

# Geometrisches Zeichnen an der NMS – eine Bestandsaufnahme

Thomas Müller (KPH Wien/Krems), Karin Vilsecker (PH Salzburg), Günter Maresch (Universität Salzburg), Klaus Scheiber (PH Steiermark) unter Mitarbeit von Werner Gems (PH Salzburg)

Als Bildungsministerin Claudia Schmied bei Einführung der Neuen Mittelschule (NMS) 2012 ankündigte, dass an NMS nach dem Lehrplan des Realgymnasiums (RG) unterrichtet werden soll, herrschte unter den Geometrielehrpersonen Zufriedenheit, würde doch das im RG als Pflichtgegenstand ausgewiesene Fach Geometrisches Zeichnen (GZ) auch nach dem Übergang von der Hauptschule zur Neuen Mittelschule erhalten bleiben. Im Regelfall ist GZ im Realgymnasium in der achten Schulstufe seit 2003 mit zwei Wochenstunden vertreten.

Betroffenheit und Frust machte sich jedoch bei den GZ-FachvertreterInnen breit, als in den danach folgenden Begutachtungsentwürfen keine Rede mehr davon war, die Lehrpläne des Realgymnasiums zu übernehmen. Geometrisches Zeichnen sollte an NMS nur noch bei naturwissenschaftlicher und mathematischer Schwerpunktsetzung als eigener Gegenstand geführt werden können.

Durch intensive Bemühungen gelang es, zumindest einen einleitenden Passus im Lehrplan unterzubringen, der gewährleisten soll, dass die Grundzüge von GZ verpflichtend im Mathematikunterricht vermittelt werden. Dies dürfte in Zukunft die überwiegende Zahl der Schülerinnen und Schüler an NMS betreffen.

*FACT-Hinweis: NMS-Umsetzungspaket BGBl. II Nr. 185 - Ausgegeben am 30. Mai 2012*

## **MATHEMATIK**

Sofern Geometrisches Zeichnen nicht als eigener Unterrichtsgegenstand geführt wird, sind im Unterricht von Mathematik die Grundzüge des Unterrichtsgegenstandes Geometrisches Zeichnen zu vermitteln.

### **1. Eine aktuelle Außensicht auf GZ**

Im neulich erschienenen „Handbuch der Mathematikdidaktik“ [Bruder et al. 2015] wird der derzeitige Unterrichtsinhalt in GZ pointiert und kompakt als motivierend, das Fach selbst aber als gefährdet bezeichnet.

*„Ergänzend soll hier auf den Unterricht im Geometrischen Zeichnen verwiesen werden, wie er in den süddeutschen Ländern üblich war und auch heute noch – wenn auch in seiner Position gefährdeter – in Österreich üblich ist. Hier kann man sehen, wie ein an der deskriptiven Seite der Geometrie interessierter Unterricht aussehen könnte, der seinen Aufbau und seine Systematik nicht mehr aus einer mathematischen Hintergrundtheorie bezieht, sondern entlang außermathematischer Kontexte und Erfordernisse strukturiert wird. So wird für die Lernenden deutlich, wie geometrische Problemlösestrategien zur Lösung alltagsrelevanter Fragestellungen beitragen. Dieses deskriptive Vorgehen kann an einfachen und sehr komplexen Sachverhalten praktiziert werden, wobei auch komplexes mathematisches Arbeiten gefordert ist. Dies scheint für den Schulalltag weitaus motivierender zu sein, als ein an mathematischer Struktur ausgerichteter Lehrgang zum Lernen von Geometrie.“* [Bruder et al. 2015, S. 192]

Hinweis: Die AutorInnen verwenden die in Österreich bislang nicht gebräuchliche Unterscheidung zwischen relationaler und deskriptiver Geometrie. Relational fasst den im Mathematikunterricht üblichen Vorgang des Beschreibens von Zusammenhängen/Relationen mittels Lehrsätzen und deren Beweisen zusammen, deskriptiv bezieht sich auf die Bereiche des Darstellens von Objekten, wie es etwa in der Technik üblich und notwendig ist.

### **2. Wozu Geometrisches Zeichnen?**

Drei Argumentationsgruppen drängen sich für ein eigenständiges Fach GZ auf: Kommunikation – Entscheidung – Beiträge zum Fortschritt [Fischer et al. 2012].

Unter dem Schlagwort **Kommunikation** sei in erster Linie die Vermittlung der weltweit üblichen Symbolsprache zur Darstellung nicht nur technischer Objekte verstanden. Es geht um die Fähigkeit, Pläne lesen und erstellen sowie entsprechende räumliche Situationen graphisch mitteilen zu können: Bauanleitungen für Möbel richtig interpretieren und verstehen (Abb. 1), Fluchtpläne mit ihrer Grundrissdarstellung rasch auffassen, Unfallskizzen anfertigen, Wohnungseinrichtungswünsche graphisch übermitteln (Abb. 2), Gasabsperrhähne vor dem Haus finden (Abb. 3), ...



Abb. 1 [Müller 2015]

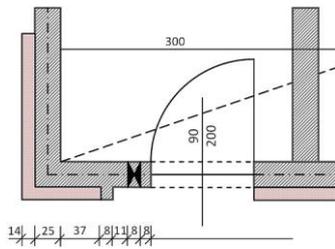


Abb. 2 [Müller 2015]



Abb. 3 [Müller 2015]

**Entscheidungsprozesse** beruhen häufig auf solchen graphische Darstellungen: Baupläne (Abb. 2), Werkzeugzeichnungen, Einrichtungspläne, Wander- und Straßenkarten. Es gehört zum Allgemeinwissen in unserem Kulturkreis, diese Informationen nicht nur schnell und richtig aufzunehmen, sondern danach auch Entscheidungen zu treffen: Der Ankauf eines Grundstücks, der Kauf von Möbeln, ...

So manche **Beiträge zum Fortschritt** entspringen geometrischen Erkenntnissen: Erinnert sei an das über Jahrhunderte entwickelte Regelwerk für abbildungsrichtiges Darstellen, in der Medizin an die Funktionsweise eines Nierensteinzertrümmerers (Abb. 4), der auf den Brennpunkteigenschaften einer Ellipse beruht, an das Prinzip der Computertomographie, deren Raumbilder durch Übereinanderstapeln von Schichtenbildern entstehen, auch an die Funktionsweise von Fahrradreflektoren (Abb. 5), die ebenso wie die Radarreflektoren an der Donau (Abb. 6) auf der Parallelreflexion eines Strahls an einer Würfecke beruhen usf.

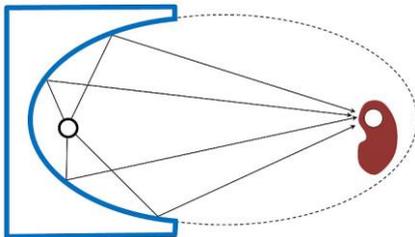


Abb. 4 [Müller 2015]

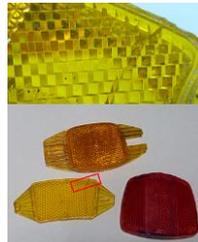


Abb. 5 [Müller 2015]

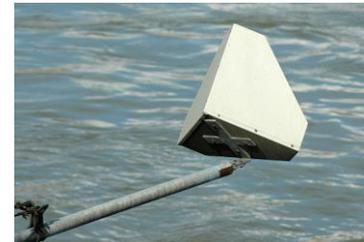


Abb. 6 [Müller 2015]

Allein diese Beispiele zeigen, dass eine Auseinandersetzung mit diesen Themen den Geometriebereich des aktuellen Mathematikunterrichtes überfordert.

Die konkrete Wissensbasis für das Verständnis von Kommunikation – Entscheidung – Beiträge zum Fortschritt ist im Lehrplan des Faches Geometrisches Zeichnen begründet und umfasst in freien Worten im Wesentlichen folgende Inhalte:

- Objekte des Raumes (Kurven, Körper, Flächen) kennen und beschreiben: Entstehung, Eigenschaften; Datenmodelle: Draht-, Flächen- und Volumenmodelle; Modellbildung
- Räumliche Strukturen und Zusammenhänge erfassen und darstellen
- Räumliche Koordinatensysteme als Bezugssysteme einsetzen
- Komplexe Raumobjekte analysieren und erzeugen: Raumtransformationen, Boolesche Operationen
- Projektionsvorgänge und Risse verstehen bzw. anwenden: Arten, Eigenschaften und Anwendungen, Erzeugen und Lesen von Rissen
- Raumintelligenz weiter entwickeln: Orientieren – Wahrnehmen – Vorstellen – Mental im Raum operieren – Visualisieren
- Computerkompetenz erweitern: Bewegung und Orientierung in virtuellen Welten, Ebene und räumliche Bewegungsvorgänge/-abläufe analysieren und visualisieren (Dynamische Geometrie), Grundlegende Funktionsweise von 3D-CAD Systemen verstehen und diese einsetzen
- Einfache technische Normen, Produktionsabläufe kennen: Technische Zeichnungen einfach auswerten (Bau- und Einrichtungspläne, ...)
- Geeignete Hilfsmittel zur Kommunikation über räumliche Objekte und Zusammenhänge sowie zur Erzeugung von Bildern einsetzen: Komplexe räumliche Informationen visualisieren und präsentieren
- Kenntnisse der Entwicklungen der Geometrie als Teil der europäischen Kultur (Perspektive, Platonische und Archimedische Polyeder, ...) erlangen

### 3. „Raumvorstellung“ als Intelligenzfaktor Voraussetzung für viele Berufe

Besonders soll wegen seiner Alltagspräsenz auf den Bereich *Raumvorstellung* eingegangen werden. Und das aus gutem Grund, ist doch eine ausgeprägte Raumvorstellung Voraussetzung für erfolgreiches und professionelles Handeln in einer breiten Palette von Berufsfeldern in Naturwissenschaften, Technik, Kunst, Kultur, Design, Medizin u.v.m., jeweils angefangen vom handwerklichen über den ingenieurtechnischen bis zum Hightech-Forschungsbereich.

*Raumvorstellungsvermögen* ist einer der Primärfaktoren der menschlichen Intelligenz. Wenn es nicht zum richtigen Zeitpunkt gut ausgebildet wird, kann das Defizite zur Folge haben, die in höherem Alter nur sehr schwer – vermutlich aber gar nicht – aufzuholen sind. GZ ist das einzige Fach in der Sekundarstufe I, in welchem aus Sicht der Entwicklungspsychologie die Raumvorstellung und das Raumenken maßgeblich gefördert und trainiert werden können.

Da die Neue Mittelschule auch für das Berufsleben vorbereiten soll, ist die Ausbildung einer guten Raumvorstellungsfähigkeit u.a. eines der Ziele dieses Schultyps. Dies manifestiert sich im NMS-Umsetzungspaket schwerpunktmäßig in den Aussagen zum Bildungsbereich Natur und Technik. Bei den Aufgaben der NMS heißt es darin: „*Als für die Analyse und Lösung von Problemen wesentliche Voraussetzungen sind Formalisierung, Modellbildung, Abstraktions- und Raumvorstellungsvermögen zu vermitteln.*“ [Anlage 1 des NMS-Umsetzungspaketes (Erster Teil/I/5)]

Sucht man nun Unterrichtsgegenstände, die dazu Beiträge leisten sollen, so findet man laut Lehrplanformulierungen lediglich drei, nämlich Mathematik, Geometrisches Zeichnen und Bildnerische Erziehung. Im Lehrplan von **Mathematik** heißt dies „*Räumliches Vorstellungsvermögen entwickeln*“, im **GZ**-Lehrplan steht „*Erfassen, Strukturieren, Modellieren geometrischer Objekte, Erfassen und Diskutieren von Bewegungsvorgängen und Transformationen im Raum, Raumvorstellungs- und Intelligenztraining*“ und schließlich in **Bildnerische Erziehung** „*Entwicklung des Abstraktions- und Raumvorstellungsvermögens*“.

Im Zuge der umfassenden Neuorientierung des Fachbereiches ist in den letzten Jahren der Intelligenzfaktor Raumvorstellung immer stärker ins Zentrum eines zeitgemäßen GZ-Unterrichts gerückt.

#### **Projekt GeodiKon**

Die Motivation für die Durchführung des Forschungsprojekts *GeodiKon* („Entwicklung eines didaktischen Konzepts für den Einsatz von zeitgemäßen Lernmaterialien im Geometrieunterricht der Sekundarstufe I mit speziellem Fokus auf die individualisierte Förderung des Raumvorstellungsvermögens durch Schulung der Faktoren der Raumintelligenz und durch Bewusstmachung eines breiten Strategierepertoires zur Lösung von raumgeometrischen Aufgaben“) war einerseits der Wunsch, LehrerInnen der Neuen Mittelschulen, die laut NMS-Curriculum im Mathematikunterricht die Grundzüge des Geometrischen Zeichnens vermitteln müssen, mit spezifischen Lernmaterialien zu unterstützen und andererseits neuartige Erkenntnisse über die Förderung des Raumvorstellungsvermögens zu gewinnen. Mit der Genehmigung des Projekts im Oktober 2012 durch das Bildungsministerium war auch die Durchführung und Finanzierung für die Jahre 2013 und 2014 gesichert. Vom Projektteam (Mitwirkende aus drei Pädagogischen Hochschulen, drei Universitäten und der Arbeitsgemeinschaft Didaktische Innovation für Geometrie) wurden spezielle Lernmaterialien für zwölf Wochen Geometrieunterricht zusammengestellt und als Buch [Maresch et al. 2014] veröffentlicht. Zudem wurde als wissenschaftliche Basis des Forschungsprojekts das strukturierte Modell der „Vier Strategiepaare zur Lösung von Raumvorstellungsaufgaben“ und das „Vier-Faktoren-Modell des Raumvorstellungsvermögens“ entwickelt [www.geometriedidaktik.at].

Am Projekt waren insgesamt 46 Klassen aller österreichischen Schultypen der Sekundarstufe I – Hauptschule (HS), Neue Mittelschule (NMS) sowie Allgemeinbildende Höhere Schule (AHS) – in den drei Bundesländern Niederösterreich, Salzburg und Steiermark mit insgesamt 903 SchülerInnen im Alter von 12 bis 14 Jahren beteiligt. Die Ergebnisse der Datenauswertung zeigen deutlich, wie wichtig für die Entwicklung der Raumintelligenz eine umfassende, gendergerechte und ausgewogene Beschäftigung mit Geometrie und geometrischen Fragestellungen ist [Maresch et al. 2015].

#### **4. Situation der Lehrkräfteausbildung Ungeprüft Unterrichtende bis zur Einstellung des Drittfachstudiums**

Bereits in [Kadunz/Sträßer 2007] wird auf das (in den deutschsprachigen Ländern) akut anstehende Problem der mangelnden LehrerInnenbildung für den Raumgeometrieunterricht hingewiesen.

*„Wir meinen jedenfalls, dass der einigermaßen sichere Umgang mit der Herstellung und Verwendung von Darstellungen räumlicher Objekte zurzeit durch die LehrerInnenausbildung nicht gewährleistet ist.“* [Kadunz/Sträßer 2007, S. 66]

Eine groß angelegte Studie im Schuljahr 2004/05, bei der die Daten von über 400 Lehrerinnen und Lehrern aus 45 Schulen in Niederösterreich erhoben wurden, ergab, dass rund 50 Prozent der GZ-Lehrpersonen Geometrisches Zeichnen ungeprüft unterrichten [Müller 2007]. Nach Aussagen von derzeit im Dienst stehenden KollegInnen scheint sich die Situation inzwischen noch verschlimmert zu haben. Zusätzlich wurden die berufsbegleitenden Weiterbildungskurse zur Erlangung der Lehrbefähigung für das „Drittfach“ GZ vor einigen Jahren im Zuge der Veränderung der Ausbildungsstruktur an den Pädagogischen Hochschulen gänzlich eingestellt. Fachspezifische Fortbildungsveranstaltungen kommen lediglich aufgrund des Engagements einzelner Kolleginnen und Kollegen zustande.

#### **5. Historischer Exkurs Vom reinen Bubenfach zum kompetenzorientierten Unterricht**

Große Umwälzungen durchlebte das Fach in den 1980er Jahren: Das bis dahin reine Bubenfach wurde auch für Mädchen an den Hauptschulen verpflichtend [Müller 1991]. GZ wurde eines der wenigen Trägerfächer für die informationstechnologische Grundbildung; eigene altersangepasste CAD-Programme sind seither lehrplankonform im Einsatz. Über den im Jahr 2003 eingeläuteten massiven Einbruch bei den Wochenstundenzahlen informiert der seinerzeitige Obmann des Österreichischen Fachverbandes der Geometrie [www.geometry.at] Werner Gems in seinen Berichten [Gems 2003] und [Gems 2004].

Im Zuge der Kompetenzorientierung des Unterrichts entwickelte 2013 eine Arbeitsgruppe (Leitung: Sybille Mick, Graz) eine eigene Handreichung für den GZ-Unterricht. Das Kompetenzmodell Geometrisches Zeichnen [www.schule.at/portale/raumgeometrie-gz-dg-cad/kompetenz-orientierung.html] soll den LehrerInnen an NMS eine Orientierungshilfe für die Ausrichtung eines modernen Raumgeometrieunterrichts in GZ und Mathematik geben. Die Mathematik-Kompetenzen werden einerseits durch die GZ-Kompetenzen ergänzt, die Kompetenzen GZ wiederum ordnen sich in das Mathematik-Modell ein.

##### **Kompetenzmodell Mathematik**

###### **Handlungsbereiche**

H1: Darstellen, Modellbilden  
H2: Rechnen, Operieren  
H3: Interpretieren  
H4: Argumentieren, Begründen

###### **Inhaltsbereiche**

I3: Geometrische Figuren und Körper

##### **Kompetenzmodell Geometrisches Zeichnen**

H1: Analysieren und Modellbilden  
H2: Darstellen und Operieren  
H3: Interpretieren und Deuten  
H4: Argumentieren und Begründen

I<sub>gz</sub>1: Geometrische Objekte und deren Eigenschaften  
I<sub>gz</sub>2: Transformationen und Relationen zwischen Objekten  
I<sub>gz</sub>3: Projektionen und Risse  
I<sub>gz</sub>4: CAD-Systeme

#### **6. Die Zukunft von GZ GZ für alle (im Mathematikunterricht) – Notlösung oder Stein der Weisen?**

##### **Was sind die Grundzüge des Unterrichtsgegenstandes – Stand der Diskussion**

Aufgrund der Autonomie der einzelnen NMS-Standorte bei der Erstellung ihrer jeweiligen Stundentafel werden viele Schulen GZ zukünftig nicht mehr als eigenen Gegenstand führen. In diesem Fall müssen, wie eingangs erwähnt, die Grundzüge des Faches im Mathematikunterricht vermittelt werden. Dieser Umstand stellt die Lehrkräfte vor neue Herausforderungen. Viele sind in dem Bereich nicht entsprechend ausgebildet und selbst wenn sie die fachliche Kompetenz mitbringen, stellt sich immer noch die Frage, wie man das im Rahmen der verfügbaren Mathematikstunden sinnvoll schaffen kann.

Wie meist in einer Situation, die große Veränderungen bringt, haben die betroffenen Lehrpersonen und der Fachverband der Geometrie (ADG) vorerst überwiegend die Probleme gesehen, die auf den Raumgeometrieunterricht zukommen. Aber jeder Wandel bietet auch eine Chance, die Dinge neu zu sehen und weiter zu entwickeln. Auch im Bereich der Raumgeometrie ergeben sich durchaus neue Perspektiven, die den geometrischen Inhalten des Lehrplans in Zukunft bestenfalls sogar einen höheren Stellenwert im Unterrichtsgeschehen einräumen. Unter dieser Prämisse arbeiten nun VertreterInnen des Fachverbandes und interessierte Fachkolleginnen und -kollegen an den nächsten notwendigen Schritten.

Wenn die MathematiklehrerInnen die wesentlichen GZ-Inhalte in ihrem Fach zu vermitteln haben, müssen diese Inhalte auch in den Schulbüchern vorkommen – hier besteht noch dringender Nachholbedarf. Die Buchverlage und die jeweiligen AutorInnen sind davon zu überzeugen. Das Vorhaben ist vermutlich dann von Erfolg gekrönt, wenn entsprechende Beispiele in die Testung der Bildungsstandards aufgenommen werden.

Vorarbeiten dafür wurden mit der Entwicklung des Kompetenzmodells, wie unter Punkt 5. dargestellt, bereits geleistet. In einem weiteren Schritt wurden und werden Aufgaben entwickelt, die sowohl die Grundzüge des Gegenstandes Geometrisches Zeichnen abbilden als auch die unterschiedlichen Handlungsdimensionen aufgreifen. Eine Reihe solcher Beispiele wird demnächst in den Aufgabenpool für Mathematik des Bundesinstituts für Bildungsforschung (BIFIE) aufgenommen.

Im Rahmen der Fort- und Weiterbildung sollen die Lehrpersonen für Mathematik die „neuen“ Aufgabenstellungen kennen lernen und befähigt werden, solche in ihren Unterricht einzubauen. Wenn auch dieser wichtige Schritt gelingt, dann könnten die wesentlichen GZ-Inhalte auch in der gelebten Praxis im Mathematikunterricht prominent vertreten sein.

### **Neue Fortbildungskonzepte – Beispiel Steiermark**

Nach nahezu zwei Jahre dauernden intensiven Bemühungen engagierter Fachkollegen wurde im September 2015 von der Pädagogischen Hochschule Steiermark eine dringend erforderliche begleitende Fortbildungsmaßnahme für jene NMS-LehrerInnen gestartet, die im Mathematikunterricht auch die Grundzüge des Gegenstandes Geometrisches Zeichnen kompetent zu vermitteln haben. Hilfreich war dabei neben einem Rundschreiben des Bildungsministeriums die Unterstützung seitens der zuständigen Schulaufsicht und des Fachverbandes der Geometrie.

Eine im Vorfeld durchgeführte Bedarfserhebung an den 170 Schulen (NMS) des Bundeslandes ergab die erfreuliche Zahl von 120 verbindlichen Anmeldungen von Mathematiklehrerinnen und -lehrern. Diese Lehrpersonen absolvieren derzeit an insgesamt fünf Seminarstandorten in unterschiedlichen Bildungsregionen der Steiermark eine vierteilige Fortbildungsreihe, um erste Einblicke in den Fachbereich Geometrisches Zeichnen zu erhalten. Die Inhalte orientieren sich an dem von einer Arbeitsgruppe im Fachverband entwickelten und evaluierten Modell zur Integration der grundlegenden GZ-Inhalte in den Mathematikunterricht [[http://dgz-infomail.square7.ch/dokumente/adg\\_geometrie-in-mathematik-mit-gz\\_sek1.pdf](http://dgz-infomail.square7.ch/dokumente/adg_geometrie-in-mathematik-mit-gz_sek1.pdf)].

Eine Neuausarbeitung und Ausweitung des „Fortbildungsmodells Steiermark“ im Schuljahr 2016/17 mit weiteren interessierten MathematiklehrerInnen ist geplant. Wünschenswert und sicher auch notwendig wären ähnliche Initiativen in den anderen Bundesländern.

### **Literatur**

Müller, T. (1991): Geschlechtsunterschiede bei der Körper-/Raumwahrnehmungsfähigkeit unter der Lupe der Forscher. In: Informationsblätter für Darstellende Geometrie (IBDG) 10(2), 3-6, Innsbruck

Gems, W. (2003): Geometrie im „Würgegriff“. In: Informationsblätter der Geometrie (IBDG) 22(1), 4-5, Innsbruck

Gems, W. (2004): GZ – Quo vadis. In: Informationsblätter der Geometrie (IBDG) 23(1), 4-6, Innsbruck

Müller, T. (2007): Geometrisches Zeichnen ungeprüft unterrichten? In: Breiteneder et al.: Zum ungeprüften Unterrichten an Hauptschulen, Forschungsband Nr. 6 der Pädagogischen Akademie der Diözese St. Pölten in Krems, 19-86

Kadunz G./Sträßer R. (2007): Didaktik der Geometrie in der Sekundarstufe I. Franzbecker, Berlin

- Fischer, R. (2012): Fächerorientierte Allgemeinbildung: Entscheidungskompetenz und Kommunikationsfähigkeit mit ExpertInnen. In: [Fischer et al. 2012], 9-17, Linz
- Fischer, R./Greiner, U./Bastel, H. (Hrsg.) (2012): Domänen fächerorientierter Allgemeinbildung. Schriftenreihe der Pädagogischen Hochschule Oberösterreich, Band 1, Linz
- NMS-Umsetzungspaket: Bundesgesetzblatt 2012 II 185 vom 30. Mai 2012, Anlage 1 (Lehrplan GZ) [[www.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp\\_nms.html](http://www.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_nms.html)]
- Maresch, G./Müller, T./Scheiber K. (Hrsg.) (2014): GeodiKon. Die Lernmaterialien. Praktische Raumvorstellungsübungen für den Geometrie- und Mathematikunterricht mit Lösungen. Studienverlag, Innsbruck [[www.studienverlag.at/buecher/5415/geodikon-die-lernmaterialien](http://www.studienverlag.at/buecher/5415/geodikon-die-lernmaterialien)]
- Bruder, R./Hefendehl-Hebeker, L./Schmidt-Thieme, B./Weigand, H. (Hrsg.) (2015): Handbuch der Mathematikdidaktik. Springer Spektrum, Heidelberg
- Maresch, G./Müller, T./Scheiber, K. (2015): Das war GeodiKon – Der Versuch einer kompakten Zusammenfassung. In: Informationsblätter der Geometrie (IBDG) 34(1), 8-12, Innsbruck
- Müller, T. (2015): Leitideen des Raumgeometrieunterrichts. In: Ludwig, M./Filler, A./Lambert, A. (Hrsg.): Geometrie zwischen Grundbegriffen und Grundvorstellungen, 87-106, Springer Spektrum, Heidelberg [[www.springer.com/de/book/9783658068349](http://www.springer.com/de/book/9783658068349)]
- Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung des österreichischen Schulwesens (BIFIE): Aufgabenpool für Mathematik [<https://aufgabenpool.bifie.at/m7/index.php?action=14&cmd=>]