

Kárpáti Andrea, Babály Bernadett, Budai László (2016): Onlinetests für die Teilkompetenz Imaginieren (Raumvorstellung). In: Schönau, D. és Wagner, E. Hrsg.: *Gemeinsamer Europäischer Referenzrahmen für Visual Literacy - Prototyp*. Münster-New York: Waxmann Verlag, 319-327 Absztrakt: <http://www.waxmann.com/buch3428>

8.3 Möglichkeiten der Onlineauswertung für den Teilkompetenz „Raumvorstellung“

Andrea Kárpáti, Bernadett Babály und László Budai

Die steigende Bedeutung der Onlinemessung und Onlineauswertung in der schulischen Leistungsmessung

In alltäglichen Schulpraxis sowie in der Fähigkeitsforschung des 21. Jahrhunderts bekommt das computergestützte Testen eine immer größere Rolle. Die umfangreichen Untersuchungen, die modernisierende bildungspolitischen Entscheidungen sowie auch Innovation in der Schulpraxis begründen, sind mit der technologiebasierten Kompetenzmessung wesentlich einfacher. Die Onlineumgebung gibt den Pädagogen schnelles Feedback über die Wirksamkeit der Lehr- und Lernprozesse und erleichtert die Entwicklung von Kompetenz-orientierten Lernmaterialien.

In der visuellen Erziehung, die die Entwicklung von Fähigkeiten in den Mittelpunkt stellt, aber über wenige objektive Untersuchungsmitteln verfügt, kann eine solche authentische Bewertungsinstrumentarium außerordentlich wichtig sein. Die Leistungen können landesweit mit den kunstpädagogischen Programmen verglichen werden. Es kann sich herausstellen, welche pädagogischen Strategien zur Entwicklung der sowohl in der Arbeitswelt, als auch im alltäglichen Leben wichtigen, räumlichen Fähigkeiten geeignet sind, und diese werden dann von uns verbreitet und in die Lehrerausbildung und Weiterbildung eingebaut. Deswegen lohnt es sich für alle Fächer, neben den traditionellen Auswertungsmethoden auch digitale Tests zu entwickeln (Csapó, Ainley, Bennett, Latour und Law, 2012).

Das Strukturmodell, das ein Bestandteil des im EnVL Forschungsprojekt ausgearbeiteten CEFR-VL Referenzrahmens ist bestimmt die Kompetenzen in drei Dimensionen: Kenntnisse, Fähigkeiten und Haltungen. Diese Aufteilung und die Beschreibung der Kompetenzniveaus machten möglich, dass die zu den räumlichen Fähigkeiten gehörenden Wissens Elemente, Fähigkeitsbestandteile und Attitüde nach ihrer Funktion in der Raumwahrnehmung und in der Raumdarstellung bestimmt werden. Der Beitrag des Kompetenzmodells, ein Bestandteil des im Comenius Projekt ausgearbeiteten Referenzrahmens, ist auch in der Gestaltung der Onlineauswertungssysteme bedeutend, und kann die Auswertung der visuellen Fähigkeiten zum Beispiel in den PISA Untersuchungen unterstützen, die seit der Erhebung im Jahre 2012 in immer größerem Anteil Onlinetests enthalten.

Die räumlichen Fähigkeiten werden in der europäischen Schulfachstruktur in erster Linie im Kunst- und Mathematikunterricht entwickelt. In der Mathematik nimmt der Anteil der geometrischen Lehrstoffe, die die Raumvorstellung am meisten entwickeln, ständig ab, und damit parallel wertet sich die Rolle des Kunstunterrichts (im ungarischen Bildungswesen: visuelle Kultur) auf. In der PISA Erhebung der OECD im Jahre 2012 über die Bildung in der angewandten Mathematik tauchen zahlreiche solche Items vor, die teilweise oder komplett durch die Bewegung der räumlichen Fähigkeiten gelöst werden können (Uttal und Cohen,

2012; Newcombe, 2013; Cheng und Mix, 2014). Bei den im Test¹ mit den Namen Raum und Form bezeichneten Aufgaben trugen wahrscheinlich auch die Mängel in der Raumdarstellung zu der schlechten Leistung der ungarischen Jugendlichen bei. Deswegen haben wir im Rahmen des EnVIL Projekts die Raumvorstellung als Entwicklungsbereich gewählt, und im Interesse des Vertriebs unserer Aufgaben haben wir die Onlineauswertungsform gewählt.

Die Forschungsgruppe für die Untersuchung der visuellen Fähigkeiten der ELTE Universität und des Verbands der Ungarischen Kunsterzieher nimmt an der Ausarbeitung der ungarischen nationalen eDIA Testumgebung von der Anfang des Projekts Teil. Wir haben zahlreiche Testen für die Kompetenzbereiche Kunstwahrnehmung, Visuelle Kommunikation, Gestaltung mit und Wahrnehmung der Farbe und Raumdarstellung entwickelt und in Schulen erfolgreich ausprobiert. Unsere Teste modellieren die domänenspezifischen Aufgaben – gemäß des Grundkonzepts des Referenzrahmens – die Probleme der Lebenswelt im Feld der visuellen Kommunikation. (Kárpáti, Babály und Budai, 2014)

Raumvorstellung: eine interdisziplinäre Kompetenz

Die Raumvorstellung übersteigt mit ihrem interdisziplinären Charakter die Rahmen der Schulfächer und verbindet zahlreiche schulische Entwicklungsbereiche. Durch diese Fähigkeit wird eine grundsätzliche Eigenschaft des Referenzrahmens veranschaulicht: die visuelle Kompetenz wird nicht bloß im Bereich der Künste, sondern auch im interdisziplinären Kontext bestimmt. Das Ziel unserer Forschungen war die Ermittlung der räumlichen Teilkompetenzen der 10-13-jährigen Schüler. Wir haben unsere Tests in erster Linie aufgrund der lehrplanmäßigen Anforderungen der Visuellen Kultur zusammengestellt, aber auch die inhaltlichen Elemente von anderen Schulfächern (Geographie, Mathematik, Technik) berücksichtigt. Wir hoffen, dass unsere Auswertungsaufgaben in der authentischen, entwicklungsorientierten Messung (Schönau, 2013) auch für die Lehrer von Fächern, die mit der Raumvorstellung zusammenhängendes Wissen vermitteln, nützlich werden.

Die hier kurz zusammengefasste Raumvorstellungsforschung ist die Fortsetzung der zwischen 2009-2011 in Ungarn landesweit durchgeführten Auswertung der visuellen Kompetenzen in der wir auch die Forschung des Raumdarstellungsvermögens begonnen haben (Kárpáti und Gaul, 2011, 2013). Anstatt des auf einzige Fähigkeitselemente konzentrierenden (kognitiven, bildlichen, geometrischen) Denkansatzes haben wir das Modell der die theoretischen Elemente von allen drei Bereichen vermischenden visuellen Wissenschaften angewandt. (Bertoline, 1998). Wir haben zweidimensionale Zeichnungsaufgaben eingesetzt, da in der Kunstunterricht² (die räumlichen Fähigkeiten hauptsächlich mit diesen entwickelt werden. Die Vorschriften des Lehrplans motivieren zwar zum Einbau von dreidimensionale Formgebung von Bilder (konstruieren, modellieren, usw.). Die musternden, konstruierenden, modellierenden Aufgaben bleiben aber in den meisten Fällen wegen Mittel- und Zeitmangel aus der alltäglichen Bildungspraxis weg (Pataky, 2012). Online Aufgaben können Manipulation mit Materialien nicht ersetzen, sind aber bei der

¹ Test von PISA 2012 im Bereich der Messung der Bildung in der angewandten Mathematik:

<http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2012-2006-rel-items-maths-ENG.pdf>

Ergebnisse der PISA Erhebung:

<http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf>

² In Ungarn, der Name des Faches für Kunsterziehung ist seit 1980 Visuelle Kultur.

Entwicklung der Raumwahrnehmung eine kostenlose und in der Schulpraxis einfach integrierbare Alternative.

Die in den internationalen Forschungen, in den online visuellen Fähigkeitstests erscheinenden Aufgaben sind in drei Gruppen einzuordnen.¹

1. *Traditionelle Aufgaben auf einen dynamischen Umfeld umgeschrieben.* Mentale Drehungen, Umgestaltung von zweidimensionale Pläne und Bilder in dreidimensionale Konstruktionen und räumliche Orientierung gehören zu dieser Gruppe. Ihr Nachteil ist, dass die als Messmittel nicht angewandt werden können, da sie mit inneren Vorstellungen durchzuführen sind, präsentieren also den Prozess der Lösung. Demgegenüber können sie aber in der Veranschaulichung von komplexen Operationen, und dadurch in der Entwicklung der räumlichen Fähigkeiten eine große Bedeutung erhalten. .³

2. *Räumlich Orientierung in virtueller Umgebung.* Zu diesem Typ gehören räumliche Orientierung (*spatial navigation*) und virtuelle Orientierung (*virtual navigation*). Räumliche Orientierung ist eine von unseren häufigsten alltäglichen Tätigkeiten. In der Kunsterziehung gehören zum Beispiel Bildhauerei und Modellbau zu dieser Teilkompetenz. Beim Gebrauch von einem Design software, GPS-Gerät oder bei den Computerspielen spielt Räumlich Orientierung in virtueller Umgebung eine zentrale Rolle. Online Test- Aufgaben sind zur Messung von diesen Fähigkeiten geeignet, die wir auch in den alltäglichen Orientierungssituationen brauchen. Während der Lösung der Orientierungsaufgaben müssen wir unsere Position aufgrund der Raumgeometrie und der in der jeweiligen Umgebung unterbrachten Objekte bestimmen und Gegenstände finden.

3. *Räumliche Orientierung in virtueller Umgebung, aber sich im realen Raum bewegend.* In vielen heutigen Berufen müssen Arbeiter in einem virtuellen Raum manipulieren, zum Beispiel um die Funktionen von einem menschlichen Organ oder Bestandteil einer Maschine zu testen. In solchen Fälle benutzen wir unser räumliches Orientierungsvermögen in einer virtuellen Modellierungsumgebung.

In der Resultaten der Forschungsgruppe des an der Harvard Universität funktionierenden Labor für Untersuchungen von mentalen Vorstellungen und Mensch-Computer – Interaktionen (*Mental Imagery and Human-Computer Interaction Lab*⁴) erscheinen die virtuellen, dreidimensionalen Bilder um die an der Messung teilnehmenden Person. Im Prozess des Testens müssen die Objekte mit der Anwendung der allozentrischen (vom Blickwinkel unabhängige, im Vergleich zueinander bestimmte, räumliche Position der Gegenstände) und *egozentrischen* (vom Blickwinkel abhängige, im Vergleich *zur eigenen Körper bestimmte, räumliche Relationen*) Referenzrahmen positioniert werden. Die Forschung fokussiert auf die Modalitäten der Verarbeitung der visuellen Informationen und auf die individuellen *Unterschiede*.

Zahlreiche Bestandteile der Raumvorstellung können mit dem Strukturmodell des Referenzrahmens verbunden werden. Im Folgenden werden die mit den räumlichen

³ Aufgaben – Typen dieser Art findet man auf der interaktiven Webseite „Diagnostik der räumlichen Fähigkeiten“ (*Spatial Diagnostic*) von ALTC (*Australian Learning and Teaching Council*):

<http://psych.newcastle.edu.au/SpatDiag/AltC/>

⁴ Mental Imagery and Human-Computer Interaction Lab: <http://www.nmr.mgh.harvard.edu/mkozhevnlab/>

Fähigkeiten (Raumdarstellung und Raumwahrnehmung) zusammenhängenden Bestandteile des Strukturmodells aufgelistet.

Bilder, Objekte und Aktionen gestalten können

- experimentieren, paraphrasieren, transformieren, transponieren, modifizieren, kombinieren;
- relevante Kenntnisse recherchieren, reflektieren und für gestalterische Vorhaben nutzen, künstlerische und designerische (planerische) Strategien einsetzen
- darstellen, visualisieren, veranschaulichen, nachahmen, kopieren, reproduzieren
- entwerfen, planen, Prozess strukturieren, Verfahren gezielt einsetzen;
- realisieren, Ideen umsetzen, Kenntnisse über Material und Techniken gezielt einsetzen;

Bilder und andere ästhetische Gegenstände untersuchen und beurteilen können

- beschreiben, benennen, analysieren (Form-Inhalt, Struktur, Kontexte)
- deuten, multiperspektivisch interpretieren, Bezüge zwischen verschiedenen Bildsorten und Medien herstellen können, Kontexte (re-)konstruieren, Absichten erkennen

mit Bildern / durch Bilder kommunizieren, Bilder verwenden können

- Text-Bild-Beziehungen entwickeln
- mitteilen, informieren, illustrieren, zeigen, beweisen, bildlich kommunizieren, darstellen
- manipulieren / Manipulation erkennen,
- bildgestützte Kommunikation verantwortlich (mit-)gestalten,

Welt und Bilder ästhetisch erfahren/wahrnehmen können

- Sinnlich wahrnehmen, beobachten, betrachten

Untersuchung der Raumvorstellung mit statischen und dynamischen Onlinetests

Neue Repräsentationsmethoden in virtuellen Raum ermöglichen es, die hauptsächlich durch den Kunstunterricht entwickelte Raumvorstellung, die in der Welt der Arbeit eine bedeutende Rolle spielt, einfach und authentisch elektronisch entwickeln und testen. – Das elektronische diagnostische Messsystem (eDia, Csapó, Molnár und Nagy, 2014) wurde in 2009-2011 entwickelt als kostenlose für ungarische Schulen und ausländischen Forschungspartner online Testumgebung, die heute ungefähr 200.000 Testeinheiten – darunter, 2000 Aufgaben für Kunsterziehung – enthält. Das System wurde in Finnland und China ausprobiert und als interkulturell brauchbar ausgewiesen. Es sicherte uns eine Möglichkeit, die lebensrechte, realistische Darstellungen von räumlichen Positionen und Problemen durch interaktiven Aufgaben darzustellen, und dadurch die Entwicklung und Untersuchung der im Alltag benutzten räumlichen Fähigkeiten durchzuführen. Die

figurativen, bunten Abbildungen und die von Computerspielen bekannten Manipulationsmöglichkeiten von Raumwahrnehmungs- und Raumdarstellungssituationen der realen Welt passen sich den altersspezifischen Merkmalen der 10-13-Jährigen. Bei der Verknüpfung der in den Aufgaben dargestellten, räumlichen Probleme mit den echten Erfahrungen sind die geschichtenerzählenden Aufgabenbeschreibungen behilflich und erleichtern auch die Interpretierung der Erfahrungen. und die Nachvollziehbarkeit der Prozesse der Aufgabenlösung sind solche Vorteile.

Die elektronische Umgebung bietet uns auch die Möglichkeit an, die Applikation später nicht nur als Mesoebene, sondern auch als Lernebene zu benutzen. Mit den nach dem Muster der Onlinespiele angefertigten Aufgaben können die Kinder sogar zur Selbstentwicklung auf diesem Gebiet motiviert werden. Die offenen, abwechslungsreichen Aufgaben der Umgebung sind auch für die Untersuchung der Kreativität geeignet (Pásztor, Molnár und Csapó, 2015). Wir führen regelmäßig, am Ende von jedem Schulhalbjahr Messungen durch, so wird die Entwicklung der Schüler nachvollziehbar.

Onlinetests mit statischen Abbildungen

Aufgrund der Komplexität der Operationen während der Planung und des Abstraktionsgrades der Darstellung haben wir die Aufgaben innerhalb der untersuchten Fähigkeitsgruppen verändert. Die Forschungsgruppe des an der Harvard Universität funktionierenden *Mental Imagery and Human-Computer Interaction Lab* hat die Gehirnbereiche mit Experimenten untersucht, die an der Verarbeitung der visuellen Informationen teilnehmen. Sie haben zwei separate Bereiche identifiziert: die Rezeption der Objekte und die Rezeption der räumlichen Phänomene (*object processing* und *spatial processing*). Die an der Untersuchung teilnehmenden Personen erwiesen sich entweder in dem einen oder dem anderen Bereich als erfolgreicher. Einige haben die objektiven (z.B.: Form, Farbe, Textur, Größe) Charakterzüge, während andere haben die räumlichen Relationen wirksamer erkannt.⁵ Wir haben unsere entwickelnden und auswertenden Aufgaben so gestaltet, damit wir ermitteln können, welche Verarbeitungsmethode der visuellen Informationen Schülern am erfolgreichsten angewandt wird. Dementsprechend wird die Verarbeitung der Raumerlebnisse der Objekte nur bei einem Teil der Aufgaben von den objektiven Eigenschaften unterstützt, bei dem anderen Teil kann man nur auf die räumlichen Eigenschaften (z.B.: Richtungen, räumliche Relationen) stützen. Da mit der Darstellung der räumlichen Eigenschaften die Aufgaben sich in größerem Maße an die im alltäglichen Leben erworbenen, visuellen Erfahrungen knüpfen, wurde es erforschbar, wie in den unterschiedlichen Jahrgängen die Lebensnähe der Aufgaben die Leistungen beeinflusst. Da die Tests Raumvorstellungen und nicht das Verstehen von Bildern messen möchten, müssen sie Altersgemäß gestaltet werden. Darum haben wir Varianten für Aufgaben für alle Teilkompetenzen für 6-8-Jährige Schüler (mit realistischen Darstellungen) und für 10-12-Jährige (mit mehr abstrakten Visualisierungen der räumlichen Probleme) ausgearbeitet.

Aufgrund der Ergebnisse der Analysen der Lehrpläne, der Expertenkonsultationen und der früheren Raumvorstellungsforschungen haben wir die Aufgaben, die die vier Fähigkeitselemente beinhalten, in vier Gruppen eingeteilt (Kárpáti, Babály und Budai, 2013).

A) Raumwahrnehmung (Erkennungsfähigkeiten)

⁵ A Mental Imagery and Human-Computer Interaction Lab kutatási eredményeiről bővebben: http://www.nmr.mgh.harvard.edu/mkozhevnlab/?page_id=620

1. Wahrnehmung der räumlichen Positionen, Relationen, Richtungen: Wahrnehmung der Entfernungen, Maßänderungen, räumlichen Richtungen; Wahrnehmung der Relationen der Elemente zueinander und zum ganzen Raum.
2. Interpretierung der Struktur, des Aufbaus der räumlichen Formen: Verknüpfung der Strukturelemente, positive-negative Relationen, Wahrnehmung von gedeckten Massen, Logik, Regelmäßigkeiten der räumlichen Struktur, Teil- und Ganzrelationen.
3. Rekonstruktion des Raums: Interpretierung von Projektionsabbildungen, Projektionsansichten, Folgerung auf die räumliche Ausdehnung anhand von Schnitten, Folgerung auf die räumliche Erscheinung der Perspektive anhand von reduzierten Bildern (z.B.: Silhouetten, Karten, technische und erklärende Abbildungen).

Innerhalb von allen drei Aufgabentypen können wir die räumliche Erinnerung und auch die Wahrnehmungsfähigkeit der in der Zeit ablaufenden, durch Bewegung oder Bewegen sich verändernden Raumerlebnisse untersuchen. Die mit den inneren Vorstellungen durchgeführten Operationen können in erster Linie mit den Planungs- und Konstruktionsinhalten des Objekts und der Kultur der Umgebung verbunden werden. Ähnlich zu den meisten räumlichen Fähigkeiten erscheinen auch die mentalen Operationen nicht auf konkretem, begriffsmäßigem Niveau in den Lehrplänen der Visuellen Kultur, sondern in der Beschreibung der damit zusammenhängenden Tätigkeiten (z.B.: Anfertigung von Schnitten von Gegenständen).

B) Mentale Operationen (Transformationen, Manipulationen)

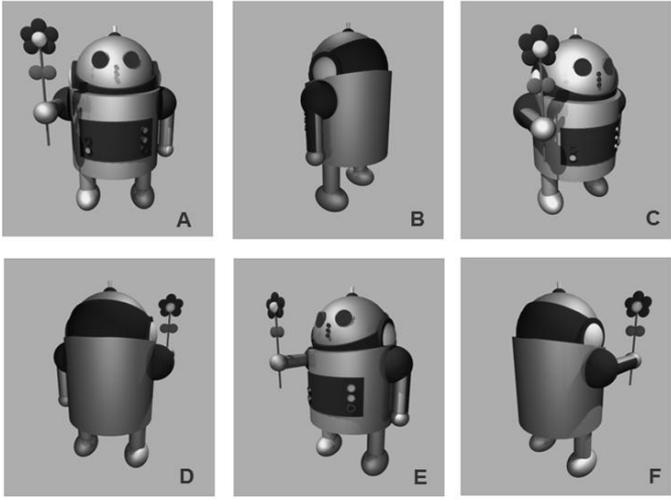
4. Mit dem inneren Sehen vollbrachten Operationen: Aufteilung, Drehung, Fortbewegen, Falzen, Bespiegelung, Konstruieren.

Während der Planung war es ein wichtiger Aspekt, dass die Aufgaben auch ausschließlich visuell (ohne Textklärung) interpretierbar werden können, was wir mit der Einsetzung von Musterbeispielen erreicht haben. Mit Hilfe der auf den Abbildungen 1 und 2 haben wir solche Raumwahrnehmungsfähigkeiten gemessen, die sich auf die räumliche Ausdehnung der Gegenstände richten (z.B.: Wahrnehmung von gedeckten Massen, Formverbindungen und vom konkaven-konvexen Charakter). Der Anspruch auf die Entwicklung der Fähigkeit ist schon in den Lehrplänen der Visuellen Kultur im ersten Jahrgang präsent, und bleibt anlässlich der zwei- und dreidimensionalen Darstellungen und der Planungsaufgaben während der ganzen Bildung betont. Darum ist es besonders wichtig, viele verschiedene Aufgaben für mentale Operationen in der Testumgebung aufzunehmen.

Wir haben die Tests an drei Lebensalter angepasst (7-8, 9-10 und 11-12-Jährige). Die Fähigkeitselemente haben wir nach den für das Lebensalter charakteristischen, visuellen Rezeptionseigenschaften, mit figurativen und abstrakten Aufgaben abgedeckt. Die Aufgaben, die figurative Gestalte enthalten, haben wir in jedem Fall mit lebensnahen, räumlichen Problemen verbunden.

15. Feladat

BIP, a robot éppen körbe forog, hogy megmutassa a virágot mindenkinek.



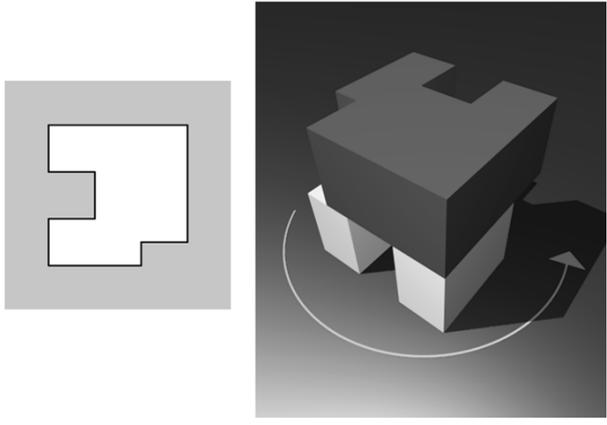
Próbáld meg IDŐRENDI SORRENDBE állítani a képeket, amelyek BIP forgását mutatják! Segítségül elárulom, hogy az **A** kép az **ELSŐ** (1), az **E** kép a **MÁSODIK** (2) a sorban. Írd be a további SZÁMOKAT a betűjelek mellé! (3, 4, 5, 6)

A B C D E F

Abbildung 1: Mentale Drehung – Test Typ „A” (4. Klasse)

Mintapélda

A képen látható FEHÉR és PIROS elem valójában **egyforma**, csak nem látszik minden részletük. **Forgasd** el képzeletben a fehér elemmel megegyező helyzetbe a nyíl irányában a pirosat!



Segítség: az elemforma felülnézete (bal oldali kép).

Hányszor kell elforgatnod a NYÍL IRÁNYÁBAN a piros elemet? Írd a rovatba a megfelelő forgatási számot! (0, 1, 2, 3)

(Egy forgatás=90°, így összesen 4 lépésben térhetünk vissza egy kiindulási helyzetbe.)

Abbildung 2: Mentale Drehung – Test Typ „B” (4. Klasse)

Die Ausfüllung der Tests nahm durchschnittlich 20-25 Minuten in Anspruch. Beantworten der Testfragen erfolgte mit unterschiedlichen Methoden, unter anderem mit der Auswahl von Bildern, mit dem Klicken auf die richtige Antwort, mit dem Eintrag von Buchstaben und Zahlen. In unserem Hintergrundfragebogen haben wir Daten über die soziale Lage, über die Lernergebnisse, über die Teilnahme an Beschäftigungen außerhalb der Lernstunden und über die Links- und Rechtshändigkeit der Schüler erhalten. Diese Daten werden bei der Ausarbeitung von befördernden kunstpädagogischen Programmen verwendet.

Onlinetesten mit beweglichen Abbildungen: Programm GeoGebra

Aufgrund der statischen Aufgaben wurde auch eine dynamische, mit dem Programm GeoGebra funktionierende Testversion angefertigt.⁶ (Budai, 2015, Babály und Budai, 2013). Im Folgenden berichten wir aufgrund der Untersuchung der einzelnen räumlichen Fähigkeiten über die Eigenschaften der Fähigkeitsuntersuchungsmethode in der bevorzugten Phase der Entwicklung der visuellen Fähigkeiten, bei den 10-12-Jährigen, zur Zeit der zeichnerischen Sprachwechsels („Bruch“), wenn Adoleszenten ihre visuelle Äußerungen nicht mehr durch Zeichnungen, sondern durch Photographien, Videoaufnahmen, digital umgestalteten Bilder kommunizieren.

Der dynamische, digitale Test begann mit einem solchen Arbeitsblatt, das den Schülern die dynamischen Bewegungsmöglichkeiten vorgestellt hat. Die Schüler konnten auf Musterbeispielen die Bewegungsmöglichkeit der Gestalte üben, und konnten eine Erfahrung darüber machen, wie die so herstellbaren unterschiedlichen Perspektiven die Interpretierung der räumlichen Positionen unterstützen. Diese Experimente haben zu wertvollen raumperspektivischen Erfahrungen geführt, und ihre mentalen, räumlichen Fähigkeiten entwickelt.

So eine entwickelnde Aufgabe ist zum Beispiel das Falten und die Konstruktion von geometrischen Körpern. Auf die Oberfläche eines Würfels (auf die Flächen) haben wir einen Weg beschrieben: wie sieht der Weg in dem Fall aus, wenn der Würfel entfaltet ist (auf dem Würfelnetz). Die Aufgabe des Schülers war, aufgrund des auf die Flächen gezeichneten Bildes auszuwählen, aus welchem Grundriss ein regelmäßiger Würfel gefaltet werden kann. Das bedeutet den Schülern bei der Anwendung von statischen Abbildungen in der Regel ein ziemlich schwieriges, geometrisches Problem. Wenn die Grundrisse mit dem Software GeoGebra bewegt werden, dann stellt sich heraus, wie sich die Kanten und die Flächen fügen. Laut unserer Erfahrungen verbessern diese Aufgaben, die die Schüler auch in mehreren Versionen gerne gelöst haben, nicht nur die Raumbetrachtung, sondern entwickeln auch wirksam mehrere Elemente der Fähigkeitsgruppe der Raumdarstellung.

⁶ Die dynamischen Raumvorstellungsaufgaben wurden aufgrund statischer Aufgaben von László Budai angefertigt. Die ungarische Seite des Softwares: www.geogebra.hu. Die Applikation von GeoGebra bei räumlichen Aufgaben: <http://geogebraTube.com/search/results/uid/UoE6I1dqEN8AACFS5YwAAABB52813a237696d>

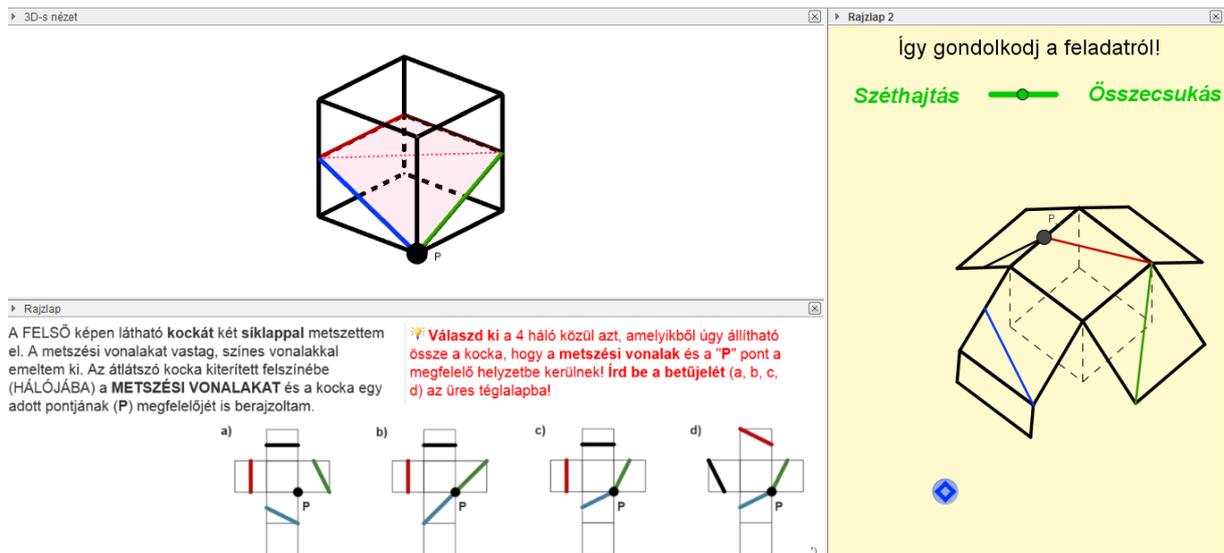


Abbildung 3: Die entwickelnde Wirkung der Testumgebung: dreidimensionale, sich bewegendes Abbildungshilfe zur Lösung von zweidimensionalen Testaufgaben

Wir haben den Bildschirm auf drei Teile geteilt, und außerhalb der Beschreibung der Aufgabe und über der dynamischen Darstellung hinaus ist auch eine Lösungshilfe erschienen: eine Aufgabe mit ähnlichem Charakter, aber anderen Parametern und deren Lösung in dynamischer Umgebung. Diese Abbildung konnte von den Schülern frei bewegt werden, und so experimentierend haben sie gelernt, die Drehungsoperationen auch in der Fantasie durchzuführen. Damit entwickelt sich ihr im Alltag erlebtes und in der Arbeitswelt besonders wichtiges Fähigkeitsselement: die räumliche Rekonstruktion zeigt eine enge Beziehung mit den mit Hilfe des inneren Sehens vollbrachten Operationen, und mit der Wahrnehmung der räumlichen Positionen, Relationen und Richtungen.

Für die Ausfüllung des dynamischen Tests stand eine Unterrichtsstunde (45 Minuten) zur Verfügung, diese Zeit haben die den Test ausfüllenden Schüler auch ausgenutzt. Die mit den dynamischen, interaktiven Arbeitsblättern entstehenden Manipulationsmöglichkeiten haben also die Schüler dazu motiviert, dass sie im Falle von einer oder jener Aufgabe mehr Zeit mit der Analyse des Problems verbringen. Im Falle des statischen Tests ist der schnellste Schüler in 12 Minuten, der langsamste Schüler in 25 Minuten fertig geworden.

Die in der Planung von Onlinetests anwendbaren Messerfahrungen

Unsere Messungen haben bewiesen, dass die räumlichen Kompetenzen unter den 10-13-Jährigen verlässlich bewertet werden können, wenn wir solche Aufgaben verwenden, die die Entwicklung der räumlichen Fähigkeiten berücksichtigen. Die Kinder haben die Aufgaben, die figurative Gestalte beinhalten, in jedem Fall erfolgreicher gelöst. Wobei diese für sie einfacher erkennbar und aus jeder Perspektive eindeutig identifizierbar waren, ist auch die motivierende Kraft der interessanten Bilder kein unwesentlicher Faktor. Während der Messungen haben wir oft erfahren, dass die Kinder der Lösung von solchen Aufgaben, die abstrakte, geometrische Abbildungen beinhalteten, und die der überwiegenden Mehrheit der Raumvorstellungsaufgaben ähnlich sind, weniger Zeit gewidmet haben, und sie deshalb nicht einmal verstanden haben. Wenn die Aufgabe eine einfach interpretierbare „Geschichte“ beschreibt, lösen die Kinder auch solche Aufgaben erfolgreicher, die abstrakte Formen und komplexere Operationen enthalten. In diesem Fall wurde aus der

geometrischen Gestalt ein „Bauspiel“, aus der abstrakten Drehung eine „Verpackungstätigkeit“. Diese haben im Vergleich zu ähnlich schwierigen Aufgaben ein wirkungsvolleres, problemlösendes Denken induziert.

Die Raumvorstellungsaufgaben können wir auch im Unterricht der Kunstgeschichte anwenden. Hier bieten die Aufgaben in der Analyse von Gebäuden neue, zu den wahren räumlichen Erfahrungen ähnliche Kenntnisse. Mit Fotos und Filme ergänzt stellen sie die Veränderung der historischen Formen der Raumgestaltung hervorragend dar.

21. Feladat

A FELSŐ képen egy görög templom, a Parthenon modelljét látod.

Válaszd ki az ALSÓ négy kép közül, a Parthenonhoz tartozó alaprajzot!

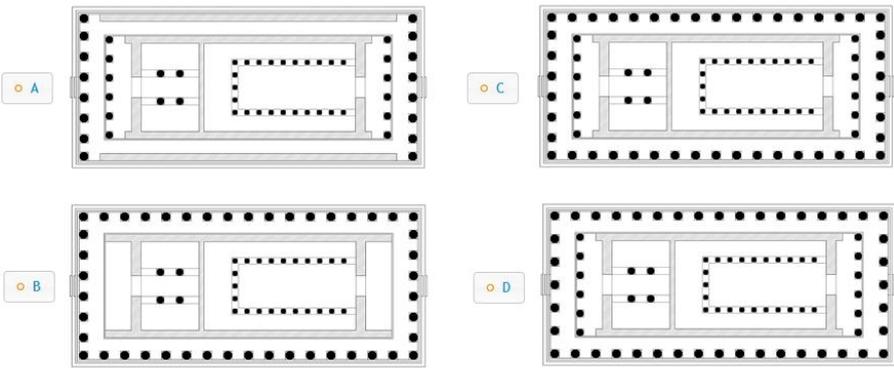


Abbildung 1: Die Auswahl des Grundrisses des Parthenons in einer dynamischen Testumgebung. Die Zeichnung über das Gebäude kann frei bewegt, und aus mehreren Perspektiven besichtigt werden

Neben dem Schwierigkeitsgrad und Komplexität der Operationen wird der Erfolg der Lösung der räumlichen Probleme – angenommen – auch von der Erkenntnis und der Interpretierung der objektiven Eigenschaften beeinflusst. Neben der Abstraktionsstufe der Formen übt auch die Lebensnähe der Situationen eine Wirkung auf die Leistung aus. Die mit den wahren räumlichen Erfahrungen, Blickfängen zusammenhängende visuelle Gestaltung hat in erster Linie bis zum 11. Lebensjahr eine Bedeutung. Wahrscheinlich ist auch der Faktor nicht zu vernachlässigen, dass die ästhetischen, interessanten Bilder selbst eine motivierende Rolle im Prozess des Testens haben.

Während der Erhebung haben wir in zahlreichen Fällen die Erfahrung gemacht, dass die Kinder mehr Zeit mit den Aufgaben verbringen, die bunte, figurative Bilder enthalten. Sie konzentrieren in diesen Fällen besser auf die Lösung der räumlichen Probleme. Ähnlich haben die Kinder auf die Begleittexte bei den Aufgaben reagiert. Deswegen haben wir dann die komplizierten Beschreibungen in der zweiten Messungsphase nicht benutzt, und wir haben uns darum bemüht, dass sie lebensnahe Situationen hervorrufen.

Die Schüler haben den Test im Allgemeinen nicht schwierig gefunden, es sind aber mehrmals Textinterpretierungsprobleme aufgetaucht. Die Schüler haben die Beschreibung der Aufgabe zu weitläufig gefunden. Die völlig korrekte, mathematische Aufgabenformulierung müssen wir auf jeden Fall weglassen, auch dann, wenn die Schüler laut Lehrplan den jeweiligen Fachausdruck kennen sollten. Das ist aber 100%-ig nicht vorauszusetzen, sie können wahrscheinlich die Aufgaben, die solche Termini beinhalten eben wegen der korrekten Formulierung nicht interpretieren.

Es ist ein wichtiger Aspekt, über welche digitale (IT) Kompetenzen die Schüler verfügen, näher auf die eventuelle Benutzung von GeoGebra hinweisend. Die Frage, in welchem Maß genau die GeoGebra-Vorkenntnisse die im dynamischen Test erbrachte Leistung beeinflussen, wird wahrscheinlich die umfangreiche Untersuchung im eDIA-System beantworten, in der unser mit dem GeoGebra Software angefertigter Test als Teil des Systems funktionieren wird. Diese Lösung bietet in lebensnaher, räumlicher Situation eine Entwicklungsmöglichkeit, die dem Pädagogen nicht nur die gute Lösung, sondern auch die Phasen des dazu führenden Weges vorstellt.

Eine Entwicklungsumgebung, die die räumlichen Fähigkeiten entwickelt, den Interessen der Schüler des 21. Jahrhunderts entspricht, und ihre digitale Kompetenz ausnutzt, ist unbedingt nötig. Laut der Erfahrungen unserer Untersuchungen verbessert sich die Raumvorstellung in der Oberstufe der Grundschule (5.-8. Klasse) kaum. Wenn in der Schule keine Zeit dafür genommen wird, entwickelt sich diese Fähigkeitsgruppe, die so wichtige in der Arbeitswelt ist, von sich selbst nicht.

Unter unseren Plänen steht das Spektrum der in der Messung gegenwärtigen räumlichen Fähigkeiten mit der Einfügung von solchen Raumgestaltungsaufgaben auszuweiten, die der Kunstpädagogik näherstehen und mit den digitalen Planungsmitteln zu verwirklichen sind. Auch in den lehrplanmäßigen Anforderungen der Visuellen Kultur werden solche Inhalte betont vorkommen, die mit der Objekt- und Umgebungskultur zusammenhängen. Unserer Absicht nach kann das Mittel, das in die Messungsumgebung einzufügen, aber auch selbständig anzuwenden ist, nicht nur in der Auswertung, sondern auch in der Entwicklung der Raumvorstellung eine Rolle spielen kann.

Wir nehmen an, dass die Raumvorstellung eine enge Beziehung zu der Entwicklung der allgemeinen Problemlösungskompetenz (Molnár, Greiff und Csapó, 2013) zeigt. Wir möchten also die Zusammenhänge der in diesen Tests erreichten Ergebnisse mit den bei der räumlichen Fähigkeiten erbrachten Leistung vergleichen. Damit wir feststellen können: ob die allgemeine Problemlösungskompetenz die Interpretierung der räumlichen Aufgaben, die Ausarbeitung oder Auswahl der Lösungsstrategien oder damit im Zusammenhang die Stufe der Aufgabenlösungen beeinflusst.

Alle diese Untersuchungen tragen dann zur genaueren Beschreibung der Kompetenzniveaus des Referenzrahmens bei, und beweisen auf einem Fähigkeitsbereich mit interdisziplinärer Bedeutung, dass unsere Forschungsergebnisse anzuwenden sind.

Referenzen

- Babály, B., Budai, L. (2013). Virtual learning environments and online assessment of spatial abilities. 17th Scientific-Professional Colloquium on Geometry and Graphics. Rastoke, Croatia, September 4 – 8.

- Bertoline (1998). Visual Science – an emerging discipline. *Journal for Geometry and Graphics*, Volume 2 (1998), No. 2, 181–187.
- Budai, László (erscheint in 2015). Interactive dynamic tests for evaluating the development of spatial abilities in high school. *Creative Mathematics and Informatics*.
- Cheng, Y. L., és Mix, K. S. (2014): Spatial training improves children's mathematics ability. *Journal of Cognition and Development*, **15**(1) 2–11.
- Csapó, B., Ainley, J., Bennett, R., Latour, T. und Law, N. (2012). Technological issues of computer-based assessment of 21st-century skills. In B. McGaw, P. Griffin, und E. Care (Eds.), *Assessment and Teaching of 21st-century Skills* (pp. 143-230). New York: Springer.
- Csíkos, C., und Csapó, B. (2011). Diagnostic assessment frameworks for mathematics: Theoretical background and practical issues. In B. Csapó und M. Szendrei (Eds.), *Framework for diagnostic assessment of mathematics* (pp. 137-162). Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Kárpáti Andrea, Babály Bernadett und Budai László (2014): Authentic assessment of spatial abilities through interactive, online 2D and virtual 3D tasks. *International Journal of Art and Design Education*, **12**. 2. sz. 94–124.
- Kárpáti, A., Gaul, E. (2011). From Child Art to Visual Language of Youth: The Hungarian Visual Skills Assessment Study. *International Journal of Art Education*. Vol. 9, No. 2, 108-132.
- Kárpáti Andrea & Gaul, E. (2013). The Hungarian Visual Skills Assessment Study. In: Kárpáti, A., Gaul, E. Eds. (2013). *From Child Art to Visual Language of Youth - New Models and Tools for Assessment of Learning and Creation in Art education*. Bristol: Intellect Publishers. 75-100.
- Newcombe, N. S. (2013): Seeing relationships: Using spatial thinking to teach science, mathematics, and social studies. *American Educator*, **37**(1), 26–31.
- Pásztor, A., Molnár, Gy., Csapó, B. (2015): Technology-based assessment of creativity in educational context: the case of divergent thinking and its relation to mathematical achievement, *Thinking Skills And Creativity*, May 2015
- Pataky, Gabriella (2012): Vizuális képességek fejlődése 6–12 éves korban, a tárgykultúra területén. (Entwicklung der visuellen Fähigkeiten im Bereich der Design). ELTE Tanító-és Óvóképző Kar, Budapest. Auf ungarisch.
- PISA – Program for International Student Assessment (2013): PISA 2012 released mathematics items. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2012-2006-rel-items-maths-ENG.pdf>
- Schönau, Diederik (2013). Developmental assessment. In: Kárpáti, A., Gaul, E. Eds. (2013). *From Child Art to Visual Language of Youth - New Models and Tools for Assessment of Learning and Creation in Art education*. Bristol: Intellect Publishers, 143-174.
- Uttal, D. H., & Cohen, C. A. (2012). Spatial abilities and STEM education: What, when, and how. *Psychology of Learning and Motivation*. 57. 147–181.