

Didaktik der Geometrie

In der Grundschule

Bearbeitet von
Marianne Franke†, Simone Reinhold

3. Auflage 2016. Buch. XIII, 423 S. Softcover
ISBN 978 3 662 47265 1
Format (B x L): 16,8 x 24 cm

[Weitere Fachgebiete > Pädagogik, Schulbuch, Sozialarbeit > Schulpädagogik > Naturwissenschaften, Mathematik \(Unterricht & Didaktik\)](#)

Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

**beck-shop.de**
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

2 Räumliche Fähigkeiten

Übersicht

2.1	Unsere Sinne und die Wahrnehmung geometrischer Phänomene	41
2.2	Räumliches Vorstellungsvermögen	61
2.3	Zusammenfassung: Räumliche Fähigkeiten	83

Die Wahrnehmung des uns umgebenden dreidimensionalen Raumes und die Fähigkeit, sich im Raum zu orientieren oder mit räumlichen Begebenheiten gedanklich zu operieren, sind menschliche Qualifikationen von lebenspraktischer Bedeutung. Räumliches Vorstellungsvermögen (oder kurz: Raumvorstellung) wird als bedeutsame Komponente menschlicher Intelligenz angesehen und erweist sich als zentrale Voraussetzung für schulisches Lernen – nicht nur im Mathematikunterricht. Somit stellt die Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens eines der Hauptziele des Geometrieunterrichts dar.

Die psychologische und mathematikdidaktische Literatur hat in den vergangenen Jahrzehnten zahlreiche Modelle zum Konstrukt des räumlichen Vorstellungsvermögens hervorgebracht oder entsprechende Definitionen entwickelt (z. B. Thurstone, 1938; Rost, 1977; Quaiser-Pohl, 1998; Maier, 1999). Gemeinsam ist diesen Konzepten die Auffassung, dass die *Wahrnehmung* der uns umgebenden Umwelt bei der Generierung von *Raumvorstellungen* eine zentrale Rolle spielt. Räumliche Fähigkeiten umfassen folglich auch in unserem Verständnis Aspekte der (visuellen) Wahrnehmung sowie Bereiche der Raumvorstellung.

Wahrnehmung ist ein komplexer Informationsverarbeitungsprozess, der seinen Ausgangspunkt in der Aufnahme von Reizen durch unsere Sinne hat und in eine kognitive Verarbeitung des Erfassten mündet. Die visuelle Wahrnehmung beispielsweise beinhaltet nicht nur das Sehen im engeren Sinne, sondern bezieht auch das Verarbeiten, Speichern oder Einordnen des Gesehenen ein.

Räumliches Vorstellungsvermögen bezieht sich demgegenüber stärker darauf, auch *neuartige* Vorstellungen räumlicher Phänomene generieren zu können, die ggf. auch unabhängig von real erfahrbaren Bildern, Modellen oder Umgebungen entstehen. Über das Speichern, Abrufen oder Erfinden von (statischen) Vorstellungsbildern hinaus umfasst die Fähigkeit zur Raumvorstellung zudem, an diesen Vorstellungen auch gedanklich Veränderungen vornehmen zu können.

Die theoretische Unterscheidung zwischen Wahrnehmung und Raumvorstellung darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die in der individuellen Bearbeitung einer Aufgabe ablaufenden kognitiven Wahrnehmungs- und Raumvorstellungsprozesse oft eng miteinander verbunden sind. So ist bei komplexeren Aufgaben die Entscheidung darüber, ob zur Lösung der Aufgabe (visuelle) Wahrnehmung genutzt wird oder ob das Kind darüber hinaus auf räumliches Vorstellungsvermögen zurückgreifen muss, nicht immer eindeutig, wie folgende Situation zeigt:

Beispiel 2.1

Auf einem Spielteppich im Klassenraum oder Gruppenraum der Kindertagesstätte befinden sich bunte Holzbausteine, mit denen einzelne Kinder frei experimentieren. Eine Lehrkraft tritt hinzu und spricht eines der Kinder an: „*Schau, hier habe ich einen blauen Würfel.*“ Mit diesem Kommentar (oder auch ohne verbale Erläuterung) wird ein blauer Holzwürfel vor das Kind gestellt, den es nun betrachtet. Vielleicht wird das Kind den Kopf ein wenig hin und her wiegen, um sich einen besseren Eindruck zu verschaffen. Das visuell (und auditiv) Aufgenommene wird im Rahmen eines komplexen Wahrnehmungsprozesses in bereits erworbene kognitive Strukturen eingebunden, vielleicht auf dieser Grundlage auch wiedererkannt und kurzfristig im Gedächtnis gespeichert.

Visuelle Wahrnehmung wird auch beansprucht, wenn wir das Kind bitten: „*Zeige mir einen Würfel, der genauso aussieht wie dieser.*“ Neben ganzheitlichen Eindrücken, die bei jüngeren Kindern überwiegen werden, ist das Kind nun gefordert, Merkmale verschiedener Bausteine festzustellen und zu vergleichen. Vielleicht wird es dazu auch verschiedene Bausteine haptisch erkunden wollen. Nur: Wie stellt es fest, dass ein unter anderen Bausteinen halb verdeckter Baustein ebenfalls die gleiche Form aufweist? Wird auch ein Würfel, der „*schief*“ auf einem Haufen liegt, als kongruenter Körper erkannt? Hier können bereits Prozesse des Vorstellens von Ergänzungen oder Bewegungen stattfinden. Angesprochen wird ggf. auch die Fähigkeit, räumliche Objekte in anderer Lage zu identifizieren. Welche dieser kognitiven Leistungen lässt sich Bereichen der Wahrnehmung zuordnen? Inwiefern wird Raumvorstellung beansprucht?



Auch in der psychologischen Literatur und in der Gestaltung von Testverfahren finden wir Hinweise darauf, dass die theoretischen Konstrukte zur Beschreibung von Wahrnehmungs- bzw. Vorstellungsleistungen nicht immer überschneidungsfrei differenziert werden können. So werden beispielsweise Items aus dem Rod-Frame-Test (vgl. S. 71) oder auch Aufgaben, in denen eingebettete Figuren erkannt werden müssen (vgl. S. 57), sowohl zum Erfassen von Wahrnehmungsleistungen als auch zum Testen von Raumvorstellung herangezogen.

In Anlehnung an Lohaus et al. (1999) verstehen auch wir den Begriff „räumliche Fähigkeiten“ als Oberbegriff, unter den verschiedene räumliche Fähigkeitsbereiche subsummiert werden können. Wir unterscheiden dabei aus theoretischer Perspektive zwischen (visueller) Wahrnehmung und räumlichem Vorstellungsvermögen, stellen aber auch enge Bezüge und Überschneidungen zwischen Teilaspekten beider Fähigkeitsbe-

reiche heraus. Die grafische Übersicht in Abb. 2.1 deutet dementsprechend an, dass Raumvorstellung auf Elementen der Wahrnehmung beruht, andererseits aber auch gedanklich Repräsentiertes unsere Wahrnehmung beeinflusst. Scharfe Trennungen sind hier oft nicht möglich, so dass auch Raumvorstellungsprozesse, die theoretisch in drei Dimensionen differenziert werden können, in der konkreten Bearbeitung einer Raumvorstellungsaufgabe oft zusammenwirken.

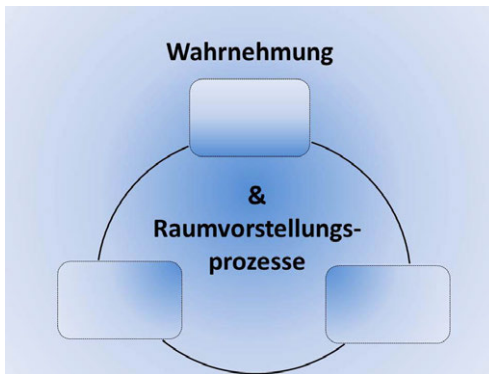


Abb. 2.1 Wie gestaltet sich das Zusammenwirken visuell-kognitiver Prozesse der Wahrnehmung und der Raumvorstellung?

In den folgenden Kapiteln versuchen wir zunächst zu klären, wie sich Prozesse der Wahrnehmung gestalten (Kap. 2.1, S. 41ff). Der visuellen Wahrnehmung (Kap. 2.1.2, S. 44ff) und ihren Facetten kommt dabei besondere Aufmerksamkeit zu. In unseren daran anknüpfenden Ausführungen zur Raumvorstellung erörtern wir psychometrische und kognitionspsychologische Hintergründe, die Raumvorstellung als einen Faktor menschlicher Intelligenz ausweisen (Kap. 2.2.1, S. 61ff) und differenzierbare Teilbereiche der Raumvorstellung herausarbeiten (Kap. 2.2.2, S. 64ff). Anschließend Ausführungen aus einer strategischen Perspektive (Kap. 2.2.3, S. 73) greifen diese Differenzierungen auf und zeigen exemplarisch, dass Problemlösestrategien in räumlichen Situationen individuell unterschiedlich ausfallen können. In Kap. 2.2.4 (S. 76ff) führen wir in die mathematikdidaktische Sicht auf das räumliche Vorstellungsvermögen ein, bevor abschließend dessen Relevanz (Kap. 2.2.5, S. 80) erörtert wird und wir in Kap. 2.3 (S. 83f) Wesentliches zusammenführen.

2.1 Unsere Sinne und die Wahrnehmung geometrischer Phänomene

In der Wahrnehmung von Raum, Form, Mustern und Strukturen wirken unsere verschiedenen Sinneskanäle mit dem Körper und seinem Handeln im uns umgebenden Raum zusammen. Kognitive Prozesse begleiten diese Aufnahme von Eindrücken und deren Verarbeitung, wobei die visuelle Wahrnehmung eine dominante Rolle einnimmt. Bevor wir uns dem Sehen und der Verarbeitung visueller Reize widmen (Kap. 2.1.2,

S. 44), betrachten wir zunächst auch die auditive Wahrnehmung sowie jene Bereiche der Wahrnehmung, in die Berührungen oder körperliche Aktivitäten einfließen. Die sog. „chemischen“ Sinne wie das Riechen (olfaktorische Wahrnehmung) oder Schmecken (gustatorische Wahrnehmung) vernachlässigen wir und verweisen auf entsprechende Darstellungen der Wahrnehmungspsychologie (z. B. Goldstein, 2008; Schönhammer, 2009). Bezüge zur Wahrnehmung und Vorstellung räumlicher Begebenheiten kann es aber auch hier geben: *„Es duftet nach Keksen aus dem Klassenraum am Ende des Ganges.“*

2.1.1 Die non-visuelle Wahrnehmung von Raum und Form

Taktile Wahrnehmung bezieht sich auf das Erfassen mechanischer Sinneseindrücke (It. tangere für „berühren“). Dieser oft auch als Tastsinn bezeichnete Bereich der Wahrnehmung umfasst sowohl die Aufnahme und Verarbeitung von Reizen, die wir durch passive Berührung gewinnen, als auch die aktive Herbeiführung taktiler Stimulation, die sich etwa beim gezielten Umfassen, Befühlen oder Erkunden mit der Hand ergibt. Situationen, die durch *passives Berühren* gekennzeichnet sind, treffen wir im Geometrieunterricht eher selten an. Denkbar sind aber folgende Aktivitäten:

Beispiel 2.2

Ein Kind „zeichnet“ seinem Partnerkind eine (geometrische) Form auf den Rücken, deren Form das Partnerkind ohne eigenes Zutun erspüren soll. In entsprechender Weise passiv ließe sich auch eine Übung zur Objekterkennung gestalten, bei der einem Partnerkind massive geometrische Körper in verschiedenen Ausrichtungen auf die innere Handfläche gedrückt werden: Ein Empfinden wie *„Ich spüre einen Piekser, anschließend liegt eine größere runde Fläche in meiner Hand“* könnte dann beispielsweise auf einen Kegel hindeuten. ■

Beim *aktiven Anfassen und Greifen (haptische Wahrnehmung)* suchen wir hingegen stärker eine aktive Beziehung zum Objekt, dessen Eigenschaften wir mit unserer Hand erkunden möchten. Dies geschieht gezielt, um beispielsweise optische Eindrücke zu verifizieren oder ausbleibende visuelle Eindrücke zu kompensieren, worauf etwa Blinde oder Sehbehinderte in besonderem Maße angewiesen sind.

Beispiel 2.3

Denken wir uns für den Geometrieunterricht eine Aufgabenstellung, bei der ein Fühlsäckchen angeboten wird, in dem sich das massive Modell eines geometrischen Körpers befindet. Die Aufgabe besteht nun darin, das verborgene Objekt anhand seiner ertastbaren Eigenschaften zu identifizieren: Dies tun wir, indem wir in (gezielten) Explorationsbewegungen mit den Fingerkuppen über Konturen gleiten oder das Objekt bzw. Teile des Objekts umfassen, um Eigenschaften der Form zu „begreifen“. Vielleicht halten wir auch das gesamte Objekt fest in der Hand und drücken es, um einen Eindruck von Materialeigenschaften zu gewinnen. ■

Sowohl bei der passiven Konfrontation mit taktilen Sinneseindrücken als auch beim aktiven haptischen Erkunden einer räumlichen Begebenheit werden Eindrücke aus der uns umgebenden Umwelt an der (Haut-)Oberfläche unseres Sinnesapparates aufgenommen (Klatzky et al., 1985, 2003; Lederman & Klatzky, 1987, 1990, 1993; Kalagher & Jones, 2011, vgl. auch Goldstein, 2008, 346ff). Andererseits verfügen wir auch über die Fähigkeit, Eindrücke aus dem Inneren unseres eigenen Körpers zu erfassen.

Kinästhetische und vestibuläre Wahrnehmung richten sich auf Sinneseindrücke aus dem Körperinneren. Während die oben beschriebene *Exterozeption* auf die uns umgebende Umwelt ausgerichtet ist, bezieht sich diese *Interozeption* (auch: Enterozeption) auf unseren Körper selbst (Gibson, 1973; Stadler et al., 1975; Legewie & Ehlers, 2000; Schönhammer, 2009).

Die Tiefenwahrnehmung von Signalen aus dem Bewegungsapparat, also den Aktivitäten unserer Muskeln, Sehnen oder Gelenke, wird als **kinästhetische Wahrnehmung** bezeichnet (auch: *Propriozeption*). Dieser „Lage- und Bewegungssinn“ hat entscheidenden Einfluss auf die Kontrolle der eigenen Raumlage und Bewegung, da er beispielsweise Informationen über die Stellung der Glieder zueinander oder die Anspannung und Koordination unserer Muskulatur bereitstellt (Barth, 2003, S. 67).

Die Wahrnehmung unseres Gleichgewichts (**vestibuläre Wahrnehmung**) erfolgt durch Rezeptoren im Vorhof des Innenohrs und sorgt dafür, dass wir die Stellung des Kopfes und damit auch Lageveränderungen, Lagewechsel oder Rotationen unseres Körpers wahrnehmen können (vgl. Barth, 2003, S. 72ff). Dies geschieht im Zusammenwirken mit der Tiefenwahrnehmung von Muskeln, Sehnen und Gelenken und beinhaltet in realen Situationen auch eine Abstimmung mit visuellen und auditiven Eindrücken (*multisensorische Integration*, vgl. z. B. Schönhammer, 2009, S. 67ff und 219ff).

Beispiel 2.4

Wir neigen zum Stolpern, wenn wir der (optischen) Illusion einer Eigenbewegung unterliegen, die auch durch die Bewegung einer üblicherweise unbewegten Umgebung induziert werden kann. Ein Kleinkind etwa gerät ins Straucheln, wenn sich die Wände und der Boden eines Zeltens im Wind bewegen. Treffen visuelle Suggestion und tatsächliche Schwerkrafteinflüsse beispielsweise in „schräg gebauten Zimmern“, wie man sie aus Freizeitparks kennt, aufeinander, verlieren wir leicht das Gleichgewicht. ■

Auditive Wahrnehmung erfolgt über die Aufnahme und Weiterleitung von Schallwellen über das Ohr bzw. den Hörnerv und umfasst (wie wir grundsätzlich bereits für alle Bereiche der Wahrnehmung festgehalten haben) mehr als die Aufnahme äußerer Reize durch unsere Sinnesorgane. Im Geometrieunterricht der Grundschule verbinden wir mit der Reizaufnahme durch das Hören zunächst meist die Aufnahme verbaler Äußerungen – beispielsweise, wenn es um das Beschreiben einer Raumlage („rechts hinter dem Stuhl“) oder die Benennung von Objekten mittels sprachlicher Symbole geht. Leistet die auditive Wahrnehmung auch darüber hinaus einen Beitrag zur Raumwahrnehmung oder Objektidentifikation? Tatsächlich bieten uns wahrgenommene Geräusche bzw. de-

ren relative Intensität häufig Indizien für räumliche Ausmaße, Entfernungen oder die Lokalisation einer Schallquelle.

Beispiel 2.5

Sicher können auch Sie mit geschlossenen Augen bestimmen, woher ein Geräusch kommt (*auditive Lokalisation*). Wir können auch feststellen, dass die Stimme eines Gesprächspartners in einem größeren Raum anders klingt als in der heimischen Küche. Nehmen wir mit der Lautstärke eines Motorengeräusches nicht auch die Entfernung eines Fahrzeuges wahr? Zwei massive Holzwürfel (deutlich) unterschiedlicher Größe erzeugen einen unterschiedlichen Klang, wenn wir sie aus gleicher Höhe auf einen Tisch fallen lassen. ■

Hörereignisse sind Vorgänge in der Zeit, reihen sich also zeitlich aneinander, so dass die entsprechenden Reize vor allem für die Raumwahrnehmung z. T. gedächtnismäßig gespeichert werden (vgl. Schröger et al., 2008, S. 85f). Bildgebende Verfahren der Hirnforschung verweisen zudem darauf, dass in unserem Gehirn verschiedene Areale für die Identifikation von Schallereignissen („Was?“) zuständig sind, während andere Areale die Lokalisation dieser Schallereignisse („Wo?“) übernehmen (vgl. Tian et al., 1999; Rauschecker, 2007, 2011).

Die Richtung einer Schallquelle nehmen wir in Bezug zu einer gedachten Achse zwischen beiden Ohren wahr (vgl. ausführlicher Schönhammer, 2009; Schröger et al., 2008). Diese Identifikation der Raumrichtung geschieht im Zusammenspiel mit Richtungsinformationen aus dem visuellen System und greift maßgeblich auf vorangegangene Wahrnehmungserfahrungen *verschiedener* Sinne zurück: Um am Aufprallgeräusch der zwei Würfel im obigen Beispiel entscheiden zu können, welches Geräusch welchem Würfel entspricht, müssen wir zuvor (experimentell) vergleichbare Erfahrungen mit den Aufprallgeräuschen von Objekten unterschiedlicher Größe gemacht haben. Auch die räumliche Lokalisation im Versteckspiel von Kindern („*Mäuschen, Mäuschen, piep einmal!*“) gelingt, weil wir über entsprechende Vorerfahrungen mit dem Zusammenspiel verschiedener Sinnesmodalitäten verfügen. Mitunter ist der wahrgenommene Ort einer Schallquelle auch so sehr von zeitgleich aufgenommenen visuellen Eindrücken beeinflusst, dass es zu Täuschungen kommt: Ein (guter) Bauchredner, der seine eigenen Lippen kaum merklich bewegt, führt uns in die Irre und lässt uns glauben, seine Puppe könne sprechen (Schröger et al., 2008, 91ff).

2.1.2 Der visuelle Wahrnehmungsprozess als aktive Konstruktion

Die Fähigkeit zur visuellen Wahrnehmung besitzt grundlegende Bedeutung für die Bewältigung des Alltags und für unsere Orientierung in der Umwelt. Sie ist die Voraussetzung für koordinierte Bewegungen wie das Überqueren der Straße, das Auffangen eines Balls oder die Suche nach einem roten Buntstift im Federmäppchen. Ist die visuelle Wahrnehmung eingeschränkt oder gar vollständig erloschen, kann diese Einschränkung nur sehr mühsam und auch nur teilweise kompensiert werden.

Neisser (1979) stellt eine Beziehung zwischen Sehen, Wissen und Gedächtnis (Erinnern) als Zyklus dar und betont, dass die Wahrnehmung selektiv ist und durch Erwartungen geleitet wird (Neisser, 1979, S. 42). So kann eine kniehohe Mauer als Sitzgelegenheit zum Ausruhen, als Begrenzung eines Grundstücks, als Hindernis beim Einparken eines Autos oder als Plattform für eine bessere Sicht auf eine Situation wahrgenommen werden. Das Gedächtnis bringt Ordnung in den Wahrnehmungsvorgang, unterstützt die Interpretation der wahrgenommenen Informationen und wird durch neue Informationen erweitert oder konkretisiert: Beim Einparken erinnert man sich, dass man vor der Mauer halten muss. Die (neue) Information, die sich aus Erfahrung eines Aufpralls ergibt, lehrt uns, dass wir diese Erinnerung beim nächsten Einparkmanöver aktivieren sollten.

Wahrnehmung ist, wie sich bereits in den vorangegangenen Ausführungen zur non-visuellen Wahrnehmung zeigt, mehr als ein quasi-technischer, von den Sinnesorganen des Menschen zu leistender Vorgang. Vielmehr handelt es sich hier um ein komplexes Zusammenspiel zwischen der sensorischen Aufnahme von Eindrücken aus der Umwelt und gedanklichen Leistungen, die wir für den Bereich der visuellen Wahrnehmung noch einmal ausführlich betrachten.

Visuelle Wahrnehmung von Figuren und Objekten

Ausgangspunkt der visuellen Wahrnehmung ist ein physiologischer Vorgang, der durch das Auge geleistet wird: Wir *sehen*, indem das durch die Pupille unseres Auges auf die Netzhaut fallende Licht elektrische Aktivität auslöst und ein „Bild“ auf der Netzhaut erzeugt. Dies ist zunächst ein rein physikalischer Vorgang, der in Analogie zur Funktionsweise einer Camera obscura verstanden werden kann (Gibson, 1973; Guskı, 1996; Rock, 1998).

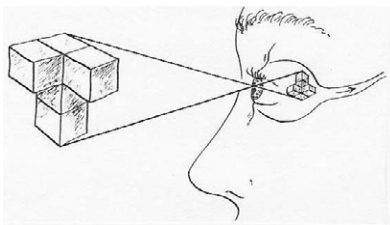


Abb. 2.2 Wie „sehen“ wir ein geometrisches Objekt? (Reinhold, 2007, S. 14)

Befindet sich nun ein konkretes Objekt (beispielsweise ein Holzwürfel) vor uns auf dem Tisch, dann nimmt unser Wahrnehmungsapparat visuelle Eindrücke im Zuge binokularen Sehens auf: Wir nehmen gleichzeitig mit beiden Augen wahr, wobei zwei leicht differierende Netzhautbilder entstehen, die zu einem Gesamteindruck verschmelzen (vgl. Abb. 2.3). Ruckartige oder auch gleitende Augenbewegungen, bei denen die Blickrichtung sehr rasch um einen Fixationspunkt oszilliert, begleiten diesen Vorgang. Mit entsprechender technischer Unterstützung lassen sich diese Augenbewegungen auch messen und analysieren (vgl. z. B. Putz-Osterloh, 1977; Putz-Osterloh & Lüer, 1979;

Bahill & Stark, 1987; Kowler, 1995; Merschmeyer-Brüwer, 2001). Die auf der Netzhaut entstehenden Nervenimpulse werden schließlich zur Sehrinde im Gehirn übertragen und zellulär verarbeitet, worauf wir an dieser Stelle nicht im Detail eingehen (vgl. dazu Hubel & Wiese, 1987; Rock, 1998; Goldstein, 2008).

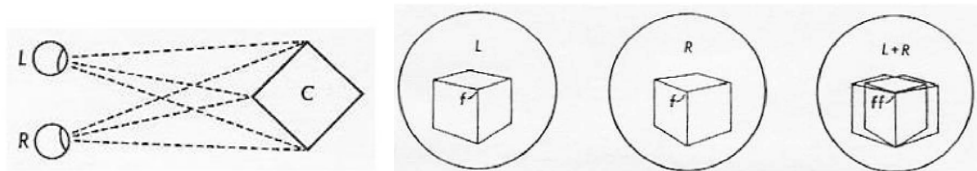


Abb. 2.3 Binokulares Sehen eines Würfels (Wilman, 1966, S. 73f)

Nach Kellman (1996) besteht ein erster Schritt bei der Wahrnehmung eines räumlichen Objekts darin, die äußeren Begrenzungen einer Figur zu erfassen. Helligkeitsunterschiede, Differenzen in der Textur oder auch die Bewegung eines Objekts (*Bewegungsparallaxe*, vgl. z. B. Kellman & Short, 1987, S. 555) tragen dazu bei, dass wir zwischen Figur und Hintergrund unterscheiden können. Teile der Figur bzw. Einheiten, die vom Betrachter im Sinne einer gedanklichen Gliederung des Perzepts gebildet werden („parsing“, vgl. Spelke et al., 1995, S. 297ff), geben weitere Anhaltspunkte für das Erkennen eines Objekts (z. B. bezeichnet als „parts“, „units“ oder „formons“, Pomerantz et al., 1989). So geht auch Biederman (1987) davon aus, dass im Zuge der Wahrnehmung von Objekten eine mentale Zerlegung in einfache geometrische Elemente (sog. Geonen, „geometrical ions“, vgl. Abb. 2.4) stattfindet, die sich u. a. an konkaven Krümmungen der äußeren Objektbegrenzung orientiert.

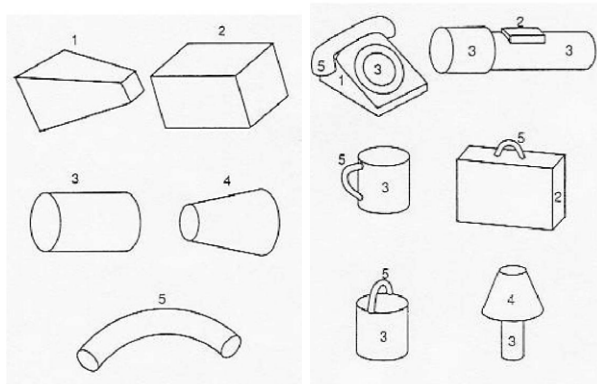


Abb. 2.4 Beispiele für Geonen und Arrangements verschiedenartiger Geonen in Darstellungen von Objekten (Biederman, 1995, Abb. 4.8, S. 140 ©1995 Massachusetts Institute of Technology, by permission of the MIT Press)

Ein Objekt wird demnach als „Zusammenstellung gedanklicher Bausteine“ verstanden. Zur Wiedererkennung eines Objekts reicht uns aber oft schon eine geringe Anzahl

von Geonen aus, und so stellt auch die Verdeckung von Teilen der ein Objekt ausmachenden Geonen meist kein Problem dar. Das Zusammenspiel von verschiedenartigen Geonen (z. B. in den Objekten rechts in Abb. 2.4) bietet dem visuellen System offenbar mehr Anhaltspunkte bei der Erkennung eines Objekts, das damit schneller erfasst werden kann als ein Arrangement aus gleichförmigen Geonen, die z. B. in Würfelanordnungen die Puzzleteile eines Somawürfels bilden (vgl. ausführlicher Reinhold, 2007, S. 21ff; Goldstein, 2008, S. 119f sowie Haaf et al., 2003; Amir et al., 2011).

Mit diesen Beispielen deutet sich bereits an, dass auch visuelles Wahrnehmen weit mehr ist als die bio-physikalische Weiterleitung von Reizströmen an zentrale Orte im zerebralen System. Der eigentliche Wahrnehmungsprozess gestaltet sich vielmehr als *geistige Konstruktionsleistung*, in der der Wahrnehmende selbst aktiv wird: Wir filtern, strukturieren und verarbeiten das Wahrgenommene kognitiv, indem wir neu gewonnene Eindrücke in vorhandene Denkstrukturen integrieren.

Visuelle Wahrnehmung von Lage, Tiefe und Bewegung

Binokulares Sehen (vgl. Abb. 2.3, S. 46) trägt maßgeblich zur Wahrnehmung von Entfernungen bei: Ein Gespür für die Stellung unserer Augen gibt uns Hinweise darauf, ob wir einen nahe liegenden Punkt (wie z. B. die Würfelkante in Abb. 2.3 fixieren oder ob die Blickrichtung beider Augen im Betrachten von etwas weiter Entferntem weniger stark konvergiert (vgl. Guski, 1996; Rock, 1998). Aber auch mit nur einem Auge gelingt uns die dreidimensionale Wahrnehmung des Raumes: Ausgehend von einem zweidimensionalen Abbild des visuell Aufgenommenen verfügen wir über die Fähigkeit, verschiedene *Tiefenreize* einer räumlichen Begebenheit oder einer ebenen Darstellung zu berücksichtigen. Diese für die *Wahrnehmung* bedeutsamen Faktoren sind auch für die *Anfertigung* perspektivischer Zeichnungen (Abb. 2.5) relevant und sollten daher auch der Lehrkraft (z. B. für die Erstellung von Arbeitsblättern im Geometrieunterricht) geläufig sein (vgl. auch weitere Beispiele bei Goldstein, 2008, S. 187ff).

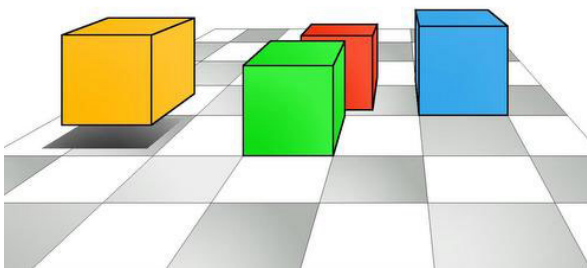


Abb. 2.5 Woran erkennen wir räumliche Tiefe, Lage und Größe?

- **Verdeckungen** ermöglichen dem Betrachter zu entscheiden, was weiter entfernt liegt. So erfassen wir in Abb. 2.5 recht schnell, dass der grüne Würfel vor dem roten Würfel liegt, da er diesen partiell verdeckt. Entsprechend untersuchen wir

auch in unserer räumlichen Umwelt Verdeckungen zwischen Objekten oder anderen räumlichen Begebenheiten.

- Verschiedene Objekte werden im Hinblick auf ihre *relative Höhe und Größe* analysiert, d. h., ein Objekt, dessen tiefster Punkt im Gesichtsfeld höher liegt, wird als weiter entfernt liegend wahrgenommen: In Abb. 2.5 liegt der blaue Würfel weiter hinten als der grüne Würfel. Dieser Eindruck wird durch die ebenmäßige Gestaltung des Bodens noch weiter gestützt. Zudem erkennen wir, dass der blaue Würfel in Abb. 2.5 größer ist als grüne Würfel, da dieser bei objektiv gleichen Maßen in der Zeichnung im Bild weiter entfernt liegt. Wir beziehen dabei Erfahrungen mit perspektivischen Gesetzmäßigkeiten bzw. Invarianzen ein und nutzen unser Wissen darüber, dass Objekte ihre Größe beibehalten, wenn sie sich räumlich entfernen.
- *Perspektivische Konvergenz* zeigt sich darin, dass parallele Linien (z. B. die Würfelkanten in Abb. 2.5) aufeinander zuzulaufen scheinen. Stärkere Konvergenz deutet dabei auf größere räumliche Entfernung hin.
- *Textur und Schatten*, die durch Strukturen auf einer Oberfläche entstehen, verhelfen uns oft maßgeblich dazu, räumliche Tiefe wahrzunehmen. Flächen, die im Vergleich zu anderen Bereichen einer Darstellung heller erscheinen, deuten beispielsweise in Schwarz-Weiß-Fotografien darauf hin, dass dieser Bereich stärker beleuchtet wird und räumlich hervorspringt. Auch der Schlagschatten eines Objekts ist (bei ausreichender Beleuchtung) ein wichtiger Anhaltspunkt und lässt uns in Abb. 2.5 erkennen, dass der gelbe Würfel „schwebt“.
- Wie sich oben bereits andeutete, dient auch **Bewegung** im Raum der Tiefen- und Größenwahrnehmung: Mit unserer eigenen Bewegung und dem damit verbundenen Wechsel des Betrachterstandortes verändert sich auch das aufgenommene Netzhautbild, und es fällt uns leichter, die Konturen eines Objekts zu erkennen (Anderson, 2013). Diese auch als *Bewegungsparallaxe* bezeichnete Stütze der Figur-Grund-Unterscheidung (vgl. Kap. 2.1.3, S. 55) hilft uns dabei, Verschiebungen von Figuren vor einem Hintergrund zu erfassen, da wir durch diese *gemeinsame* Verschiebung von Details erkennen, welche Teile des Perzepts eine Einheit bilden (vgl. Guski, 1996, S. 143). Gleitet ein Objekt im Vergleich zu anderen Elementen besonders rasch an uns vorüber, entnehmen wir daraus, dass dieses Objekt – beispielsweise ein Haus, das wir aus dem Fenster eines fahrenden Zuges sehen – uns räumlich näher ist als Elemente im Hintergrund, z. B. ein hinter dem Haus liegendes Waldgebiet (vgl. Goldstein, 2008, S. 189f).

Unsere eigene Bewegung oder die Bewegung von Objekten kann auf die oben beschriebene Weise dazu beitragen, die Tiefen- und Größenwahrnehmung von Objekten zu unterstützen. Dabei umfasst die visuelle Wahrnehmung von Bewegung sowohl die Wahrnehmung *realer Bewegungen* von Objekten oder Figuren, die ihre Lage im Raum oder in der Ebene verändern, als auch das Erfassen von *Scheinbewegungen* und von *induzierter Bewegung* sowie den sog. *Bewegungsnacheffekt*. Letzterer entsteht, wenn wir längere Zeit etwas Bewegtes betrachtet haben und anschließend auf ein unbewegtes Objekt blicken, das sich nun in entgegengesetzter Richtung zu bewegen scheint. Täu-



<http://www.springer.com/978-3-662-47265-1>

Didaktik der Geometrie

In der Grundschule

Franke, M.; Reinhold, S.

2016, XIII, 423 S. 239 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-47265-1