



Integration von Schülerinnen und Schülern mit einer Sehschädigung an Regelschulen

Didaktikpool

**Tastbares Geometrisches Zeichnen
im Mathematikunterricht bei Blinden**

von Dr. Volker Hahn
2011

Technische Universität Dortmund
Fakultät Rehabilitationswissenschaften
Rehabilitation und Pädagogik bei Blindheit und Sehbehinderung
Projekt ISaR
44221 Dortmund

Tel.: 0231 / 755 5874
Fax: 0231 / 755 6219

E-mail: isar@tu-dortmund.de
Internet: <http://www.isar-projekt.de>

tu technische universität
dortmund



Tastbares Geometrisches Zeichnen im Mathematikunterricht bei Blinden

von Dr. Volker Hahn

Sehbehinderten- und Blindenzentrum Südbayern

Pater-Setzer-Platz 1

85716 Unterschleißheim

Tel.: 089 – 3100010

E-Mail: volker.hahn@sbz.de

Internet: <http://www.sbz.de>

1. Vorbemerkung

Mit dieser Thematik begeben wir uns auf das weite und komplexe Feld der sogenannten Typhlographik bzw. Typhlographie, d. h. der graphischen, auch bildhaften Darstellungen für Blinde in der Technik der tastbaren Relieflinie bzw. Reliefflächen zum didaktischen Zwecke der taktilen Veranschaulichung. Sie hat in der Blindenpädagogik - von Unterrichtsfach zu Unterrichtsfach in jeweils unterschiedlichem Ausmaß - eine durchaus bedeutende Rolle gespielt und manche kontroverse Diskussionen hervorgebracht.

Die Bezugsquellen aller folgend dargelegten Arbeitsmittel können Sie bei mir erfragen. Zu dem Thema Methodik des Geometrieunterrichts mit blinden Schülerinnen und Schülern ist auch ein gut verständliches Video, bzw. eine DVD erhältlich.

2. Grundlagen des taktilen Zeichnens

Aus der Darstellung der Forschungslage zur Entwicklung kognitiver Prozesse lassen sich deutliche Indizien dafür finden, dass das Lernhandeln blinder Kinder besonders positiv beeinflusst wird, wenn es auf der Grundlage aktiv erworbener Bewegungsvorstellungen und einem systematischen Angebot taktiler Wahrnehmungen beruht. Für den Teilbereich der Grundlagenbildung in der Geometrie gewinnt daher das selbsttätige Zeichnen als untermauernde Handlungstechnik des Lernprozesses einerseits und die Förderung der Vorstellungsbildung und Analysekompetenz durch bildliche Darstellungen andererseits bedeutende didaktische Relevanz.

In jedem Fall muss der blinde Schüler grundlegende Komponenten einer Methodik des taktilen Zeichnens kennen und instruktiv in sie eingewiesen werden. Zu diesen Komponenten gehören,

- das Arbeitsmaterial;
- der Arbeitsplatz;
- die elementaren Handlungsstrategien.

Die Praxis lehrt, dass diese Unterweisung nicht „nebenbei“ innerhalb des regulären Mathematikunterrichtes fundiert durchgeführt werden kann, sondern dass hierfür eigene zusätzliche Zeitdeputate erforderlich sind. Je nach intellektuellem Entwicklungsstand, motorischer Mobilität, feinmotorischer Handlungsfähigkeit und Vorerfahrungen der Kinder ist nicht selten eine Einzelförderung unterschiedlicher Intensität und Dauer notwendig. Neben dem methodischen Aspekt ist von Beginn an großes Augenmerk auch auf die Bereitstellung *geeigneter* Zeichenhilfsmittel zu richten. Eine Grundausstattung solcher Werkzeuge beschreiben wir im Folgenden mit der Intention, näher auf besonders zu beachtende Merkmale hinzuweisen.

3. Das Arbeitsmaterial

3.1 Die Zeichenunterlage GALLUS



Die Zeichenplattform GALLUS besteht aus den folgenden Bauteilen:

- ❖ 1 stabiler Holzkorpus mit den Außenmaßen (LxBxH) 370 x 275 x 25 Millimeter;
- ❖ 4 starke Permanentmagnete, von denen jeweils 2 in die Längsseiten des Holzkorpus' fest eingebracht sind;
- ❖ 1 ausreichend verzerrungsfeste Gummimatte mit den Außenmaßen (LxB) 340 x 245 Millimeter, die oberflächenplan und unverrückbar in den Holzkorpus eingeklebt ist;
- ❖ 2 multifunktionale Metallschienen mit den Außenmaßen (LxB) 370 x 20 Millimeter.

Die Maße der Zeichenplattform sind so gewählt, dass die handelsüblichen Folien der Größe (LxB) 340 x 270 Millimeter optimal genutzt werden können, somit also den blinden Schülern eine hinreichend große Zeichenebene zur Verfügung steht. Auf der Gummimatte lassen sich problemlos Nadeln fixieren. Die erstellten taktilen Positivzeichnungen sind ausgesprochen konturenscharf. Die starken Magnete in der unteren und oberen Randseite des Holzkorpus' erlauben mittels der beiden Metallschienen ein „luftpolsterfreies“ Aufspannen der Zeichenfolie.

Die Metallschienen selbst dienen nicht nur zum Aufspannen der Folie, sondern sind gleichzeitig auch ein taktiler Lineal, da auf der Oberseite tastbare Punktmarkierungen über eine eingemittete Länge von 33 Zentimetern angebracht sind. Zusätzlich verfügt jede Schiene parallel zu den Zentimetermarkierungen über Bohrungen, die als Hilfe bei der ZirkelEinstellung dienen sollen.

3.2 Die Zeichenstifte



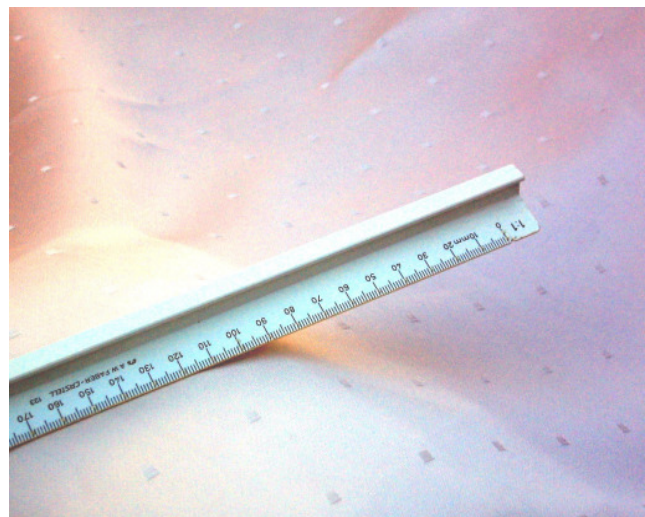
Nach Entfernen der Originalbleistiftmine wurde das Innenleben zweier dieser Stifte mit dem Ziel verändert, mit ihnen unterschiedlich wahrnehmbare taktile Linien auf Folie zu zeichnen.

Der erste Stift wurde mit einer Kobaltmine (Durchmesser 1,5 mm) ausgestattet, der zweite mit einer besonders gehärteten Stahlmine ⁷¹⁵ (Durchmesser 0,5 mm).

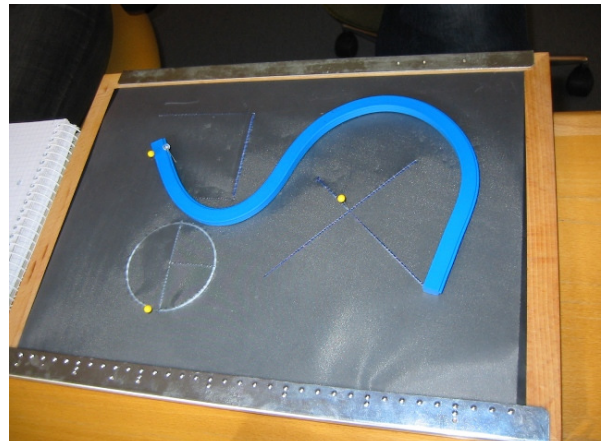
Mit den beiden neuartigen Zeichenstiften ist es nunmehr blinden Schülern erstmals möglich, auf derselben Zeichenebene *zwei unterschiedlich wahrnehmbare* Linienstärken selbst zu erzeugen. Verwendet man den Zeichenstift mit der dünnen Mine, sollte mit wenig Kraftaufwand gearbeitet werden. Der Stift soll gleichmäßig geführt werden, so dass eine feine durchgehende Linie entsteht. Der Zeichenstift mit der Kobaltmine kann mit größerem Druck auf die Folie benutzt werden; die dadurch entstehende Linie ist von ihrem haptischen Eindruck her „dicker“ und „größer“.

3.3 Das Lineal

Für den Anfangsunterricht im geometrischen Zeichnen hat sich in der Praxis ein Lineal heraus-kristallisiert, das 30 Zentimeter lang ist, eine taktil erfassbare Skala im 1-Zentimeter-Abstand besitzt, an der Null-Zentimetermarke eine Einkerbung aufweist und aus ergonomischen Gründen über einen Griff zwecks besserer Stabilisierung auf der Zeichenunterlage verfügt. Auf diesen Mindeststandard sollte jeder Blindenpädagoge besonderen Wert legen.



3.4 Das Kurvenlineal



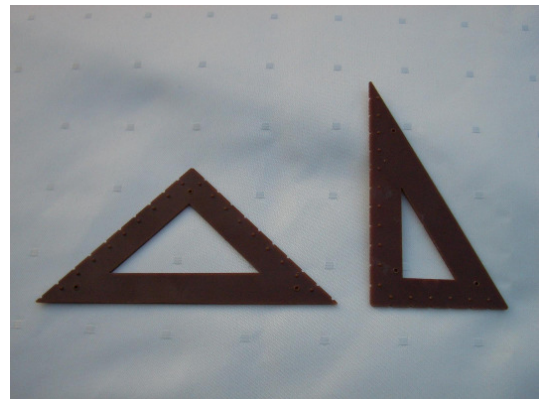
Ein flexibles Kurvenlineal eignet sich vor allem zum Zeichnen von Funktionsgraphen, kann aber mit großem Nutzen auch bei topologischen Übungen im Anfangsunterricht verwendet werden.

Neben dem Effekt, gekrümmte Linien zeichnen zu können, kann es zudem als reines Anschauungsmodell dienen.

Bei den ersten Übungen ist es sehr hilfreich, das in die zu zeichnende Form gekrümmte Lineal durch Markierungsnadeln, die auf der dem Schüler zugewandten Seite angebracht werden und als Stütze wirken, auf der Zeichenfolie zu fixieren.

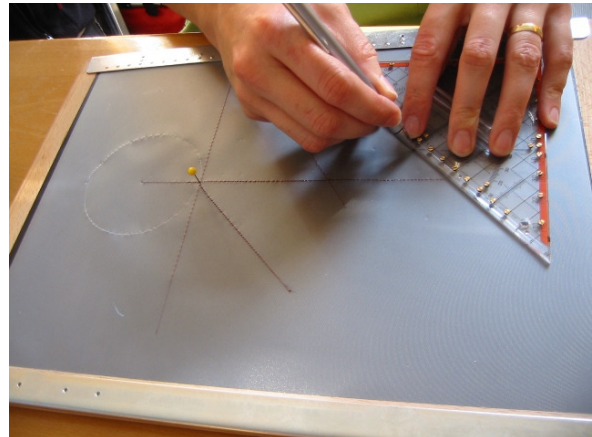
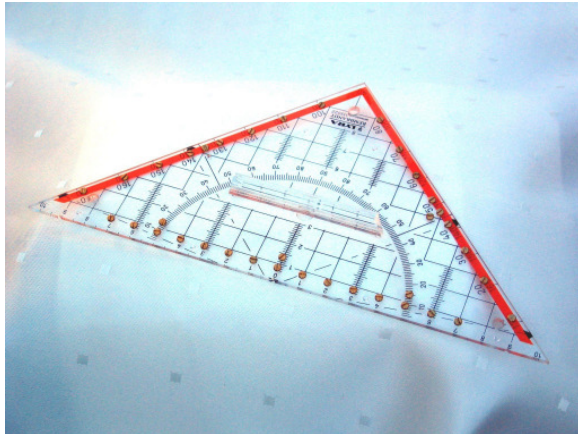
3.5 Rechtwinklige Dreiecke

In der Unterrichtspraxis kommen Winkel der Größe 30° , 45° , 60° und 90° relativ häufig vor. Die in der Abbildung dargestellten Dreiecksmodelle - ein rechtwinklig-gleichschenkliges sowie ein rechtwinklig-ungleichseitiges - repräsentieren all diese Winkel und es ist damit möglich, auch ohne speziellen Winkelmesser solche zeichnerisch zu erzeugen.



Die jeweiligen Katheten der beiden Modelle verfügen über erhabene Punktmarkierungen und randseits Einkerbungen im Zentimeterabstand. Die Längen der Dreiecksseiten liegen in einem Intervall von circa 8 bis 14,5 Zentimetern und damit günstig im Handspannbereich von Schülern. Es ist möglich, die Modelle mit Nadeln auf der Zeichenplatte zu fixieren, da sie in der Nähe der drei Eckpunkte Bohrungen besitzen. Sie sind über den Handel beim VzFB Hannover oder der blista Marburg erhältlich.

3.6 Das Geometriedreieck für Fortgeschrittene



Die längste Seite dieses Geo-Dreiecks wurde durch tastbare Markierungen und zusätzlichen Einkerbungen zu einem 18 Zentimeter langen Lineal, die beiden Schenkel zu einem Winkelmesser in 10-Gradeinteilung blinden Nutzern zugänglich gemacht. Zwei Winkel - der 45-Grad- und der 135-Gradwinkel - sind besonders gekennzeichnet und damit herausgehoben wahrnehmbar. Der arbeitstechnische Vorteil dieses Hilfsmittels liegt in der Reduzierung der normalerweise von einem blinden Schüler zu handhabenden Zeichengeräte.

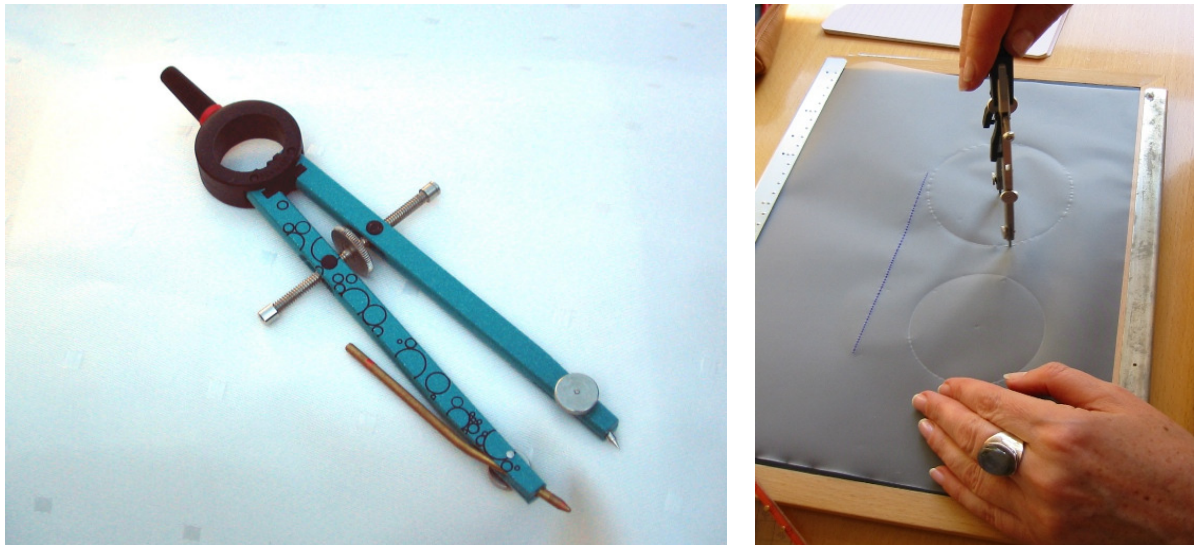
3.7 Der Winkelmesser



Ein sehr praktikabler Winkelmesser stammt aus der gleichen Serie wie die beiden rechtwinkligen Dreiecke (s. o.) und befindet sich mit seinen Ausmaßen ebenfalls im anwendungsfreundlichen Handspannbereich.

Der Durchmesser des Winkelhalbkreises beträgt 12 Zentimeter. Der Winkelbogen ist durch Punktmarkierungen und Kerben in 10-Gradschritten unterteilt. Der Mittelpunkt des Durchmessers ist durch eine Kerbe besonders kenntlich gemacht. Ebenso wie bei den rechtwinkligen Dreiecken lässt sich auch dieser Winkelmesser mit Nadeln – beispielsweise im Scheitelpunkt - fixieren.

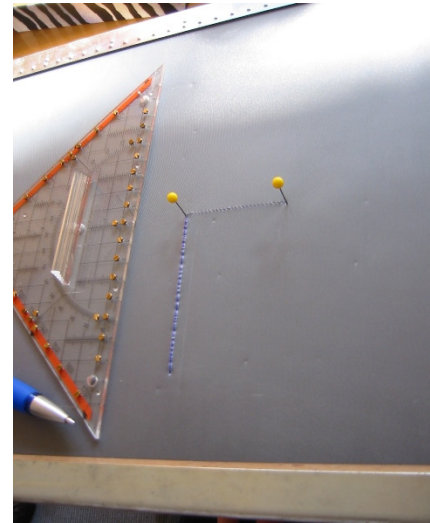
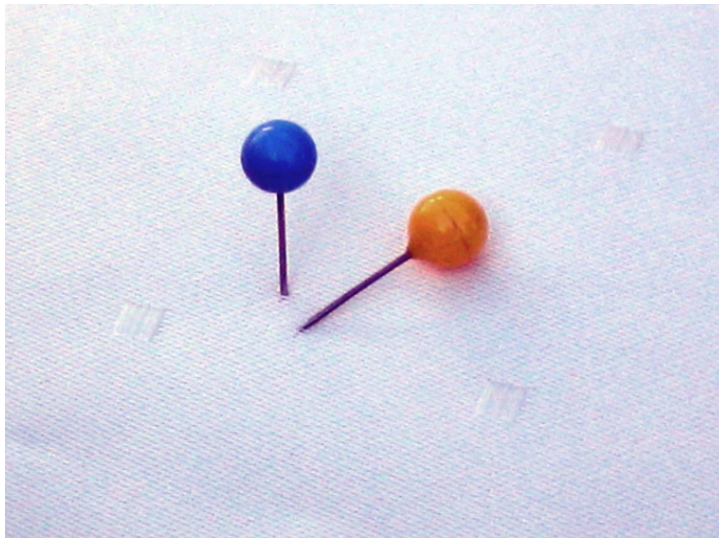
3.8 Der Zirkel



Ein handelsüblicher neuerer Zirkel kann durchaus geeignet sein. Um seine Handhabung im Mathematikunterricht bei blinden Schülern zu erleichtern, sollte er allerdings folgende Ausstattungsmerkmale besitzen:

1. Die Auseinanderbewegung von Stand- und Zeichenfuß - also das Einstellen des Radius' - ist nur mittels eines Rades, das eine Achse dreht, möglich. Ein unbeabsichtigtes Zusammenschieben oder Auseinanderziehen der Zirkelschenkel ist dadurch ausgeschlossen. Der blinde Schüler arbeitet somit stabil.
2. Die drehbare Gewindeachse muss an beiden Enden eine Schlussperre besitzen, um die Zirkelschenkel nicht von der Achse zu lösen.
3. Die üblicherweise eingesetzte Bleistiftmine muss durch eine geeignete Metallmine (vgl. Zeichenstifte) ersetzt werden.

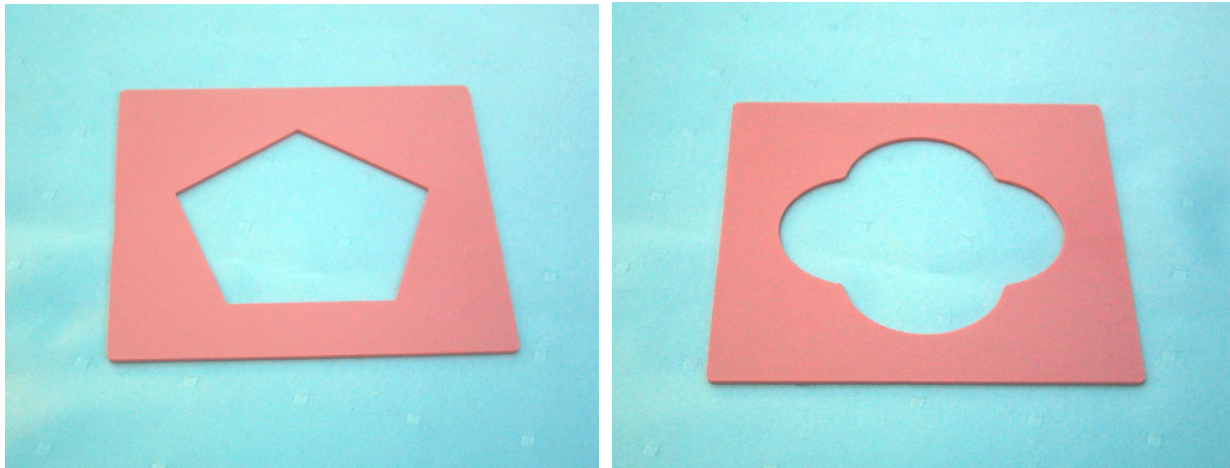
3.9 Die Markierungsnadeln



Markierungsnadeln sind für den blinden Zeichenanfänger unverzichtbar. Sie besitzen zwei wichtige Funktionen: Die Orientierungs- und die Stützfunktion.

Beim Zeichnen von Strecken, Winkeln, Figuren spielen Punkte eine fundamentale Rolle. Der blinde Schüler muss sie bei der Konstruktion sicher und schnell identifizieren können und sich an ihnen orientieren. Zum Anderen dienen Markierungsnadeln auch dazu, weitere Zeichengeräte zu fixieren bzw. zu stützen, um den feinmotorisch komplexen Vorgang des Festhaltens und exakten Ausrichtens dieser und des Stiftes sowie des Zeichnens selbst zu erleichtern. Ideale Markierungsnadeln sind solche, deren Schaft etwa 1,5 Zentimeter lang ist und einen kugelförmigen Kopf besitzt, dessen Durchmesser mindestens 0,5 Zentimeter beträgt. Wünschenswert wären Alternativnadeln mit einem beispielsweise würfelförmigen Kopf.

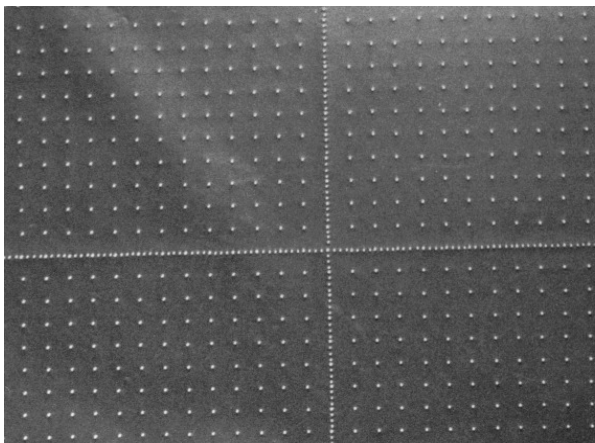
3.10 Zeichenschablonen



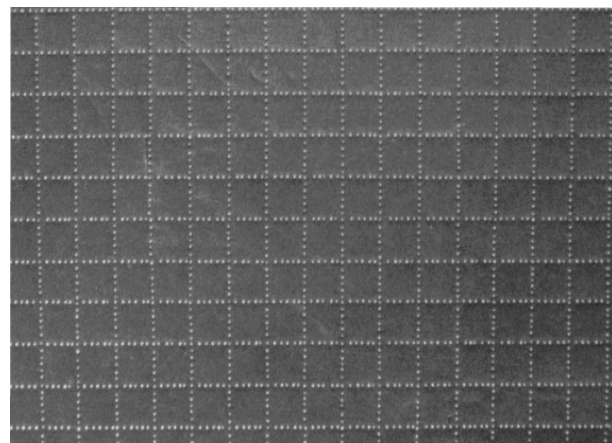
Neben dem freien Zeichnen, bei dem außer dem Zeichenstift keinerlei weitere Hilfsmittel eingesetzt werden, ist das Arbeiten mit Schablonen von besonderem Wert. Mit ihnen werden nicht nur Zeichentechniken auf leichtere Weise geübt, sondern es werden Grundlagen für die Schulung kognitiver Form- und Lagevorstellungen gelegt. Eine praktische Sammlung geometrischer Schablonen bietet der Lehrmittelmarkt mit dem oben abgebildeten Sortiment.

3.11 Die Zeichenfolien

Auch gemusterte Zeichenfolien sind - neben den glatten - gut einsetzbar, z.B.:



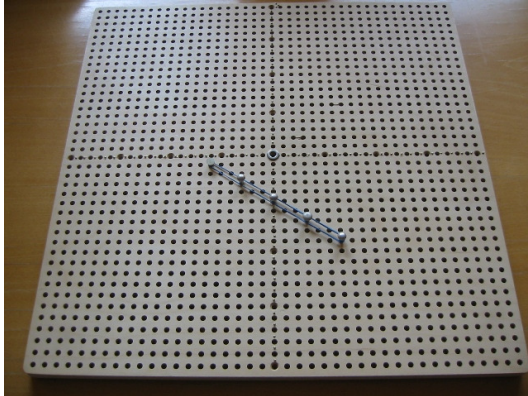
Koordinatensystem mit XY-Achsen



Vollständiges Koordinatenraster

3.12 Das Koordinaten-Steckbrett als Zeichenersatz-Hilfsmittel

Dieses Arbeitsmittel ist ein Holzbrett, in welches mit einer computergesteuerten CNC-Fräse jeweils im genauen 1 cm - Abstand über 1600 Löcher gebohrt wurden.

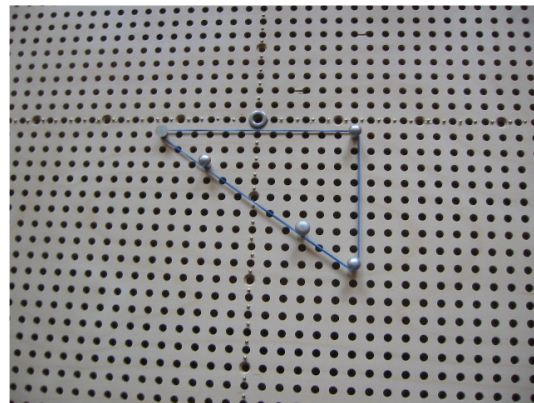


Der Nullpunkt und die Achsen sind taktil besonders hervorgehoben.

Das Auffinden der Koordinaten geschieht durch einfaches Abzählen der Punkte (gefräste Löcher im 1 cm - Abstand) in die positiven, bzw. negativen x- und y-Achsenrichtungen.

Mittels kleiner Stifte, die in die vorgebohrten Löcher gesteckt werden, können Punkte im Koordinatensystem fixiert werden. Diese lassen sich wiederum mit Gummis zu Geraden, zu geometrischen Formen wie Dreieck, Viereck usw., oder zu geometrischen Graphen von Funktionen verbinden.

Auch Spiegelungen können so „gut begreifbar“ verdeutlicht werden.



Ganz besonders gut geeignet ist das Koordinaten-Steckbrett für schwächere Schüler, denen das faltenlose Aufspannen der Zeichenfolie auf dem Gallus-Brett Probleme bereitet. Bei der höheren Geometrie in weiterführenden Schularten ist es ebenfalls universell einsetzbar.

4. Der Schülerarbeitsplatz

Eine klare Organisation des Arbeitsplatzes hat bei Schülern, die über keine schnelle Such- und Kontrollfunktion durch die visuelle Wahrnehmung verfügen, hohe Priorität. In langjährigen Unterrichtserfahrungen⁷²⁷ hat sich eine Arbeitsplatzorganisation als günstig herauskristallisiert, deren Komponenten in folgender Abbildung dargestellt sind.



Entscheidend ist der den Schülern auch verbal so zu vermittelnde so genannte „12-Uhr-Bereich“. Dieser ist die freie Tischfläche zwischen Zeichenplatte und Materialkasten. Hier - und nur hier! - sollen die jeweils benutzten Zeichengeräte während des Arbeitsganges abgelegt werden. Nach Verinnerlichung dieses Konzeptes greifen Schüler routinemäßig in den „12 Uhr-Bereich“, um ihr jeweiliges Zeichengerät zu ergreifen. Damit ist die Gefahr des Herunterfallens von Zeichenstift, Zirkel etc. oder Suchens ausgeschlossen. Die freien Tischflächen links und rechts der Zeichenplatte sind für Ablagen tabu.

5. Elementare Handlungsstrategien

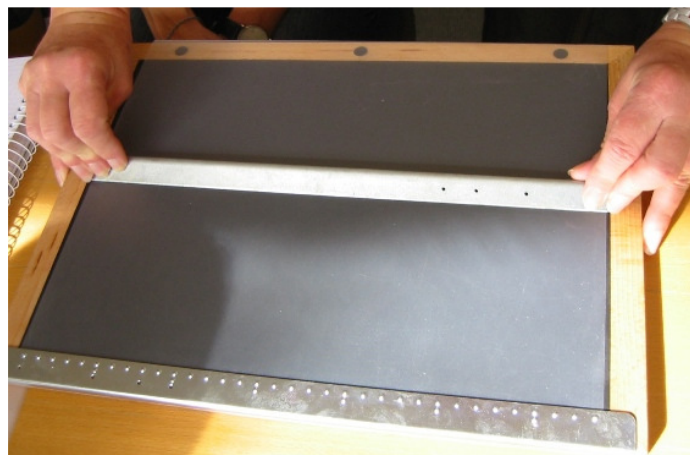
Das Zeichnen im Geometrieunterricht bei Blinden ist ein konstitutives methodisches Element. Da es wegen der spezifischen Wahrnehmungsdispositionen und Vorstellungsprobleme Blinder als schwierig zu unterrichtender Bereich gilt, sollte es in einem methodischen Netz mit vorausgehenden Veranschaulichungshandlungen eingebunden sein. Die Entwicklung *kognitiver Raum-Lage-Vorstellungen* von geometrischen Körpern und Figuren bedarf der breitest möglichen Förderung.

Ein Erfolg versprechendes Konzept dieses Prozesses basiert auf unterschiedlichen Phasen, die blinde Kinder altersangemessen, prinzipiell aber so früh wie möglich durchlaufen müssen. Die Realisierung des nachfolgend skizzierten Konzeptes erfordert einen hohen Aufwand an Zeit, geeigneten Medien und pädagogischem Engagement, an dessen Ende die autonome Zeichenkompetenz stehen kann.

5.1 Das Aufspannen der Zeichenfolie

Ohne eine exakte Lage der Zeichenfolie auf der Zeichenunterlage GALLUS ist ein kontinuierliches Arbeiten nicht möglich. Es muss zudem gewährleistet werden, dass während des Unterrichtes mehr als einmal eine Folie aufgelegt werden muss. Die Schüler benötigen also eine „Aufspann-Routine“, die diesen Prozess ökonomisch ablaufen lässt. Folgender Bewegungsablauf hat sich in der Praxis vielfach bewährt:

- Abnehmen und Platzieren der beiden Metallschienen unterhalb und oberhalb der Zeichenunterlage.
- Flächengenaueres Auflegen und Ausrichten der Zeichenfolie.
- Provisorisches Festklemmen der Zeichenfolie mittels einer Metallschiene.
- Anlegen der zweiten Metallschiene an die erste.
- Hinziehen der zweiten Metallschiene in Richtung der noch freien Magnete unter Tastkontrolle durch die Zeigefinger an der linken und rechten Oberkante der Zeichenplatte.
- Exaktes Einrasten der zweiten Metallschiene auf den Magneten.
- Endgültige Befestigung der ersten Metallschiene, indem diese in nunmehr entgegengesetzter Richtung über die Folie geführt wird. Auch hierbei ist die Korrektur durch die Zeigefinger notwendig.



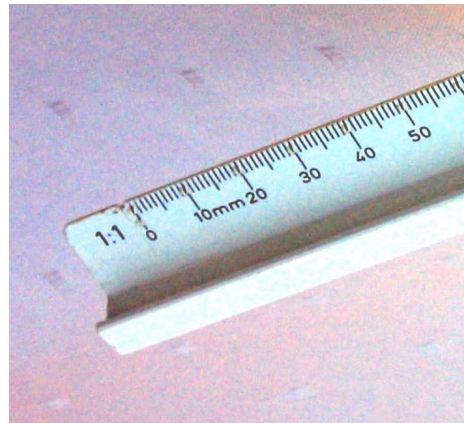
5.2 Punkte markieren

Zwei wesentliche Fälle sind zu unterscheiden: Setzen von Markierungsnadeln auf freien Stellen und Setzen von Markierungsnadeln auf Schnittstellen vorhandener Linien oder Punkte. In beiden Fällen müssen die Schüler dazu motiviert werden, die Nadeln senkrecht stabil in die Zeichenunterlage einzudrücken, da sie sonst durch das Anlegen weiterer Zeichengeräte umgestoßen werden können. Außer diesem Aspekt ist das Setzen einer Markierungsnadel auf leeren Flächen unproblematisch.

Im zweiten Fall, also dort, wo Nadeln auf markierte Stellen platziert werden, muss der Schüler größere feinmotorische Sorgfalt aufwenden. Mit einem Zeigefinger wird sensibel die Stelle aufgesucht, auf die eine Nadel gesetzt werden soll. Die andere Hand führt anschließend den Nadelschaft schräg auf die ertastete Position, sticht ein und stellt dabei die Nadel senkrecht

5.3 Den Abstand zweier Punkte bestimmen

Wenn der erste der beiden Punkte durch eine Markierungsnadel festgelegt ist, wird das Lineal so an sie herangeführt, dass es an der eingekerbten Nullmarkierung „einrastet“. Von hier aus kann nun der tastende Finger die entsprechende Distanz abzählen und an der entsprechenden Stelle die zweite Nadel direkt am Lineal setzen.



5.4 Punkte verbinden

Beim Verbinden zweier Punkte muss das Lineal so an die fest stehenden Markierungsnadeln angelegt werden, dass es links und rechts der Nadeln etwa gleich weit übersteht. Nur auf diese Weise ist ein Wegdrehen des Lineals um eine der Nadeln vermeidbar.

5.5 Mit Schablonen zeichnen

Damit blinde Schüler ergonomisch optimal mit Schablonen arbeiten können, ist es erforderlich, sie mittels Markierungsnadeln so abzustützen, dass sie beim Zeichnen in einer stabilen Lage verharren. Zu diesem Zweck müssen die Nadeln in der *Mitte* der vier *äußeren* Schablonenränder platziert werden. Das Zeichnen inner halb der Schablone ist deutlich einfacher als außen herum, da ein Abrutschen über die Ecken ausgeschlossen ist. Auch bei fortgeschrittenen Schülern sind Schablonen praktikabel, weil man sehr rasch eine geometrische Grundform, z. B. ein Trapez oder ein Dreieck, herstellen kann, um in *diesen* Figuren weitere Linien, z. B. die Diagonalen oder die Seitenhalbierenden, zu konstruieren. Auf diese Weise wird wertvolle Unterrichtszeit gewonnen und die Motivation der Schüler positiv beeinflusst.

5.6 Einen Winkel an eine Gerade antragen

Mit dem Lineal wird eine Gerade gezeichnet und auf dieser ein beliebiger Punkt mittels einer Markierungsnadel mit dickem Kopf als Scheitelpunkt festgelegt. Etwa drei Finger breit rechts davon wird auf der Geraden eine so genannte Stütznadel mit dünnem Kopf fixiert. Nun wird der Winkelmesser mit der Mittelpunktskerbe so an die Scheitelpunktsnadel gelegt, dass diese einrastet. Der Durchmesser des Winkelmessers wird zur Stütznadel hin ausgerichtet. Am Bogen des Winkelmessers wird die gewünschte Winkelgröße durch eine weitere Nadel mit dickem Kopf markiert. Nach Entfernen des Winkelmessers und der Stütznadel werden die nunmehr verbliebenen Nadeln miteinander verbunden.

5.7 Den Radius einstellen

Da im Allgemeinen ein handelsüblicher Zirkel benutzt wird (siehe Kapitel 9.2.1), wird die Radiuseinstellung an einem solchen Modell beschrieben. Zu diesem Zweck wird der Standfuß des Zirkels in eine Lochmarkierung auf der Metallschiene des Zeichenbrettes GALLUS eingerastet. Der Zeichenfuß wird anschließend durch Drehung am Stellrad so eingestellt, dass er in eine Lochmarkierung in der gewünschten Entfernung - dem Radius - ebenfalls einrastet.

5.8 Mit dem Zirkel einen Kreis zeichnen

Um einen Kreis mit geschlossener Linie zu zeichnen, bedarf der blinde Schüler einer besonderen Handlungsanweisung. Sie orientiert sich am Modell der Uhr. Zu Beginn wird der Zirkel so ausgerichtet, dass der Standfuß, mit der linken Hand gehalten, den Mittelpunkt einer Uhr symbolisiert und der Zeichenfuß, mit der rechten Hand gehalten, auf zwölf Uhr zeigt. Nun zieht die rechte Hand den Zeichenfuß in leichter Schrägstellung kontinuierlich bis auf sechs Uhr in einem Halbkreis nach unten; anschließend wird der Zeichenfuß wieder auf zwölf Uhr zurückgestellt. Um den linken Halbkreis zu zeichnen, muss ein Handwechsel vorgenommen werden.

Die rechte Hand hält jetzt den Standfuß im Mittelpunkt und die linke führt den Zeichenfuß von zwölf Uhr wieder in einer leichten Schrägstellung auf sechs Uhr hin.

5.9 Folien abheften und beschriften

Zeichenfolien lassen sich auf Grund ihrer Materialbeschaffenheit nur sehr eingeschränkt archivieren und mühsam in die Brailleschreibmaschine einspannen. Diese Schwierigkeiten lassen sich beheben, indem man die Folie auf einen Papierbogen gleicher Größe mit zwei Heftnadeln fixiert. Zu diesem Zweck führt man Papierbogen und aufliegende Folie so in eine Hülle ein, bis sie passgenau übereinander liegen. Sollten Schüler damit besondere Schwierigkeiten haben, so hat es sich in der Praxis bewährt, wenn man von der Hülle vorher die linke untere Ecke abgeschnitten hat. Auf diese Weise ist es möglich, die dort herausragende Papierbogen- und Folien-ecke exakt in die Hülle zu ziehen.

