

## KONTEXT UND PROBLEMLÖSEN – EINE PROZESSANALYSE

Patrick Löffler<sup>1</sup>, Alexander Kauertz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau

\*Please address all correspondence to Patrick Löffler, loeffler@uni-koblenz.de

---

### STRUCTURED ABSTRACT

**Hintergrund:** Lernen mit Kontexten im engeren Sinne beinhaltet typischerweise problemorientierte Aufgaben, die durch die Anwendung von fachwissenschaftlichen Modellen gelöst werden müssen. Es bestehen wenig Zweifel an den positiven Effekten solcher kontextbasierten Ansätze auf affektive Variablen (z.B. Interesse). Gleichzeitig ist die beobachtete Varianz in der Leistung bislang nur unzureichend erklärt. In verschiedenen Ansätzen wurde seither versucht, diese Forschungslücke zu schließen; beispielsweise durch Untersuchung des Zusammenspiels von Aufgabenmerkmalen wie Authentizität oder Relevanz und deren Wechselwirkung mit Personenmerkmalen. Nach wie vor fehlt jedoch eine Erklärung für die heterogenen Befunde zum Einfluss von Kontext auf die Leistung im Problemlöseprozess.

**Ziel:** Leistungsmessung beim Problemlösen findet meist auf Ebene des gesamten Prozesses statt. Der Einfluss von Kontext kann daher auch nur in Bezug zu dieser übergreifenden Messung untersucht werden. Im Gegensatz dazu wird in der vorliegenden Studie erforscht, wie sich Kontext auf die Leistung in den einzelnen Phasen des Problemlöseprozesses auswirkt (Phase 1: Das Problem verstehen, Phase 2: Die Bedingungen/Variablen identifizieren, Phase 3: Die Auswahl begründen, Phase 4: Lösungsvorschlag formulieren, Phase 5: Eine Antwort auf das Problem geben, Phase 6: Weitere Argumente für die Richtigkeit der Lösung nennen). Dazu wird unter diesem Gesichtspunkt eine Reanalyse einer aktuellen Studie vorgenommen um die Frage zu beantworten: Welchen Einfluss hat Kontext auf die Leistung in diesen Phasen?

**Stichprobe:** Die Teilnehmer\*innen besuchen die 10. Klassenstufe dreier Gymnasien aus Rheinland-Pfalz in Deutschland. Das Alter liegt zwischen 14 und 17 Jahren mit einem Schnitt von 15.4. Die Stichprobengröße beträgt  $n = 123$  (63m, 60w).

**Design und Methode:** In dem Experiment wird der Einfluss der unabhängigen Variable *Kontextualisiertheit* auf die abhängige Variable *Leistung im Problemlöseprozess* für jede der sechs Phasen im Problemlöseprozess untersucht. Dabei werden folgende Personenmerkmale kontrolliert: Kognitive Fähigkeiten und konzeptuelles Vorwissen. Die Aufgabenmerkmale *Transparenz* sowie *Komplexität* werden ebenfalls als Kontrollvariablen in die Analyse aufgenommen. Um eine Alpha-Fehler-Inflation bei mehreren Regressionen auszuschließen, wird zunächst eine multivariate Kovarianzanalyse (MANCOVA) durchgeführt. Daran anschließend werden sechs hierarchische Regressionen vorgenommen und die Regressionsparameter angegeben. Als Maß für die Effektstärke wird Cohens  $f^2$  bestimmt. Reliabilität und Validität der verwendeten Instrumente wurden in vorherigen Studien überprüft.

**Ergebnis:** *Kontextualisiertheit* hat einen signifikanten Einfluss auf die Leistung im Problemlöseprozess (Pillai's Trace:  $V = 0.227$ ,  $F(6, 112) = 5.483$ ,  $p < .001$ ). Die Regressionsanalysen zeigen dabei einen positiven Einfluss auf die erste und dritte Phase des Problemlöseprozesses (1. Phase:  $p < .023$ ,  $f^2 = .035$ ,  $\beta = .208$ , 3. Phase:  $p < .030$ ,  $f^2 = .078$ ,  $\beta = .194$ ). Auf die zweite und vierte Phase hat *Kontextualisiertheit* einen negativen Einfluss (2. Phase:  $p < .017$ ,  $f^2 = .042$ ,  $\beta = -.198$ , 4. Phase:  $p < .018$ ,  $f^2 = .040$ ,  $\beta = -.200$ ). Auf die fünfte und sechste Phase kann keine signifikante Wirkung beobachtet werden.

**Schlussfolgerung:** Die Ergebnisse zeigen, dass die Wirkung von Kontext auf die Leistung im Problemlöseprozess stark variiert. Die positiven Effekte auf die Phasen 1 und 3 sind in etwa gleich stark wie die negativen Effekte auf die Phasen 2 und 4 und heben sich daher gegenseitig auf der Ebene des gesamten Prozesses auf. Dieses Ergebnis kann dabei helfen, die bisherigen, teils widersprüchlichen Befunde in der Kontextforschung zu erklären. Darüber hinaus gibt das Ergebnis Anlass zur Forderung, in zukünftiger Kontextforschung detailliert den Prozess zu untersuchen. Für den Unterricht ergibt sich die Folgerung, Lernende insbesondere in den Phasen 2 und 4 zu unterstützen.

**Schlüsselwörter:** Kontext, Modellanwendung, Problemlösen, Aufgaben.

**Received:** May 2020. **Accepted:** November 2020.

## 1 EINLEITUNG

Kontexte beim Problemlösen sind seit einigen Jahrzehnten ein wichtiger Bestandteil des naturwissenschaftlichen Lernens geworden (Pilot & Bulte, 2006): Sie ermöglichen es Lehrkräften, negativen Einstellungen gegenüber Naturwissenschaft zu begegnen (Bennett et al., 2007). Vor allem gibt es aber viele Argumente dafür, wie solche Aufgaben die Entwicklung des konzeptionellen Verständnisses fördern sollten: Lubben, Campbell, & Dlamini (1996) nennen beispielsweise die fokussierte Aufmerksamkeit von Lernenden bei der Verwendung von Kontexten mit einer empfundenen persönlichen Relevanz sowie deren erhöhte Mitarbeit bei der Problemlösung. Yager (1999) berichtet von besseren Fähigkeiten im Anwenden von Gelerntem. Gleichzeitig gibt es auch gute Gründe, das Gegenteil anzunehmen: Harp & Mayer (1998) sehen ansprechende Details in Kontexten als hinderlich: durch diese „verführerischen Details“ wird irrelevantes Vorwissen aktiviert, welches dann in die Überlegungen zur Problemlösung einfließt. Taasobshirazi & Carr (2008) kommen zu ähnlichen Überlegungen, wonach Kontexte zwar interessant sein sollten, jedoch auf eine Art und Weise, dass der fachliche Inhalt unterstützt und nicht davon abgelenkt wird. Zudem befürchten sie, Kontext könne Transfer unterdrücken, was im Gegensatz zu den Erkenntnissen von Yager (1999) steht. Folgerichtig werden in Studien zu diesem Thema heterogene Ergebnisse beobachtet (Bennett et al., 2007). In einer Metastudie kommen Park und Lee daher zu dem Schluss: “[...] it is difficult to observe a consistent effect of contexts on physics problem-solving.” (Park & Lee, 2004, p. 1586–1586). Seitdem haben mehrere Studien versucht, diese Forschungslücke zu schließen: Mögliche Themeneffekte (Gomez, Pozo, & Sanz, 1995; Kölbach, 2011), Aufgabenmerkmale (Löffler, 2016) sowie deren Zusammenspiel mit den Personenmerkmalen (van Vorst et al., 2014) und unterschiedliche Kontextdefinitionen wurden untersucht (Finkelstein, 2005; Gilbert, 2006). Zusammenfassend kann jedoch festgestellt werden, dass der Einfluss von Kontext auf die Leistung noch immer nicht ausreichend verstanden ist. Ein möglicher Grund für dieses Problem liegt in der Leistungsmessung, die in der Regel auf dem Ergebnis des Problemlösungsprozesses und nicht auf den einzelnen Phasen des Lösungsprozesses basiert. Dafür spricht auch, dass sich die zuvor beispielhaft genannten Einflussfaktoren bestimmten Phasen im Problemlöseprozess zuordnen lassen: Beispielsweise findet Aktivierung von Vorwissen vornehmlich zu Beginn statt.

Daher versuchen wir, mit einer Reanalyse die Frage "Welchen Einfluss hat Kontext in diesen Phasen?" zu beantworten. Die Leistung der Lernenden beim kontextualisierten Problemlösen wurde in der untersuchten Studie (Löffler, 2016) als Summenwert durch die Bewertung typischer Schritte im Problemlösungsprozess gemessen, was eine detailliertere Betrachtung im Nachhinein ermöglicht.

## 2 HINTERGRUND

Arbeiten mit Modellen ist ein zentrales Element naturwissenschaftlichen Unterrichts und somit auch der fachdidaktischen Forschung. Merkmale der Modellierungsansätze, wie z.B. deren Bedeutsamkeit, Authentizität oder allgemein Sinnhaftigkeit (z.B. van Vorst et al., 2014), haben dabei zunehmend an Bedeutung gewonnen und stellen unter dem Überbegriff Kontext bereits seit vielen Jahren ein eigenes Forschungsfeld dar. Je nach Forschungsschwerpunkt werden allerdings unterschiedliche Kontextdefinitionen verwendet. Dennoch finden sich in diesen Definitionen wiederkehrende Elemente, die sich vor allem auf zwei miteinander verbundene Ebenen konzentrieren (z.B. Mestre, 2002 oder van Vorst, Dorschu, Fechner, Kauertz, Krabbe & Sumfleth, 2014): Kontext ist demnach ein realistisches Problem mit Relevanz für die Lernenden (Level 1), welches mit wissenschaftlichen Modellen gelöst werden kann (Level 2). Dieser Ansatz ermöglicht die Unterscheidung der Ebene der Problemsituation bzw. *surface structure* von der Ebene der angewandten fachwissenschaftlichen Modelle bzw. *deep structure* (Löffler, 2016; Löffler & Kauertz, 2014). In der untersuchten Studie von Löffler (2016) wurden daher Aufgabenmerkmale auf der Ebene *surface structure* sowie *deep structure* untersucht. Das zugrundeliegende Kontextmodell wird im Folgenden dargestellt.

### 2.1 Kontextmodell

Um den Einfluss von Kontext auf die Leistung im Problemlösen zu untersuchen, müssen wir die Vorstellung von Kontext weiter konkretisieren. Dazu betrachten wir die beiden zuvor genannten Ebenen *surface structure* und *deep structure* und analysieren deren Komponenten sowie den damit verbundenen Schwierigkeitseffekt.

Ausgehend von dem Ziel, strukturelle Beziehungen zwischen konzeptuellen und konkreten Objekten herzustellen (Bunge, 1973), besteht die grundlegende Intention des Kontextmodells darin, Informationssätze auf den Ebenen der Oberflächen- und Tiefenstruktur zu identifizieren und Teilmengen beider Ebenen miteinander zu verbinden. Die Informationen können nach zwei Dichotomien klassifiziert werden (Löffler, Pozas & Kauertz, 2018): erstens entweder als Elemente fachwissenschaftlicher Modelle (physikalischer Inhalt) oder als Elemente, die nicht Teil fachwissenschaftlicher Modelle (Kontext) sind, und zweitens als "Teil der Lösung" oder "nicht Teil der Lösung", von denen letztere beispielsweise dekorative oder ablenkende Elemente beinhaltet (vgl. z.B. „seductive details“ Harp & Mayer, 1998). Aus diesen Dichotomien ergeben sich daher vier Informationssätze (Tab. 1).

Die daraus abgeleiteten Informationen lassen sich durch drei Aufgabenmerkmale beschreiben: *Kontextualisiertheit* (Löffler & Kauertz, 2015), *Komplexität* (Kauertz, 2008) und *Transparenz* (Löffler & Kauertz, 2014).

*Kontextualisiertheit* bezieht sich auf das Vorhandensein und die Menge von Informationssätzen <nML> und <nMnL>.

*Komplexität* wird bestimmt durch die Anzahl und die Verbindungen der Elemente in <ML> und hat einen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit (Kauertz & Fischer, 2006 oder Walpuski, Ropohl & Sumfleth, 2011).

**Tab. 1.** Informationssätze in Kontextaufgaben: ML = Elemente fachwissenschaftlicher Modelle & Teil der Lösung; MnL = Elemente fachwissenschaftlicher Modelle & nicht Teil der Lösung; nML = nicht Elemente fachwissenschaftlicher Modelle & Teil der Lösung; nMnL = nicht Elemente fachwissenschaftlicher Modelle & nicht Teil der Lösung (aus dem Englischen übersetzt, Löffler, Pozas & Kauertz 2018).

	Element fw. Modelle	Nicht Element fw. Modelle
Teil der Lösung	ML	nML
Nicht Teil der Lösung	MnL	nMnL

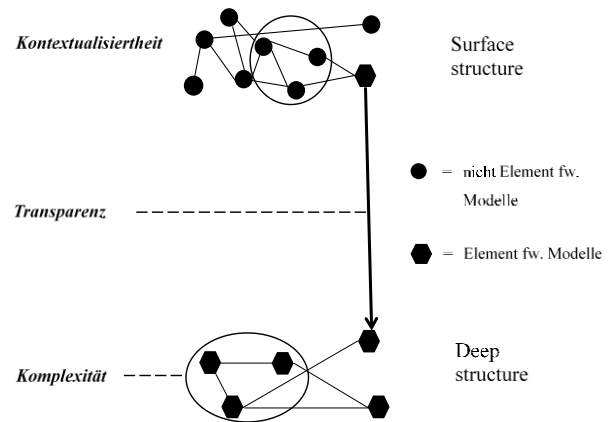
Die *Transparenz* einer Aufgabe beschreibt, ob:

- Elemente aus <ML> explizit im Text genannt werden,
- Informationssätze <MnL> existieren und so die Unterscheidung zwischen den Sätzen nötig machen,
- es zur Lösung ausreichend ist Elemente aus <nML> mit Elementen aus <ML> zu verknüpfen (Modellanwendung), oder ob
- fehlende Informationen auf Basis der Elemente aus <nML> gefunden werden müssen (Modellentwicklung).

*Kontextualisiertheit* und *Komplexität* sind offensichtlich hierarchisch messbar. Zur *Transparenz* sind weitere Ausführungen nötig: Wenn die *surface structure* einer Aufgabe bereits Elemente aus <ML> konkret anführt und gleichzeitig keine Elemente aus <MnL> enthalten sind, müssen Lernende nicht zwischen beiden Informationssätzen unterscheiden und die Aufgabe hat eine hohe *Transparenz*. Im umgekehrten Fall bedeutet eine niedrige *Transparenz*, dass Lernende den Distractionen von Elementen aus <MnL> widerstehen müssen und gleichzeitig die fehlenden Elemente von <ML> auf Basis von <nML> finden müssen. Diesem Beispiel folgend, wurde in der untersuchten Studie (Löffler, 2016) *Transparenz* dichotom kodiert um in den genannten Kombinationen den größtmöglichen Unterschied zu erzeugen.

Aus dem Ansatz der in fast allen Kontextdefinitionen implizit oder explizit aufgeführten Ebenen *surface structure* und *deep structure*, sowie den darauf definierten Aufgabenmerkmalen, ergibt sich so das der Studie (Löffler, 2016) zugrundeliegende Kontextmodell (Abb. 1). Zur besseren Verständlichkeit der Anwendung dieses Modells werden einige Beispiele aufgeführt. In der folgenden Tabelle (Tab. 2) sind unterschiedliche Ausprägungen des Aufgabenmerkmals *Kontextualisiertheit* dargestellt.

In der Aufgabenversion mit niedriger *Kontextualisiertheit* gibt es keine Elemente aus <nML> oder <nMnL>. Im Gegensatz dazu tauchen Elemente aus beiden Informationssätzen in der hoch kontextualisierten Variante auf.



**Abb. 1.** Beispiel Kontextmodell (Löffler, Pozas & Kauertz, 2018) mit hoher *Kontextualisiertheit*, niedriger *Transparenz* und hoher *Komplexität*. Umkreiste Elemente sind zur Problemlösung nötig.

Das Aufgabenmerkmal *Komplexität* wird anhand der Lösung einer Aufgabe auf Ebene der *deep structure* bestimmt (Satz <ML>) und erlaubt Rückschlüsse auf die Aufgabenschwierigkeit. In der folgenden Tabelle (Tab. 3) werden der Verständlichkeit halber auch mögliche Probleme aufgeführt (obwohl das eigentliche Problem zur Bestimmung der *Komplexität* nicht bekannt sein muss).

Der Informationssatz <ML> in der Lösung der niedrig-komplexen Variante enthält lediglich ein Fakt (Kauertz & Fischer, 2006), was auf eine geringere Aufgabenschwierigkeit hinweist. Die Elemente aus <ML> der hochkomplexen Lösung lassen dagegen Rückschlüsse auf eine erhöhte Aufgabenschwierigkeit zu.

**Tab. 2.** Beispiele für *Kontextualisiertheit* (aus dem Englischen übersetzt, Löffler, Pozas & Kauertz, 2018)

Problem	Kontextualisiertheit	Informationssätze
Zwei Geräte haben eine Leistung von $P_1 = 2,5 \text{ kW}$ und $P_2 = 1,5 \text{ kW}$ . Berechne die Stromstärke, wenn die Spannung $U = 230 \text{ V}$ beträgt.	Niedrig	Nur <ML>: Leistung, Stromstärke, $U = 230 \text{ V}$ , ...
Herr Decker kauft einen Heizstrahler und einen Heizlüfter für den Wickeltisch im Kinderzimmer. Beide Geräte werben mit ihrer hohen elektrischen Leistung ( $2,5 \text{ kW}$ und $1,5 \text{ kW}$ ) und er fragt sich, ob die Sicherung ( $16 \text{ A}$ ) hält, wenn er beide an die gleiche Steckdose anschließt.	Hoch	Satz <ML>: Elektrische Leistung, $2,5 \text{ kW}$ , $1,5 \text{ kW}$ , $16 \text{ A}$  Satz <nML>: Heizstrahler, Heizlüfter, Steckdose, Sicherung  Satz <nMnL>: Hr. Decker, Wickeltisch, Kinderzimmer

**Tab. 3.** Beispiele für *Komplexität* von Lösungen (aus dem Englischen übersetzt, Löffler, Pozas & Kauertz, 2018)

Problem	Lösung	Komplexität	Elemente aus <ML>
Um Wärmeverlust in kalten Umgebungen zu verhindern, plustern Vögel ihre Federn auf, um eine Luftschicht um den Körper zu erzeugen. Erkläre, warum das hilfreich ist.	Luft ist ein schlechter Wärmeleiter.	Niedrig	Ein Fakt (Kauertz & Fischer, 2006): Luft ist ein schlechter Wärmeleiter
Eine Thermosflasche hält Kaffee lange warm. Sie besteht aus zwei Flaschen: Eine davon ist in der anderen und am Flaschenhals sind beide verbunden. Aus der Lücke dazwischen wird die Luft abgepumpt. Die innere Flasche ist mit einer reflektierenden Schicht überzogen. Erkläre, warum diese Konstruktion Kaffee warmhält.	Um Wärmeübertragung zu minimieren, müssen Wärmeleitung, Wärme-strömung und Wärme-strahlung verringert werden	Hoch	Mehrere verbundene Fakten: Wärme-strahlung, Wärme-strömung und Wärmelei-tung zusammen ergeben Wärmeüber-tragung

**Tab. 4.** Beispiele für *Transparenz* in Problemlöseaufgaben und deren Lösungen (aus dem Englischen übersetzt, Löffler, Pozas & Kauertz, 2018)

Problem	Lösung	Transparenz
Julia springt vom 10m-Brett. Wie schnell wird sie auf das Wasser treffen, wenn ihre Masse 52 kg beträgt?	Für den freien Fall ohne Anfangsgeschwindigkeit gilt: $v = \sqrt{2gh}$ . Mit $h = 10\text{ m}$ und $g \approx 9.81\text{ m/s}^2$ beträgt die	Niedrig
Julia springt vom Sprungbrett (Höhe $h = 10\text{m}$ ). Mit welcher Geschwindigkeit $v$ wird sie auf das Wasser treffen unter der Voraussetzung, dass die Erdbeschleunigung $g \approx 9.81\text{ m/s}^2$ beträgt?	Endgeschwindigkeit: $v \approx 14\text{ m/s}$ oder $50\text{ km/h}$ .	Hoch

In Tab. 4 sind Beispiele zur Veranschaulichung des Aufgabenmerkmals *Transparenz* aufgeführt. In der hochtransparenten Version des Problems werden nur Elemente fachwissenschaftlicher Modelle genannt, die Teil der Lösung sind (Satz <ML>): Höhe, Geschwindigkeit und Beschleunigung. Im Gegensatz dazu enthält die Version mit niedriger *Transparenz* Elemente fachwissenschaftlicher Modelle, die nicht Teil der Lösung sind (Satz <MnL>) und von der eigentlichen Lösung ablenken (Masse ist irrelevant für die Endgeschwindigkeit unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes beim freien Fall aus niedriger Höhe). Gleichzeitig müssen Lernende in dieser Aufgabenvariante fehlende Elemente des Satz <ML> auf Grundlage der Elemente aus <nML> finden: „schnell“ → Geschwindigkeit, „10m-Brett“ → Höhe.

## 2.2 Problemlöseprozess

Diese verschiedenen Informationssätze und Elemente werden im Problemlöseprozess durch die Lernenden genutzt, um Lösungen zu generieren. Um den Zusammenhang zwischen den Informationssätzen und Elementen sowie dem Problemlöseprozess herzustellen, wird dieser zunächst näher charakterisiert:

In der untersuchten Studie von Löffler (2016) wurden typische Schritte im analytischen Problemlösungsprozess untersucht (vgl. Pólya, 1985 oder Abrams, 2001). Ziel war, die Leistung im Problemlösen über eine Bewertung der Lösung hinaus zu operationalisieren und so die Ursachen für erfolglose Problemlösungsprozesse untersuchbar zu machen. Dazu passte Löffler (2016) ein Instrument von Charles, Lester und O'Daffer (1987) an, um die Leistung der Schülerinnen und Schüler durch die Bewertung schriftlicher Antworten in sechs typischen Phasen eines Problemlösungsprozesses zu erfassen (siehe Tab. 5). Der daraus ermittelte Summenscore wurde von Löffler (2016) als abhängige Variable in eine Regressionsanalyse aufgenommen. Das Aufgabenmerkmal *Kontextualisiertheit* zeigte dabei entgegen der Hypothesen keinen signifikanten Einfluss. Durch Reanalyse der detaillierteren Prozessdaten soll nun mit dieser Studie die Frage, „Welchen Einfluss hat Kontext in diesen Phasen?“, beantwortet werden.

**Tab. 5.** Phasen des analytischen Problemlöseprozesses und daraus abgeleitete Items. “Bewertung” dient zur Veranschaulichung des detaillierten Beurteilermanuals. Beurteiler-Reliabilität Kendall’s Tau-b je nach Phase:  $.48 \leq \tau_B \leq .97$ , (Löffler, 2016).

Phase	Beschreibung	Item	Bewertung & $\tau_B$
1	Das Problem verstehen	Formuliere das Problem zunächst mit eigenen Worten in Form einer Frage	Beurteiler entscheiden, wie gut das formulierte Problem zum intendierten Problem der Aufgabe passt. $.72 \leq \tau_B \leq .74$
2	Die Bedingungen/ Variablen identifizieren	Nenne drei Begriffe, die du zum Lösen des Problems am wichtigsten findest (das können Begriffe aus dem Text sein oder andere, z.B. aus der Physik).	Beurteiler schätzen die Relevanz der genannten Begriffe durch Vergleich mit der Lösung und anhand von Bewertungsbeispielen. $.89 \leq \tau_B \leq .92$
3	Die Auswahl begründen	Erkläre mit ganzen Sätzen für jeden dieser Begriffe, wieso er zur Lösung der Aufgabe wichtig ist.	Beurteiler entscheiden wie nützlich die Erklärungen im Hinblick auf die Lösung sind. $.48 \leq \tau_B \leq .55$
4	Lösungsvorschlag formulieren	Formulieren mit ganzen Sätzen deinen Lösungsvorschlag für das Problem. Du darfst die drei von dir	Beurteiler bewerten wie gut der Lösungsvorschlag zur Lösung passt. $.92 \leq \tau_B \leq .97$

		genannten Begriffe dabei verwenden.	
5	Eine Antwort auf das Problem geben	Schreibe nun einen ganzen Satz als Antwort auf die von dir notierte Frage auf.	Beurteiler entscheiden, in welchem Ausmaß die gegebene Antwort das Problem löst. $.71 \leq \tau_B \leq .85$
6	Weitere Argumente für die Richtigkeit der Lösung nennen	Findest du weitere Argumente, die deinen Lösungsvorschlag bekräftigen (z.B. aus der Physik oder deiner Erfahrung)? Antworte in ganzen Sätzen.	Beurteiler bewerten, wie gut neu aufgebrachte Ideen den durchlaufenen Problemlöseprozess stützen. $.73 \leq \tau_B \leq .82$

### 3 METHODE

Wie zuvor erläutert, stammen die Daten aus einer früheren Studie über die Auswirkungen von Kontexten auf die Leistung (Löffler, 2016). Die ursprüngliche Studie untersucht drei Aufgabenmerkmale: *Kontextualisiertheit* (Löffler & Kauertz, 2015 oder Löffler 2016) der in der Aufgabe beschriebenen Situation; die *Komplexität* (Kauertz, 2008), des der Aufgabe zugrundeliegenden wissenschaftlichen Modells; und *Transparenz* (Löffler & Kauertz, 2015 bzw. Löffler, 2016), die beeinflusst, ob und wie der Lernende dieses Modell identifizieren kann. Alle sind dichotom kodiert (hoch und niedrig). Das sich daraus ergebende 2x2x2-Design wurde in den 10. Klassen dreier Gymnasien in Deutschland (N = 123) wie folgt implementiert: Jeder Lernende arbeitet an einer von acht Aufgabenvarianten (t = 13 min). Die Leistung der Lernenden im Problemlösungsprozess wird dabei in den sechs Phasen des analytischen Problemlösungsprozesses in einem standardisierten Beurteilungsverfahren mit jeweils 0 bis 3 Punkten bewertet (Löffler, 2016): (1) Das Problem verstehen, (2) Die Variablen identifizieren, (3) die Auswahl der Variablen begründen, (4) einen Lösungsvorschlag formulieren, (5) eine Antwort auf das Problem geben, (6) weitere Argumente für die Gültigkeit der Lösung nennen. Jede Phase wird durch ein Item im Papier- und Bleistifttest (Löffler, 2016) im „offene Antwort“-Format abgebildet. Gründe für die eher geringe Reliabilität des Instruments ( $\alpha_{\text{Cronbach}} = 0,59$ ) sind das komplexe Zusammenspiel der am Problemlösungsprozess beteiligten kognitiven und motivationalen Fähigkeiten, die geringe Anzahl der Items aufgrund von Testzeitbeschränkungen sowie der Ratingprozess, der die Ergebnisse zusätzlich mit Unsicherheit behaftet (Beurteiler-Reliabilität Kendalls Tau-b:  $.48 \leq \tau_B \leq .97$ , je nach Phase). Da die Operationalisierung der Prozessleistung jedoch eine große Herausforderung darstellt, argumentierte Schmitt (1996) an einem Beispiel mit  $\alpha_c = 0,49$ , dass, wenn "eine Messung andere wünschenswerte Eigenschaften aufweist, wie z.B. eine sinnvolle Inhaltsabdeckung einer Domäne und eine begründete Eindimensionalität, diese geringe Reliabilität möglicherweise kein großes Hindernis für ihre Verwendung darstellt" (aus dem Englischen übersetzt,

Schmitt, 1996, S. 351-352). Die hochkontextualisierte Version der in diesem Test verwendeten Aufgabe stammt aus dem Bereich der Thermodynamik (Kauertz, Löffler & Fischer, 2015) mit einer Aufgabenschwierigkeit von  $p = 0,46$ . Die niedrigkontextualisierte Version enthält das gleiche Physikproblem und hat eine Aufgabenschwierigkeit von  $p = 0,47$ . Insgesamt 90 Minuten lang arbeiten die Schülerinnen und Schüler an den Testheften, die zusätzlich Instrumente zur Erfassung von Kontrollvariablen enthalten: Zur Messung der kognitiven Fähigkeiten kommen Subskalen des IST-2000R (Liepmann, Beauducel, Brocke & Amthauer, 2007) zum Einsatz, konzeptuelles Vorwissen in der Thermodynamik wird mit dem Instrument Thermal Concept Evaluation (Yeo & Zadnik, 2001) erhoben. Im Unterschied zur ursprünglichen Studie wird in der vorliegenden Arbeit nicht die Leistung auf Ebene des Gesamtprozesses untersucht, sondern der Effekt der *Kontextualisiertheit* auf die Leistung in den sechs einzelnen Phasen des Problemlösungsprozesses erforscht. Zunächst wird dazu eine multivariate Kovarianzanalyse (MANCOVA) durchgeführt, da mehrere Regressionen oder Kovarianzanalysen (ANCOVA) allein zu einer Alphafehler-Inflation führen würden und jede Beziehung zwischen den abhängigen Variablen vernachlässigen würden (Tab. 6).

**Tab. 6.** Spearman-Korrelation der Items/abhängigen Variablen des Problemlösetests. Signifikante Ergebnisse sind hervorgehoben.

Item	1 <i>Problem verstehen</i>	2 <i>Variablen identifiz.</i>	3 <i>Auswahl begründ.</i>	4 <i>Lösungs-vorschlag</i>	5 <i>Antwort</i>	6 <i>Weitere Argumente</i>
1	$r_s$ 1.000	$-0,760$	$.100$	$.022$	$.038$	<b><math>.241</math></b>
	p	$.405$	$.270$	$.810$	$.674$	<b><math>.007</math></b>
2	$r_s$	1.000	<b><math>.300</math></b>	<b><math>.243</math></b>	<b><math>.183</math></b>	<b><math>.204</math></b>
	p		<b><math>.001</math></b>	<b><math>.007</math></b>	<b><math>.043</math></b>	<b><math>.024</math></b>
3	$r_s$		1.000	$.251$	$.170$	$.133$
	p			<b><math>.005</math></b>	$.060$	$.141$
4	$r_s$			1.000	<b><math>.348</math></b>	$.175$
	p				<b><math>.000</math></b>	$.053$
5	$r_s$				1.000	<b><math>.334</math></b>
	p					<b><math>.000</math></b>
6	$r_s$					1.000
	p					

Gleichzeitig werden die anderen, dichotomen Aufgabenmerkmale (*Komplexität* und *Transparenz*) statistisch als Kontrollvariablen behandelt, da wir in der Reanalyse nur den Effekt der *Kontextualisiertheit* untersuchen. Die Gesamtzahl der Kovariablen in einer MANCOVA wird durch die Faustregel "Maximale Anzahl der Kovariablen = ( $.10 \times$  Stichprobengröße) - (Anzahl der Gruppen - 1)" begrenzt (Hair, Black, Babin, Anderson, & Tatham, 2006, S. 683). Mit den vier genannten Kontrollvariablen erfüllen wir diese Voraussetzung. Weitere Voraussetzungen für MANCOVA sind multivariate Normalität und Homogenität von Kovarianzmatrizen (Feld, 2009, S. 603). Letzteres kann vernachlässigt werden, "wenn die Gruppen ungefähr gleich groß sind (d.h. größte Gruppengröße  $\div$  kleinste Gruppengröße  $< 1,5$ )" (Hair et al., 2006, S. 685). Wir erfüllen diese Voraussetzung mit

57 Studenten in der Gruppe mit der niedrig kontextualisierten Aufgabe und 66 Studenten, die an der hoch kontextualisierten Aufgabe arbeiten ( $66 / 57 < 1,5$ ). Hinsichtlich der multivariaten Normalität kommen Hair et al. (aus dem Englischen übersetzt, 2006, S. 686) zu dem Schluss, dass "Verstöße gegen diese Voraussetzung bei größeren Stichproben wenig Einfluss haben". Angesichts dessen fordern Hair et al. (2006, S. 679) als absolutes Minimum eine Stichprobengröße in Höhe der Anzahl der abhängigen Variablen und empfehlen eine Anzahl von 20 Beobachtungen pro Gruppe. Mit rund 60 Beobachtungen pro Gruppe in unserer Studie ist unsere Stichprobengröße daher ausreichend groß, um Verletzungen der univariaten Normalität zu ignorieren; insbesondere, da F-Tests im Allgemeinen robust sind (Hair et al., 2006, S. 687). Unter den verschiedenen Teststatistiken für MANCOVA ist Pillai's Trace besonders robust gegenüber Annahmeverletzungen bei gleichem Stichprobenumfang (Field, 2009, S. 605). Folglich haben wir die Pillai's Trace verwendet, um einen signifikanten Gesamteffekt von Kontextualisiertheit auf den Problemlöseprozess nachzuweisen. Basierend darauf führen wir anschließend mehrere hierarchische Regressionen mit dem gleichen Satz von Kontrollvariablen durch, um eine Vorstellung von der jeweiligen Wirkung der *Kontextualisiertheit* auf die einzelnen Phasen des Problemlöseprozesses zu bekommen (vgl. Abb. 2).

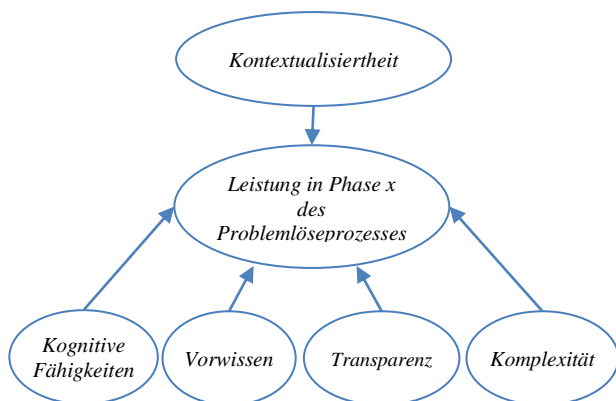


Abb. 2. Aufbau der hierarchischen Regressionen: unten Schritt 1 mit den Kontrollvariablen, oben Schritt 2 mit der unabhängigen Variable *Kontextualisiertheit*.

## 4 ERGEBNISSE

Mit Pillai's Trace kann ein signifikanter Gesamteffekt von *Kontextualisiertheit* auf die Leistung in den Phasen des Problemlösungsprozesses nachgewiesen werden:  $V = 0.227$ ,  $F(6, 112) = 5.483$ ,  $p < .001$ .

Tab. 7. Deskriptive Statistik der Items/abhängigen Variablen des Problemlösetests.

	Min	Max	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler
Item 1	0	3	1.02	1.116	.101
Item 2	0	3	2.54	.727	.066
Item 3	0	3	1.36	.968	.087
Item 4	0	3	.68	.862	.078
Item 5	0	3	.146	.952	.086
Item 6	0	3	.122	1.156	.104

Tab. 7 zeigt die von den Lernenden erzielten Ergebnisse in den einzelnen Items des Problemlösetests. Die nach der MANOVA durchgeführten hierarchischen Regressionen zeigen signifikante Effekte von *Kontextualisiertheit* auf die Leistung für:

- Item 1/Phase 1: Das Problem verstehen: Die Kovariate haben keinen empirisch bestätigten Einfluss ( $F(4, 118) = 0,947$ ,  $p = .439$ ). Die Aufnahme von *Kontextualisiertheit* in das Modell (standardisiertes Beta: .208) erhöht das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  signifikant ( $p = .023$ ) auf  $R^2 = .034$  ( $f^2 = .035$ ).
- Item 2/Phase 2: Die Variablen identifizieren: Die Kovariate klären 17,6 % der Varianz auf ( $F(4, 118) = 7,505$ ,  $p < .001$ ). Die Aufnahme von *Kontextualisiertheit* in das Modell (standardisiertes Beta: -.198) ändert  $R^2$  signifikant ( $p = .017$ ) auf  $R^2 = .209$  ( $f^2 = .042$ ).
- Item 3/Phase 3: Die Auswahl begründen: Die Kovariate haben keinen empirisch bestätigten Einfluss ( $F(4, 118) = 2,325$ ,  $p = .060$ ). Die Aufnahme von *Kontextualisiertheit* in das Modell (standardisiertes Beta: .194) erhöht  $R^2$  signifikant ( $p = .030$ ) auf  $R^2 = .072$  ( $f^2 = .078$ ).
- Item 4/Phase 4: Lösungsvorschlag formulieren: Die Kovariate erklären 13,4 % der Varianz ( $F(4, 118) = 5,700$ ,  $p < .001$ ). Die Aufnahme von *Kontextualisiertheit* in das Modell (standardisiertes Beta: -.200) ändert  $R^2$  signifikant ( $p = .018$ ) auf  $R^2 = .167$  ( $f^2 = .040$ ).

und nicht-signifikante Effekte für:

- Item 5/Phase 5: Eine Antwort auf das Problem geben: Weder die Kovariate noch das zweistufige Modell mit der unabhängigen Variable *Kontextualisiertheit* kann einen Einfluss auf die abhängige Variable Leistung empirisch absichern ( $p = .056$  und  $p = .443$ ).
- Item 6/Phase 6: Weitere Argumente für die Richtigkeit der Lösung nennen: Die Kovariate klären 23,2 % der Varianz auf ( $F(4, 118) = 10,947$ ,  $p < .001$ ). Die Aufnahme von *Kontextualisiertheit* in das Modell führt zu keiner signifikanten Änderung von  $R^2$  ( $p = .564$ ).

Die Zusammenfassung der Ergebnisse in Tab. 8 ermöglicht einen schnellen Vergleich der berichteten Effekte von *Kontextualisiertheit* auf die Leistung in den Phasen des Problemlöseprozesses. *Kontextualisiertheit* hat demnach einen entgegengesetzten Einfluss in den ersten vier Phasen: In Phase 1 und 3 steht eine hohe Kontextualisiertheit in Zusammenhang mit hohen Werten der entsprechenden Items des Problemlösetests. In den Phasen 2 und 4 steht eine hohe Kontextualisiertheit dagegen in Verbindung mit niedrigen Ergebnissen bei den entsprechenden Items.

**Tab. 8.** Zusammenfassung von Effekten von *Kontextualisiertheit* auf die Leistung in den Phasen des Problemlöseprozesses. Signifikante Werte sind hervorgehoben.

	$R^2_I$	$R^2_{II}$	$\Delta R^2$	p	$f^2$	$\beta$
<b>Phase 1</b>						
<i>Problem verstehen</i>	-.002	.034	.034	.023	.035	.208
<b>Phase 2</b>						
<i>Variablen identifizieren</i>	.176	.209	.033	.017	.042	-.198
<b>Phase 3</b>						
<i>Auswahl begründen</i>	.042	.072	.072	.030	.078	.194
<b>Phase 4</b>						
<i>Lösungsvorschlag formulieren</i>	.134	.167	.033	.018	.040	-.200
<b>Phase 5</b>						
<i>Antwort auf das Problem geben</i>	.043	.040	/	.443	/	.069
<b>Phase 6</b>						
<i>Weitere Argumente nennen</i>	.232	.282	/	.564	/	-.047

## 5 DISKUSSION

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Wirkung von Kontext im Problemlösungsprozess stark variiert: So fördert er die Bemühungen der Lernenden, das Problem zu verstehen, während er sie gleichzeitig daran hindert, relevante Informationen zur Lösung des Problems auszuwählen. Geht es allerdings darum, einen Grund für die Bedeutung der ausgewählten Informationen zu liefern, scheinen die Lernenden von Kontext zu profitieren. Gleichzeitig erhöht Kontext die Anforderungen bei der Formulierung von Lösungsvorschlägen. Alle Effekte sind etwa gleich stark und heben sich daher auf der Prozessebene auf, was die Ergebnisse der ursprünglichen Studie (Löffler, 2016) erklären kann. Die Interpretation der Ergebnisse unserer Untersuchung unterliegen jedoch Einschränkungen hinsichtlich des Gültigkeitsumfangs:

Die Lernenden haben jeweils nur ein Problem aus dem Themenbereich Wärmelehre bearbeitet, Themeneffekte können daher nicht ausgeschlossen werden. Dennoch ist das Problem ein typischer Anwendungsfall für physikalische Modelle und eng sowohl an den Lehrplan als auch an Alltagserfahrungen angelehnt. Weitere Einschränkungen ergeben sich aus dem Test: Der vorstrukturierte Papier- und Bleistifttest

benachteiligt möglicherweise Novizen, da diese typischerweise von einer vermeintlichen Lösung ausgehend zurückarbeiten (Mayer, 1992). Obwohl es nicht explizit verboten ist, zwischen den Items zu wechseln, ist durch die Nummerierung eine Richtung implizit vorgegeben. Auch die durch die Implementation vorgegebene Testzeit kann Novizen benachteiligen, da diese üblicherweise mehr Zeit beim Erarbeiten einer Lösung benötigen als Experten (Larkin, McDermott, Simon & Simon, 1980a, 1980b). Daraus ergibt sich eine erhöhte Schwierigkeit für Novizen, die allerdings nicht allzu sehr ins Gewicht fällt, da die Korrelation zwischen den Items und dem Vorwissen .314 ( $p < .001$ ) nicht übersteigt. Weiterhin wäre es wünschenswert, die Leistung in den einzelnen Phasen des Problemlöseprozesses nicht nur mit jeweils einem Item zu messen. Da die Daten aus der Reanalyse einer Studie stammen, konnte hierauf kein Einfluss genommen werden. Kovariablen sollten getrennt erhoben werden um längere Testzeiten und damit mehr Items zu ermöglichen. Demgegenüber steht eine gute ökologische Validität, da die Items die typischen Schritte im Problemlöseprozess abbilden und ein Papier- und Bleistifttest der üblichen Arbeit mit Textaufgaben entspricht.

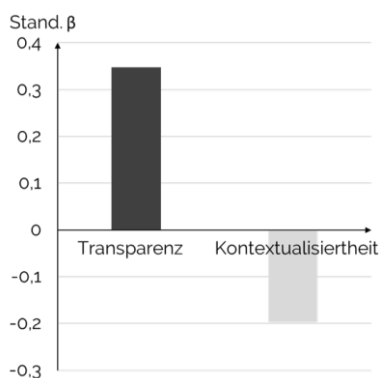
Unter Beachtung der genannten Einschränkungen können die Ergebnisse unserer Studie dazu beitragen, die heterogenen Befunde der bisherigen Kontextforschung zu erklären: Je nachdem, wie die Leistung gemessen wird, dominieren entweder die positiven Auswirkungen von Kontext oder dessen Nachteile das Ergebnis, was zu widersprüchlichen Schlussfolgerungen führt. Zhou (2016) berichtet zum Beispiel: "Schülerinnen und Schüler schneiden im Allgemeinen mit physikalischen Kontexten besser ab als mit realen Kontexten" (aus dem Englischen übersetzt, Zhou, 2016, S. 12). Diese Schlussfolgerung ergibt sich aus ihrer Beobachtung über die Menge der zusätzlichen Variablen, die die Lernenden bei der Arbeit an einer Aufgabe berücksichtigen: Während die Schülerinnen und Schüler insgesamt fünf "unnötige" Variablen in einer Physik-Aufgabe nannten, wurden 17 zusätzliche Variablen in der kontextualisierten Version aufgeführt. Für die Kontextaufgabe schließt Zhou (2016) daraus, dass Lernende andere als die im Problem angegebenen Variablen berücksichtigen, was wiederum für die Messung der Leistung in ihrer Studie entscheidend ist. Dieser Befund passt zu unserer Beobachtung für Phase 2, in der der Kontext die Schülerinnen und Schüler bei der Identifizierung relevanter Variablen zu behindern scheint. In einer Studie zur Untersuchung der Leistung von Lernenden in kontextualisierten sowie abstrakten Problemlöseprozessen kommen Rennie und Parker (1996) zu dem Ergebnis, dass Kontext es leichter macht, das Problem zu verstehen. Sie stellen zudem fest, dass irrelevante Informationen in Kontextaufgaben (vgl. Satz <nMnL>) zwar interessant, jedoch auch verwirrend sind - in diesem Zusammenhang sprechen Harp und Mayer von „verführerischen Details“. Diese Ergebnisse passen zu unseren Beobachtungen zur Wirkung von *Kontextualisiertheit* auf Phase 1 und 2. Gleichzeitig stärkt es unsere Hypothese zu den heterogenen Ergebnissen in der Kontextforschung. Leider werden in den meisten Studien zum Einfluss von Kontext auf die Leistung im

Problemlösen keine detaillierten Angaben zur Leistungsmessung gemacht, was weitere Vergleiche erschwert: In der vielzitierten Studie von Park und Lee (2004) zu heterogenen, Kontexteffekten werden beispielsweise die Begründungen korrekter Antworten zu lebensweltlichen Problemaufgaben herangezogen um ein Leistungsmaß zu bilden. Zu den Bewertungskriterien werden allerdings keine Informationen angegeben. Taasobshirazi und Carr (S. 160, 2008) führen in einer Metastudie noch weitere Beispiele auf: „No information was provided about how the students' discourse, questionnaire responses, and written problem solutions were analyzed“; bezogen auf eine Studie von Heller und Hollabaugh (1992). Daher empfehlen wir, die Auswirkungen von Kontext auf einer detaillierteren Ebene zu untersuchen, d.h. in den einzelnen Phasen des Problemlösungsprozesses.

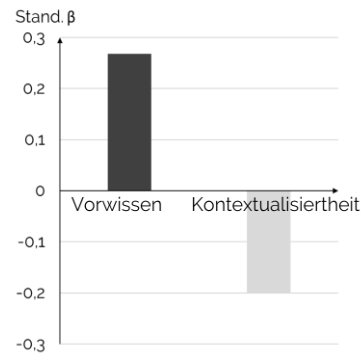
## 6 AUSBLICK

Die Ergebnisse dieser Studie führen unter anderem auch zu Fragen hinsichtlich der unmittelbaren Implikationen für die unterrichtliche Praxis. In diesem Kapitel sollen daher vielversprechende Ansatzpunkte für die weitere Forschung auf Grundlage der erhobenen Daten genannt werden:

Es ist wünschenswert, dass die negativen Auswirkungen von Kontext im Sinne einer ökonomischen Lösung für den Unterricht bereits durch Aufgabenmerkmale kompensiert werden. Konkret sollten Lernende also bei der Identifizierung relevanter Variablen (Phase 2) sowie bei der Formulierung eines Lösungsvorschlags (Phase 4) unterstützt werden. Die Ergebnisse der Regressionsanalyse legen nahe, dass das Aufgabenmerkmal *Transparenz* das erste Problem adressieren kann, indem der Zugang der Lernenden zum zugrundeliegenden wissenschaftlichen Modell erleichtert wird (Abb. 3). In Bezug auf Phase 4 scheint keines der untersuchten Aufgabenmerkmale den negativen Einfluss von Kontext zu kompensieren. Stattdessen stellt sich ein entsprechendes Vorwissen als besonders hilfreich bei der Formulierung eines Lösungsvorschlags heraus (Abb. 4).



**Abb. 3.** Vergleich der standardisierten Betas über die Auswirkungen von *Transparenz* und *Kontextualisiertheit* auf die Leistung in Phase 2 des Problemlösungsprozesses (Identifizierung relevanter Variablen).



**Abb. 4.** Vergleich der standardisierten Betas über die Auswirkungen von *Vorwissen* und *Kontextualisiertheit* auf die Leistung in Phase 4 des Problemlösungsprozesses (Formulierung eines Lösungsvorschlags).

Daher sind weitere Untersuchungen nötig, um darüber hinaus wirksame Aufgabenmerkmale und deren Interaktion mit Persönlichkeitsmerkmalen zu identifizieren. In diesem Zusammenhang weisen aktuelle Studien auf die besondere Bedeutung affektiver Variablen sowie Metakognition hin (Löffler, Pozas & Kauertz, 2018). Der Einfluss von Kontext auf die Leistung im Problemlöseprozess ist demnach hochkomplex und künftige Untersuchungen müssen dieser Komplexität gerecht werden, um die Wirkzusammenhänge aufzuklären.

## DANKSAGUNG

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind Teil eines Projekts, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wurde (GRK 1561).

## LITERATURVERZEICHNIS

Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370. doi:10.1002/sce.20186

Bennett, J., & Lubben, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 999-1015. doi:10.1080/09500690600702496

Field, A. (2009). *Discovering statistics using spss: (and sex and drugs and rock 'n' roll)* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

Finkelstein, N. (2005). Learning Physics in Context: A study of student learning about electricity and magnetism. *International Journal of Science Education*, 27(10), 1187-1209. doi:10.1080/09500690500069491

Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976. doi:10.1080/09500690600702470



- Gomez, M.-A., Pozo, J.-I., & Sanz, A. (1995). Students' ideas on conservation of matter: Effects of expertise and context variables. *Science Education*, 79(1), 77-93. doi:10.1002/sce.3730790106
- Hair, J. F., Black, Babin, Anderson, & Tatham. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed.). Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall.
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 90(3), 414-434. doi:10.1037//0022-0663.90.3.414
- Heller, P. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping.: Part 2: Designing problems and structuring groups. *American Journal of Physics*, 60(7), 637. doi:10.1119/1.17118
- Kauertz, A., Löffler, P., & Fischer, H. E. (2015). Physikaufgaben. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Eds.), *Springer-Lehrbuch. Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (3rd ed., pp. 451-475). Berlin: Springer.
- Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. Berlin: Logos.
- Kauertz, Alexander; Fischer, Hans E. (2006): Assessing Students' Level of Knowledge and Analysing the Reasons for Learning Difficulties in Physics by Rasch Analysis. In: William John Boone und Xiufeng Liu (Eds.): *Applications of Rasch measurement in science education*. Maple Grove, Minnesota: JAM Press, S. 212-246.
- Kölbach, E. (2011). *Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen*. Berlin: Logos.
- Larkin, J., McDermott, J., Simon, D., & Simon, H. (1980a). Expert and novice performance in solving physics problems. *Science*, 208(4450), 1335-1342.
- Larkin, J., McDermott, J., Simon, D. & Simon, H. A. (1980b). Models of Competence in Solving Physics Problems. *Cognitive Science*, 4(4), 317-345.
- Löffler, P., Pozas, M. & Kauertz, A. (2018). How do students coordinate context-based information and elements of their own knowledge? An analysis of students' context-based problem-solving in thermodynamics. In: *International Journal of Science Education (IJSE)*. DOI: 10.1080/09500693.2018.1514673
- Löffler, P. (2016). *Modellanwendung in Problemlöseaufgaben -- Wie wirkt Kontext? Studien zum Physik- und Chemielernen*, Vol. 205. Berlin: Logos Berlin.
- Löffler, P., & Kauertz, A. (2015). *Modellanwendung in kontextualisierten Problemlöseaufgaben*. In S. Bernholt (Ed.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (Vol. 35, pp. 648-650). Kiel: IPN.
- Löffler, P., & Kauertz, A. (2014). Applying physics models in context-based tasks in physics education. In: C. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiou (Hrsg.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning - Nikosia, Zypern 2013*, (Strand 10, pp. 171-179).
- Lubben, F., Campbell, B., & Dlamini, B. (1996). Contextualizing science teaching in Swaziland: some student reactions. *International Journal of Science Education*, 18(3), 311-320. doi:10.1080/0950069960180304
- Mayer, R. (1992). *Thinking, problem solving, cognition* (2nd ed.). A series of books in psychology. New York: Freeman.
- Park, J., & Lee, L. (2004). Analysing cognitive or non-cognitive factors involved in the process of physics problem-solving in an everyday context. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1577-1595. doi:10.1080/0950069042000230767
- Pilot, A., & Bulte, A. M. (2006). The Use of "Contexts" as a Challenge for the Chemistry Curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1087-1112. doi:10.1080/09500690600730737
- Pólya, G. (1985). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Schmitt, N. (1996). Uses and abuses of coefficient alpha. *Psychological Assessment*, 8(4), 350-353. doi:10.1037/1040-3590.8.4.350
- Taasoobshirazi, G., & Carr, M. (2008). A Review and Critique of Context-Based Physics Instruction and Assessment. *Educational Research Review*, 3(2), 155-167.
- van Vorst, Helena; Dorschu, Alexandra; Fechner, Sabine; Kauertz, Alexander; Krabbe, Heiko; Sumfleth, Elke (2014): *Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung*. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 21 (1), S. 29-39. DOI: 10.1007/s40573-014-0021-5.
- Whitelegg, E., & Parry, M. (1999). Real-life contexts for learning physics: Meanings, issues and practice. *Physics Education*, 34(2), 68-72. doi:10.1088/0031-9120/34/2/014

Yager, R. E. (1999). Scope, sequence and coordination: The Iowa Project, a national reform effort in the USA. *International Journal of Science Education*, 21(2), 169-194. doi:10.1080/095006999290778

Zhou, S., Han, J., Koenig, K., Raplinger, A., Pi, Y., Li, D., ... (2016). Assessment of Scientific Reasoning: The Effects of Task Context, Data, and Design on Student Reasoning in Control of Variables. *Thinking skills and creativity*, 19, 175-187. doi:10.1016/j.tsc.2015.11.004