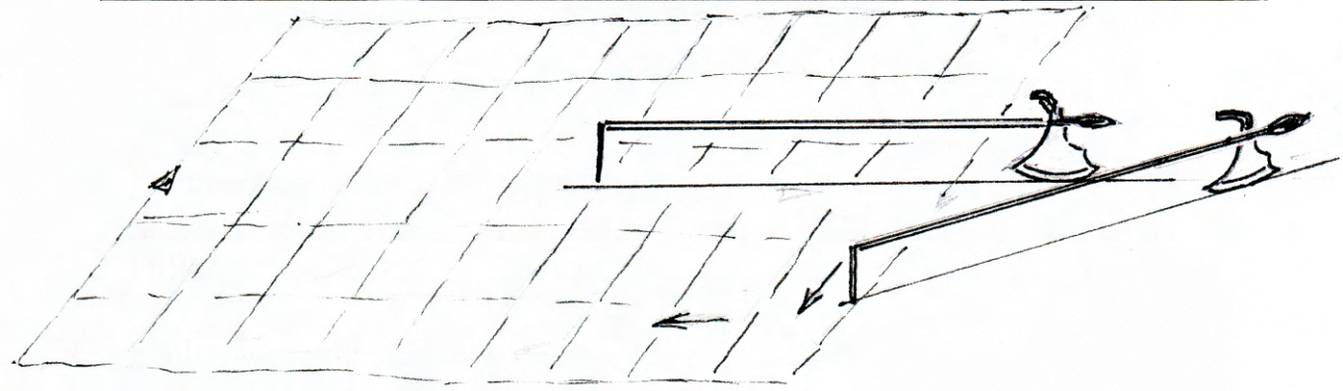
Schüler experimentieren 2012

Flächenmaßbestimmung mit der Axt



vorgelegt von

Anna-Sophia Ritzer
Philipp Schochat

schüler jugend forscht experimentieren

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung …….. 3

2. Hauptteil……. 3

2.1 Prinzipielle Vorgehensweise mit der Axt……... 3

2.2 Konvexe Flächen……...……. 4

2.2.1 Grundlegende Versuche am Quadrat und am Rechteck bei konstantem Flächenmaß……. 4 - 9

2.2.2 Flächenmaßbestimmung an unterschiedlichen Quadraten …… 9

2.2.3 Flächenmaßbestimmung beim Dreieck…….…… 10

2.2.4 Flächenmaßbestimmung am Kreis und der Ellipse…….. 11 - 12

2.3 Nicht konvexe Flächen……... 12

2.3.1 Krummlinig begrenzte Flächen……. 12 - 13

2.3.2 Differenzflächen…… 13

2.4 Fehlerarten und Fehlerquellen…….. 13

3. Zusammenfassung …… 14

4. Begriffsbestimmung (Legende) …….. 14 - 15

5. Literatur und Bilder ……. 15

6. Danksagungen…… 15

1. Einleitung

Mit dem Ablauf des Schuljahres 2008-2009 ging Herr Schäfer Oberstudienrat an der Georg-Kerschensteiner Schule in den Ruhestand. Zuvor hatte er im Laufe von 30 Jahren zahlreiche „Jugend forscht“ Arbeiten betreut. Eigentlich wollte er es damit bewenden lassen, aber beim „Entsorgen“ alter Unterlagen fiel ihm ein Artikel in die Hand, den er vor Jahren von seinem Kollegen Herrn Dr. Dreher erhalten hatte. Es geht darin um die Flächenmaßbestimmung mit dem Beil. Das Thema weckte sein Interesse. Es zeigte sich sehr bald, dass die Zusammenhänge doch erheblich diffiziler waren, als sie in diesem Artikel dargestellt wurden.

Der Sache sollte man nachgehen dachte er sich und er machte sich auf die Suche nach Schülerinnen und Schülern, die Lust hätten sich über eine längere Zeit mit der systematischen Erforschung des Themas zu beschäftigen.

Zuerst konnte er Anna Sophia und deren Eltern überzeugen, dass sich die Beschäftigung mit diesem anspruchsvollen Thema in jeder Hinsicht lohnen wird. Weitere Teilnehmer zu finden gestaltete sich schwieriger als erwartet.

Zum Glück traf er mehr zufällig auf die Chemiekollegin der Kaufmännischen Schulen in Müllheim. Ihr Sohn Philipp war gleich mit Begeisterung bei der Sache.

Da zwischen einem Beil und einer Axt kein so großer Unterschied besteht, beschlossen wir die Axt für unsere Arbeit zu verwenden. Da der Umgang mit käuflichen Äxten gefährlich und außerdem auch sehr unhandlich ist, wurde zuerst durch Unterstützung von Herrn Klucker , Technischer Lehrer an der Georg Kerschensteiner Schule Müllheim eine doppelseitige kleine Axt angefertigt, die ein Arbeiten auf DIN A3 und DIN A4 Papier erlaubt. Durch weitere Unterstützung der Firma LASER CENTER GmbH erhielten wir drei weitere schwerere einseitige Äxte von 10 mm Dicke aus Stahl. Für die Präsentation unserer Arbeit erhielten wir von der gleichen Firme vier weitere Äxte von 3 mm Dicke aus Edelstahl. Aus diesen wurden die vier Streitäxte für die Präsentationsposter gefertigt. Weitere Unterstützung was die Herstellung der Stiele aus Messing und der Führungsstifte aus Aluminium angeht, erhielten wir von Herrn Sauter einem ebenfalls pensionierten Kollegen von Herrn Schäfer, der im Keller über eine kleine Werkstatt verfügt.

Ab November 2010 waren die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Bearbeitung des Themas abgeschlossen und erste Versuche konnten beginnen.

2. Hauptteil

2.1 Prinzipielle Vorgehensweise mit der Axt

Es klingt unglaublich, dass es möglich sein soll, das Maß einer Fläche mit Hilfe einer Axt zu bestimmen. Äxte dienen üblicherweise zum Zerkleinern von Holz, früher auch zum Fällen von Bäumen und im Mittelalter auch als Waffe, die Streitaxt. So eine Axt besteht aus einem Stahlteil mit einer Schneide und einem Stiel. Zur Flächenmessung muss an dem Stielende, welches man üblicherweise in der Hand hält, ein Stift angebracht werden. Mit diesem Stift wird die zu messende Fläche umfahren. Abbildung I Seite 4 zeigt die, von uns benutzten kleinen Äxte.

Wie oben gesagt, umfährt der Stift die Fläche und er zieht dabei die Axtschneide hinter sich her. Die Schneide vollführt dabei zwei Arten von Bewegungen.

- eine translatorische Bewegung in Schneidenrichtung
- eine Rotationbewegung um ihren Auflagepunkt

Zumeist finden beide Bewegungen gleichzeitig überlagert statt.

Wenn man den Ort des Berührungspunktes der Schneide zu Beginn markiert, dann die Fläche einmal umfährt, stellt man fest, dass die Schneide ein Stück versetzt ist. Die Strecke zwischen den beiden Berührungspunkten bezeichnen wir als Schneidenversetzung oder kurz als Versetzung.

Abb. I: *Die von uns für die Arbeit verwendeten Äxte zeigt dieses Bild (Maße 60 cm * 40 cm).*

2.2 Konvexe Flächen

2.2.1 Grundlegende Versuche am Quadrat und Rechteck

Die wissenschaftliche Erforschung eines Phänomens setzt bestimmte Vorgehensweisen voraus. Zuerst müssen die Rahmenbedingungen festgelegt werden. In unserem Fall die Verwendung kleiner Äxte, die speziell für diese Untersuchung hergestellt wurden und die es erlauben, die Versuche auf einem DIN A3 oder DIN A4 Blatt durchzuführen. Dabei wird davon ausgegangen, dass man mit großen Äxten zu den gleichen Resultaten gelangen würde, wie man sie mit den kleinen Äxten gefunden hat. Zur Absicherung der Aussagen sollte man aber die wesentlichen Erkenntnisse mit einer großen Axt überprüfen.

Dann müssen die einzelnen Messergebnisse reproduzierbar sein, d.h. mehrfache Durchführung des Experiments bei gleichen Randbedingungen muss immer zum gleichen Resultat führen. Allerdings muss dabei der Einfluss des zufälligen Fehlers berücksichtigt werden.

Für diese Arbeit heißt dies, dass die Versetzung bei gleichem Flächenmaß, festgelegtem Anfangspunkt auf dem Umfang, gleicher Stiellänge und festgelegtem Auflagepunkt der Schneide bei einmaligem Umlauf und gleichem Umlaufsinn immer gleich sein muss. Der zufällige Fehler

liegt in unserem Fall bei etwa 0,5 - 1 mm, d.h. Abweichungen von etwa 1 mm liegen noch im Toleranzbereich. Nun stellt sich die Frage, wie wirkt sich eine Veränderung der Flächengröße, der Stiellänge, des Anfangspunkts, des Drehsinns und des Auflagepunktes auf die Größe der Versetzung aus. Um dies zu untersuchen, hält man zuerst alle Variablen bis auf eine fest und untersucht die Auswirkungen bei der systematischen Veränderung dieser Variablen. Hier heißt dies, wir halten das Flächenmaß, den Anfangspunkt, die Stiellänge und den Drehsinn fest und variieren systematisch die Anfangsposition der Schneide in 20° Schritten auf einem Kreis um „A“ sowie den Umlaufsinn.

Der Einfluss der Stiellänge bei Beibehaltung der übrigen Parameter rundet die erste Versuchsreihe ab. Das Ergebnis zeigt die Abbildung II.

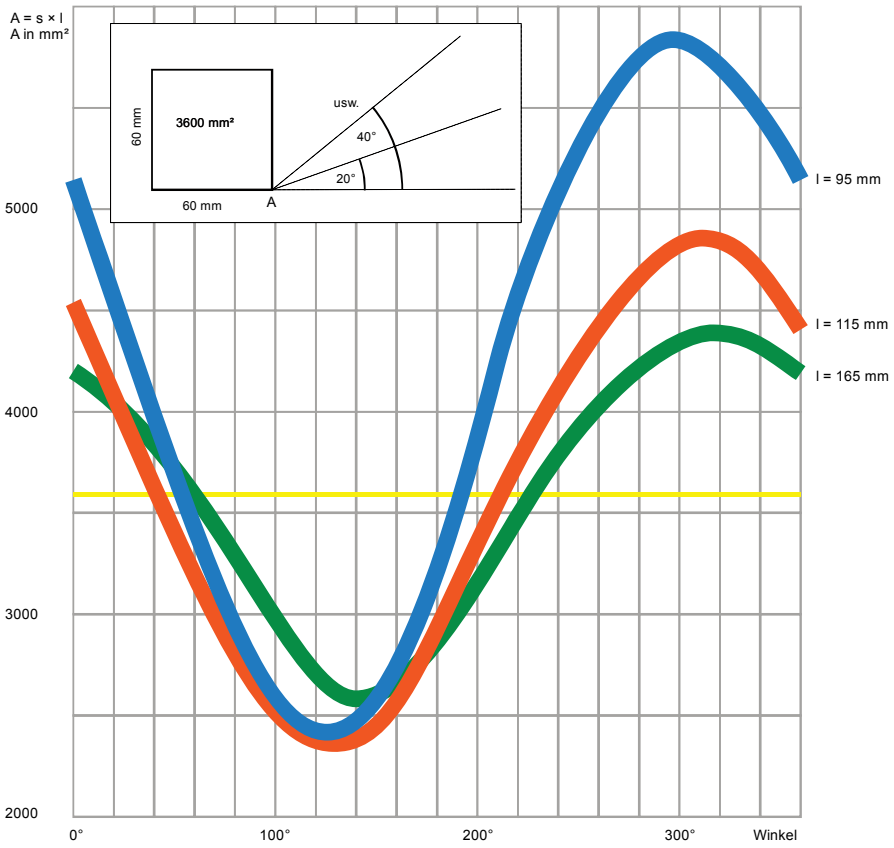


Abb. II: *Das Diagramm gibt den Zusammenhang zwischen dem Produkt aus der Versetzung „s“ und der Stiellänge „l“ von der Ausgangsposition der Schneide bei konstanter Flächengröße wieder. Die Positionierung der Axt und den Drehsinn erkennt man an dem eingezeichneten Bild.*

Die Messergebnisse der ersten Versuchsreihe lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Versetzung ist vom Umlaufsinn, der Stiellänge und vom Winkel abhängig. Der Graph ist der einer asymmetrischen Schwingung wenn der Führungsstift immer im Punkt A beginnt.
- Die Abweichungen zum richtigen Flächenwert von 3600 mm^2 werden kleiner, wenn die Stiellänge größer wird.
- Es spricht vieles dafür, dass man an zwei Winkeln dem richtigen Wert sehr nahe kommt. Im Diagramm erkennt man dies bei ca. 50° und 240°. Hier schneiden die Schwingungskurven die Gerade des Flächenmaßes. Das kann

kein Zufall sein.

Dass das Produkt aus Versetzung und Stiellänge gegen den Winkel auftragen wird, bedarf einer Erklärung. Tatsache ist, dass das Flächenmaß mit Hilfe der Axt bestimmt werden soll. Konstant ist also das Maß der zu bestimmenden Fläche. Da bei größer werdender Stiellänge die Versetzung kleiner wird, liegt es nahe, das Produkt zu bilden. Man hat dann außerdem die richtige Einheit nämlich die einer Fläche.

Das erste Ziel war es nun, zuerst einen symmetrischen Schwingungsgraphen zu erhalten. Dies setzt jedoch voraus, dass Anfangspunkt und Auflagepunkt an einer anderen Stelle liegen. Hier kommen die vier Symmetrieachsen des Quadrats ins Spiel. Man erkennt die Achsensymmetrie Abb. III.

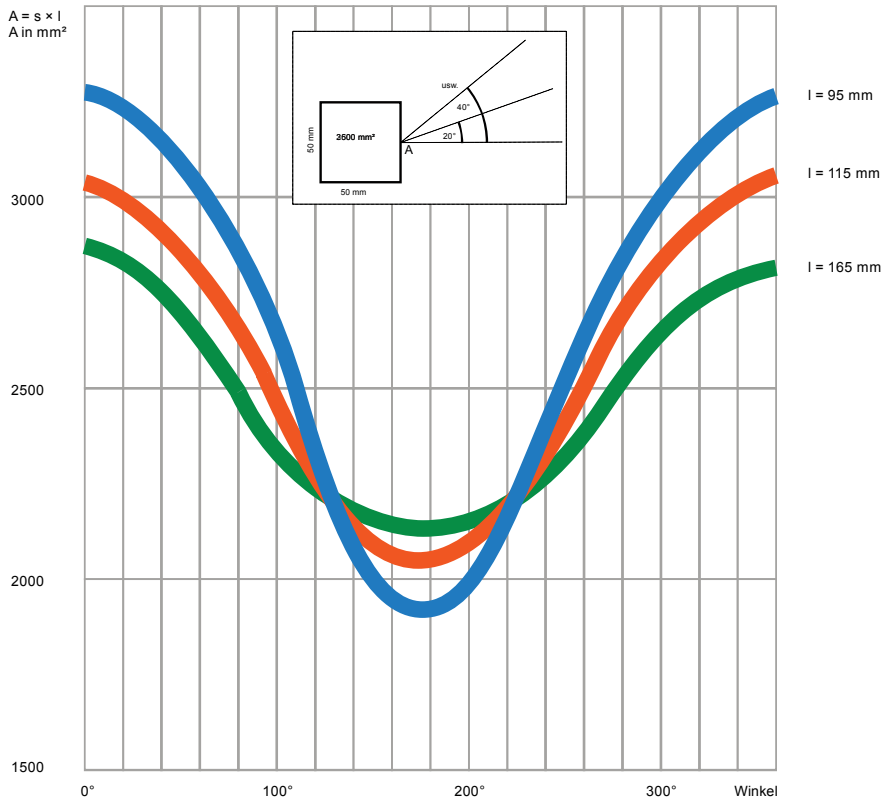


Abb. III: *Das Diagramm gibt den Zusammenhang zwischen dem Produkt aus der Versetzung „s“ und der Stiellänge „l“ von der Ausgangsposition der Schneide bei konstanter Flächengröße in Abhängigkeit vom Winkel wieder. Die Positionierung der Axt und den Drehsinn erkennt man an dem eingezeichneten Bild.*

Außerdem wäre es von Interesse den gesamten Schneidenweg und nicht nur die Versetzung zu kennen. Vielleicht gelangt man bei Kenntnis des Schneidenweges auch zu neuen Erkenntnissen. Aber wie lässt sich der Schneidenweg dokumentieren?

Drei Möglichkeiten wurden gefunden und geprüft.

- Kohle Durchschreibepapier wie es früher zur Herstellung von Duplikaten in Schreibmaschinen verwendet wurde.
- Thermopapier wie es heute noch in Faxgeräten verwendet wird.
- Action Papier Kohlefreies Durchschreibepapier

Durchschreibepapier setzt einen gewissen Druck voraus, den die Schneide auf das Papier aufbringen muss. Dies war der Grund, weshalb die an zweiter Stelle hergestellten Äxte schwerer geplant wurden, als die erste Axt.
Thermopapier setzt eine beachtliche Temperatur der Axt voraus, dies führte dazu, die anfänglich benutzten Holzstiele durch Messingstiele zu ersetzen.
Als sehr aufschlussreich erweist sich die Untersuchung des Schneidenweges.
Bei näherer Untersuchung stellt sich heraus, dass genau bei den Winkeln, bei denen der Schwingungsgraph die Gerade des Flächenmaßes schneidet, der Schneidenweg einem flachen z gleicht, während bei den großen Abweichungen der Schneidenweg die Form eines Kelchschnitts besitzt, dessen Öffnung zur Fläche hin zeigt (Kelchschnitt) oder der Fläche weg
zeigt (inverser Kelchschnitt) Dazwischen existieren Übergangsformen siehe Abb. IV

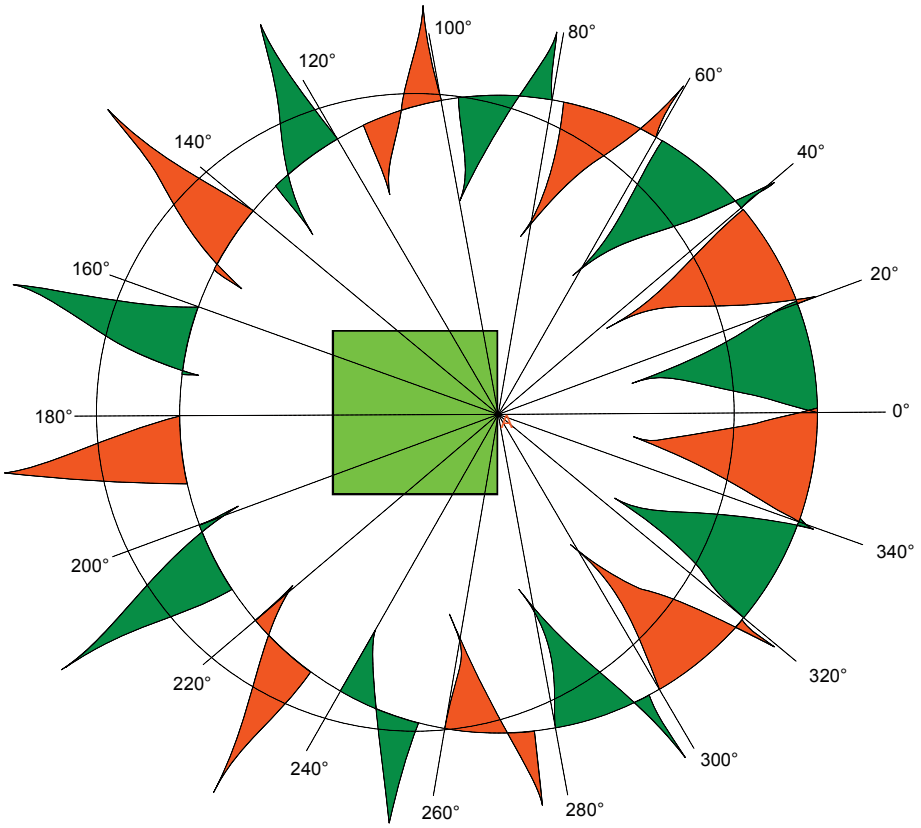


Abb. IV: *Man erkennt gut den Schneidenweg in Abhängigkeit von der Anfangsposition der Schneide.*

Eine weitere Beobachtung rundet das Bild ab. Wenn man um den Startpunkt A
einen Kreis mit dem Radius „l“ zeichnet und vom Schnittpunkt der Symmetrieachsen d.h. dem Symmetriezentrum aus einem zweiten Kreis mit dem gleichen Radius zeichnet, ergeben sich zwei Schnittpunkte und zwar dort, wo die Flächengerade die Schwingung kreuzt und der Schneidenweg ein z bildet. Die Idee liegt nahe, den Anfangspunkt auf den Punkt des Symmetriezentrums „Z“ zu legen. In diesem Fall gibt es nicht nur zwei Schnittpunkte und damit zwei Punkte für die richtige Lösung, sondern alle Punkte sollten zur richtigen Lösung führen. Abb.V

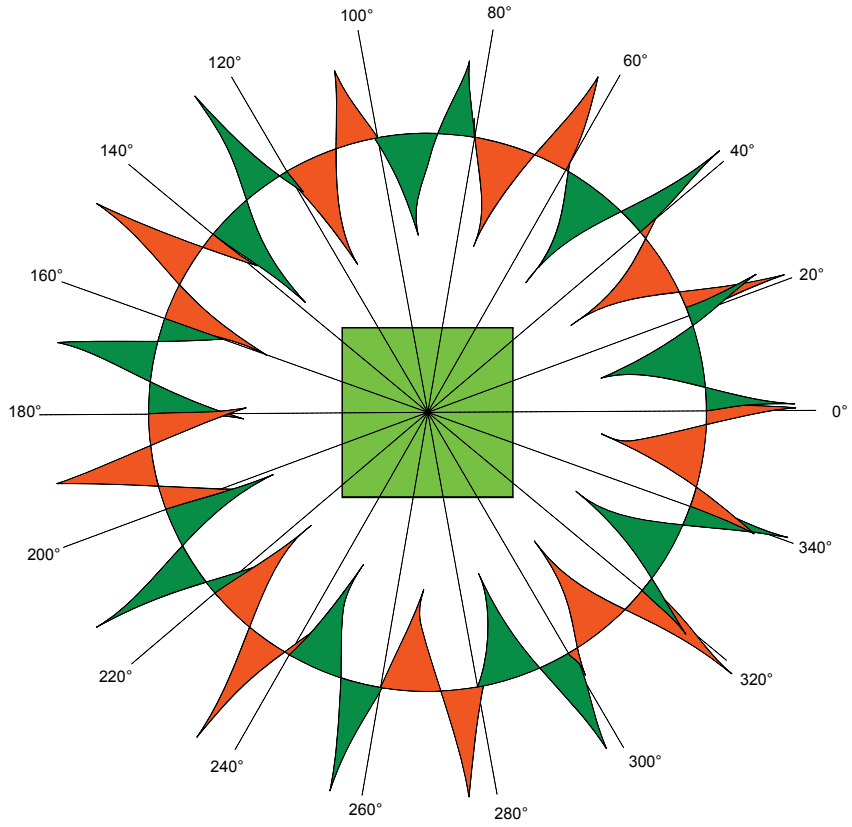


Abb. V: *Man erkennt deutlich, den nahezu symmetrischen Verlauf der Schneidenwege.*

Um diese Hypothese zu verallgemeinern wurden weitere Versuche mit einem Rechteck mit den Maßen 3 cm * 12 cm d.h. einer Fläche von 36 cm^2 unternommen. Da es beim Rechteck zwei unterschiedliche Symmetrieachsen gibt, wurden zwei Untersuchungen analog derjenigen beim Quadrat angestellt. Einmal lag der Anfangspunkt „A“ des Umfahrstiftes auf der langen Seite und einmal bei „B“ auf der kurzen Seite. Dabei sollten wichtige Erkenntnisse aus dem Verlauf der Schwingungsgraphen gewonnen werden. Die Abbildung VI zeigt die beiden Graphen für eine Axt mit l = 115 mm.

Auch hier wiederholt sich die Tatsache, dass ein Kreis um A bzw. B mit dem Kreis um Z wieder dort schneidet, wo der Schwingungsgraph die Flächengerade schneidet. Geht man auch hier vom Zentrum aus, sollte das Flächenmaß bei jeder Stellung der Schneide richtig ermittelt werden. Diese Vorstellung erscheint jedoch auf den ersten Blick sehr gewöhnungsbedürftig. Um das Maß einer Fläche zu bestimmen beginnt man nicht an einem Punkt des Umfangs wie dies beim Planimeter der Fall ist, sondern im Zentrum. Eine höchst merkwürdige Vorstellung. Abb. VII

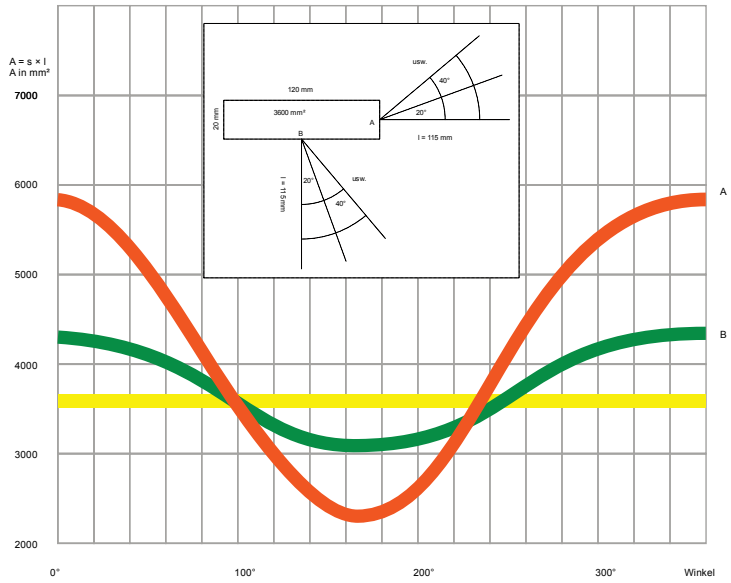


Abb. VI: *Das Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen den Schwingungsgraphen in Abhängigkeit vom Anfangspunkt des Umfahrstifts bei konstantem Flächenmaß.. Drehrichtung gegen den Uhrzeigersinn. Man erkennt sehr deutlich, dass die Abweichungen vom richtigen Wert viel kleiner ausfallen, wenn man in „B“ beginnt.*

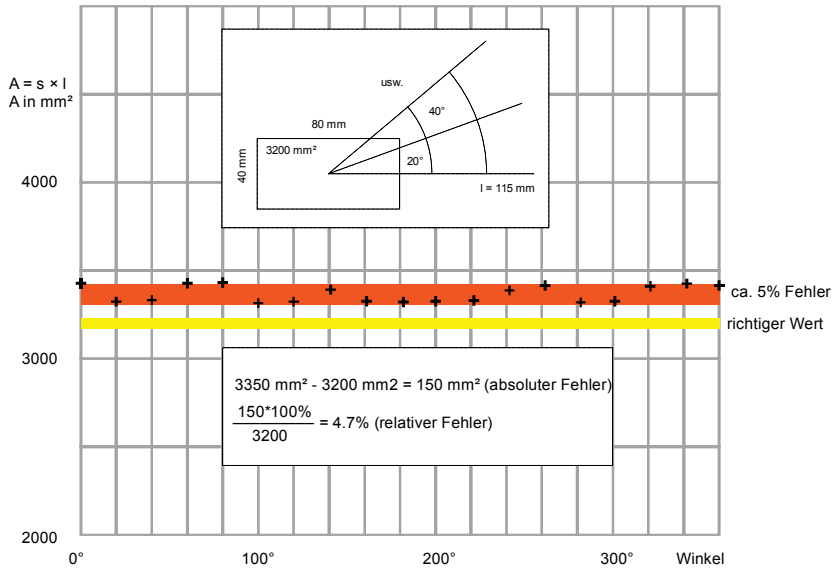
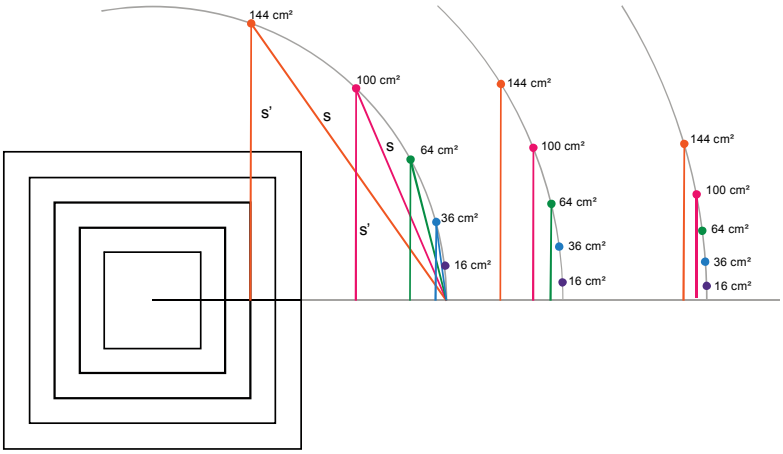


Abb. VII: *Auch hier erkennt man immer noch eine schwache Schwingung. Sie ist aber so klein, dass sie vom zufälligen Fehler überlagert wird. Der Fehler liegt unter 5 %. Flächenmaß ist konstant 3200 mm². Die Drehrichtung ist gegen den Uhrzeigersinn.*

2.2.2 Flächenmaßbestimmung an unterschiedlichen Quadraten

Nach der oben herausgearbeiteten Vorschrift wurden übereinander gelegte Quadrate bei gleichem Symmetriezentrum mit Äxten vermessen deren Stiellänge l = 95 mm, l = 115 mm und l = 165 mm betrugen. Es zeigt sich, dass eine befriedigend genaue Messung nur dann zu erwarten ist, wenn die Versetzung gegen die korrigierte Versetzung ausgetauscht wird. Als korrigierte Versetzung wird das Lot vom Schneidenendpunkt auf die Anfangsgerade bezeichnet. Das Verhältnis der korrigierten Versetzung s’ zur Stiellänge sollte etwa 0,5 -0,8 zu 1 betragen. Der relative Fehler liegt dann unter 2%. Abb. VIII



l/cm	s'/l	A/cm²	144	100	64	36	16
11.8	1.15	s/cm	13.6	9.6	6.0	3.3	1.4
		A_1/cm²	160.5	113.3	70.8	39.0	16.5
	0.95	s'/cm	11.2	8.7	5.8	3.3	1.4
		$A_{1'}$/cm²	132.2	102.7	68.4	39.0	16.5
16.5	0.56	s/cm	9.2	6.3	4.0	2.2	0.8
		A_2/cm²	152.0	104.0	66.0	36.3	13.2
	0.53	s'/cm	8.8	6.2	4.0	2.2	0.8
		$A_{2'}$/cm²	145.2	102.3	66.0	36.2	13.2
22.4	0.30	s'/cm	6.7	4.7	2.9	1.7	0.7
		A_3/cm²	150.0	105.0	65.0	38.0	15.7
	0.29	s'/cm	6.6	4.6	2.9	1.7	0.7
		$A_{3'}$/cm²	147.8	103.0	65.0	38.0	15.7

$\eta = s/l$ $\eta = 0.3 < \eta < 0.7$

Abb. VIII: *Das Bild zeigt die Bestimmung des Flächenmaßes an Quadraten von 4 cm², 16 cm², 36 cm², 64 cm², 100 cm², 144 cm² in Abhängigkeit von der Versetzung s, der korrigierten Versetzung s' und der Stiellänge der Axt.*

2.2.3 Flächenmaßbestimmung am Dreieck

Während beim Quadrat und Rechteck ein Symmetriezentrum existiert, ist dies bei Dreiecken nicht der Fall. Was tun? Vielleicht nach anderen ausgewählten Punkten suchen. Für Quadrat und Rechteck ist das Symmetriezentrum gleichzeitig auch Schwerpunkt. Vielleicht funktioniert unsere Methode auch bei Dreiecken, wenn man im Schwerpunkt beginnt. Ein Versuch soll Klarheit schaffen.

Abbildung VIII zeigt den Zusammenhang zwischen den Schwingungsgraphen bei einem gleichseitigen Dreieck in Abhängigkeit von der Lage des Anfangspunktes und der Schneidenstellung. Ausgehend vom Anfangspunkt 1 wurde die Versetzung in 20 Grad Schritten untersucht. Der gleiche Vorgang wiederholte sich in den Punkten 2, S, 4,5,6, und 7.

Das Diagramm zeigt sehr schön, wie der systematische Fehler mit der Annäherung an den Schwerpunkt kleiner wird und im Schwerpunkt ein Minimum erreicht. Mit der Entfernung vom Schwerpunkt nimmt der systematische Fehler wieder zu und erreicht im Punkt 7 ein Maximum. Bei allen Kurven gibt es zwei Positionen der Axt, die das richtige Flächenmaß ergeben. Wegen des zufälligen Fehlers kann man nicht mit Gewissheit sagen, ob diese Punkte für alle Kurven exakt den gleichen Wert haben. Abb.IX Die Größe der Abweichung spricht allerdings dafür, dass kein gemeinsamer Schnittpunkt existiert.

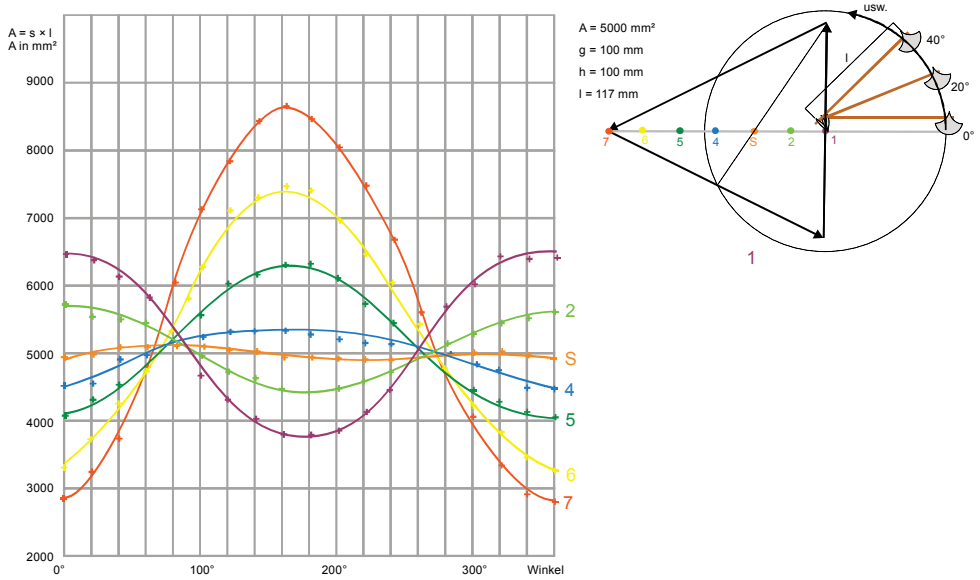


Abb. IX: *Den Zusammenhang zwischen der gemessenen Fläche in Abhängigkeit vom Anfangspunkt (1,2,S,4,5,6,7) und der Schneidenstellung zeigt das Diagramm. Stiellänge 117 mm, Flächenmaß 50 cm²*

Die Abbildung X zeigt das Ergebnis für ein beliebiges Dreieck. Man erkennt, dass eine gute Übereinstimmung zwischen dem Mittelwert der drei Messungen mit den Stiellängen l = 95 mm, l = 115mm und l = 165 mm und dem berechneten Wert liegt. Wenn man berücksichtigt, dass auch der berechnete Wert fehlerhaft ist, liegt die Abweichung bei etwa 2 %.

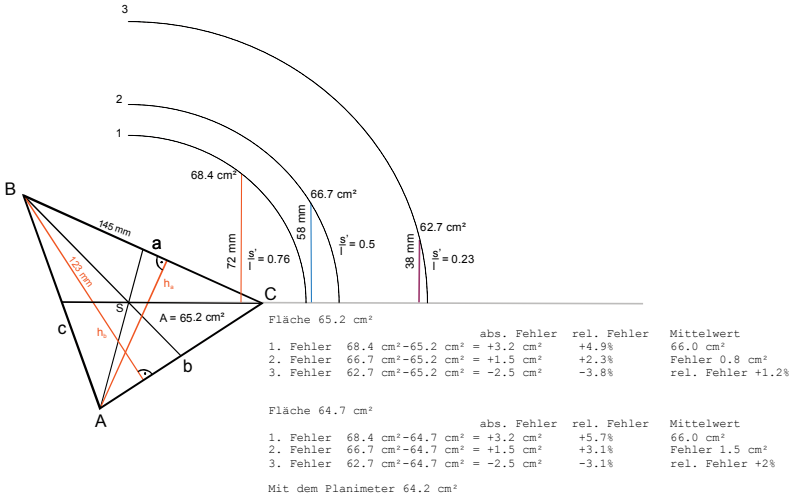


Abb. X: *Bei bekannter Lage des Schwerpunktes (Schnittpunkt der Seitenhalbierenden) gestaltet sich die Flächenbestimmung mit der Axt einfach. Die Messung wurde mit drei unterschiedlichen Stiellängen durchgeführt. Der Mittelwert über alle drei Messungen stimmt sehr gut mit der berechneten Fläche überein.*

2.2.4 Flächenmaßbestimmung am Kreis und der Ellipse.

Abbildung XI zeigt den Zusammenhang zwischen der korrigierten Versetzung und dem Weg des Führungsstiftes. Es zeigt sich ebenfalls eine sehr gute Übereinstimmung zwischen dem berechneten Wert und dem über die Axt ermittelten Wert.

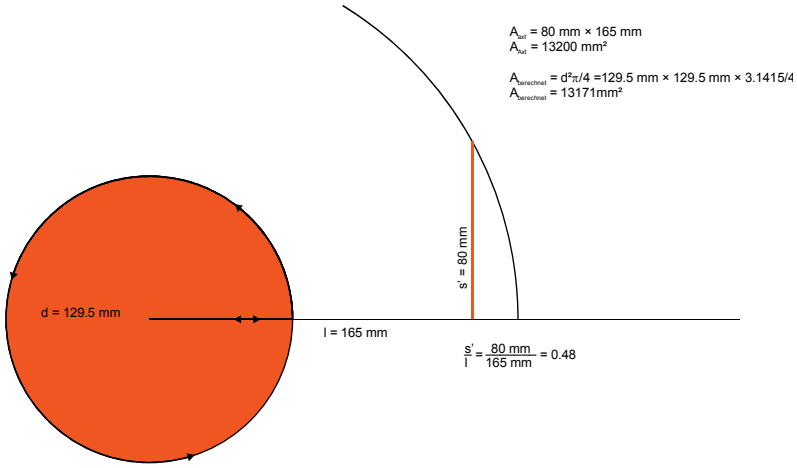


Abb. XI: *Messung des Flächeninhalts beim Kreis mit der Axt und durch Einsetzung des Durchmessers in die Formel.*

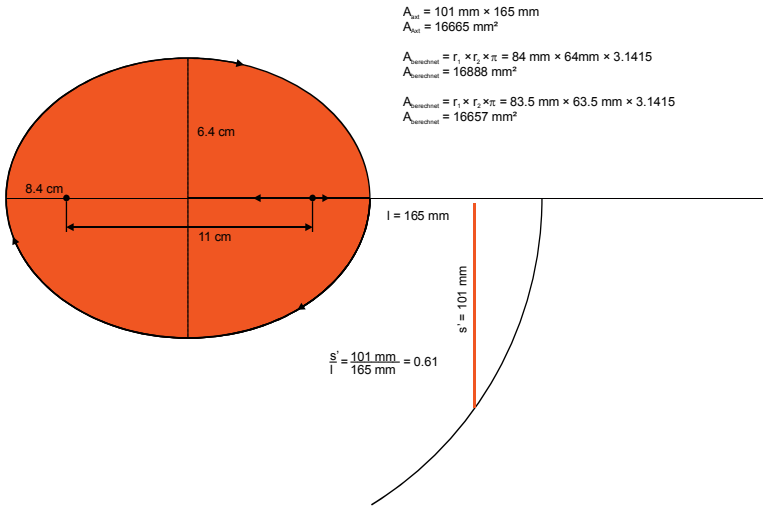


Abb. XII: *Ermittlung des Flächenmaßes einer Ellipse mit der Axt und mit der Formel. Auch hier zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Werte.*

2.3 Nicht konvexe Flächen

2.3.1 Unregelmäßig krummlinig begrenzte Flächen

Zu solchen Flächen zählen z.B. die maßstäbliche Abbildung von Grundstücken, Ländern und Seen. Gerade hierfür wäre der Einsatz der Axt als einfaches Messgerät ideal, vorausgesetzt die Genauigkeit der Messung würde ausreichen. Das Problem besteht allerdings darin, dass der Flächenschwerpunkt bekannt sein muss und das ist zumeist nicht der Fall. Eine Möglichkeit die Schwerpunktslage zu ermitteln besteht darin, die Fläche auf Papier zu übertragen, sie dann auszuschneiden und dann unter zu Hilfenahme einer Nadel den Schwerpunkt durch Probieren zu ermitteln. Abb. XIII und XIV

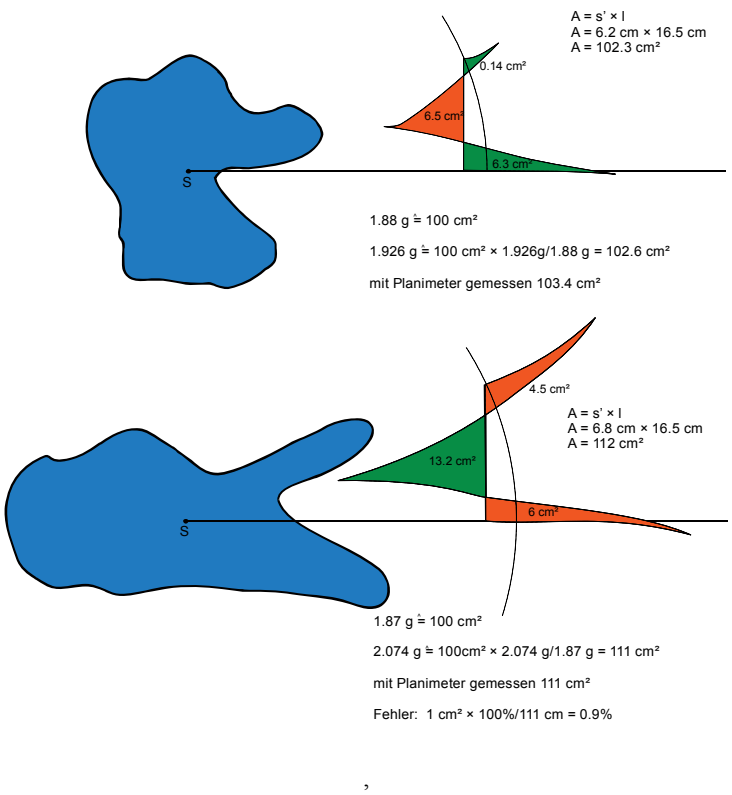


Abb. XIII und XIV: *Auch hier ist die Übereinstimmung zwischen dem „Axtwert" und den Messwerten zweier anderer Methoden erstaunlich gut.*

2.3.2 Differenzflächen

Da der Führungsstift der Axt sowohl die Fläche im Uhrzeigersinn als auch gegen ihn umfahren kann, ergibt sich die interessante Möglichkeit von einer Fläche A eine zweite Fläche B in einem Arbeitsgang zu subtrahieren. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass beide Flächen den Schwerpunkt an der gleichen Position besitzen. Das kommt relativ häufig vor z.B. bei einer Tür, die innen eine Glasscheibe hat.

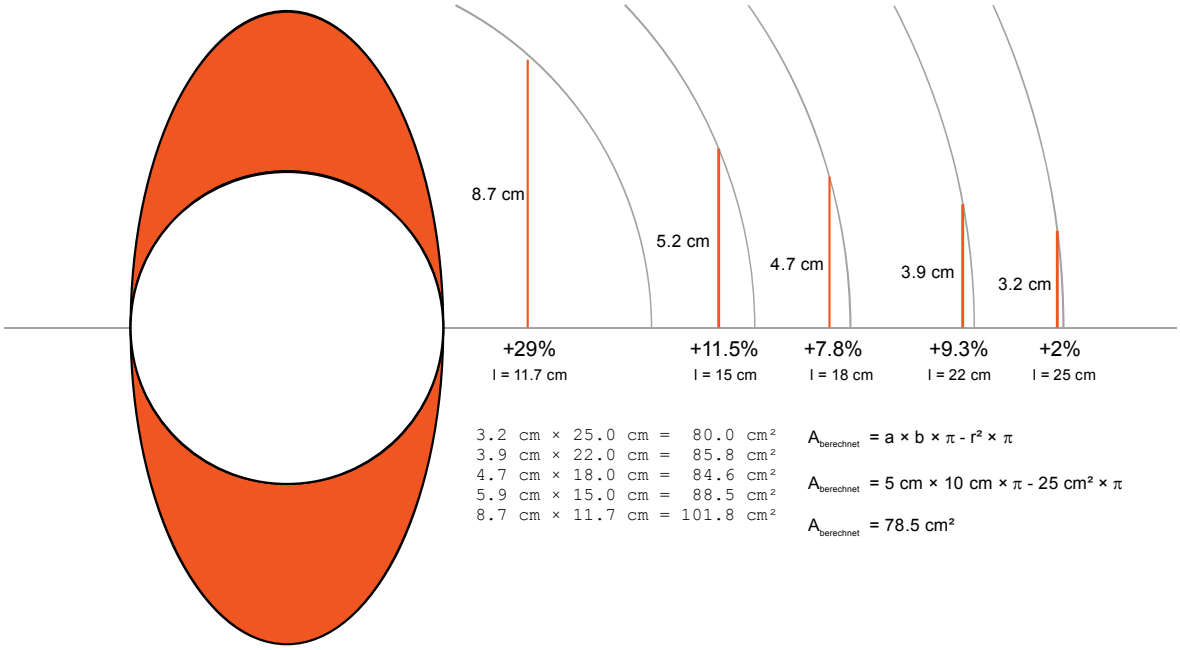


Abb. XV: *Das Maß der rot hinterlegten Fläche soll bestimmt werden. Vom Schwerpunkt ausgehend wird zuerst die Ellipsenfläche gegen den Uhrzeigersinn umfahren. Die Axtschneidenposition wird nicht verändert. Dann wird der Kreis ebenfalls vom Schwerpunkt beginnend im Uhrzeigersinn umfahren. Nach der Rückkehr zum Schwerpunkt wird die korrigierte Schneidenversetzung gemessen und daraus die Differenzfläche bestimmt.*

2.4 Fehlerarten[3.)] und Fehlerquellen

Man unterscheidet zwei Arten von Fehlern. Die systematischen Fehler liegen in der Methode begründet. In dieser Arbeit zeigt sich diese Art von Fehler sehr schön bei den zuerst durchgeführten Untersuchungen auf Seiten 5 – 8. Die Richtung des Fehlers liegt fest z.B. ist der Wert immer zu groß oder zu klein. Beim zufälligen Fehler liegen die Verhältnisse anders. Beim Umfahren der Fläche mit dem Führungsstab weicht man mal nach oben und mal nach unten von der Umfangslinie ab. Der Fehler schwankt um einen Mittelwert. In dieser Arbeit treten beide Fehlerarten auf und dies muss bei der Auswertung der Messungen berücksichtigt werden. Bei den Diagrammen Abb.2, Abb. 3, Abb. 5 und Abb. 6 wird der zufällige Fehler durch die Strichbreite berücksichtigt. Die Abweichung dieses dickeren Strichs vom richtigen Wert entspricht dem systematischen Fehler.
Eine der größten Fehlerquellen entsteht durch eine schräg zum Stiel stehende Axtschneide. Zur Feststellung des Fehlers verschiebt man dazu die Axtschneide auf einer Geraden. Im Idealfall soll nicht nur der Führungsstift sondern auch die Axtschneide auf der Geraden bleiben.
Die Schneide kann auch seitlich abweichen, wenn die Axt zu schräg gehalten wird. Man sollte bei allen Messungen darauf achten, dass die Axt senkrecht gehalten wird. Eine weitere Fehlermöglichkeit besteht darin, dass durch Unachtsamkeit beim Umfahren der Fläche mit dem Führungsstift die Schneide die Bodenhaftung verliert und sich in der Luft dreht.

3. Zusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit einer sehr ungewöhnlichen Methode der Flächenmaß Bestimmung unterschiedlicher Flächen. Dass man mit einer Axt den Flächeninhalt von beliebigen Flächen hinreichend genau bestimmen kann, verursacht bei den meisten Menschen ungläubiges Staunen. Nach anfänglichen wenig systematischen Versuchen führten systematisch durchgeführte Versuche zu immer neuen Fragestellungen und Antworten. Der entscheidende Durchbruch fand statt, als sich herausstellte, dass eine Umfahrung der Fläche von einem Ausgangspunkt auf dem Umfang nicht zum Erfolg führt. Erst als sich der Schwerpunkt der Fläche als Anfangs- und Endpunkt der Umfahrung herauskristallisierte, ergaben die Messungen erstaunlich gute Ergebnisse. Weitere Probleme die zwischen der Flächengröße und der Stiellänge auftraten, konnten befriedigend gelöst werden.
Gegenüber der Flächenmaß Bestimmung mit dem Planimeter bei der die Fläche am Umfang umfahren wird, bedarf es bei der Axtmethode jedoch der Kenntnis der Schwerpunktslage. Mit einiger Übung gelingt es aber die Schwerpunktslage mit hinreichender Genauigkeit zu schätzen.
Durch Umkehrung der Fragestellung sollte es auch möglich sein, mit Hilfe der Axt die Lage des Schwerpunkts zu ermitteln.
Hinweise darauf ergeben sich aus Abb. IV Seite 7

4. Begriffsbestimmung

- Anfangsgerade : Die Gerade, die durch den Anfangspunkt des Führungsstifts auf dem Umfang der zu messenden Fläche und dem Berührungspunkt der Schneide geht.
- Auflagepunkt : Auflagepunkt der Axtschneide
- Drehung : Drehung der Axt um ihren Auflagepunkt
- Führungsstift : Der Stift am Ende des Stiels mit dem die Fläche umfahren wird.
- Schneidenweg : Der sichtbar gemachte Weg, den der Auflagepunkt der Schneide beim Umfahren der Fläche mit dem Führungsstift zurücklegt.
- Stiel : Stiel der Axt
- Stiellänge : Strecke zwischen dem Auflagepunkt der Schneide und dem

Auflagepunkt des Führungsstifts.
- Umfahrrichtung : Drehsinn gegen den Uhrzeigersinn = positiv
Im Uhrzeigersinn = negativ
-Verschiebung : Bewegung der Axt in Schneidrichtung
- Versetzung : Bewegung der Axt quer zur Schneidrichtung

5. Literatur und Bilder

1.) Klaus Treitz, Integrieren mit dem Beil, MNU 50/7 15.10.97 S. 412 – 413
Dümmler Verlag Bonn
2.) C. Runge Techn. Hochschule Hannover, April 1895
Das Stangenplanimeter
Zeitschrift für Vermessungswesen Bd. XXIV Heft 12 Seite 321-331
15 Juni 1895
3.) Simon Farthing , Theory of the hatchet planimeter, Sadhana, Vol.8, Part 4, October 1985, pp.351-359
3.) Hans Breuer Atlas zur Physik Deutscher Taschenbuchverlag 1987/1988 München

Alle Bilder wurden von Herrn Schäfer mit einer Fujifilm S 7000 Fine Pix Kamera aufgenommen. Ein Teil der grafischen Darstellungen wurden gescant und dann in den Text intergriert. Für DIN A4 Vorlagen wurde der Drucker Epson Stylus SX 210 von Herrn Schäfer verwendet.
Die DIN A3 Vorlagen wurden freundlicherweise von der Firma Scholer KG in Müllheim auf einem Farbscaner durchgeführt.

6. Danksagung

Unser Dank gilt zuerst unseren Eltern, die uns erlaubt haben an diesem Wettbewerb teilzunehmen. Herrn Schäfer danken wir dafür, dass er uns für das Thema begeistern konnte und uns immer hilfreich zur Seite stand. Die sieben Stahläxte im Handtaschenformat wurden erst möglich durch die Unterstützung von Herrn Waltersberger von der Firma Laser Center GmbH Max Immelmann Allee 2.
Herrn Klucker von der Georg Kerschensteiner Schule Nußbaumallee 6 79379 Müllheim danken wir für die Herstellung der ersten doppelseitigen kleinen Axt, der kleinen einseitigen Axt und der Axt mit einer Rolle.
Herrn Gernot Sauter danken wir für die Herstellung der Messing Stiele und zahlreicher kleinerer aber zeitintensiven Arbeiten an den Streitäxten sowie der Axt mit der Rolle.
Herrn Dr. Stefan Müller danken wir für die Unterstützung bei der Anfertigung der Grafiken.
Herrn Hans Dürr vom Theater Hans Dürr in Freiburg danken wir für die zeitweilige Überlassung der Streitaxt.