Zentrum für schulpraktische Lehrerausbildung Leverkusen
Seminar für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen
Brückenstr. 10-12 — 51379 Leverkusen

Unterrichtsentwurf für den 3. Unterrichtsbesuch im Fach Mathematik

Studienreferendar:	Dr. Daniel J. Wieczorek
Ausbildungsschule:	Freiherr-vom-Stein-Gymnasium Leverkusen
Datum:	Dienstag, 21.06.2016
Zeit:	1. Stunde (8:10 - 9:10 Uhr)
Lerngruppe:	9x (y Schülerinnen, z Schüler)
Unterricht seit:	02.02.2016
Raum:	
Fachlehrer:	
Fachseminarleiter:	
Kernseminarleiterin:	
Ausbildungsbeauftragter:	
Schulleiterin:	

Thema der Unterrichtsreihe:	Trigonometrie
Thema der heutigen Stunde:	Wie kann man die Höhe von Gebäuden mit Hilfe der Trigonometrie bestimmen? Begründung eines Verfahrens mit anschließender Messung der Höhe unserer Aula in Partnerarbeit
Hausaufgabe zur heutigen Stunde:	S. 162 Nr. 15a
eingeführtes Lehrbuch:	LS Mathematik 9

Inhaltsverzeichnis

1 Aufbau des Unterrichtsvorhabens

Datum	Thema	Ziel
27.05.2016	Welche Beziehungen bestehen zwischen Winkeln und Seitenlängen im rechtwinkligen Dreieck? Einführung von Sinus und Cosinus	Definition von sin und cos inkl. Planskizze nennen können
31.05.2016	Rund um schiefe Türme – Übungen zur Anwendung von Sinus und Cosinus	Definition von sin und cos anwenden können
03.06.2016	Wiederholungsstunde	
07.06.2016	Klassenarbeit	
10.06.2016	Wie bestimmt man die Sonnenhöhe mit einem Schattenstab? Problemorientierte Einführung des Tangens	Definition von tan inkl. Planskizze nennen und anwenden können
14.06.2016	Probleme lösen mit rechtwinkligen Dreiecken	sin, cos und tan für die Lösung komplexerer geometrischer Probleme anwenden können
17.06.2016	Rückgabe der Klassenarbeit	
21.06.2016	**heutige Stunde**	s.u.

Die Unterrichtsreihe ist durch äußere Zwänge "zerfasert": Aufgrund der großen Anzahl mündlicher Nachprüfungen stand längere Zeit der Ausfall der Doppelstunde am 14.06. zur Debatte, die Doppelstunde am 28.06. fällt wegen der Zeugniskonferenzen aus und im Anschluss nimmt ein Drittel der Klasse an der Lateinfahrt teil, sodass für diese Schülerinnen und Schüler der Mathematikunterricht bereits am 24.06. endet. Um den im Kernlehrplan explizit geforderten Kompetenzaufbau im Bereich Geometrie für alle Schüler gewährleisten zu können, wurde der erste Teil der Reihe daher noch vor der Klassenarbeit durchgeführt.

2 Lernziele und Kompetenzen

Durch das gewählte Lernarrangement soll als Stundenziel erreicht werden, dass die Schülerinnen und Schüler[1]

- ein Verfahren zur Vermessung der Höhe eines unzugänglichen Gebäudes skizzieren und anwenden sowie die zugehörige Formel herleiten können.

[1] Im folgenden Text wird zur besseren Lesbarkeit nur die Formulierung "Schüler" verwendet; es sind jedoch stets sämtliche Geschlechter gemeint.

3 Didaktisch-methodische Überlegungen

3.1 Sachanalyse

Die Höhe h eines Gebäudes kann durch Längen- und Winkelmessungen auf zwei Arten bestimmt werden: Wenn der Abstand s zum Gebäude einer direkten Messung zugänglich ist, so muss zusätzlich nur der Winkel α gemessen werden; dies zeigt der linke Teil von Abbildung 1. Für die Höhe ergibt sich

$$h = s \cdot \tan\alpha \ .$$

Wenn der Abstand zum Gebäude nicht bestimmt werden kann, z.B. weil unwegsames Gelände zwischen dem Gebäude und zugänglichen Messpunkten liegt, so lässt sich dennoch durch Messung zweier Winkel α und β und Bestimmung der Strecke s zwischen den entsprechenden Messpunkten die Höhe h bestimmen; dies ist im rechten Teil von Abbildung 1 dargestellt. Für die beiden rechtwinkligen Dreiecke gilt

$$\frac{h}{x} = \tan\alpha \ , \frac{h}{x+s} = \tan\beta \ .$$

Die erste Gleichung kann nach y aufgelöst und in die zweite eingesetzt werden. Es ergibt sich

$$\begin{aligned}
\tan\beta = \frac{h}{s + \frac{h}{\tan\alpha}} &\Leftrightarrow h = \tan\beta\left(s + \frac{h}{\tan\alpha}\right) \Leftrightarrow \frac{h}{\tan\beta} = s + \frac{h}{\tan\alpha} \\
&\Leftrightarrow s = \frac{h}{\tan\beta} - \frac{h}{\tan\alpha} = h\left(\frac{1}{\tan\beta} - \frac{1}{\tan\alpha}\right) \\
&\Leftrightarrow h = \frac{s}{\frac{1}{\tan\beta} - \frac{1}{\tan\alpha}} = s\frac{\tan\alpha\tan\beta}{\tan\alpha - \tan\beta} \ .
\end{aligned}$$

In der Praxis wird die Winkelmessung nicht auf Boden-, sondern auf Augenhöhe h_0 erfolgen, sodass sich für die Gesamthöhe mit obigen Bezeichnungen $h + h_0$ ergibt.

Abbildung 1: Zwei Möglichkeiten zur Bestimmung einer Gebäudehöhe durch Längen- und Winkelmessungen

3.2 Lernvoraussetzungen und Lernausgangslage

Zur Erreichung der Lernziele müssen die Schüler

- die Definition des Tangens anwenden können,
- das Einsetzungsverfahren anwenden können
- eine Gleichung der Form $\frac{x}{a+bx} = c$ durch Äquivalenzumformungen lösen können.

Der Autor unterrichtet die Klasse seit Beginn des Halbjahres zusammen mit dem vorherigen Fachlehrer im Team. Die Schüler haben untereinander und zu beiden Lehrern ein gutes Verhältnis, sodass kooperative Arbeitsphasen in der Regel problemlos durchzuführen und unkritisch in der Zusammensetzung der Paare oder Gruppen sind. Bei Präsentationen oder im Unterrichtsgespräch besteht noch eine recht hohe Lehrerfixierung, die sich durch "vergewissernden" Blickkontakt oder ein direktes Ansprechen des Lehrers (statt eines offenen Sprechens ins Plenum oder des direkten Bezugnehmens auf einen vorherigen Beitrag) äußert. Für Übungs- und Vertiefungsphasen wurde die Klasse nach einer demokratischen Entscheidung für diese Maßnahme in eine leistungsstärkere und eine leistungsschwächere Gruppe getrennt, wobei der Autor letztere übernommen hat. Als Indikator wurde die Leistung in der ersten Klassenarbeit herangezogen. Viele sonst stillere Schüler sind dadurch in Bezug auf die mündliche Leistung regelrecht aufgeblüht und trauen sich anschließend auch in Phasen, in denen die Klasse gemeinsam unterrichtet wurde, merklich mehr Beteiligung zu. Durch die engere Betreuung ist es zudem möglich, die Schüler beim geometrischen Problemlösen detaillierter zu beobachten, zu unterstützen und auch häufiger dazu anzuregen, über verschiedene Zugänge zu diskutieren. Ein Kausalzusammenhang zu dieser Maßnahme ist zwar nicht herzustellen, aber fünf Schüler dieser Gruppe haben es geschafft, eine gute oder sogar sehr gute zweite Klassenarbeit zu schreiben.

3.3 Didaktische Überlegungen

Die Behandlung trigonometrischer Probleme ist unmittelbar durch den Kernlehrplan legitimiert, der insbesondere die Berechnung geometrischer Größen unter Verwendung der Definition von Tangens als inhaltsbezogene Kompetenzerwartung ausweist [**1**]. Das vorliegende Problem eignet sich zudem exemplarisch zur Vertiefung der Problemlösekompetenz "Vorwärts- und Rückwärtsarbeiten": Um die gesuchte Höhe zu berechnen, müssen die Schüler zunächst Gleichungen für zwei Dreiecke aufstellen (Vorwärtsarbeiten). Anschließend müssen sie erkennen, dass ihnen zur Berechnung von h in beiden Gleichungen die Entfernung x zwischen dem ersten Messpunkt und dem Gebäude fehlt. x kann dann (in Abhängigkeit von h) aus einer der beiden Gleichungen erhalten und in die andere eingesetzt werden (Rückwärtsarbeiten).

Die in Abschnitt 3.1. vorgestellte, allgemeine algebraische Lösung ist für viele Schüler sehr anspruchsvoll. Es bietet sich an, die Rechnung gemäß dem didaktischen Prinzip "vom Speziellen zum Allgemeinen" zunächst für konkrete Werte durchführen zu lassen. Eine weitere Vereinfachung, die das Einsetzen von $x(h)$ und das anschließende Auflösen nach h wesentlich erleichtert, ist die Verwendung dezimaler Näherungswerte für den Tangens der vorkommenden Winkel sowie entsprechender Kehrwerte. Mit $s = 14$, $\beta = 25°$ und $\alpha = 40°$ nimmt die elementarisierte Rechnung dann die folgende, für Schüler handhabbare Form an:

$$\tan 40° = 0.8391 = \frac{h}{x} \Leftrightarrow x = 1.1918h$$

$$\tan 25° = 0.4663 = \frac{h}{14 + 1.1918h} \Leftrightarrow h = 0.4663 \cdot (14 + 1.1918h) = 6.5282 + 0.5557h$$

$$\Leftrightarrow 0.4443h = 6.5282 \Leftrightarrow h = 14.6932\ .$$

Zur allgemeinen Lösung gelangt man nun in zwei Schritten: Zunächst werden die Näherungswerte wieder durch $\tan 25°$ bzw. $\frac{1}{\tan 40°}$ ersetzt, wobei aufgrund von Schwierigkeiten mit der Bruchrechnung die Form $y = \frac{1}{\tan 40°} \cdot h$ der Schreibweise $y = \frac{h}{\tan 40°}$ vorzuziehen ist. Man erhält in Analogie zu obiger Rechnung $h = \frac{14 \cdot \tan 25°}{1 - \frac{\tan 25°}{\tan 40°}}$. In diesem Ausdruck müssen dann nur noch die konkreten Größen durch s, α und β ersetzt werden.

Die Anbindung an den Kontext der Höhenmessung ist bei diesem Problem zur Sinnstiftung zwingend, da die kontextfreie Lösung von den Schülern eher als "Zahlenverstecken" interpretiert werden und entsprechend von geringer Motivation begleitet sein dürfte. Vielmehr bietet sich hier die Gelegenheit, eine der von Winter propagierten und im Kernlehrplan als Richtziele aufgegriffenen Dimensionen mathematischer Grundbildung zu tangieren: Mathematik kommt in der realen Welt, hier im Zusammenhang mit Vermessungstechnik, zur Anwendung [**2**]. Zur Unterstützung dieses langfristigen Ziels soll den Schülern zusätzlich auch die Möglichkeit eingeräumt werden, das Verfahren selbst anzuwenden. Ludwig spricht im Zusammenhang mit derartiger Outdoormathematik von der "wahren" Öffnung des Unterrichts, da die Mathematik mit der erlebten Umwelt verbunden werde [**3**].

Die Höhe der Aula soll mit beiden in 3.1 vorgestellten Verfahren – das erste ist deutlich einfacher und wurde als Hausaufgabe vorbereitet – vermessen werden. Dieser Gebäudeteil ist insofern authentisch, als dass die zur Straße gewandte Seite auf einer Breite von mehreren Metern zugewachsen und daher keiner direkten Entfernungsmessung zugänglich ist. Die Messung erfolgt mit Bandmaßen und dem abgebildeten, selbstgebauten "Fernrohr" mit Winkelmesser, das aus einer Papprolle zum Anpeilen, einem mit Klebepads befestigten Geodreieck sowie einer Schraube als Lot besteht.

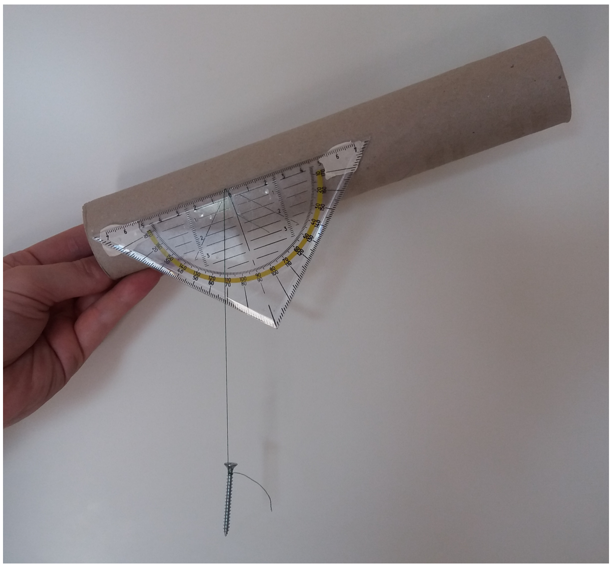


Abbildung 2: Sehrohr mit Winkelmesser aus Haushaltsgegenständen

Die Durchführung der Messung erfolgt dabei bewusst erst *nach* der Lösung des Problems, da die umgekehrte Reihenfolge von motivationalen Schwierigkeiten begleitet sein dürfe: liegen bereits fertige Ergebnisse durch Einsetzen in ein "Kochrezept" vor, so besteht für viele Schüler kein Begründungsbedürfnis mehr. Dagegen ist es ein übergeordnetes Anliegen des Autors, seinen Schülern die Erfahrung zu ermöglichen, dass die Erschließung eines Teils der Welt mit Hilfe der Mathematik sowohl interessant ist als auch prinzipiell auch von ihnen selbst geleistet werden kann. Dazu trägt das gewählte Problem und seine Anwendung exemplarisch bei.

3.4 Begründung der wesentlichen methodischen Entscheidungen

Die Stunde folgt dem methodischen Prinzip des problemorientierten Unterrichts nach Roth, dessen lernpsychologische Vorzüge von Bleichroth et al. diskutiert werden [**4**].

Das erste in 3.1 vorgestellte Verfahren war Gegenstand der Hausaufgabe. Eine Schülerin hat zuvor eine Folie erhalten und wird die Lösung am OHP vorstellen, da dies die zeitokönomischste Variante ist.

Die Schüler können das im Zentrum stehende Verfahren kaum selbstständig erarbeiten. Der Lehrer demonstriert daher zunächst enaktiv durch Vorspielen im Klassenraum das Vorgehen, um einen an die Wand geklebten "Turm" aus Papier zu vermessen, wobei die Schüler die Rolle des Gebüschs übernehmen. Anschließend folgt die Präsentation der konkreten Aufgabe auf dem OHP.

Die folgenden Arbeitsphasen erfolgen kooperativ [**5**]. Nach dem Skizzieren der Situation können selbstständig Lösungsideen entwickelt und anschließend mit dem Partner diskutiert werden, bevor eine Zusammenführung im Plenum erfolgt. Diese Phase sollte im Sinne einer Zwischensicherung die Beziehungen $\tan\alpha = h/x$ und $\tan\alpha = h/(x+s)$ sowie die Strategie, die erste Gleichung nach x aufzulösen und in die zweite einzusetzen, bereitstellen. Dies schließt die Phase der Lösung im Roth'schen Schema ab.

In der zweiten Erarbeitungsphase soll die Strategie in Partnerarbeit ausgeführt werden. Die didaktische Analyse weist den Weg für die Niveaudifferenzierung: Schüler können je nach Leistungsstärke mit dezimalen Näherungswerten rechnen, die Ausdrücke $\tan 25°$ und $\tan 40°$ so belassen und am Ende auf einen allgemeinen Ausdruck schließen oder sogar direkt die allgemeine Herleitung durchführen, wobei letzteres aufgrund der recht geringeren Erfahrung mit umfrangreichen Termumformungen unwahrscheinlich ist. Diese Phase wird durch eine Hilfekarte unterstützt; die Schüler können auf diese Weise selbstständig zu einer Lösung gelangen. Dennoch beobachtet der Lehrer die Arbeit der Schüler und gibt auf Wunsch zusätzliche Hilfestellungen.

Die Ausgestaltung der Sicherungsphase richtet sich flexibel nach den Arbeitsergebnissen der Schüler. Falls von der Lerngruppe mehrere Wege beschritten wurden, können die Lösung mit dezimalen Näherungswerten und eine allgemeinere Rechnung gegenübergestellt werden; als Informationsträger bietet sich die Wandtafel an, da diese die Planskizze bereits enthält und alle Informationen übersichtlich dargestellt und sogar parallel angeschrieben werden können. Falls allen Schülern auf Anhieb die Lösung ohne Näherungswerte gelingt, kann die Präsentation auf einer OHP-Folie erfolgen. Gelingt hingegen allen nur die einfachste Rechnung, so kann hieraus die allgemeinere Lösung in einem kurzen Unterrichtsgespräch gemeinsam an der Tafel erarbeitet werden. Je nach Zeitbedarf der vorherigen Phasen ist an dieser Stelle eine sinnvolle Pause möglich.

Die Schüler erhalten nun die Gelegenheit, mit Hilfe des gelösten Problems selbstständig die Höhe der Aula zu vermessen. Die Messung wird in Partnerarbeit durchgeführt, weil stets eine zweite Person zum Ablesen des Winkels erforderlich ist. In größeren Arbeitsgruppen würde hingegen mindestens ein Schüler untätig sein.

Das Verständnis der Funktionsweise des verwendeten Instruments wäre eher als Lernziel für den Physikunterricht geeignet, daher gibt es im Klassenraum nur eine kurze Einweisung. Um die Sicherheit herzustellen, dass alle Schüler zu sinnvollen Messergebnissen kommen, sollen alle Paare mit dem Messgerät einen bestimmten Winkel zur Horizontalen einstellen. Zur Entlastung des Messprozesses wird ein Arbeitsblatt mit Protokollfunktion eingesetzt.

4 Verlaufsplan

Phase	**Lernschritt/Unterrichtsinhalt** (Impulse, Schlüsselfragen, geplantes Lehrerverhalten, erwartetes Schülerverhalten)	**Lernorganisation** (Sozial-/Aktionsformen, Medien)
Begrüßung	L begrüßt den Kurs und stellt den Besuch vor	
HA	S stellt die HA vor, Rest der Klasse stellt ggf. Fragen / korrigiert ggf. die Bearbeitung	SV; OHP
Motivation/Problem	L erklärt das Problem (zunächst “Vorführung” im Klassenraum, dann Folie) und gibt den Ausblick, dass die Messung zum Stundenende selbst durchgeführt werden soll	LV; OHP
Lösung	L deckt Folie mit Arbeitsaufrag auf,S lesen und erklären S skizzieren und entwickeln Ideen S stellen ihre Ideen zur Lösungsstrategie der Klasse vor, man einigt sich auf eine Lösung (L so zurückhaltend wie möglich, notiert ggf. noch Strategie an der Tafel und stellt Sicherheit her, dass es so funktioniert)	EA/SV; OHP EA/PA SV/UG; Tafel
Tun und Ausführen	L zeigt zweiten Arbeitsauftrag, S lesen und stellen ggf. Fragen S wählen einen Weg und lösen das Problem, L gibt bei Bedarf Hilfestellung S präsentieren und diskutieren je nach Wahl in der vorherigen Arbeitsphase ihre vorherigen Ergebnisse (alle ohne Näherungswerte $\rightsquigarrow$ direkt OHP, L macht nur allgemeine Formel klar) (alle nur Näherungswerte $\rightsquigarrow$ Tafel, Herleitung mit $\tan 25°$ und $\tan 40°$ im UG erarbeiten)	LV; OHP PA; Hilfekarten SV; Tafel/OHP
	mögliche Pause	
Tun und Ausführen	L gibt eine kurze Einweisung in das Messgerät, S sollen Winkel 23° einstellen L erklärt kurz, wie die Abstandsmessungen erfolgen und verteilt Protokollblatt S führen die Messung auf dem Schulhof durch, L beobachtet und gibt ggf. Hilfestellung	LV, PA; Rohr mit Winkelmesser LV; AB PA; Rohr mit Winkelmesser, Maßbänder
	mögliche Pause	
Tun & Ausf.	S berechnen aus ihren Messwerten die Höhe der Aula	PA; AB
	mögliche Pause	

5 Literatur

[1] Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I (G8) in Nordrhein-Westfalen: Mathematik

[2] H. Winter: Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik Nr. 61, 3746. **1996**.

[3] M. Ludwig: Mathematikunterricht öffnen. In: T. Leuders (Hrsg.), *Mathematikdidaktik* (Cornelsen, 2003)

[4] W. Bleichroth et al., *Fachdidaktik Physik* (Aulis, 1999)

[5] L. Brüning, T. Saum, *Erfolgreich unterrichten durch Kooperatives Lernen. Strategien zur Schüleraktivierung. Band 1* (Neue Deutsche Schule, 2009)

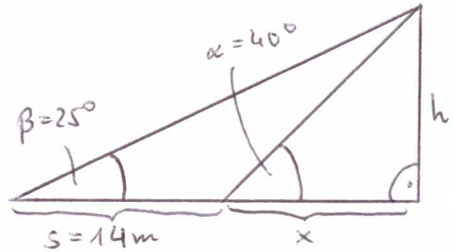
6 Erklärung

Ich versichere, dass ich die Schriftliche Arbeit eigenständig verfasst, keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt und die Stellen der Schriftlichen Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen sind, in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe. Das Gleiche gilt auch für beigegebene Zeichnungen, Kartenskizzen und Darstellungen. Anfang und Ende von wörtlichen Textübernahmen habe ich durch An- und Abführungszeichen, sinngemäße Übernahmen durch direkten Verweis auf die Verfasserin oder den Verfasser gekennzeichnet.

Ort, Datum　　　　　　Unterschriftf

Anhang

- erwartetes Tafelbild
- Einstiegsfolie
- Hilfekarten



① $\tan 40° = \frac{h}{x}$

② $\tan 25° = \frac{h}{14+x}$

Strategie:
① nach x auflösen
in ② einsetzen
nach h auflösen

Wie misst man die Höhe eines unzugänglichen Turms?

Näherungswerte

① $x = \frac{1}{\tan 40°} \cdot h = 1{,}1918h$

② $\tan 25° = 0{,}4663 = \frac{h}{14 + 1{,}1918h}$

$0{,}4663 \cdot (14 + 1{,}1918h) = h$

$6{,}5282 + 0{,}5557h = h$

$6{,}5282 = 0{,}4443h$

$14{,}6932 = h$

allgemeiner

$\tan 25° \cdot (14 + \frac{1}{\tan 40°} \cdot h) = h$

$14 \cdot \tan 25° + \frac{\tan 25°}{\tan 40°} \cdot h = h$

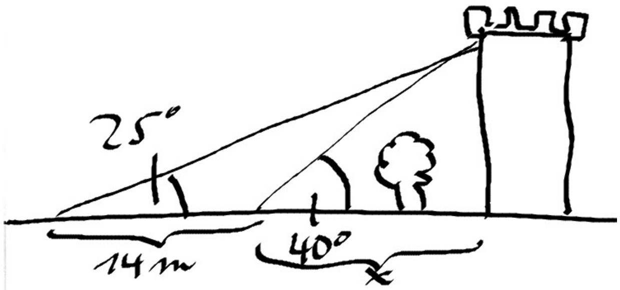
$14 \cdot \tan 25° = (1 - \frac{\tan 25°}{\tan 40°}) \cdot h$

$\frac{14 \cdot \tan 25°}{1 - \frac{\tan 25°}{\tan 40°}} = h$

$\frac{s \cdot \tan \beta}{1 - \frac{\tan \beta}{\tan \alpha}} = h$

Wie misst man die Höhe eines unzugänglichen Turms?

Ein alter Turm ist von hohem und dichtem Gestrüpp umwachsen, die direkte Messung der Entfernung zum Turm ist nicht möglich. Von einem Beobachtungspunkt aus sieht man die Oberkante des Turm unter einem Winkel von 40°. Geht man 14m weiter zurück, so sieht man die Oberkante unter einem Winkel von 25°.



(die Originalversion enthält hier eine Abbildung aus LS9)

Arbeitsauftrag 1: Ziel ist es, zunächst eine Strategie zur Lösung des Problems zu entwickeln.

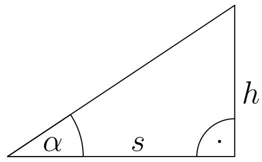
- Fertige eine passende Skizze in deinem Heft an.
  Notiere deine Ideen zur Berechnung von h. **(Einzelarbeit, 3min)**
- Vergleiche und diskutiere deine Ideen mit deiner Partnerin bzw. deinem Partner. **(Partnerarbeit, 2min)**

Arbeitsauftrag 2: Die erarbeitete Stratagie zur Berechnung von h soll nun ausgeführt werden. **(Partnerarbeit, 8min)**
Entscheide dich mit deinem Partner für eine der folgenden Möglichkeiten:

- Verwendet bei der Rechnung sofort Näherungswerte mit 4 Nachkommastellen, z.B. $\tan 25° = 0.4663$ (einfach).
- Lasst die Ausdrücke $\tan 25°$ und $\tan 40°$ so stehen und tippt euren Ausdruck für h erst am Ende in den Taschenrechner (mittel).
- Verwendet direkt zu Beginn die allgemeinen Ausdrücke $\tan\alpha$, $\tan\beta$, y und leitet einen allgemeine Formel zur Berechnung von h her (schwer).

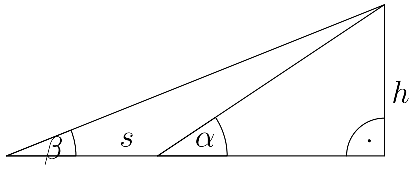
Wir vermessen die Höhe unserer Aula

Verfahren 1 (aus der Hausaufgabe):
Direkt neben dem Haupteingang findet ihr Abstandsmarkierungen auf dem Schulhof. Wählt eine Messposition und bestimmt s und α.



$s =$	$\alpha =$

Verfahren 2 (aus der Stunde):
Wir legen auf der zur Straße gewandten Seite der Aula ein langes Maßband auf den Schulhof.
Sucht euch einen ersten Messpunkt aus und messt α.
Überlegt euch eine Entfernung s (nicht zu klein, ruhig 15m oder mehr) und geht so weit zurück. Messt dann β.



$\alpha =$	$s =$	$\beta =$

Und zuletzt... vergesst nicht, eure Augenhöhe zu messen!

Augenhöhe $h_A =$

Rechnung 1:

$h = s \cdot \tan\alpha =$

Gesamthöhe: $H = h + h_A =$

Rechnung 2:

$h = \frac{s \cdot \tan\beta}{1 - \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}} =$

Gesamthöhe $H = h + h_A =$

HILFEKARTE

- Setze $\frac{1}{\tan 40°} \cdot h$ für x in Gleichung 2 ein. Wenn du mit Dezimalzahlen rechnen willst, kannst du $\frac{1}{\tan 40°} = 1.1918$ und $\tan 25° = 0.4663$ verwenden (4 Nachkommastellen).
- Bringe den Nenner des Bruchs auf die andere Seite. Vergiss nicht, Klammern zu setzen!
- Multipliziere aus und löse nach h auf.

HILFEKARTE

- Setze $\frac{1}{\tan 40°} \cdot h$ für x in Gleichung 2 ein. Wenn du mit Dezimalzahlen rechnen willst, kannst du $\frac{1}{\tan 40°} = 1.1918$ und $\tan 25° = 0.4663$ verwenden (4 Nachkommastellen).
- Bringe den Nenner des Bruchs auf die andere Seite. Vergiss nicht, Klammern zu setzen!
- Multipliziere aus und löse nach h auf.

HILFEKARTE

- Setze $\frac{1}{\tan 40°} \cdot h$ für x in Gleichung 2 ein. Wenn du mit Dezimalzahlen rechnen willst, kannst du $\frac{1}{\tan 40°} = 1.1918$ und $\tan 25° = 0.4663$ verwenden (4 Nachkommastellen).
- Bringe den Nenner des Bruchs auf die andere Seite. Vergiss nicht, Klammern zu setzen!
- Multipliziere aus und löse nach h auf.

HILFEKARTE

- Setze $\frac{1}{\tan 40°} \cdot h$ für x in Gleichung 2 ein. Wenn du mit Dezimalzahlen rechnen willst, kannst du $\frac{1}{\tan 40°} = 1.1918$ und $\tan 25° = 0.4663$ verwenden (4 Nachkommastellen).
- Bringe den Nenner des Bruchs auf die andere Seite. Vergiss nicht, Klammern zu setzen!
- Multipliziere aus und löse nach h auf.

HILFEKARTE

- Setze $\frac{1}{\tan 40°} \cdot h$ für x in Gleichung 2 ein. Wenn du mit Dezimalzahlen rechnen willst, kannst du $\frac{1}{\tan 40°} = 1.1918$ und $\tan 25° = 0.4663$ verwenden (4 Nachkommastellen).
- Bringe den Nenner des Bruchs auf die andere Seite. Vergiss nicht, Klammern zu setzen!
- Multipliziere aus und löse nach h auf.