

FORSCHUNGSBERICHT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Nr. 2924/Fachgruppe Geisteswissenschaften

Herausgegeben vom Minister für Wissenschaft und Forschung

Dr. paed. Dipl. Math. Hans Koops
Prof. Dr. rer. nat. Dipl. Math. Peter Sorger

Pädagogische Hochschule Westfalen Lippe
Abteilung Münster

Fallstudien zum mathematischen Fähigkeitsfaktor
Räumliches Vorstellungsvermögen
bei sechs- bis achtjährigen Schülern



Westdeutscher Verlag 1980

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Koops, Hans:

Fallstudien zum mathematischen Fähigkeitsfaktor Räumliches Vorstellungsvermögen bei 6 - 8jährigen Schülern / Hans Koops ; Peter Sorger.
- Opladen : Westdeutscher Verlag, 1980.

(Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen ; Nr. 2924 : Fachgruppe Geisteswiss.)

ISBN-13: 978-3-531-02924-5 e-ISBN-13: 978-3-322-88207-3

DOI: 10.1007/978-3-322-88207-3

NE: Sorger, Peter:

© 1980 by Westdeutscher Verlag GmbH, Opladen
Gesamtherstellung: Westdeutscher Verlag

ISBN-13: 978-3-531-02924-5

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
2. Fähigkeitsbereich Räumliches Vorstellungsvermögen...	3
2.1 Der wahrnehmungspsychologische Ansatz OLSONs.....	3
2.2 Entwicklung der bildlichen Repräsentation räumlicher Objekte.....	9
3. Planung und Durchführung einer Untersuchung.....	21
3.1 Grobstrukturierung des Untersuchungsvorhabens.....	21
3.2 Ein Vorversuch.....	27
3.3 Aufbau der Hauptuntersuchung.....	30
3.4 Gewinnung des Untersuchungsmaterials.....	36
3.5 Durchführung der Hauptuntersuchung.....	47
3.6 Verarbeitung und Auswertung des Datenmaterials.....	48
4. Auswertung.....	51
4.1 Testergebnisse.....	51
4.2 Aktivitätsbereich konkrete Würfel.....	56
4.3 Aktivitätsbereich Plättchenmaterial.....	84
4.4 Aktivitätsbereich Zeichnung.....	147
4.5 Zusammenhang zwischen den Aktivitätsformen.....	161
5. Zusammenfassung.....	165
Anmerkungen.....	169
Literaturverzeichnis.....	173
Anhang.....	177
A Tests zum räumlichen Vorstellungsvermögen von FREUND/SORGER.....	178
B Beobachtungsbögen.....	190
C Protokoll einer Untersuchungssequenz (US 3) für eine Versuchsperson (Kristof).....	197
D Kriterien für die Leistungsbewertung beim Aktivitätsbereich Plättchenmaterial.....	212
E Statistische Tabellen.....	216

1. Einleitung

Die vorliegende empirische Untersuchung schließt an teststatistische Untersuchungen zum mathematischen Fähigkeitsspektrum 6 - 8jähriger Schüler von FREUND/SORGER ([5], [6]) an, deren Auswertung im Rahmen eines ebenfalls vom Lande NRW geförderten Forschungsvorhabens vorgenommen wurde ([2]).

Der dort durchgeführte faktorenanalytische Ansatz erwies sich - vor allem für die betrachtete Altersstufe - als unbefriedigend; insbesondere liefert er keine Aussagen über Vorgehensweisen und Strategien, die von den Schülern beim Lösen entsprechender Aufgaben vollzogen werden (vgl. [14], [15]).

In der hier dargestellten Untersuchung wird daher eine Veränderung des Untersuchungsansatzes vorgenommen. Ihr Ziel besteht nicht in der Identifizierung statistisch abgesicherter Fähigkeitsfaktoren, vielmehr werden einzelne (durch Klassen von Aufgaben mit inhaltlich homogenen Leistungsanforderungen charakterisierte) Fähigkeitsbereiche einer auch qualitative Aspekte des Lösungsprozesses berücksichtigenden Analyse unterzogen.

Eine erste Konkretisierung der veränderten Untersuchungsrichtung erfolgt hier in bezug auf den Fähigkeitsbereich Raumvorstellung¹⁾. Die erstaunlich guten Leistungen der Erstkläßler in den Tests zum räumlichen Vorstellungsvermögen von FREUND/SORGER hinsichtlich der Fähigkeit zur Analyse perspektivischer Darstellungen räumlicher Objekt(e) (-konfigurationen) legten es nahe, diesen Bereich anhand von Aufgabenstellungen, die in stärkerem Maße konstruktive Aktivitäten beinhalten, detaillierter zu untersuchen.

Die inhaltliche Strukturierung der Untersuchung orientiert sich dabei an der Theorie OLSONs ([22]) über die Abhängigkeit einer jeglichen (mathematischen) Aktivität von dem Medium, in dem sie vollzogen wird.

Unter Medium ist ein Bereich zu verstehen, dem einschlägige Informationen entnommen oder in dem gewonnene Informationen verarbeitet werden, z. B. die Sprache, die konkrete Handlung, das Zeichnen oder die Notation auf dem Arbeitsblatt. Jedes Medium erfordert zu seiner Beherrschung die Berücksichtigung

einer bestimmten Klasse von Teilinformationen; Medien mit erhöhtem Anspruchsgrad zeichnen sich durch eine größere Anzahl zu beachtender Informationen aus.

Die inhaltliche Anlage der Untersuchung ergibt sich als Konkretisierung dieses Ansatzes auf den Bereich der Wahrnehmung und Konstruktion räumlicher Objekt(e) (-konfigurationen) und deren ebener Darstellung: es soll die Fähigkeit der Schüler untersucht werden, Würfel(konfigurationen), die in verschiedenen Medien (konkrete Würfel, Zeichnung sowie ein neu entwickeltes Plättchenmaterial) vorgegeben sind, in einem anderen dieser Medien zu reproduzieren. Dabei interessieren vor allem zwei Fragestellungen: zum einen die Abhängigkeit der Rekonstruktionsleistungen von dem Bereich, in dem sie durchgeführt werden, zum anderen der Einfluß, den die Art der Informationsdarbietung auf das Rekonstruktionsverhalten der Versuchspersonen ausübt.

Methodisch liegt der Schwerpunkt dieses Ansatzes in der Herstellung einer Synthese zwischen bisher scheinbar unvereinbaren Untersuchungsmethoden: der qualitativen (sich an individuellen Prozeßabläufen orientierenden) Analyse und der quantitativen (an der Gewinnung statistisch gesicherter Aussagen interessierten) Analyse.

Eine derartige Synthese wird erreicht:

- durch eine systematische Beobachtung auch prozessualer Aspekte des Lösungsvorganges, welche die Möglichkeit sowohl zu qualitativen Bewertungen von Lösungsstrategien als auch zur quantitativen Erfassung bestimmter Prozeßkomponenten gibt
- durch den Einbau der Tests von FREUND/SORGER in die Gesamtuntersuchung.

Der vorliegende Band gliedert sich in drei Teile.

Zunächst wird auf die vorliegenden theoretischen Konzepte und empirischen Befunde eingegangen, die für eine inhaltliche Einordnung der geplanten Untersuchung von unmittelbarer Bedeutung sind²⁾ (Kapitel 2), anschließend wird die eigene Untersuchung in ihrer Planung und Durchführung dargestellt (Kapitel 3) sowie deren Auswertung vorgenommen (Kapitel 4).

Da zu dem in dieser Untersuchung angesprochenen Fragenkomplex kaum Vorerfahrungen vorliegen, auf deren Grundlage eine gezielte Hypothesenbildung erfolgen könnte, besitzt die vorliegende Studie vorwiegend hypothesengenerierenden Charakter. Auf eine Hypothesenformulierung (im statistischen Sinne) wird verzichtet; eine gezielte Überprüfung der hier gewonnenen Resultate müßte weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

2. Fähigkeitsbereich Räumliches Vorstellungsvermögen

In diesem Abschnitt wird der allgemeine theoretische Ansatz vorgestellt, der der geplanten Untersuchung zugrunde liegt, und anschließend auf spezielle Teilaspekte, die in unmittelbarer inhaltlicher Beziehung zu der eigenen Untersuchung stehen, eingegangen. Eine umfassende Darstellung auch anderer Raumvorstellungskonzepte wird in ([12]) gegeben.

2.1 Der wahrnehmungspsychologische Ansatz OLSONs

OLSON ([22]) sieht in seiner Interpretation der kognitiven Entwicklung - im Gegensatz etwa zu PIAGET ([23]) - Wahrnehmung und Vorstellung als ein einheitliches, nicht trennbares Konzept.

Grundlage seines Ansatzes bildet die Differenzierungstheorie des Wahrnehmungslernens, wie sie etwa von GARNER ([8]), E.J. GIBSON ([9]) und J.J. GIBSON ([10]) vertreten wird. Es ist daher notwendig, auf diesen wahrnehmungstheoretischen Ansatz kurz einzugehen.

Nach E.J. GIBSON beinhaltet Wahrnehmung zwei Aspekte: das Erscheinen eines Ereignisses oder Objektes vor dem Organismus sowie die Aufnahme des Erscheinenden durch den Organismus. Vom Individuum wirklich aufgenommen werden dabei nicht die gesamten wahrnehmbaren Informationen, sondern nur bestimmte Merkmale eines Objektes. Berücksichtigt werden solche Merkmale, die es gestatten, ein Objekt von anderen, ähnlichen zu differenzieren.

Die Wahrnehmung eines Objektes erfolgt demnach nicht für sich isoliert, sondern in bezug auf ein Bündel von Alternativen, die das dem Betrachter Wesentliche des Betrachteten ausmachen. Je mehr wahrnehmungsmäßig gewonnene Informationen berücksichtigt werden, d.h. je größer die Zahl der Alternativen ist, zwischen denen differenziert wird, um so besser wird ein Objekt wahrgenommen, d.h. von ähnlichen Objekten unterschieden.

Die Entwicklung der Wahrnehmung läßt sich somit als Fähigkeit, zunehmend mehr Informationen zu berücksichtigen, umschreiben. So würde sich etwa die Entwicklungsfolge bezüglich der Identifizierung einer gerichteten Strecke idealisiert wie in Abb. 1 darstellen.

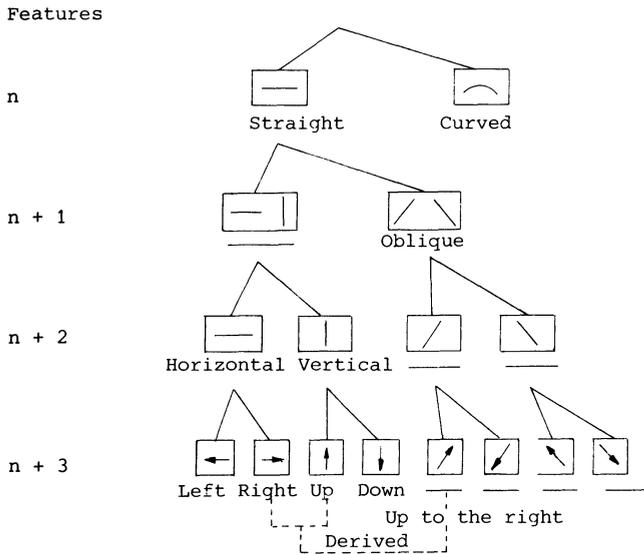


Abb. 1: Hypothetische Entwicklungsfolge des Konzepts der gerichteten Strecke (aus: OLSON [22], S. 178)

Empirisch wird dieser Ansatz unter anderem durch Untersuchungen gestützt, in denen die Augenbewegungen der Versuchspersonen bei der visuellen Wahrnehmung von Bildern verfolgt werden (OLSON [22], E.J. GIBSON [9], VERNON [26]). Danach erforschen Kinder bis etwa 7 Jahren das Wahrnehmungsfeld planlos und überwiegend global und neigen dazu, mit ihrem Blick an einem einzigen dominanten Merkmal haften zu bleiben, während Erwachsene in der Lage sind, ein Objekt hinsichtlich der Merkmale, die in dem jeweiligen Zusammenhang von Bedeutung sind, visuell systematisch zu untersuchen. Diese inadäquate Strategie jüngerer Kinder ist nach GIBSON darauf zurückzuführen, daß sie mangels genauer Vorstellungen über die Gesichtspunkte, auf die geachtet werden muß, d.h. über die möglichen Alternativen, nicht fähig sind, sich auf die Eigenschaften, die zur Identifikation eines Objektes wesentlich sind, zu konzentrieren und die jeweils irrelevanten Merkmale zu vernachlässigen.

Dieselben Mechanismen, die nach GIBSON und anderen die Entwicklung der Wahrnehmung erklären, legt nun OLSON auch für den größeren Bereich der kognitiven Entwicklung zugrunde.

Danach sind Intelligenzleistungen von Wahrnehmungs- (Erkennungs-) leistungen allein dadurch zu unterscheiden, daß bei ihnen andersartige, insbesondere eine größere Zahl von Informationen beachtet werden müssen. "Performing an act such as copying, making or speaking requires different perceptual information than the act of perceiving or recognizing an event amongst a set of simple alternatives" ([22], S. 183).

Die empirischen Grundlagen dieser Theorie bilden mehrere Untersuchungen OLSONs zur Konstruktion der Diagonalen bei jüngeren Kindern. Die Beziehung zwischen wahrnehmungsgeprägten Verhaltensweisen und solchen, die in stärkerem Maße Vorstellungsakte beinhalten, wird besonders deutlich an den Rekonstruktionsversuchen jüngerer Versuchspersonen mit Hilfe verschieden gestalteter Steckbretter (Abb. 2).

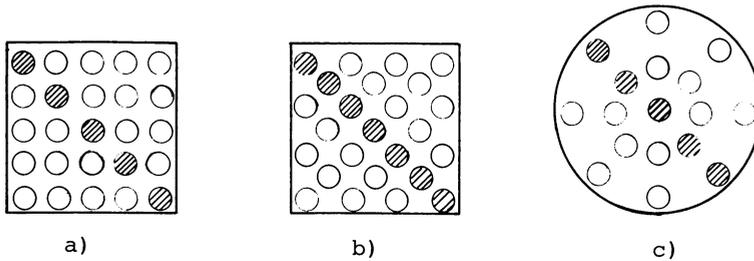


Abb. 2: Verschiedene Formen von Steckbrettern
(aus: OLSON [22], S. 26)

3-5jährige erhielten die Aufgabe, bei den Steckbrettern a) und b) jeweils eine Kante, eine "innere" Zeile oder Spalte und eine Diagonale sowie bei Steckbrett c) die Horizontale, Vertikale und Diagonale zu rekonstruieren.

Die Ergebnisse zeigen, daß

1. bei den Steckbrettern a) und b) jeweils die Kante am leichtesten und die Diagonale am weitaus schwierigsten zu rekonstruieren ist
2. das runde Steckbrett sich - insbesondere hinsichtlich der Diagonalen - als einfacher erweist als die beiden anderen und
3. Kinder, die eine Aufgabe korrekt lösen, in der Regel auch die leichtere(n) Aufgabe(n) bewältigen.

Offenbar berücksichtigen Kinder bei ihren Rekonstruktionen zunächst stark wahrnehmungsgebundene Merkmale wie Kante, Parallelität zu Bezugsachsen und Nähe und werden erst allmählich fähig, über solche elementaren Merkmale hinaus detailliertere Informationen, d.h. Informationen mit einem größeren Reservoir an Alternativen zu verwerten, die benötigt werden, um etwa die Diagonale korrekt nachstecken zu können.

Ein Scheitern bei einer bestimmten Aufgabenstellung führt OLSON demnach darauf zurück, daß dem Individuum die Informationen, die zur Lösung benötigt werden, (noch) nicht zur Verfügung stehen.

Betrachtet man z.B. die Aufgabentypen

a) Erkennen einer Diagonalen (aus mehreren vorgegebenen Figuren)

b) Rekonstruktion einer Diagonalen mittels Steckbrett und

c) zeichnerisches Rekonstruieren einer Diagonalen

so läßt sich der festgestellte deutlich wachsende Anspruchsgrad damit erklären, daß bei a) je nach angebotenen Alternativmustern nur isolierte Einzelaspekte zu beachten sind, bei b) bereits an mehreren Stellen (bei jedem zu setzenden Stecker) eine kleine Anzahl von Alternativen vorliegt, während bei zeichnerischen Wiedergaben zu jedem Zeitpunkt der Aktivität unendlich viele mögliche Alternativen existieren, die durch die ausschließliche Beachtung von Teilinformationen nicht mehr differenziert werden können, sondern die Berücksichtigung eines Gesamtsystems von Informationen erfordern.

Die an diesem Beispiel deutlich sichtbare Abhängigkeit einer Leistung von dem Medium, in dem sie vollzogen wird, spielt bei OLSON eine zentrale Rolle. Unter Medium versteht OLSON dabei "a range or a domain of performatory activity" ([22], S. 184), also einen Bereich, in dem (kognitive) Aktivität aufgrund wahrnehmungsmäßig gewonnener Informationen erwartet wird. Medien in diesem Sinne bilden z.B. kulturelle Errungenschaften wie Zeichnen, Sprechen, Zählen aber auch Bereiche wie Fortbewegen und Fangen. Jedes dieser Medien erfordert zu seiner Bewältigung die Berücksichtigung anderer, spezifischer Informationen. Anforderungen jeglicher Art dürfen daher nach OLSON nicht isoliert, sondern nur in einem Zusammenhang mit dem zugrunde liegenden Medium gesehen werden. Der Begriff der Intelligenz, wie sie etwa in Intelligenztests gemessen wird, erscheint unter diesem Blickwinkel als Ausdruck der Fähigkeit, bestimmte Medien, die in unserer Kultur eine zentrale Stellung einnehmen, zu beherrschen.

Wie bei PIAGET besitzt die Handlung (hier innerhalb eines Mediums) dabei eine entscheidende Funktion. Nach OLSON ist es jedoch nicht die Handlung selbst, die verinnerlicht wird, sondern die Handlung schafft nur die Möglichkeit, sich der jeweils relevanten Alternativen bewußt zu werden und weitere benötigte

Informationen zu sammeln, was durch bloßes Betrachten allein nicht geleistet werden kann. So sind z.B. euklidische und projektive Begriffe wie rechter Winkel, Quadrat und Perspektive entwicklungsgeschichtlich erst zu dem Zeitpunkt entstanden, als versucht wurde, Objekte, die diese Eigenschaften beinhalten, zeichnerisch darzustellen (vgl. 2.4.2). Auch andere Medien (Zahlensystem, Sprache) sind in ihren grundlegenden Eigenschaften nur dadurch erkannt (und weiterentwickelt) worden, daß versucht wurde, in ihnen zu arbeiten.

Obwohl die Konzeption OLSONs gerade unter dem Aspekt der Medienabhängigkeit intellektueller Leistungen wichtige, vermutlich auch für die didaktische Praxis auswertbare Strukturierungsgesichtspunkte und Interpretationsmöglichkeiten liefern dürfte, läßt sie eine Reihe von Fragen offen, die teilweise auf mögliche Ansatzpunkte weiterer Forschungen hinweisen.

Einige Punkte seien hier aufgeführt.

1. Der Ansatz OLSONs liefert keine überzeugende Erklärung über die Mechanismen, die es ermöglichen, zunehmend umfangreichere Informationen zu berücksichtigen und die jeweils benötigten Informationen aus dem gesamten zur Verfügung stehenden Potential abzurufen.
2. OLSON sieht seinen Ansatz als grundlegend für intellektuelle Prozesse jeglicher Art, konkretisiert und überprüft ihn jedoch nur im Hinblick auf Rekonstruktionsleistungen, speziell bezüglich des Diagonalenkonzeptes.
3. OLSON sieht den Begriff des Mediums vorwiegend in dessen Eigenschaft als Bereich, in dem Aktivitäten durchgeführt werden. Daneben kann ein Medium jedoch auch eine passive Funktion übernehmen, indem es als Bereich dient, dem die zu verarbeitenden Informationen entnommen werden, wie z.B. bei Rekonstruktionsaufgaben die Sprache, eine fertige Lösung oder das Vorführen eines Lösungsvorganges es sein können. OLSON betont zwar den Einfluß, den die Art der Informationsdarbietung und Instruktion auf die geforderte Leistung ausüben kann, bezieht diesen Aspekt

allerdings nicht in seine Untersuchungen mit ein. "An exhaustive list of these media, an assessment of their effects in different types of performatory acts and a theory of their interrelationships would be a suitable goal for a theory of instruction." ([22], S. 201)

Die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens durchgeführte Untersuchung knüpft in ihrer inhaltlichen Gestaltung an die beiden zuletzt genannten Punkte an.

Ihre Zielsetzung besteht darin, Rekonstruktionsleistungen im Zusammenhang mit räumlichen Objekten und deren ebenen Darstellungen in Abhängigkeit von verschiedenen Medien zu untersuchen, wobei eine systematische Variation der eingesetzten Medien hinsichtlich beider in 3. erwähnten Komponenten eingeplant ist.

Der genaue Aufbau der Untersuchung wird in Kapitel 3 geschildert; zuvor soll noch auf vorliegende Befunde zu dem speziellen inhaltlichen Problemkreis, in den diese Untersuchung einzuordnen ist, eingegangen werden.

2.2 Entwicklung der bildlichen Repräsentation räumlicher Objekte

Eine zentrale und vielfältige Funktion in dem in diesem Abschnitt angesprochenen Bereich räumlich-visueller Wahrnehmungen und Konstruktionen nimmt der Begriff des Bildes ein. In dem hier diskutierten Zusammenhang lassen sich dem Terminus "Bild" die folgenden vier unterschiedlichen Bedeutungen zuordnen:

1. die ebene Darstellung räumlicher Gegebenheiten, etwa in Form von Fotos, Zeichnungen, Gemälden oder Grafiken,
2. das optische Muster, das bei der Wahrnehmung räumlicher Situationen auf der Netzhaut des Auges (als eine Art Negativ) entsteht,
3. die unmittelbare Verarbeitung eines solchen Musters durch die Mechanismen des Sehapparats und des Gehirns, die bereits zu einer Filterung, Organisation und auch Interpretation der wahrgenommenen Informationen führt, jedoch an die visuelle Präsenz des Objektes gebunden ist und

4. die (gedächtnishafte) gedankliche Vorstellung einer Situation oder eines Objektes, die Voraussetzung für jede über die Wahrnehmung hinausgehende "räumliche" Aktivität ist.

Aus dem vielfältigen Beziehungsgeflecht zwischen diesen Komponenten sind in bezug auf die eigene empirische Untersuchung zwei Fragenkomplexe von besonderer Bedeutung, auf die näher eingegangen werden soll: zum einen der Bereich der Wahrnehmung bildlicher Darstellungen räumlicher Gebilde (Zusammenhang zwischen Aspekt 1 und den Aspekten 2 und 3), zum anderen die zeichnerische (Re-) Konstruktion dreidimensionaler Objekte (Zusammenhang besonders der Aspekte 1 und 4).

2.2.1 Wahrnehmung

Zwischen der visuellen Wahrnehmung realer (räumlicher) Situationen und der Wahrnehmung entsprechender zweidimensionaler (etwa fotografischer) Darstellungen bestehen einige erhebliche Differenzen.

Ein grundlegender Unterschied wird durch die Tatsache bewirkt, daß die Funktionsweisen des Auges und der Linse einer Kamera nicht vergleichbar sind, das mittels Wahrnehmung gewonnene Bild also nicht einer Fotografie entspricht. Das Auge liefert im Gegensatz zu einer Fotoaufnahme kein starres, globales Bild, sondern spielt beim Informationsaufnahme-prozeß eine überaus aktive Rolle (vgl. 2.1). Zu jedem Zeitpunkt erscheint nur ein Ausschnitt des gesamten Wahrnehmungsfeldes auf der Netzhaut scharf und deutlich; erst die Bewegungen des Auges ermöglichen es, durch ständig wechselnde Fixierungen einen Gesamteindruck zu gewinnen.

Darüber hinaus erweist sich das derartig gewonnene Bild auch insofern als in seiner Struktur einzigartig, als dessen Konstruktion nicht mit Hilfe einer "Linse", sondern anhand der unterschiedlichen "Aufnahmen" zweier Augen erfolgt.

Die Wahrnehmung eines konkreten Objektes beinhaltet daher nicht in dem Maße ein perspektivisches Sehen, wie es mit der Wahrnehmung perspektivischer Darstellungen verbunden ist. Ein Objekt kann als "Objekt" wahrgenommen werden, eine ebene Abbildung da-

gegen erfordert zur Interpretation zwangsweise die Berücksichtigung eines Standortes, von dem aus der Gegenstand erscheint. Sie bewirkt daher "eine Wahrnehmung, die nicht direkt, sondern vermittelt ist, sozusagen eine Wahrnehmung aus zweiter Hand" (J.J. GIBSON [10], S. 279).

Die Schlüsselreize, die z.B. einer Fotografie oder einem Gemälde einen räumlichen Ausdruck verleihen, also eine Tiefenwirkung verursachen, sind keineswegs spezieller Natur, sondern für die



Abb. 3: Tiefenwirkung einer Fotografie

Mit freundlicher Genehmigung des Verlages aus: Sorger/Freund/Röhl,
"Treffpunkt Mathematik", 5. Schuljahr, Verlag Herder, Freiburg.

räumliche Wahrnehmung allgemein von Bedeutung. Dazu gehören unter anderem (vgl. Abb. 3) kontinuierliche Veränderungen der Größe, Farbeigenschaften und Oberflächentextur (Feinheit der Oberflächenstruktur) mit zunehmender Entfernung, die erhöhte Anordnung von (in der Realität) weiter hinten befindlichen Objekten, die Konvergenz von im Raum in die Tiefe verlaufenden parallelen Linien, Schattierungen der Seiten, Schatten der Objekte und das Verdecken der Objekte durch weiter vorn befindliche Gegenstände.

Bezogen auf perspektivische (Umriß-) Zeichnungen einzelner räumlicher Objekte entfallen die meisten der obigen Reize. Hier sind es offenbar spezifischere Merkmale, die für die Vermittlung eines räumlichen Eindruckes verantwortlich sind.

Da perspektivische Darstellungen des Würfels bei der dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchung eine zentrale Rolle einnehmen, soll auf die Fragen der Tiefenwahrnehmung bei perspektivischen Zeichnungen am Beispiel dieser Figur näher eingegangen werden.

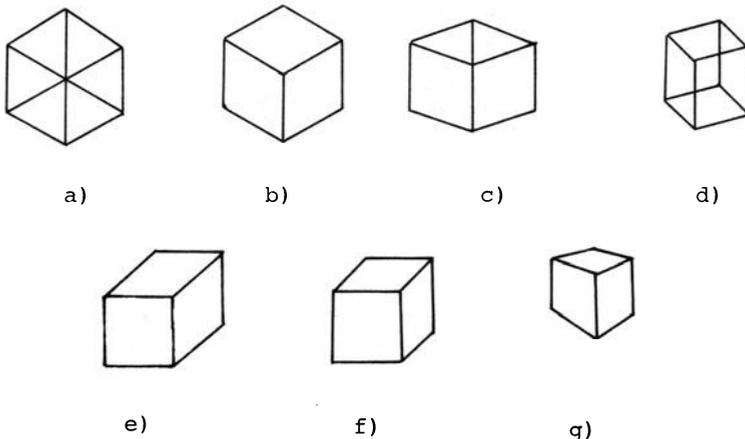


Abb. 4: verschiedene Würfeldarstellungen mit unterschiedlicher Tiefenwirkung (vgl. ARNHEIM [1], LESH [16])

Abb. 4 zeigt mehrere in ihrer Wirkung sehr unterschiedliche Wiedergaben eines Würfels. Als unverzichtbar für die Vermittlung von Dreidimensionalität erweist sich die Existenz von Schräglinien, die die Tiefenausdehnung des Raumes wiedergeben.

Ein weiteres erklärendes Moment (auch für den sehr unterschiedlichen Grad an Tiefenwirkung der Darstellungen von Abb. 4) bildet der Aspekt der Symmetrie. "Wenn eine einfache Symmetrie in zwei Dimensionen erreicht werden kann, sehen wir eine Flächenfigur, wenn sie drei Dimensionen braucht, sehen wir einen Körper." (ARNHEIM [1], S. 218). Ein Muster wird demnach erst dann räumlich gesehen, wenn eine solche Interpretation eine Vereinfachung darstellt.

So bildet z.B. Abb. 4 a bei ebener Interpretation eine stark symmetrische und damit einfache Figur; es besteht keine Notwendigkeit, sie räumlich zu sehen. Ein solcher Eindruck entsteht erst dann, wenn das Hexagon in unmittelbare Beziehung zu anderen Würfeldarstellungen gebracht wird.

Ein gegenüber Abb. 4 a erhöhter Tiefeneindruck kann durch Zerstören ebener Symmetrien, also etwa durch Anwenden des Überdeckungsprinzips (Abb. 4 b) oder durch Veränderung des Blickwinkels (Abb. 4 c, d) erreicht werden, wobei der Zwang zur Dreidimensionalität sich bei der (eben gesehen) unsymmetrischen und damit komplexen Figur von Abb. 4 d gegenüber Abb. 4 c noch verstärkt.

Vorteilhaft im Sinne einer dreidimensionalen Wahrnehmung wirken sich des weiteren die Verkürzung der aus der Projektionsebene hinausführenden Linien (Vergleich Abb. 4 e und 4 f) sowie insbesondere der Übergang von der parallelperspektivischen (Abb. 4 a - f) zur zentralperspektivischen Darstellung (Abb. 4 g) aus, die der Wahrnehmung des realen Objektes am stärksten entspricht.

Darüber hinaus ist in Abb. 4 g im Gegensatz etwa zu Abb. 4 d die Möglichkeit zu einer doppeldeutigen räumlichen Interpretation nicht mehr gegeben; die Konvergenz der Schräglinien in Abb. 4 g legt deren Richtung eindeutig fest, während z.B. in Abb. 4 d der Würfel sowohl von schräg unten als auch von schräg oben gesehen werden kann, je nachdem, wie die Schräglinien interpretiert werden.

Hier sind im selben Reiz "zwei Werte von Reizinformationen vorhanden, die einander die Waage halten" (J.J. GIBSON [10], S. 304).

Ein räumlicher Eindruck bleibt auch dann noch bestehen, wenn in ein und derselben Figur einander widersprechende Reizinformationen vorliegen, wenn also Teile der Figur aus unterschiedlichen Perspektiven dargestellt scheinen (vgl. Abb. 5).

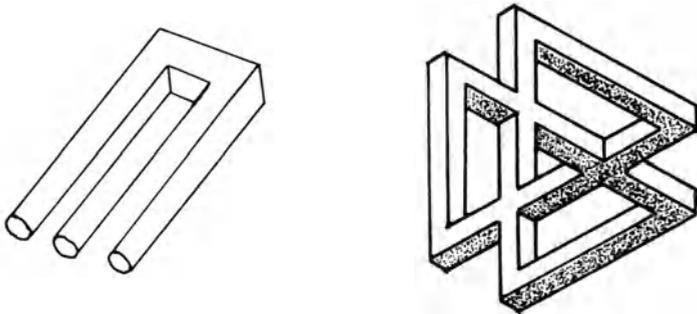


Abb. 5: Beispiele für "unmögliche" Objekte (aus: LESH/MIERKIEWICZ [17], S. 22, VERNON [27], S. 143)

Bei diesen Figuren konkurrieren offenbar verschiedene, nicht zu einem konsistenten Gesamteindruck zu integrierende Schemata miteinander. Dieser Konflikt wird um so größer, je näher die einander widersprechenden Informationen angeordnet sind, dennoch "wird die dreidimensionale Konvention nicht zerstört, solange man die widersprüchlichen Schlüsselreize nicht gleichzeitig sieht." (VERNON [27], S. 144).

2.2.2 Zeichnerische Darstellung

Die Entwicklung der bildnerischen Darstellungsweise bei Kindern läßt sich unter zwei Gesichtspunkten betrachten: zum einen die Darstellung von in einen Gesamtraum eingebetteten Objekten, zum anderen die Wiedergabe einzelner räumlicher Objekte ohne Berücksichtigung des umgebenden Raumes.

Die Entwicklung der zeichnerischen Repräsentation eines Gesamtraumes läßt sich grob durch die folgenden Stufen kennzeichnen (MITCHELMORE [20], MEYERS [19]).

Stufe 1: (etwa 4 - 7 Jahre)

In dieser Phase werden Objekte ohne jeglichen Bezug zueinander und zu einer Grundlinie oder Grundfläche dargestellt; sie "schwimmen" im Raum (Abb. 6).

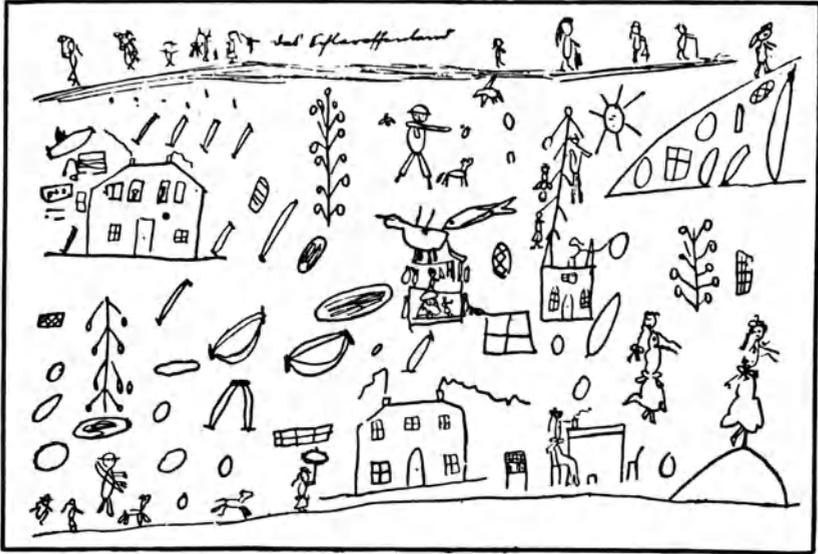


Abb. 6: Beispiel für eine Kinderzeichnung in Stufe 1
(aus: MÜHLE [21], Tafel XXXV)

Stufe 2: (etwa 6 - 10 Jahre)

Hier übernimmt die Zeichenebene (Abb. 7 a) oder eine ausgezeichnete Linie (Abb. 7 b) die Funktion der Standfläche, an der sich die Objekte aufrichten. Tiefenschlüssel werden jedoch noch nicht beherrscht, die Darstellung bleibt zweidimensional. Je nach den Erfordernissen der dargestellten Situation kann die Zeichenebene sowohl den horizontalen (Breite und Tiefe, vgl. Abb. 7 a) als auch den vertikalen Raum (Breite und Höhe, vgl. Abb. 7 b) repräsentieren.

Stufe 3: (etwa 8 - 12 Jahre)

In dieser Phase werden erste Tiefeneindrücke durch Verwendung mehrerer Grundlinien, Überschneidungen und Berücksichtigung von durch die Tiefenausdehnung bedingten Größenunterschieden vermittelt. Diese sind jedoch noch fragmentarisch und in keiner Weise koordiniert; insbesondere wird keine einheitliche Perspektive gewählt (Abb. 8).

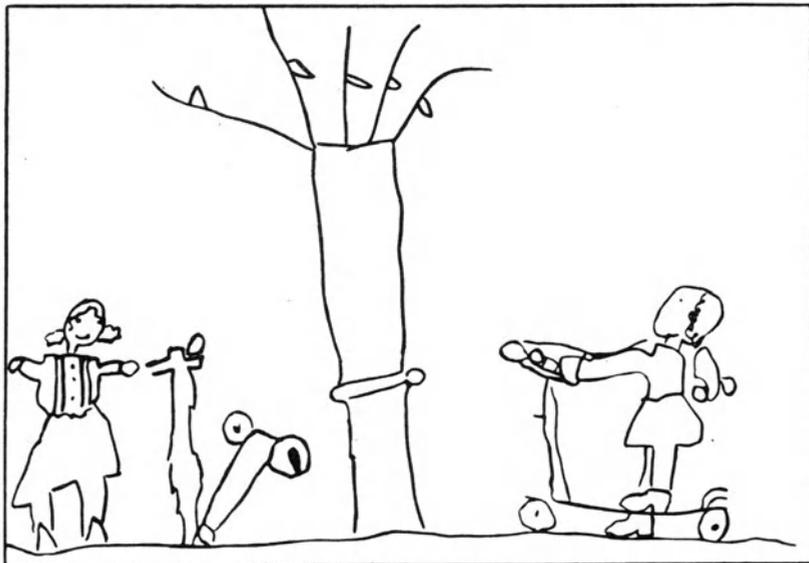
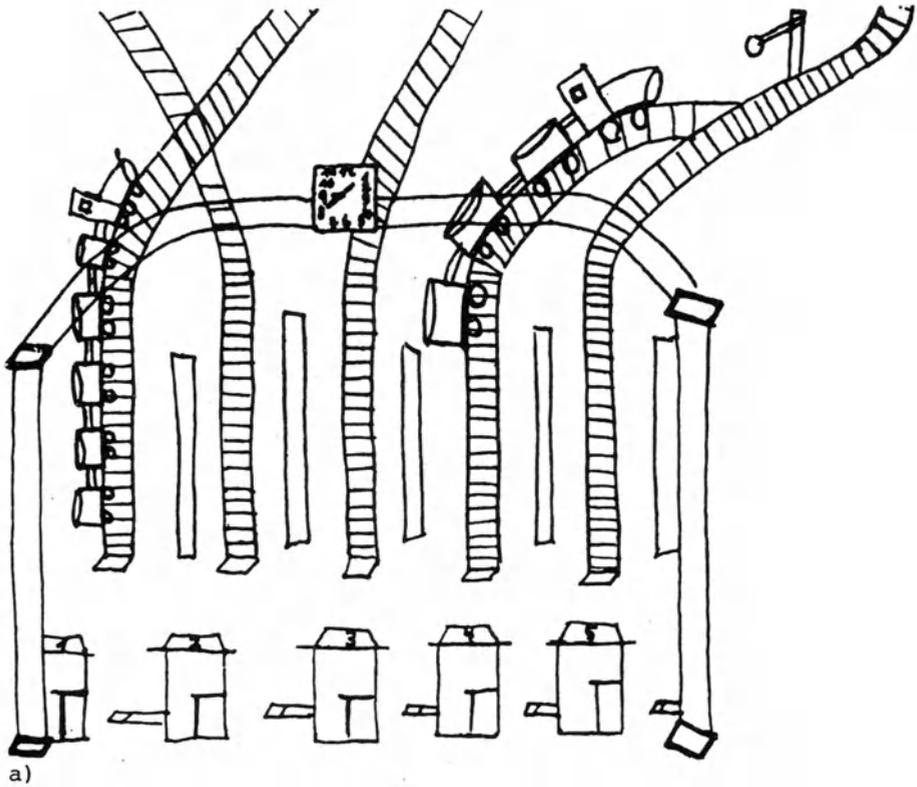


Abb. 7: Beispiele für Kinderzeichnungen in Stufe 2
(aus: MEYERS [19], S. 75, MÜHLE [21], Tafel XVIII)

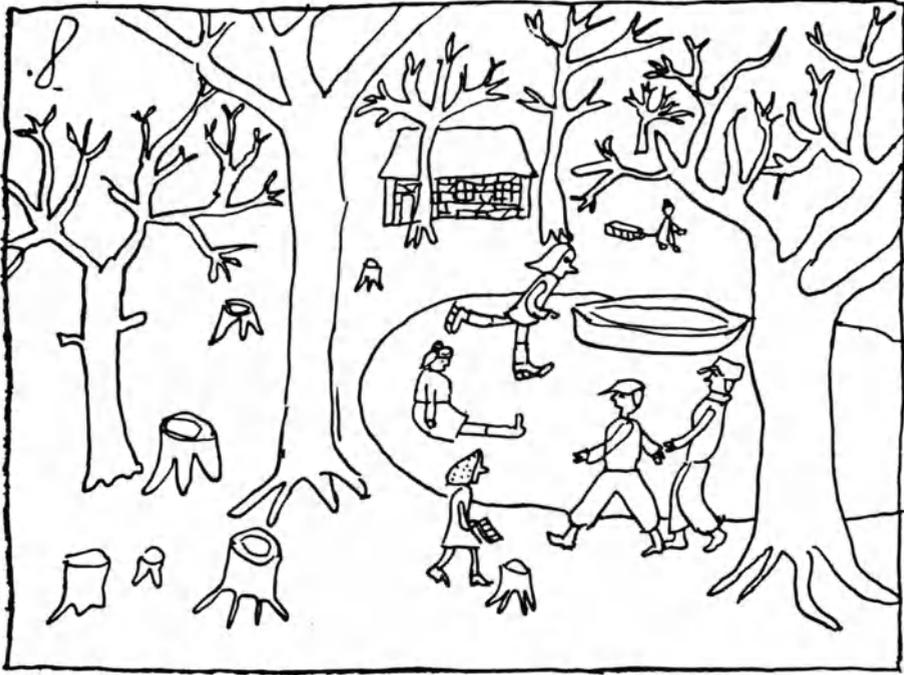


Abb. 8: Beispiel für eine Kinderzeichnung in Stufe 3
(aus: MEYERS [19], S. 84)

Stufe 4: (etwa ab 10 Jahren)

Die Tiefendimension wird hier "korrekt", d.h. in Beziehung zu einer Grundfläche und unter Einbeziehung des Horizontes repräsentiert (Abb. 9).

Eine im wesentlichen analoge Entwicklungsfolge läßt sich bezüglich der zeichnerischen Darstellung räumlicher (geometrischer) Objekte feststellen (MITCHELMORE [20], PIAGET/INHELDER [23]) (vgl. Abb. 10).

Die Altersstufe der 6 - 8jährigen ist vorwiegend dem Stadium 1 (aus Abb. 10) zuzuordnen, in dem z.B. ein Würfel als Quadrat rekonstruiert wird. Perspektivisch korrekte Darstellungen (Stadium 4) sind in größerem Umfang nicht vor 10 Jahren zu erwarten (PIAGET/INHELDER [23], CHETVERUKHIN [3], LEWIS [18]).

Die obigen Zeitzuweisungen haben sich in mehreren interkulturellen Untersuchungen als stark spezifisch für den westlichen Kulturbereich erwiesen. Wiederholt ermittelte zeitliche Verzö-