

Gerda Hagenauer, Tina Hascher (Hrsg.)

Emotionen und Emotionsregulation in Schule und Hochschule



Waxmann 2018
Münster · New York

Emotionales Erleben und dessen Bedeutung für das Lernen aus Fehlern

Abstract

Fehler, als natürliche Bestandteile von Lernprozessen, sind durch ihren hohen emotionalen Selbstbezug von unterschiedlichen Emotionen begleitet. Um das Lernpotenzial von Fehlern zu nutzen, muss die aktuelle Motivation – untrennbar verbunden mit dem Erleben aktivierender Emotionen – vorhanden sein, um sich ausreichend mit der Analyse und Klärung der Fehlerursache sowie deren Korrektur zu beschäftigen. „Lernen aus Fehlern“ erfordert demnach affektiv-motivational adaptive und handlungsadaptive Reaktionen auf Fehler, um die Basis für die notwendigen kognitiven Verarbeitungs- und Selbsterklärungsprozesse zu schaffen. Der vorliegende Beitrag fokussiert darauf, welche individuellen Voraussetzungen einen affektiv-motivational günstigen bzw. lernförderlichen Umgang mit eigenen Fehlern unterstützen. Dabei konzentrieren wir uns auf das emotionale Erleben von Lernenden. Nach einer theoretischen Übersicht fokussieren wir insbesondere darauf, welche Emotionen nach Fehlern erlebt werden und stellen dazu zwei prozessbezogene Studien vor, in denen das emotionale Erleben von Lernenden mit unterschiedlichen methodischen Zugängen erfasst wurde. Die Ergebnisse machen deutlich, dass Fehler bzw. deren Rückmeldung die Motivation und die Emotionen von Lernenden stark – und in der Regel negativ – beeinflussen. In einer weiterführenden Diskussion mündet der Beitrag schließlich in Überlegungen, inwiefern eine positive Einstellung zu Fehlern das emotionale Erleben sowie adaptive Reaktionen auf Fehler beeinflusst.

1. Lernen und Fehler: Ein unzertrennliches Duo

Schulische bzw. akademische Lernsituationen zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass neue Inhalte erarbeitet, verstanden, geübt und angewendet werden. Dabei müssen kognitive Verarbeitungsprozesse stattfinden, welche die Fokussierung der Aufmerksamkeit auf relevante Lerninhalte, deren Aufnahme, Elaboration, Organisation und anschließende Reflexion umfassen. Lernen bedeutet jedoch auch, dass das, was (noch) nicht angemessen verstanden oder beherrscht wird, analysiert, überdacht, erklärt und korrigiert wird (vgl. Minski, 1997; Oser & Spychiger, 2005; Van Lehn, 1988). Fehler können Hinweise auf Wissenslücken und Fehlkonzepte geben, und aufzeigen, welche Lernaktivitäten noch vertieft werden sollten. Die empirischen Befunde sprechen in der Tat dafür, dass Fehler Lernprozesse in Gang setzen, in eine Richtung lenken oder vorantreiben können – sofern Lernende diese Lerngelegenheiten aufgreifen bzw. darin unterstützt werden (Keith & Frese, 2005; Künsting, Kempf, & Wirth, 2013; Mathan & Koedinger, 2005; Van Lehn et al., 2014). Dieses „Aufgreifen“ des Lernpotenzials von Fehlern muss also auf unterschiedlichen Ebenen stattfinden, um aus Fehlern tatsächlich lernen zu können (Tulis, Steuer, & Dresel, 2016):

In affektiv-motivationaler Hinsicht müssen Lernende ihre Motivation aufrechterhalten, um sich mit der Fehlerursache eingehend zu beschäftigen (Grassinger & Dresel, 2017). Emotionales Erleben und eine (mehr oder weniger bewusste) Motivations-

und Emotionsregulation spielen für diese *affektiv-motivational adaptiven Reaktionen auf Fehler* (Dresel, Schober, Ziegler, Grassinger & Steuer, 2013) eine zentrale Rolle (vgl. Boekaerts, 1999). Mehrere Studien belegen den positiven Zusammenhang zwischen affektiv-motivationaler Adaptivität von Reaktionen auf Fehler und dem Fähigkeitsselbstkonzept (d.h. den selbstbezogenen Kognitionen von Lernenden bezüglich ihrer akademischen Fähigkeiten), als auch den Einfluss des Fehlerklimas (Steuer, Rosentritt-Brunn, & Dresel, 2013; Tulis, Grassinger, & Dresel, 2011). Misslungene Emotionsregulation bzw. maladaptive affektiv-motivationale Reaktionen (z.B. Angst vor Fehlern) weisen hingegen konsistent negative Zusammenhänge mit Anstrengung und Leistung und einen positiven Zusammenhang mit Hilflosigkeitserleben auf (Dresel et al., 2013; Keith & Frese, 2005; Kreutzmann, Zander, & Hannover, 2014).

Neben affektiv-motivational lernförderlichen Fehlerreaktionen bzw. darauf basierend müssen Lernende ihr Lernverhalten nach Fehlern anpassen und entsprechende Lernhandlungen initiieren, um die Ursache zu analysieren, den Fehler zu korrigieren und bestehende Fehlkonzepte zu modifizieren. Mehrfach konnte gezeigt werden, dass diese *Handlungsadaptivität nach Fehlern* von der oben genannten affektiv-motivationalen Adaptivität nicht nur theoretisch, sondern auch empirisch trennbar ist – wenngleich erwartungsgemäß nicht unabhängig davon (Dresel et al., 2013; Tulis, Steuer & Dresel, revision submitted). Für handlungsadaptive Reaktionen nach Fehlern stehen vor allem selbstregulative Kompetenzen und metakognitive Prozesse zur Planung, Überwachung und Evaluation des Lernverhaltens im Vordergrund. Im Einklang dazu berichten Dresel et al. (2013) Zusammenhänge mit Anstrengungseinsatz und Lernengagement. Handlungsadaptivität erwies sich zudem als Mediator der günstigen Effekte von Lernzielorientierung (d.h. dem vordergründigen Ziel von Lernenden, die eigenen Kompetenzen zu erweitern und ihre Lernfortschritte an individuellen Maßstäben zu bemessen) sowie von subjektivem Wert auf Anstrengung. Das Lernverhalten ließ sich durch Hinzunahme der Handlungsadaptivität von Fehlerreaktionen schließlich besser erklären, als nur durch motivationale Orientierungen (Dresel et al., 2013). Auch Keith und Frese (2005) stellten als Ergebnis ihrer Studien metakognitive Aktivitäten als wichtigen Mediator für Lernen aus Fehlern und Leistung heraus, und Tulis et al. (2011) lieferten erste Hinweise, dass handlungsadaptive Reaktionen auf Fehler ein Charakteristikum von Overachievement sein könnten. Als Overachiever werden Schüler/innen bezeichnet, die (erwartungswidrig hohe) schulische Leistungen oberhalb ihres intellektuellen Potenzials erreichen.

Schließlich muss das Lernpotenzial von Fehlern auch in kognitiver Hinsicht „aufgegriffen“ werden, indem angemessene kognitive und metakognitive Strategien zur Reflexion der zugrundeliegenden Fehlervorstellungen und deren Richtigstellung eingesetzt werden. Zahlreiche Forschungsbefunde zu diesem letzten Aspekt geben Grund zur Annahme, dass durch das Erkennen von Fehlern *Selbsterklärungsprozesse* angestoßen werden, die im Zuge ihrer „Reflexion“ letztlich für erfolgreiches Lernen aus Fehlern verantwortlich sind (z.B. Chi, 1996, 2000; Siegler, 2002). Viele Befunde beziehen sich jedoch vorwiegend auf advokatorisches, also stellvertretendes Lernen aus Fehlern anhand fehlerhaft ausgearbeiteter Lösungsbeispiele (z.B. Durkin & Rittle-Johnson, 2012; Große & Renkl, 2007; Kopp, Stark, Heitzmann, & Fischer, 2010).

Optimale Lernaufgaben sind herausfordernd und beinhalten somit von Natur aus ein Potenzial für Fehler. Im Gegensatz zum stellvertretenden bzw. exemplarischen Ler-

nen aus fehlerhaft ausgearbeiteten Lösungsbeispielen ist anzunehmen, dass der emotionale Selbstbezug und damit die Bedeutung der jeweils erlebten Emotionen im Umgang mit eigenen Fehlern höher ausfallen. Diese Annahme wird durch empirische Befunde gestützt, die zeigen, dass herausfordernde Lernsituationen besonders durch motivationale Hochs und Tiefs und einem raschen Wechsel unterschiedlicher Emotionen gekennzeichnet sind (D'Mello & Graesser, 2012; Graesser & D'Mello, 2012). Dabei gehen Fehler nicht notwendigerweise mit dem Erleben von Misserfolg, d.h. mit der vordergründigen Bewertung der negativen Konsequenzen einher (vgl. Zhao & Olivera, 2006; Tulis et al., 2016). In Abhängigkeit von situativen Gegebenheiten und Kontextmerkmalen (z.B. Lern- oder Leistungssituation, Fehlerklima im Unterricht) sowie individuellen Voraussetzungen der Lernenden (z.B. Vorwissen, Einschätzung der eigenen Fähigkeiten, Orientierung an persönlichen Lernzielen, Einstellung zu Fehlern) werden Fehler auch als Lernchance interpretiert und genutzt (Kapur & Bielaczyc, 2012; Große & Renkl, 2007). Um aus Fehlern zu lernen, bedarf es demnach unterschiedlicher individueller Prozesse und Bedingungen in affektiv-motivationaler, handlungsbezogener und kognitiver Hinsicht, die in Wechselwirkung mit der Umwelt stehen (für ein umfassendes Modell siehe: Tulis et al., 2015, 2016). Lernförderliche, aktivierende Emotionen, die für die aktuelle Motivation¹ (d.h. in dieser spezifischen Situation) unerlässlich sind, legen dabei den Grundstein für ein effektives Lernen aus Fehlern.

2. Emotionales Erleben nach Fehlern

Lern- und Leistungsemotionen haben generell – und auch nach Fehlern – eine wichtige Funktion, denn sie „regulieren Kognition, Motivation und Verhalten in vielfältiger Weise und wirken so auf das zielgerichtete Handeln zurück“ (Rothermund & Eder, 2009, S. 675). So lenken Emotionen die Aufmerksamkeit von Lernenden (vgl. Anderson, 2005), dienen als „Relevanz-Detektoren“ bzw. Informationsquelle für Veränderungen oder Hindernisse im Lernprozess (vgl. Reisenzein, 2006; Schwarz, 1990) und können somit Selbstregulationsprozesse in Gang setzen (Boekaerts, 2010; Pintrich & Schunk, 2002). Insbesondere nach Fehlern besitzen Emotionen eine Signalfunktion, die zusammen mit den primären Einschätzungen der Situation hinsichtlich subjektiver Relevanz und Bedrohungsgehalt (Lazarus & Folkman, 1984) weitere Handlungs- und Bewertungsprozesse in Gang setzen (vgl. Tulis et al., 2015). Emotionen sind auch insofern handlungsleitend, als dass sie persistentes Lernverhalten unterstützen (D'Mello, Lehman, & Person, 2010; Pekrun, Götz, Daniels, Stupnisky, & Perry, 2010; Pekrun & Linnenbrink-Garcia, 2012; Tulis & Fulmer, 2013) und als „Monitoring-System“ die Zielverfolgung nach Rückschlägen überwachen (Kolodner, 1983, 1997; Carver & Scheier, 1990). Befunde aus Studien zu Lern- und Leistungsemotionen zeigen eindrucksvoll, dass positive, aktivierende Emotionen (z.B. Lernfreude, Interesse) günstige Auswirkungen auf Lernen und Leistung ausüben – vorwiegend vermittelt über vermehrte Anstrengung und den Einsatz tiefenorientierter Lernstrategien – während sich negative, deaktivieren-

¹ Für die Unterscheidung zwischen aktueller (Lern-)Motivation und motivationaler Orientierung siehe z.B. Buff, Reusser und Pauli (2010).

de Emotionen (z.B. Langeweile, Hoffnungslosigkeit) ungünstig auf Aufmerksamkeit und Anstrengungseinsatz sowie den Einsatz (meta-)kognitiver Strategien auswirken (z.B. Linnenbrink & Pintrich, 2004; Pekrun, Götz, Titz, & Perry, 2002; Pekrun, Elliot, & Maier, 2006). Schüler/innen, die davon ausgehen, dass Fehler im Unterricht zu negativen Bewertungen oder Tadel führen, berichten vermehrt negative fachspezifische Emotionen (Frenzel, Pekrun, & Götz, 2007).

Prozessbezogene Analysen zeigen jedoch auch, dass negative, aktivierende Emotionen, wie etwa situationsbezogener Ärger oder Verwirrung (engl. confusion), im Sinne epistemischer Emotionen die kognitive Auseinandersetzung mit Fehlern begünstigen können (z.B. D’Mello & Graesser, 2012; Pekrun & Stephens, 2012; Tulis & Fulmer, 2013). Es ist demnach wichtig, *welche* Emotionen von Lernenden nach Fehlern erlebt werden – auch weil die situationsspezifische Motivation und das ausdauernde Lernverhalten in Fehlersituationen untrennbar mit dem Erleben *aktivierender* Emotionen verknüpft sind.

Die wenigen, spezifisch auf das emotionale Erleben nach Fehlern bezogenen Studien aus dem Schul- und Arbeitskontext weisen darauf hin, dass nach Fehlern – insbesondere in öffentlichen, aber auch in individuellen Fehlersituationen – primär negative Emotionen erlebt werden. Hascher und Hagenauer (2010) befragten hierzu Schüler/innen unterschiedlicher Altersstufen in strukturierten Interviews zu ihrem (hypothetischen) emotionalen Erleben in ausgewählten schulischen Fehlersituationen. Besonders negative Emotionen wurden bei Fehlern genannt, die vor dem gesamten Klassenverband salient (gemacht) wurden. Aber auch Lernsituationen, in denen die Fehler unentdeckt blieben, waren negativ konnotiert – insbesondere wenn dadurch das subjektive Kompetenzerleben der Schüler/innen in Frage gestellt wurde. In dieser Hinsicht zeigen auch ältere, fragebogenbasierte Befunde, dass vor allem Lernende mit geringer Kompetenz- und Kontrollüberzeugung sowie einer niedrigen Lernzielorientierung vermehrt ungünstige, negative Emotionen nach Fehlern erleben (Turner, Thorpe, & Meyer, 1998). In den vereinzelt Studien mit einem stärker situativen Ansatz (d.h. tatsächlich selbst erlebte Fehler bei der individuellen Bearbeitung von Aufgaben und Erfassung der Emotionen mittels Stimulated Recall Interviews) finden sich ebenfalls vorrangig negative Emotionen, wie z.B. Ärger (Krone, Hamborg, & Gediga, 2002; Prawat & Anderson, 1994).

Im Folgenden werden zwei diesem Ansatz folgende, prozessbezogene Studien hinsichtlich der Motivation und der Emotionen von Lernenden nach Fehlern dargestellt. Hierbei untersuchten wir mit unterschiedlichen methodischen Zugängen das emotionale Erleben nach Fehlern sowie Zusammenhänge mit der selbstberichteten Motivation der Lernenden. Die zentrale Fragestellung in beiden Studien konzentrierte sich darauf, welche Emotionen von Lernenden (d.h. in einer Lern- und Übungsphase) nach Fehlern (d.h. unmittelbar nach der Fehlerrückmeldung) erlebt werden. Im Speziellen erwarteten wir ein Absinken der Motivation und (vermehrt) negative Emotionen nach Fehlern.

3. Studie 1: Stimulated Recall Interviews zum emotionalen Erleben nach Fehlern

3.1 Methode und Stichprobe

In einem individuellen, computerbasierten Lern- und Übungssetting zum Thema „Navigation – Berechnung von Kursen unter Berücksichtigung von Ablenkung und Missweisung“ bearbeiteten 55 (Lehramts-) Studierende nach einer Lernphase zwei Übungsaufgaben; zunächst eine einfache Aufgabe, gefolgt von einer schwierigen Aufgabe, die so konzipiert war, dass sie eine sehr geringe Lösungswahrscheinlichkeit aufwies. In den Analysen wurden nur jene Lernende berücksichtigt, die diese zweite Aufgabe falsch bzw. fehlerhaft bearbeiteten². Bei beiden Aufgaben erhielten die Lernenden unmittelbar Rückmeldung (knowledge of result) zu ihren Lösungsversuchen. Mittels integrierter Webcam wurden die Lernenden während der gesamten Lern- und Übungsphase (zunächst ohne ihr Wissen) videografiert. Der Zeitpunkt der Lösungseingabe bzw. der darauffolgenden Rückmeldung konnte aufgrund von gesetzten zeitlichen Markern sowie durch ein akustisches Signal beim Drücken der Enter-Taste eindeutig identifiziert werden. Anhand von Selbstberichten – je ein Einzelitem zu Freude, Ärger, Angst und Scham unmittelbar nach der Fehlerrückmeldung, sowie mittels Stimulated Recall Interviews am Ende der insgesamt 60-minütigen Lern-/Übungseinheit – wurde das emotionale Erleben der Lernenden erhoben. Das durchschnittliche Alter der Studierenden betrug 20.7 Jahre ($SD = 2.17$), 75 % waren weiblich, was auf den hohen Anteil weiblicher Lehramtsstudierender zurückzuführen ist. Die Mehrheit der Studienteilnehmer (73.2 %) befanden sich im ersten Semester, 14.3 % im zweiten Semester, 5.3 % im dritten Semester und einige wenige in höheren Semestern, jeweils mit unterschiedlichen Fächerkombinationen.

3.2 Messinstrumente

Die Einzelitems zur Erfassung der *state-Emotionen* (z.B. „Ich freue mich.“) wurden zu Beginn der Lerneinheit und unmittelbar nach dem Feedback zu jeder Aufgabe vorgelegt. Basierend auf der dreidimensionalen Taxonomie von Lern- und Leistungsemotionen (Pekrun, Frenzel, Götz & Perry, 2007) und deren Relevanz in Lern-/ Leistungssituationen wurde Freude als tätigkeitsbezogene, positive Emotion ausgewählt, sowie Ärger, Angst und Scham als negative Emotionen. Das Antwortformat reichte von 1 (*stimmt gar nicht*) bis 6 (*stimmt völlig*).

In den *Interviews* am Ende der Sitzung wurden den Studierenden die entsprechenden Videoaufzeichnungen ihres Gesichtsausdrucks zum Zeitpunkt der Fehlerrückmeldung gezeigt. Dabei wurden sie nach ihrem emotionalen Erleben in diesem Moment befragt. Alle Interviews wurden auf Tonband aufgezeichnet und transkribiert. Methodisch an der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) orientiert, wurden in den Inter-

² In Studie 1 lösten 50 % der Versuchspersonen die (einfachere) erste Aufgabe richtig, während nur zwei Versuchspersonen bei der (schwierigen) zweiten Aufgabe eine korrekte Lösung erzielten und daher von den weiteren Analysen ausgeschlossen wurden.

viewtransskripten die Antworten auf die Frage nach dem emotionalen Befinden zum Zeitpunkt der Fehlerrückmeldung (=Analyseeinheit) näher betrachtet. In einem ersten, induktiven Schritt wurden alle Emotionswörter bzw. Gefühlsbeschreibungen innerhalb der Analyseeinheit markiert und ausgezählt (prozentuale Beurteilerübereinstimmung: 99 %). Verschiedene adverbiale, adjektivische und substantivische Formen mit gleichem Wortstamm wurden als synonym gewertet (z.B. „ärgern“, „verärgert“, „Ärger“). Quantifizierende Adverbien (z.B. „sehr geärgert“) wurden nicht berücksichtigt. In einem zweiten Schritt wurden alle Nennungen auf Basis der zusätzlichen Erläuterungen der Befragten (gesamte Analyseeinheit) übergeordneten Kategorien von Lern- und Leistungsemotionen (Pekrun et al., 2002) zugeordnet bzw. zusammengefasst. Die Kategorienbildung erfolgte demnach deduktiv; die Beurteilerübereinstimmung war hierbei zufriedenstellend (Cohens Kappa = .86). Mehrmaliges Auftreten einer Aussage innerhalb einer Kategorie wurde nur einmal berücksichtigt (z.B. „überrascht“ und „verwundert“ wurde einmal als „Überraschung“ gezählt). Zwischen Kategorien waren Mehrfachantworten innerhalb einer Person möglich.

Die *state-Motivation* wurde mit fünf Items (siehe Tabelle 1) erfasst, deren Reliabilität in beiden Studien sehr zufriedenstellend ausfiel (Cronbach's $\alpha < .90$). Eingesetzt wurde ein sechsstufiges Antwortformat von 1 (*stimmt gar nicht*) bis 6 (*stimmt völlig*). Erwartungsgemäß korrelierte Freude signifikant positiv mit der aktuellen Motivation ($r = .66$) und negativ mit Ärger ($r = -.43$), Angst ($r = -.31$) und Scham ($r = -.42$), während negative Emotionen negative oder keine Korrelationen zur Motivation aufwiesen (Ärger: $r = -.33$, Angst: n.s., Scham: $r = -.38$). Ärger korrelierte zudem positiv mit Angst ($r = .57$) sowie Scham ($r = .61$), ebenso Angst mit Scham ($r = .56$).

Tabelle 1: Itemstatistiken und Item-Interkorrelationen zur State-Motivation

	<i>M</i>	<i>SD</i>	r_{tt}	2	3	4	5
1 Diese Aufgabe macht mir Spaß.	3.02	1.23	.80	.82	.77	.67	.57
2 Ich finde diese Aufgabe interessant.	3.25	1.16	.77		.69	.62	.59
3 Ich habe Lust, weiter zu machen.	3.41	1.32	.86			.79	.75
4 Ich freue mich auf die nächste Aufgabe.	3.41	1.25	.81				.77
5 Ich bin gespannt, was die nächste Aufgabe sein wird.	3.91	1.30	.75				-

Anmerkung: Alle Korrelationen $p < .001$. Dargestellt sind Mittelwerte, Standardabweichungen und Trennschärfen für die Messung nach der zweiten Aufgabe.

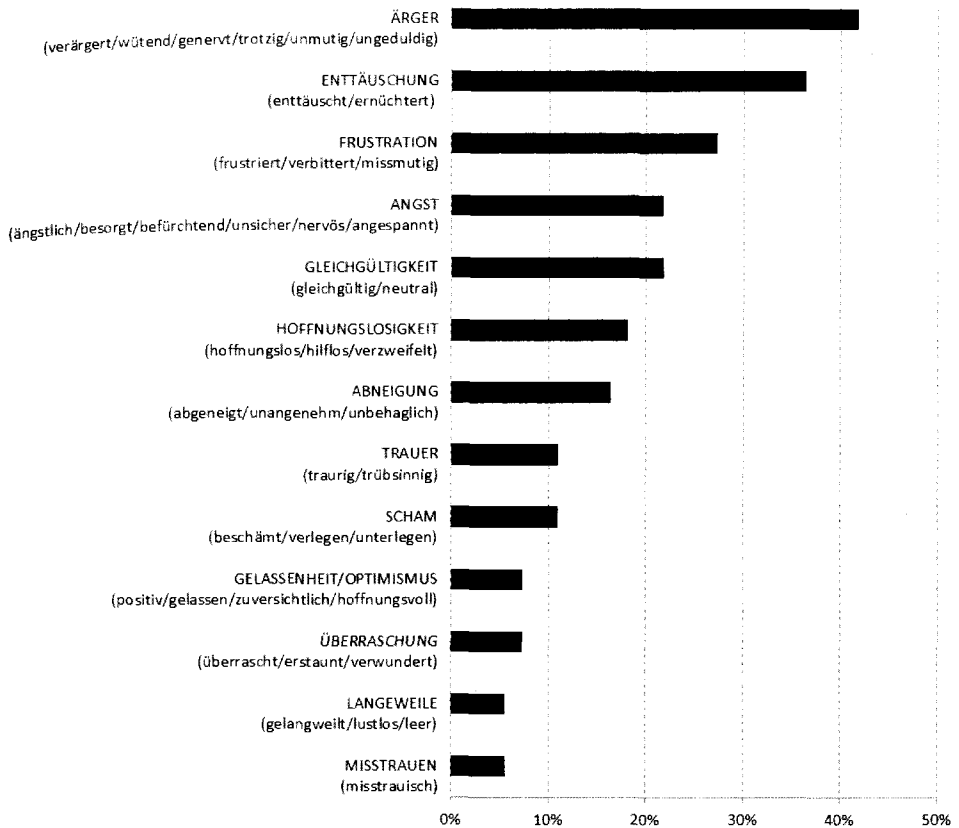


Abbildung 1: Relative Häufigkeiten (Prozentanteile der Versuchspersonen, $N = 55$) der im Stimulated Recall Interview berichteten Emotionen (Mehrfachnennungen berücksichtigt)

3.3 Ergebnisse

Ebenfalls erwartungsgemäß war die Motivation der Lernenden nach Fehlern bzw. nach der Fehlerrückmeldung niedriger als nach der korrekten Lösungsrückmeldung ($M = 4.01$ vs. 3.55 , $F(1,26) = 26.248$, $p < .001$, $\eta^2 = .50$). Im Einklang dazu fielen die selbstberichteten Ausprägungen von Ärger ($M = 1.56$ vs. 2.37 , $F(1,26) = 13.678$, $p = .001$, $\eta^2 = .35$) und Scham nach Fehlern ($M = 1.37$ vs. 1.67 , $F(1,26) = 4.522$, $p = .04$, $\eta^2 = .15$) zum zweiten Messzeitpunkt signifikant höher aus als zum ersten Messzeitpunkt, der Unterschied in den Ausprägungen von Angst war nicht signifikant. Freude wurde nach der Fehlerrückmeldung deutlich geringer berichtet ($M = 4.48$ vs. 3.00 , $F(1,26) = 41.935$, $p < .001$, $\eta^2 = .62$). Schließlich wurden in den Interviews auch fast ausschließlich negative emotionale Zustände nach Fehlern berichtet (siehe Abbildung 1). Am häufigsten wurden Emotionen im Zusammenhang mit Ärger oder Enttäuschung genannt, aber auch deaktivierende Emotionen wie Hoffnungslosigkeit oder Langeweile wurden berichtet. Nur wenige Lernende blieben nach der Fehlerrückmeldung „gelassen“ oder „zuversichtlich“.

4. Studie 2: Psychophysiologische Erfassung des emotionalen Erlebens nach Fehlern

4.1 Methode und Stichprobe

Analog zu Studie 1 eigneten sich die Lernenden anhand eines Lerntextes Wissen zu einem neuen Lerninhalt (Navigation beim Segeln) an und bearbeiteten danach eine einfache und eine schwierige Übungsaufgabe mit jeweils unmittelbarem Feedback³. Dabei wurden psychophysiologische Messungen an 53 (Lehramts-) Studierenden durchgeführt (Alter in Jahren: $M = 21.1$, $SD = 3.02$, 76 % weiblich, vorwiegend erstes und zweites Semester). Im Speziellen wurde zur Erfassung positiver und negativer Emotionen Gesichtsmuskel-EMG eingesetzt und die Aktivierung (Arousal) mittels Herzrate und Hautleitfähigkeit erfasst.

4.2 Messinstrumente

Die mimischen und physiologischen Aktivitäten wurden mittels Kontaktelektroden über das Verstärkersystem BIOPAC MP150 Version 4.1.1 an einen weiteren Rechner mit der Aufzeichnungs- und Analyse-Software AcqKnowledge übermittelt und gespeichert. In der Datenauswertung konnte durch entsprechende Marker der Zeitpunkt der Fehlerückmeldung eindeutig identifiziert werden.

Herzrate und Hautleitfähigkeit

Als „Events“ wurden jeweils der Zeitpunkt der Fehlerrückmeldung definiert und Messwerte im Intervall von 3 Sekunden analysiert. Eine durch Ärger hervorgerufene Erregung zum Beispiel sollte sich in einer gesteigerten Herzrate widerspiegeln (vgl. Cacioppo, Berston, Larsen, Poehlmann, & Ito, 2000; Levenson, Ekman, & Friesen, 1990), analog dazu sollte sich eine erhöhte Aktivierung in einer Zunahme der elektrodermalen Aktivität (Krone, 2005; für einen Überblick siehe Potter & Bolls, 2011) auswirken.

Gesichtsmuskel-Elektromyografie

Bei der Messung der elektrischen Aktivität bzw. der feinen Ladungsveränderungen der Gesichtsmuskulatur durch Oberflächenelektroden stehen Veränderungen der elektrischen Aktivität des Corrugator Supercilii – dicht über den Augenbrauen auf der Stirn liegend – für das Erleben negativer Emotionen (vgl. Augenbrauen zusammenziehen bei Ärger), während Veränderungen des Zygomaticus Major – entlang der Wange – das Erleben positiver Emotionen (vgl. Mundwinkeln nach oben ziehen bei Freude) kennzeichnen (Potter & Bolls, 2011; Vossel & Zimmer, 2009).

Die *aktuelle Motivation* wurde analog zu Studie 1 erfasst.

3 In Studie 2 lösten 80 % der Versuchspersonen die (einfachere) erste Aufgabe richtig, während fünf Versuchspersonen bei der (schwierigen) zweiten Aufgabe die richtige Lösung erzielten und daher von den weiteren Analysen ausgeschlossen wurden.

4.3 Ergebnisse

Auch in dieser Studie ließ sich bei allen Versuchspersonen ein Absinken der Motivation vom ersten Messzeitpunkt (nach der richtig gelösten ersten Aufgabe) zum zweiten Messzeitpunkt (nach der fehlerhaften zweiten Aufgabe) beobachten ($F(1,36) = 29.302$, $p < .001$, $\eta^2 = .45$). Im Einklang dazu fielen die selbstberichteten Ausprägungen von Angst ($M = 4.05$ vs. 2.86 , $F(1,36) = 23.642$, $p < .001$, $\eta^2 = .40$), Ärger ($M = 1.30$ vs. 2.30 , $F(1,36) = 27.750$, $p < .001$, $\eta^2 = .44$) und Scham nach Fehlern ($M = 1.27$ vs. 1.70 , $F(1,36) = 14.582$, $p = .001$, $\eta^2 = .29$) zum zweiten Messzeitpunkt signifikant höher aus als zum ersten Messzeitpunkt. Freude wurde nach der fehlerhaft gelösten Aufgabe erwartungsgemäß deutlich weniger erlebt ($M = 4.05$ vs. 2.86 , $F(1,36) = 23.642$, $p < .001$, $\eta^2 = .40$). Die psychophysiologischen Messungen zeigten analog dazu einen Arousal-Anstieg nach der Fehlerrückmeldung, gemessen anhand der Hautleitfähigkeit ($F(2,66) = 9.324$, $p < .001$, $\eta^2 = .22$). Zudem zeigte sich eine erhöhte Corrugator Supercilii Muskelaktivität (welche mit dem Erleben negativer Emotionen verbunden ist) im Vergleich zur entsprechenden elektrischen Aktivität nach der korrekt gelösten Aufgabe ($2.22 < t(30) < 2.71$, $.01 < p < .03$). Hinsichtlich der Herzrate fiel der Anstieg in den ersten drei Sekunden nach der Fehlerrückmeldung zur zweiten Aufgabe nur von jenen Lernenden signifikant aus, die bereits bei der ersten Aufgabe eine Fehlerrückmeldung aufgrund einer falschen Aufgabenlösung erhielten ($F(2,86) = 3.393$, $p = .04$, $\eta^2 = .07$, signifikanter Interaktionseffekt).

5. Zusammenfassung und Forschungsperspektiven

Insgesamt sprechen sowohl theoretische Annahmen als auch die empirischen Evidenzen dafür, dass Fehler(rückmeldungen) das emotionale Erleben und die Motivation von Lernenden stark beeinflussen. Die Vielfalt an (vorwiegend) negativen Emotionen nach Fehlern, die von Lernenden – in einem individuellen Lernsetting ohne Bewertungsaspekt! – erlebt werden, erfordert einen detaillierteren Blick auf weitere individuelle Merkmale, um die Voraussetzungen für günstige emotionale Reaktionen zu identifizieren. So könnte eine positive Sichtweise auf akademische Fehler als Lernchance, anstatt die eigenen Fehler als Bedrohung anzusehen, dazu beitragen, positive Emotionen aufrechtzuerhalten (Diener & Dweck, 1978; Tulis & Ainley, 2011) oder negativ aktivierende Emotionen in lernförderlicher Weise zu nutzen (Tulis & Fulmer, 2013). Es ist anzunehmen, dass durch eine positive Einstellung zu Fehlern die Fehlersituation als solche weniger als (selbstwert-)bedrohlich, sondern als notwendiger Bestandteil individueller Kompetenzerweiterung angesehen wird (vgl. Rybowskiak, Garst, Frese, & Batinic, 1999). In der Tat belegen die bislang wenigen Studien zu diesem Thema, dass die Betrachtung von Fehlern als Lerngelegenheit den vermehrten Einsatz tiefenorientierter Lernstrategien sowie adaptiver Strategien zur Selbstregulation begünstigt (z.B. Hesketh & Ivancic, 2002; Keith & Frese, 2005; Rybowskiak et al., 1999) und positiv mit affektiv-motivationalen und handlungsbezogenen adaptiven Fehlerreaktionen assoziiert ist (Tulis, Steuer, & Dresel, revision submitted). Darüber hinaus scheint das so (an)erkannte Potenzial von Fehlern auch günstige Effekte auf die Emotionen, die Schüler/innen mit bestimmten Un-

terrichtsfächern verbinden, zu haben: In einer längsschnittlichen Studie über ein Schulhalbjahr hinweg erwies sich die positive Einstellung von Schüler/innen als signifikant negativer Prädiktor für Langeweile, Angst und Ärger, sowie als positiver Prädiktor für Freude in Mathematik – jeweils unter Kontrolle der fachspezifischen Emotion zu Schuljahresbeginn (Tulis, 2013). Die von den Schüler/innen wahrgenommene „Fehlerfreundlichkeit“ der Mathematiklehrkraft übte dabei einen substanziellen, positiven Einfluss auf deren eigene Einstellung aus. In Anbetracht der wichtigen Bedeutung fachspezifischer Lern- und Leistungsemotionen für schulische Motivation und Leistung (z.B. Pekrun et al., 2002) stellt die Förderung einer positiven Einstellung zu Fehlern also auch in dieser Hinsicht eine zentrale Aufgabe von Lehrpersonen dar.

Lehrkräfte tragen maßgeblich dazu bei, die Entwicklung einer solch positiven Einstellung bei ihren Schüler/innen durch eine entsprechende eigene positive Haltung gegenüber Fehlern (die sich auch in beobachtbarem Verhalten im Unterricht widerspiegelt) zu unterstützen (Tulis, 2013). Durch die Etablierung eines positiven Fehlerklimas eröffnen sie ihren Schüler/innen die Möglichkeit, einen adaptiven Umgang mit Fehlern zu übernehmen (Steuer et al., 2013). Die Einstellung bzw. das Verhalten der Lehrkräfte in Fehlersituationen ist dabei jedoch nur ein Aspekt: So üben auch die Mitschüler/innen bzw. die Einstellung und Reaktionsweisen der Peers (z.B. Tulis, Reindl, & Dresel, revision submitted) einen Einfluss auf die individuellen Fehlerreaktionen von Lernenden aus. Ebenso spielt die Gestaltung des Lernkontextes, beispielsweise eine klare Trennung von Lern- versus Leistungssituation, eine nicht zu vernachlässigende Rolle für effektives Lernen aus Fehlern (Meyer, Seidel, & Prenzel, 2006; Weinert, 1999). Empirische Erkenntnisse zu diesen Kontextmerkmalen als auch zu spezifischen individuellen Merkmalen bilden die Grundlage zur Vorhersage effektiver Lernprozesse. Die Bedeutung von Selbsterklärungsprozessen für das eigentliche Lernen aus Fehlern ist hierbei unumstritten – vielmehr ging es in diesem Beitrag darum, individuelle Bedingungsfaktoren für einen adaptiven Umgang mit Fehlern herauszustellen, welche diese elaborativen Prozesse anstoßen und unterstützen. Das emotionale Erleben von Lernenden spielt dabei eine zentrale Rolle.

Literatur

- Anderson, A. K. (2005). Affective influences on the attentional dynamics supporting awareness. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134, 258–281.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31, 445–475.
- Boekaerts, M. (2010). Coping with stressful situations: An important aspect of self-regulation. In P. Peterson, E. Baker, & B. McGaw (Eds.), *International encyclopedia of education* (Vol. 6, pp. 570–575). Oxford: Academic Press/Elsevier.
- Buff, A., Reusser, K., & Pauli, C. (2010). Die Qualität der Lernmotivation in Mathematik auf der Basis freier Äußerungen: Welches Bild präsentiert sich bei Deutschschweizer Schülerinnen und Schülern im 8. und 9. Schuljahr? In K. Reusser, C. Pauli, & M. Waldis (Hrsg.), *Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität – Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Videostudie zum Mathematikunterricht* (S. 253–278). Münster: Waxmann.

- Cacioppo, J. T., Berston, G. G., Larsen, J. T., Poehlmann, K. M., & Ito, T. A. (2000). The psychophysiology of emotion. In M. Lewis, & J. M. Haviland-Jones (Eds.), *Handbook of emotions* (pp. 173–191). New York: Guilford Press.
- Carver, C. S., & Scheier, M. F. (1990). Origins and functions of positive and negative affect: A control process view. *Psychological Review*, 97, 19–35.
- Chi, M. T. H. (1996). Constructing self-explanations and scaffolded explanations in tutoring. *Applied Cognitive Psychology*, 10, 33–49.
- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining: The dual processes of generating inference and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science* (Vol. 5, pp. 161–238). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- D’Mello, S. K., & Graesser, A. C. (2012). Dynamics of affective states during complex learning. *Learning and Instruction*, 22, 145–157.
- D’Mello, S. K., Lehman, B. A., & Person, N. (2010). Monitoring affect states during effortful problem solving activities. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 20, 361–389.
- Diener, C. I., & Dweck, C. S. (1978). An analysis of learned helplessness: Continuous changes in performance, strategy and achievement cognitions following failure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 36, 451–462.
- Dresel, M., Schober, B., Ziegler, A., Grassinger, R., & Steuer, G. (2013). Affektiv-motivational adaptive und handlungsadaptive Reaktionen auf Fehler im Lernprozess. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 27, 255–271.
- Durkin, K., & Rittle-Johnson, B. (2012). The effectiveness of using incorrect examples to support learning about decimal magnitude. *Learning and Instruction*, 22, 206–214.
- Frenzel, A.; Pekrun, R., & Götz, T. (2007). Perceived learning environment and students’ emotional experiences: A multilevel analysis of mathematics classrooms. *Learning and Instruction*, 17, 478–493.
- Graesser, A. C., & D’Mello, S. K. (2012). Emotions during the learning of difficult material. In B. Ross (Ed.), *Psychology of learning and motivation* (Vol. 57, pp. 183–225). Amsterdam: Elsevier.
- Grassinger, R., & Dresel, M. (2017). Who learns from errors on a class test? Antecedents and profiles of adaptive reactions to errors in a failure situation. *Learning and Individual Differences*, 53, 61–68.
- Große, C. S., & Renkl, A. (2007). Finding and fixing errors in worked examples: Can this foster learning outcomes? *Learning and Instruction*, 17, 612–634.
- Hascher, T., & Hagenauer, G. (2010). Lernen aus Fehlern. In C. Spiel, R. Reimann, B. Schober, & P. Wagner (Hrsg.), *Bildungspsychologie* (S. 377–381). Göttingen: Hogrefe.
- Hesketh B., & Ivancic K. (2002). Enhancing performance through training. In S. Sonnentag, (Ed.), *Psychological management of individual performance* (pp. 249–265). New York, NY: Wiley.
- Kapur, M., & Bielaczyc, K. (2012): Designing for productive failure. *Journal of the Learning Sciences*, 21, 45–83.
- Keith, N., & Frese, M. (2005). Self-regulation in error management training: Emotion control and metacognition as mediators of performance effects. *Journal of Applied Psychology*, 90, 677–691.
- Kolodner, J. (1983). Towards an understanding of the role of experience in the evolution from novice to expert. *International Journal of Man-Machine Studies*, 19, 497–518.
- Kolodner, J. (1997). Educational implications of analogy: A view from case-based reasoning. *American Psychologist*, 52, 57–66.
- Kopp, V., Stark, R., Heitzmann, N., & Fischer, M. R. (2010). Self-regulated learning with case-based worked examples: effects of errors. *Evaluation and Research in Education*, 22, 107–119.
- Kreutzmann, M., Zander, L., & Hannover, B. (2014). Versuch macht kluch/g?! Der Umgang mit Fehlern auf Klassen- und Individualebene. Zusammenhänge mit Selbstwirksamkeit, An-

- strengungsbereitschaft und Lernfreude von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 2, 101–113.
- Krone, A. (2005). *Leistungsempfinden: Ärger und Freude bei Leistungsrückmeldungen*. Stuttgart: Ibidem.
- Krone, A., Hamborg, K. C., & Gediga, G. (2002). Zur emotionalen Reaktion bei Fehlern in der Mensch-Computer-Interaktion. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 46, 185–200.
- Künsting, J., Kempf, J., & Wirth, J. (2013). Enhancing scientific discovery learning through metacognitive support. *Contemporary Educational Psychology*, 38, 349–360.
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. New York: Springer.
- Levenson, R. W., Ekman, P., & Friesen, W. V. (1990). Voluntary facial action generates emotion-specific autonomic nervous system activity. *Psychophysiology*, 27, 363–384.
- Linnenbrink, E. A., & Pintrich, P. R. (2004). Role of affect in cognitive processing in academic contexts. In D. Y. Dai, & R. J. Sternberg (Eds.), *Motivation, emotion, and cognition. Integrative perspectives on intellectual functioning and development* (pp. 57–88). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Ass.
- Mathan, S. A., & Koedinger, K. R. (2005). Fostering the intelligent novice: Learning from errors with metacognitive tutoring. *Educational Psychologist*, 40, 257–265.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Meyer, L., Seidel, T., Prenzel, M. (2006). Wenn Lernsituationen zu Leistungssituationen werden: Untersuchung zur Fehlerkultur in einer Videostudie. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 28, 21–41.
- Minsky, M. (1997). Negative expertise. In P. J. Feltovich, K. M. Ford, & R. R. Hoffman (Eds.), *Expertise in context* (pp. 515–521). Menlo Park: AAAI.
- Oser, F., & Spychiger, M. (2005). *Lernen ist schmerzhaft. Zur Theorie des Negativen Wissens und zur Praxis der Fehlerkultur*. Weinheim: Beltz.
- Pekrun, R., Elliot, A. J., & Maier, M. A. (2006). Achievement goals and discrete achievement emotions: A theoretical model and prospective test. *Journal of Educational Psychology*, 98, 583–597.
- Pekrun, R., Götz, T., Daniels, L. M., Stupnisky, R. H., & Perry, R. P. (2010). Boredom in achievement settings: Control-value antecedents and performance outcomes of a neglected emotion. *Journal of Educational Psychology*, 102, 531–549.
- Pekrun, R., Frenzel, A., Götz, T., & Perry, R. P. (2007). The control-value theory of achievement emotions: An integrative approach to emotions in education. In P. A. Schutz, & R. Pekrun (Eds.), *Emotions in education* (pp. 13–36). San Diego: Academic Press.
- Pekrun, R., Götz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: a program of quantitative and qualitative research. *Educational Psychologist*, 37, 91–106.
- Pekrun, R., & Linnenbrink-Garcia, L. (2012). Academic emotions and student engagement. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 259–292). New York: Springer.
- Pekrun, R., & Stephens, E. J. (2012). Academic emotions. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, S. Graham, J. M. Royer, & M. Zeidner (Eds.), *APA educational psychology handbook* (Vol. 2, pp. 3–31). Washington, DC: American Psychological Association.
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (2002). *Motivation in education: Theory research, and applications*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Potter, R. F., & Bolls, P. D. (2011). *Physiological measurement and meaning: Cognitive and emotional processing of media*. New York: Routledge.
- Prawat, R. S., & Anderson, A. L. H. (1994). The affective experiences of children during mathematics. *Journal of Mathematical Behaviour*, 13, 201–222.

- Reisenzein, R. (2006). Denken und Emotionen. In J. Funke, & P. A. Frensch (Hrsg.), *Handbuch der Allgemeinen Psychologie – Kognition* (Handbuch der Psychologie, Band 4, S. 475–484). Göttingen: Hogrefe.
- Rothermund, K., & Eder, A. B. (2009). Emotion und Handeln. In V. Brandstätter, & J. H. Otto (Hrsg.), *Handbuch der Psychologie: Motivation und Emotion* (S. 675–685). Göttingen: Hogrefe.
- Rybowiak, V., Garst, H., Frese, M., & Batinic, B. (1999). Error orientation questionnaire (EOQ): Reliability, validity, and different language equivalence. *Journal of Organizational Behavior*, 20, 527–547.
- Schwarz, N. (1990). Feelings as information: Informational and motivational functions of affective states. In E. T. Higgins, & R. M. Sorrentino (Eds.), *Handbook of motivation and cognition: Foundations of social behavior* (Vol. 2, pp. 528–561). New York: Guilford.
- Siegler, R. S. (2002). Microgenetic studies of self-explanation. In N. Granott, & J. Parziale (Eds.), *Microdevelopment. Transition Processes in Development and Learning* (pp. 31–58). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Steuer, G., Rosentritt-Brunn, G., & Dresel, M. (2013). Dealing with errors in mathematics classrooms: Structure and relevance of perceived error climate. *Contemporary Educational Psychology*, 38, 196–210.
- Tulis, M. (2013). Error management behavior in classrooms: Teachers' responses to students' mistakes. *Teaching and Teacher Education*, 33, 56–68.
- Tulis, M., & Ainley, M. (2011). Interest, enjoyment and pride after failure experiences? Predictors of students' state-emotions after success and failure during learning mathematics. *Educational Psychology*, 31, 779–807.
- Tulis, M., & Fulmer, S. M. (2013). Students' motivational and emotional experiences and their relationship to persistence during academic challenge in mathematics and reading. *Learning and Individual Differences*, 27, 35–47.
- Tulis, M., Grassinger, R., & Dresel, M. (2011). Adaptiver Umgang mit Fehlern als Aspekt der Lernmotivation und des Selbstregulierten Lernens von Overachievern. In M. Dresel, & L. Lämmle (Hrsg.), *Motivation, Selbstregulation und Leistungsexzellenz* (S. 29–51). Münster: LIT.
- Tulis, M., Reindl, M., & Dresel, M. (2017, revision submitted). Freundschaften im Klassenzimmer und deren Bedeutung für einen adaptiven individuellen Umgang mit Fehlern. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*.
- Tulis, M., Steuer, G., & Dresel, M. (2015). Learning from errors: Process and contextual conditions. Towards a model of individual processes within contexts. In M. Gartmeier, H. Gruber, T. Hascher, & H. Heid (Hrsg.), *Funktionen von Fehlern im Kontext individueller und gesellschaftlicher Entwicklung* (S. 53–70). Münster: Waxmann.
- Tulis, M., Steuer, G., & Dresel, M. (2016). Learning from errors: A model of individual processes. *Frontline Learning Research*, 4, 12–26.
- Tulis, M., Steuer, G., & Dresel, M. (2017, revision submitted). Positive beliefs about errors as an important element of adaptive individual dealing with errors during academic learning. *Educational Psychology*.
- Turner, J. C., Thorpe, P. K., & Meyer, D. K. (1998). Students' reports of motivation and negative affect: A theoretical and empirical analysis. *Journal of Educational Psychology*, 90(4), 758–771.
- Van Lehn, K. (1988). Toward a theory of impasse-driven learning. In H. Mandl, & A. Lesgold (Eds.), *Learning issues for intelligent tutoring systems* (pp. 19–41). New York: Springer.
- Van Lehn, K., Burseson, W., Girard, S., Chavez-Echeagaray, M. E., Gonzalez-Sanchez, J., Hidalgo-Pontet, Y., & Zhang, L. (2014). The affective meta-tutoring project: Lessons learned. In *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 8474 LNCS, pp. 84–93). Springer.
- Vossel, G., & Zimmer, H. (2009). Psychophysiologie. V. Brandstätter, & J. H. Otto (Hrsg.), *Handbuch der Allgemeinen Psychologie: Motivation und Emotion* (S. 501–511). Göttingen: Hogrefe.

- Weinert, F. E. (1999). Aus Fehlern lernen und Fehler vermeiden lernen. In W. Althof (Hrsg.), *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern* (S. 101–109). Opladen: Leske+Budrich.
- Zhao, B., & Olivera, F. (2006). Error reporting in organizations. *Academy of Management Review*, *31*, 1012–1030.