

[96] Entdeckungen an Zirkeln

Der Mathematikunterricht 51 Heft 1 (2005), S.4-18

Einleitung

Zirkel gehören seit Generationen zu den Zeichengeräten, die im Geometrieunterricht verwendet werden. Die Schülerinnen und Schüler haben einen Zirkel und benutzen ihn selbstverständlich. Die Lehrerinnen und Lehrer zeichnen an der Tafel Kreise mit mehr oder weniger Geschick mit dem großen Zirkel.

Nicht immer gelingt die Zeichnung. Am ärgerlichsten ist es, wenn man nicht wieder am Anfangspunkt angelangt. Manche Zirkel lassen sich schwer öffnen. Andere wieder gehen so leicht, dass sie verrutschen. Ärger bereiten auch die Minen: Mal sind sie zu hart, dann sieht man den Kreis kaum. Oder sie sind zu weich, dann werden sie schnell stumpf und der Kreis wird zu dick. Minen wollen angespitzt werden. Aber meist ist kein Anspitzer vorhanden. Auch die Spitze hat ihre Tücken. Man kann sich leicht stechen. Bei manchen Zirkeln kann es einem passieren, dass die Spitze beim Zeichnen abknickt. Etliche dieser Probleme müssen bei einem modernen Zirkel nicht auftreten. Andere lassen sich kaum vermeiden. Im Schreibwarenhandel werden unterschiedliche Zirkeltypen angeboten (Abb. 1). Jeder Typ hat seine Stärken und seine Schwächen.



Abb. 1: Zirkelsortiment

Über den poppigen Zirkel werden sich die Eltern sicher wundern, zu ihrer Zeit sahen die Zirkel viel seriöser aus. Vielleicht werden sie auch mit einem gewissen Stolz den Kindern ihren alten Zirkelkasten zeigen. Und die Kinder werden die verschiedenen Zirkel und Zusätze bewundern.

Die Zirkel haben eine lange Geschichte. Die unterschiedlichen Typen sind im wesentlichen das Ergebnis von Problemlösungen. Zirkel sind damit Träger *technischer Ideen*, die meist nicht unmittelbar zu erkennen sind. Sie sind aber alle darauf gerichtet, Mathematik für die Praxis brauchbar zu machen. Beschäftigt man sich intensiver mit Zirkeln, so kann man interessante Entdeckungen machen. Im Folgenden soll auf einige Probleme und ihre Lösungen hingewiesen werden, welche die Schüler zum großen Teil beim Untersuchen und Nachdenken in einem offenen Mathematikunterricht selbst entdecken können.

1. Das Problem der unterschiedlichen Radien

Technische Zeichner benutzten zum Zeichnen von Kreisen häufig *Schablonen* (Abb. 2). Um Kreise mit verschiedenen Radien zeichnen zu

können, musste eine Schablone viele Kreise anbieten. In jedem Fall waren damit aber nur bestimmte Radien möglich.

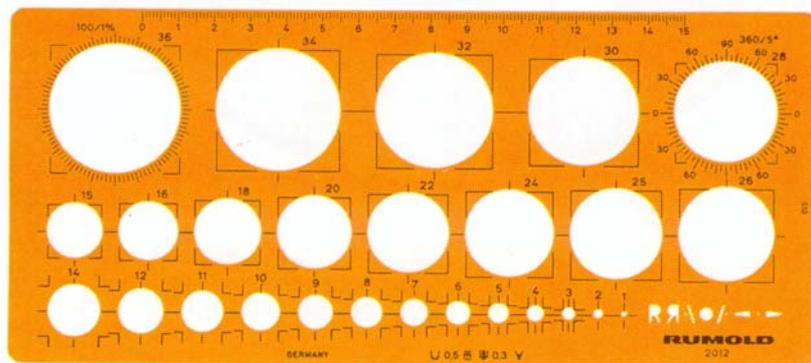


Abb.2: Zeichenschablone

Zirkel können das besser, denn bei ihnen kann man innerhalb bestimmter Grenzen jeden beliebigen Radius einstellen. Die entscheidende technische Idee war dabei das *Gelenk*, durch das man die Schenkel bewegen konnte. Wie ist man darauf gekommen?

Unternehmen wir mal einen spekulativen Ausflug in die Vorzeit und denken uns vielleicht einen „Neandertaler“, der einen Kreis in den Sand zeichnen wollte. Dazu konnte er eine Astgabel benutzen (Abb. 3). Um Kreise mit verschiedenen Radien zeichnen zu können, benötigte er unterschiedliche Astgabeln. Unterschiedliche Radien erhält er bei verschiedenen Öffnungswinkeln und bei verschiedenen Längen der Äste. Jeder dieser „Zirkel“ war spezialisiert, denn er ließ jeweils nur *einen* Kreis zu.

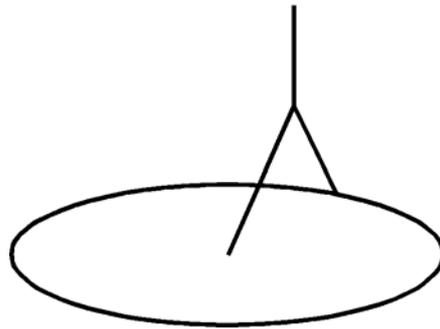


Abb. 3: Eine Astgabel als Zirkel

Eine derartige Spezialisierung ist unpraktisch. Man wird also bestrebt sein, ein Gerät zu entwickeln, das allgemeiner verwendbar ist. Dafür gibt es im Prinzip zwei Möglichkeiten: Man kann den *Öffnungswinkel* oder die *Schenkellängen* variabel machen. Historisch ist man den ersten Weg gegangen.

Frühe Zirkel sind aus Holz gefertigt und haben zwei angespitzte Schenkel, die durch ein *Gelenk* verbunden sind. Später wurden Zirkel aus Metall angefertigt. Derartige Zirkel aus Eisen finden sich bereits bei den Römern, und sie werden bis heute im Metallhandwerk verwendet (Abb. 4).



Abb. 4: Urform des Zirkels

Das Gelenk wurde besonders ausgebildet, so dass es wie ein *Kopf* aussah (Abb. 5). Es sollte ohne Spiel arbeiten, die Schenkel sollten sich glatt öffnen lassen, allerdings auch ihre Position halten können. Mit einem vernieteten Stift war dies nicht zu erreichen.

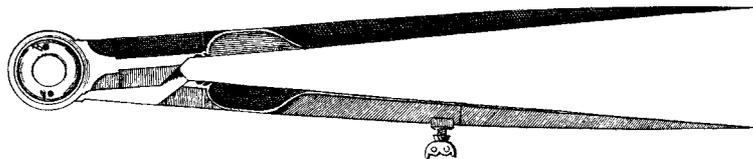


Abb. 5: Zirkel: Penther 1788

Um die Mitte des 17. Jahrhunderts beginnt man, die Schenkel mit *Schrauben* zu verbinden (Starck 1925). Der Zeichner konnte mit dem mitgelieferten Schraubenzieher selbst regulieren, wie stramm sein Zirkel sich öffnete.

Kreise wurden historisch zunächst geritzt. Das war natürlich bald unzulänglich, vor allem wenn man an Pläne denkt, die auf Tierhäute, Papyrus oder Pergament gezeichnet werden sollten.

2. Das Problem des Zeichnens

Mit der Entwicklung der *Schreibwerkzeuge* eröffneten sich dann neue Möglichkeiten zum Zeichnen von Kreisen. Indem man die eine Spitze des Zirkels durch ein Schreibwerkzeug ersetzte, konnte man das jeweilige Werkzeug zum Zeichnen verwenden. So wurden Zirkel mit Ziehfedern, andere mit Bleistiften ausgestattet. Das stellte jeweils eine *Spezialisierung* dar. Man wechselte dabei das Instrument, wenn man das Schreibwerkzeug wechseln wollte. Das war natürlich eine kostspielige Angelegenheit.

Dem wurde durch eine Generalisierung begegnet, indem man *Einsatzzirkel* entwickelte (Abb. 6). LEUPOLD (1727) führt folgende Einsätze auf: Spitze, Ziehfeder, Schreibstift (Bley-weiß) und Punktirradchen (Leupold 1727).

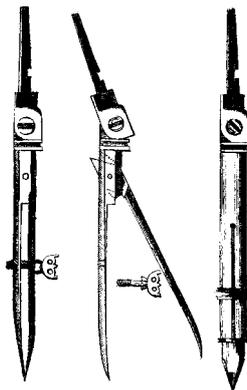


Abb. 6: Zirkeleinsätze; Ziehfeder und Bleistift: Penther 1788

Ziehfedern sind heute weitgehend unbekannt. Es dürfte deshalb für Schülerinnen und Schüler eine interessante Erfahrung sein, einmal mit einer Ziehfeder und Ausziehtusche Linien zu zeichnen. Sie erfahren dabei z.B., wie man mit Hilfe der Schraube den Andruck und damit die Linienstärke ändern kann. Heute werden allerdings *Tuscheschreiber* verwendet, für die es Zirkel mit speziellen Einsätzen gibt (Abb. 7).



Abb. 7: Zirkel mit Tuscheinsatz

Die Einsätze werden meist eingesteckt und durch eine Flügelschraube oder eine Rändelschraube festgestellt. Im 19. Jahrhundert hat CLEMENS RIEFLER begonnen, seine Zirkeleinsätze lediglich einzustecken.

In einer Übergangszeit *riss* man den zu zeichnenden Kreis mit dem Zirkel an und zog dann die angerissene Kreislinie mit dem Schreibwerkzeug nach. Das war umständlich und ungenau. Die Verwendung der Schreibwerkzeuge an den Zirkeln bedeutete also eine erhebliche Qualitätszunahme. Die

Spezialisierung führte hier zu einer Trennung zwischen Zeichnen und Reißen. Sie bedeutete die Einschränkung einer bestimmten Fähigkeit: Mit dem Reißzirkel konnte man nicht mehr auf Papier zeichnen, mit dem Bleistiftzirkel konnte man nicht mehr Metall anreißen. Holz stellt einen Grenzfall dar. Allerdings wird hier meist vorgezeichnet. Handwerker reißen Kreise auf Metall oder Holz an, um sie dann auszusägen oder auszuschneiden.

Durch die verschiedenen Einsätze ist es möglich, den Zirkel sowohl als Reißzeug als auch als Zeichengerät zu verwenden. Allerdings haben sich bis heute auch reine *Stechzirkel* erhalten.

3. Das Problem kleiner und großer Radien

Die üblichen Zirkel haben eine Schenkellänge von etwa 15 cm. Damit lassen sich Kreise mit einem Durchmesser von etwa 2-15 cm Radius ordentlich zeichnen. Will man Kreise mit einem größeren Radius zeichnen, so kann man eine Verlängerungsstange in einen Schenkel des Einsatzzirkels einfügen (Abb. 8). Damit wird das Zeichnen von Kreisen mit einem Radius von 15-25 cm möglich.

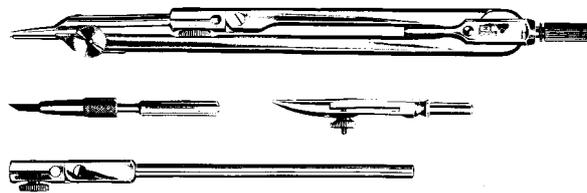


Abb. 8: Einsatzzirkel mit Bleistift- und Ziehfedereinsatz sowie Verlängerungsstange

Teleskopzirkel

Technisch geschickter, allerdings auch aufwendiger, sind *Teleskopzirkel*, bei denen ein Schenkel nach dem Teleskopprinzip ausgezogen und mit einer Schraube arretiert werden kann (Abb. 9).



Abb. 9: Teleskopzirkel

Für das Zeichnen kleinerer Kreise gibt es auch Zirkel mit einer Schenkellänge von etwa 10 cm. Doch auch mit ihnen bekommt man Schwierigkeiten bei Radien unter 1 cm. Man musste also nach anderen Prinzipien suchen.

Nullenzirkel

Für kleine Kreise wurden *Nullenzirkel* gebaut, bei denen ein Schenkel senkrecht im Mittelpunkt steht, während sich der andere Schenkel um ihn als Achse dreht (Abb. 10). Dabei drückt das Gewicht des drehbaren Schenkels das Schreibzeug auf die Unterlage. Man spricht deshalb auch von einem *Fallnullenzirkel*.



Abb. 10: Nullenzirkel mit Bleistift- und Ziehfedereinsatz

Stangenzirkel

Zum Zeichnen von Kreisen mit größeren Radien bis etwa 1 m sind *Stangenzirkel* geeignet.

Auf einer Stange befinden sich eine verschiebbare Spitze und ein verschiebbares Schreibzeug (Abb. 11). Die Stange ist aus Holz oder Metall. Es gibt unterschiedliche Längen und Profile.

Die Länge der Stange begrenzt den möglichen Radius nach oben, die Breite der beiden Reiter begrenzt ihn nach unten.

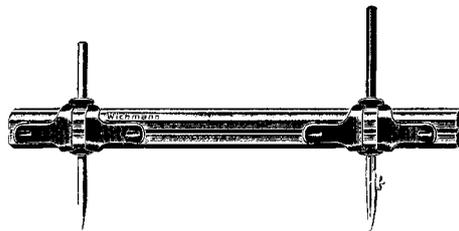


Abb. 11: Stangenzirkel

Das Instrument lässt sich auch für *Längenmessungen* verwenden. Für diesen Zweck ist häufig eine Mess-Skala auf der Stange angebracht. Zum Messen benutzt man dann zwei Spitzeneinsätze.

4. Das Problem der schrägen Spitzen

Beim Stangenzirkel stehen die Einsätze immer senkrecht zur Unterlage. Er vermeidet damit ein Grundproblem des klassischen Zirkels, bei dem normalerweise die Spitzen schräg einsetzen. Besonders problematisch war dies am Mittelpunkt, denn dadurch wurde beim Zeichnen eines Kreises auf dem Papier ein Kegel ausgefräst. Es wurden verschiedene Lösungen dieses Problems gefunden.

Gelenke

Mit Hilfe von Gelenken in den Schenkeln war es möglich, dafür zu sorgen, dass Zirkelspitze und Bleistiftspitze beim Zeichnen eines Kreises senkrecht auf dem Papier stehen (Abb. 12). Freilich musste man die Schenkel nach Augenmaß abknicken, so dass das Problem nur annähernd gelöst wurde.



Abb. 12: Zirkel mit Gelenken an den Schenkeln

Häufig hat auch nur der Schenkel ein Gelenk, in den Einsätze eingefügt werden können. An dem anderen Schenkel ist dann die Nadel drehbar eingebaut. Darunter litt allerdings die Stabilität des Zirkels. Die Spitzen rutschten leicht während des Zeichnens ab und verdarben dann die Zeichnung.

Parallelzirkel

Die Probleme des Gelenkzirkels wurden durch die Erfindung des Parallelzirkels von JOHANN CHRISTIAN LOTTER in Wilhelmsdorf gelöst. Er baute ein Parallelgestänge ein, das die abgeknickten Schenkel bei jeder Zirkelöffnung automatisch senkrecht zur Unterlage stellte (Abb. 13). Das war eine interessante, technisch allerdings aufwendige Lösung, die sich wegen des hohen Preises nicht am Markt hielt. Sie nützt die Eigenschaft des Parallelogramms, dass Gegenseiten parallel sind. Durch Parallelogrammführungen kann also erreicht werden, dass die unteren Schenkel immer parallel zum Griff sind. Dieser ist senkrecht zur Zeichenebene, wenn die Schenkel gleich lang sind. Bei der technischen Realisierung wurden allerdings Biegungen eingebaut. Man sieht hier sehr schön das Zusammenwirken mathematischer und technischer Ideen.



Abb.13: Parallelzirkel von LOTTER

5. Das Problem der Zirkelführung

Die Zirkel wurden durch Drehen am Kopf geführt. Neben Zirkeln mit dem ausgeprägten Kopf gab es auch spezielle Zirkel mit *Griff*. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Griffe mit Bügel über dem Zirkelkopf verwendet. Erfinder dieser Konstruktion war CLEMENS RIEFLER. Diese Erfindung wurde von der Fa. HAFF in Pfronten auch bei den klassischen Zirkeln verwendet und war vor allem in USA erfolgreich.

Zunächst waren diese Griffe beweglich, später wurden sie fixiert, so dass ihre Verlängerung stets den Winkel zwischen den Schenkeln halbiert (Abb. 14).

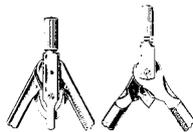


Abb. 14: Starrer und beweglicher Griff

Diese Technik setzte sich unter dem Einfluss von OTTO RICHTER in Chemnitz durch. Mit den Griffen ließ sich die Drehbewegung des Zirkels beim Zeichnen eines Kreises wesentlich besser steuern.

Der alte Kopf findet sich heute nur noch bei Spezialzirkeln, die in der Nautik verwendet werden (Abb. 15). Sie werden lediglich als Greifzirkel verwendet. Um sie leicht öffnen zu können, haben sie eine *Griffmulde*. Diese gestattet es, auch kleine Öffnungen zu erzielen.



Abb. 15: Marinezirkel mit Griffmulde

6. Das Problem der Streckenübertragung

Mit dem Zirkel kann man nicht nur Kreise zeichnen, sondern auch *Strecken übertragen*. Wenn wir heute Strecken übertragen, so *messen* wir die Strecke meist mit dem Lineal und zeichnen dann mit dem Lineal eine Strecke gleicher Länge. Historisch wurden Strecken mit dem *Stechzirkel* übertragen. Das ist auch die Funktion des Marinezirkels. Hier ist auch der *Einhandzirkel* weit verbreitet, der mit einer Hand bedient wird (Abb. 16).



Abb. 16: Einhandzirkel

Drückt man mit er Hand auf die Bögen, so gehen die Spitzen auseinander, drückt man auf die geraden Schenkel, so gehen sie wieder zusammen.

Um Streckenlängen genau einstellen und dann auch festhalten zu können, wurden drei Zirkeltypen entwickelt.

Stellzirkel

Mit den *Stellzirkeln* konnte man mit Hilfe einer Spindel oder einer Schraube die Zirkelschenkel fein auf eine feste Öffnung einstellen. An dem historischen Exemplar (Abb. 17) ist die künstlerische Ausformung der Stellschrauben beachtenswert.



Abb. 17: Stellzirkel um 1600;



Abb. 18: Moderner Stellzirkel

Mathematisch-Physikalischer Salon Dresden:
Schillinger o.J.

Andererseits ist das Prinzip des Stellzirkels so praktisch, dass es sich heute weitgehend bei den normalen Zirkeln für den Schulgebrauch durchgesetzt hat (Abb. 18)

Bogenzirkel

Die zu greifende Streckenlänge ist geometrisch zugleich *Sehnenlänge* des Winkels zwischen den Schenkeln. Die Beziehung zum *Winkel* zwischen den Schenkeln tritt beim *Bogenzirkel* hervor. Mit ihm kann man einen bestimmten Öffnungswinkel einstellen und arretieren (Abb. 19, 20). Auch die Tradition der Bogenzirkel wird in den modernen Schulzirkeln fortgeführt (Abb. 21).

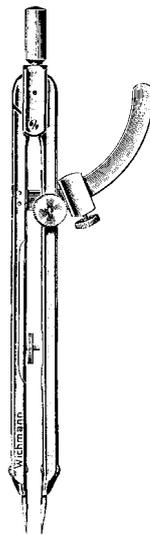


Abb. 19: Bogenzirkel

Abb. 20: Bogenzirkel

Abb. 21: Bogenzirkel

Federzirkel

Federzirkel sind Stellzirkel, bei denen die Schenkel durch Federn auseinandergedrückt werden (Abb. 22, 23). Damit wurde das Einstellen erleichtert.

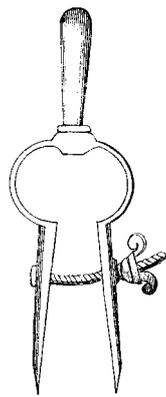


Abb. 22: Federzirkel:
Leupold 1727

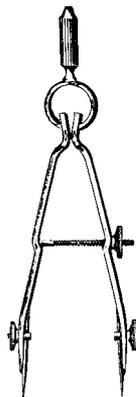


Abb. 23: Federzirkel
(Starck 1925)



Abb. 24: Federzirkel
(Starck 1925)

Eine interessante Variante der Federzirkel besteht darin, die Schenkel starr zu verbinden, aber federnd zu machen (Abb. 24). Mit der Schraube auf der Spindel kann man gegen die Federspannung den Radius verkleinern.

7. Das Problem der Übertragung unzugänglicher Strecken

Um Außendurchmesser z.B. von zylinderförmigen Gegenständen abgreifen zu können, wurden *Tasterzirkel* entwickelt (Abb. 25). Sie lösten das Problem der Übertragung unzugänglicher Strecken. Diese Spezialisierung auf die Übertragungsfähigkeit des Zirkels führte allerdings zu einem Verlust der Fähigkeit, Kreise zu zeichnen. Damit blieben zwar die Bauelemente des Zirkels erhalten, doch ging durch die starke Biegung der Schenkel die Zeichenfähigkeit verloren.

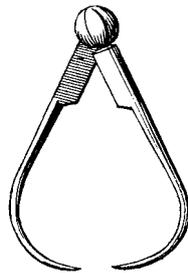


Abb. 25: Tasterzirkel : Bion 1752

Diese Instrumente wurden weiter spezialisiert (Abb. 26). Man entwickelte Instrumente, um Innendurchmesser abgreifen zu können, und man kombinierte sie mit Skalen. Der Name „Zirkel“ bleibt als Relikt erhalten. Der Innentaster wird z.B. als *Lochzirkel*, der Außentaster als *Greifzirkel* bezeichnet.

Taster und Zirkel aus Stahl

geschliffen, für einfache Arbeiten; mit Millimeterteilung für Präzisionsarbeiten.

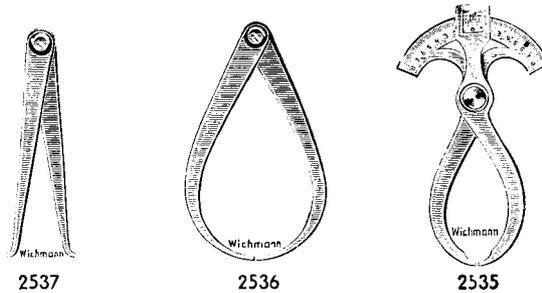


Abb. 26: Aus einem Katalog der Fa. Wichmann

In die Kategorie der Zirkel, die lediglich zum Übertragen benutzt wurden, gehört auch der *dreischenkige Zirkel* (Abb. 27).



Abb. 27: Dreischenkliger Zirkel: Adams 1797

Dieses seltsame Instrument diente ausschließlich zum Kopieren von Dreiecken, hatte mit dem Kreis also nichts mehr zu tun. Trotzdem wurde auch dieses Instrument Zirkel genannt, weil in ihm noch ein typischer Stechzirkel enthalten war. Es löste das Problem der Übertragung von Dreiecken. Interessante mathematische Betrachtungen über dieses Instrument wurden von JOHANNES HJELMSLEV (1873-1950) angestellt (Hjelmslev 1915).

8. Das Problem der Vergrößerung oder Verkleinerung

Zeichner und Künstler müssen häufig vergrößern oder verkleinern. Mathematisch ist das ein Problem der Ähnlichkeitsgeometrie. Ideenlieferanten können hier z.B. die Strahlensätze sein. Das Problem wurde mit dem *Reduktionszirkel* gelöst, der auf Jost Bürgi (1552-1632) zurückgeht. In Abb. 28 wird ein Instrument aus dem 18. Jahrhundert gezeigt.

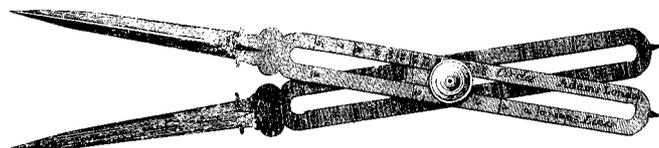


Abb. 28: Reduktionszirkel: Adams 1797

Reduktionszirkel werden noch heute gebaut (Abb. 29).



Abb. 29: Moderner Reduktionszirkel

Der große Reduktionszirkel aus Holz in Abb. 30 war wohl zum Vergrößern oder Verkleinern für Bildhauer gedacht.



Abb. 30: Großer Reduktionszirkel aus Holz

Man macht sich unmittelbar mit Hilfe des Strahlensatzes die Wirkungsweise des Instruments klar. Die Schraube lässt sich verstellen, so dass man verschiedene Verhältnisse einstellen kann. Bei einer festen Stellung des Gelenks ist das Verhältnis der Öffnungen gleich dem eingestellten Verhältnis der Schenkellängen. Dieses Instrument wird als Anwendung der Ähnlichkeitslehre häufig in Schulbüchern angeführt. Die Schüler können sich ein solches Instrument auch ohne Schwierigkeiten selbst basteln (Richter u.a. 2001).

9. Das Problem des graphischen Rechnens

Hängt man mit Hilfe des Zirkels Strecken verschiedener Länge aneinander, so läuft das auf die Addition der Streckenlängen hinaus. Umgekehrt kann man Streckenlängen subtrahieren. Mit Hilfe des Zirkels kann man auch Vervielfachen und Teilen und eine Strecke zeichnen, deren Länge ein Vielfaches einer anderen Streckenlänge ist. Diese Technik hat sich bis heute erhalten, wenn z.B. im Forstbetrieb, Längen durch Abschlagen mit einem großen Zirkel bestimmt werden (Abb. 31).

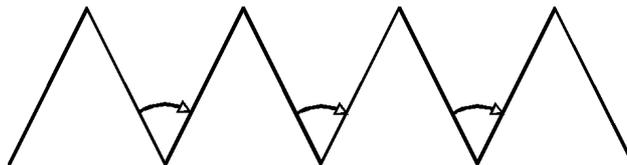


Abb. 31: Längenmessen durch Abschlagen mit einem Zirkel

Damit wird deutlich, dass man mit einem Zirkel graphisch rechnen kann. Er gehört damit in die Gruppe der *Analogrechner*. Diese Verwendungszwecke führten allerdings zu neuen Anforderungen an Zirkel, die durch die üblichen Zirkel nicht optimal befriedigt wurden.

Multiplizieren und Dividieren kann man auch mit Hilfe der Strahlensätze. Diese Entdeckung hat bereits der junge RENÉ DESCARTES (1596-1650) gemacht. Sie ist auch Grundlage der *Proportionalzirkel* geworden (Schneider 1970). Davon gibt es zwei Typen: Einmal den auf Jost Bürgi zurückgehenden Typ, den wir bereits als Reduktionszirkel kennen gelernt haben, und einen zweiten Typ, der auf Galileo Galilei (1564-1642) zurückgeht.

Für die Proportionalzirkel sind die beiden Sonderfälle des 2. Strahlensatzes von Abb. 32 grundlegend.

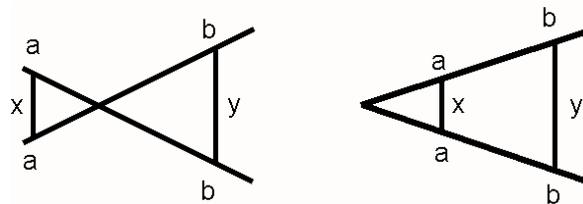


Abb. 32: Grundlagen der Proportionalzirkel

Es gilt in beiden Fällen die *Proportion*:

$$x:y = a:b.$$

Während die Figur links dem Proportionalzirkel von Bürgi zu Grunde liegt, bildet die Figur rechts die Grundlage des Proportionalzirkels von Galilei. Sein Prinzip zeigt die Figur von *N. Bion* (Abb. 33).

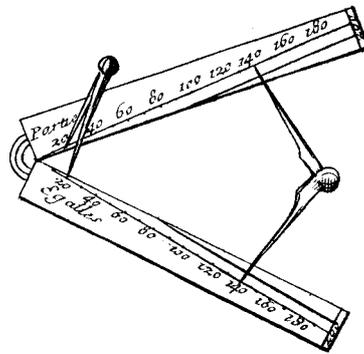


Abb. 33: Prinzip des Proportionalzirkels nach Galilei: Bion 1752

Die Strecken x und y wurden mit dem Stechzirkel abgenommen. In dieser Skizze ist $a = 20$ und $b = 140$. Also gilt hier: $x:y = 20:140 = 1:7$. Die rechts abgegriffene Strecke ist also 7 mal so groß wie die links abgegriffene. Also gilt: $y = x \cdot 7$ bzw. $x = y:7$. Das zeigt, wie man eine gegebene Strecke mit 7 multiplizieren oder durch 7 dividieren kann.

Anfangs waren auch beim Proportionalzirkel nach Galilei noch Spitzen vorhanden, so dass man die Strecke y zwischen den Spitzen ablesen konnte (Abb. 34).



Abb. 34: Frühform eines Proportionalzirkels mit Spitzen; 17. Jahrhundert

Später wurden die Spitzen weggelassen (Abb. 35) und das Instrument wurde zu einer Rechenmaschine. Trotzdem erhielt sich die Bezeichnung *Proportionalzirkel*.

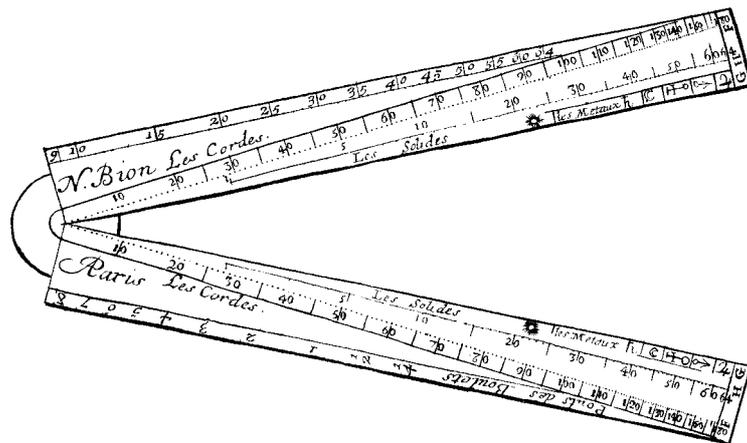


Abb. 35: Proportionalzirkel: Bion 1752

Auch auf die Proportionalzirkel wird bei den Anwendungen der Ähnlichkeitslehre in Schulbüchern verwiesen. Durch ihre *Funktionsskalen* werden sie zu mathematisch recht anspruchsvollen Recheninstrumenten (Schneider 1970).

10. Materialien

Ursprünglich wurden Zirkel aus Holz hergestellt. Dieses Material wird bis in unsere Zeit in speziellen Bereichen verwendet. Man denke etwa an den klassischen Tafelzirkel in der Schule. Für „grün“ angehauchte Benutzer wurde kürzlich auch ein Öko-Zirkel aus Holz auf den Markt gebracht (Abb. 36).



Abb. 36: Öko-Zirkel aus Holz; Prospekt der Fa. Ecobra

Über Jahrhunderte wurden Zirkel aus Eisen hergestellt. Sie wurden geschmiedet. Davon zeugte auch die Berufsbezeichnung *Zirkelschmied* (Abb. 37).



Abb. 37: Nürnberger Zirkelschmiede; Holzchnitt von Jost Amman 1568: Feldhaus 1953

Mitte des 16. Jahrhunderts beginnt sich *Messing* als Material durchzusetzen. Die Zirkel wurden nun gegossen, gefeilt und poliert. Die Spitzen wurden allerdings weiter aus Eisen, dann aus Stahl hergestellt.

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts wurde zunehmend *Neusilber* verwendet. Dieses Metall war Anfang des 18. Jahrhunderts aus China nach Europa gekommen und Ende des 18. Jahrhunderts analysiert worden. Seit Anfang des 19. Jahrhunderts wurde es gewerbsmäßig hergestellt (Starck 1925). Noch heute sind Neusilber und verchromtes oder vernickeltes Messing die wichtigsten Werkstoffe.

Das an sich für die Funktionen des Zirkels weitgehend unbedeutende Merkmal der *Oberflächenbeschaffenheit* bot Ansätze zu einer künstlerischen Gestaltung. Bis ins 18. Jahrhundert wurden prachtvoll gravierte Zirkel hergestellt, die vor allem von den Fürsten für ihre Mathematischen Kabinette begehrt waren (Abb. 38).



Abb. 38: Prachtvoller Steckzirkel, England um 1570: Hambly 1988

11. Profile

Was das Profil anbelangt, lassen sich grob drei Typen beobachten (Abb. 39). Seit dem 16. Jahrhundert haben die Schenkel der Zirkel einen *dreieckigen* Querschnitt. Man spricht vom *Dreikantsystem*. Als besonderes Qualitätsmerkmal galt, dass sich die Schenkel völlig schließen ließen, so dass über die ganze Länge bei zusammengefügt Schenkeln innen von oben bis zur Spitze kein Schlitz zu erkennen war (Starck 1925). Die Griffmulde gestattete gut dosiertes Öffnen.

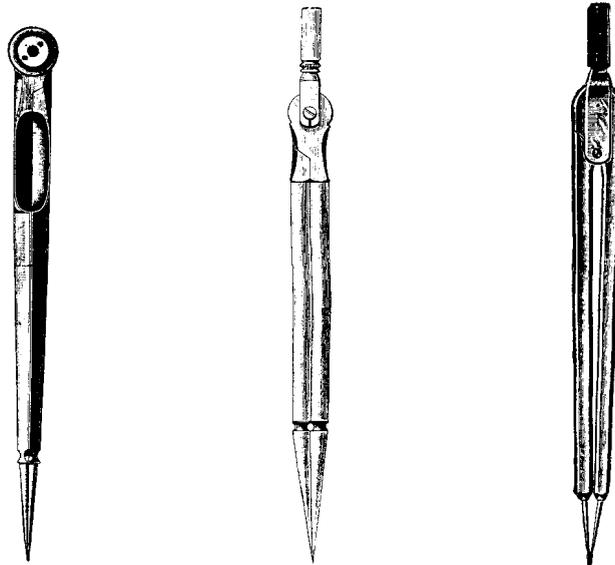


Abb. 39: Zirkelsysteme: Dreikantsystem-Rundsystem-Flachsystem: Starck 1925

Mitte des 19. Jahrhunderts begann CLEMENS RIEFLER in Nesselwang und München Zirkel zu bauen, bei denen die Schenkel *kreisförmigen* Querschnitt hatten. Erfinder des *Rundsystems* war SIEGMUND RIEFLER. Nun war es möglich, Zirkel zu fräsen. Das gestattete maschinelle Produktion. Auch das Einstecken der Einsätze wurde von RIEFLER genial mit geschlitzten Steckern gelöst, so daß dieses System schnell Verbreitung fand.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde von ERNST OTTO RICHTER in Chemnitz der Bau von Zirkeln begonnen, bei denen die Schenkel einen *rechteckigen* Querschnitt erhielten. Das *Flachsystem* stieß zunächst weitgehend auf Ablehnung. Ein wichtiges Argument war dabei, dass die Schenkel des Flachsystems nicht schlossen. RICHTER hielt dem entgegen, dass es beim Zeichnen nicht auf das Schließen der Schenkel, sondern auf das Schließen der Spitzen ankommt (Starck 1925). Das Flachsystem ermöglichte eine weitgehende Maschinenproduktion, so dass ungelernte Arbeitskräfte eingesetzt werden konnten. Das senkte die Herstellungskosten. RICHTER verzichtete auch darauf, bei der Herstellung von Zirkeln Sonderwünsche von Händlern zu befriedigen (Starck 1925). Derartige Sonderwünsche bezogen sich auf „Äußerlichkeiten“, die zu einer Spezialisierung geführt hätten. Aus Kostengründen begegnete ihr der Hersteller mit einer Generalisierung. Das preiswerte Angebot, aber auch interessante konstruktive Lösungen im Detail trugen dazu bei, dass sich dieses System heute durchgesetzt hat. Trotzdem trauerten viele Zeichner lange der Ästhetik des Dreikantsystem nach (Starck 1925).

12. Der Zirkelkasten

Dem Zeichner stand eine große Zahl spezieller Zirkel für unterschiedliche Zwecke zur Verfügung. Um sie zusammenzuhalten und transportieren zu können, wurden sie schon früh in Kästen aufbewahrt. Die Vielzahl von Zirkeln für die unterschiedlichsten Funktionen führte allerdings zu immer umfangreicheren Zirkelkästen vor allem für Baumeister und Landvermesser. Auch Fürsten waren häufig an umfangreichen Zirkelkästen für ihre Mathematischen Salons interessiert. So sind bereits aus dem 16. Jahrhundert reichhaltig ausgestattete Zirkelkästen in Museen zu bewundern.

Bis in die Neuzeit sind umfangreiche Zirkelkästen mit dem besonderen Hauch der Professionalität umgeben (Abb. 40). In der Praxis sind allerdings viele Teile solcher Kästen selten oder nie benutzt worden.



Abb. 40: Reißzeug der Fa. Haff, Pfronten

Die Tatsache, dass etliche Instrumente von dem Besitzer nie benutzt werden, kann man auch so interpretieren, dass sich bei ihnen eine Reliktbildung anbahnt (Vollrath, Weigand, Weth 2000). Das trifft z.B. für die Ziehfedereinsätze zu.

13. Kombinationszirkel

Die Unhandlichkeit und die hohe Ausdifferenzierung der Zirkel bei den Zirkelkästen ließ den Wunsch nach einem handlichen und vielseitigen Instrument aufkommen. Eine besonders hübsche Lösung dieses Problems war ein Taschenszirkel, der zusammengeklappt werden konnte und damit klein war, und bei dem die verschiedenen Spitzen kombiniert werden konnten (Abb. 41).

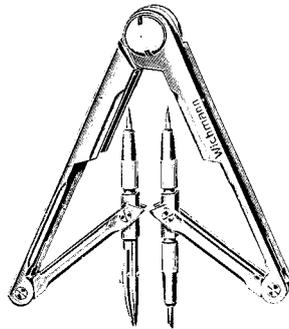


Abb. 41: Taschenszirkel

Aber dieses handliche Universalinstrument war eher eine „Spielerei“. Sie ist heute bei Sammlern begehrt. Es gab auch größere Kombinationszirkel, z.B. den *Wendezirkel* (Abb. 42).



Abb. 42: Wendezirkel

14. Zukunftsaussichten

Im Beruf werden Konstruktionszeichnungen zunehmend mit Computern angefertigt. Damit verlieren dort die klassischen Zirkel weitgehend ihre Bedeutung. Auch in der Schule kann heute bereits der Computer im Geometrieunterricht zum Konstruieren eingesetzt werden. Trotzdem wird der Zirkel hier auch weiterhin eine Rolle spielen, denn er vermittelt den Lernenden unmittelbare *geometrische Erfahrungen durch Handeln*.

Weltweit verstärkt der Computer zudem die Nachfrage nach Unterricht. Dabei lässt sich auch eine gestiegene Nachfrage nach Zirkeln beobachten. Der Trend geht derzeit dahin, stabile, präzise arbeitende und preiswerte Zirkel zu verwenden. Dazu eignen sich besonders *Stellzirkel*, die nach dem Flachsystem in Messing gefertigt und als einzelne Instrumente angeboten werden. Die Oberfläche bietet die Möglichkeit zu modischer Gestaltung.

Der Zirkel ist tot? – Es lebe der Zirkel!

Literatur

Adams, G. (1797): Geometrical and graphical essays. London (Dillon).
Deutsche Ausgabe: Adams, G. (1985): Geometrische und graphische
Versuche, Darmstadt (Wiss. Buchges.).

Bion, N. (1752): Traité de la construction et des principaux usages des
instrumens de mathématique. Paris (Jombert).

Feldhaus, F. M. (1953): Geschichte des technischen Zeichnens. Oldenburg
(Kuhlmann).

Hambly, M. (1988): Drawing Instruments 1580-1980. London (Sotheby's).

Hjelmslev, J. (1915), Geometrische Experimente, Leipzig (Teubner).

Leupold, J. (1727): Theatrum arithmetico-geometricum. Leipzig (Zunkel).

Penther, J. F. (1788): Praxis geometriae. Augsburg (Probst).

Richter, K., E. Gressling, E. Malitta, R. Sommer (2001), Das Geheimnis
eines alten Zirkelkastens, Die Mathewelt, in mathematik lehren 108, S. 11-18

Schillinger, K. (o.J., 1990): Zeicheninstrumente. Katalog des Staatlichen
Mathematisch-Physikalischen Salons Dresdner Zwinger.

Schneider, I. (1970): Der Proportionalzirkel – Ein universelles
Analogrecheninstrument der Vergangenheit. München (Oldenburg).

Starck, G. (1925): Die Entwicklung der deutschen Reißzeugindustrie. Diss.
Erlangen, Borna-Leipzig (Noske).

Vollrath, H.-J., H.-G. Weigand, T. Weth (2000), Spezialisierung und
Generalisierung in der Entwicklung der Zirkel, in: M. Liedtke (Hrsg.),
Relikte – Der Mensch und seine Kultur, Graz (austria medien service), 123-
158.