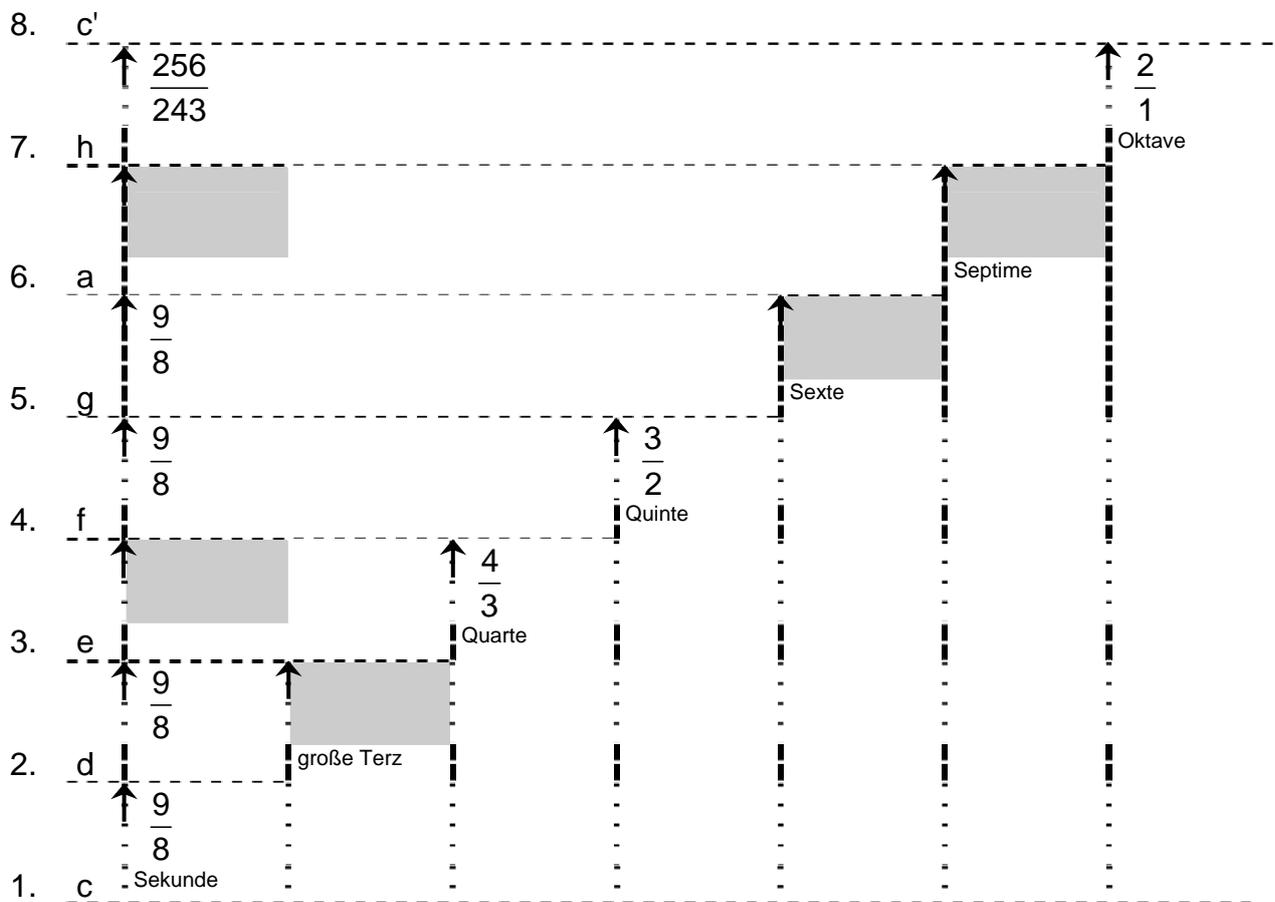
AB 4 – Thema: pythagoreische Tonleiter

Name:

Die eingetragenen beziehungsweise noch zu ergänzenden Brüche stehen jeweils für das Verhältnis

$\frac{L}{l}$ = ursprüngliche Saitenlänge (tieferer Ton)
 l = gekürzte Saitenlänge (höherer Ton)

a) Ergänze die fehlenden Saitenteilungsverhältnisse.



b) Berechne die Saitenteilungsverhältnisse.

von 4. nach 8.	$\frac{2}{1} \cdot \frac{4}{3} = \frac{2}{1} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{2}$	Quinte
von 5. nach 8.		Quarte
von 4. nach 6.		große Terz
von 3. nach 5.		kleine Terz
von 4. nach 7.		"Tritonus"