

Nutzung von räumlichen Darstellungen zur Visualisierung biologischer Präparate

Jörg Zumbach

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird zunächst in die Verarbeitung visueller Informationen eingeführt. Hierbei werden zentrale Modelle der Informationsverarbeitung beim Lernen mit Bildern und Texten vorgestellt. Anschließend wird zentral das räumliche Sehen thematisiert und Möglichkeiten zur Darstellung räumlich-visueller Informationen erörtert. In einer Studie werden die Wirkungen von zweidimensionaler im Vergleich zu dreidimensionaler Repräsentation von biologischen Präparaten untersucht. Die Ergebnisse zeigen dabei keine Vorteile auf kognitiver sowie motivationaler Ebene der technisch aufwändigeren dreidimensionalen Darstellung.

Visuelle Wahrnehmung, Lernen mit Bildern, räumliches Sehen, 3D

1 Einleitung: Visuelles Lernen

Der Mensch ist ein „Augentier“. Dies ist und bleibt zentral in unserem alltäglichen Leben innerhalb und außerhalb der Schule. Unser visuelles System hilft uns seit unserer Geburt, dass wir uns in unserer Welt zurechtfinden und den Alltag bewältigen. Sei dies, um Nahrung zu finden, Gefahren rechtzeitig zu erkennen oder einfach nur den Gemütszustand unserer Artgenossen zu erfassen. Darüber hinaus hat die visuelle Übermittlung von Informationen wesentlich zur Entwicklung von (Hoch-)Kulturen beigetragen, beispielsweise durch die Entwicklung von Schrift oder anderen visuellen Symbolen.

Auch im schulischen Kontext ist die visuelle Übermittlung von Informationen zentral. Angefangen von Schulbüchern hin über Tafelanschriften oder Arbeitsblätter: Die Nutzung visueller Symbolsysteme ist in allen schulischen Disziplinen zentral. Auch in der kognitionspsychologischen Lehr-Lernforschung nimmt die Analyse des Lernens mit visuellen Informationen einen zentralen Stellenwert ein. So etwa werden unterschiedliche Modelle darüber, wie wir visuelle Informationen aufnehmen und speichern, angenommen. Darüber hinaus gibt es unterschiedliche Modelle darüber, wie visuelle Informationen mit Informationen, die über andere Sinnesmodalitäten aufgenommen werden, interagieren und dementsprechend kodiert werden. Im Folgenden werden zwei dieser Modelle skizziert: Das Modell von Schnotz (2014)

und das Modell der kognitiv-affektiven Informationsverarbeitung von Moreno und Mayer (2007; Mayer, 2014).

1.1 Ein Modell der Informationsverarbeitung von Texten und Bildern

In Lehr-Lern-Kontexten werden häufig unterschiedlichste visuelle Lernunterlagen zur Verfügung gestellt, von Texten, über Bilder hinweg bis zu Filmen oder digital repräsentierten Informationen. In pädagogisch-psychologischen und kognitionspsychologischen Modellen wird versucht zu erklären, wie mit solchen unterschiedlich kodierten Informationen gelernt wird, bzw. welche mentale Repräsentation auf Seiten von Lernenden angenommen werden kann. Gerade bei der Kombination von Texten und Bildern gibt es unterschiedliche Ansätze und Modelle, welche hier Einzug gehalten haben. Grundlegend dabei ist, dass Bilder und Texte jeweils unterschiedlich enkodiert und gespeichert werden können. Zumeist bauen neuere Modelle auf Ansätzen wie dem Bildüberlegenheitseffekt oder der Doppelkodierung auf (vgl. Paivio, 1978; 1983).

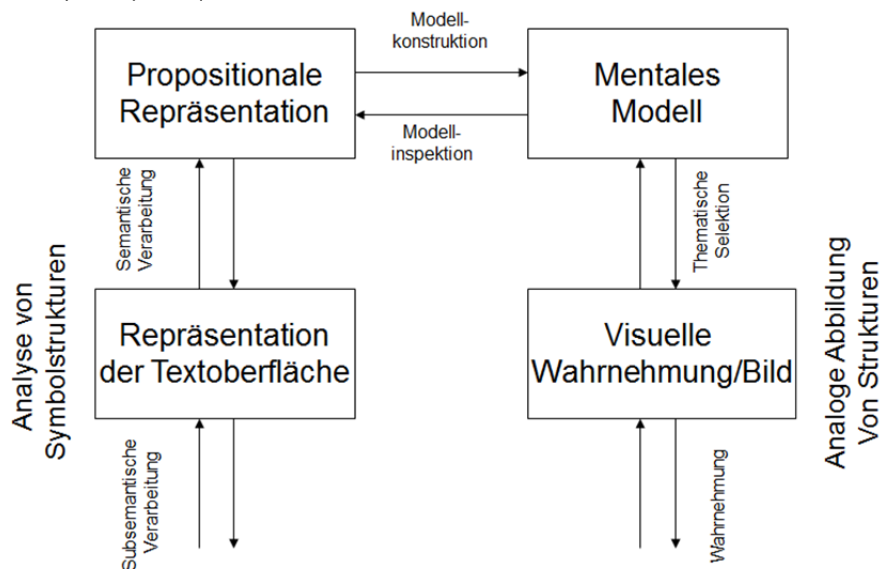


Abbildung 1: Modell der Verarbeitung von Text und Bild (nach Schnotz, 2014).

Die zentrale Annahme ist hierbei, dass Bilder in aller Regel in Form mentaler Modelle gespeichert werden, während Wörter bzw. Texte zunächst auf propositionaler Ebene repräsentiert werden (vgl. Schnotz, 2014). Allerdings können auch Bilder propositional repräsentiert werden. Auch umgekehrt können Texte aus ihrer propositionalen Speicherung heraus als mentale Modelle und damit auch in bildhafter Repräsentation gespeichert werden. Gerade wenn Text und Bild sich gegenseitig er-

gängen und so eine gegenseitige, sich ergänzende und interagierende Speicherung erfolgt, kann eine sog. „Doppelkodierung“ zugrunde liegen und die gespeicherten Informationen können mit größerer Wahrscheinlichkeit wieder abgerufen werden. Vereinfacht lässt sich dieses Multimedia-Prinzip in Abbildung 1 nach Schnotz (2014) wiedergeben.

Diesem Modell nach erfolgt bei Texten zunächst die Repräsentation der Textoberfläche mit der Erschließung der Bedeutungsstruktur und der Überführung der Textoberfläche in eine propositionale Repräsentation. Bilder werden entsprechend visuell wahrgenommen und dann in ein mentales Modell überführt. Mentale Modelle sind dabei Speicherungen, bei denen die Informationen bildhaft gespeichert werden, aber letztlich nur das vermeintlich wichtige gespeichert wird. Sie sind also kein fotorealistisches Abbild der Wirklichkeit (Johnson-Laird, 1983). Werden beide Speicherformen tiefer verarbeitet, dann kann eine Überführung in die jeweils korrespondierende Form erfolgen und damit auch eine Doppelkodierung. Ähnliche Mechanismen nimmt auch das Modell von Mayer (2014) bzw. Moreno und Mayer (2007) an.

1.2 Das kognitiv-affektive Modell der Informationsverarbeitung

Ähnlich zu dem bereits skizzierten Modell widmet sich das kognitiv-affektive Modell der Informationsverarbeitung der Verarbeitung und Speicherung unterschiedlich kodierter Informationen. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich, geht es dabei sowohl um auditive als auch visuelle Informationen. Beschränkt man sich lediglich auf den visuellen Teil, so zeigt sich auch hier, dass sowohl eine verbale als auch eine pikturale Speicherung bzw. Verarbeitung von Informationen angenommen wird.

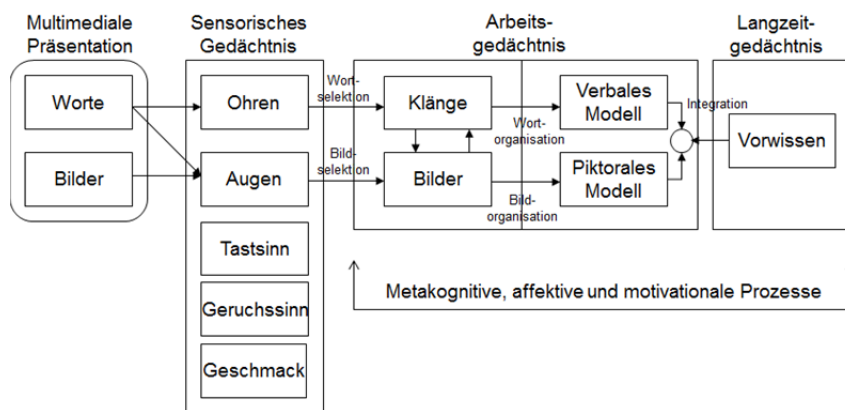


Abbildung 2: Das kognitiv-affektive Modell der Informationsverarbeitung (nach Moreno & Mayer, 2007).

Zentral ist, dass die Informationen letztlich im Langzeitgedächtnis gespeichert werden müssen, aber das Langzeitgedächtnis wiederum durch den Einfluss von Vorwis-

sen die Informationsverarbeitung im Arbeitsgedächtnis beeinflusst. Durch die wechselseitige Beeinflussung von verbalem und piktorialem Modell kann auch hier eine Doppelkodierung angenommen werden. Wichtig ist bei diesem Modell, und das unterscheidet diese Version von Vorgängerversionen und dem Modell von Schnotz (2014, s.o.), dass auch nicht-kognitive Aspekte eine wesentliche Rolle spielen. So liegt es auf der Hand, dass etwa die Tiefe der Informationsverarbeitung stark durch motivationale oder affektive Prozesse beeinflusst werden kann. Ist nur eine geringe Motivation zur Verarbeitung von Informationen vorhanden, so ist eine eher oberflächliche Informationsverarbeitung wahrscheinlich. Letztlich betont aber auch dieses Modell die Bedeutung der Informationsverarbeitung von visuellen Informationen. Hier hat insbesondere die technische Entwicklung in den vergangenen Jahren dahingehend eine Wende in der Präsentation von visuellen Stimuli mit sich gebracht, indem gerade die Darstellung von Informationen in räumlicher Perspektive zu einem Standard (gerade im Unterhaltungsbereich) wurde. Im folgenden Abschnitt werden daher gerade Aspekte der räumlichen Informationswahrnehmung thematisiert.

2 Dreidimensionale visuelle Wahrnehmung und Darstellung von Objekten

Wenn wir sehen, dann nehmen wir Licht mit unseren Augen wahr. Bei der optischen Wahrnehmung ist dabei eine Vielzahl an Prozessen notwendig. Dies beginnt mit der Aufnahme und Bündelung von Licht in unserem Auge, der photochemischen Umwandlung von Licht, der Weiterleitung von diesen Informationen über den Sehnerv bis hin zur Verarbeitung dieser Impulse im Gehirn (z.B. im visuellen Cortex; vgl. Snowden, Thompson & Troscianko, 2006). Um nun aus den eigentlich zweidimensionalen Repräsentationen, die auf jedes Auge treffen, eine räumliche Wahrnehmung zu ermöglichen, gibt es verschiedene Hinweisreize und Funktionen, anhand derer dies möglich ist. Diese Hinweise werden als Tiefenkriterien bezeichnet (Tauer, 2010) und können nach Goldstein (1997) in folgende vier Kategorien zusammengefasst werden (vgl. auch Ofner, 2011): Die (1) okulomotorischen Tiefenkriterien beziehen sich auf die Informationen, die sich aus der Augenstellung bzw. der entsprechenden Spannung/Entspannung der Muskeln hierbei ergeben. Die (2) monokularen Tiefenkriterien unterstützen auch bei Sehen mit nur einem Auge die Raumwahrnehmung, indem etwa die relative Größe von Objekten, die Verdeckung von Objekten untereinander u.a. Hinweise ausgewertet werden. Bei den (3) bewegungsinduzierten Tiefenkriterien wird die (wechselnde) Position von Objekten in Abhängigkeit von der Bewegung der beobachtenden Person als Hinweis für die räumliche Stellung dieser Objekte herangezogen. Auch dies ist monookular möglich. Schließlich sorgt die (4) Querdisparität dafür, dass wir räumlich sehen.

Gerade die Querdisparität, also das Sehen zweier versetzter Bilder einer gemeinsamen Szene und das Zusammenfügen dieser Bilder zu einer einheitlichen Wahrnehmung sind bei der Nutzung von stereoskopischen Geräten bzw. beim natürlichen

Sehen zentral. Hier müssen zwei Bilder miteinander abgeglichen und zusammengefügt werden und dadurch entsteht das räumliche Sehen (vgl. Yantis, 2001). Die Querdisparität ist dabei der wichtigste und präziseste Faktor beim räumlichen Sehen (DeAngelis, 2000). Entsprechend wurden und werden auch Technologien entwickelt, um das stereoskopische Sehen zu unterstützen.

In der Regel werden dazu immer simultan zwei Bilder aufgenommen, sei es statisch als Foto oder dynamisch als Film. Die Aufnahme wird meist mit zwei Linsen im Abstand von ca. 65mm gemacht (dem ungefähren Abstand der beiden menschlichen Augen). Die Darstellung der Bilder kann dann etwa mit einem Stereoskop erfolgen, bei dem die beiden Bilder nebeneinander simultan präsentiert werden, oder die Bilder werden übereinandergelegt und dabei eine Technik verwendet, bei der jeweils ein Auge nur die Bildinformation erhält, welche die korrespondierende Linse aufgenommen hat. Spätere Entwicklungen, insbesondere bei der Filmtechnik, beinhalteten die Nutzung von Farbfiltern (z.B. rot/grün), wobei hier qualitative Einbußen durch die farbliche Veränderung hinzunehmen waren. Diese Technik wurde mittlerweile durch Polarisationsfilter (vgl. Tauer, 2010), bzw. Shutter-Verfahren abgelöst. Bei Polarisationsverfahren wird allerdings die Lichtstärke reduziert, was ebenfalls zu qualitativen Einbußen sorgt. Bei Shutterverfahren wird die Brille durch elektrische Impulse schnell verschlossen, so dass nur Halbbilder präsentiert werden, diese dann aber in ihrer Kombination erneut zum dreidimensionalen Bilderleben beitragen. Dieses Verfahren sorgt für die qualitativ hochwertigste Darstellung, wenngleich die Brille mit dem projizierenden Gerät allerdings stets synchronisiert werden muss (z.B. mittels Infrarot-Signalen).

Hält man sich diesen technologischen Aufwand vor Augen, so ist hier sorgfältig abzuwägen, für welche unterrichtlichen Einsatzbereiche diese Technologien überhaupt prinzipiell eingesetzt werden können bzw. wo ein Mehrgehalt zu erwarten ist. Da allerdings gerade Shutterbrillen sowohl im Kino als auch im Home-Entertainment-Bereich bereits breiten Einzug gehalten haben, ist der Kostenfaktor überschaubar.

3 Dreidimensionalität in der Biologiedidaktik

Der Einsatz dreidimensionaler visueller Repräsentationen muss zunächst aus einer allgemeindidaktischen Perspektive erörtert werden. Hier stellt sich zunächst die Frage nach den Lernzielen und den zu erwerbenden Kompetenzen. Grundsätzlich geht es dabei um die Frage, was denn nun, sei es statisch oder dynamisch räumlich präsentiert werden kann und soll. Konkret bedeutet dies, dass es um Inhalte geht, deren Rezeption und damit auch die mentale Repräsentation von dieser dreidimensionalen Darstellung am besten medial repräsentiert werden. In der Regel sind dies Objekte, bei denen eine räumliche Information enthalten ist, welche auch bei den Lernenden repräsentiert werden sollte. Konkret bedeutet dies, dass bei der Konstruktion eines mentalen Modelles auch die räumliche Information mit einfließt und ge-

speichert wird, so dass die finale Repräsentation der „echten“ Information möglichst nahe kommt und etwaige Misskonzeptionen vermieden werden. Welche Bedeutung dies haben kann, sei an einem einfachen Beispiel skizziert. Nimmt man etwa die direkte Verbindung zwischen den Städten Salzburg und Berchtesgaden und trägt dies ohne Höhenlinien auf einer zweidimensionalen Karte ab, so erscheint die Strecke recht kurz. Wird der betrachtenden Person allerdings noch zusätzlich, am besten mittels eines dreidimensionalen Modells, die Höhe vermittelt, welche hierbei zu überwinden wäre, so wird deutlich, dass diese Information nicht nur eine zusätzliche ist, sondern essentiell (etwa wenn es an einem Beispiel wie hier darum geht, eine Fahrradrouten oder ähnliches zu planen). Auch in der Biologie ist das räumliche Sehen in verschiedenen Bereichen unabdingbar. So sind etwa Stereomikroskope gegenüber monokularen Geräten hier gerade beim Erfassen von Oberflächenstrukturen deutlich überlegen.

Die Nutzung von digitalen Technologien für die räumliche Darstellung von Inhalten ist gerade in naturwissenschaftlichen Disziplinen bereits an einigen Stellen erfolgt (vgl. Stith, 2004). So wurde etwa in einer Studie von Korakakis, Pavlatou, Palyvos und Spyrellis (2006) untersucht, wie sich die räumliche Darstellung von Inhalten aus dem molekularbiologischen Bereich auf kognitive und motivationale Parameter bei Lernenden auswirkt. Die Autoren verglichen dabei drei unterschiedliche Versionen einer Lernsoftware. In einer Variante waren interaktive 3D-Animationen verfügbar, welche durch die Lernenden kontrolliert werden konnten (etwa die Rotation von Molekülmodellen), in einer zweiten Version konnten diese Inhalte lediglich als Animation betrachtet und nicht mit ihnen interagiert werden. In einer dritten Version wurden diese Inhalte lediglich als statische Bilder angeboten. Ein Vergleich zwischen allen drei Varianten ergab keinen Unterschied hinsichtlich des Wissenserwerbs, allerdings bevorzugten die Lernenden die beiden dynamischen Visualisierungen. Allerdings konnte kein Vorteil der interaktiven Bedingung nachgewiesen werden. In einer Studie von McClean, Johnson, Rogers et al. (2005) aus dem Bereich der Zellbiologie konnte gezeigt werden, dass das Lernen mit biologischen Animationen als ausschließliches Unterrichtsmedium gerade in kognitiv anspruchsvollen Bereichen nicht zwangsläufig erfolgversprechend ist. Vielmehr kommt die Analyse der AutorInnen zum dem Ergebnis, dass eine Kombination aus Unterricht und Animationen, diese in das Unterrichtsgeschehen eingebettet, und daran anschließend die Nutzung der Animationen im Selbststudium die nachhaltigste Behaltensleistung ergab. Im Bereich der dreidimensionalen Darstellung von Inhalten, ebenfalls aus dem Bereich der Zellbiologie, konnte Huk (2006) zeigen, dass es hier zu Aptitude-Treatment-Interaktionseffekten kommen kann. In der Studie wurde das räumliche Vorstellungsvermögen von Lernenden als Kontrollvariable erhoben. Die Analyse konnte zeigen, dass Lernende mit ausgeprägtem räumlichem Vorstellungsvermögen von dreidimensionalen Visualisierungen profitieren können, während die bei Lernende mit einer geringen Ausprägung nicht der Fall war.

Im Gegensatz zur Forschung um und mit Animationen, zweidimensionale als auch räumliche Visualisierungen eingeschlossen, ist die Forschung um die Nutzung von tatsächlich räumlicher Wahrnehmung mithilfe von Geräten, welche die Nutzung

der Querdisparität ermöglichen, kaum nennenswert. Hier ermöglichen Techniken wie Shutterbrillen, aber auch immersive Lernumgebungen oder Augmented Reality eine echte dreidimensionale Wahrnehmung (z.B. Moser & Zumbach, 2012; Zumbach, Seitz & Blümke, 2015). In der folgenden Studie wurde daher untersucht, wie sich eine solche echte dreidimensionale Repräsentation auf die Modellbildung von Lernenden auswirkt. Mit dem Begriff der Modellbildung ist damit die Konstruktion eines mentalen Modells auf Seiten der Lernenden gemeint. Hier ist anzunehmen, dass durch die dreidimensionale Wahrnehmung von Objekten eine korrektere, dem physikalischen Objekt eher entsprechende mentale Repräsentation ermöglicht wird. Dies wurde entsprechend in der folgenden Studie überprüft.

4 Eine Studie zur dreidimensionalen Repräsentation von Präparaten

Diese Studie wurde durchgeführt, um zu untersuchen, wie sich eine räumliche Darstellung von Objekten auf die mentale Repräsentation von biologischen Präparaten auswirkt. Dabei wurde auch der Einfluss des räumlichen Vorstellungsvermögens untersucht. Da es sich hier um eine primär explorative Studie handelt, wurden die Präparate primär nach ihrer Verfügbarkeit und weniger nach besonderen didaktischen Überlegungen (z.B. Prototypizität) heraus ausgewählt.

4.1 Teilnehmende und Design der Untersuchung

Die Untersuchung wurde an der Paris-Lodron-Universität Salzburg durchgeführt. Insgesamt nahmen 44 Personen im Alter zwischen 18 und 50 Jahren ($MW = 23,75$; $SA = 5,50$), allesamt Studierende der Universität Salzburg an der Studie teil. 30 Teilnehmende waren weiblichen Geschlechts, 14 waren männlich. Alle Teilnehmenden wurden per Zufall einer von zwei Bedingungen zugeteilt. In einer Bedingung („3D“) wurde den Teilnehmenden die räumliche Betrachtung von Präparaten am Computerbildschirm ermöglicht, in einer zweiten Bedingung als Kontrollgruppe wurden die gleichen Präparate am gleichen Bildschirm präsentiert, jedoch ohne räumliche Visualisierung. Die Teilnahme an dieser Studie war freiwillig.

4.2 Material und Durchführung

Für diese Untersuchung wurden drei Objekte als Präparate ausgewählt. Dies waren die Blüte einer Lilie (*Lilium*), die Blüte einer Magerwiesen-Margarite (*Leucanthemum vulgare*, vgl. Abbildung 3) sowie der Körper einer Westlichen Honigbiene (*Apis mellifera*). Die Wahl dieser Präparate lag in ihrer Verfügbarkeit begründet. Die Objekte wurden mit einer Canon Eos 400 Digitalkamera mit einem entsprechenden Makroobjektiv fotografiert. Etwaige ungünstig belichtete Bildteile wurden mit einer Bildbearbeitungssoftware aufgearbeitet. Für die räumliche Darstellung

wurde jedes Objekt mit einer Verschiebung von 65mm zweifach abgelichtet. Zudem wurden die wesentlichen Bildteile beschriftet. Die Betrachtung der Präparate erfolgte an einem IBM-kompatiblen Personal Computer, der an einen 120 Hz LCD Flachbildschirm (21 Zoll Bildschirmdiagonale) angeschlossen war. In der Kontrollgruppe wurden die Aufnahmen als einfache zweidimensionale Projektion präsentiert. In der 3D-Bedingung erfolgte die Betrachtung mittels einer an die Hardware angepassten Shutter-Brille (nVIDIA GeForce 3D-Vision), welche durch die Zusammensetzung der beiden Teilaufnahmen eine räumliche Betrachtung ermöglichte.



Abbildung 3: Aufnahme der Magerwiesen-Margarite als Beispiel für das Stimulus-Material.

Als abhängige Variablen wurde den Probanden nach der Betrachtung aller Objekte ein Blatt vorgelegt, bei welchem der Umriss der gezeigten Objekte vorgegeben war. Die Aufgabe der Probanden war es, die Beschriftungen einzufügen sowie die zentralen Bildmerkmale möglichst präzise einzuzeichnen.

Abbildung 4 zeigt am Beispiel der Lilie eine Bearbeitung durch einen Probanden (oben) sowie die Musterlösung (unten). In die Auswertung wurde die Anzahl der korrekten Beschriftungen einbezogen. Zudem wurde die Position der eingezeichneten Merkmale und ihre horizontale und vertikale Abweichung von den tatsächlichen Positionen erfasst. Dies sollte als Indiz auf die Angemessenheit der mentalen Repräsentation gewertet werden. Das Interesse der Probanden wurde mit der Subskale des Fragebogens zur Erfassung aktueller Motivation erhoben (FAM; Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001; *Cronbach's Alpha* = 0,82). Schließlich wurde noch die kognitive Belastung mittels des NASA-TLX-Fragebogens erfasst (Hart & Staveland, 1988; *Cronbach's Alpha* = 0,80).

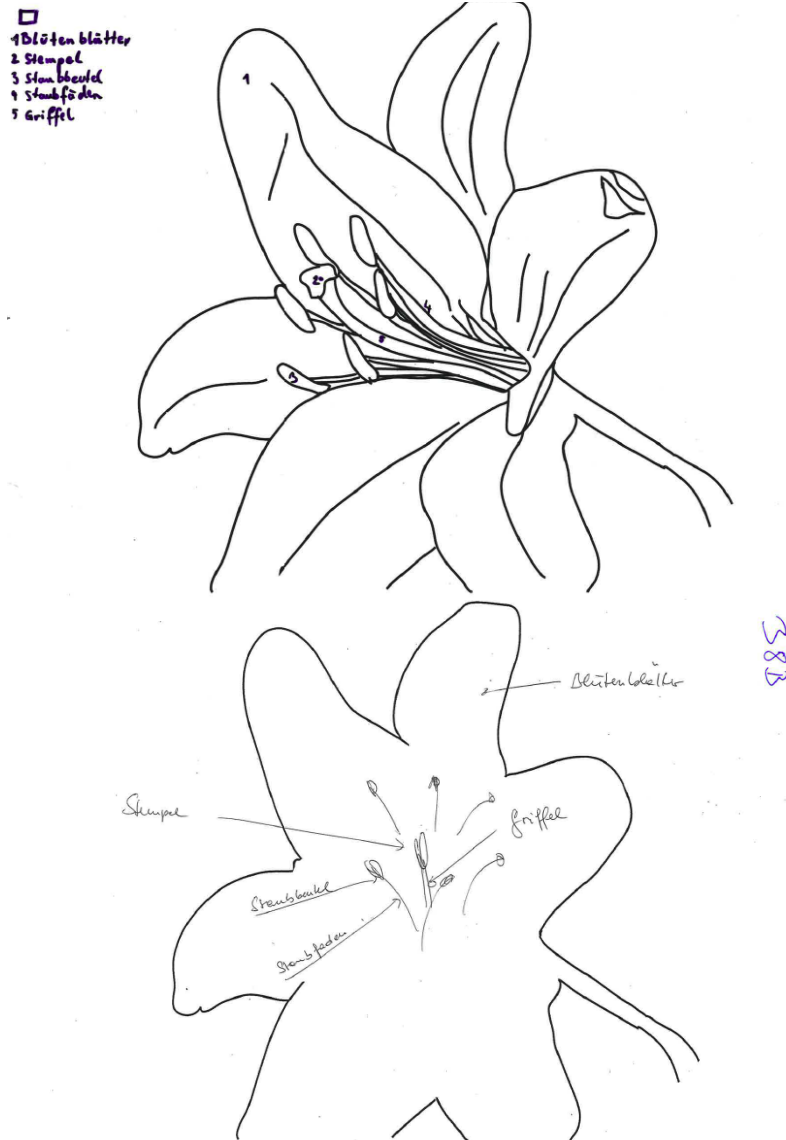


Abbildung 4: Lösungsbogen (oben) und Beschriftungsaufgabe (unten).

Als Kontrollvariablen wurde das räumliche Vorstellungsvermögen der Probanden mithilfe der mentalen Rotationsaufgaben aus dem revidierten Intelligenz-Struktur-Test 2000 (IST-2000-R; Amthauer, Brocke, Liepmann & Beauducel, 1999) erfasst. Zudem wurde die Betrachtungsdauer erhoben.

Der Verlauf der Untersuchung begann mit der Informierung der Probanden über den Ablauf der Studie, der zufälligen Einteilung in eine der beiden Bedingungen. Im Anschluss daran erfolgte die Erfassung der demographischen Daten und der Bearbeitung der mentalen Rotationsaufgabe. Darauf folgte die Bildbetrachtung, je nach Bedingung mit Shutter-Brille oder ohne. Die Probanden hatten die Aufgabe, sich so lange mit jedem Bild zu beschäftigen, bis sie sich sicher waren, die wesentlichen Bildmerkmale als auch Bezeichnung der jeweils aufgeführten Komponenten sich gemerkt zu haben.

Die Betrachtungsdauer selbst war den Probanden selbst überlassen und lag pro Bild zwischen 13 und 180 Sekunden. Im Anschluss an die Bildbetrachtung wurde die Beschriftungs-/Zeichnungsaufgabe präsentiert sowie die kognitive Belastung erfasst. Insgesamt dauerte die Studie etwa 30 Minuten.

4.3 Ergebnisse

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels einer Kovarianzanalyse. Hier wurden die Anzahl korrekter Beschriftungen, die akkumulierte Abweichung der einzelnen Kernmerkmale der gezeigten Präparate sowie die kognitive Belastung als abhängige Variablen in die Auswertung einbezogen. Als Kovariaten wurden die Bildbetrachtungsdauer und das Ergebnis der mentalen Rotationsaufgaben aus dem IST-2000-R einbezogen. Das Ergebnis der Analyse ergab keinen signifikanten Effekt der Bedingung ($F(4, 37) = 0,27; p = 0,90; \eta^2 = 0,03$). Auch bei den Kontrollvariablen konnte weder die mentale Rotationsaufgabe ($F(4, 37) = 0,70; p = 0,60; \eta^2 = 0,07$) noch die Betrachtungsdauer ($F(4, 37) = 2,05; p = 0,11; \eta^2 = 0,18$) ein signifikantes Niveau erreichen.

Variable	M 3D-Bedingung (SD)	M Kontrollgruppe (SD)
Kognitive Belastung	2,27 (0,74)	2,23 (0,72)
Interesse	3,71 (0,77)	3,71 (0,77)
Prozentsatz richtiger Beschriftungen	0,71 (0,24)	0,69 (0,26)
Gesamte Abweichung vom graphischen Ideal in cm	32,60 (9,83)	31,50 (14,82)

Tabelle 2: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der abhängigen Variablen.

Die deskriptiven Daten (vgl. Tabelle 2) zeigen, dass kaum nennenswerte Unterschiede zwischen beiden Bedingungen vorhanden sind.

5 Diskussion und Fazit

Insgesamt konnte in dieser Studie kein Einfluss der hier technisch aufwändig inszenierten echten dreidimensionalen Darstellung gegenüber einfachen digitalen Aufnahmen am Computerbildschirm nachgewiesen werden. Das Ausbleiben eines Effektes kann dabei unterschiedliche Ursachen haben, über welche sich spekulieren lässt. So liegt zum einen der Schluss nahe, dass die hier gewählten Objekte keinen deutlichen Mehrwert durch die dreidimensionale Betrachtung mittels der Shutter-Brille erfuhren. Die räumliche Information mag an sich das Objekt etwas plastischer darstellen, allerdings sind diese Details zur Erfassung des Gesamtobjekts nicht zwingend notwendig. Zudem können etwa räumliche Informationen durch das Vorwissen der Lernenden als auch durch zusätzliche Hinweise wie etwa Schattenwürfe auch aus dem zweidimensionalen Bild erschlossen werden. Gegebenenfalls eigenen sich hier tatsächlich eher Objekte zur dreidimensionalen Visualisierung, bei denen die räumliche Anordnung einzelner Teilelemente grundlegend zum Verständnis der Inhalte ist (Zellstrukturen, Moleküle, etc.). Auch das Ausbleiben motivationaler Effekte, hier durch die Erfassung des Interesses operationalisiert, ist nicht weiter erstaunlich, hat doch die Nutzung von dreidimensionaler Darstellung breiten Einzug in die Unterhaltungselektronik gehalten. Auf den ersten Blick doch erstaunlich ist, dass in der vorliegenden Studie Befunde zur Interaktion von Personeneigenschaften mit der räumlichen Darstellung ausblieben. So konnte der Befund von Huk (2006), nachdem Personen mit hohem räumlichen Vorstellungsvermögen eher von der dreidimensionalen Repräsentation profitieren, hier nicht repliziert werden. Aber auch das könnte an einem mangelnden Mehrwert der räumlichen Darstellung der hier gewählten Präparate liegen.

Kritisch ist anzumerken, dass in der hier skizzierten Studie nur eine spezifische Form des räumlichen Vorstellungsvermögens einbezogen wurde (die sog. „Veranschaulichung“). Hier wäre etwa der Einbezug von Maßen der räumlichen Beziehung anzudenken. Auch wurden hier statische Bildmedien eingesetzt. Mittels bewegter Bilder könnte ein zusätzliches Merkmal für die räumliche Wahrnehmung integriert werden.

Grundlegend kann aber der Einsatz der hier beschriebenen Methodik durchaus sinnvoll sein: Natürlich könnte im Unterricht auf die „echten“ Objekte zurückgegriffen werden. Dies ist allerdings stark von der jeweiligen Saison von Pflanzen abhängig, und bei Tieren in lebenden Zustand mitunter unmöglich (z.B. bei Honigbienen). Allerdings können bei einfachen Repräsentationsaufgaben hier „herkömmliche“ zweidimensionale Darstellungen zu den gleichen Ergebnissen, bzw. mentalen Repräsentationen führen als die technisch aufwändigere dreidimensionale Darstellung. Diese scheint zwar auf den ersten Blick ungleich attraktiver, allerdings steht der Aufwand in keiner Relation zu den Resultaten. Weiterhin ist zu überlegen, ob bei dreidimensionalen Repräsentationen auch die Möglichkeit zur Interaktion mit etwai- gen Modellen geboten wird. Dies würde die Erkundung eines Objektes durch einen Lernenden ermöglichen. Folgt man allerdings den bereits skizzierten Befunden von Korakakis, Pavlatou, Palyvos und Spyrellis (2009), so scheint es auch hier sinnvoll zu sein, die Kosten und die Nutzen genauestens gegenüber abzuwägen. Ausblickend sollte es eine Aufgabe der weiteren Forschung sein, hier insbesondere nach Inhalten

zu suchen, welche durch die räumliche Darstellung einen deutlichen Mehrwert bei der Informationsvermittlung mit sich bringen.

Literaturverzeichnis

- Amthauer, R., Brocke, B., Liepmann, D. & Beauducel, A. (1999). *Intelligenz-Struktur-Test 2000 (I-S-T 2000)*. Göttingen: Hogrefe.
- DeAngelis, G. C. (2000). Seeing in three dimensions: the neurophysiology of stereopsis. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 80-90.
- Goldstein, E. B. (1997). *Wahrnehmungspsychologie. Eine Einführung*. Heidelberg: Spektrum.
- Hart, S.G., & Staveland, L.E. (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Re-sults of experimental and theoretical research. In P.A. Hancock, & N. Meshkati (Eds.), *Human Mental Workload* (pp. 139-183). Amsterdam: North Holland.
- Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22, 392-404.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Korakakis, G., Pavlatou, E. A., Palyvos, J. A., & Spyrellis, N. (2009). 3D visualization types in multimedia applications for science learning: A case study for 8th grade students in Greece. *Computers & Education*, 52, 390 - 401.
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 43-71). Cambridge, MA: University Press.
- McClellan, P., Johnson, C., Rogers, R., Daniels, L., Reber, J., Slator, B., Terpstra, J., & White, A. (2005). Molecular and Cellular Biology Animations: Development and Impact on Student Learning. *Cell Biology Education*, 4, 169–179.
- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive multimodal learning environments: Special issue on interactive learning environments. Contemporary issues and trends. *Educational Psychology Review*, 19, 309-326.
- Moser, S. & Zumbach, J. (2012). Augmented Reality – erweiterte multimediale Lernerfahrungen. In E. Blaschitz, G. Brandhofer, C. Nosko & G. Schwed (Hrsg.), *Zukunft des Lernens* (S. 145-164), Glückstadt: vwh.
- Ofner, A. M. (2012). *Kunstvermittlung dreidimensional: Auswirkungen von 3D-Visualisierungen, Stimmung, Kunstwissen und Kunstinteresse auf das Lernen kunsttheoretischer Inhalte zu und die Bildung mentaler Repräsentationen von Skulpturen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Salzburg: Universität Salzburg.
- Paivio, A. (1978). A dual coding approach to perception and cognition. In H. L. Pick & E. Salzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information* (pp. 39-51). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Paivio, A. (1983). The empirical case for dual coding. In J. C. Yuille (Ed.), *Imagery, memory and cognition* (pp. 307-332). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B.D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 2, 57-66.
- Schnotz, W. (2014). Integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 72-103). Cambridge, MA: University Press.
- Snowden, R., Thompson, P., & Troscianko, T. (2006). *Basic Vision. An introduction to visual perception*. Oxford: Oxford University Press.
- Stith, B. J. (2004). Use of Animation in Teaching Cell Biology. *Cell Biology Education*, 3, 181–188.
- Tauer, H. (2010). *Stereo 3D. Grundlagen, Technik und Bildgestaltung*. Berlin: Schiele & Schön.
- Yantis, S. (2001). Visual Perception: An Overview. In S. Yantis (Ed.), *Visual Perception: Essential Readings* (pp. 1-17). Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Zumbach, J., Seitz, C., Bluemke, M. (2015). Impact of Violent Video Game Realism on the Self-Concept of Aggressiveness: Evidence from Explicit and Implicit Measures. *Computers in Human Behavior*, 53, 278-288.

Danksagung

Für die Gestaltung der Untersuchungsmaterialien und die Versuchsdurchführung sei an dieser Stelle Christian Walter Franz, MSc, gedankt.

Autor

Univ.-Prof. Dr. Jörg ZUMBACH || Paris Lodron Universität Salzburg || School of Education/Fachdidaktische Lehr-/Lernforschung und Neue Medien || Hellbrunnerstrasse 34, Österreich - 5020 Salzburg
<https://www.sbg.ac.at/mediaresearch/>
joerg.zumbach@sbg.ac.at