

Tobias ROLFES, Kiel, Anke LINDMEIER, Kiel & Aiso HEINZE, Kiel

Mathematische Kompetenzen in der gymnasialen Oberstufe: Ein Review empirischer Ergebnisse

Klagen über das sinkende Leistungsniveau der Abiturientinnen und Abiturienten im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich haben zwar eine gewisse Tradition (z. B. „Rettet die mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung“, DMV et al., 1982), sind aber in den letzten Jahren wieder verstärkt zu vernehmen. Moniert wird, dass die Studienanfängerinnen und -anfänger unter anderem nicht mehr die notwendigen mathematischen Voraussetzungen mitbringen, um erfolgreich ein mathematikhaltiges Studium (WiMINT) zu absolvieren. Besonders mangle es an grundlegenden prozedural-technischen Fertigkeiten (z. B. Bruchrechnung, Termumformungen, Gleichungslösen jeweils ohne Hilfsmittel). Insbesondere diese Fertigkeiten werden aber von Hochschuldozierenden als essenzielle Eingangsvoraussetzungen für ein MINT-Studium angesehen (Neumann et al., 2017). Um zu evaluieren, inwieweit die genannten Defizite lediglich auf anekdotischer Evidenz beruhen oder ein grundlegendes Problem darstellen, erscheint es uns angezeigt, dieser Frage empirisch nachzugehen. Daher werden zunächst die bisherigen empirischen Befunde zu den Mathematikkompetenzen in der gymnasialen Oberstufe und ihren Bedingungsfaktoren synthetisiert und diskutiert. Darauf aufbauend werden Forschungsdesiderate formuliert.

Empirische Ergebnisse zu Mathematikkompetenzen

Erste umfangreiche empirische Befunde über die gymnasiale Oberstufe in Deutschland lieferte die Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie (TIMSS/III), die in Deutschland 1995 und 1996 durchgeführt wurde (Baumert et al., 2000). Dabei wurden zwei Facetten (mathematische Grundbildung, voruniversitäre Mathematik) der Mathematikkompetenz erhoben. Der Test zur mathematischen Grundbildung stellte einen Kompromiss zwischen dem angelsächsischen Literacy-Konzept und der Lehrplananbindung dar und umfasste schwerpunktmäßig in lebensweltliche Kontexte eingebundene Fachinhalte der Sekundarstufe I. Bei der mathematischen Grundbildung erreichten 71 Prozent der Testpersonen aus der gymnasialen Oberstufe mindestens die Kompetenzstufe III, welche als Mindeststandard für die Mittelstufe (Köller et al., 2004) angesehen werden kann. Dementsprechend erreichte fast ein Drittel der Schülerinnen und Schüler am Ende der gymnasialen Oberstufe nicht die Mindeststandards in mathematischer Grundbildung. Beim Test zur voruniversitären Mathematik stand dagegen

die Anwendung von fachimmanenten Begriffen und Operationen im Vordergrund, wobei aber etwa 40 Prozent der Aufgaben nicht über die Unterrichtsinhalte der Sekundarstufe I hinausgingen. Hier zeigten lediglich 30 Prozent der Schülerinnen und Schüler, dass sie Lerninhalte der gymnasialen Oberstufe ausreichend beherrschen (Kompetenzstufen III und IV).

Unter Verwendung der beiden TIMSS/III-Tests wurden in den darauffolgenden Jahrzehnten mehrere querschnittliche Erhebungen in Abschlussjahrgängen der gymnasialen Oberstufe durchgeführt: BIJU (Köller et al., 1999) im Jahre 1997 in Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Berlin und Nordrhein-Westfalen, TOSCA (Köller et al., 2004) im Jahre 2002 und TOSCA-R (Trautwein et al., 2010) im Jahre 2006 in Baden-Württemberg und TOSCA-Sachsen (Wagner et al., 2014) in den Jahren 2009 und 2010 in Sachsen. Längsschnittliche Untersuchungen (Eingang und Ende gymnasiale Oberstufe) fanden zwischen den Jahren 2002 bis 2012 in Hamburg mit den LAU- und KESS-Studien statt (u. a. Trautwein et al., 2007).

Diese Studien zeigten deutliche Leistungsunterschiede zwischen den Bundesländern auf, bestätigten aber die grundlegenden Tendenzen aus TIMSS/III. Eine Mehrheit der Schülerinnen und Schüler erreichte in der mathematischen Grundbildung am Ende der gymnasialen Oberstufe die Lernziele des mittleren Schulabschlusses (z.B. LAU: 56 %; TOSCA: 82 %), aber nur eine Minderheit die Ziele in der voruniversitären Mathematik (z. B. LAU: 12 %; TOSCA: 41 %).

Ein Rückgang der Mathematikkompetenzen war nicht einheitlich zu identifizieren. In Baden-Württemberg schnitten Testpersonen in TOSCA-R im Jahre 2006 in voruniversitärer Mathematik (Cohens $d = +0,13$) und mathematischer Grundbildung ($d = +0,12$) leicht besser ab als die Testpersonen aus TOSCA im Jahre 2002. In Hamburg zeigte an grundständigen Gymnasien der G8-Abschlussjahrgang in KESS im Jahre 2011 in voruniversitärer Mathematik sehr ähnliche Leistungen wie der G9-Abschlussjahrgang in LAU im Jahre 2005 ($d = +0,06$), wohingegen an Gesamtschulen, Aufbaugymnasien und Beruflichen Gymnasien der G9-Abschlussjahrgang in 2012 leicht geringere Kompetenzen in voruniversitärer Mathematik aufwies als der G9-Abschlussjahrgang in 2005 ($d = -0,16$).

Die längsschnittlichen Analysen von LAU und KESS zeigten zudem, dass sich die Schülerinnen und Schüler im Verlauf der gymnasialen Oberstufe in den prozedural-technischen Fertigkeiten verbesserten. So ergab sich in diesem Bereich von Beginn bis zum Ende der gymnasialen Oberstufe sowohl bei LAU ($d = 0,71$, List et al., 2018) als auch bei KESS ($d = 0,48$, Feddermann et al., 2019) ein deutlicher Leistungszuwachs.

Empirische Ergebnisse zu Bedingungsfaktoren

Als institutionelle Bedingungsfaktoren hatten die Schulform (Allgemeinbildendes Gymnasium, Berufliches Gymnasium, Gesamtschule) und die Kursform (LK, GK), selbst unter Berücksichtigung der Schüler-Eingangsbedingungen, einen entscheidenden Einfluss auf die Mathematikkompetenz (z. B. BIJU, TOSCA, TOSCA-R, LAU). Als individuelle Bedingungsfaktoren leisteten das Vorwissen, das fachspezifische Interesse, das fachspezifische Selbstkonzept, die Intelligenz und das Geschlecht jeweils signifikante Beiträge zur Varianzaufklärung der Mathematikkompetenz.

Bei den Studien zeigten vermutete Bedingungsfaktoren keinen oder einen unklaren Effekt auf die mathematischen Leistungen. So ist beispielsweise den Studien nicht zu entnehmen, dass höhere Abiturientenquoten zu niedrigeren Leistungen führten. Auch zeigten Merkmale des Mathematikunterrichts (z. B. verständnis- vs. fertigungsorientiert) sowie Persönlichkeitsmerkmale (Big Five) der Schülerinnen und Schüler keinen bedeutsamen Erklärungseffekt für die Mathematikkompetenz.

Diskussion und Forschungsdesiderate

Aus den bisherigen empirischen Ergebnissen konnte kein prinzipieller Rückgang der Mathematikkompetenzen in den Abschlussjahrgängen der gymnasialen Oberstufe abgeleitet werden. In Baden-Württemberg und in Hamburg blieben die Mathematikleistungen über die Jahre relativ konstant. Einschränkend muss hervorgehoben werden, dass zum einen die Studien bereits einige Jahre zurückliegen, und zum anderen deren Aussagekraft aus methodischen Gründen limitiert ist. Die Frage, ob die Schülerfähigkeiten insbesondere in den prozedural-technischen Fertigkeiten nachgelassen haben, lässt sich mit Globalskalen für mathematische Kompetenz, wie sie in vielen Studien eingesetzt wurden, nicht beantworten. Aus mathematikdidaktischer Sicht fehlen Untersuchungen, die Mathematikkompetenzen differenzierter erfassen. Außerdem wurden zum Teil lediglich Mittelwerte der Scores berichtet (z. B. TOSCA-Sachsen), ohne eine Verortung auf einer kriteriumsorientierten Mathematikskala vorzunehmen. Mittlere Scorewerte erlauben zwar einen Vergleich von verschiedenen Jahrgängen, Schulformen oder Bundesländern, geben aber relativ wenig Information über das damit einhergehende Leistungsvermögen.

Des Weiteren erlauben querschnittliche Erhebungen kaum Aussagen über Wirkungszusammenhänge, da selbst signifikante Korrelationen zwischen Variablen zuweilen schwer zu interpretieren sind. Zwar hat es in Hamburg mit den LAU- und KESS-Studien Versuche gegeben, die Mathematikkom-

petenz im Längsschnitt zu erfassen, aber auch hier besteht neben methodischen Schwierigkeiten (vertical scaling) die Herausforderung, über deskriptive Befunde hinauszugehen. Daher bedarf es idealerweise längsschnittlicher Studien mit experimentellen Anteilen, um Wirkungszusammenhänge zu erkennen.

Darüber hinaus bieten die bisherigen empirischen Ergebnisse eine Diskussionsgrundlage über die Ziele des Mathematikunterrichts in der gymnasialen Oberstufe. Selbst vor rund 25 Jahren war nur eine Minderheit in der Lage, Lerninhalte der gymnasialen Oberstufe anzuwenden. Daher stellt sich die Frage, ob nicht verstärkt ein zieldifferenter Mathematikunterricht in der gymnasialen Oberstufe etabliert werden sollte, wie er in anderen Staaten vielfach verbreitet ist. Damit könnte der Heterogenität in der Schülerschaft möglicherweise in stärkerer Weise Rechnung getragen werden.

Literatur

- Baumert, J., Bos, W. & Lehmann, R. (Hrsg.). (2000). *TIMSS/III Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie — Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn* (2 Bände). Opladen: Leske + Budrich.
- DMV, DPG, GDCh, MNU, VDB. (1982). Rettet die mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung. *Physikalische Blätter*, 38(1), 25.
- Feddermann, M., Guill, K., List, M. K., Matthießen, R., Ömeroğulları, M., Stallasch, S. E. et al. (2019). *KESS – Skalierung der Leistungstests*. Kiel: IPN.
- Köller, O., Baumert, J. & Schnabel, K. U. (1999). Wege zur Hochschulreife: Offenheit des Systems und Sicherung vergleichbarer Standards. Analysen am Beispiel der Mathematikleistungen von Oberstufenschülern an Integrierten Gesamtschulen und Gymnasien in Nordrhein-Westfalen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 2(3), 385-422.
- Köller, O., Watermann, R., Trautwein, U. & Lüdtke, O. (Hrsg.). (2004). *Wege zur Hochschulreife in Baden-Württemberg. TOSCA - Eine Untersuchung an allgemein bildenden und beruflichen Gymnasien*. Opladen: Leske + Budrich
- List, M. K., Nagy, G., Guill, K. & Köller, O. (2018). *LAU – Skalierung der Leistungstests*. Kiel: IPN.
- Neumann, I., Pigge, C. & Heinze, A. (2017). *Welche mathematischen Lernvoraussetzungen erwarten Hochschullehrende für ein MINT-Studium?* Kiel: IPN.
- Trautwein, U., Köller, O., Lehmann, R. & Lüdtke, O. (Hrsg.). (2007). *Schulleistungen von Abiturienten. Regionale, schulformbezogene und soziale Disparitäten*. Münster: Waxmann.
- Trautwein, U., Neumann, M., Nagy, G., Lüdtke, O. & Maaz, K. (Hrsg.). (2010). *Schulleistungen von Abiturienten. Die neu geordnete gymnasiale Oberstufe auf dem Prüfstand*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Wagner, W., Rose, N., Dicke, A.-L., Neumann, M. & Trautwein, U. (2014). Alle alles lehren – Schulleistungen in Englisch, Mathematik und den Naturwissenschaften vor und nach der Neuordnung der gymnasialen Oberstufe in Sachsen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 17(2), 345-369.