



Integration von Schülerinnen und Schülern mit einer Sehschädigung an
Regelschulen

Didaktikpool

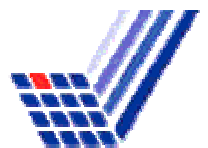
Die Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens eines Mädchens mit
Blindheit durch die Erkundung der geometrischen Körper Würfel und
Quader im Mathematikunterricht einer 4. Grundschulklasse

Hausarbeit zur zweiten Staatsprüfung
(Schleswig- Holstein)
Von Anne Schwarzer
2005

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

Tel.: 0231 / 755 5874
Fax: 0231 / 755 4558

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



Hausarbeit
zur Zweiten Staatsprüfung
am IQSH-Landesseminar für
Sonderpädagogik
Fachrichtung: Blindenpädagogik

**Die Förderung des räumlichen
Vorstellungsvermögens eines Mädchens
mit Blindheit durch die Erkundung der
geometrischen Körper Würfel und Quader
im Mathematikunterricht einer
4.Grundschulklasse**

vorgelegt von :
Anne Schwarzer,
Sonderschullehreranwärterin

Flensburg, im Februar 2005

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	4
2 Problemstellung und Zielsetzung.....	5
2.1 Problemdarstellung: Die Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens.....	5
2.2 Fragestellung und Zielsetzung.....	6
3 Theoretische Grundlagen.....	7
3.1 Geometrie und Blindheit.....	8
3.2 Die Entwicklung der Raumvorstellung.....	9
3.3 Kopfgeometrie.....	14
3.4 Das räumliche Vorstellungsvermögen bei Blinden.....	14
3.5 Zur haptischen Wahrnehmung.....	17
3.6 Modelle geometrischer Körper und ihre Bedeutung für die Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens bei Blinden und Sehenden.....	18
3.6.1 Würfel und Quader.....	20
3.7 Das gemeinsame Lernen von Sehenden und Blinden am gleichen Gegenstand im Mathematikunterricht.....	21
4 Praktische Umsetzung.....	23
4.1 Planung der Einheit.....	23
4.1.1 Curricularer Zusammenhang.....	23
4.1.2 Beschreibung der Lerngruppe.....	24

4.1.3 Konsequenzen für das didaktische Vorgehen.....	26
4.1.4 Begründung der Methodenwahl.....	27
4.1.5 Planungsübersicht.....	29
4.1.6 Beschreibung der Lernziele.....	30
4.2 Durchführung.....	31
4.2.1 Vorstellung verwendeter Materialien.....	31
4.2.2 Darstellung und Auswertung ausgewählter Unterrichtsstunden.	32
5 Auswertung der Unterrichtseinheit.....	42
5.1 Inhaltliche Ergebnisse.....	42
5.2 Gemeinsames Lernen.....	44
6 Schlussbemerkung.....	45
7 Literaturverzeichnis.....	46
8 Anhang.....	50

1 Einleitung

Die Geometrie begleitete kontinuierlich meine eigene Schullaufbahn und neben der Freude, die sie mir bereitete, half sie komplizierte Sachverhalte aus Mathematik und Physik zu verstehen. Theoretische Grundlagen der Geometriedidaktik durchzogen mein Studium. Die zweite Ausbildungsphase bot mir endlich die Möglichkeit, mein Interessengebiet praktisch mit Schülerinnen und Schülern zu erkunden. Schon im ersten Ausbildungsjahr wurde mein Vorschlag Geometrie zu betreiben dankend angenommen. Meine Vermutung, dass Geometrie an den Schulen nur am Rande und möglichst kurz behandelt wird, bestätigte sich leider. Auf Grund der guten Erfahrungen, die ich an der Förderschule im Geometrieunterricht sammelte und den Erfolgen, die auch sehr schwachen Schülerinnen und Schülern neuen Antrieb für andere Fächer gaben, entschloss ich mich, auch im zweiten Ausbildungsjahr der Geometrie viel Aufmerksamkeit zu schenken.

Meine Ausbildung führte mich an eine Grundschule, in der ich eine integrativ unterrichtete, vierte Klasse begleitete. Neben zwei Schülern mit dem Förderbedarf Lernen besuchte auch ein Mädchen mit Blindheit die Klasse. Diese Zusammensetzung machte einen Geometrieunterricht besonders spannend. Der zielgleiche Unterricht stellte eine Herausforderung dar, der ich mich mit großem Interesse stellte. Durch den erfolgreichen Verlauf der Integrationsmaßnahme, konnte ich auf gesicherte Strukturen zurückgreifen und wurde von motivierten Lehrkräften unterstützt.

Wie erwartet, zeigten die Schülerinnen und Schüler Interesse und Freude an der Geometrieeinheit. Erste Erfolge der Einheit zeigten sich schon nach wenigen Stunden, als die Schülerinnen und Schüler gesammelte Erfahrungen und gelernte Sachverhalte in anderen Unterrichtsfächern anwendeten. Da mein besonderes Augenmerk auf die Schülerin mit Blindheit gerichtet war, freute es mich besonders, dass die Sequenz ihrem räumlichen Vorstellungsvermögen dienlich war.

2 Problemstellung und Zielsetzung

2.1 Problemdarstellung: Die Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens

Kaum eine andere Fähigkeit ist von solch elementarer Bedeutung wie das räumliche Vorstellungsvermögen. Es dient nicht nur der räumlichen Orientierung, sondern bildet auch die Basis für das Verständnis anderer Sachverhalte. Nach Radatz/ Schipper/ Dröge/ Ebeling (2002,113) dienen geometrische Vorstellungen dem allgemeinen und mathematischen Denken. Sie helfen Regeln und Zusammenhänge zu entdecken und Sachverhalte zu verallgemeinern. Viele arithmetische Strukturen, die sich Kinder mittels konkreter Materialien veranschaulichen, können später durch bloßes Operieren in der Vorstellung nachvollzogen werden. Dazu bedarf es jedoch vielfältiger Möglichkeiten des Erfahrungsgewinns. Der Erfolg kann besonders der Geometrieunterricht leisten. Er macht den Schülerinnen und Schülern Freude und bietet durch zahlreiche Materialien und Unterrichtssituationen Raum zum Erfahrungen sammeln und Experimentieren.

„Die kognitive Entwicklung des Kindes stützt sich in vielen Bereichen auf visuell-geometrische Erfahrungen. Informationen werden über den visuellen Kanal aufgenommen, gespeichert und in der Vorstellung verankert“ (Radatz/ Schipper/ Dröge/ Ebeling 2000,114). So und ähnlich ist es in vielen didaktischen Werken zu lesen, doch auch für Menschen mit Blindheit ist das räumliche Vorstellungsvermögen einer der wichtigsten Bestandteile ihrer Lebensbewältigung. Das sichere Bewegen im Raum, das Erfassen von Gegenständen, die den Tastraum überschreiten und das Deuten von flächigen Abbildungen ist ohne ausreichende räumliche Vorstellung nicht möglich. Es steht außer Frage, dass gerade für Menschen mit Blindheit die Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens elementar ist. Herausforderung ist es nun, den vorwiegend visuell ausgerichteten Geometrieunterricht für das Mädchen mit Blindheit umzugestalten und ihr gewinnbringende Erfahrungen zu ermöglichen.

In meiner Unterrichtseinheit wird das handelnde Lernen im Vordergrund stehen, da es sowohl für Sehende als auch für Blinde die Grundlage für das Begreifen bildet. Erst das konkrete Handeln ermöglicht ein späteres gedankliches Operieren. Die Schülerinnen und Schüler sollen durch zahlreiches Hantieren mit Würfeln und Quadern ihre Orientierungsfähigkeit in Raum und Ebene festigen und erweitern.

2.2 Fragestellung und Zielsetzung

Ziel meiner Einheit ist es, dass die Schülerinnen und Schüler den Transfer von räumlichen zu ebenen Darstellungsweisen und umgekehrt leisten können. Auch der Wechsel der Perspektive, also die Betrachtung und ebene Darstellung aus unterschiedlichen Richtungen soll dabei Berücksichtigung finden.

Mit der beschriebenen Unterrichtseinheit möchte ich beobachten, inwieweit das räumliche Vorstellungsvermögen eines Mädchens mit Blindheit durch die Arbeit mit Würfeln und Quadern gefördert werden kann. Es soll herausgestellt werden, wie erfahrene und erlernte geometrische Sachverhalte die räumliche Orientierung beeinflussen.

Meine Arbeit soll außerdem Aufschluss darüber geben, ob der gemeinsame, zielgleiche Unterricht von blinden und sehenden Schülerinnen und Schülern mit identischem geometrischen Materialien möglich ist.

Die sehr starke visuelle Komponente des Erfahrungsgewinns bildet die Schwierigkeit für die Schülerin mit Blindheit. Die Frage, ob sich diese wichtige Komponente durch unterschiedliche Adaptionen für die betreffende Schülerin größtenteils ersetzen lässt, soll diese Arbeit beantworten.

3 Theoretische Grundlagen

3.1 Geometrie und Blindheit

Wie wichtig und elementar der Geometrieunterricht für Menschen mit Blindheit ist, steht außer Frage, da er zur Verbesserung der räumlichen Orientierung beiträgt, die eine lebensbewältigende Komponente für sie darstellt. Noch vor 30 Jahren gab es an Blinden- und Sehgeschädigtenschulen das eigenständige Fach der Raumlehre. Das bezeugt die enorme Wichtigkeit, die der Geometrie zugestanden wurde. Leider gibt es heute nur noch den regulären Geometrieunterricht, der häufig einen geringen Platz innerhalb des Faches Mathematik einnimmt. Somit werden den Schülerinnen und Schülern wichtige Erfahrungen vorenthalten, die auch für außerschulische Verständnisprozesse wertvoll sind. Die für den allgemeinen Mathematikunterricht mit Blinden als erschwerend geltenden Faktoren, verschärfen sich hinsichtlich des Geometrieunterrichts. HAHN führt folgende Faktoren auf, die den Lehr-Lern-Prozess nachhaltig beeinflussen:

- „- Die Umsetzung von Inhalten und Zielen der an den Regelcurricular orientierten Stoffplänen in weitestgehend gleichen Zeitintervallen wie dies bei nicht durch Blindheit beeinträchtigten Altersgenossen üblich ist;
 - Eine Wahrnehmungs-, Erfahrungs- und Handlungsdefizitär geprägte, deutlich veränderte Lernausgangslage und
 - die ... Verzögerungen bei der Entwicklung des mathematischen Denkens.“
- (Hahn 1998, 336f). Diese Faktoren aufzufangen bzw. sie stets bei Planungen zu berücksichtigen, ist Aufgabe der Lehrkräfte.

Die zusätzliche Erschwernis für den Geometrieunterricht ist die Sehschädigung. Die visuelle Wahrnehmung ist ein konstruktiver, sich selbst organisierender Prozess, der mehr als jeder andere Wahrnehmungsbereich das Zufallslernen ermöglicht (vgl. Lehrplan Sonderpädagogische Förderung 2002, 239).

Der Ausfall dieses Bereichs zieht für einen Menschen mit Blindheit erhebliche Erschwernisse mit sich. Gerade in der Geometrie ist die visuelle Wahrnehmung von großer Bedeutung. So entstehen für Menschen mit Blindheit erhebliche Schwierigkeiten, die sich auf personaler, medialer und methodischer Ebene widerspiegeln und den Aneignungs- und Vermittlungsprozess erschweren. Diese schulartübergreifende Problematik stellt hohe Anforderungen an die Lehrenden und Lernenden, da das Anschauungsmaterial begrenzt ist und größtenteils selbst hergestellt werden muss. Um dem wichtigen Aspekt der Veranschaulichung zu genügen sind Medien unverzichtbar, die den Wahrnehmungsprozess des Kindes unterstützen und die verbliebenen Sinne schulen. Für Menschen mit Blindheit spielt dabei die haptische Wahrnehmung eine große Rolle. Tastbare Bilder und unterschiedliche Tastqualitäten ermöglichen das leichtere Erkennen und helfen den Übergang zwischen handelnder und symbolischer Ebene herzustellen. Das handelnde Lernen ist sowohl für Blinde als auch für Sehende von enormer Bedeutung. Für Sachverhalte, die sich Sehende auch durch bloßes Betrachten erschließen können, besteht für Menschen mit Blindheit die Notwendigkeit der Eigenaktivität bzw. des Hantierens mit Modellen.

Das Verbalisieren von Handlungsabläufen und das Beschreiben von Gegenständen, die den Tastraum überschreiten, sind weitere wichtige Bestandteile um den Verständnisprozess zu gewährleisten.

Bei allen Adaptationen, Verbalisierungen und sonstigen Hilfestellungen muss darauf geachtet werden, dass das Material den Fähigkeiten und Wahrnehmungsleistungen des Lernenden angemessen ist und die Informationsdichte überschaubar bleibt.

3.2 Die Entwicklung der Raumvorstellung

Den Alltag der Kinder durchziehen eine Vielzahl geometrischer Gebilde und Sachverhalte. Immer wieder setzen sie sich bewusst oder unbewusst mit ihnen auseinander. Sei es nun das Bauen mit Holzklötzen oder Legosteinen, das Spielen mit Murmeln oder Bällen oder das Wieder-Einsortieren der Bauklötze in ihren Kasten.

Was sie im Spiel selbstverständlich nebenbei tun, soll im Unterricht verallgemeinert und systematisch betrachtet werden. Das setzt ein hohes Abstraktions- und räumliches Denkvermögen voraus. Dieses muss sich jedoch erst langsam entwickeln.

Im folgenden stelle ich einige Theorien zur Entwicklung der Raumvorstellung dar, die für die Durchführung und den Erfolg des Geometrieunterrichts bedeutend sind. Hierbei beschränke ich mich auf das Schulalter.

PIAGET gliedert die Entwicklung der Raumvorstellung in drei Phasen.

-Stadium der konkreten Operationen (7-11/12 Jahre)

Dieses Stadium schließt die Raumvorstellung ohne Sicht- und Fühlbarkeit, die wechselnde Betrachterposition und Drehungen ein.

-Stadium der formalen Operationen (11/12 Jahre)

Die Fähigkeit mit abstrakten Räumen und formalen Raumgesetzen umzugehen und verbale Aussagen mit figuralen Bildern zu verknüpfen, bildet sich.

-Euklidische Raumvorstellung (7-12 Jahre)

Die euklidische Raumvorstellung besteht wiederum aus drei Ebenen:

1. qualitative Operationen (Längen, Flächen, Volumina, Invarianz, Kongruenz)
2. einfache Metrik (Längenmessung in drei Dimensionen, Koordinatensystem, Winkel)
3. Flächen- und Volumenberechnung (mathematische Multiplikation ergänzt das Messen)

Piagets Untersuchungen bildeten die Grundlage für weiterführende Analysen, welche die Entwicklung der Kinder untersuchten. Für den Unterricht erscheint lediglich die Reihenfolge der Stufen interessant. Da Piaget davon ausging, dass sich beschriebene Fähigkeiten auf die biologische Reifung des Kindes zurückführen lassen, können die Altersangaben, wenn überhaupt, nur grobe Anhaltspunkte sein.

STÜCKRATH entwickelte eine Stufentheorie zur Entwicklung des Raumerlebens von Kindern. Er unterscheidet zwischen Handlungsraum und Laufraum, die sich parallel entwickeln.

1. Stufe (7/8 Jahre):

- Handlungsraum: Objekt wird ganzheitlich erfasst; der Raumcharakter wird im Verlauf der Bauhandlung bewältigt
- Laufraum: Raum ist nach Erlebnisgehalt aufgeteilt; Raumauffassung subjektiv; keine planmäßige Orientierung

2. Stufe (9-11 Jahre)

- Handlungsraum: Objekt wird vorwiegend zergliedert erfasst; Objekte werden versachlicht und nicht nur emotional erlebt; Konstruktionshandlungen erfolgen schrittweise in unmittelbaren und anschaulich fassbaren Größen
- Laufraum: gliedernde und fixierende Raumbetrachtung; Raummerkmale werden zur Orientierung genutzt

3. Stufe (12-15 Jahre):

- Handlungsraum: die geometrische Struktur des Objekts kann vom Material abgelöst erkannt werden; räumliche Zusammenhänge werden überschaut; es wird erst geplant und dann gebaut
- Laufraum: Sichtbares wird durch Schaffung eines Raumgebildes erweitert; wesentliche Punkte und Linien werden zu einer figuralen Ordnung zusammengefasst; auf Grund der Orientierungsfähigkeit können auch unbekannte Wege besritten werden.

Stückraths Theorie besagt also, dass die Fähigkeit der Raumwahrnehmung und -vorstellung im Zusammenhang mit dem komplexer werdenden Raumerlebnis der Kinder kontinuierlich wächst. Wie bei Piaget sind auch hier die Altersstufen, in denen sich die Entwicklung vollzieht, mit entscheidend.

Anders als in den eben genannten Theorien geht das Ehepaar **VAN HIELE** nicht von einem Vorgang biologischer Reifung aus, sondern versteht die Entwicklung räumlichen Vorstellungsvermögens als einen Lernprozess. Hier findet man auch keine Altersangaben mehr. Die van Hieles entwickelten ein Modell mit fünf Niveaustufen des geometrischen Verstehens. Für die Grundschule sind lediglich die Stufen 0 bis 2 von Bedeutung. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass Grundschüler diese Stufen nicht in jedem Fall erreichen werden.

Niveaustufe 0: Anschauungsgebundenes Denken (räumliches Denken)

Räumliche Beziehungen werden nur in der unmittelbaren Umgebung betrachtet. Geometrisches Arbeiten ist weitgehend materialgebunden.

Niveaustufe 1: Analysieren geometrischer Figuren und Beziehungen
(geometrisch räumliches Denken)

Die Aufmerksamkeit richtet sich auf die Eigenschaften der Objekte. Durch Handlungserfahrungen und genaues Betrachten werden geometrische Figuren zu Trägern ihrer Eigenschaften.

Niveaustufe 2: Erstes Ableiten und Schließen
(mathematisch geometrisches Denken)

Im Mittelpunkt stehen Beziehungen zwischen den Eigenschaften einer und denen verwandter Figuren. Logische Implikationen, Klasseninklusionen und Definitionen werden verstanden. Das Verständnis ist auf Experimente zurück zu führen.

Die genannten Fähigkeiten werden durch den Lernprozess erworben, der durch stark handlungsorientiertes Vorgehen unterstützt werden soll. Er wird in fünf aufeinander aufbauende Phasen unterteilt werden.

1. Phase (Information): Mit Hilfe von vorgelegtem Material werden Schülerinnen und Schüler in das neue Gebiet eingeführt.
2. Phase (gesteuerte Orientierung): Die Lehrkraft leitet vorsichtig zur systematischen Untersuchung des Materials an. Schülerinnen und Schüler stellen Verbindungen her und entdecken charakteristische Strukturen.
3. Phase (Verdeutlichung): Erlernte Erfahrungen werden mit Fachausdrücken belegt, damit Erkenntnisse über beobachtete Strukturen dargelegt werden können. Die innere Ordnung der Objekte beginnt sichtbar zu werden.
4. Phase (freie Orientierung): Fachsprache wird richtig angewandt. Eine schnelle Orientierung auf teilweise bekanntem Gebiet wird möglich.
5. Phase (Integration): Schülerinnen und Schüler bekommen einen Überblick über gelernte Einsichten und erkennen die innere Ordnung bzw. die inneren Strukturen.

BESUDEN beschreibt als oberstes Ziel des Geometrieunterrichts die Förderung der Raumvorstellung. Diese unterteilt er in drei Teilaspekte:

1. räumliches Orientieren: sich wirklich oder gedanklich im Raum bewegen können
2. räumliches Vorstellen: Objekte oder Beziehungen in der Vorstellung reproduzieren können
3. räumliches Denken: gedanklich mit Vorstellungsinhalten operieren können

(Radatz/ Rickmeyer 1991, 17)

Aus all diesen Theorien lassen sich für den Geometrieunterricht wichtige Aspekte zusammenfassen. Die festgestellten Stufen der Entwicklung basieren auf den wachsenden Fähigkeiten vom konkreten zum abstrakten Umgang mit Objekten im Raum. Das räumliche Denken wird von einer zunehmenden Verinnerlichung durch gegenständliche Handlungen gefördert.

Es wird deutlich, wie sich die Entwicklung der Raumvorstellung abstuft und die einzelnen Stufen aufeinander aufbauen. Um den Prozess fördern zu können, bedarf es einer genauen Prüfung der Lernausgangslage der Schülerinnen und Schüler und einer auf die Lerngruppe zugeschnittenen Unterrichtseinheit. Um den Erfolg der Entwicklung zu gewährleisten, sollte die erreichte Niveaustufe gesichert sein, bevor neuer Lernstoff aufgegriffen wird.

Der Geometrieunterricht bietet viel Raum für Differenzierungsmaßnahmen, sodass innerhalb des Klassenverbandes am gleichen Lerngegenstand und gleichzeitig auf verschiedenen Niveaustufen gearbeitet werden kann. Unabdingbar ist auch der handelnde Umgang mit dem Lerngegenstand. Bei Grundschulkindern wird die Raumerfahrung neben dem Sehen wesentlich von der Motorik mitbestimmt. Um beispielsweise einen Perspektivwechsel zu verstehen, muss der entsprechende Standort erst tatsächlich eingenommen werden.

Mit dem Wissen über den Entwicklungsverlauf der Raumvorstellung kann die Unterrichtseinheit richtig strukturiert und die Gefahr Ziele zu hoch zu stecken verringert werden.

3.3 Kopfgeometrie

Das Kopfrechnen ist ein wichtiger und unangefochtener Bestandteil des Mathematikunterrichts. In gleichem Maße wichtig ist die Kopfgeometrie.

Sie kann mit oder ohne Material betrieben werden, bezieht sich aber stets auf das Operieren in der Vorstellung. Kopfgeometrie fördert die Raumvorstellung (vgl. Radatz/Schipper/Dröge/Ebeling 2002, 114). Mittels der Kopfgeometrie kann das Kind erfahrene, verinnerlichte Handlungsmuster in der Vorstellung nachvollziehen. Somit können kopfgeometrische Aufgaben auch Aufschluss darüber geben inwieweit die Raumvorstellung entwickelt ist und welche praktischen Erfahrungen noch nötig sind um diese kognitive Leistung zu erbringen. Die Kopfgeometrie erfordert gesteigerte Aufmerksamkeit, sodass die kopfgeometrischen Unterrichtsphasen möglichst kurz gehalten werden sollten.

Ich werde im gesamten Verlauf der beschriebenen Einheit immer wieder solche kurzen Phasen einsetzen um Schlüsse für die Weiterarbeit zu ziehen.

3.4 Das räumliche Vorstellungsvermögen bei Blinden

Dem Geometrieunterricht werden zur Entwicklung des räumlichen Vorstellungsvermögens, besonders für Menschen mit Blindheit bedeutsame, Elemente zugeschrieben. Er besitzt unter anderem eine „fundamentale Bedeutung für die Entwicklung

- eines systematischen Aufbaus des Raumvorstellungsvermögens;
- der Kenntnisse über Raumgebilde, ihrer Eigenschaften und ihrer wechselseitigen Beziehungen zueinander;
- der Anbahnung und Manifestierung kognitiver Vorstellungsbilder (mentale Landkarten) von Körpern, Modellen, Formen, Flächen, Netzen, Perspektiven, Strukturen etc.;
- einer besonders ausgebildeten Orientierungs- und Mobilitätsfähigkeit“

(Hahn 1998, 337).

Wie wichtig die Geometrie für die Entwicklung der Raumvorstellung ist, sei nun ausreichend dargelegt. Beschäftigen wir uns nun mit der Umsetzung, die eine gewisse Herausforderung darstellt.

Auch bei Menschen mit Blindheit erfolgt die Entwicklung des räumlichen Vorstellungsvermögens stufenweise und allmählich. Die fehlende visuelle Komponente des Erfahrungsgewinns erschwert und verzögert die Entwicklung des räumlichen Vorstellungsvermögens. Da es jedoch gerade für Blinde überaus wichtig ist, sich im Raum orientieren zu können, muss auf diesem Gebiet best möglich gefördert werden. Menschen, die erst spät erblindet sind und Raumerfahrungen bis zu einem gewissen Punkt sehend machen konnten, können meist gewinnbringend auf Erinnerungen zurückgreifen und diese als Grundlage für die Raumvorstellung nutzen. Menschen, die blind geboren werden oder sehr früh erblindeten, haben diese Möglichkeit nicht. Sie greifen auf haptisch-taktile und auditiv wahrgenommene Eindrücke zurück und bilden eigene individuelle Vorstellungen vom Raum.

Die für die Raumvorstellung so wertvolle Komponente der visuellen Wahrnehmung muss bei Menschen mit Blindheit mit den verbliebenden Sinnen kompensiert werden. Akustisch müssen Rückschlüsse auf Räumlichkeiten gezogen werden. Raum-Lage-Beziehungen, wie vor, hinter oder neben können in einigen Fällen durch das Richtungshören bestimmt werden. Um aber Rückschlüsse ziehen zu können, müssen Menschen mit Blindheit erfahren, wie akustische Signale zu deuten sind. Dazu dient beispielsweise die Hörerziehung. In eingeschränktem Maße können Räume abgegangen oder Objekte befühlt werden um Akustik mit Größenvorstellungen zu verknüpfen. Kurse zu Orientierung und Mobilität helfen dabei.

Sind Kenntnisse und Vorstellungen geometrischer Körper und Flächen vorhanden, können diese auf größere, den Tastraum oder das Hören überschreitende Objekte übertragen werden.

Es können sich dann Vorstellungen entwickeln, obwohl das betreffende Objekt oder der Raum weder haptisch-taktil noch auditiv wahrgenommen wurden, sondern nur verbal beschrieben wurden.

Da geometrische Formen unsere vom Menschen gestaltete Umwelt größtenteils bestimmen, wird die Bedeutung des Geometrieunterrichts wieder deutlich. Für diesen sind einige Prinzipien unerlässlich. Das Kind muss Erfahrungen durch selbsttätiges Handeln erlangen. Diese ans Handeln gebundene Anschauung ist überaus bedeutsam. Deshalb ist es notwendig blinden Kindern möglichst viele Lernaktivitäten anzubieten, die handlungsorientierte Tätigkeiten, wie Manipulieren oder Modellieren erfordern. „Die Bildung mentaler Repräsentationen Blinder auf der Basis enaktiven Handelns ist dabei von nachhaltiger Bedeutung“ (Hahn 1998, 337). Von der enaktiven Repräsentationsebene darf erst dann abgewichen werden, wenn die Erfahrungs-, Anschauungs- und Handlungsbasis durch eine Vielzahl von Eigenaktivitäten abgesichert ist. Um dann die Transferleistungen zwischen enaktiver, ikonischer und symbolischer Ebene zu fördern, sind bestimmte Bedingungen im Unterricht zu schaffen. Wie auch in anderen Unterrichtsfächern sollte nach dem Prinzip der Problemorientierung gearbeitet werden. Problemstellungen sollten möglichst handelnd gelöst werden können. So wird die Vielschichtigkeit von Sachproblemen klarer und Sachverhalte werden greifbar. Möglichst viele Sinnesorgane sollten durch die Materialwahl aktiviert werden, um mehrere Wahrnehmungskanäle und Lerntypen anzusprechen. „Die Qualität der Handlungsorientierung, d.h. ihre Weite und Flexibilität sowie ihre Bewusstheit für Schüler/innen entscheidet wesentlich über den Erfolg beim Bewältigen von Problemlösungen schlechthin“ (Hahn 1998, 338). Der Unterricht muss so strukturiert sein, dass bewusst erfasst und planmäßig wahrgenommen werden kann, um die Vorstellungskraft deutlich zu verbessern. Dies führt zu mehr Sicherheit beim mathematischen Modellieren von Sachverhalten in der Raumgeometrie.

Die Systematik des Vermittlungsprozesses muss für Schülerinnen und Schüler überschaubar, leicht reproduzierbar und nachvollziehbar sein. Der Erkenntnisprozess wird so gewährleistet. Gefestigte Lernerfolge zeigen sich, wenn Lernstrategien schrittweise selbstständig angewendet werden. Blinde Schülerinnen und Schüler können Anschauungen, Handlungsmuster, Fertigkeiten und Kenntnisse erweitern, wenn die Lehrkraft Lernprinzipien schult und Inhalte instruktiv vermittelt. Ein erfolgreich durchgeführter Geometrieunterricht kann die Lebensqualität verbessern, da die Orientierungsfähigkeit erhöht und hilfreiche Strategien zur Erkundung neuer Objekte oder Räume ausgebildet werden.

3.5 Zur haptischen Wahrnehmung

Bei der Erkundung von Flächen, Körpern und Räumen ist, wie schon erwähnt, die haptisch-taktile Wahrnehmung von großer Bedeutung. Deshalb muss es ebenfalls Ziel sein, diese zu schulen und nutzbar zu machen. Taktile und haptische Reize werden nur für kurze Zeit gespürt, wenn der Reiz nicht ständig erneuert wird. Die Hand oder der betreffende andere Körperteil muss also beim Untersuchen in Bewegung bleiben. Beim aktiven Umgang mit Materialien ist dies zwar gegeben, aber auch dort und beim Arbeiten mit tastbar gemachten Zeichnungen beispielsweise, müssen Techniken und Strategien erlernt und angewendet werden um Erkenntnisse zu gewinnen. Auch unterschiedliche Tastqualitäten beeinflussen die Wahrnehmung. Hier sollten Vorerfahrungen, aber auch Abneigungen und Vorlieben der Schülerinnen und Schüler Berücksichtigung finden. Die Aufnahmemöglichkeiten über den Tastsinn sind auf Grund der eingeschränkten Reichweite begrenzt. Dennoch sind diese Eindrücke dank körperlicher Nähe sehr intensiv und den akustischen je nach Ziel und Kontext oftmals überlegen.

Um ein Objekt zu analysieren bedarf es mehrerer Schritte. Der erste Tasteindruck verhilft dem Menschen mit Blindheit zu einer ersten Vorstellung.

Diese Vorstellung, die aus Vorerfahrungen resultiert, bleibt so lange bestehen, bis ein weiteres ertastetes Merkmal der Vorstellung widerspricht. Eine neue Vorstellung entsteht. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die/der Tastende seine Erkundung abgeschlossen hat. Jede Vorstellung des Objekts erzeugt eine gewisse Erwartungshaltung, die das weitere Erkunden steuert. Demnach können gleiche Objekte deren Merkmale in anderer Reihenfolge ertastet wurden, als ungleich erlebt werden. Die Festlegung von Begriffen für spezielle Merkmale kann bei der Erkundung von Objekten deshalb äußerst hilfreich sein. Dies geschieht unter anderem im Geometrieunterricht.

3.6 Modelle geometrischer Körper und ihre Bedeutung für die Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens bei Blinden und Sehenden

In der Geometrie unterscheidet man ein-, zwei- und dreidimensionale Objekte (Linien, Flächen, Körper) und Punkte, die keinerlei dimensionale Ausbreitung besitzen. In unserer realen Umwelt sind alle diese Formen an dreidimensionale Gebilde gebunden. Linien und Flächen können zwar berührt und ertastet werden, sind aber nicht vom Gegenstand trennbar. Sie würden dann selbst zu einem dreidimensionalen Gebilde. Im Unterricht wird diese Tatsache vernachlässigt um die Vorstellung der Kinder zu unterstützen. Meist verkörpert ein Blatt Papier eine Fläche, obwohl es genau genommen keine ist.

Es zeigt sich, dass Kinder leichter begreifen, wenn sie die Sache auch greifen können. Der Körper ist also der Ausgangspunkt der Verständnisgewinnung. Von ihm aus kann man zu höheren Abstraktionsstufen gelangen. Dies gilt für Sehende und Blinde gleichermaßen.

Im Geometrieunterricht wird mit unterschiedlichen Körpermodellen gearbeitet um Eigenschaften wie Ecken, Kanten und Flächen und deren Anzahl bei verschiedenen Körperformen zu erkunden. Das eigenständige Bauen der Modelle ermöglicht eine Vielzahl von handlungsorientierten Erfahrungen. Im Folgenden erläutere ich die Arten der Modelle und ihre Bedeutung.

Vollmodelle

Vollmodelle sind Körper, die nur von außen her betrachtet oder ertastet werden können. Sie treten immer als eine geschlossene Einheit ihrer Eigenschaften auf. Ihre Aufgabe ist es, einen Vertreter für den entsprechenden geometrischen Körper darzustellen. Ecken, Kanten und Flächen lassen sich gut ertasten. Vollmodelle können von den Schülerinnen und Schülern nach einem Vorbild selbst aus beispielsweise Kartoffeln oder Knetgummi hergestellt werden und lassen sich auch zum Bauen von neuen Gebilden gut verwenden. Vollkörper eignen sich besonders gut um geometrische Fachausdrücke einzuführen und zu verinnerlichen, die später für die Beschreibung komplexerer Objekte hilfreich sind.

Flächenmodelle

Flächenmodelle setzen sich aus den einzelnen Teilflächen der jeweiligen Körper zusammen. Das schrittweise Zusammenbauen der Einzelflächen gibt einen Überblick über die Anzahl und die Form der benötigten Flächen. Noch interessanter ist jedoch, wie die Formen der Flächen und ihre Zusammensetzung die Gestalt des Körpers bedingen. Die Kinder können bis zur letzten eingefügten Fläche beobachten, wie sich der Innenraum und das äußere Erscheinungsbild entwickeln. Merkmale wie Kanten und Ecken können von innen und außen erfahren werden. Dies sind ganz elementare Aspekte, die der Entwicklung der Raumvorstellung zugute kommen. Mittels Flächenmodellen kann der Transfer vom zwei- zum dreidimensionalen Raum vollzogen werden.

Kantenmodelle

Kanten bilden sich, wenn Flächen aufeinander treffen. Kantenmodelle zeigen demnach keine „wirklichen“ Kanten. Die Kanten wiederum bilden Ecken. Zur besseren Anschauung werden zur Darstellung der Kanten meist Stäbe benutzt, die mit verschiedenen Materialien zu Ecken zusammengefasst werden. Da die Ecken meist aus Knetgummi, Kartoffelstückchen oder anderem Material

bestehen, sind auch sie keine „echten“ Ecken. Es entsteht ein Gerüst des Körpers. Wie auch bei den Flächenmodellen, wird durch das eigenständige Zusammenbauen das Bedingungsgefüge zwischen den Einzelteilen sichtbar. Vorteilhaft ist beim Kantenmodell, dass der Innenraum stets zugänglich bleibt. Vom dreidimensionalen Kantenmodell kann man auf die Ebene zurückkehren, indem man sie als Grundlage für räumliche Zeichnungen benutzt. Bei sehenden Schülerinnen und Schülern kann das Modell z.B. mit Hilfe von Licht an die Tafel projiziert werden. Für Schülerinnen und Schüler mit Blindheit eignen sich flexible Modelle, die flach auf die Arbeitsfläche gedrückt werden können.

Der Transfer vom Körper zur Fläche und anders herum gestaltet sich häufig schwierig, ist aber von großer Bedeutung für das räumliche Vorstellungsvermögen und die Verknüpfung der verschiedenen Darstellungsformen von Objekten. Körpermodelle aller Art können einen erheblichen Beitrag dazu leisten, besonders, wenn sie durch die Kinder selbst hergestellt, auseinandergelöst oder zerschnitten werden.

3.6.1 Würfel und Quader

Würfel und Quader sind die am häufigsten auftretenden Körperformen, die den Schülerinnen und Schülern von der frühen Kindheit an begegnen. Der Vorzug dieser beiden geometrischen Körper besteht darin, dass man mit ihnen sehr gut bauen kann. Das Bauen steht am Anfang des Erkenntnisprozesses und verliert auch im Laufe der Zeit nicht an Bedeutung und Interesse. Durch das Bauen werden sehr viele Erfahrungen gesammelt, die für die Entwicklung der Raumvorstellung unerlässlich sind. Würfel lassen sich beispielsweise sehr gut zum Bauen von Würfelgebilden verwenden, die dann wiederum auf Baupläne übertragbar sind und umgekehrt. Quader eignen sich besonders gut für das Betrachten aus verschiedenen Perspektiven und Betrachtungen zu Raum-Lage-Beziehungen, da sechs verschiedene Seitenansichten möglich sind.

Die Vorteile der oben genannten Körpermodelle lassen sich bei Würfel und Quader auf Grund ihrer einfachen und klaren Strukturen besonders gut nutzen. Würfel- und Quadernetze lassen sich einfach herstellen und halten dabei unzählige Lernangebote bereit. Das gedankliche Herstellen von Körpern aus Netzen und das praktische Kontrollieren des Ergebnisses, trägt erheblich zur Raumvorstellung bei. Diese Übungen lassen sich beispielsweise durch Farbgebung oder Strukturierung der Flächen variieren und somit auch in Schwierigkeits- und Abstraktionsgrad differenzieren.

3.7 Das gemeinsame Lernen von Sehenden und Blinden am gleichen Gegenstand im Mathematikunterricht

„Schülerinnen und Schüler mit Sehschädigung oder Sehbeeinträchtigung besuchen allgemeinbildende Schulen ... Für sie gelten die allgemeinen Ziele der Bildung und Erziehung. Allerdings bedürfen die Schülerinnen und Schüler mit Sehschädigung ... in der Regel individueller sehgeschädigtenspezifischer Unterstützung ...“ (Lehrplan Sonderpädagogische Förderung 2002, 140). Laut Lehrplan sollen Blinde und Sehende gemeinsam beschult und möglichst zielgleich unterrichtet werden. Dabei ist es Aufgabe von Lehrkraft oder Berater dieses hochgesteckte Ziel erreichbar zu machen. Der Mehraufwand, welcher aus den Sehschädigungen der Schülerinnen und Schülern mit Blindheit resultiert, soll dabei durch den sogenannten Nachteilsausgleich Berücksichtigung finden. Der Lehrplan sieht folgende Formen des Nachteilsausgleichs vor:

- verlängerte Bearbeitungszeiten
- Reduzierung der Anforderungen
- inhaltliche Veränderungen bestimmter Aufgabenbereiche
- zusätzliche Erläuterungen der Aufgaben
- größere Exaktheitstoleranz (z.B. bei Geometrie)
- mündliche statt schriftlicher Arbeitsformen
- Bearbeitung der Aufgaben an bestimmten alternativen Arbeitsplätzen

-besondere Pausenregelung

-auditiv dargebotene Aufgabenstellungen

(Lehrplan Sonderpädagogische Förderung 2002, 152)

Diese Faktoren beeinflussen den gemeinsamen Unterricht Sehender und Blinder auf unterschiedliche Weisen. Einerseits helfen sie das zielgleiche Arbeiten möglich zu machen, auf der anderen Seite wirken sie dem auch entgegen.

Beispielsweise ist es sehr hilfreich, wenn das Kind mit Blindheit reduzierte Aufgaben bekommt, um möglichst zeitgleich Ergebnisse vor der Klassengemeinschaft präsentieren zu können. Möchte man jedoch in Partner- oder Gruppenarbeit agieren, ist diese Form schwierig, da das Anforderungsniveau für die anderen Beteiligten nicht mehr angemessen ist. Die Partnerwahl erfordert dann höchste Aufmerksamkeit. Auch verlängerte Bearbeitungszeiten verlangen den Mitschülern möglicherweise Geduld ab, die sie nur schwer aufbringen können. Der Nachteilsausgleich muss mit Fingerspitzengefühl in den Unterricht eingearbeitet und in der Klasse auf jeden Fall transparent gemacht werden. Wird mit Stärken und Schwächen aller Schülerinnen und Schüler offen umgegangen, wird Differenzierung selbstverständlich und führt weniger zu Irritationen.

Das gemeinsame Arbeiten von Sehenden und Blinden bietet allen Beteiligten die Chance Lerngegenstände auf verschiedene Weisen zu betrachten, da die Wahrnehmung über andere Kanäle stattfindet. Das fördert gegenseitiges Verständnis sowie Rücksichtnahme und eröffnet häufig neue Perspektiven. Die Schülerinnen und Schüler sollen also neben fachlichen Inhalten „soziale Kompetenzen ... im realen Prozess sozialer Kommunikation und Interaktion entwickeln“ (Lehrplan Sonderpädagogische Förderung 2002, 147).

Die Integration zu verwirklichen ist ein schwieriger Prozess, der nur kontinuierlich und unter Berücksichtigung vieler Faktoren vorangebracht werden kann. Die Bewältigung dieser Aufgabe hängt maßgeblich von einer gut durchdachten Unterrichtsstruktur und der Bereitschaft aller Beteiligten ab.

4 Praktische Umsetzung

4.1 Planung der Einheit

4.1.1 Curricularer Zusammenhang

Der Lehrplan Grundschule des Landes Schleswig-Holstein sieht im Rahmen des Mathematikunterrichts der Klassenstufen 1 bis 4 für den Teilbereich Geometrie unter anderem den Erwerb folgender Kompetenzen vor:

- Sich im Raum orientieren
- Lagebeziehungen erkennen und beschreiben
- Lagebeziehungen herstellen
- Einfache räumliche Gebilde herstellen
- Sich mit Hilfe von Plänen im Raum bewegen
- Räumliche Gebilde nachbauen
- Zu räumlichen Gebilden Zeichnungen anfertigen

(Lehrplan Grundschule 1997, 83,85).

Für die Klassenstufe 4 sollen darüber hinaus folgende, die Raumorientierung betreffende Komponenten behandelt werden:

- Kantenmodell von Würfel und Quader herstellen, die Begriffe Kante und Ecke adäquat verwenden
- Netze von Würfel und Quader herstellen und zeichnen, die Begriffe Seitenfläche und Oberfläche differenzieren
- Netze zum Bau von Körpern verwenden, die Begriffe Fläche und Umfang unterscheiden
- Einfache Schrägbilder im Gitternetz und Aufrisse zeichnen

(Lehrplan Grundschule 1997, 87).

Außerdem sollen durch den Mathematikunterricht Schlüsselqualifikationen wie

- Räumliche Veränderungen erkennen und beschreiben und
- Räumliche Vorstellungen entwickeln und nutzen

geschult werden (Lehrplan Grundschule 1997, 79).

Alle angesprochenen Punkte gelten nach dem Lehrplan Sonderpädagogische Förderung des Landes Schleswig-Holstein in gleichem Maße für integrativ beschulte Kinder unabhängig von der Art ihres Förderbedarfs. Die Umsetzung sollte dabei nach den individuellen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schülern differenziert erfolgen.

4.1.2 Beschreibung der Lerngruppe

Die Lerngruppe der Klasse 4 besteht aus 9 Mädchen und 13 Jungen im Alter von 9 bis 11 Jahren. Ol. und Be. sind als Schüler mit dem Förderbedarf Lernen und Ni. mit dem Förderbedarf Sehen integriert. Sie besuchte von Anfang an diese Klasse und erblindete erst in der zweiten Klassenstufe. Vi. ist seit Beginn des Schuljahres neu im Klassenverband. Sie wiederholt freiwillig die Klassenstufe. Sie hat sich gut in die Klassengemeinschaft eingefügt. Lo. und Ma. sind erst seit November in der Klasse. Da Lo. seit seiner Umschulung aus gesundheitlichen Gründen nur selten am Unterricht teilnahm, hat er sich noch nicht eingelebt und ist sehr zurückhaltend. Er arbeitet aber gut mit und erledigt stets seine Aufgaben. Ma. konnte sich durch seine offene Art schnell integrieren. Er zeigte anfangs wenig Interesse am Unterricht, hat aber inzwischen die Freude an der Arbeit wiederentdeckt.

Die Arbeit in der Klasse ist sehr angenehm, da die Schülerinnen und Schüler ein sehr gutes Arbeits- und Sozialverhalten aufweisen. Sie sind an der Erkundung neuer Lerngegenstände interessiert und arbeiten motiviert zu allen Themenbereichen.

Die Klasse wird in den einzelnen Unterrichtsfächern zielgleich unterrichtet. Die einzelnen Unterrichtsfächer werden durch Fachlehrer unterrichtet. Für Ol. und Be. kommt stundenweise ein Kollege der Förderschule zur Unterstützung. Ni. wird ebenfalls stundenweise durch einen Kollegen der Sehgeschädigtenschule betreut. Da ich im Rahmen meiner Ausbildung die Klasse begleite, ergeben sich zusätzliche Doppelbesetzungen. Dieses Privileg wird von den Schülerinnen und Schülern positiv aufgenommen und kommt dem Unterricht sehr zugute.

Die Beteiligung der Jungen und Mädchen am mündlichen Unterricht ist gleichmäßig ausgeprägt. Einige Schülerinnen und Schüler müssen jedoch regelmäßig zur Mitarbeit aufgefordert werden. Der Entwicklungsstand der einzelnen Schülerinnen und Schüler weist Unterschiede auf, die jedoch auf handelnder Ebene nicht sonderlich auffällig sind und somit nur geringer Differenzierung bedürfen. Da Lese-, Schreib- und Rechenfertigkeiten nicht ausschlaggebend für die beschriebene Einheit waren, werde ich hier nicht genauer darauf eingehen.

Die geometrischen Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler waren sehr begrenzt und sporadisch, sodass zuerst das Basiswissen geschaffen werden musste. Alle Schülerinnen und Schüler zeigten reges Interesse an den behandelten Inhalten und hatten Freude am Experimentieren mit bekanntem Material unter neuen Gesichtspunkten.

Ni. kann durch ihre Späterblindung auf viele sehend gelernten Arbeitstechniken zurückgreifen und sehend gemachte Erfahrungen gewinnbringend nutzen. Ihr Vorstellungsvermögen wird durch Erinnerungen positiv beeinflusst. Ni. kann dicke schwarze Linien und Punkte auf hellen Untergründen erkennen. Meist ist es ihr möglich starke Farbunterschiede zu erkennen. Einige Farben kann sie benennen. Ihr Sehvermögen reicht jedoch für länger andauernde Arbeiten mit vergrößernden Medien nicht mehr aus, sodass sie taktil erfahrbares Material benutzt, welches durch stark kontrastierende Farben ergänzt wird. Darstellungen in der Ebene werden für Ni. tastbar gemacht indem Linien erhaben gestaltet werden. So kann sie auch in der Zusammenarbeit mit Sehenden am gleichen

Unterrichtsgegenstand arbeiten. Sie lernt seit zwei Jahren die Braille-Schrift und benutzt sie für alle anfallenden Texte. Ihre Schreib- und Lesegeschwindigkeit genügt nicht den Anforderungen der 4. Klasse, sodass reduziertes Material genutzt wird. Vieles kann sie durch ihre gute Auffassungsgabe und Merkfähigkeit kompensieren. Im mündlichen Unterricht kann sie mit dem aktuellen Lernstand der Klasse mithalten und erzielt gute Ergebnisse. Sie kann sich sehr gut sprachlich ausdrücken und Sachverhalte gut verbalisieren. Die Verbesserung von Schreib- und Leseleistung würde ihre schriftlichen Ergebnisse entscheidend verbessern. Vielfach versucht Ni. Arbeitsaufträge sehend zu bewältigen, greift dann aber selbstständig auf die taktile Erfassung zurück.

Ol. kann kaum lesen und schreiben. Seine Merkfähigkeit ist durch Hirnfunktionsstörungen sehr eingeschränkt. Im mathematischen Bereich kann er Algorithmen anwenden, sie aber nicht auf andere Situationen übertragen. Er benötigt Hilfe um Arbeitsaufträge zu verstehen. Be. kann lesen und schreiben, hat aber Mühe Inhalte des Gelesenen zu erfassen. Beide Schüler benötigen für die Erledigung ihrer Aufgaben mehr Zeit und erhalten stets im Schwierigkeitsgrad differenziertes Material. Unterstützung holen sie sich selbstständig bei ihren Banknachbarn oder den Lehrkräften.

4.1.3 Konsequenzen für das didaktische Vorgehen

Die Unterrichtseinheit ist nach den Gesichtspunkten der Entwicklung der Raumvorstellung strukturiert worden. Um dem Konzept des Handlungslernens gerecht zu werden, wurden bis auf die Fachbegriffe alle Sachverhalte durch die Schülerinnen und Schüler handelnd erarbeitet.

Ich habe darauf Wert gelegt, möglichst wenig gezielte Handlungsanweisungen zu geben um bewusst zu machen, dass auch verschiedene Erlebnisse und Ergebnisse zu Gesetzmäßigkeiten führen.

Die unterschiedlichen Abstraktionsebenen der Lerngegenstände wurden parallel im Unterricht angeboten um den Transfer zwischen ihnen zu ermöglichen und die Begriffsbildung zu fördern.

Alle Materialien habe ich so gewählt, dass sie den Fähigkeiten und Interessen aller Schülerinnen und Schüler entsprachen. Für das Mädchen mit Blindheit habe ich diese gegebenenfalls adaptiert. Skizzen, Raster und Zeichnungen wurden taktil verstärkt. Da Ni. stark kontrastierende Farben teilweise visuell wahrnehmen kann, wurden solche ebenfalls unterstützend verwendet. Auf die Strukturierung der Einheit und die Adaptionen des Materials gehe ich im Gliederungspunkt 4.2 detaillierter ein.

4.1.4 Begründung der Methodenwahl

Für die beschriebene Unterrichtseinheit boten sich verschiedene methodische Modelle an.

Um geometrische Grundlagen, wie Begriffe oder Zeichentechniken, zu schaffen wählte ich das Stationsverfahren. Die Schülerinnen und Schüler hatten so die Möglichkeit ihren Fähigkeiten entsprechend zu arbeiten, da Anzahl und Reihenfolge der zu bearbeitenden Stationen nicht maßgeblich für den Lernerfolg waren. Das Wechseln der Stationen ging einher mit dem Wechsel der Abstraktionsebenen. Da die Stationen frei gewählt werden und das Bearbeiten selbstständig verläuft, vermittelt diese Methode zusätzlich das Gefühl der Selbstbestimmung.

Der weitere Verlauf war durch zahlreiche Objekterkundungen gekennzeichnet. Die Schülerinnen und Schüler mussten sich aktiv mit verschiedenen Lerngegenständen auseinandersetzen. Durch das Wahrnehmen und Erforschen der Objekte und das Analysieren von Eigenschaften und abhängigen Faktoren werden den Schülerinnen und Schülern Zusammenhänge bewusst und die Begriffsbildung gefördert.

Zum stufenweisen Erlernen und Festigen von Lerninhalten benutzte ich Aufgabenfolgen. Diese auf ein Endziel ausgerichteten, aneinandergereihten Aufgaben steigern sich allmählich in Schwierigkeitsgrad und Komplexität. So wird vermieden, dass wichtige Lernschritte ausgelassen werden.

Als Sozialform habe ich fast ausschließlich Partner- oder Gruppenarbeit gewählt, da diese Form vom gegenseitigen Austausch profitiert. Die Schülerinnen und Schüler geben sich durch nötige Absprachen und Vergleiche gegenseitig Denkanstöße. Dadurch ergeben sich wertvolle Diskussionen über den Lerngegenstand, sodass Lerninhalte besser erschlossen werden können. Motorisch komplizierteren Tätigkeiten kamen gegenseitige Hilfestellungen ebenfalls zugute. Die Einteilung der Paare wurde nach sozialen und fachlichen Kompetenzen vorgenommen. Neben dieser Form gab es immer wieder kurze Einzelarbeitsphasen, in denen die Möglichkeit bestand sich individuell mit den Lerngegenständen auseinander zu setzen.

Um Arbeitsphasen einzuleiten stellte ich Problematiken dar, die ein geometrisches Vorgehen nötig machten. Obwohl prinzipiell der bloße Umgang mit den Materialien für die Motivation der Schülerinnen und Schüler sorgte, wollte ich dennoch die lebenspraktische Wichtigkeit der Geometrie herausstellen.

Meine Aufgaben während der eigenständigen Arbeit bestanden darin, beratend zur Seite zu stehen, eventuell nötige Impulse zu geben sowie Strategien und Lernerfolge zu beobachten.

4.1.5 Planungsübersicht

Je Spiegelstrich führe ich einen Unterrichtsinhalt und die Anzahl der verwendeten Stunden an. Angegeben sind dabei nur die speziellen Geometriestunden. Im Arithmetikunterricht wurden parallel Wiederholungen der Lerninhalte vorgenommen. Unter Punkt 4.2 werde ich Arbeitsweisen und Material näher erläutern. Die Unterrichtsstunden bis zur konkreten Arbeit mit Würfel und Quader sind mit aufgeführt, da sie begriffliche Grundlagen schufen.

- Arbeitsmaterialien (Druckbleistift, Zirkel, Lineal, Geodreieck) kennen und benutzen lernen (1 Std.)
- Einführung Kreis (1 Std.)
- Durchmesser und Radius (1 Std.)
- Punkt, Gerade, Strahl, Strecke, Kreis (2 Std.)
- Genaues Zeichnen von Punkt, Gerade, Strahl, Strecke, Kreis (1 Std.)
- Parallel, senkrecht, rechter Winkel (2 Std.)
- Parallel, Zirkeltraining (1 Std.)
- Vierecke (2 Std.)
- Dreiecke (1 Std.)
- Einführung Spiegelungen (1 Std.)
- Spiegelungen, Spiegelachsen (1 Std.)
- Namen geometrischer Körper (1 Std.)
- Geometrische Körper (Ecken, Kanten, Flächen) (3 Std.)
- Würfelnetze (4 Std.)
- Würfelvierlinge bauen und individuell abbilden (1 Std.)
- Baupläne zu Würfelvierlingen nachbauen und erstellen (1 Std.)
- Baupläne zu verschiedenen Würfelgebilden nachbauen und erstellen (2 Std.)
- Untersuchen von Bauplänen, die aus verschiedenen Ansichten erstellt wurden (1 Std.)
- Schauen und Bauen (nach Zeichnungen aus verschiedenen Richtungen drei Quader in die richtige Position bringen (2 Std.)

4.1.6 Beschreibung der Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler sollten folgende fachliche Ziele erreichen:

- den sicheren Umgang mit verschiedenen Zeichengeräten lernen,
- geometrische Grundlagen und Sachverhalte lernen (Punkte, Geraden, Strahl, Strecke, parallel, senkrecht, rechter Winkel),
- geometrische ebene Figuren unterscheiden können und ihre Eigenschaften kennen ,
- Symmetrien, Spiegelungen und deren Merkmale erkennen und anwenden,
- geometrische Körper unterscheiden können und ihre Eigenschaften kennen,
- verschiedene Körpermodelle kennen und herstellen können,
- nach Bauplänen, Fotos und Zeichnungen Gebilde bauen können,

Außerdem wurden folgende entwicklungsorientierten Ziele verfolgt:

- Informationen über den Tastsinn aufnehmen
- Informationen visuell aufnehmen
- Lagebeziehungen erkennen
- Lageveränderungen ganzer Körper erkennen,
- Lageveränderungen einzelner Elemente eines Würfelgebildes visuell oder taktil wahrnehmen und beschreiben können
- Erkennen der Perspektive
- den Transfer von der räumlichen Gestalt auf die bildliche und symbolische Ebene vollziehen und umgekehrt
- geometrische Begriffe und Symbole kennen und deren Bedeutung auf konkretes Material oder zur Beschreibung anwenden können,
- Informationen aus Zeichnungen entnehmen können
- Erkennen von Zusammenhängen
- Lösungsstrategien entwickeln und anwenden
- Vorgehensweisen und Ergebnisse verbalisieren können

Für das Mädchen mit Blindheit verfolgte der Unterricht außerdem das Ziel, ihre haptisch-taktile Wahrnehmung zur Informationsgewinnung zu schulen und ihre visuelle Wahrnehmungsfähigkeit bestmöglich zu nutzen.

4.2 Durchführung

4.2.1 Vorstellung verwendeter Materialien

In der folgenden Tabelle stelle ich die zu den durchgeführten Themen verwendeten Materialien und die entsprechende blindenspezifische Adaptionen vor. Einige Materialien werden im Anhang zu finden sein.

Material	blindenspezifische Adaption	Anhang Abb.-Nr.
Lineal	Lineal mit Kerben bei vollen und Tastpunkten bei halben Zentimetern	
Zirkel	Zirkel mit Feststellrad und Vorrichtung für beliebige Stifte	1
Druckbleistift	Filzstifte mit starker Mine	
Geodreieck	Statt eines Geodreiecks wurde ein einfaches rechtwinkliges Dreieck mit Kerben und Tastpunkten benutzt (vgl. Lineal)	1
Papier	Zeichenkarton; (Zeichenfolie auf dem Geobrett erwies sich als schwer handhabbar und für das Nutzen visueller Fähigkeiten als ungeeignet)	
Zeichnungen	Zeichnungen mit starken schwarzen Linien, die taktil durch Plusterfarbe, Holzleim oder durch, mit einem Kopierädchen, geradete Linien verstärkt wurden	2
symmetrische Figuren Spiegelbilder,	statt gezeichnet anfangs mit Pappschablonen dargestellt, später mit tastbaren, dicken Linien	3
Spielwürfel	Augenzahlen durch Nägelköpfchen erhaben	
Vollkörper	Adaption nicht erforderlich	
Körpernetze	Umrandung durch tastbare dicke Linie, alle anderen nur tastbar geradelt	4
Steckwürfel	Adaption nicht erforderlich	5

Baupläne	Bauplanraster mit tastbaren Linien, Bauplaneintrag in Braille; Selbsteintrag mit Filzstift wie Augenzahl des Spielwürfels	6, 7
Schauen und Bauen	Quader hatten kräftige Farben und geschwärzte Kanten; Spielplan mit geradeltem Gitternetz und schwarzen Linien; Konturen der Abbildungen mit dicken, schwarzen, tastbaren Linien, stark kontrastierende Farben,	8, 9, 10, 11

4.2.2 Darstellung und Auswertung ausgewählter

Unterrichtsstunden

An dieser Stelle möchte ich drei Unterrichtsstunden vorstellen, in denen die Entwicklung des räumlichen Vorstellungsvermögens besonders deutlich geworden ist. Ich werde zu jeder Unterrichtsstunde den Vorlauf skizzieren, den Inhalt der Stunde selbst darstellen und im Anschluss jeweils Beobachtungen beschreiben und Ergebnisse auswerten. Meine Beobachtungen beziehen sich dabei hauptsächlich auf die Arbeit des Mädchens mit Blindheit.

Alle drei Stunden befassen sich mit dem Transfer vom Körper zur Ebene und umgekehrt. Sie sollten dazu beitragen mit räumlichen Gebilden in der Vorstellung operieren zu können.

I. Untersuchung von Würfelnetzen

Vorlauf: Um Würfelnetze einzuführen, ließ ich alle Schülerinnen und Schüler Würfelhohlkörper beliebig an den Kanten aufschneiden. Die Ergebnisse waren vielfältig und zeigten die verschiedenen Möglichkeiten des Netzmusters.

Um die Begrenztheit der Variationen zu verdeutlichen, erhielten alle sechs Pappquadrate, die zu verschiedenen Netzen zusammengeheftet werden konnten. Das Zusammenfalten, als eine Form der Selbstkontrolle, machte sichtbar bzw. tastbar ob das vorher überlegte Netz richtig war.

Stunde: Zu Beginn der Unterrichtsstunde untersuchte jede/r einen Spielwürfel indem nach gegenüberliegenden und benachbarten Zahlen gesucht wurde. Anschließend sollten die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe ihres Spielwürfels die Augenzahlen in unterschiedliche Würfelnetze eintragen.

Im zweiten Teil der Stunde erhielten sie Zeichnungen von unterschiedlichen Würfelnetzen, auf denen jeweils zwei Flächen durch Farben oder Symbole unterschiedlich markiert waren (Anhang Abb.12). Aufgabe war es, den Würfel in Gedanken zusammen zu bauen und zu beantworten, ob die Flächen gegenüber oder nebeneinander liegen werden. Zu jeder Aufgabe erhielten die Schülerinnen und Schüler einen Arbeitsbogen. Ni. erhielt weniger Abbildungen und diese jeweils auf einem extra Bogen um die Tasteindrücke auf jeweils ein Netz zu beschränken. Die Abbildungen waren vergrößert und hatten starke schwarze, tastbare Linien. Die Ergebnisse jeder Aufgabe konnten durch Ausschneiden und Falten der Vorlage überprüft werden.

Das für Ni. mühsame Schneiden hätte ihr aus Zeit- und Intensionsgründen abgenommen werden müssen, wobei die Selbstständigkeit verloren gegangen wäre. Deshalb wurden die Linien auf Ni.s Arbeitsbogen mehrfach geradelt um das Netz leicht ausreißbar zu machen.

Arbeitstechniken und Hilfsmittel zur Bearbeitung der Aufgaben wurden freigestellt. Der gegenseitige Austausch zwischen Schülerinnen und Schülern war erlaubt.

Beobachtung: Zum Eintragen der Augenzahlen benutzte Ni. die Abrolltechnik. Sie setzte dazu den Würfel auf eine Netzfläche, rollte ihn auf eine andere Seite und notierte die wieder tastbar gewordene Augenzahl auf der entsprechenden Netzfläche. Von dieser Fläche startend wiederholte sie ihre Arbeitsschritte, bis das Netz vollständig ausgefüllt war. Zur Überprüfung riss sie das Netz aus, faltete es zusammen und stellte Spiel- und Papierwürfel so nebeneinander, dass diese gleich ausgerichtet waren. Diese Anordnung nutze sie für eine Einszueins-Zuordnung der Flächen.

Für die zweite Aufgabe, in der zwei Flächen vorgegeben waren, deren Lage im fertigen Würfel bestimmt werden sollte, bediente sich Ni. einer anderen Strategie. Sie faltete das erste Netz erst einmal ohne vorheriges Vermuten zusammen und kommentierte ihr Vorgehen verbal („... diese Fläche ist unten, dann klappe ich diese hoch und die andere muss dann rüber gelegt werden, also liegen sie gegenüber ...“). Bei den folgenden Aufgaben ertastete sie lediglich die Flächen der Abbildung und verbalisierte den vorgestellten Faltvorgang wobei sie parallel dazu mit ihren Händen die Klapprichtung andeutete. Nach einigen Wiederholungen äußerte sie, dass die Flächen, die sich irgendwie berühren sich nicht gegenüber liegen können. Ihre Schlussfolgerung, dass dann Flächen, die sich nicht berühren sich automatisch gegenüberliegen, widerlegte sie nach eigenständiger Überprüfung durch Zusammenfalten des Netzes.

Auswertung: Ni. erarbeitete sich selbstständig Lösungsstrategien, die sich nach Überprüfung der Lösungen als richtig erwiesen. Diese Strategien wandte sie daraufhin auf die folgenden Aufgabenstellungen an. Sie arbeitete selbstständig und nutzte das bereitgestellte Material. Das Material war ihren Fähigkeiten angemessen und erfüllte die angedachten Zwecke.

Durch das Auseinanderschneiden der Papierwürfel in den voran gegangenen Stunden hat Ni. das Prinzip der Würfelnetze durchdrungen. Sie konnte das Auftrennen der Kanten und das Herunterklappen der Flächen durch wiederholte Handlungen verinnerlichen und somit auch in der Vorstellung nachvollziehen. Die gesammelten Erfahrungen verknüpfte sie mit der umgekehrten Handlung, also vom Netz zum Würfel. Das Verbalisieren ihrer Gedankengänge machte deutlich, dass sie die einzelnen Schritte vom Netz zum Würfel gedanklich aneinander reihte und so das Gebilde in ihrer Vorstellung nach und nach entstehen ließ. Durch das Zusammenwirken aktiven Handelns und verbalisierter Arbeitsschritte gelang ihr der Transfer zwischen ebener und räumlicher Darstellung. Ein gedankliches Operieren wurde ihr damit möglich.

II . Baupläne

Vorlauf: Diese Sequenz konzentrierte sich stark auf das Nutzen eigener Vorstellungen. Immer wieder mussten Steckwürfelbauwerke gebaut, erfüllt und mittels der dadurch erworbenen Vorstellungen nachgebaut werden. Baupläne wurden eingeführt, indem die Notwendigkeit für das einheitliche Notieren von Würfelbauwerken verdeutlicht wurde. Die Schülerinnen und Schüler sollten zunächst aus vier Steckwürfeln verschiedene Kombinationen bauen und diese beliebig notieren. Anhand der vorliegenden Ergebnisse stellte die Klasse fest, dass ihre Notationsvorschläge nur begrenzt einsetzbar waren. Durch die Sammlung von Verbesserungsvorschlägen erarbeiteten sie sich die gängige Notationsform.

Stunde: Diese Unterrichtsstunde befasste sich mit der Anwendung der erarbeiteten Baupläne. Die Schülerinnen und Schüler arbeiteten in Partnerarbeit ein Arbeitsheft durch, in welchem verschiedene Aufgabenstellungen zu Bauplänen im Schwierigkeitsgrad steigend aneinandergereiht waren. Die Aufgabenstellungen lauteten wie folgt:

1. Fühlen und Bauen

Baue aus 6 Würfeln einen Sechsling, ohne dass dein Partner ihn sieht. Lass deinen Partner nur fühlen. Jetzt muss nachgebaut werden. Wenn richtig gebaut wurde, ist der andere dran.

2. Fühlen und schreiben

Baue aus 6 Würfeln einen Sechsling auf das Feld, ohne dass dein Partner ihn sieht. Lass deinen Partner nur fühlen und einen Bauplan dazu schreiben. Wenn der Bauplan richtig ist, ist der andere dran.

3. Nachbauen und schreiben

Baue aus 8 Würfeln ein Gebilde auf das Feld. Lass deinen Partner das Gebilde nachbauen und danach einen Bauplan schreiben. Ist alles richtig, ist der andere dran.

4. Baupläne nachbauen

Schreibe einen Bauplan für den man 12 Würfel benötigt. Lass deinen Partner nach diesem Plan bauen. Überprüfe, ob richtig gebaut wurde. Wenn richtig gebaut wurde, ist der andere dran.

5. Nachbauen und schreiben

Baue aus 10 Würfeln ein Gebilde auf das Feld. Lass deinen Partner das Gebilde nachbauen und danach einen Bauplan schreiben. Ist alles richtig, ist der andere dran.

6. Nachbauen und schreiben

Holt euch von der Tafel ein Würfelgebilde (grün). Baut es nach! Schreibe den Bauplan für das Gebilde! Überprüfe, ob der Bauplan richtig ist!

7. Nachbauen und schreiben

Holt euch von der Tafel ein Würfelgebilde (gelb). Baut es nach! Schreibe den Bauplan für das Gebilde! Überprüfe, ob der Bauplan richtig ist!

Die Aufgaben erforderten visuelle und taktile Wahrnehmung und räumliches Vorstellungsvermögen. Die Anzahl der zu bearbeitenden Aufgaben war nicht vorgegeben und variierte dementsprechend nach den Fähigkeiten der Arbeitsgruppen. Zu jeder Aufgabe gehörten Steckwürfel und leere Bauplanraster. Ni. erhielt tastbare Bauplanraster, die sie mit einem schwarzen dicken Filzstift ausfüllen sollte. Die Bauplanraster stimmten von den Größenverhältnissen mit den Steckwürfeln überein, sodass die fertigen Gebilde zur Kontrolle darauf platziert werden konnten.

Beobachtung: Die Schülerinnen und Schüler nahmen für die ersten beiden Aufgaben die Informationen taktil auf und setzten sie mit visueller Kontrolle um. Ni. nutze nur die taktile Kontrolle und konnte damit sogar schneller als andere zum Ergebnis kommen. Auch hier unterstützte sie ihre Vorstellung durch Verbalisieren der taktil erfahrenen Strukturen des Würfelgebildes. Gleichermaßen verfuhr sie bei der zweiten Aufgabe.

Das adaptierte Material entsprach Ni.s Fähigkeiten, sodass der Eintrag in das Bauplanraster keine Schwierigkeit für sie darstellte. Durch die steigende Komplexität der Würfelgebilde benötigte Ni. für die folgenden Aufgaben entsprechend mehr Zeit.

Sie kontrollierte Original und Nachbau, indem sie die Gebilde nebeneinander gleich ausrichtete und eine Einszueins-Zuordnung der Elemente vornahm. Würfelgebilde und Bauplan glich sie ab, indem sie das Gebilde auf den Plan stellte, einzelne Elemente auszählte und die Anzahl mit der eingetragenen Zahl im darunter liegenden Feld verglich. Beim Bauen eines Würfelgebildes nach Plan erkannte sie, dass je größer die Zahl im Feld ist, desto höher das Bauwerk sein müsse. Stieg beispielsweise der Zahlenwert im Bauplan jeweils um eins, erkannte sie, dass es sich um eine Treppe handeln musste.

In Aufgabe 2 und 3 schrieb sie Ziffern in die Baupläne, danach trug sie die Zahlen in Form von Würfelaugen ein und bat ihre Partnerin dieses ebenfalls zu tun, da ihr das Erkennen von Punkten doch leichter fiel (Anhang Abb.6). Beim Kreieren eigener Baupläne, wie in Aufgabe 4, überlegte sie, wie das Gebilde

aussehen soll und schrieb dann die Zahlen in das Raster. Bei ihren Klassenkameraden beobachtete ich überwiegend spontane Einträge. Die fertigen Gebilde mussten dann eins zu eins mit dem Bauplan abgeglichen werden, wohingegen Ni. die grobe Gestalt bereits im Kopf hatte und vor der genauen Prüfung schon sagen konnte, ob der Nachbau ungefähr richtig war.

Auswertung: Die ausgewählten Aufgabenstellungen und das angebotene Material war den Fähigkeiten aller Schülerinnen und Schülern angemessen und ermöglichte ein selbstständiges Arbeiten. Auch ohne visuelle Kontrolle konnten alle Aufgabenstellungen bewältigt werden, sodass Ni. ohne Einschränkungen am gleichen Lerngegenstand arbeiten konnte. Durch das eigenständige Bauen, Erfühlen, Nachbauen und das schriftliche Notieren der Würfelgebilde wurden verschiedene Wahrnehmungskanäle angesprochen. Durch Ni.s verbale Beschreibung der gesammelten Tasteindrücke wurde zusätzlich ihr auditiver Wahrnehmungsbereich angesprochen und somit die Merkfähigkeit erhöht. Das Verbalisieren käme auch anderen Schülerinnen und Schülern zugute und sollte fester Bestandteil der Aufgabenstellung sein. Die Kombination unterschiedlicher Abstraktionsebenen ermöglichte einen Transfer zwischen ihnen. Die Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler zeigten, dass dieser Transfer auf dem dargestellten Gebiet nun von allen geleistet werden kann. Beobachtungen machten deutlich, dass Ni. in ihrer Vorstellung mit den Steckwürfeln operierte. Sie konnte sich mittels eines Bauplanes die Gestalt des zugehörigen Würfelgebildes vorstellen bzw. zu einem in Gedanken konstruierten Würfelgebilde den entsprechenden Bauplan schreiben. Ni. wendete erlernte Arbeitstechniken und bewerte Lösungsstrategien, wie das Vergleichen zweier Gebilde oder der Abgleich von Bauplan und Gebilde zeigt, gezielt an. Sie erarbeitete sich außerdem selbstständig und unaufgefordert Regelhaftigkeiten (z.B. „... wenn die Zahl groß ist, wird's hoch ...“).

III. Schauen und Bauen

Vorlauf: Diese Sequenz habe ich nach dem Spiel 'Schauen und Bauen' benannt, das darüber Auskunft geben sollte, in wie weit die räumlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler ausreichen um einer ebenen Darstellung räumliche Anordnungen zu entnehmen. Das Betrachten von Körpern aus verschiedenen Richtungen spielte dabei eine entscheidende Rolle.

Um das Betrachten aus unterschiedlichen Richtungen anzubahnen, knüpfte ich an die Arbeit mit Würfelgebilden und Bauplänen an. Die Schülerinnen und Schüler mussten sich zu viert an einen Tisch setzen, jeder an eine Seite. In die Mitte wurde ein Würfelgebilde gestellt. Jedes Gruppenmitglied sollte nun aus seiner Perspektive den dazu gehörigen Bauplan notieren. Die auf den ersten Blick unterschiedlichen Baupläne erwiesen sich nach Untersuchungen der Tischgruppe als gleich, wenn man sie entsprechend drehte. Der nächste Schritt bestand darin, dass die Baupläne gemischt, die Tische gewechselt und die Baupläne von der nächsten Gruppe den entsprechenden Tischseiten wieder zugeordnet wurden. Damit Ni. sich wie alle anderen daran beteiligen konnte, waren ihre Klassenkameraden aufgefordert, die Baupläne mit der Würfelaugen-Schreibweise auszufüllen. Die gesamte Aufgabenstellung wurde einige Male wiederholt, bis das Prinzip offensichtlich von allen verstanden war.

Stunde: Die Klasse wurde wieder in Vierergruppen geteilt. Jede Gruppe besetzte einen Tisch so, dass an jeder Seite jemand saß. Im ersten Teil der Stunde bekam jede Gruppe zwei Streichholzschachteln und eine Papprolle vom Toilettenpapier. Dazu gehörten vier Karten mit Seitenansichten, die den Tischseiten zugeordnet waren (Anhang Abb.8). Jetzt musste das Material so platziert werden, dass es von allen Seiten betrachtet mit den Seitenansichten auf den Karten übereinstimmte (Anhang Abb.9). Es gab vier verschiedene Kartenvarianten, die nacheinander abgearbeitet wurden.

Der zweite Teil der Stunde befasste sich mit dem eigentlichen Spiel 'Schauen und Bauen'. Jede Gruppe bekam dazu einen Spielplan und drei gleich große, aber farblich unterschiedliche Quader. Es gab zu jeder Aufgabe vier Karten, die

den Tischseiten zugeordnet waren. Auf ihnen waren die drei Quader in der Seitenansicht zu sehen und sollten entsprechend auf dem Spielplan platziert werden.

Ni. erhielt Spielplan und Karten tastbar markiert. Quader und Abbildungen auf den Karten hatten stark kontrastreiche Farben, Kanten und Ränder waren zusätzlich geschwärzt (Anhang Abb.10,11). Um ein Wegschieben oder Umstoßen der Körper während des ertastens zu vermeiden, wurden Klebepads eingesetzt.

Als zusätzliche Kontrollhilfe stand für jede Aufgabe eine Lösungskarte mit der Draufsicht zur Verfügung.

Beobachtung: Dass die Streichholzschachtel auf der Karte ein Rechteck war, konnte Ni. durch ertasten erklärt werden. Wenn man sich der Schachtel nur von einer Seite näherte, konnte man auch nur eine Fläche ertasten. Da diese Fläche ein Rechteck war, wird auch ein Rechteck gezeichnet. Auch die Papprolle war in der Seitenansicht als Rechteck dargestellt, fühlte sich aber bei gleicher Strategie nicht wie eines an. Ich erklärte diese Problematik damit, dass viele Dinge von einer Seite betrachtet so aussehen bzw. gezeichnet werden, als wären sie zusammengedrückt. Das ließ sich an der Papprolle gut veranschaulichen, denn in zusammengedrücktem Zustand konnte die Rechteckform schnell erkannt werden.

Nachdem die Materialien erklärt waren, arbeitete Ni. in ihrer Gruppe selbstständig weiter. Die Unterstützung durch eine Lehrkraft war nicht mehr erforderlich. Ni. verfolgte die Strategie die Tischseiten zu wechseln um den Aufbau zu kontrollieren. Sie stellte die entsprechende Karte zur Kontrolle bzw. zum Aufbauen direkt vor die Körper und nahm dann eine Einszueins-Zuordnung vor. Sie führte dabei den Handrücken vorsichtig an die Körper heran um nur die Frontseite zu ertasten. Diese Strategie erwies sich als praktikabel, da von teilweise verdeckten Körpern nur die Teile ertastet wurden, die auch auf den Karten gezeichnet bzw. aus der jeweiligen Perspektive zu sehen waren.

Der Umgang mit dem ausgewählten und teilweise adaptierten Material stellte für Ni. keine Schwierigkeit dar. Ni. nutzte das aufbereitete Material ihren Bedürfnissen entsprechend taktil und visuell.

Eine Arbeitsgruppe, die auf Grund einer Veranstaltung, erst am zweiten Teil der Stunde teilnehmen konnte, sollte gleich mit dem Spiel `Schauen und Bauen´ beginnen. Nachdem erhebliche Schwierigkeiten auftraten, brach ich das Spiel ab und ließ sie den ersten Teil der Stunde nachholen. Nachdem dieser ohne Probleme selbstständig bewältigt wurde, sollte mit `Schauen und Bauen´ begonnen werden. Obwohl dieser Gruppe keine weiteren Erklärungen gegeben wurden, traten jetzt keine Schwierigkeiten mehr auf.

Auswertung: Das ausgewählte Material war für alle Schülerinnen und Schüler ansprechend und ihren Fähigkeiten angemessen. Die Zusammenarbeit innerhalb der Gruppen war gewährleistet und brachte die erwünschten Resultate. Wie das Beispiel der später dazu kommenden Gruppe zeigte, war auch die zeitliche Abfolge der einzelnen Stundeninhalte sinnvoll. Es zeigte sich, dass das Weglassen eines Zwischenschritts das Unvermögen zur Folge haben kann, den nächsten Schritt zu tun.

Ni. konnte nach einer einführenden Erklärung des Materials alle Aufgaben gemeinsam mit ihrer Gruppe bewältigen. Bei der Bearbeitung der Aufgaben wurde im Gegensatz zu den sehenden Schülerinnen und Schülern nur wenig Zeit mehr benötigt, sodass davon ausgegangen werden kann, dass Ni. sehr gut mit Material und Aufgabenstellung zurecht kam und geforderte Kompetenzen besaß. Die Bearbeitungsweise zeigte, wie wichtig es ist, geeignete Lösungsstrategien zu besitzen. Ni. prüfte bereits erlernte Strategien auf ihre Verwendbarkeit und überlegte sich gegebenenfalls andere Lösungsmöglichkeiten.

Die erzielten Ergebnisse zeigten, dass alle Schülerinnen und Schüler in der Lage waren, aus abstrakten zeichnerischen Darstellungen Informationen zu entnehmen und sie auf räumliche Gebilde umzusetzen.

Einige Schülerinnen und Schüler wechselten immer wieder den Platz um die entsprechende Seitenansicht zu prüfen. Das signalisiert die Wichtigkeit des eigenen Handelns. Man muss erst sich selbst bewegen und seine Lage im Raum definieren, bevor man andere Körper in der Vorstellung bewegen kann. Mit zunehmender Aufgabenzahl wurden die Plätze immer seltener gewechselt, sodass die Denkentwicklung schneller sichtbar wurde als erwartet. Ni. dagegen wechselte bis zuletzt die Plätze. Dies macht bewusst, dass der visuelle Überblick nicht ohne zusätzliche Techniken bzw. Arbeitsschritte zu ersetzen ist. Dennoch zeigt sich auch, dass perspektivische Betrachtungen durchaus möglich sind.

Es wurde verinnerlicht, dass gleiche räumliche Anordnungen von verschiedenen Seiten anders aussehen. Man erkannte außerdem, dass die zeichnerischen Darstellungen von der Seite, anders als bei den Bauplänen, durch Drehen nicht deckungsgleich sind. Die Schülerinnen und Schüler haben gezeigt, dass ihnen der Transfer von ebener zu räumlicher Darstellung und damit verbunden von der abstrakten Darstellung zum konkreten Gegenstand auch in einer anderen Darstellungsform als den Bauplänen gelingt. Ni. hat diesen Transfer ebenfalls erbringen können.

5 Auswertung der Unterrichtseinheit

5.1 Inhaltliche Ergebnisse

Die hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf alle Schülerinnen und Schüler, einschließlich dem Mädchen mit Blindheit. Nur in speziellen Fällen werden gesonderte Anmerkungen zu finden sein.

Bereits nach Legung der Grundlagen machten sich erhebliche Veränderungen im Sprachgebrauch der Schülerinnen und Schüler bemerkbar. Formen konnten einfacher benannt werden, sodass die Beschreibung von Gegenständen und Anordnungen leichter fiel. Im Heimat- und Sachunterricht kam dies besonders zum Tragen. Beispielsweise konnte der Aufbau eines Gutshofs anfänglich nur mühsam mit Hilfe von Händen, Bausteinen oder Bildern beschrieben werden. Nach Einführung der Vierecke benannten die Schülerinnen und Schüler den Aufbau wie folgt: „Der Gutshof ist im Rechteck aufgebaut. An den kurzen Seiten steht ... an den langen Seiten sind ...“. Speziell für Ni. eine erhebliche Erleichterung um Vorstellungen zu gewinnen, da die Informationsfülle durch den Einsatz geometrischer Fachausdrücke gering gehalten werden konnte. Auf der verbalen Ebene konnten Beschreibungen viel schneller nachvollzogen werden und bedurften weniger materiellen Aufwand. Auch Querschnitte von Deichen waren als Dreiecke oder Trapeze besser zu verinnerlichen. Das Spiegeln kam besonders Ni. zugute, denn für sie ist es besonders wichtig zu wissen, was symmetrisch bedeutet und dass viele Gegenstände in ihrer Umwelt so beschaffen sind. Das Ertasten vieler Objekte kann durch diese Kenntnis verkürzt werden.

Die Arbeit mit geometrischen Körpern diente ebenfalls der Verbesserung von Objektbeschreibungen. Die Nennung der Fachbegriffe von Körpern erzeugte bald ein inneres Bild, sodass beispielsweise aus einer Kartoffel ohne weiteres ein Würfel oder ein Quader ausgeschnitten werden konnte.

Die Kenntnis der Eigenschaften geometrischer Formen erleichterte auch die Arbeit mit der Fühlbox, da ertastete Eigenschaften mit einem geometrischen Körper in Verbindung gebracht werden konnten.

Mit Beginn der Arbeit an Körpernetzen richtete sich der Blick auf den Transfer vom Körper zur Ebene und umgekehrt. Das aktive Auseinandersetzen mit dem Lerngegenstand verhalf den Schülerinnen und Schülern dazu in der Vorstellung mit Körpern zu operieren. Sie lernten durch das konkrete Zusammen- und Auseinanderbauen von Quadern und Würfeln die Gesetzmäßigkeiten der Körpernetze kennen, bis sie die konkrete Handlung nicht mehr benötigten. Das gedankliche Zusammenbauen eines Netzes und das Bestimmen der Lage von Seiten erfordert eine gewisse räumliche Vorstellungskraft. Diese erlangten alle Schülerinnen und Schüler im Verlauf der Sequenz. Da die visuelle Wahrnehmung diesen Vorgang wesentlich unterstützt, erbrachte Ni. ohne diese Hilfe eine besondere kognitive Leistung.

Das Verbalisieren ihrer Arbeitsschritte erkannte Ni. als wertvolle Stütze. Diese nutzte sie während der gesamten Einheit.

Eine völlig andere Darstellung räumlicher Gebilde stellten die Baupläne dar. Die Schülerinnen und Schüler erschlossen sich selbstständig die Notationsform und lernten entscheidende Informationen zu entnehmen. Aus einer ebenen, symbolischen Darstellung konnte jetzt auf die äußere Form eines Objekts geschlossen werden. Ein weiterer Schritt in der räumlichen Denkentwicklung war getan.

Nun ging es daran die Perspektive ins Spiel zu bringen. Der Einstieg gelang durch die einfache Seitenansicht. Schrägbilder sollten vorerst keine Rolle spielen und zu einem späteren Zeitpunkt gesondert behandelt werden. Mittels des immer wieder spielerischen, konkreten und selbst kontrollierbaren Umgangs mit Materialien und der Arbeit auf kombinierten Abstraktionsebenen erwarben auch hier alle Schülerinnen und Schüler Kenntnisse und Erfahrungen, die ein relativ umfangreiches räumliches Vorstellungsvermögen zur Folge hatten.

Um das räumliche Vorstellungsvermögen der Schülerinnen und Schüler zu prüfen, wandte ich zu Beginn jeder Geometriestunde die Kopfgeometrie an. Ich ließ die Kinder beispielsweise in Gedanken farbige Würfel und Quader betreten oder auf ihnen herumklettern. Anschließend fragte ich ab, wo sie sich jetzt befinden würden oder welche Farbe die Wand vor ihnen hat. Die durchweg richtigen Lösungen und die Ergebnisse der vorangegangenen Übungsaufgaben bestätigten letztlich den Erfolg der Einheit.

5.2 Gemeinsames Lernen

Die Frage, ob ein gemeinsames Lernen von Sehenden und Blinden am gleichen Lerngegenstand auch im Geometrieunterricht möglich ist, beantwortet sich sicherlich schon durch die erzielten Lernerfolge. Dennoch möchte ich nochmals ausdrücklich darauf hinweisen, dass bei keiner Aufgabe zusätzliches Material oder besondere Hilfen durch eine Lehrkraft gegeben wurde. Lediglich adaptierte Materialien, die aber gleichermaßen von jedem Klassenmitglied genutzt werden konnten, standen zur Verfügung. Dadurch war ein ungehindertes Miteinander in allen Arbeitsphasen möglich. Die Auswahl der eingesetzten Medien ist demnach von ganz besonderer Bedeutung und beeinflusst den Erfolg einer Zusammenarbeit erheblich. Ein weiterer entscheidender Aspekt ist die Partner- und Gruppenzusammensetzung. Die Arbeitsatmosphäre kann nur entspannt sein, wenn die Gruppen- bzw. Partnerzuteilungen stets gut durchdacht sind und Schülerinnen und Schüler voneinander profitieren können.

Das zielgleiche, gemeinsame Lernen von Sehenden und Blinden am gleichen Lerngegenstand mit nahezu identischem Material ist in der beschriebenen Einheit gelungen.

6. Schlussbemerkung

Die beschriebene Unterrichtseinheit hat nicht nur einen hohen Beitrag zur Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens geleistet, sondern auch Schülerinnen, Schülern und Lehrkräften Freude bereitet. Darüber hinaus profitierten alle Beteiligten fächerübergreifend von geometrischem Wissen und Vokabular. Die uneingeschränkte Integration des Mädchens mit Blindheit war zu jeder Zeit gewährleistet. Da dies gerade in dem für Sehgeschädigte so schwierigen Bereich der Geometrie gelungen ist, soll dieser Erfolg dazu ermuntern sich integrativen Herausforderungen zu stellen.

7 Literaturverzeichnis

- Baasch, Ulrike: Unsichtbare Geometrie. Aspekte zur Förderung der Vorstellung von Flächeninhalten bei einem Kind mit Blindheit in der fünften Gymnasialklasse
- Bergmann, Hans: Training Geometrie 5./ 6. Schuljahr; Stuttgart 1988
- Carniel/ Knappstein/ Spiegel: „Räumliches Denken Fördern“
- Cornelsen Verlag: Arbeitsheft Geometrie für das 1. Schuljahr; Berlin 1992
- Cornelsen Verlag: Arbeitsheft Geometrie für das 2. Schuljahr; Berlin 1992
- Cornelsen Verlag: Arbeitsheft Geometrie für das 3. Schuljahr; Berlin 1992
- Cornelsen Verlag: Arbeitsheft Geometrie für das 4. Schuljahr; Berlin 1992
- Cornelsen Verlag: Stützpfeiler Mathematik, Geometrie 1; Düsseldorf 1995
- Cornelsen Verlag: Stützpfeiler Mathematik, Geometrie 2; Düsseldorf 1996
- Csocsán, Emmy: Mathematik mit blinden und sehbehinderten Kindern, Theoretische Hintergründe und Anwendungsmöglichkeiten; Dortmund 1998
- Csocsán, Emmy: Didaktik der Mathematik für Kinder mit einer Sehschädigung; Dortmund 2001

- Ebert, Bernd/ König, Hans-Walter: Pädagogische Diagnostik in Handlungsfeldern – aufgezeigt am Beispiel „Sich in Raum und Zeit orientieren“; Kronshagen

- Eggert, Dietrich/ Bertrand, Lucien: RZI-Raum-Zeit-Inventar; Dortmund 2002

- Gallinat, Hans-Jochen: Methodische Modelle, IPTS 22, Mönkeberg 2001

- Hahn, Volker F.: Handlungsorientierung als didaktischer Kern der Anschauung im Mathematikunterricht mit blinden Kindern – ein Theorie-Praxis-Exempel; in: Kongressbericht des 32. Kongresses der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen; Nürnberg 3.-7. August 1998

- Hahn, Volker F.: Ikonisch-mediale Unterstützung Blinder beim Mathematik lernen – der neue Geometrie-Atlas; in: blind sehbehindert, 3/2004, 188-203

- Maier, Peter H.: Räumliches Vorstellungsvermögen; Donauwörth 1999, 1. Auflage, Auer Verlag

- Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein (1997): Lehrplan Grundschule, Kiel

- Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein (1997): Lehrplan Mathematik, Kiel

- Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein (2001): Lehrplan Sonderpädagogische Förderung, Kiel

- Müller/ Röhr/ Wittman: Schauen und Bauen; Geometrische Spiele mit Quadern; Klett Verlag 2001
- Piaget, Jean; Inhelder, Bärbel: Die Entwicklung des räumlichen Denkens beim Kinde; Stuttgart 1993, 2.Auflage, Klett-Cotta
- Radatz/ Rickmeyer: Handbuch für den Geometrieunterricht an Grundschulen; Hannover 1991, Schroedel
- Radatz/ Schipper/ Dröge/ Ebeling: Handbuch für den Mathematikunterricht 1. Schuljahr; Hannover 2000, Schroedel
- Radatz/ Schipper/ Dröge/ Ebeling: Handbuch für den Mathematikunterricht 2. Schuljahr; Hannover 2002, Schroedel
- Radatz/ Schipper/ Dröge/ Ebeling: Handbuch für den Mathematikunterricht 3. Schuljahr; Hannover 2003, Schroedel
- Radatz/ Schipper/ Dröge/ Ebeling: Handbuch für den Mathematikunterricht 4. Schuljahr; Hannover 2004, Schroedel
- schroedel Verlag: Geo-Profi, Geometrie 1.und 2. Schuljahr; Hannover 2000
- schroedel Verlag: Geo-Profi, Geometrie 3.und 4. Schuljahr; Hannover 2001
- Stückrath, Fritz: Kind und Raum, Psychologische Voraussetzungen der Raumlehre in der Volksschule; München 1963, 2. Auflage, Kösel Verlag KG

- Taimuri Sandes, Astrid: Spiel als Integrationsfaktor für ein blindes Kind im Mathematikunterricht einer 1. Grundschulklasse – Dargestellt an einer Unterrichtseinheit zur Menge-Zahl-Zuordnung; Hamburg 1995

- westermann Verlag: Felix und Felicitas, Arbeitsheft Geometrie; Braunschweig 2000

- westermann Verlag: Geometrie, Aufgabensammlung Grundschule; Braunschweig 2000

- westermann Verlag: Felix und Felicitas, Arbeitsheft Geometrie 1/ 2; Braunschweig 2002

8 Anhang

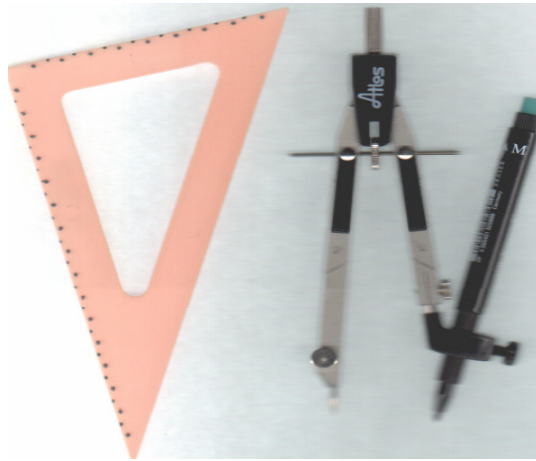


Abb.1: Zeichenmaterial



Abb.2: Hilfsmittel zum tastbar machen von Linien
 von links: Holzleim (erhabene transparente Linie)
 Plusterpen (erhabene farbige Linie)
 Kopierradchen (Linie perforiert)

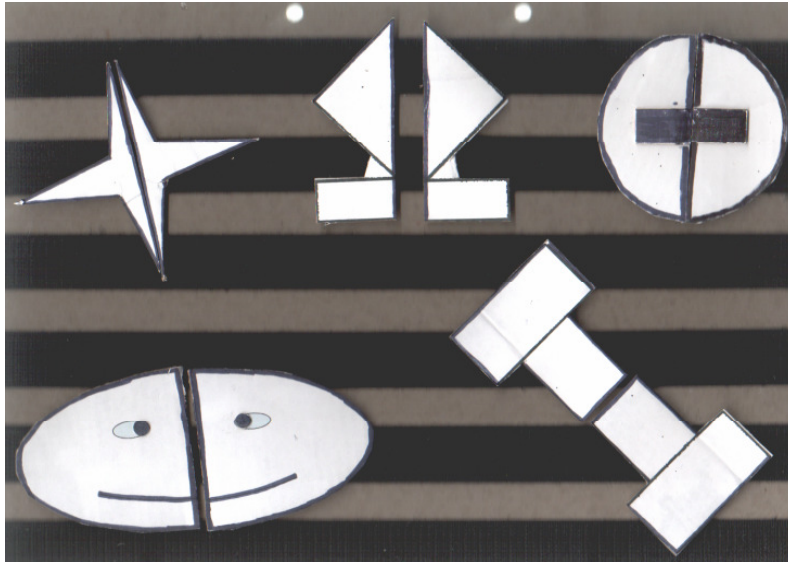


Abb.3: Spiegelbilder
Pappschablonen mit tastbaren Linien wurden mittels Klettband fixiert.

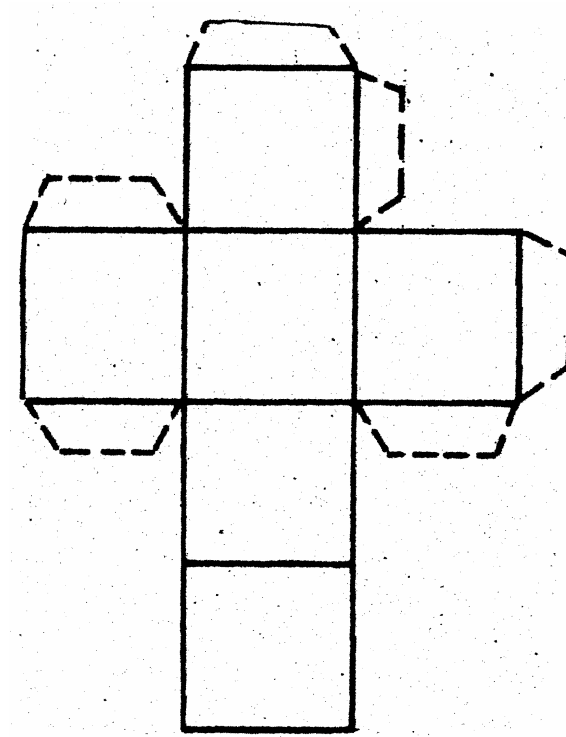


Abb.4: Beispiel eines Würfelnetzes zum Ausschneiden und Zusammenbauen
Die Umrandungen sind durch Plusterpen tastbar, innere Linien sind geradelt und dadurch gut faltbar.



Abb.5: Vierling aus Steckwürfeln

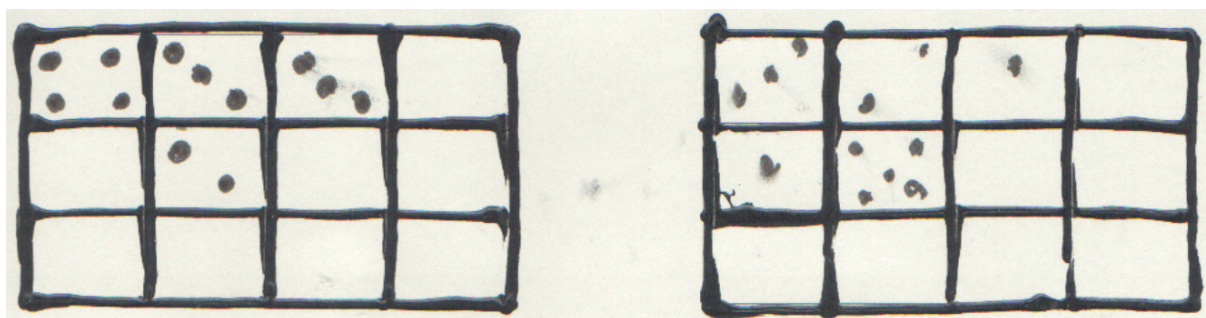


Abb.6: Einträge in Bauplanraster

Die Raster selbst sind durch Plusterpen erhaben, die Einträge haben Ni. und ihre Partnerin mit Filzstift vorgenommen.



Abb.7: Weitere Notationsmöglichkeit eines Bauplans
Das Raster ist durch Plusterpen erhaben,
Einträge parallel in Schwarzschrift und Braille
vorgenommen.

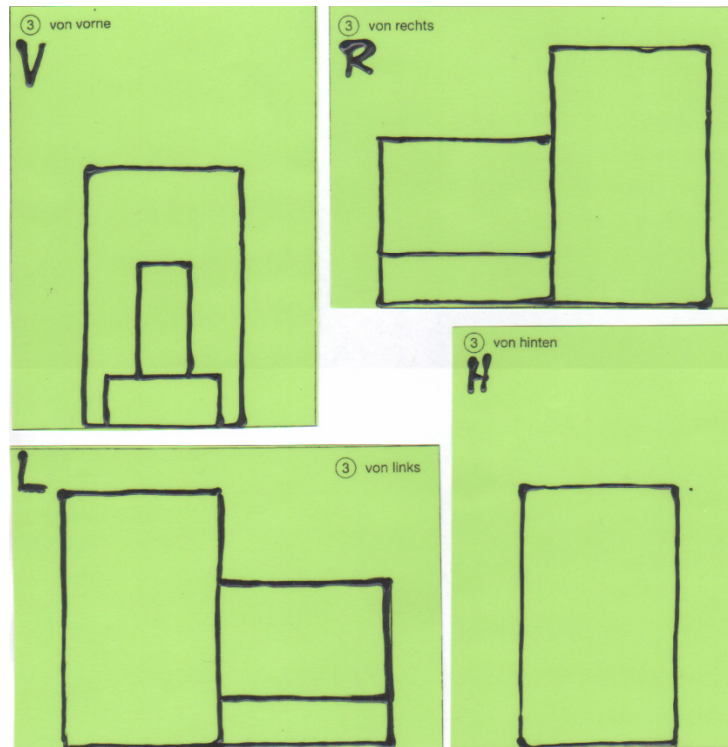


Abb.8: Karten mit Seitenansichten von Papprolle und Streichholzschachteln
 Linien sind mit schwarzem Plusterpen tastbar gestaltet.
 Neben den erhabenen Schwarzschriftbuchstaben ist
 Brailleschrift geprägt (hier nicht sichtbar).

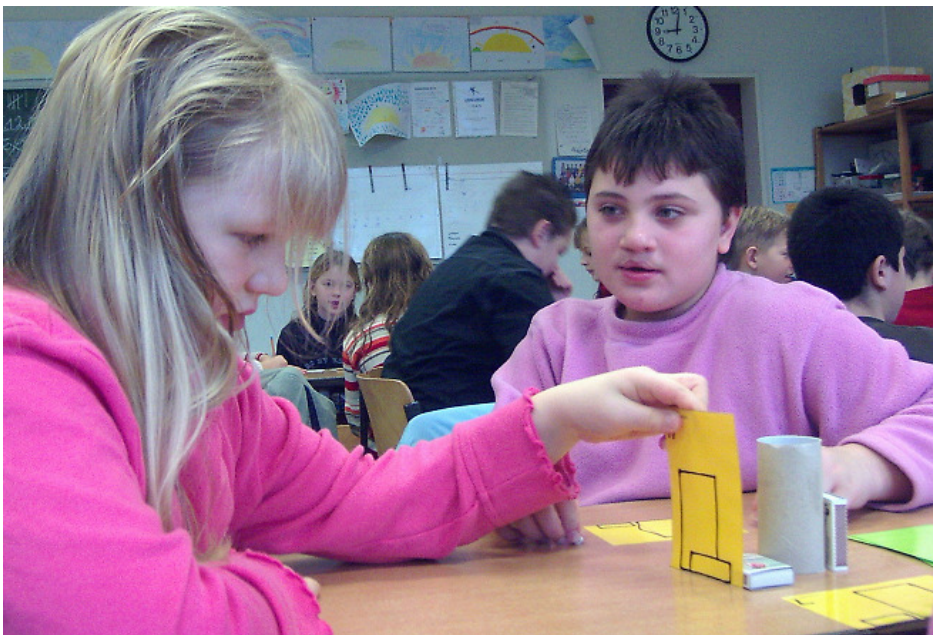


Abb.9: Ni. und Vi. beim Nachbau einer Seitenansicht

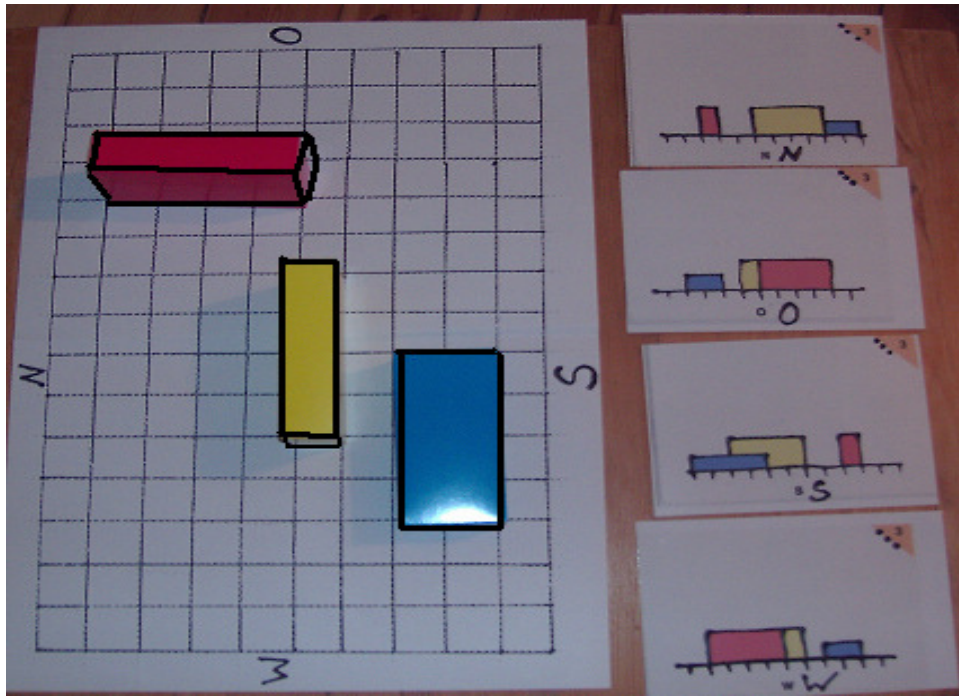


Abb.10: Schauen und Bauen

Linien des Spielfelds zusätzlich geradelt,
 Kanten der Quader geschwärzt,
 Linien der Seitenansichten mit Plusterpen verstärkt,
 Schwarzschrift und Braille jeweils parallel verwendet

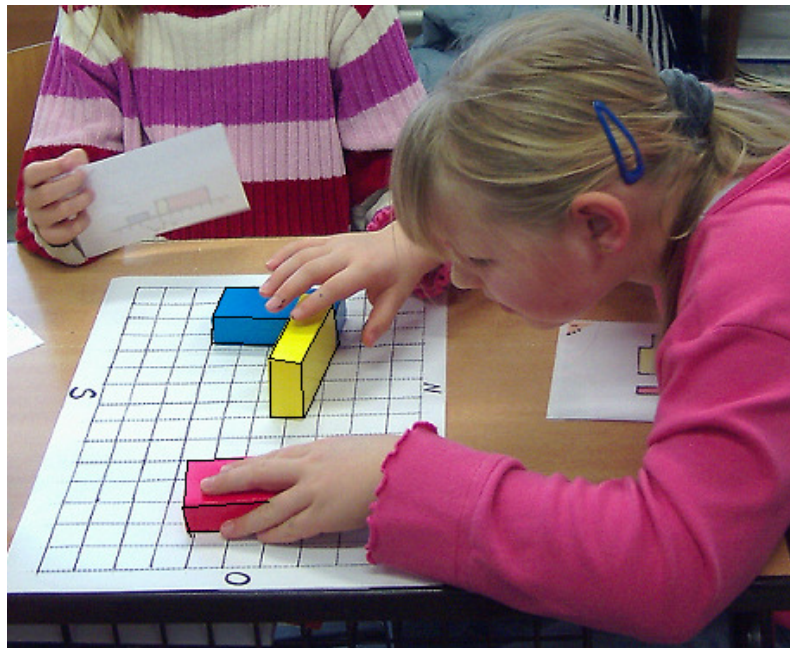


Abb.11: Ni. baut eine Seitenansicht beim Spiel `Schauen und Bauen´ nach.

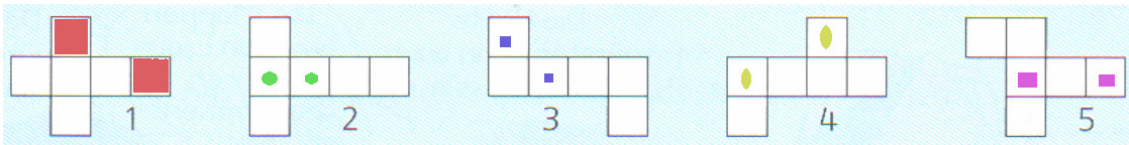


Abb.12: Wie werden die markierten Flächen beim fertigen Würfel zueinander liegen?

Für Ni. wurden Netze und Markierungen vergrößert und zusätzlich tastbar gestaltet.

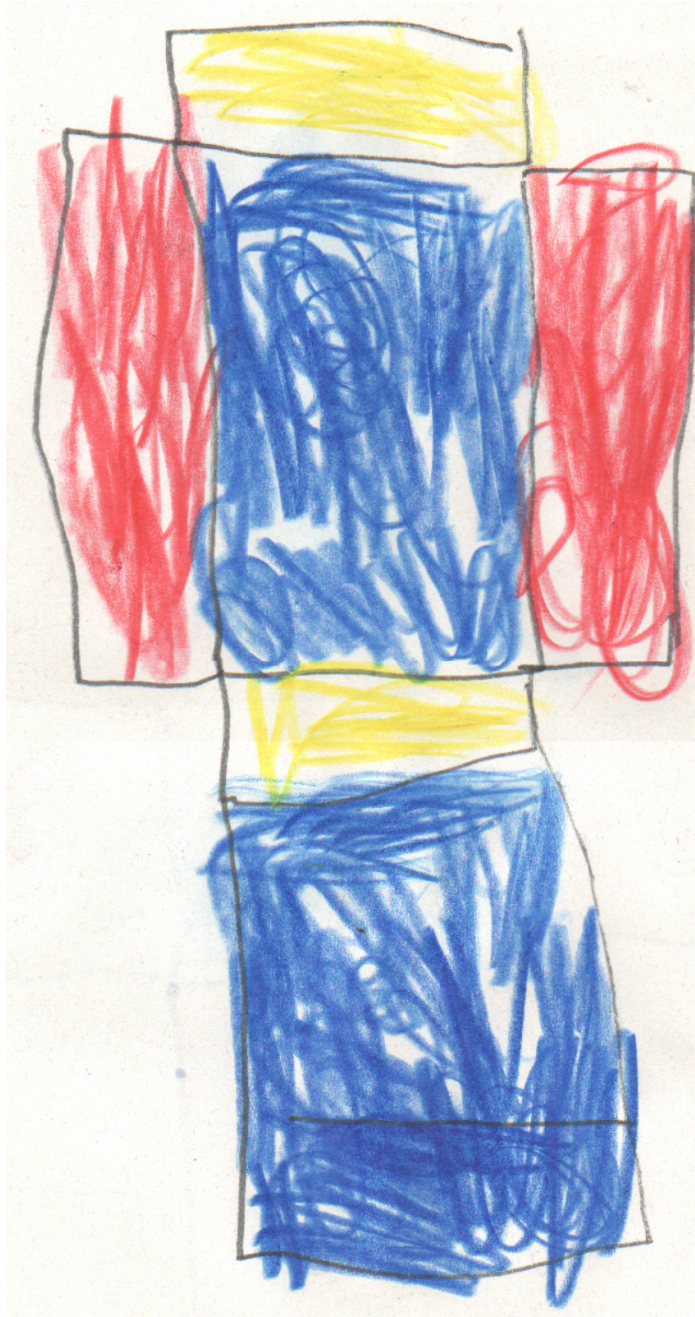


Abb.13: Zeichnung eines Quadernetzes von Ni.
Aufgabe war es das Netz eines Quaders zu zeichnen,
dessen gegenüberliegende Seiten die gleiche Farbe haben.