

## **Experimentieren in der „Kompetenztrias“ aus Disposition, Prozess und Produkt erfassen, modellieren und fördern**

Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung hat sich in den letzten Jahren zu einem besonderen Fokus naturwissenschaftsdidaktischer Forschung entwickelt. Kompetenzen in diesem Bereich befähigen zum Durchführen naturwissenschaftlicher Untersuchungen, deren Ziel es ist, neue Erkenntnisse zu generieren. Die experimentelle Kompetenz als spezifische Kompetenz innerhalb dieses Kompetenzbereichs bezieht sich auf die Erkenntnisgewinnung durch Experimentieren, bei der unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie kausale Zusammenhänge zwischen zwei Variablen untersucht werden. Dazu werden Fragestellungen und Hypothesen formuliert, Experimente geplant, durchgeführt und ausgewertet und die Ergebnisse interpretiert (siehe z. B. Emden & Sumfleth, 2016). Im vorliegenden Beitrag wird das Modell der Kompetenztrias vorgestellt, mit dem eine neue, differenziertere Betrachtung experimenteller Kompetenz einhergeht.

### **Konzeptualisierung experimenteller Kompetenz**

Wird die Konzeptualisierung experimenteller Kompetenz betrachtet, zeigt sich, dass sich bei der Klärung des Kompetenzbegriffs in der Regel auf gängige Kompetenzdefinitionen berufen wird. Hier ist vor allem die Definition von Weinert (2001) zu nennen, nach der Kompetenzen spezifische Problemlösefähigkeiten sowie günstige motivationale, volitionale und soziale Voraussetzungen umfassen. Auch die Expertise von Klieme und Leutner (2006) wird häufig herangezogen, in der Kompetenzen als „kognitive Leistungsdispositionen“ definiert werden (Klieme und Leutner, 2006, S. 879). In Anlehnung an diese Definitionen wird experimentelle Kompetenz als dispositionales Konstrukt konzeptualisiert, das verschiedene Wissens-, Fähigkeits- und Bereitschaftskomponenten umfasst (Vorholzer, Hägele & von Aufschnaiter, 2020), die bei Individuen zunächst latent vorliegen und als Voraussetzung zur Erkenntnisgewinnung durch Experimentieren eingestuft werden. Aus der Perspektive der Konzeptualisierung experimenteller Kompetenz wird also als kompetent erachtet, wer über die erforderlichen Dispositionen verfügt.

### **Messung experimenteller Kompetenz**

Die Messung experimenteller Kompetenz hat zum Ziel, Aussagen über die bei Individuen vorliegenden Kompetenzausprägungen zu ermöglichen. Um diese Perspektive auf experimentelle Kompetenz in den Blick zu nehmen, wurde ein systematisches Review durchgeführt. In Anlehnung an das PRISMA-Statement (Liberati et al., 2009) wurden relevante Publikationen aus deutschsprachigen Zeitschriften mit Peer-Review identifiziert und im Hinblick auf die empirischen Zugänge zur experimentellen Kompetenz analysiert. Als Fazit lässt sich festhalten, dass sich die Messung experimenteller Kompetenz auf das direkt beobachtbare Problemlöseverhalten (Performanz) bzw. die am Ende des Problemlöseprozesses stehenden (Teil-)Problemlösungen, z. B. eine Hypothese in einem Protokoll oder die Lösung einer Aufgabe in einem Kompetenztest (Produkte der Performanz), stützt. Nach diesen Ansätzen wird als kompetent erachtet, wer erfolgreich Probleme löst.

### Das Modell der Kompetenztrias

Aus der Gegenüberstellung der Konzeptualisierung und der Messung experimenteller Kompetenz geht hervor, dass einerseits experimentelle Kompetenz als dispositionales Konstrukt verstanden wird, das verschiedene latent vorliegende Wissens-, Fähigkeits- und Bereitschaftskomponenten umfasst, andererseits aber auch anerkannt wird, dass die Qualität der entwickelten Problemlösungen relevant für die Kompetenzausprägung ist. Wie die latent vorliegenden Dispositionskomponenten in die Produkte überführt werden, ist bisher kaum untersucht. Es ist davon auszugehen, dass starke Zusammenhänge zwischen diesen beiden Facetten experimenteller Kompetenz herrschen. Allerdings lassen sich Hinweise darauf finden, dass diese Zusammenhänge keineswegs deterministisch sind, d. h. günstige Dispositionsausprägungen gehen nicht zwangsläufig mit hochwertigen Produkten einher. Ein Beispiel hierfür liefert die Dissertation von Thillmann (2007). Hier wurde ein Produktionsdefizit für das Strategiewissen nachgewiesen: Es wurde gezeigt, dass bei Proband\*innen mit hohem Strategiewissen dieses Strategiewissen nicht immer in die Problemlösung einfließt, sodass trotz günstiger Dispositionsausprägungen Produkte mit eher geringer Qualität entwickelt wurden. Zum erfolgreichen Problemlösen in Experimentiersituationen reicht es folglich nicht aus, dass günstige Dispositionsausprägungen vorliegen, sondern die Dispositionen müssen in der spezifischen Situation auch zielführend genutzt werden, um zu hochwertigen Problemlösungen zu gelangen. Dementsprechend erscheint es plausibel, eine dritte, zwischen Dispositionen und Produkten vermittelnde Facette einzuführen. Diese Facette besteht in der zielführenden Aktivierung und Verknüpfung der Dispositionskomponenten und wird im Folgenden als Prozessfacette bezeichnet. Hierbei ist zu betonen, dass die Prozesse in diesem Zusammenhang nicht mit dem Erkenntnisgewinnungsprozess als Ganzes gleichzusetzen sind. Vielmehr beschreiben die Prozesse, inwiefern latent vorliegende Dispositionskomponenten genutzt werden, um (Teil-)Probleme beim Experimentieren zu lösen.

Für die Erkenntnisgewinnung durch Experimentieren sind nach diesem Ansatz sowohl die Dispositions- als auch die Prozess- sowie die Produktfacette relevant und sollten auch als Teil experimenteller Kompetenz verstanden werden. Das von uns vorgeschlagene Modell der Kompetenztrias bildet experimentelle Kompetenz auf diesen Facetten ab:



Abb. 1: Modell der Kompetenztrias experimenteller Kompetenz

Im durchgeführten Review hat sich gezeigt, dass ein Ansatz, der explizit darauf ausgerichtet ist, die Ausprägung der latent vorliegenden Dispositionskomponenten, deren Nutzung in der spezifischen Problemsituation sowie die Qualität der Problemlösungen systematisch zusammenzuführen, im Forschungsfeld bisher nicht zu finden ist. Das Modell der Kompetenztrias könnte dazu beitragen, die skizzierte Kluft zwischen dispositionalen

Anteilen experimenteller Kompetenz auf der einen und performatorischen Anteilen auf der anderen Seite zu überwinden. Diese komplexe, differenzierte Betrachtungsweise experimenteller Kompetenz führt – sollte das Modell einer empirischen Überprüfung standhalten – zu einem Informationsgewinn bezüglich des Zustandekommens von Problemlösungen in Experimentiersituationen. Darüber hinaus ließen sich Defizite noch genauer lokalisieren und daran anknüpfend spezifische Interventionen entwickeln, um diese Defizite zu beheben.

### **Ziel und Fragestellung**

Das vorgestellte Modell der Kompetenztrias ist zunächst ein hypothetisches Modell, dessen empirische Überprüfung noch aussteht. Dementsprechend gehen wir im vorliegenden Projekt folgender Forschungsfrage nach:

FF1: Inwiefern lassen sich derartig differenzielle Befunde auf den Facetten der Dispositionen, Prozesse und Produkte finden, die es notwendig machen, experimentelle Kompetenz darin abzubilden?

Differenzielle Befunde hinsichtlich der Kompetenzausprägung auf den verschiedenen Facetten können als Anhaltspunkt dafür gedeutet werden, dass bei einer Reduktion experimenteller Kompetenz auf dispositionale oder performatorische Anteile Informationen verloren gehen, sodass eine differenzierte Betrachtungsweise der Facetten der Dispositionen, Prozesse und Produkte als gewinnbringend einzuschätzen ist.

### **Geplante Methoden und Ausblick**

Zur empirischen Überprüfung des Modells der Kompetenztrias werden Querschnittsdaten auf den Facetten der Dispositionen, Prozesse und Produkte erhoben. Dazu ist ein Setting mit Erstsemesterstudierenden der Chemie und verwandter Studiengänge geplant. Die Erhebung der Dispositionsausprägungen erfolgt mittels Paper-and-Pencil-Tests. Dabei werden das Fachwissen, das fachmethodische Wissen, das Wissen über naturwissenschaftliche Arbeitstechniken, das Selbstkonzept, die Selbstwirksamkeitserwartung sowie das Fach- und Sachinteresse als Dispositionskomponenten getrennt erhoben. Unmittelbar nach den Paper-and-Pencil-Tests führen die Studierenden eine naturwissenschaftliche Untersuchung inkl. eines Hands-On-Experiments durch. Die Fragestellung der naturwissenschaftlichen Untersuchung wird vorgegeben und der Erkenntnisgewinnungsprozess durch ein vorstrukturiertes Protokoll unterstützt (guided inquiry nach Bell, Smetana & Binns (2005)). Die Erfassung der Prozessfacette erfolgt über die Audiographie des lauten Denkens, zu dem die Studierenden während der naturwissenschaftlichen Untersuchung aufgefordert werden. Durch manualbasierte Kodierung der Audioaufnahmen sollen Rückschlüsse darauf gezogen werden, auf welche Dispositionskomponenten die Studierenden bei der Problemlösung zurückgreifen. Darüber hinaus sollen die Studierenden Protokolle zur naturwissenschaftlichen Untersuchung erstellen, die ebenfalls manualbasiert ausgewertet werden, um Aussagen über die Qualität der Produkte abzuleiten.

Perspektivisch soll auch die Entwicklung experimenteller Kompetenz in den Blick genommen werden. Dazu ließe sich das geplante Setting zu einer experimentellen Studie mit Prä-Post-Messung erweitern. Am Prä- und Post-Zeitpunkt würden Daten auf den Facetten der Dispositionen, Prozesse und Produkte erhoben werden, um die Wirkung einer dazwischenliegenden Intervention zu untersuchen.

**Literatur**

- Bell, R. L., Smetana, L. & Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30–33
- Emden, M. & Sumfleth, E. (2016). Assessing Students' Experimentation Processes in Guided Inquiry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 29–54
- Klieme, E. & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen: Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52 (6), 876–903
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J. & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS medicine*, 6(7), e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
- Thillmann, H. (2007). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung*. Universität Duisburg-Essen, Essen
- Vorholzer, A., Hägele, J. J. & Aufschnaiter, C. von (2020). Instruktionen kohärent anlegen und Kompetenzaufbau untersuchen: Zugänge und Herausforderungen am Beispiel experimentbezogener Kompetenz. *Unterrichtswissenschaft*, 103(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s42010-019-00064-5>
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen: Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hg.), *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim: Beltz, 17-32