

## 12.4

Auch bei dieser Aufgabe wird eine Zerlegung in mehrere Schritte zu empfehlen sein:

① Definition der Quadratseite in Nulllage:

$$\mathbf{x}_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ v \end{pmatrix} \text{ für } v \in [-1, +1]$$

② Drehung um y-Achse und Schiebung nach außen:

$$\mathbf{x}_1 = \begin{pmatrix} \cos \frac{5u}{4} & 0 & \sin \frac{5u}{4} \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \frac{5u}{4} & 0 & \cos \frac{5u}{4} \end{pmatrix} \cdot \mathbf{x}_0 + \begin{pmatrix} 8 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ für } u \in [0, 8\pi]$$

③ Drehung um z-Achse:

$$\mathbf{x}_2 = \begin{pmatrix} \cos u & \sin u & 0 \\ -\sin u & \cos u & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \mathbf{x}_1$$

Die Substitution zur Entwicklung der Formel  $\mathbf{x}_2(u,v)$  darf dem Leser überlassen bleiben.

## Über das Lernen mit geometrischen Modellen

Thomas Müller, Krems/Donau

*Der österreichische Geometrie-Wanderworkshop ist nun 5 Jahre alt und wurde einer Überarbeitung, einem „Facelifting“, unterzogen. Motiviert durch die bisherige große Akzeptanz dieser Idee, das Interesse an Geometrie durch Selbsterarbeitung von Einzelthemen im Stationenbetrieb zu fördern, sei kurz innegehalten und reflektiert, ob das Arbeiten mit Modellen im Bereich der Geometrie die kognitiven Fähigkeiten fördern kann. Anlass dazu sind einige Ergebnisse aus der Lernforschung rund um die neuen Medien. Ob diese auf das Lernen mit konkreten Anschauungsmodellen einfach übertragbar sind, sei zunächst unberücksichtigt und bedarf weiterer Untersuchungen.*

### Vorausgedanken: Äußere Handlung und geistige Tätigkeit

*Der Effekt des Einsatzes einer praktisch-gegenständlichen Tätigkeit hängt prinzipiell davon ab, ob die Kinder damit zu geistiger Tätigkeit veranlasst werden und ob diese Tätigkeit auf den Aneignungsgegenstand gerichtet ist.*

Dieses Zitat wurde einer Arbeit von Klaus-Peter Eichler [Eichler 2000] entnommen. Eichler bezieht seine Zeilen zwar auf die Primarstufe, doch können seine Bemerkungen, dass die Kinder nicht selten zu wenig zu solchen auf den Aneignungsgegenstand gerichteten geistigen Tätigkeiten herausgefordert werden, durchaus auf höhere Ausbildungsstufen übertragen werden. Er meint weiter, dass die Folge dann nur ein geschäftiges Hantieren der Kinder sei, denen der Unterricht zwar Spaß mache, die mit Eifer bei der Sache seien, am Ende der Stunde im Hinblick auf den Aneignungsgegenstand wenig erreicht hätten. Eichler sieht in vielen Veröffentlichungen das „Fehlen an konkreten Hinweisen zur Organisation geistiger Tätigkeiten“. Dieser Mangel könnte einem kritischen Beobachter früher bei der Beschäftigung mit einzelnen Aufträgen beim Geometrie-Wanderworkshop aufgefallen sein. Deshalb wurde nun ein Begleitheft aufgelegt, welches solche konkreten Hinweise und Aufgabenstellungen zu jeder der 20 Stationen an-

gibt und somit die Effektivität und Attraktivität des Geometrie-Wanderworkshops (G-WWS) noch weiter steigern kann [Müller/Blümel 2013].

### Das Unterrichtskonzept Geometrie-Wanderworkshop

Die Ausgangsbasis des Unterrichtskonzeptes G-WWS ist eine Modellvorstellung von Unterricht, wie sie treffend durch folgendes Zitat beschrieben wird:

*Eine Lehrperson hat unter Bedachtnahme auf vermutete Lernvoraussetzungen bestimmte Zielvorstellungen. Durch Lehrerhandlungen werden bei den Lernenden Lernaktivitäten angeregt. Die Lernwirkungen veranlassen die Lehrperson zu bestimmten Annahmen über das Erreichen des Lernerfolges.* [Tulodzieki/Herzig/Blömeke 2004, p 128]

Schematisch dargestellt bedeutet dies:

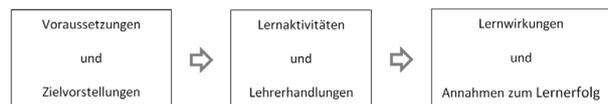


Abbildung 1: Lehren und Lernen

Gabi Reinmann beschreibt gerade diese Planbarkeit als das verbindende Element zwischen Behaviorismus und Kognitivismus, nämlich „die Über-

zeugung, Lernen planen und in gewissem Sinne auch steuern zu können". Sie bezeichnet diese Gemeinsamkeit als „Steuerungslogik“.

Speziell im Konstruktivismus macht sie ein „Ermöglichungsdenken“ aus, „das eine absolute Kontrolle und Lenkung des Lernens ablehnt und für nicht machbar hält“. [Reinmann 2005, p 103]

Der G-WWS minimiert gerade diesen Einfluss der Lehrerpersönlichkeit auf die Schüleraktivitäten, auch der zeitliche Ablauf ist weitgehend selbstgesteuert. In diesem Licht ist das Lernen mit dem G-WWS als konstruktivistisch anzusehen.

### Bemerkungen zu den Inhalten und Methoden des G-WWS

Aufbau und Inhalt der G-WWS-Stationen unterstützen das entdeckende Lernen. Die Aktivitäten erfüllen die typischen Kennzeichen dafür, vgl. etwa [Reinmann 2005, p 192]:

- Die Lernenden setzen sich aktiv mit Problemen auseinander,
- sie sammeln selbstständig eigene Erfahrungen,
- sie führen bei passenden Gelegenheiten Experimente durch und
- sie erlangen auf diese Weise neue Einsichten in komplexe Sachverhalte und Prinzipien.

Das G-WWS will die *motivationale, emotionale und soziale* Dimension des Lernens betonen.

Der G-WWS deckt viele der Inhalte aus dem Lehrplan für Geometrisches Zeichnen (und Mathematik) nicht nur der Sekundarstufe 1 ab, etwa die Themen Ornamente und Muster, spielerisches Experimentieren, ebene Schnitte, Erkennen räumlicher Zusammenhänge, Grundeigenschaften der Perspektive, anschauliche Erzeugung einer Ellipse, Körper, krumme Flächen.

Durch das Experimentieren und Selbstaussprobieren werden Erfahrungen gemacht, wird Lernen ermöglicht. (Auch in diesem Sinne ist der G-WWS dem konstruktivistischen Lernparadigma zuzuordnen.)

Es gibt Phasen der direkten Instruktion (Anregen, Unterstützen, Beraten, Anleiten) und Phasen der Konstruktion des Wissens durch aktive, selbstgesteuerte, situative oder soziale Prozesse.

Im Wesentlichen beinhalten alle Stationen das Arbeiten mit Modellen – mit **geometrischen Modellen**.

### Das Medium „Geometrisches Modell“

Allgemein ist ein Medium der Mittler zwischen Sender und Empfänger im Informationsfluss, wie er bei jeder Wissensvermittlung durch eine Lehrperson zu erkennen ist:



Abbildung 2: Die Bedeutung des Mediums im Informationsfluss

Sprache, Texte, Musik, Bilder, Geräusche, Gerüche, Objekte/Modelle sind also Medien. Auch die Stationen/Arbeitsbehelfe/Modelle des G-WWS gehören zu den Medien.

Eine Klassifizierung/Typisierung von Medien kann nach der **Codierung/Codalität** und **Modalität** erfolgen, vgl. etwa [Weidenmann 2002, p 47]:

- Die *Codalität* oder *Codierung* gibt an, mit welchem Zeichensystem die Medien/Informationen dargestellt werden: Sprache, Schrift, Grafik, Bild (Foto), Musik/Sound.
- Die *Modalität* unterscheidet die Medien nach der Art des menschlichen Aufnahme-/Sinneskanals: visuell (Sehsinn), auditiv (Gehörsinn), haptisch (Tastsinn), olfaktorisch (den Geruchssinn betreffend).

### Ein Beispiel zu Codierung und Modalität aus der Geometrie

Nun seien einige Möglichkeiten beschrieben, wie sich nach Forschungsergebnissen aus den neuen Medien die Konfrontation eines/einer Lernenden mit zwei geometrischen Objekten, einem Zylinder und einem Quader, je nach Codierung und Modalität - unterschiedlich auf den Informationsfluss auswirken können. [Weidenmann 2002] und [Blömeke 2003]

**Informationsszenario 1:** Ein Zylinder **steht** auf einem Quader.

Codierung = SCHRIFT / Modalität = AUDITIV oder VISUELL

Informationsfluss: Nach dem Prinzip der Doppelcodierung von Allan Paivio (1986) [Blömeke 2003] aktiviert das Lesen zunächst das verbale System im Gehirn, löst aber auch eine bildhafte Vorstellung aus.

**Informationsszenario 2:** Zeichnung von „Ein Zylinder **steht** auf einem Quader.“ (Abbildung 3)

Codierung = BILD / Modalität = VISUELL

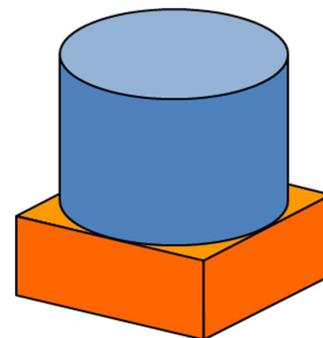


Abbildung 3: Zylinder auf Quader

Informationsfluss: Nach dem Prinzip der Doppelcodierung von Paivio (siehe [Blömeke 2003]) aktiviert das *Sehen* zunächst das non-verbale System im Gehirn und löst in einem weiteren Schritt die Aktivierung des entsprechenden Begriffs im verbalen System aus.

Es müssen demnach bekannte Begriffe sein: Wenn sich im verbalen System des Schülers der Begriff „Zylinder“ nicht findet, dann kann auch nichts verknüpft werden.

Nach Paivio erhöht eine doppelte Codierung die Behaltenswahrscheinlichkeit. Aber sowohl Wort als auch zugehöriges Bild müssen bereits gespeichert sein. Bilder müssen neben der bildhaften Verarbeitung zusätzlich verbal durch ihren Namen/Bezeichnung codiert sein. (Dies unterstreicht die Forderung nach konsequenter Verwendung der Fachsprache!)

**Informationsszenario 3:** Zeichnung von „Ein Zylinder **steht** auf einem Würfel.“ (Abbildung 1) und der geschriebene Text

Codierung = BILD + SCHRIFT /  
Modalität = VISUELL

Informationsfluss: Bild und Text in räumlicher Nähe oder nicht in räumlicher Nähe bedingen unterschiedliche Lernwirkungen!

**Informationsszenario 4:** Reale Modelle (Abbildung 4) und der geschriebene Text von „Ein Zylinder **steht** auf einem Würfel.“

Codierung = BILD + SCHRIFT /  
Modalität = HAPTISCH, VISUELL



Abbildung 4: Reale Modelle

Naiv wäre es nun zu glauben, dass eine einfache Addition mehrerer Darstellungsformen (etwa: Diagramme und schriftliche Texte) nicht automatisch zu besseren Lernerfolgen führt. Eine einfache Aussage wie „Das Medium X bewirkt, dass die Schülerinnen und Schüler den Gegenstand Y besser erlernen“ ist nicht möglich [Blömeke 2003, p 75]. Die Wechselwirkung der Faktoren „Lehrziel“, „instruktionale Unterstützung“, „Vorwissen“ (in Form von themenspezifischen Kenntnissen und medienspezifischen Fertigkeiten) sowie „Interessen und Einstellungen“ und die „Interaktion“ müssen ebenfalls Berücksichtigung finden. Die Auswahl und der Einsatz der Medien im Unterricht bedürfen sorgfältiger Abstimmungen mit den eigenen Lehrzielen, mit den Merkmalen der Lernenden und der Planung der Lehr-Lernprozesse. Darüber hinaus ist eine angemessene Unterstützung der Lernenden während der Arbeit mit dem Medium notwendig.

## Lernen mit Medien, speziell dem Medium „Modell“

Zahlreiche Untersuchungen haben sich mit dem Lernen mit „Multimedia“ befasst, also dem Lernen mit mehreren oder durch mehrere Medien gleichzeitig. Inwieweit die Ergebnisse dieser Forschungen und Theorien auf das Arbeiten mit dem „alten“ Medium „**Modell**“ angewendet werden können, bedarf – wie eingangs bemerkt – eigener Untersuchungen.

Die Theorie *multimedialen Lernens* nach Richard E. Mayer (1997) baut auf der erwähnten Theorie der Doppelcodierung von Allan U. Paivio (1986) auf. [Blömeke 2003]

Demnach wird das Wissen in drei Schritten im Gehirn gespeichert.

1. Aktives Selektieren von (in Text und Bild) dargebotenen Informationen - oberflächliche Speicherung, noch ohne dass Bezüge zwischen den Komponenten hergestellt werden.
2. Zwei mentale Modelle (Wort und Bild) werden aufgebaut – Relationen zwischen den gespeicherten Informationen werden gebildet.
3. Eine echte Verknüpfung zwischen beiden Modellen erfolgt untereinander und mit dem Vorwissen im Langzeitgedächtnis.

Der Prozess der Informationsverarbeitung nach der generativen Theorie multimedialen Lernens wird in Abbildung 5 (nach einer Grafik von Moreno&Mayer 2000 nach einer Skizze in [Blömeke 2003]) veranschaulicht.

Wir kommen nun zur zentralen Frage:

**Frage:** Wie ist die Lernwirksamkeit bei Einsatz von realen Modellen im Geometrieunterricht?

Offen scheint, ob alle **Prinzipien multimedialen Lernens**<sup>1</sup> [Brünken 2001] auch für das Lernen mit traditionellen geometrischen Modellen gelten, die da sind:

*Prinzip der dualen Codierung* – textliche<sup>2</sup> und bildliche Informationspräsentation fördern den Wissenserwerb mehr als nur textliche Information.

*Prinzip der räumlichen Nähe („Kontiguitätsprinzip“)* – räumlich benachbarte Darstellung textlicher und bildlicher Informationen fördern Wissenserwerb mehr als eine getrennte Präsentation von Bild und Text auf verschiedenen Seiten.

<sup>1</sup> Vgl. neben [BRÜNKEN 2001] auch [de.wikipedia.org/wiki/Kognitive\\_Theorie\\_des\\_multimedialen\\_Lernens](https://de.wikipedia.org/wiki/Kognitive_Theorie_des_multimedialen_Lernens) (2012-10-15)

<sup>2</sup> Textliche Information kann einerseits geschriebener Text, andererseits gesprochener Text sein.

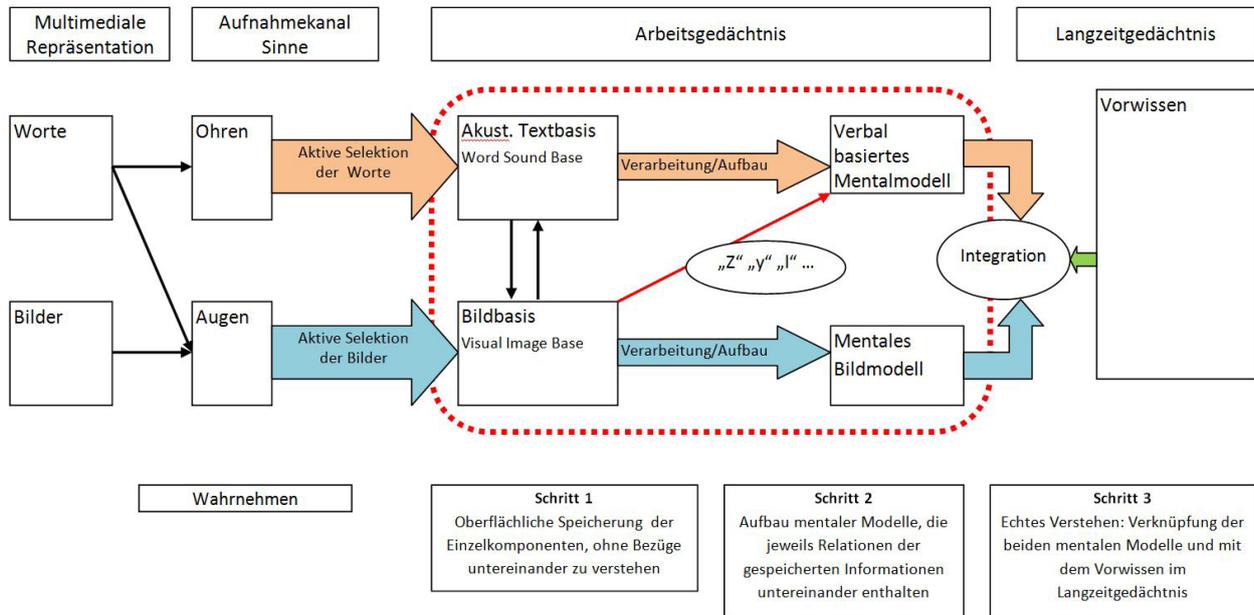


Abbildung 5: Prozess der Informationsverarbeitung [Blömeke 2003]

*Prinzip der simultanen Darstellung* – gleichzeitige Präsentation bildlicher und textlicher Informationen fördern Wissenserwerb mehr als sukzessive Präsentation gleicher Inhalte.

*Kohärenzprinzip* – interessante, aber für das Lehrziel irrelevante visuelle oder akustische Informationen reduzieren den Wissenserwerb.

*Multimodalitätsprinzip* – audiovisuelle Darstellung bildlicher und textlicher/sprachlicher Information fördern Wissenserwerb mehr als nur visuelle Darbietung.

*Redundanzprinzip* – audiovisuelle Darstellung bildlicher und textlich/sprachlicher Informationen fördern Wissenserwerb mehr als die (redundante) Darstellung der gleichen Information durch Bild, Ton und geschriebenen Text.

### Konkrete Untersuchungsergebnisse zum Lernen mit Medien

Aus der empirischen Forschung<sup>3</sup> rund um den Einsatz digitaler Medien gibt es noch weitere Befunde. Nur auf einige davon sei hier verwiesen, die besonders Querverbindungen zum Lernen mit dem Wanderworkshop bzw. dem Arbeiten mit Modellen knüpfen lassen:

Besonders bedeutsam scheint dem Autor Folgendes:

#### Supplantationskonzept nach Salomon, 1979

Danach entlastet die exakte Simulation eines kognitiven Prozesses das Arbeitsgedächtnis des Ler-

<sup>3</sup> Bedenken Sie bitte, dass es neben Realuntersuchungen im Unterrichtsalltag auch reine „Laboruntersuchungen“ unter Ausschaltung aller Nebeneinflüsse gibt.

nenden, weil sie eine wichtige Lernaufgabe – das Vorstellen eines Ablaufes – vereinfacht. Dadurch kann allerdings der Lerneffekt geschmälert werden.

Als Argument für die Bedeutsamkeit dieses Konzeptes seien zwei Beleghinweise angeführt:

#### Beleghinweis 1:

Dieser kommt direkt aus den Untersuchungen über die Wirksamkeit von digitalen Modellen im Bereich der Geometrie. Angeführt seien deshalb die Ergebnisse der Untersuchungen von Hannes Kaufmann und Andreas Dünser [Dünser 2005] zur Trainierbarkeit der Raumvorstellung mit Construct3D und Cad-3D: Die Ergebnisse bei Verwendung des Programmes Construct3D fielen im Vergleich zur Verwendung von CAD-3D schlechter aus. Construct3D nimmt den Lernenden – erklärbar durch dieses Supplantationskonzept – durch die dreidimensionale Modelldarstellung in Augmented Reality offenbar kognitive Vorstellungsarbeit ab.

An dieser Untersuchung nahmen über 200 Schülerinnen und Schüler aus der Sekundarstufe 2 teil. Die Raumvorstellungsleistungen von vier Gruppen wurden mittels Pre- und Posttest untersucht. Zwischen beiden Tests lagen sechswöchige Trainingseinheiten [Dünser 2005 p112].

Eine Gruppe zeichnet im DG-Unterricht traditionell händisch ohne Computer, eine zweite setzt die didaktische CAD-3D-Software (TU-Wien) ein. Eine dritte Gruppe trainiert mit Hilfe des durch Hannes Kaufmann entwickelten Construct3D-Programms (C3D), welches auf Augmented Reality beruht. Eine vierte Gruppe erhielt keinen speziellen Raumgeometrieunterricht.



Abbildung 6: Augmented reality, aus [DÜNSER 2005, Abb. 14]

Das von der Forschergruppe erhoffte Ergebnis, dass die Gruppe mit den Augmented-Reality-Modellen trainierte, die größte Leistungssteigerung haben würde, erfüllte sich nicht:

*Die aufgestellte Hypothese, dass ein Training mit C3D sich positiv auf die Raumvorstellung auswirkt, wird auf genereller Ebene nicht durch die in dieser Studie gesammelten Daten unterstützt.*

*Die zweite Hypothese, dass sich ein Training mit C3D v. a. auf den zentralen Raumvorstellungsfaktor Visualisierung auswirken sollte, kann auch nicht bestätigt werden.*

*Der geringere Leistungszuwachs der C3D-Gruppe beim MRT verglichen mit der CAD3D-Gruppe zeigt zumindest, dass ein Training mit virtuellen 3-dimensionalen Objekten nicht dazu geeignet ist, den Speeded Mental Rotation Faktor zu trainieren. [DÜNSER 2005, p157]*

In der folgenden Grafik [DÜNSER 2005, Abb. 22] kann man die Leistungszuwächse zwischen Pre- und Posttest sehen. Diese fielen zum Beispiel beim Arbeiten mit CAD-3D (TU-Wien) besser aus als mit virtuellen 3D-Modellen.

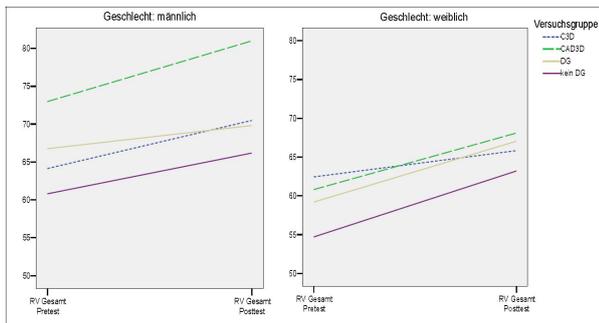


Abbildung 22 Leistungszuwachs in den Versuchsgruppen, Raumvorstellungsgesamtscore, getrennt für Geschlecht

Abbildung 7: Unterschiedliche Ergebnisse in den Tests [DÜNSER 2005, Abb. 22]

## Beleghinweis2:

Ähnlich fällt das Ergebnis der Forschungen von Thomas Huk [Huk 2006] aus: Dabei wurde die Wirksamkeit des Lernens mit interaktiven 3D-Modellen im Vergleich mit ebenen Darstellungen bei mehr als 100 Biologiestudierenden untersucht.

Huk wählte die Bearbeitungsdauer von Aufgaben als Maß für den Fortschritt des Lernens:

*Although the usage of interactive 3D models (e.g.*

*QuickTime-VR) is a prevalent characteristic of modern hypermedia-learning environments, empirical research on the educational value of 3D models is scarce, and in most cases the research undertaken to date has found no advantages or even detrimental learning outcome to result from usage of a 3D representation format as compared with a 2D representation [HUK 2006, p400f]*

3D-models and spatial ability

399

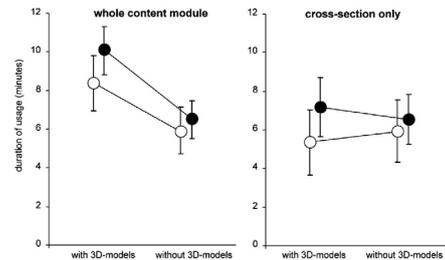


Fig 3 Mean duration (minutes  $\pm$  LSD) of students' usage of the content module that they were instructed to look at ('the plant and animal cell') during a 20 min working session with the hypermedia-learning environment 'The Cell II'. For presentation purposes, a median-split was performed for spatial ability in order to distinguish students with high/low spatial ability (white circles = low spatial ability, black points = high spatial ability).

Abbildung 8: Unterschiedliche Ergebnisse in den Tests [HUK 2006, Fig 3]

Zwei weitere Erkenntnisse aus der Lernforschung über digitale Medien seien abschließend angeführt. Auch diese können uns Erkenntnisse über das Arbeiten mit geometrischen Modellen bringen.

## Die Theorie von Swellers, 1988

Diese besagt, dass die **kognitive Verarbeitungskapazität von Lernenden begrenzt ist**. Erfolgt eine Verarbeitung monomodal, also etwa nur visuell z.B. durch ein Bild und einen Text, so ist eine Teilung der verfügbaren Arbeitsgedächtnisressourcen notwendig („Split-Attention-Effekt“). Es gilt als nachgewiesen, dass sich Lernende in so einem Fall eher auf das dominierende Bild konzentrieren und die Textinformationen vernachlässigen.

## Untersuchungen über die Kontrolle der eigenen Lerngeschwindigkeit, Mayer und Chandler, 2001

Es geht um Interaktivität und die so ermöglichte Steuerung der Arbeitsgeschwindigkeit beim Lernen mit einer Präsentation: Eine Kontrolle über die Geschwindigkeit beim ersten Ablaufen durch Lernende selbst führt zu signifikant besseren Ergebnissen bei Transferaufgaben, als wenn eine ununterbrochene Präsentation stattfindet. Durch diese Selbststeuerung wird die kognitive Überlastung des Arbeitsgedächtnisses vermieden.

## Conclusio

Ob die Übertragung von Ergebnissen aus der Forschung rund um das Lernen mit neuen Medien auf das Arbeiten mit geometrischen traditionellen Modellen möglich und gerechtfertigt ist, sollen zukünftige Untersuchungen zeigen. Der aktive Umgang mit Modellen, besonders mit jenen des

G-WWS, die haptische Erfahrungen damit, das „Begreifen“ scheinen für einen **Erstkontakt**, für die Langzeitspeicherung im Gehirn wichtig zu sein. Narrative Anker im Sinne der Theorie der „Anchored Instruction“ werden gelegt. Später dürfte das bequeme Nachsehen, das Zuschauen bei Animationen statt das „Bedenken“ von Lösungen mittels der eigenen Vorstellungskraft oder selbst angefertigter Skizzen für die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten weniger effektiv sein.

## Literatur

Blömeke, Sigrid: *Lehren und Lernen mit neuen Medien. Forschungsstand und Forschungsperspektive, Unterrichtswissenschaft, 31, S.57-82, 2003*

Brünken, R./Steinbacher, S./Schnitz W./Leutner, D.: *Mentale Modelle und Effekte der Präsentations- und Abrufkodierbarkeit beim Lernen mit Multimedia, in: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 15, 16 – 27, 2001*

Dünser, Andreas: *Trainierbarkeit der Raumvorstellung mit Augmented Reality. Wien, Univ., Diss., 2005*

Eichler, Klaus-Peter: *Zum Geometrieunterricht in der Grundschule, veröffentlicht in „Mathematikunterricht gestalten“ in der Berlin: Paetec, 2000 bzw. in www.mathematikus.de [Eichler 2000]*

Huk, Thomas: *Who benefits from learning with 3D*

*Models in case of spatial ability? Journal of Computer Assisted Learning 22, pp392-404, 2006*

Müller, Thomas/Blümel, Manfred: *Aktive Wege durch die Geometrie, Ideen für Projekte im Mathematik- und Geometrieunterricht (Beschreibungen zum österreichischen Geometrie-Wanderworkshop), ÖBV-Verlag Wien, 2013*

Müller, Thomas: *5 Jahre Geometriewanderworkshop in Österreich. - in: Ludwig, M. & Kleine, M. (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2012. (2012), S. 609 - 612*

Reinmann Gabi: *Blended Learning in der Lehrerbildung, Grundlagen für die Konzeption innovativer Lernumgebungen, Pabst Science Publishers, Lengerich, 2005.*

Salomon, Gavriel: *Interaction of media, Cognition, and Learning, 1979 San Francisco/Washington/London: Jossey-Bass, vergleiche dazu auch: GOOGLE-Books: [http://books.google.at/books?id=Rvn6g4y5F2EC&dq=inauthor:%22Gavriel+Salomon%22&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.at/books?id=Rvn6g4y5F2EC&dq=inauthor:%22Gavriel+Salomon%22&source=gbs_navlinks_s), 2012-10-23*

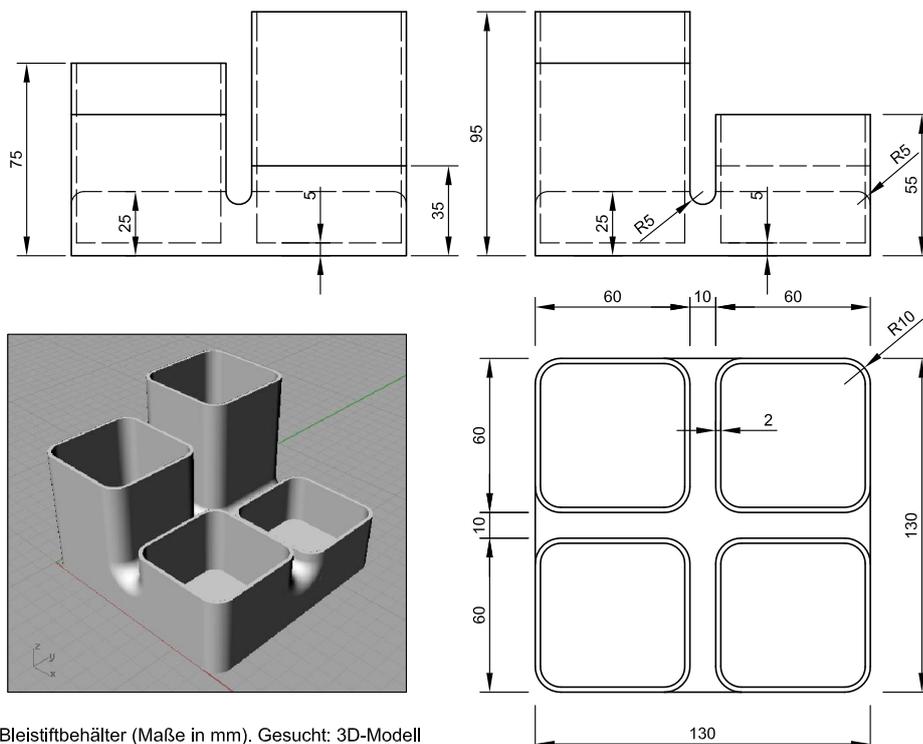
Tulodziecki, Gerhard/Herzig, Bardo/Blömeke, Sigrid: *Gestaltung von Unterricht – Eine Einführung in die Didaktik, Bad Heilbrunn, 2004*

Weidenmann, Bernd: *Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess, in: Issing, Ludwig J. & Klimsa, Paul (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia und Internet, 3. Auflage, Weinheim, 2002, S. 45 – 62*

## Eine Modellieraufgabe

Peter Mayrhofer

Universität Innsbruck, AB Geometrie und CAD  
E-Mail: peter.mayrhofer@uibk.ac.at



Bleistiftbehälter (Maße in mm). Gesucht: 3D-Modell

Das in drei Rissen gegebene, auf zahlreichen Schreibtischen zu findende Objekt mag auf den ersten Blick sehr einfach zu modellieren sein, birgt aber gerade für Anfänger seine Tücken.

Die Konstruktion der Ausrundungen - speziell jener an den Aussenwänden - erfordert eine sorgfältige geometrische Analyse und ist nicht unmittelbar mit vorhandenen Rundungsbefehlen der CAD-Systeme AutoCAD bzw. Rhino zu erzeugen.

Die Ausrundungsfläche ist Teil eines Torus und kann durch Rotation eines Viertelkreises um  $180^\circ$  als Drehfläche modelliert werden.