Der Einfluss von selektiver Übung auf zeitabhängiges Vergessen

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Humanwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Regensburg

vorgelegt von

LUKAS TRIßL

aus Tirschenreuth

Regensburg 2022

Erstgutachter: Prof. Dr. Karl-Heinz T. Bäuml

Zweitgutachter: Prof. Dr. Klaus W. Lange

Danksagung

Zuallererst möchte ich mich bei Prof. Dr. Karl-Heinz Bäuml bedanken, welcher dieses Projekt initiierte und hervorragend betreute. So fühlte ich mich durch seine strukturierte Arbeitsweise und sein transparentes Vorgehen stets involviert und gut angeleitet. Seine wertschätzende und offene Haltung empfand ich in allerlei Hinsicht als äußerst wertvoll. Besonders möchte ich mich bei ihm bedanken, da er mich nicht nur darin unterstützte, eine akademische Laufbahn zu verfolgen, sondern auch einer klinischen Laufbahn nachzugehen.

Ein aufrichtiges Dankeschön geht an meine Kolleg*innen Oliver Kliegl, Magdalena Abel, Anna Nickl, Johannes Bartl, Sarah Meixensperger und Marilena Hirsch. Den fachlichen Austausch und die unterhaltsamen Kaffeerunden und Mittagspausen habe ich stets sehr genossen.

Bei Petra Witzmann möchte ich mich für all die Unterstützung hinsichtlich formaler Angelegenheiten bedanken.

Besonders möchte ich mich bei Jonathan Mendl bedanken. Ich habe mit dir mein Studium begonnen und über all die Jahre warst du mir immer ein guter Zuhörer, Unterstützer und vor allem ein treuer Freund.

Vor allem möchte ich mich bei meiner Partnerin Verena bedanken. Während dieser Zeit warst du mir emotional eine unglaubliche Stütze. Durch deine bedingungslose Unterstützung hast du mich so häufig entlastet. Danke für einfach alles.

Zuletzt möchte ich mich noch bei meinen Eltern bedanken. In jeder Lebensphase steht ihr hinter mir und ich kann auf eure Hilfe jederzeit zählen. Worte können nicht ausdrücken, was für eine Dankbarkeit ich für euch empfinde. Ich möchte euch beiden daher diese Arbeit von ganzem Herzen widmen.

Teile dieser Arbeit liegen vor als:

Bäuml, K.-H. T., & Trißl, L. (2022). Selective memory retrieval can revive forgotten memories. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 119,* e2114377119.

Trißl, L., & Bäuml, K.-H. T. (in Druck). Selective restudy can reset recall of forgotten information. *Psychonomic Bulletin & Review*.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 1

1. Episodisches zeitabhängiges Vergessen 2

1.1 Definition und Charakteristika 2

1.2 Ursachen zeitabhängigen Vergessens 5

2. Einflüsse von Abruf auf die Erinnerungsleistung 9

2.1 Nicht selektiver, vollständiger Abruf von Gedächtnisinhalten 9

2.2 Selektiver Abruf von Gedächtnisinhalten 14

3. Förderlicher Effekt von selektivem Gedächtnisabruf 18

3.1 Evidenz für einen förderlichen Effekt 18

3.2 Die Rolle des Kontexts 21

3.3 Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens 24

3.4 Fragestellung der Experimente 1-3 26

4. Zeitabhängiges Vergessen nach selektivem Abruf 30

4.1 Experiment 1 30

Methode 31

Ergebnisse 36

Diskussion 39

4.2 Experiment 2 42

Methode 43

Ergebnisse 44

Diskussion 49

4.3 Experiment 3 51
Methode 52
Ergebnisse 53
Diskussion 56
4.4 Diskussion der Experimente 1-3 57

5. Förderlicher Effekt von selektivem erneutem Lernen 62
5.1 Evidenz und Erklärung des förderlichen Effekts 62
5.2 Fragestellung der Experimente 4-5 64

6. Zeitabhängiges Vergessen nach selektivem erneutem Lernen 66
6.1 Experiment 4 66
Methode 67
Ergebnisse 70
Diskussion 73
6.2 Experiment 5 75
Methode 75
Ergebnisse 76
Diskussion 79
6.3 Diskussion der Experimente 4-5 82

7. Gesamtdiskussion 85
7.1 Zusammenfassung der Befunde 85
7.2 Theoretische Implikationen 88
7.3 Weitere Forschungs- und Anwendungsfelder 95
7.4 Schlussfolgerungen 99

Literaturverzeichnis 101

Zusammenfassung

Der Abruf von Informationen aus dem Gedächtnis wird zunehmend schwieriger, je mehr Zeit zwischen dem Einspeichern der Informationen und deren Abruf vergeht. Dieses zeitabhängige Vergessen kann durch selektive Übung in Form von Abruf oder erneutem Lernen unterbrochen werden, indem nicht nur der Abruf der geübten Informationen, sondern auch der Abruf der nicht geübten Informationen gefördert wird. Diese Abrufförderung wird darauf zurückgeführt, dass selektive Übung den temporalen Kontext zum Zeitpunkt des Lernens wiederherstellen kann, welcher wiederum den Abruf anderer Inhalte erleichtert, die in einem ähnlichen Kontext gelernt wurden. Es ist jedoch unklar, ob dieser Kontextabruf eine nur kurzfristige Unterbrechung der natürlichen Fluktuation des temporalen Kontexts darstellt oder ob er eine eher permanente Kontextaktualisierung erzeugt, welche eine länger anhaltende Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens mit sich bringen würde. In fünf Experimenten wurde das zeitabhängige Vergessen von eingespeicherten Informationen direkt nach dem Lernen und nach zeitverzögerter selektiver Übung in Form von Abruf (Experimente 1-3) und in Form von erneutem Lernen (Experimente 4-5) untersucht. Selektive Übung konnte den Abruf der geübten und nicht geübten Inhalte fördern und damit das zeitabhängige Vergessen unterbrechen. Bei den nicht geübten Inhalten erzeugte die selektive Übung zudem einen Neustart des zeitabhängigen Vergessens, sodass das Vergessen nach der Übung nicht unterscheidbar war von dem Vergessen nach dem Lernen. Bei den geübten Inhalten konnte das Vergessen sogar abgeschwächt werden. Die Ergebnisse deuten an, dass selektive Übung längerfristige Auswirkungen auf das zeitabhängige Vergessen hat und dieser Effekt wahrscheinlich durch Kontextabruf und eine permanente Aktualisierung des temporalen Kontexts herbeigeführt wird.

1. Episodisches zeitabhängiges Vergessen

1.1 Definition und Charakteristika

„Kaum gelernt, schon vergessen!“ Dieser Spruch dürfte jedem Individuum nur zu gut bekannt sein. Er spiegelt das Alltagsphänomen wider, dass wir schon stellenweise Schwierigkeiten haben, uns an Informationen zu erinnern, welche erst vor kurzem gelernt wurden. Erfahrungsgemäß nehmen diese Schwierigkeiten jedoch noch mehr zu, je mehr Zeit seit dem erstmaligen Lernen vergeht. Beim Erinnern wird versucht, die gelernten Inhalte aus dem deklarativen Langzeitgedächtnis abzurufen, welches sich aus dem semantischen und aus dem episodischen Gedächtnis zusammensetzt (Baddeley, 2001; Tulving, 1972, 1983). Nach Tulving (1972) umfasst das semantische Gedächtnis vorwiegend Gedächtnisinhalte, welche Allgemeinwissen und Fakten abbilden und sich im Laufe eines Lebens kumuliert haben. Das episodische Gedächtnis bezieht sich hingegen auf Gedächtnisinhalte in einem konkreten zeitlichen und räumlichen Rahmen. Diese Erinnerungen können autobiographische Erlebnisse darstellen, wie beispielsweise die Erinnerung an das gestrige Abendessen oder an die erste Fahrstunde, oder sie können auch früher gelernte Informationen in Form von Prosatexten oder Wörtern reflektieren. Das episodische Gedächtnis fungiert damit als Gedächtnisspeicher für einen Großteil an angesammelten Erfahrungen und Informationen und nimmt daher eine tragende Rolle in dem Leben eines jeden Menschen ein.

Der Abruf von Informationen aus dem episodischen Gedächtnis wird tendenziell schwieriger, je mehr Zeit zwischen dem ursprünglichen Lernen und dem willentlichen Abruf vergeht. Konkret bedeutet dies, dass die Erinnerung an gelernte Informationen mit zunehmender Zeit seit dem initialen Lernen abnimmt. Dieses Phänomen wird in der Gedächtnispsychologie als zeitabhängiges Vergessen bezeichnet und wurde als Erstes in dem prominenten Experiment von Ebbinghaus (1885) empirisch erfasst. In diesem Experiment war Ebbinghaus Versuchsleiter und einziger Proband zugleich und untersuchte, wie sich die Erinnerung an sinnlose Silben (Konsonant-Vokal-Konsonant) veränderte, je länger die Zeit zwischen Lernen und Test der Silben wurde. Als zentraler Befund zeigte

sich, dass die Erinnerung über die Zeit abnahm und nach über einem Monat deutlich geringer war als direkt nach dem Lernen. Zudem war der Abfall der Erinnerungsraten innerhalb der ersten Stunden nach dem Lernen am stärksten. Über die folgenden Tage hinweg zeigte sich lediglich geringeres zeitabhängiges Vergessen.

Seit der wegweisenden Arbeit von Ebbinghaus (1885) wurde in den letzten 100 Jahren dieses Gedächtnisphänomen vermehrt genauer untersucht (siehe Rubin & Wenzel, 1996, für einen Überblick). Dabei erwies sich zeitabhängiges Vergessen als ein sehr robustes und generelles Phänomen. So konnte es über unterschiedlichste Zeitspannen erfasst und beschrieben werden, zu welchen zum einen relativ kurze Zeitintervalle von ein paar Minuten (Bregman, 1968; Sloman et al., 1988) oder Stunden (Luh, 1922; Wickelgren, 1972) zählten. Zum anderen konnte das zeitabhängige Vergessen auch bei langen Zeitintervallen von mehreren Monaten (Spitzer, 1939) oder sogar Jahren (Bahrick, 1984; Squire, 1989) erfasst werden. Hinsichtlich des verwendeten Materials konnte neben den klassischen sinnlosen Silben (Murdock, 1961) auch bei komplexen Gesprächsinhalten (MacDonald & Hayne, 1996; Rubin & Baddeley, 1989) zeitabhängiges Vergessen demonstriert werden. Dieses Vergessen wurde zudem nicht nur im freien Abruf (z. B. Murdock, 1961), sondern auch bei gestütztem Abruf mittels Hinweisreizen (Burtt & Dobell, 1925; Nelson et al., 1980) oder beim Wiedererkennen (z. B. Spitzer, 1939; Strong, 1913) festgestellt. Außerdem scheint zeitabhängiges Vergessen unabhängig vom Alter aufzutreten (Fajnsztejn-Pollack, 1973; Hulicka & Weiss, 1965) und kann sogar bei den unterschiedlichsten Tieren beobachtet werden (Denny et al., 1989; Roberts & Grant, 1978; Wilson & Boakes, 1985). Folglich stellt zeitabhängiges Vergessen ein oft repliziertes und generelles Gedächtnisphänomen dar, da es bei einer breiten Palette von Zeitintervallen, Materialen, Testformaten, Altersspannen und Populationen gefunden werden konnte.

Auch wenn es große Einigkeit hinsichtlich der Generalisierbarkeit von zeitabhängigem Vergessen gab, so führte in der Literatur die quantitative Beschreibung des zeitabhängigen Vergessens mittels einer mathematischen Funktion häufig zu Diskussionen (Rubin & Wenzel, 1996; White, 2001; Wixted & Ebbesen, 1991). Als eine Möglichkeit wurde hierfür die Exponentialfunktion, $y = ae^{-bt}$, herangezogen. Bei dieser Funktion repräsentiert y die Erinnerungsrate zum Zeitpunkt t. Beim Parameter a handelt es sich um den Niveauparameter, beim Parameter b um die Vergessensrate und bei e um die Basis für den natürlichen Logarithmus. Die Funktion wurde bereits erfolgreich in Studien zum

Kurzzeitgedächtnis an die Erinnerungsraten angepasst (Peterson & Peterson, 1959; Wickelgren, 1974). Bei dieser Funktion handelt es sich ebenfalls um die Funktion für radioaktiven Zerfall. So sind die Einbußen in der Erinnerungsleistung proportional zum jeweils aktuellen Erinnerungsniveau, das bedeutet, dass sich die Erinnerungsraten nach jeder (Halbwerts-)Zeit um die Hälfte verringern, unabhängig davon, wie viel Zeit seit dem Lernen vergeht.

Die logarithmische Funktion, $y = a\text{-}blog\ (t)$, wurde ebenfalls von einigen Forschenden als eine passende Option herangezogen (z. B. Woodworth, 1938). Sie beschreibt die Erinnerungsrate y zum Zeitpunkt t, wobei a den Niveauparameter, b die Vergessensrate und log den Logarithmus darstellt. Bei dieser Funktion ist das Vergessen linear zum Verhältnis der Zeit, das bedeutet beispielsweise, dass wenn die Erinnerungsraten innerhalb der ersten 1 bis 5 Sekunden nach dem Lernen um 10 % absinken, dann sollten die Erinnerungsraten ebenfalls um 10 % absinken, wenn das Zeitintervall von 10 bis 50 Jahren betrachtet wird (Rubin & Wenzel, 1996). Gleiche Zeitverhältnisse (hier 1:5) resultieren somit in gleichen Differenzen der Erinnerungsleistung (hier 10 %). Eine Einschränkung der Funktion gilt jedoch für den Wert $t = 0$, da die Funktion zu diesem Zeitpunkt nicht definiert ist. Dies ist bei Gedächtnisexperimenten jedoch kein Hindernis, da bis zum finalen Abruf – wenn auch nur für ein paar Sekunden – stets etwas Zeit vergeht und somit nie direkt der Abruf null Sekunden nach dem Lernen erfolgt.

Eine dritte Möglichkeit für die Beschreibung einer Vergessenskurve stellt die Potenzfunktion, $y = at^{-b}$, dar, welche die Erinnerungsrate y zum Zeitpunkt t in Abhängigkeit vom Niveauparameter a und der Vergessensrate b beschreibt. Sie wurde erstmalig in einer Experimentalserie von Wickelgren (z. B. 1975a, 1975b) aufgegriffen. Seitdem wurde die Potenzfunktion immer häufiger verwendet (z. B. Anderson & Schooler, 1991; Wixted & Carpenter, 2007; Wixted & Ebbesen, 1991). Im Unterschied zur logarithmischen Funktion gilt nun, dass gleiche Zeitverhältnisse nicht in gleichen Differenzen der Erinnerungsleistung resultieren, sondern in gleichen Verhältnissen der Erinnerungsraten. Wenn die Erinnerungsleistung innerhalb der ersten 1 bis 5 Sekunden nach dem Lernen von 100 % auf 70 % absinkt (Zeitverhältnis 1:5; Erinnerungsverhältnis 10:7), dann sollten die Erinnerungsleistungen bei einem Zeitintervall von 10 bis 50 Jahren ebenfalls das Erinnerungsverhältnis 10:7 aufweisen.

Durch die Forschungsarbeiten von Wixted und Ebbesen (1991, 1997) und von Rubin und Wenzel (1996) wurde schließlich deutlich, dass die logarithmische Funktion und die Potenzfunktion eine Vielzahl von empirischen Vergessenskurven adäquat beschreiben können und die Potenzfunktion im direkten Vergleich die Daten manchmal ein wenig besser beschreibt. Die Exponentialfunktion konnte die Daten hingegen nur sehr schlecht beschreiben. Aus diesem Grund wurde für alle Experimente der vorliegenden Arbeit die Potenzfunktion, $y = at^{-b}$, als Funktion zur Beschreibung zeitabhängigen Vergessens ausgewählt. Nachdem nun die Definition und Charakteristika von zeitabhängigem Vergessen aufgezeigt wurden, bleibt noch der wesentliche Aspekt ungeklärt, warum überhaupt zeitabhängiges Vergessen auftritt. Dies wird im Anschluss näher betrachtet.

1.2 Ursachen zeitabhängigen Vergessens

Thorndike (1914) zeigte mit der sogenannten Spurenzerfalltheorie auf, dass die verstrichene Zeit an sich die hauptsächliche Ursache für das Vergessen darstellen könnte. Der Theorie zufolge nimmt die Stärke einer Gedächtnisspur über die Zeit kontinuierlich ab und die Spur verblasst, bis sie schließlich ganz aufgelöst ist. Zudem hob Thorndike (1914) mit seinem Gesetz des Nichtgebrauchs hervor, dass der explizite Nichtgebrauch von Gedächtnisspuren zu deren Abschwächung über die Zeit beiträgt und folglich die Erinnerung erschwert. Das Vergessen über die Zeit wird damit als ein eher passiver Prozess angesehen. Damit im Rahmen dieser Theorie jedoch das alleinige Verstreichen von Zeit als primäre Ursache für das Vergessen in Erwägung gezogen werden könnte, ist es notwendig, dass während dieser Zeit die Gedächtnisinhalte nicht wiederholt werden, wie es beispielsweise durch ein erneutes Lernen oder Abrufüben der Fall wäre. Zudem sollten während dieses Zeitraums auch keine neuen Reize auftreten, da diese sonst auch das Vergessen beeinflussen könnten. Hieraus wird bereits deutlich, dass eine experimentelle Überprüfung der Spurenzerfalltheorie sich als schwierig gestalten kann. Vor allem über längere Zeiträume stellt es eine große Herausforderung dar, dass während dieser Zeit keinerlei Störfaktoren auftreten. Entsprechend stand diese Theorie öfters in Kritik. Beispielsweise führte McGeoch (1932) an, dass nicht die Zeit an sich für das Vergessen

ausschlaggebend sei, sondern dass während der Zeit unterschiedliche Aktivitäten stattfinden, die mit dem Verstreichen der Zeit korrelieren. Diese Annahme bildete schließlich die Kernidee der klassischen Interferenztheorie des Vergessens ab.

Müller und Pilzecker (1900) galten als Pioniere der Interferenzforschung. Bei einem ihrer prominenten Experimente sollten zwei Gruppen von Versuchspersonen eine Liste aus mehreren Silben lernen und später diese abrufen. Eine Gruppe musste in der Zeit bis zum Test noch eine zweite Liste lernen, während die andere Gruppe eine zeitlich entsprechende Distraktoraufgabe durchführte. Beim Test wurde bei beiden Gruppen die erste Liste abgeprüft. Als Ergebnis zeigte sich, dass die Erinnerungsleistung für die erste Liste deutlich geringer war, wenn zwei Listen gelernt worden waren. Dieses Phänomen wird als retroaktive Interferenz bezeichnet und beschreibt die Tatsache, dass bereits gelernte Gedächtnisinhalte (hier die erste Liste) durch das darauffolgende Lernen von neuem Material (hier die zweite Liste) gestört werden kann. Es handelt sich somit um eine zeitlich rückwärts gerichtete Beeinträchtigung der Erinnerungsleistung. Ein ähnlicher Versuchsaufbau liegt bei Studien zur sogenannten proaktiven Interferenz vor (Underwood, 1957). Hier lernen erneut zwei Gruppen eine Liste von Inhalten und werden später diesbezüglich abgeprüft. Der kritische Unterschied besteht nun darin, dass die Erinnerungsleistung der zweiten Liste getestet wird. Es wurde festgestellt, dass die Erinnerung an die zweite Liste in der Gruppe geringer war, welche beide Listen lernen mussten im Vergleich zu der anderen Gruppe, welche nur die zweite Liste lernten und zeitlich vor dieser lediglich eine Distraktoraufgabe durchführten. Diese Beobachtung beschreibt den Umstand, dass neue Gedächtnisinhalte (hier die zweite Liste) durch früher gelernte Informationen (hier die erste Liste) gestört werden können. Es handelt sich damit um eine zeitlich vorwärts gerichtete Beeinträchtigung der Erinnerungsleistung. Diese beiden Phänomene unterstreichen damit die Tatsache, dass das zusätzliche Lernen von Material einen negativen Einfluss auf die Erinnerungsleistung hat und zwar unabhängig davon, ob es zeitlich vor (proaktive Interferenz) oder zeitlich nach dem Lernen (retroaktive Interferenz) des jeweiligen abzuprüfenden Inhalts stattfindet (Crowder, 1976).

In den letzten 120 Jahren wurden zahlreiche Faktoren identifiziert, die das Ausmaß des zeitabhängigen Vergessens beeinflussen (für Überblicke, siehe Anderson & Neely, 1996; Kliegl & Bäuml, 2021a; Postman, 1971). Ein zentraler Faktor stellt dabei die Ähnlichkeit zwischen zu prüfendem und dem zusätzlich gelernten Material dar. Die Interferenzeffekte und die damit einhergehenden Erinnerungsbußen sind umso größer, je

größer die Ähnlichkeit ist (McGeoch & McDonald, 1931; Osgood, 1949, 1953; Wickelgren, 1965). Zudem können die Erinnerungsraten der getesteten Inhalte abnehmen, je höher das Lernniveau des zusätzlichen Materials ist (Atwater, 1953; Briggs, 1957; Postman & Riley, 1959; für Ausnahmen, siehe aber z. B. Bäuml, 1996). Auch die Länge des Behaltensintervalls beeinflusst Interferenzeffekte, indem proaktive Interferenz mit der Zeit eher zunimmt (z. B. Dallett, 1964; Underwood, 1948) und retroaktive Interferenz eher abnimmt (z. B. Koppenaal, 1963). Interferenzeffekte können jedoch auch abgeschwächt werden, je nachdem welches Testformat vorliegt. So treten Interferenzeffekte häufig beim freien Abruf auf, doch werden sie verringert oder bleiben gar aus, wenn beim Test adäquate Hinweisreize vorliegen (Tulving & Psotka, 1971). Auch bei impliziten Gedächtnistests, in denen Wortfragmente vervollständigt werden müssen (Graf & Schacter, 1987), oder in Wiedererkennungstests (Deffenbacher et al., 1981; siehe aber Gorfein & Jacobson, 1972) zeigten sich verringerte Effekte. In der Gesamtheit existieren somit zahlreiche Faktoren, die den Aufbau und den Abbau von Interferenz bewirken können (siehe Kliegl & Bäuml, 2021a, für einen Überblick zu proaktiver Interferenz).

Zur Erklärung von retroaktiven und proaktiven Interferenzeffekten wurden über die Zeit mehrere Theorien entwickelt, welche sich teilweise nur auf einen Effekt, teilweise aber auch auf beide Effekte bezogen (siehe Kliegl & Bäuml, 2021b, für einen Überblick). Zudem unterschieden sich die Theorien darin, ob der Fokus eher auf Enkodierfaktoren (jedoch nur relevant bei proaktiver Interferenz, siehe z. B. Bjork et al., 1968; Kintsch, 1970) oder Abruffaktoren (z. B. Bennett, 1975; Wixted & Rohrer, 1993) lag. Enkodierfaktoren beziehen sich dabei auf Prozesse, die bei der Einspeicherung von Informationen relevant sind, wohingegen Abruffaktoren die Zugänglichkeit der eingespeicherten Informationen beim Abruf modulieren (Tulving, 1983). Beispielsweise wäre fehlende Aufmerksamkeit während der Lernphase ein potentieller Enkodierfaktor und fehlende Hinweisreize beim Abruf ein potentieller Abruffaktor. Unabhängig davon, welche Mechanismen nun retroaktiver und proaktiver Interferenz zugrunde liegen, stellt eine Gemeinsamkeit der Interferenztheorien dar, dass sie Vergessen einer eher passiven oder inzidentellen (unbeabsichtigten) Ursache zuschreiben.

Als eine weitere inzidentelle Ursache von Vergessen kann die natürliche Fluktuation des Kontexts genannt werden. Unter dem abstrakten Begriff Kontext ist die Gesamtheit von Merkmalen zu verstehen, welche bei gegebenen räumlichen und zeitlichen

Umständen gleichzeitig vorliegen. Diese Merkmale können dabei von äußerer (externaler) Natur oder innerer (internaler) Natur sein. Der externale Kontext umfasst dabei die Gegebenheiten, die außerhalb einer Person vorliegen. Hierzu zählen beispielsweise die gesamte physikalische Umwelt, Objekte, Farben, Düfte oder Töne. Der internale Kontext grenzt sich vom externalen Kontext dadurch ab, dass er sich auf Gegebenheiten innerhalb einer Person bezieht. Darunter können beispielsweise die Stimmung, körperliche Erregungszustände wie Schmerz oder Stress, Motivation, Aufmerksamkeit oder jegliche Form von gedanklicher Beschäftigung aufgefasst werden. Während der Zeit bis zum bewussten Abruf verändern sich diese Kontextreize, was dazu führt, dass sich der Kontext zum Lernzeitpunkt von dem Kontext zum Testzeitpunkt unterscheidet (Bower, 1972; Estes, 1955). Dieser Unterschied kann eine Vielzahl von Gedächtniseffekten erklären (Mensink & Raaijmakers, 1988). Nach dem Prinzip der Enkodierspezifität (Thomson & Tulving, 1970; Tulving & Thomson, 1973) wird das Erinnerungsniveau beim Test durch die Überlappung des Kontexts von Lern- und Testzeitpunkt bestimmt. Wenn der Kontext zum Lernzeitpunkt sehr ähnlich ist zum Kontext des Testzeitpunkts, dann sollte der Abruf beim Test relativ effektiv und kaum beeinträchtigt sein. Wenn jedoch in der Zeit bis zum Testzeitpunkt kontextuelle Veränderungen auftreten, dann ist der Kontext zum Lernzeitpunkt recht unterschiedlich zum Kontext des Testzeitpunkts und Vergessen in Form von geringeren Erinnerungsraten sollte auftreten.

Diese Sichtweise wird durch eine Vielzahl an Studien bekräftigt, in welchen der Kontext durch gezielte experimentelle Manipulationen verändert wurde. So bewirkten Manipulationen des externalen Kontexts (z. B. Dulsky, 1935; Godden & Baddeley, 1975; Isarida & Isarida, 2007; Smith et al., 1978) als auch des internalen Kontexts (z. B. Bower et al., 1978; Eich, 1980; Eich et al., 1994; Macht et al., 1977), dass die Erinnerungsraten nach den kontextuellen Veränderungen geringer waren, als wenn keine kontextuelle Manipulation erfolgte. Nach den bisherigen Ausführungen ist es daher als eher unwahrscheinlich einzuordnen, dass das alleinige Verstreichen von Zeit die primäre Ursache für zeitabhängiges Vergessen darstellt. Vielmehr tritt Vergessen auf, da in der Zeit bis zum Testzeitpunkt Interferenzen auftreten und sich der Kontext verändert, was schließlich das Erinnern erschweren kann. Neben der Ursachenforschung zu zeitabhängigem Vergessen stellt es auch einen Schwerpunkt in der Gedächtnispsychologie dar, wie dieses Vergessen abgeschwächt und die längerfristige Erinnerungsleistung damit gefördert werden kann. Dies wird im nächsten Abschnitt genauer betrachtet.

2. Einflüsse von Abruf auf die Erinnerungsleistung

2.1 Nicht selektiver, vollständiger Abruf von Gedächtnisinhalten

Während der schulischen oder akademischen Laufbahn müssen sich Menschen stets eine Vielzahl an unterschiedlichsten Informationen einprägen und diese zu einem späteren Zeitpunkt gezielt wieder abrufen. Bei diesem Abruf handelt es sich in den meisten Fällen um die finale Leistungserhebung in Form einer Prüfung. Im Rahmen der Testvorbereitung nutzen die Prüflinge verschiedenste Lernstrategien, damit die Lerninhalte während des Zeitraums bis zur Prüfung nicht vergessen werden. Karpicke et al. (2009) befragten 177 Studierende zu ihren Lernstrategien und erhielten als Ergebnis, dass 84 % der Befragten wiederholtes Lesen als Mittel der Wahl angaben, wohingegen nur 11 % der Befragten das Üben der Inhalte mittels Abrufs bevorzugten. Auch hinsichtlich der Wirksamkeit der Lernstrategien gab die Mehrheit an, dass sie erneutes Lesen als effektiver vermuteten. Diese Umfrage verdeutlichte somit, dass Abrufübung in der Praxis nur selten als Lernstrategie verwendet wird und die Effektivität dieser Lernstrategie zugleich als geringer eingeschätzt wird.

Dieser subjektiven Einschätzung vieler Personen widersprechen jedoch zahlreiche Forschungsergebnisse zur Effektivität von Abrufübung. Bereits vor über 100 Jahren konnten Abbott (1909) und Gates (1917) erste Hinweise dafür sammeln, dass Abrufübung eine sehr hilfreiche Strategie für die längerfristige Erinnerungsleistung darstellt. Seitdem konnte mit vielfachen Studien eindrücklich nachgewiesen werden, dass Abrufübung in Form von Tests im Vergleich zu erneutem Lernen tatsächlich eine signifikant bessere Erinnerungsleistung erzielen kann (für Überblicke, siehe Roediger & Butler, 2011; Roediger & Karpicke, 2006a; Rowland, 2014). In der Literatur wird dieses

Phänomen, dass Tests den späteren Abruf von Informationen mehr fördern, als wenn die Informationen lediglich erneut gelernt werden, als sogenannter Testeffekt bezeichnet (siehe z. B. Carpenter & DeLosh, 2006; Roediger & Karpicke, 2006b). In klassischen Studien zum Testeffekt (siehe z. B. Roediger & Karpicke, 2006b) lernen Versuchspersonen bestimmte Inhalte und erhalten später entweder die Möglichkeit, alle Inhalte zu üben, indem sie diese frei abrufen sollen oder sie erhalten die Möglichkeit, alle Inhalte noch einmal zu lernen, indem ihnen die zuvor präsentierten Inhalte noch einmal präsentiert werden. Im finalen Test sollen alle Versuchspersonen, unabhängig davon, ob sie abrufgeübt oder erneut gelernt haben, alle Inhalte frei abrufen. Typischerweise zeigen sich höhere Erinnerungsraten nach Abrufübung als nach erneutem Lernen. Da in den Abrufübungsdurchgängen alle Inhalte frei abgerufen werden sollen, wird auch von nicht selektivem, vollständigem Abruf gesprochen.

Der Testeffekt erwies sich als ein robustes und generelles Gedächtnisphänomen. So konnte er bei den unterschiedlichsten Lernmaterialen gefunden werden, zu denen Wortlisten (z. B. Hogan & Kintsch, 1971; Zaromb & Roediger, 2010), Paarassoziationen (z. B. Allen et al., 1969; Pyc & Rawson, 2010), komplexes Material in Form von Prosatexten (z. B. Glover, 1989) oder sogar visuell-räumliche Materialen (z. B. Kang, 2010) zählten. Auch hinsichtlich unterschiedlicher Abrufformate im finalen Test zeigten sich die überlegenen Effekte von Abrufübung im Vergleich zu erneutem Lernen. So wurden diese Effekte auch bei Multiple-Choice Antworten (Kang et al., 2007) oder bei einem gestützten Abruf mit Hinweisreizen beobachtet (z. B. Carpenter et al., 2006; Hinze & Wiley, 2011). Da der Testeffekt vor allem für die Anwendung in der Praxis relevant ist, ist es auch essenziell, hervorzuheben, dass der Effekt nicht nur im Labor, sondern auch in angewandten Settings, wie im Klassenzimmer (z. B. Larsen et al., 2008; McDaniel et al., 2007), zu finden ist. Der Testeffekt stellt somit ein robustes Gedächtnisphänomen dar und betont den von Schüler*innen meist nicht erwarteten Vorteil von Abrufübung im Vergleich zu erneutem Lernen.

Das Auftreten und Ausmaß des Testeffekts lassen sich durch eine Vielzahl von Faktoren modulieren. Eine einflussreiche Rolle nimmt dabei das Feedback ein. So tritt zwar der Testeffekt auch ohne Feedback auf, jedoch erhöht die Darbietung der richtigen Lösung nach einem Abrufversuch den Nutzen von Testen (Bangert-Drowns et al., 1991; Butler et al., 2008). Der Zeitpunkt des Feedbacks nimmt dabei ebenfalls Einfluss darauf, wie stark der Effekt ausgeprägt ist (für einen Überblick, siehe Kulik & Kulik, 1988). Es

kann dabei zwischen zügigem Feedback (z. B. direkt nach einem Test) und eher [länger] verzögertem Feedback (z. B. mehrere Tage nach dem Test) unterschieden werden. Auch wenn früher häufig sofortiges Feedback als vorteilhafter angenommen wurde (z. B. Pressey, 1932; Skinner, 1954), zeigte sich in neueren Studien eher ein Vorteil von verzögertem Feedback (z. B. Butler et al., 2007; Smith & Kimball, 2010). Neben Feedback ist der Zeitpunkt der Abrufübung von Bedeutung. Hierbei kann der zeitliche Abstand zwischen Lernen und erster Abrufübung als auch der zeitliche Abstand zwischen mehreren Abrufübungen betrachtet werden. Für den Zeitpunkt des ersten Abrufübungsdurchgangs stellte sich heraus, dass die Effektivität zunahm, je später er stattfand (z. B. Jacoby, 1978; Modigliani, 1976). In Bezug auf die Zeiträume zwischen den Abrufübungsdurchgängen wurde festgestellt, dass bei längeren Behaltensintervallen von mehreren Tagen zeitlich gleichbleibende Intervalle einen Vorteil gegenüber Zeitintervallen haben, die von Abrufübung zu Abrufübung größer wurden (Karpicke & Roediger, 2007). Bei kürzeren Behaltensintervallen von beispielsweise einer halben Stunde könnten jedoch zeitlich größer werdende Intervalle einen Vorteil haben (z. B. Bjork, 1975; Landauer & Bjork, 1978; Wallner et al., in Druck).

An dieser Stelle ist jedoch noch unklar, weshalb der Testeffekt überhaupt auftritt. Über die Jahre wurde eine Vielzahl an Theorien entwickelt, die ihren Fokus auf unterschiedlichste Wirkmechanismen legten. Einige Forschende fokussierten sich dabei beispielsweise auf den Abruf und die Abrufschwierigkeit (z. B. Bjork, 1975; Bjork & Bjork, 1992). Mit dem verteilungsbasierten Bifurkationsmodell (Halamish & Bjork, 2011; Kornell et al., 2011) wurde dann ein anderer Blickwinkel eröffnet. Nach diesem Modell erzeugen initiale Tests eine aufgegabelte Verteilung der gelernten Inhalte. So werden erfolgreich abgerufene Inhalte massiv gestärkt, wohingegen nicht abgerufene Inhalte nicht gestärkt werden. Bei erneutem Lernen werden alle Inhalte gestärkt, aber dies erfolgt in einem geringeren Ausmaß als bei den abgerufenen Inhalten bei der Abrufübung. Dieser Unterschied erklärt – zusammen mit ein paar weiteren, teilweise eher technischen Annahmen – den Vorteil von Abrufübung gegenüber erneutem Lernen.

In den letzten Jahren erfuhr der semantische Elaborationserklärungsansatz (Carpenter, 2009, 2011) immer mehr an Aufmerksamkeit. Unter Elaboration ist zu verstehen, dass zusätzliche Eigenschaften für die Gedächtnisrepräsentationen mit eingespeichert werden, um das gelernte Material möglichst gut zu organisieren und damit später leichter

abrufen zu können (siehe z. B. Hunt, 2012; Nairne, 2006). Bei solchen zusätzlichen Eigenschaften kann es sich um semantische Eigenschaften handeln. Wenn beispielsweise das Wort „Ei“ abgerufen werden soll und hierfür ein assoziierter Hinweisreiz wie „Bauernhof“ präsentiert wird, dann werden mehrere mit diesem Hinweisreiz assoziierte Wörter, wie „Kuh“, „Getreide“ oder „Stall“ ebenfalls aktiviert. Bei einem weiteren, zukünftigen Test können diese semantischen Assoziationen dann als Abrufrouten dienen und den Abruf erleichtern. Bei wiederholtem Lernen werden hingegen kaum weitere Abrufrouten geschaffen, da nicht nach dem spezifischen Wort gesucht werden muss. Ähnlich verhält es sich bei eher stark assoziierten Hinweisreizen, wie beispielsweise „Henne“, welche im Vergleich zu beispielsweise „Lebensmittel“ weniger neue Abrufrouten erzeugt. Die Abrufübungseffekte werden nach dem semantischen Elaborationserklärungsansatz (Carpenter, 2009, 2011) schließlich darauf zurückgeführt, dass beim Abruf im Vergleich zu erneutem Lernen mehrere assoziierte Wörter generiert werden, welche als Abrufrouten dienen und den Abruf somit erleichtern können.

Mit dem episodischen Kontexterklärungsansatz (Karpicke et al., 2014) wurde der Fokus schließlich verstärkt auf die Rolle des Kontexts gerichtet. Es wird angenommen, dass die Inhalte beim Lernen unter Einbezug der vorliegenden kontextuellen Gegebenheiten eingespeichert werden (siehe z. B. Mensink & Raaijmakers, 1989; Shiffrin & Steyvers, 1997). Der episodische Kontexterklärungsansatz betont hierbei vor allem die Rolle des temporalen Kontexts, d. h. das zu einer bestimmten Zeit vorliegende mentale Aktivierungsmuster einer Person, welches sich aus den verschiedensten Kontextreizen zusammensetzt (siehe Bäuml, 2019, für einen Überblick). Dieser temporale Kontext fluktuiert frei über die Zeit (Bower, 1972; Estes, 1955) und führt dazu, dass sich der temporale Kontext zum Zeitpunkt der Abrufübung von dem temporalen Kontext zum Zeitpunkt des initialen Lernens unterscheidet. Um den Abruf jetzt erleichtern zu können, versuchen die Versuchspersonen den temporalen Kontext wiederherzustellen, der bei der initialen Lernphase vorlag. Dieser wiederhergestellte temporale Kontext dient dann als Hinweisreiz und kann den weiteren Abruf erleichtern (Lehman & Malmberg, 2013). Wenn ein Inhalt in einem Kontext *A* gelernt wurde, und dieser Inhalt dann zum Zeitpunkt der Abrufübung in einem neuen Kontext *B* erfolgreich abgerufen wurde, dann wird die mit diesem Inhalt assoziierte Kontextrepräsentation aktualisiert und beinhaltet somit die Eigenschaften des Kontexts *A* und nun auch die Eigenschaften des Kontexts *B*, was die zukünftige Abrufwahrscheinlichkeit erhöht (z. B. Siegel & Kahana, 2014). Beim finalen Test

versuchen Versuchspersonen erneut den Kontext wiederherzustellen. Bei der Suche nach passenden Hinweisreizen können sie auf die aktualisierten Kontexteigenschaften zurückgreifen, was ihre Suchprozesse nach potentiellen Hinweisreizen auf eine kleinere Menge einschränkt (Raaijmakers & Shiffrin, 1981). Dies erleichtert schließlich den Abruf.

Die Forschung der letzten 100 Jahre hat sich viel mit diesen förderlichen Auswirkungen von Abrufübung auf das geübte Material beschäftigt. Da sich dieser Testeffekt auf das alte und bereits geübte Material bezieht, wurde er in der Literatur auch als rückwärtsgerichteter Testeffekt bezeichnet (siehe z. B. Pastötter & Bäuml, 2014). Innerhalb der letzten 15 Jahre wurde jedoch auch verstärkt zu einem verwandten Gedächtnisphänomen geforscht. Hierbei mussten die Versuchspersonen z. B. nacheinander fünf verschiedene Wortlisten lernen (siehe z. B. Szpunar et al., 2008). Zwischen zwei Wortlisten – das bedeutet zwischen Wortliste 1 und 2, 2 und 3, 3 und 4, 4 und 5 – musste stets ein und derselbe Aufgabentyp absolviert werden. So lösten Versuchspersonen zwischen den Wortlisten entweder immer neutrale Distraktoraufgaben oder sie sollten immer die Wörter der vorangegangenen Liste erneut lernen, indem diese Wörter noch einmal präsentiert wurden, oder sie sollten immer die Wörter der vorangegangenen Liste frei abrufen. Nach dem Lernen der fünften Liste folgte jedoch kein solcher Aufgabentyp, sondern die fünfte Wortliste wurde bei allen Versuchspersonen direkt abgeprüft. Die Erinnerungsraten in diesem kritischen Test stellten auch die relevanten Erinnerungsraten dar. Als Ergebnismuster zeigte sich, dass die Versuchspersonen in der Bedingung mit den Abrufübungen deutlich höhere Erinnerungsraten und weniger Intrusionen aus den Listen 1 bis 4 produzierten als Versuchspersonen, die nur Distraktoraufgaben gelöst oder erneut gelernt haben. Die Abrufübung der älteren Inhalte hat sich somit förderlich auf den Abruf von neuen und noch nicht geübten Inhalten ausgewirkt (Szpunar et al., 2008). Dieses Gedächtnisphänomen wird seitdem als der vorwärtsgerichtete Testeffekt bezeichnet (Pastötter & Bäuml, 2014).

Ähnlich wie beim rückwärtsgerichteten Testeffekt handelt es sich bei dem vorwärtsgerichteten Testeffekt um eine recht robuste Beobachtung. In Bezug auf Wortlisten konnte nachgewiesen werden, dass der Effekt auch bei einer unterschiedlichen Anzahl an Wortlisten auftritt und unabhängig davon ist, ob die Wörter verwandt sind oder nicht (z. B. Bäuml & Kliegl, 2013; Nunes & Weinstein, 2012). Auch bei den unterschiedlichsten Materialen trat er auf, zu welchen beispielsweise Paarassoziationen (Weinstein et al., 2011), Prosatexte (Wissman et al., 2011; Zhou et al., 2015) oder Lehrvideos (Jing et al.,

2016; Szpunar et al., 2013) zählten. Der vorwärtsgerichtete Testeffekt scheint sich auch in den verschiedensten Populationen zu zeigen, da er in den unterschiedlichsten Altersgruppen (Aslan & Bäuml, 2016; Pastötter & Bäuml, 2019) oder bei klinisch relevanten Patienten (Pastötter et al., 2013) gefunden wurde.

In Kombination betrachtet stellen der vorwärtsgerichtete und der rückwärtsgerichtete Testeffekt somit relativ robuste und generalisierte Gedächtnisphänomene dar. Sie verdeutlichen, dass sich Abrufübung förderlich auf altes und bereits geübtes Material auswirkt (rückwärtsgerichteter Testeffekt) und dass Abrufübung aber auch förderlich für die Erinnerung an neues und noch nicht geübtes Material sein kann (vorwärtsgerichteter Testeffekt). Einen bedeutsamen Aspekt gilt es hier jedoch hervorzuheben. Bei der Abrufübung handelt es sich in beiden Fällen um einen nicht selektiven und vollständigen Abruf. Das bedeutet, dass sich die Versuchspersonen bei der Abrufübung an alle Inhalte erinnern sollen. Im Alltag ist diese Abrufübung jedoch oft selektiv und nicht vollständig. So ist es denkbar, dass Schüler*innen in der Prüfungsvorbereitung nur eine Teilmenge der gelernten Informationen noch einmal üben und die nicht geübten Inhalte erst später bei der Prüfung abrufen können. An dieser Stelle stellt sich die Frage, wie sich die Abrufübung einer Teilmenge auf den späteren Abruf der nicht geübten Inhalte auswirken kann. Dieser Aspekt wird im Folgenden näher betrachtet.

2.2 Selektiver Abruf von Gedächtnisinhalten

Zur Untersuchung der Effekte von selektivem Abruf auf die Erinnerungsleistung der nicht geübten Inhalte werden heutzutage zwei Paradigmen verwendet. Bei dem ersten und historisch älteren Paradigma handelt es sich um die sogenannte Output-Interferenz-Aufgabe (Roediger, 1978; Tulving & Arbuckle, 1963, 1966). Versuchspersonen lernen hierbei kategorisiertes Material, welches später abgeprüft wird. Beim Test werden dann die Kategoriennamen als Hinweisreize vorgegeben, um die Abrufreihenfolge kontrollieren zu können und somit den Einfluss des Abrufs vorheriger Inhalte auf den Abruf der später folgenden Inhalte untersuchen zu können. Eine Variante der Output-Interferenz-Aufgabe stellt die Output-Order-Aufgabe dar (z. B. Bäuml & Samenieh, 2010, 2012). Hierbei werden unverwandte Inhalte gelernt und beim Test werden die Anfangsbuchstaben des gesuchten Inhalts präsentiert. Typischerweise zeigt sich bei beiden Aufgaben,

dass die Abrufwahrscheinlichkeit eines Inhalts mit zunehmender Position in der Testsequenz abnimmt. Der vorherige selektive Abruf von Inhalten beeinträchtigt somit die Erinnerungsleistung der später abgeprüften Inhalte, was als sogenannte Output-Interferenz bezeichnet wird (z. B. Roediger, 1974; Roediger & Schmidt, 1980). Die genannten Studien lieferten damit erste Hinweise, dass selektiver Abruf im Gegensatz zum nicht selektiven, vollständigen Abruf die Erinnerungsleistung eher beeinträchtigen kann.

Das zweite und historisch neuere Paradigma zur Untersuchung des Einflusses von selektivem Abruf ist das sogenannte Abrufübungsparadigma (Anderson et al., 1994). Die Versuchspersonen lernen hierbei eine kategorisierte Wortliste, welche sich aus unterschiedlichen Kategorien und dazugehörigen Exemplaren zusammensetzt (z. B. LEDER – Sattel, LEDER – Handschuhe, HOBBY – Radfahren, HOBBY – Tennis). Anschließend folgt eine Abrufübungsphase, in welcher die Personen die Hälfte an Exemplaren aus der Hälfte der Kategorien abrufen sollen. Hierfür werden ihnen jeweils der Kategorienname und der Wortstamm des zu ergänzenden Exemplars als Hinweisreiz präsentiert (z. B. LEDER – Sat_____). Diese Abrufübung führt zu einer Aufteilung der Inhalte in geübte Inhalte von geübten Kategorien (z. B. LEDER – Sattel), nicht geübte Inhalte von geübten Kategorien (z. B. LEDER – Handschuhe) und nicht geübte Inhalte von nicht geübten Kategorien (z. B. HOBBY – Radfahren). Beim finalen Test werden alle Inhalte abgeprüft, indem der Kategorienname und der Anfangsbuchstabe des gesuchten Exemplars präsentiert werden (z. B. LEDER – H_____, HOBBY – T_____). Bei den Ergebnissen zeigt sich typischerweise, dass die Erinnerung an geübte Inhalte von geübten Kategorien höher ist als die Erinnerung an nicht geübte Inhalte von nicht geübten Kategorien. Dieser Befund unterstreicht die förderliche Wirkung von Abrufübung auf den später folgenden Abruf der geübten Inhalte und weist damit starke Parallelen zum rückwärtsgerichteten Testeffekt auf (siehe z. B. Carrier & Pashler, 1992; Hogan & Kintsch, 1971; für einen Überblick, siehe Roediger & Butler, 2011). Hinsichtlich der Erinnerungsleistung der nicht geübten Inhalte von geübten Kategorien bewirkt die Abrufübung bemerkenswerterweise jedoch einen hinderlichen Effekt, da die Erinnerungsraten der nicht geübten Inhalte von geübten Kategorien geringer ausfallen als die Erinnerungsraten der nicht geübten Inhalte von nicht geübten Kategorien. Dieser Befund bleibt auch bestehen, wenn die Abrufreihenfolge beim Test kontrolliert wird, indem zuerst die nicht geübten Inhalte von geübten Kategorien abgeprüft werden (für ähnliche Ergebnisse, siehe z. B. Bäuml & Aslan, 2004;

Staudigl et al., 2010). Die Ursache des Effekts kann daher nicht primär auf Output-Interferenz Effekte zurückgeführt werden, sondern eher auf die Abrufübung an sich. Die bemerkenswerte Beobachtung, dass selektiver Abruf sich hinderlich auf den späteren Abruf von nicht geübten Inhalten auswirken kann, wird seitdem als abrufinduziertes Vergessen bezeichnet (für Überblicke, siehe Anderson, 2003; Bäuml & Kliegl, 2017).

Abrufinduziertes Vergessen stellte sich über die Jahre als ein ebenfalls robustes Gedächtnisphänomen heraus. So konnte es nicht nur bei den ursprünglich verwendeten Kategorie-Exemplar-Paaren aufgefunden werden (z. B. Anderson et al., 1994; Bäuml, 2002; Bäuml & Hartinger, 2002), sondern beispielsweise auch bei autobiografischen Erinnerungen (z. B. Barnier et al., 2004) oder bei Bildern und Videos (z. B. Ford et al., 2004). Auch scheint abrufinduziertes Vergessen nicht nur auf spezifische Abrufformate beschränkt zu sein, denn es lässt sich mit einer Bandbreite an unterschiedlichsten Testformaten erfassen (z. B. Cuc et al., 2007; Dobler & Bäuml, 2013; Hicks & Starns, 2004; Shivde & Anderson, 2001; Veling & van Knippenberg, 2004). Des Weiteren handelt es sich um ein Gedächtnisphänomen, das bei verschiedenen Populationen nachgewiesen werden konnte (z. B. Aslan et al., 2007; Moulin et al., 2002). Auch wenn es Faktoren gibt, die das Auftreten und das Ausmaß des Effekts beeinflussen können (für einen Überblick, siehe Bäuml & Kliegl, 2017), erwies es sich somit als ein recht robustes Phänomen, dass selektiver Abruf den später folgenden Abruf von nicht geübten Inhalten beeinträchtigen kann.

Als zugrundeliegender Wirkmechanismus von abrufinduziertem Vergessen wurden ursprünglich Blockadeprozesse angenommen (Roediger, 1973; Rundus, 1973). So führt in der Output-Interferenz-Aufgabe der Abruf der früher in der Testsequenz vorkommenden Inhalte dazu, dass die Gedächtnisrepräsentationen dieser abgerufenen Inhalte gestärkt werden. Die Abrufwahrscheinlichkeit der später folgenden Inhalte ist im Vergleich zu den früher abgeprüften Inhalten damit reduziert und der Abruf der Inhalte wird beeinträchtigt. Dieser Erklärungsansatz kann auch für die Erinnerungseinbußen der nicht geübten Inhalte in der Abrufübungsaufgabe herangezogen werden (z. B. Verde, 2013). Bei diesem Paradigma findet eine Abrufübung zwischen initialem Lernen und finalem Test aller gelernten Inhalte statt. Bei der Abrufübung werden einige Inhalte selektiv geübt, was zu einer Stärkung der Gedächtnisrepräsentationen dieser Inhalte führt. Beim später

folgenden Test werden alle Inhalte abgeprüft, wobei zuerst die nicht geübten Inhalte getestet werden. Der Abruf dieser Inhalte ist im Vergleich zu den geübten (gestärkten) Inhalten dann erschwert.

Ein neuer Erklärungsansatz führt die Erinnerungseinbußen für die nicht geübten Inhalte auf sogenannte Inhibitionsprozesse zurück (Anderson & Spellman, 1995; Anderson et al., 1994). So konkurrieren beim selektiven Abruf alle gelernten Inhalte darum, abgerufen zu werden. Damit jedoch der gewünschte Inhalt gezielt abgerufen werden kann, wird das Interferenzpotential der Konkurrenz reduziert, indem deren Gedächtnisrepräsentationen hierfür zweckmäßig inhibiert werden. Das bedeutet, dass der Zugang zu diesen Informationen gezielt beeinträchtigt wird und somit der Abruf erschwert wird.

Rupprecht und Bäuml (2016) integrierten sowohl Blockade- als auch Inhibitionsprozesse in ihrem Erklärungsansatz. Diesem Ansatz zufolge wirken während des selektiven Abrufs vorwiegend Inhibitionsprozesse, wohingegen beim finalen Test zusätzlich noch Blockadeprozesse wirken können. Das Ausmaß der Beteiligung der Prozesse hängt dabei vom Testformat im finalen Test ab. So kann die zusätzliche Beteiligung von Blockadeprozessen in Tests größer sein, in welchen eher viel Raum für Interferenzen möglich ist, wie es beispielsweise beim freien Abruf der Fall wäre. Wenn jedoch wenig Raum für Interferenzen vorliegt, wie es beispielsweise beim Wiedererkennen der Fall wäre, dann sollte die Beteiligung von zusätzlichen Blockadeprozessen eher gering bis kaum vorhanden sein (Rupprecht & Bäuml, 2016; für einen weiteren, nicht inhibitorischen Ansatz, siehe Jonker et al., 2013).

Durch die gesamten Ausführungen zum Thema Gedächtnisabruf wurde nun deutlich, dass sich Abruf aus dem Gedächtnis förderlich oder hinderlich auf den weiteren Abruf auswirken kann. Förderliche Einflüsse konnten beobachtet werden, wenn die Abrufübung nicht selektiv und vollständig war. In solchen Fällen konnte die Abrufübung die Erinnerung an das bereits geübte Material (rückwärtsgerichteter Testeffekt) oder die Erinnerung an neues, noch nicht geübtes Material (vorwärtsgerichteter Testeffekt) verbessern. Hinderliche Einflüsse wurden jedoch aufgefunden, wenn die Abrufübung selektiv erfolgte und nur eine Teilmenge bereits gelernter Informationen geübt wurde. In solchen Fällen erschwerte die Abrufübung den Abruf der nicht geübten Informationen (abrufinduziertes Vergessen).

3. Förderlicher Effekt von selektivem Gedächtnisabruf

3.1 Evidenz für einen förderlichen Effekt

Die bisher aufgezeigte Befundlage konnte eindrücklich abbilden, dass sich selektiver Gedächtnisabruf hinderlich auf die Erinnerung an die nicht geübten Inhalte auswirken kann. Beispiele aus dem Alltag widersprechen jedoch eher dem Phänomen, dass vorangegangener Abruf den folgenden Abruf weiterer Informationen erschwert. Beispielsweise könnte sich ein Freund über eine lang vergangene Auslandsreise erkundigen und möchte erfahren, was man währenddessen alles erlebt hat. Da die Reise jedoch schon sehr lange zurückliegt, kann man sich meist an nur wenige Inhalte erinnern, da die Gedächtnisinhalte in der Zwischenzeit typischem zeitabhängigem Vergessen unterlagen. Wenn der Freund jedoch gezielte und spezifische Fragen stellt (z. B. wie teuer das Hotel war), dann kann diese Form von selektivem Abruf dazu führen, dass man sich an immer mehr Details der Reise erinnert, welche sonst nicht mehr abrufbar gewesen wären. Aus intuitiver Sicht scheint es somit möglich, dass selektiver Abruf den weiteren Abruf von Informationen auch erleichtern kann.

Erste empirische Hinweise für die Existenz eines förderlichen Einflusses von selektivem Abruf auf den Abruf nicht geübter Inhalte lieferte die Studie von Bäuml und Samenieh (2010). Die Forschenden untersuchten den Einfluss von selektivem Abruf im Rahmen des Paradigmas des gerichteten Vergessens (Bjork et al., 1968). In diesem Paradigma lernen Versuchspersonen nacheinander zwei Wortlisten und erhalten nach der ersten Wortliste die Instruktion, die erste Liste zu vergessen (Vergessenshinweis) oder sich die erste Liste weiterhin zu merken (Merkehinweis). Nach dem Lernen der zweiten Liste wird unabhängig von der vorherigen Instruktion die Wörter der ersten Liste abgeprüft. Als typisches Ergebnismuster zeigt sich hierbei, dass die Erinnerung an die Wörter nach einem Vergessenshinweis deutlich geringer ist als nach einem Merkehinweis. Bäuml und

Samenieh (2010) verwendeten beim Test die Output-Order-Aufgabe und untersuchten, ob sich je nach Instruktion (Vergessenshinweis oder Merkehinweis) der selektive Abruf von Wörtern unterschiedlich auf den Abruf der anschließend folgenden Wörter auswirkte. Bei den Ergebnissen zeigte sich, dass nach einem Merkehinweis und ohne selektives Abrufen die Erinnerung an die Wörter höher war als nach einem Vergessenshinweis. Wenn jedoch nach einem Merkehinweis selektiv abgerufen wurde, dann nahm die Erinnerungsleistung der Wörter ab, je mehr Wörter vorher selektiv abgerufen wurden. In der Versuchsbedingung mit einem Vergessenshinweis zeigte sich aber das gespiegelte Muster. Das bedeutete, dass mit zunehmender Anzahl an vorher selektiv abgerufenen Wörtern auch die Erinnerungsleistung der nachfolgend abgeprüften Wörter zunahm. Dieser Befund zeigte somit zum ersten Mal auf, dass sich nach einem Vergessenshinweis der vorherige selektive Abruf förderlich auf das anschließend noch zu prüfende Material auswirken kann.

Nach diesem ersten Beleg für einen förderlichen Effekt von selektivem Abruf im Paradigma des gerichteten Vergessens wurde untersucht, ob sich der Effekt auch bei anderen Formen von Vergessen nachweisen lässt. So untersuchten Bäuml und Samenieh (2012) als Nächstes, inwiefern sich selektiver Abruf bei kontextabhängigem Vergessen auf die Erinnerungsleistung auswirkt, wenn zwischen dem Lernen von zwei Wortlisten kontextuelle Veränderungen eintreten. In dem Experiment wurde ein internaler Kontextwechsel durch eine Imaginationsaufgabe ausgelöst (siehe Sahakyan & Kelley, 2002), bei welcher sich die Versuchspersonen vorstellen sollten unsichtbar zu sein und sich zu überlegen, was sie dann tun würden. Die Erinnerungsleistung in dieser Bedingung wurde mit einer Bedingung verglichen, in welcher Versuchspersonen eine Rechenaufgabe lösen sollten, welche typischerweise wenig kontextuelle Veränderungen erzeugen sollte (Klein et al., 2007). Wenn nicht selektiv abgerufen wurde, dann zeigten sich nach der Imaginationsaufgabe geringere Erinnerungsraten als nach der Rechenaufgabe, was typisches kontextabhängiges Vergessen demonstrierte (Sahakyan & Kelley, 2002). Wenn selektiv abgerufen wurde, dann wirkte sich selektiver Abruf je nach Aufgabe unterschiedlich auf die Erinnerungsleistung aus. So führte selektiver Abruf nach der Rechenaufgabe zu einer geringeren Erinnerungsleistung, als wenn kein selektiver Abruf stattfand. Bemerkenswerterweise bewirkte selektiver Abruf nach der Imaginationsaufgabe den gegenteiligen Effekt, indem mit selektivem Abruf höhere Erinnerungsleistungen erzielt wurden als ohne selektiven Abruf. Diese nennenswerte Beobachtung hob somit hervor, dass sich

nach einer kontextuellen Veränderung der selektive Abruf ebenfalls förderlich auf den weiteren Abruf auswirken kann. Es ergaben sich damit Hinweise darauf, dass selektiver Abruf neben dem gerichteten Vergessen auch bei kontextabhängigem Vergessen förderliche Effekte mit sich bringen kann.

Als letzter Bestandteil dieser Experimentalreihe untersuchten Bäuml und Schlichting (2014), ob auch bei zeitabhängigem Vergessen förderliche Effekte selektiven Abrufs aufgefunden werden könnten. Hierfür verglichen sie die Erinnerungsraten mit und ohne selektiven Abruf nach einem kurzen Behaltensintervall von ein paar Minuten und nach einem langen Behaltensintervall von 48 Stunden. Nach dem kurzen Behaltensintervall führte vorheriger selektiver Abruf dazu, dass der Abruf der weiteren Inhalte beeinträchtigt wurde, resultierend in geringeren Erinnerungsraten als ohne vorheriges selektives Abrufen. Nach dem langen Behaltensintervall konnte jedoch selektiver Abruf einen förderlichen Effekt für die noch zu prüfenden Inhalte erzielen. Dieses Experiment konnte somit initial aufzeigen, dass selektiver Abruf auch bei zeitabhängigem Vergessen einen förderlichen Einfluss auf die Erinnerungsleistung haben kann.

Die gesamte Experimentalserie von Bäuml und Kollegen konnte damit belegen, dass unter bestimmten Gegebenheiten eben nicht abrufinduziertes Vergessen auftritt, sondern selektiver Abruf auch einen förderlichen Einfluss auf den weiteren Gedächtnisabruf haben kann. Dies traf bei gerichtetem Vergessen (Bäuml & Samenieh, 2010), kontextabhängigem Vergessen (Bäuml & Samenieh, 2012) und zeitabhängigem Vergessen zu (Bäuml & Schlichting, 2014). Seit diesen Entdeckungen wurde das Gedächtnisphänomen in den folgenden Jahren verstärkt untersucht. So wurde der Effekt primär mit der Output-Order-Aufgabe (z. B. Abel & Bäuml, 2015; Aslan & Bäuml, 2014; Bäuml & Samenieh, 2010, 2012; Bäuml & Schlichting, 2014; Wallner & Bäuml, 2017; Wirth & Bäuml, 2020) und in einigen wenigen Fällen auch mit der Abrufübungsaufgabe nachgewiesen (Bäuml & Dobler, 2015; Bäuml & Wallner, 2020; Dobler & Bäuml, 2012). Hinsichtlich des Lernmaterials wurde der Effekt bei Wortlisten (z. B. Aslan & Bäuml, 2014; Bäuml & Dobler, 2015; Dobler & Bäuml, 2012; Wallner & Bäuml, 2017) und darüber hinaus auch bei kategorisiertem Wortmaterial (z. B. Bäuml & Wallner, 2020; Wirth & Bäuml, 2020) und sogar komplexem Material in Form von Prosatexten aufgefunden (Bäuml & Schlichting, 2014; Wallner & Bäuml, 2017). Des Weiteren tritt der förderliche Effekt selektiven Abrufs nicht nur beim individuellen Abruf auf, sondern kann auch in

Konstellationen nachgewiesen werden, in welchen soziale Gruppen gemeinsam Informationen abrufen (Abel & Bäuml, 2015).

Neben diesen generalisierenden Faktoren wurden auch Faktoren identifiziert, die das Auftreten und das Ausmaß des förderlichen Effekts von selektivem Abruf modulieren können. Bezüglich des Auftretens konnte festgestellt werden, dass nicht bei allen Altersgruppen der förderliche Effekt beobachtet werden konnte. So konnten im Kindesalter erst Schüler*innen in der siebten Klasse von dem förderlichen Effekt profitieren, wohingegen der Effekt bei Schüler*innen der zweiten und vierten Klasse noch nicht aufgefunden werden konnte (Aslan & Bäuml, 2014). Zudem scheint es, dass der förderliche Effekt altersabhängig ist und mit zunehmendem Alter geringer wird (siehe Aslan et al., 2015). Das Ausmaß des Effekts kann zum einen durch die Anzahl an vorher abgerufenen Inhalten beeinflusst werden, sodass mehr abzurufende Inhalte einen größeren Effekt hervorrufen (Bäuml & Samenieh, 2010). Außerdem konnte beobachtet werden, dass Versuchspersonen mit höherer Arbeitsgedächtniskapazität mehr von einem selektiven Abruf profitieren konnten (Schlichting et al., 2015). Ein weiterer Faktor stellt das Format der Wiederholung dar. So ist der förderliche Effekt im Gegensatz zu abrufinduziertem Vergessen nicht abrufspezifisch und lässt sich daher auch bei selektivem erneutem Lernen nachweisen (Bäuml & Dobler, 2015), wobei das Ausmaß des Effekts mit dem Format der Wiederholung variiert (siehe Bäuml & Dobler, 2015; Wallner & Bäuml, 2017; genaueres hierzu später in Kapitel 5). Der förderliche Effekt von selektivem Abruf auf den Abruf der nicht geübten Inhalte etablierte sich damit in der Gedächtnisforschung als ein relativ robustes Phänomen und steht damit dem ebenfalls vielfach replizierten Phänomen gegenüber, dass selektiver Abruf den weiteren Abruf von Inhalten erschweren kann (abrufinduziertes Vergessen). Im nächsten Abschnitt wird daher thematisiert, weshalb unterschiedliche Effekte von selektivem Abruf zu beobachten sind.

3.2 Die Rolle des Kontexts

Hinderliche und förderliche Effekte von selektivem Abruf konnten bereits mehrmals gemeinsam innerhalb eines Experiments nachgewiesen werden. Die Betrachtung dieser Experimente lieferte folglich Hinweise darüber, unter welchen Umständen eher ein hinderlicher oder eher ein förderlicher Effekt zu erwarten ist. Hinderliche Effekte zeigten sich

nach einem Merkehinweis (z. B. Bäuml & Samenieh, 2010), nach einer Zählaufgabe (z. B. Bäuml & Samenieh, 2012) und nach einem kurzen Behaltensintervall zwischen Lernen und selektivem Abruf (z. B. Bäuml & Schlichting, 2014). Innerhalb derselben Experimente zeigten sich jedoch förderliche Effekte nach einem Vergessenshinweis, nach einem internalen Kontextwechsel durch eine Imaginationsaufgabe und nach einem langen Behaltensintervall. Diese experimentellen Manipulationen müssten demnach einen entscheidenden Einfluss darauf gehabt werden, welcher Effekt jeweils beobachtet werden konnte. Eine bedeutsame Gemeinsamkeit des Vergessenshinweises mit einerseits der Imaginationsaufgabe und andererseits mit dem langen Behaltensintervall ist, dass mit diesen experimentellen Manipulationen kontextuelle Veränderungen hervorgerufen werden können. So kann ein Vergessenshinweis, ähnlich wie eine Imaginationsaufgabe, möglicherweise einen internalen Kontextwechsel bewirken (Sahakyan & Kelley, 2002). Solch ein internaler Kontextwechsel kann aber ebenso ganz natürlich während eines langen Behaltensintervalls auftreten (siehe Abschnitt 1.2). Diese kontextuellen Veränderungen führen schließlich dazu, dass sich der Kontext zum Zeitpunkt der Testphase von dem ursprünglichen Kontext zum Zeitpunkt der Lernphase unterscheidet (z. B. Estes, 1955; Mensink & Raaijmakers, 1988). Nach dem Prinzip der Enkodierspezifität (Thomson & Tulving, 1970; Tulving & Thomson, 1973) ist die Erinnerungsrate im Test umso höher, je stärker sich der Kontext zum Lernzeitpunkt mit dem Kontext zum Testzeitpunkt überlappt. Da sich aber nach diesen experimentellen Manipulationen die Kontexte stark unterscheiden sollten, erscheint es zunächst unklar, weshalb ein förderlicher Effekt überhaupt auftritt. Eine ausschlaggebende Rolle könnte in diesem Rahmen der vorherige selektive Abruf spielen. Dieser Aspekt wurde mit dem Zwei-Faktoren-Erklärungsansatz (Bäuml, 2019; Bäuml & Samenieh, 2012) initial aufgegriffen.

Der Zwei-Faktoren-Erklärungsansatz (Bäuml, 2019; Bäuml & Samenieh, 2012) bietet eine allgemeine Erklärung, warum selektiver Abruf hinderliche als auch förderliche Effekte hervorrufen kann. Grundsätzlich wird angenommen, dass durch selektiven Abruf mehrere Prozesse gleichzeitig ausgelöst werden. Einerseits handelt es sich dabei um Inhibitions- und Blockadeprozesse, welche bereits zur Erklärung des abrufinduzierten Vergessens herangezogen wurden (z. B. Anderson et al., 1994; Rupprecht & Bäuml, 2016). Andererseits werden durch selektiven Abruf auch parallel Kontextreaktivierungsprozesse ausgelöst (z. B. Howard & Kahana, 2002; Raaijmakers & Shiffrin, 1981). Bei der Kontextreaktivierung ist der sogenannte temporale Kontext relevant, der als mentales

Aktivierungsmuster einer Person verstanden werden kann, welches aufgrund unterschiedlichster Kontextreize auftritt (Bäuml, 2019; Wallner & Bäuml, 2017). Wenn Versuchspersonen Inhalte lernen, dann werden diese gelernten Inhalte im Rahmen des temporalen Kontexts abgespeichert, in welchem sie gerade präsentiert wurden (Howard & Kahana, 2002; Raaijmakers & Shiffrin, 1981). Während der Zeit nach dem Lernen fluktuiert der temporale Kontext ganz natürlich (Bower, 1972; Estes, 1955), was schließlich dazu führt, dass sich der temporale Kontext zum Zeitpunkt des selektiven Abrufs von dem Kontext zum Zeitpunkt des initialen Lernens unterscheidet. Nach dem Prinzip der Enkodierspezifität (Thomson & Tulving, 1970; Tulving & Thomson, 1973) würde dies zu einer beeinträchtigen Erinnerungsleistung führen. Selektive Abrufübung eines Inhalts kann jedoch den Kontext reaktivieren, der vorherrschend war, als dieser Inhalt gelernt wurde. Dieser abgerufene Kontext kann anschließend als Hinweisreiz für den Abruf von weiteren, nicht geübten Inhalte dienen, welche bei der Lernphase in einem ähnlichen temporalen Kontext eingespeichert wurden (Howard & Kahana, 1999; Polyn & Kahana, 2008; Polyn et al., 2005). Falls sich somit geübte und nicht geübte Inhalte kontextuelle Eigenschaften teilen, die beim Lernen der Inhalte eingespeichert wurden, dann kann selektiver Abruf einen Teil des Lernkontexts der nicht geübten Inhalte reaktivieren und folglich deren Abruf erleichtern.

Diese Abruferleichterung wird begünstigt, da der selektive Abruf eine Aktualisierung des temporalen Kontexts erzeugt (Howard & Kahana, 2002; Lehman & Malmberg, 2013; Polyn et al., 2009). Wenn ein Inhalt in einem Kontext *A* gelernt wurde, und dieser Inhalt zum Zeitpunkt der Abrufübung in einem neuen Kontext *B* abgerufen wurde, dann wird die mit diesem Inhalt assoziierte Kontextrepräsentation aktualisiert und beinhaltet Eigenschaften des Kontexts *A* und auch Eigenschaften des Kontexts *B* (Lehman & Malmberg, 2013; Siegel & Kahana, 2014). Diese Kontextaktualisierung führt schließlich dazu, dass der ursprüngliche Kontext zum Zeitpunkt der Lernphase näher an den späteren Kontext des finalen Abrufs verlagert wird, was schließlich den Abruf verbessern kann (Lohnas et al., 2011).

Das Ausmaß der Beteilung von Inhibitions- und Blockadeprozessen als auch von Kontextreaktivierungsprozessen hängt entscheidend davon ab, inwiefern der Zugang zum ursprünglichen Kontext der Lernphase beeinträchtigt ist. Kaum bis keine Beeinträchtigung des Zugriffes würde vorliegen, wenn in der Zeit bis zur Testphase keine kon-

textuellen Veränderungen auftreten würden, wie es beispielsweise durch einen Merkehinweis (Bäuml & Samenieh, 2010), eine Zählaufgabe (Bäuml & Samenieh, 2012) oder durch ein kurzes Behaltensintervall (Bäuml & Schlichting, 2014) der Fall wäre. Analog ergeben sich kontextuelle Veränderungen und ein damit beeinträchtigter Kontextzugriff, wenn ein Vergessenshinweis, eine Imaginationsaufgabe oder ein längeres Behaltensintervall verwendet werden. Nach dem Zwei-Faktoren-Erklärungsansatz (Bäuml, 2019; Bäuml & Samenieh, 2012) ist bei einem nicht beeinträchtigten Zugriff auf den Lernkontext eher wenig Spielraum für Kontextreaktivierungsprozesse und es würden an dieser Stelle eher Inhibitions- und Blockadeprozesse dominieren. Der Abruf der nicht geübten Inhalte würde erschwert werden, wodurch deren Erinnerungsleistung im Vergleich zu einer Bedingung ohne selektiven Abruf deutlich geringer wäre. Bei einem beeinträchtigten Zugriff auf den Lernkontext sollten jedoch wenig Interferenzen vorherrschen und deswegen kaum Notwendigkeit an Inhibitionsprozessen bestehen. Hier sollten Kontextreaktivierungsprozesse dominieren und der reaktivierte Kontext sollte dann selbst wiederum als Hinweisreiz für den weiteren Abruf dienen und die Erinnerung an die restlichen Inhalte deutlich verbessern (Bäuml, 2019; Bäuml & Samenieh, 2012). Unter Berücksichtigung dieses eher allgemeinen Erklärungsansatzes ist es somit ersichtlich, unter welchen Umständen sich selektiver Abruf eher hinderlich oder eher förderlich auf den weiteren Abruf der restlichen Informationen auswirken kann.

3.3 Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens

Neueste Forschung konnte aufzeigen, dass eine durch selektiven Abruf erzeugte Kontextaktualisierung einen förderlichen Effekt produzieren kann, welcher sogar das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte unterbrechen kann. Dies konnte bereits in Studien mit längeren zeitlichen Verzögerungen zwischen Lernen und selektiver Übung ersichtlich werden (Abel & Bäuml, 2015; Bäuml & Dobler, 2015; Bäuml & Schlichting, 2014), jedoch wurde dieser Aspekt erst in der Studie von Wallner und Bäuml (2017) genauer betrachtet. Es wurde mittels der Output-Order-Aufgabe untersucht, wie sich die selektive Übung von Inhalten auf die Erinnerungsleistung der nicht geübten Inhalte nach Zeitintervallen von 10 min oder 30 min auswirkte. Nach dem Zeitintervall von 10 min

zeigte sich der förderliche Effekt von selektivem Abruf, das bedeutete, dass nach selektivem Abruf die Erinnerungsleistung der nicht geübten Wörter höher war als ohne vorherigen selektiven Abruf. Erstaunlicherweise war die Erinnerungsleistung nach dem selektiven Abruf fast genauso hoch wie in einer Versuchsbedingung, in welcher die Erinnerung direkt nach dem Lernen abgeprüft wurde. Der selektive Abruf und die damit einhergehende Kontextaktualisierung erzeugten damit einen Effekt, welcher nicht nur das zeitabhängige Vergessen unterbrach, sondern auch die Erinnerungsraten der nicht geübten Inhalte auf ein Niveau anhoben, als ob sie gerade erst neu gelernt wurden. Auch nach einem Zeitintervall von 30 min zeigte sich ein förderlicher Effekt von selektivem Abruf, welcher zu einer Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens führte. Die ursprünglichen Erinnerungsraten nach dem Lernen konnten hierbei nach dem selektiven Abruf jedoch nur noch teilweise erreicht werden. Auch nach Zeitintervallen von 24 h (Abel & Bäuml, 2015; Wallner & Bäuml, 2017, Experiment 3) oder 48 h (Bäuml & Dobler, 2015; Bäuml & Schlichting, 2014) konnte belegt werden, dass selektiver Abruf das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte unterbrechen und teilweise aufheben kann.

Hinsichtlich des zeitabhängigen Vergessens der geübten Inhalte konnten einige Studien zum rückwärtsgerichteten Testeffekt bereits erste Erkenntnisse liefern. Diese Studien unterschieden sich jedoch in der experimentellen Umsetzung und zwar teilweise im verwendeten Lernmaterial als auch teilweise in den genutzten Behaltensintervallen. So untersuchten Allen et al. (1969) die Erinnerung an Paarassoziationen nach einem Behaltensintervall von 24 h und Roediger und Karpicke (2006b) die Erinnerung an Prosamaterial nach einem Behaltensintervall von 2 Tagen oder 1 Woche. Wheeler et al. (2003) erfassten die Erinnerungsleistung von Wörtern nach einem Intervall von ebenfalls 2 Tagen oder 1 Woche und Toppino und Cohen (2009) erfassten die Erinnerungsleistung von Vokabeln nach einem Intervall von 2 Tagen. Bei all diesen Studien zeigte sich nach Abrufübung ein verringertes zeitabhängiges Vergessen als im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen nach erneutem Lernen. Diese Befunde weisen somit darauf hin, dass der nicht selektive, vollständige Abruf der Inhalte das zeitabhängige Vergessen dieser Inhalte sogar abschwächen kann.

3.4 Fragestellung der Experimente 1-3

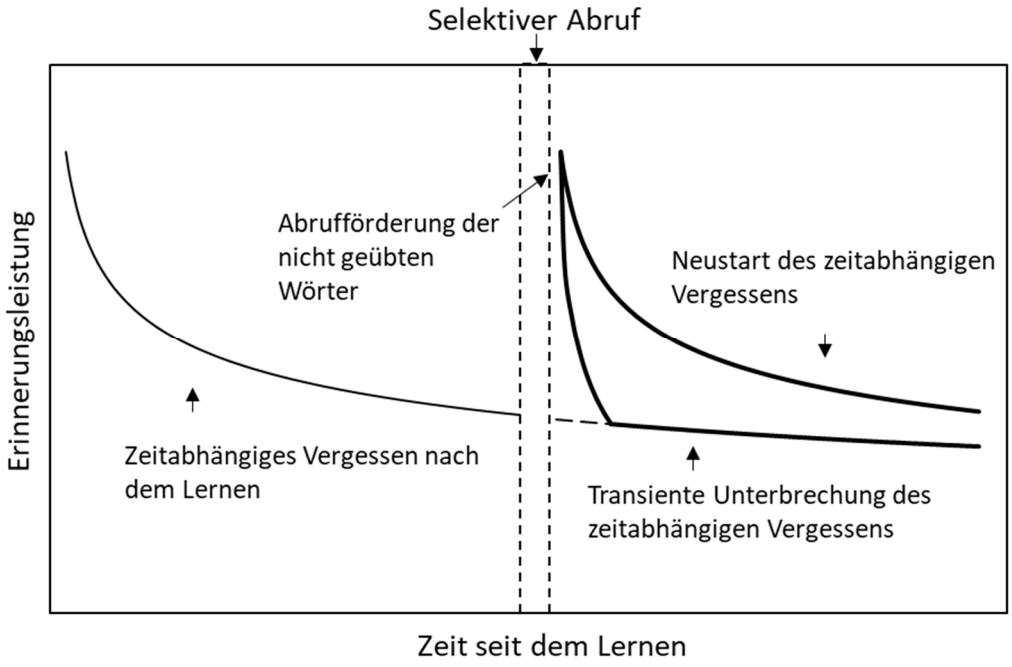
Die bisherigen Studien lieferten somit bereits einige Erkenntnisse über den Einfluss von (selektiver) Abrufübung auf das zeitabhängige Vergessen. Wenn die Abrufübung selektiv und erst nach einer zeitlichen Verzögerung nach dem initialen Lernen stattfand, so konnte das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Wörter unterbrochen werden. Dieser Befund konnte für unterschiedlichste zeitliche Verzögerungen nachgewiesen werden (siehe z. B. Bäuml & Schlichting, 2014; Wallner & Bäuml, 2017). Zudem ergaben sich sogar Hinweise darauf, dass selektive Abrufübung nach kurzen Verzögerungen von einigen Minuten das zeitabhängige Vergessen vollständig aufheben kann (Wallner & Bäuml, 2017, Experiment 2). Eine Gemeinsamkeit der Studien war, dass zwischen selektiver Übung und dem finalen Test hingegen kaum eine zeitliche Verzögerung vorlag. Um die Erkenntnisse über das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte an dieser Stelle zu erweitern, wäre es demzufolge aufschlussreich, die Erinnerungsleistung nach der Abrufübung zu mehreren Zeitpunkten zu erfassen.

Bei Betrachtung des zeitabhängigen Vergessens gelernter Inhalte ist bereits mehrfach nachgewiesen, dass die Erinnerungsraten direkt nach dem initialen Lernen typischerweise schnell absinken und dann allmählich über die Zeit immer weniger Vergessen unterliegen (z. B. Rubin & Wenzel, 1996; Slamecka & McElree, 1983; Wixted & Ebbesen, 1991). Bis zum heutigen Zeitpunkt ist jedoch unerforscht, wie der zeitliche Verlauf des zeitabhängigen Vergessens von nicht geübten Inhalten nach dem selektiven Abruf sein könnte. Selektiver Abruf könnte eine Kontextaktualisierung mit sich bringen, welche lediglich eine transiente Unterbrechung der natürlichen Fluktuation des temporalen Kontexts erzeugt (Folkerts et al., 2018), sodass der ursprüngliche Lernkontext lediglich für eine kurze Zeit nach dem selektiven Abruf zugänglich ist und die Erinnerungsleistung dann relativ zügig wieder auf ihren ursprünglichen Verlauf des Vergessens zurückkehrt. Dies würde bedeuten, dass sich die Erinnerungsraten nach dem selektiven Abruf wieder schnell der ursprünglichen Vergessenskurve annähern, welche das zeitabhängige Vergessen von gelernten Informationen direkt nach dem Lernen abbildet (siehe Abbildung 1). Der selektive Abruf könnte jedoch auch einen länger anhaltenden Effekt der Kontextaktualisierung auf das zeitabhängige Vergessen der Inhalte mit sich bringen. Wenn der Lernkontext durch effektive Kontextaktualisierung näher an den derzeitigen temporalen

Kontext geschoben wird (Lohnas et al., 2011), dann könnte der Abrufprozess dieser Inhalte neugestartet werden und einen Neustart des zeitabhängigen Vergessens bewirken. Das zeitabhängige Vergessen der Inhalte nach selektivem Abruf würde dann dem zeitabhängigen Vergessen gelernter Wörter direkt nach dem initialen Lernen entsprechen. Mit den Experimenten 1 bis 3 dieser Arbeit sollte deswegen eine erste Antwort auf die Frage geliefert werden, inwiefern die Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens durch selektiven Abruf ein eher transientes oder ein eher länger anhaltendes Phänomen reflektiert.

Abbildung 1

Hypothetisches zeitabhängiges Vergessen gelernter Wörter vor und nach selektivem Abruf



Anmerkung: Die linke Kurve zeigt zeitabhängiges Vergessen gelernter Wörter direkt nach dem Lernen, bevor selektiver Abruf stattfindet. Durch selektiven Abruf wird das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Wörter anschließend unterbrochen, da deren Erinnerungsleistung durch die Abrufübung gefördert wird. Die beiden rechten Kurven beziehen sich auf den zeitlichen Verlauf nach dem selektiven Abruf und zeigen hypothetisches zeitabhängiges Vergessen der nicht geübten Wörter. Eine Kurve bildet die Möglichkeit ab, dass die Abrufförderung lediglich einen transienten Effekt widerspiegelt und die Erinnerungsleistung zügig zum ursprünglichen Verlauf der Vergessenskurve zurückkehrt. Die andere Kurve skizziert die Alternative, dass selektiver Abruf einen Neustart des zeitabhängigen Vergessens bewirkt. Das zeitabhängige Vergessen nach dem selektiven Abruf würde damit dem zeitabhängigen Vergessen nach dem Lernen entsprechen.

Das folgende Kapitel beinhaltet die Ergebnisse von drei Experimenten, welche konzipiert wurden, um vorrangig den Einfluss von verzögertem selektivem Abruf auf das zeitabhängige Vergessen des nicht geübten Materials zu untersuchen. Zudem konnte betrachtet werden, wie sich der selektive Abruf auf das zeitabhängige Vergessen des geübten Materials auswirkt. In jedem Experiment wurde das zeitabhängige Vergessen gelernter Inhalte, deren Erinnerung direkt nach dem Lernen ohne selektiven Abruf abgeprüft

wurde, mit dem zeitabhängigen Vergessen nicht geübter und geübter Inhalte verglichen, deren Erinnerung nach dem selektiven Abruf getestet wurde. Beim selektiven Abruf konnten Versuchspersonen eine Teilmenge der Inhalte üben, indem ihnen die Anfangsbuchstaben der Wörter (Experimente 1 und 2) oder Lückensätze des originalen Textes (Experiment 3) als Hinweisreize für den Abruf präsentiert wurden. Nach dem selektiven Abruf wurden die Inhalte als geübte und nicht geübte Inhalte bezeichnet. In Experiment 1 fand der selektive Abruf 30 min nach dem Lernen statt, in Experiment 2 ereignete er sich 1.5 h oder 3 h nach dem Lernen und in Experiment 3 erfolgte er 2 h nach dem Lernen. Nach dem selektiven Abruf als auch nach dem initialen Lernen wurden die Inhalte nach unterschiedlichen zeitlichen Verzögerungen getestet, um das zeitabhängige Vergessen nach dem selektiven Abruf mit dem zeitabhängigen Vergessen nach dem Lernen in Abwesenheit von selektivem Abruf vergleichen zu können. Bei Experiment 1 handelte es sich um Verzögerungen von 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min zwischen Lernen und Test, bzw. zwischen selektivem Abruf und Test, und bei den Experimenten 2 und 3 handelte es sich um Verzögerungen von 0 min, 10 min oder 40 min.

4. Zeitabhängiges Vergessen nach selektivem Abruf

4.1 Experiment 1

Im folgenden Experiment 1 lag zwischen Lernen und selektivem Abruf eine Verzögerung von 30 min. Dieses Zeitintervall sollte zu typischem zeitabhängigem Vergessen der gelernten Inhalte führen, resultierend in geringeren Erinnerungsraten nach der Verzögerung von 30 min, als wenn die Inhalte direkt nach dem Lernen abgeprüft werden (Rubin & Wenzel, 1996; Wixted & Ebbesen, 1991). Es wurde erwartet, dass selektiver Abruf dieses zeitabhängige Vergessen dann unterbricht, indem geübte und nicht geübte Inhalte eine Abrufförderung erfahren und damit höhere Erinnerungsraten erzielen als gelernte Inhalte, welche nach der analogen Zeit aber ohne vorheriges selektives Abrufen getestet wurden. Diese Vermutung gründete auf bisherigen Erkenntnissen zu den Einflüssen von verzögertem selektivem Abruf. So kann sich dieser nach Zeitintervallen von 30 min oder 24 h (Wallner & Bäuml, 2017) bis hin zu 48 h (Bäuml & Schlichting, 2014) förderlich auf die Erinnerungsleistung auswirken. Von großer Bedeutung waren die anschließenden Untersuchungen, welche Einblicke liefern sollten, ob diese induzierte Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens ein eher transientes oder länger anhaltendes Phänomen darstellt. Wenn es sich um ein länger anhaltendes Phänomen handeln sollte, dann würde das dazu führen, dass das zeitabhängige Vergessen nicht geübter Inhalte nach dem selektiven Abruf identisch wäre zum zeitabhängigen Vergessen gelernter Inhalte direkt nach dem Lernen. Dies bedeutet dann, dass selektives Abrufen einen Neustart des Abrufprozesses der nicht geübten Inhalte bewirken und das zeitabhängige Vergessen dieser Inhalte ebenfalls neustarten würde. Wenn die Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens jedoch nur kurz anhält, dann würden die Erinnerungsraten nach der Abrufförderung relativ zügig

abfallen und sich möglicherweise dem ursprünglichen Verlauf der Vergessenskurve gelernter Inhalte annähern. Bezüglich der geübten Inhalte zeigten Befunde zu nicht selektivem, vollständigem Abruf, dass Abrufübung die Erinnerung verbessern und das zeitabhängige Vergessen der geübten Inhalte sogar abschwächen kann (Karpicke & Roediger, 2008; Kornell et al., 2011; Roediger & Karpicke, 2006b). Es wäre daher denkbar, dass sich dieser Befund auch auf den selektiven Abruf von Inhalten übertragen lässt, wenn der selektive Abruf 30 min nach dem initialen Lernen erfolgt. Unsere Forschung erweitert hier zudem die Erkenntnisse, indem ein Vergleich des zeitabhängigen Vergessens von geübten und nicht geübten Inhalten ermöglicht wird.

Methode

Ethische Berücksichtigungen. Alle berichteten Experimente wurden in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes durchgeführt.

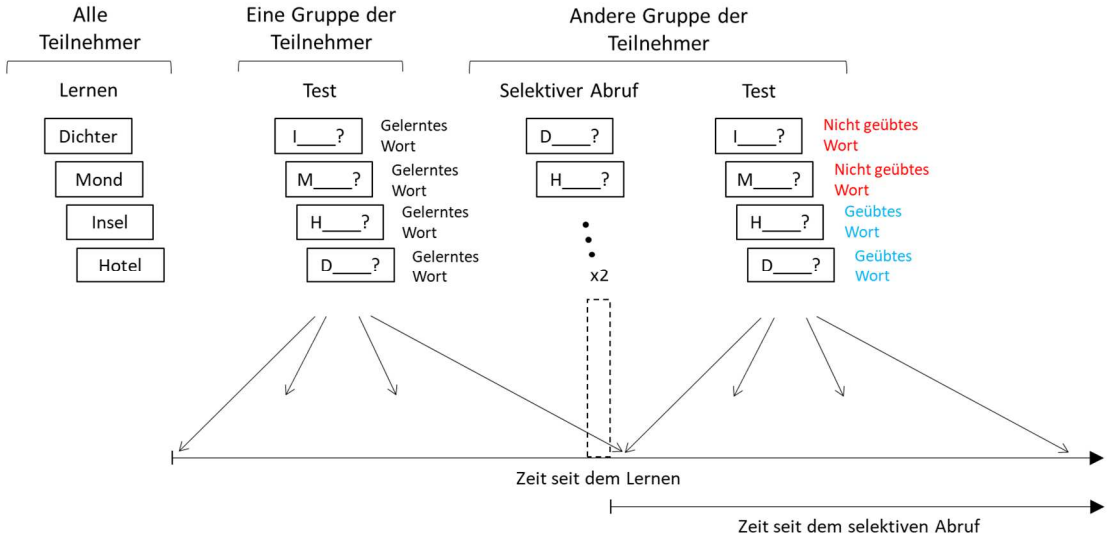
Stichprobe. Am Experiment nahmen 224 Studierende (M = 23.03 Jahre, Altersspanne = 18-32 Jahre, 77.23 % weiblich) unterschiedlicher Universitäten in Deutschland teil. Die Versuchspersonen wurden gleichmäßig auf zwei Gruppen aufgeteilt, wobei sich wiederum jede Gruppe aus vier Untergruppen mit jeweils N = 28 Versuchspersonen zusammensetzte. Die Stichprobengröße wurde auf Grundlage einer Poweranalyse (Faul et al., 2007) ermittelt, bei welcher ein alpha von 0.05, ein beta von 0.20 und eine Effektstärke d von 0.80 verwendet wurden. Die Effektstärke orientierte sich an der zu erwartenden Effektstärke von zeitabhängigem Vergessen und der zu erwartenden Effektstärke des förderlichen Einflusses von selektivem Abruf (Kliegl et al., 2019; Wallner & Bäuml, 2017). Vor dem Start des Experiments unterzeichneten alle Versuchspersonen eine Einverständniserklärung. Die Versuchspersonen wurden einzeln in einer Online-Videokonferenz getestet, welche durch die Software Zoom (Zoom Video Communications Inc., 2016) bereitgestellt wurde. Der Versuchsleiter war während des gesamten Experiments anwesend und instruierte die Versuchspersonen. Diese erhielten für ihre Teilnahme die Gutschrift von Versuchspersonenstunden im Rahmen ihres Psychologiestudiums oder wahlweise eine monetäre Entlohnung.

Material. Als Lernmaterial diente eine Wortliste aus 15 unzusammenhängenden deutschen Nomen, welche aus einer früheren Studie von Wallner und Bäuml (2017) übernommen wurden. Jedes Wort hatte dabei einen eindeutigen Anfangsbuchstaben. Die Wörter wurden als gelernte Wörter bezeichnet, wenn kein selektiver Abruf vorlag und sie wurden als geübte und nicht geübte Wörter bezeichnet, wenn hingegen ein selektiver Abruf stattfand (siehe Abbildung 2). In diesem Fall fungierten 10 Wörter als geübte Wörter und die anderen fünf Wörter als nicht geübte Wörter. Innerhalb jeder Versuchsbedingung mit selektivem Abruf diente jedes Wort als geübtes Wort für N = 18 oder N = 19 Versuchspersonen und als nicht geübtes Wort für N = 9 oder N = 10 Versuchspersonen.

Design und Versuchsablauf. Eine Gruppe der Versuchspersonen erhielt 30 min nach dem initialen Lernen die Möglichkeit, einen Teil der ursprünglich gelernten Wörter zu üben, indem sie diese abrufen sollten. Die andere Gruppe zählte stattdessen direkt nach dem Lernen für dieselbe Zeitdauer von einer dreistelligen Zahl aus rückwärts. Falls Versuchspersonen die Wörter selektiv abrufen sollten, dann lagen zwischen selektivem Abruf und dem Test Verzögerungsintervalle von 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min. Falls Versuchspersonen keine Wörter üben sollten, dann lagen dieselben vier Verzögerungsintervalle zwischen dem Rückwärtszählen und dem Test vor.

Abbildung 2

Experimentelles Design der Experimente 1 und 2



Anmerkung: Alle Versuchspersonen lernten zu Beginn des Experiments eine Wortliste. Bei einer Gruppe der Versuchspersonen wurde direkt nach dem Lernen und ohne vorheriges selektives Abrufen die Erinnerung an die gelernten Wörter abgeprüft. Verschiedene Untergruppen wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach dem Lernen getestet, um zeitabhängiges Vergessen zu erfassen. Die andere Gruppe wurde nach dem selektiven Abruf getestet, welcher 0.5 h (Experiment 1), 1.5 h (Experiment 2) oder 3 h (Experiment 2) nach dem Lernen stattfand. Beim selektiven Abruf konnten die Versuchspersonen eine Teilmenge der initial gelernten Wörter mittels zweier Abrufdurchgänge üben, wodurch sich folglich eine Aufteilung in geübte und nicht geübte Wörter ergab. Verschiedene Untergruppen wurden dann zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach dem selektiven Abruf getestet. Beim Test wurden zuerst die nicht geübten Wörter und danach die geübten Wörter abgeprüft.

Beim initialen Lernen der Wörter wurden den Versuchspersonen die Wörter einzeln und in zufälliger Reihenfolge für 6 s auf einem Bildschirm präsentiert. Die vier Verzögerungsintervalle als auch das Intervall von 30 min, welches dem selektiven Abruf vorausging, beinhalteten die Bearbeitung von neutralen Distraktoraufgaben, die keine mentalen Kontextwechsel bei den Versuchspersonen erzeugen sollten (Klein et al., 2007). Die Distraktoraufgaben setzten sich aus der Operation-Span-Aufgabe (Turner & Engle, 1989), Fehlerbildern, Kopfrechenaufgaben, Ravens progressiven Matrizen (Raven et al., 2000), Denksportaufgaben und Entscheidungsaufgaben zusammen. Die Verzögerungsintervalle von 20 min und 30 min als auch das Intervall von 30 min, welches dem selektiven Abruf vorausging, wurden in zwei, bzw. drei 10-minütige Intervalle unterteilt. Für

jedes 10-minütige Intervall wurde zufällig eine der sechs Aufgaben ausgewählt. Nach dem Ziehen einer Aufgabe stand diese Distraktoraufgabe dann für die Versuchspersonen im weiteren Verlauf des Experiments als erneute Aufgabe nicht mehr zur Verfügung (≙ Ziehen ohne Zurücklegen). Folglich bearbeitete keine Versuchsperson dieselbe Aufgabe für länger als 10 min.

Beim selektiven Abruf konnten die Versuchspersonen eine Teilmenge der initial gelernten Wörter mittels zweier aufeinanderfolgender Abrufdurchgänge üben. Innerhalb jedes Durchgangs sollten sie 10 der 15 Wörter abrufen. Dabei wurde ihnen jeweils zufällig der Anfangsbuchstabe eines Wortes für 6 s als Hinweisreiz präsentiert und ihre Antwort sollte innerhalb dieser Zeit mündlich abgegeben werden. Versuchspersonen, die nicht selektiv abriefen, zählten stattdessen direkt nach dem Lernen für ein äquivalentes Zeitintervall rückwärts. Beim Test sollten beide Gruppen schließlich alle 15 Wörter abrufen. Die Reihenfolge der getesteten Wörter war zufällig, jedoch wurden in den Versuchsbedingungen mit selektivem Abruf stets zuerst die nicht geübten Wörter und dann die geübten Wörter abgeprüft (siehe Wallner & Bäuml, 2017). Der jeweilige Anfangsbuchstabe eines gesuchten Wortes diente dabei für 6 s als Hinweisreiz. Die Versuchspersonen sollten innerhalb dieser Zeit ihre Antwort mündlich abgeben.

Anpassung der Potenzfunktion an die Erinnerungsraten. Basierend auf früherer Forschung zu zeitabhängigem Vergessen (Rubin & Wenzel, 1996; Wixted & Ebbesen, 1991, 1997) wurde eine zeitabhängige Potenzfunktion, $r(t) = at^{-b}$, als Grundlage ausgewählt, um zeitabhängiges Vergessen beschreiben zu können. Hierfür wurde diese Potenzfunktion jeweils an die Erinnerungsraten von gelernten, geübten und nicht geübten Wörtern angepasst. Bei dieser Potenzfunktion repräsentierte $r(t)$ den Anteil abgerufener Wörter zum Zeitpunkt t. Der Parameter b repräsentierte die Vergessensrate und stellte damit die Abnahme der Erinnerungsleistung über die Zeit dar. Der Niveauparameter a stellte die Erinnerungsrate nach einer einzigen Zeiteinheit dar. Für die gelernten Wörter entsprach diese Zeiteinheit 1 min nach dem Lernen, wohingegen für die geübten und nicht geübten Wörter diese Zeiteinheit 1 min nach dem selektiven Abruf entsprach.

Mittels Maximum-Likelihood-Methoden wurde die Potenzfunktion an die Erinnerungsraten angepasst (Riefer & Batchelder, 1988; Wickens, 1982), wobei für die Erinnerungsraten jeweils die Gruppenmittelwerte herangezogen wurden (Wixted & Ebbesen,

1997). Die Anpassungsgüte der Potenzfunktion wurde mit der Anpassungsgüte eines statistischen Baseline Modells verglichen. Das Baseline Modell beschrieb die Erinnerungsraten eines Worttyps – gelernte, geübte oder nicht geübte Wörter – für *n* Verzögerungsbedingungen als das Produkt von *n* unabhängigen binomialen Verteilungen. Der Vergleich der Potenzfunktion mit dem statistischen Baseline Modell basierte auf der Berechnung eines Likelihoodquotienten und mündete in einem approximativen X^2-Test mit *n*-2 Freiheitsgraden (Riefer & Batchelder, 1988; Wickens, 1982). Die Parameterschätzung der Potenzfunktion erfolgte mittels der Maximierung des Likelihoodquotienten. Für diese Maximierung wurden für die gelernten Wörter die Minuten seit dem Lernen und für die geübten und nicht geübten Wörter die Minuten seit dem selektiven Abruf als Zeiteinheiten herangezogen. Die Parameterschätzung wurde auch mittels nonlinearer Regressionsanalyse durchgeführt (Rubin & Wenzel, 1996; Wixted & Ebbesen, 1991). Die Ergebnisse unterschieden sich hierbei nicht zwischen den beiden Methoden.

Als Nächstes wurde für jedes der drei Worttypenpaare (gelernte und nicht geübte Wörter, gelernte und geübte Wörter, nicht geübte und geübte Wörter) untersucht, ob sich die Parameter *a* und *b* zwischen den zwei gewählten Worttypen unterschieden. Für diese Analysen wurden die Daten der beiden Worttypen kombiniert und es wurde die Anpassungsgüte eines allgemeinen Potenzfunktionsmodells mit der Anpassungsgüte eines restringierten Potenzfunktionsmodells verglichen. Beim allgemeinen Potenzfunktionsmodell wurden separate Potenzfunktionen für die beiden Worttypen angenommen und es beinhaltete dadurch zwei freie *a*-Parameter und zwei freie *b*-Parameter. Hingegen beim restringierten Potenzfunktionsmodell wurde die Einschränkung vorgenommen, dass ein gemeinsamer Parameter *a* vorlag (z. B. Riefer & Batchelder, 1988). Der Vergleich beider Modelle basierte erneut auf der Berechnung eines Likelihoodquotienten und mündete in einem X^2-Test mit einem Freiheitsgrad. Auf analoge Weise wurde untersucht, ob sich Parameter *b* zwischen den zwei gewählten Worttypen unterschied. Wenn sich jedoch bereits Parameter *a* nicht zwischen den zwei gewählten Worttypen unterschied, dann wurde für die Prüfung der Konstanz des Parameters *b* die Einschränkung getroffen, dass für beide Potenzfunktionsmodelle – das generalisierte und das restringierte Modell – ein gemeinsamer Parameter *a* angenommen wurde. Dieses Vorgehen erlaubte eine strengere Prüfung der Parameterkonstanz von *b,* als wenn beide *a*-Parameter frei variieren durften.

Ergebnisse

Einfluss der Outputposition beim Test. Versuchspersonen in den Versuchsbedingungen mit selektivem Abruf sollten beim Test stets zuerst die nicht geübten Wörter und dann die geübten Wörter abrufen. Es wurde deshalb für die Versuchspersonen in den Versuchsbedingungen ohne selektiven Abruf untersucht, ob sich die Erinnerungsraten der gelernten Wörter im Test unterschieden, wenn die Erinnerungsraten der fünf zuerst getesteten Wörter mit den Erinnerungsraten der 10 anschließend getesteten Wörter verglichen wurden. Wenn sich die Erinnerungsraten je nach Outputposition unterschieden hätten, dann wäre für den Vergleich mit den Erinnerungsraten der nicht geübten Wörter die durchschnittliche Erinnerung an die fünf zuerst getesteten Wörter verwendet worden. Für den Vergleich mit den Erinnerungsraten der geübten Wörter wäre entsprechend die Erinnerung an die 10 zuletzt getesteten Wörter verwendet worden. Eine 2 x 4 gemischtfaktorielle ANOVA mit dem Zwischensubjektfaktor VERZÖGERUNG (0 min vs. 10 min vs. 20 min vs. 30 min) und dem Innersubjektfaktor OUTPUTPOSITION (1-5 vs. 6-15) zeigte für die Versuchsbedingungen ohne selektivem Abruf einen Haupteffekt für den Faktor VERZÖGERUNG, F (3, 108) = 5.02, MSE = 0.05, p = .003, η^2 = 0.12. Entscheidend war jedoch, dass es keinen signifikanten Haupteffekt für den Faktor OUTPUTPOSITION, F (1, 108) < 1 und keine Interaktion zwischen beiden Faktoren gab, F (3, 108) < 1. Die Erinnerung an die gelernten Wörter wurde damit nicht durch die Outputposition beim Test beeinflusst. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde in den Versuchsbedingungen ohne selektiven Abruf für die Erinnerungsleistung der gelernten Wörter die durchschnittliche Erinnerung an alle 15 Wörter genutzt.

Erinnerungsleistung beim selektiven Abruf. Beim ersten Abrufübungsdurchgang erinnerten sich die Versuchspersonen durchschnittlich an 50.18 % (SD = 17.03) der geübten Wörter und beim zweiten Abrufübungsdurchgang durchschnittlich an 59.64 % (SD = 17.45) der geübten Wörter (siehe Tabelle 1). Eine 2 x 4 ANOVA mit dem Innersubjektfaktor ABRUFÜBUNGSDURCHGANG (erster Durchgang vs. zweiter Durchgang) und dem Zwischensubjektfaktor VERZÖGERUNG (0 min vs. 10 min vs. 20 min vs. 30 min) ergab einen Haupteffekt für den Faktor ABRUFÜBUNGSDURCHGANG, F (1, 108) = 97.05, MSE = 0.01, p < .001, η^2 = 0.47, mit höheren Erinnerungsraten nach dem zweiten als nach dem ersten Abrufübungsdurchgang. Es gab keinen signifikanten Haupteffekt für den Faktor VERZÖGERUNG und keine signifikante Interaktion zwischen beiden Faktoren, Fs (3, 108) < 1.

Tabelle 1

Erinnerungsleistung beim selektiven Abruf

	0 min	10 min	20 min	30 min
1. Durchgang	51.43 (16.49)	52.14 (18.13)	48.21 (15.17)	48.93 (18.73)
2. Durchgang	61.07 (15.24)	61.43 (19.57)	57.86 (16.18)	58.21 (19.06)

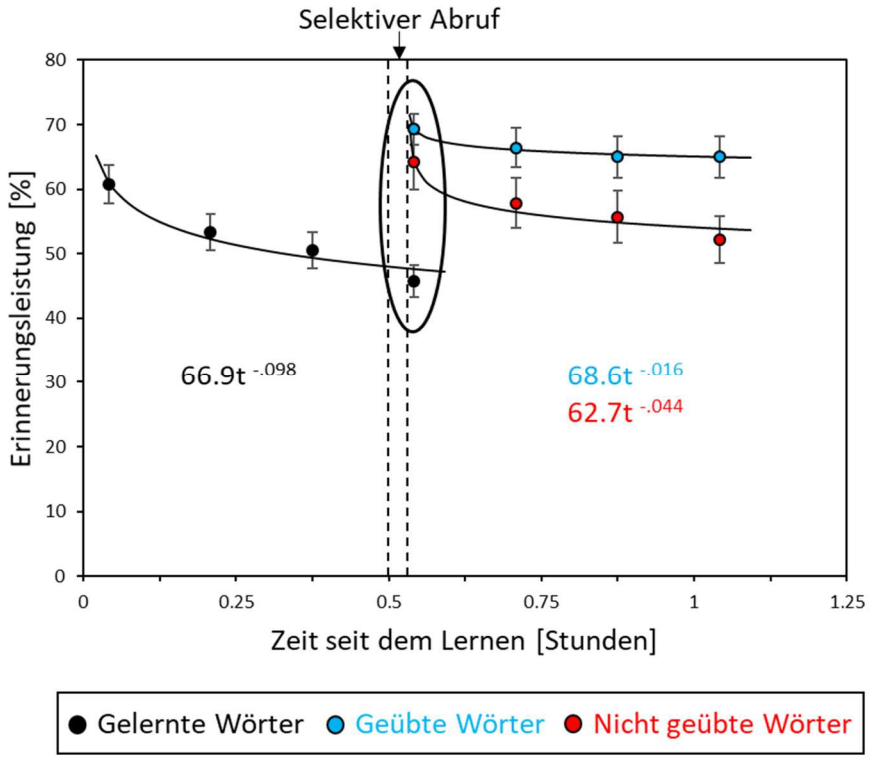
Anmerkung: Die Werte reflektieren die durchschnittliche Erinnerung [%] an die geübten Wörter in Experiment 1 beim ersten und beim zweiten selektiven Abrufübungsdurchgang in Abhängigkeit von der zeitlichen Verzögerung zwischen dem selektiven Abruf und dem Test (0 min, 10 min, 20 min, 30 min). Die Werte in Klammern repräsentieren die Standardabweichungen. Der selektive Abruf fand 30 min nach dem initialen Lernen statt.

Erinnerungsleistung beim Test. Typisches zeitabhängiges Vergessen trat auf, wenn die Wörter ohne vorherigen selektiven Abruf direkt nach dem Lernen abgeprüft wurden (siehe Abbildung 3). Die Erinnerungsrate der gelernten Wörter nahm über die Zeit hinweg ab und war somit nach der längsten Verzögerung von 30 min geringer als nach der Verzögerung von 0 min (60.71 % vs. 45.71 %), t (54) = 3.90, $p < .001$, $d = 1.04$. Dieses zeitabhängige Vergessen wurde jedoch durch selektiven Abruf unterbrochen. Es zeigte sich eine höhere Erinnerungsrate der geübten Wörter beim Test direkt nach dem selektiven Abruf im Vergleich zur Erinnerungsrate der gelernten Wörter, welche nach der gleichen zeitlichen Verzögerung nach dem initialen Lernen abgeprüft wurden (69.29 % vs. 45.71 %), t (54) = 6.87, $p < .001$, $d = 1.84$. Bemerkenswerterweise profitierten auch die nicht geübten Wörter von einem selektiven Abruf und zeigten direkt nach dem selektiven Abruf höhere Erinnerungsraten im Vergleich zur Bedingung ohne selektiven Abruf (64.29 % vs. 45.71 %), t (54) = 3.77, $p < .001$, $d = 1.01$. Die Abrufförderung durch selektiven Abruf war für geübte und nicht geübte Wörter ähnlich effektiv und es gab keinen signifikanten Unterschied in den Erinnerungsraten zwischen geübten und nicht geübten Wörtern direkt nach dem selektiven Abruf (69.29 % vs. 64.29 %), t (27) = 1.32, $p = .199$, $d = 0.25$. Mit zunehmender Zeit seit dem selektiven Abruf nahmen hauptsächlich die Erinnerungsraten der nicht geübten Wörter ab. Die Erinnerungsleistung der nicht geübten Wörter war somit 30 min nach dem selektiven Abruf geringer, als wenn die Wörter direkt nach dem selektiven Abruf getestet wurden (64.29 % vs. 52.14 %), t (54) = 2.17, $p = .035$, $d = 0.58$. Die Erinnerungsleistung der geübten Wörter wurde kaum durch die Zeit seit dem selektiven Abruf beeinflusst, sodass sich kein Unterschied in den

Erinnerungsraten zwischen der kürzesten (0 min) und der längsten Verzögerung (30 min) zeigte (69.29 % vs. 65.00 %), t (54) = 1.06, p = .292, d = 0.28.

Abbildung 3

Ergebnisse von Experiment 1



Anmerkung: Die linke Kurve bildet die Erinnerungsleistungen gelernter Wörter zu den vier Zeitpunkten 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min nach dem initialen Lernen ab. Die beiden rechten Kurven zeigen die Erinnerung an geübte und nicht geübte Wörter nach dem selektiven Abruf, welcher 30 min nach dem Lernen erfolgte. Nach dem selektiven Abruf wurde die Erinnerung an die Wörter analog nach weiteren 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min erhoben. Der Abruf der gelernten, geübten und nicht geübten Wörter unterlag zeitabhängigem Vergessen, welches jeweils durch eine angepasste zeitabhängige Potenzfunktion beschrieben wurde. Direkt nach dem selektiven Abruf wurden bei den geübten und bei den nicht geübten Wörtern höhere Erinnerungsleistungen erzielt als bei den gelernten Wörtern (hervorgehoben durch den ovalen Bereich in der Abbildung). Gelernte und nicht geübte Wörter zeigten ähnliche Vergessensraten, wohingegen die Vergessensrate der geübten Wörter im Vergleich zu den gelernten und nicht geübten Wörtern verringert war. Die Fehlerbalken repräsentieren +/- 1 Standardfehler.

Quantifizierung des zeitabhängigen Vergessens. Die Potenzfunktion, $r(t) = at^{-b}$, wurde jeweils an die Erinnerungsraten von gelernten, geübten und nicht geübten Wörtern angepasst (siehe Abbildung 3). Wenn dabei der X^2-Test mit zwei Freiheitsgraden einen Wert kleiner als 5.99 ergab, dann unterschied sich die Anpassungsgüte der Potenzfunktion nicht von der Anpassungsgüte des statistischen Baseline Modells (Riefer & Batchelder, 1988; Wickens, 1982). Die angepasste Potenzfunktion bildete dann in diesem Fall die Erinnerungsraten des jeweiligen Worttyps adäquat ab. Es ergab sich ein $X^2(2)$-Wert von 1.05 für die gelernten Wörter, ein Wert von 0.03 für die geübten Wörter und ein Wert von 0.33 für die nicht geübten Wörter, was belegte, dass die Potenzfunktion die Erinnerungsraten des jeweiligen Worttyps angemessen abbildete. Im nächsten Schritt wurde analysiert, ob sich die Parameter der Potenzfunktion zwischen zwei Worttypen unterschieden. Hierbei wurden zwischen gelernten und nicht geübten Wörtern, zwischen gelernten und geübten Wörtern als auch zwischen nicht geübten und geübten Worten verglichen. Der X^2-Test mit einem Freiheitsgrad zeigte dabei mit einem Wert kleiner 3.84 auf, dass sich der Parameter *a,* bzw. der Parameter *b,* zwischen den zwei Worttypen nicht unterschied. Beim Vergleich von gelernten und nicht geübten Wörtern zeigte sich, dass sich weder Parameter *a,* $X^2(1) = 0.78$, noch Parameter *b,* $X^2(1) = 3.40$, zwischen den zwei Worttypen unterschied. Diese Ergebnisse verdeutlichten, dass das zeitabhängige Vergessen gelernter Wörter direkt nach dem Lernen ähnlich war zum zeitabhängigen Vergessen nicht geübter Wörter nach dem selektiven Abruf. In Bezug auf den Vergleich bei gelernten und geübten Wörtern unterschied sich der Parameter *a* ebenfalls nicht, $X^2(1) = 0.15$, jedoch gab es einen Unterschied im Parameter *b*, $X^2(1) = 50.12$. Die Vergessensrate *b* war für die geübten Wörter kleiner und verdeutlicht, dass das zeitabhängige Vergessen geübter Wörter im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen gelernter Wörter reduziert war. Nicht geübte und geübte Wörter unterschieden sich nicht im Parameter *a,* $X^2(1) = 2.41$, aber dafür im Parameter *b,* $X^2(1) = 11.17$, mit einem kleineren Wert von *b* für die geübten Wörter. Das zeitabhängige Vergessen geübter Wörter war damit auch im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen nicht geübter Wörter verringert.

Diskussion

Übereinstimmend mit früherer Forschung zu zeitabhängigem Vergessen zeigte sich in den Bedingungen ohne selektiven Abruf, dass die Erinnerungsraten gelernter Wörter mit

zunehmender Zeit seit dem initialen Lernen abnahmen und dieses gut durch Potenzfunktionen beschreibbar war (Rubin & Wenzel, 1996; Wixted & Ebbesen, 1991). Dieses zeitabhängige Vergessen konnte jedoch unterbrochen werden, wenn Versuchspersonen 30 min nach dem Lernen eine Teilmenge der ursprünglich gelernten Wörter mittels zweier Abrufdurchgänge üben durften. Das selektive Abrufen hatte einen förderlichen Einfluss auf die Erinnerung an die geübten und nicht geübten Wörter, da deren Erinnerungsleistung direkt nach dem selektiven Abruf höher war als die Erinnerung an die gelernten Wörter, welche ohne vorheriges selektives Abrufen ebenfalls 30 min nach dem Lernen abgeprüft wurden. Dieses Ergebnis replizierte den Befund von Wallner und Bäuml (2017, Experiment 2) und zeigte somit erneut auf, dass sich selektive Abrufübung nach einer zeitlichen Verzögerung von 30 min förderlich auf die Erinnerungsleistung geübter und nicht geübter Wörter auswirken kann. Geübte und nicht geübte Wörter konnten von der Abrufübung in gleichem Maße profitieren und unterschieden sich nicht in ihren Erinnerungsraten direkt nach dem selektiven Abruf.

Das vorliegende Experiment erweiterte an dieser Stelle den bisherigen Kenntnisstand bezüglich des förderlichen Einflusses von selektivem Abruf, indem der zeitliche Verlauf der Erinnerungsraten geübter und nicht geübter Wörter nach dem selektiven Abruf zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst wurde. Auf diese Weise konnten neue Erkenntnisse über das zeitabhängige Vergessen geübter und nicht geübter Wörter nach dem selektiven Abruf gewonnen werden. Hauptsächlich die nicht geübten Wörter zeigten sich beeinflusst durch die zunehmende Zeit seit dem selektiven Abruf, mit stetig sinkenden Erinnerungsraten je länger die Verzögerung zwischen selektivem Abruf und dem Test wurde. Bemerkenswerterweise war dieses zeitabhängige Vergessen nicht geübter Wörter nach dem selektiven Abrufen vergleichbar mit dem zeitabhängigen Vergessen gelernter Wörter direkt nach dem initialen Lernen. Diese Beobachtung verdeutlicht somit, dass die durch selektiven Abruf hervorgerufene Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens für die nicht geübten Wörter kein transientes Phänomen darstellt. Vielmehr unterstreicht der Befund des identischen zeitabhängigen Vergessens von gelernten und nicht geübten Wörtern, dass durch den selektiven Abruf das zeitabhängige Vergessen nicht geübter Wörter nicht nur unterbrochen, sondern auch neugestartet wird. Die Erinnerungsraten der geübten Wörter wurden nicht signifikant durch längere Verzögerungen bis zum Test beeinflusst. Beim Vergleich der Erinnerungsverläufe der geübten Wörter mit dem Verlauf

der gelernten und der nicht geübten Wörter wurde deutlich, dass das zeitabhängige Vergessen geübter Wörter im Vergleich reduziert war. Diese Feststellung legt somit die Schlussfolgerung nahe, dass selektiver Abruf das zeitabhängige Vergessen geübter Wörter verringern kann.

4.2 Experiment 2

Ziel des zweiten Experiments war es, die Ergebnisse von Experiment 1 zu replizieren, indem ein neues Lernmaterial verwendet wurde. Zudem sollte untersucht werden, ob der selektive Abruf das zeitabhängige Vergessen nicht geübter Wörter unterbrechen und außerdem einen Neustart des zeitabhängigen Vergessens dieser Wörter bewirken kann, wenn zwischen initialem Lernen und selektivem Abruf noch längere Verzögerungen vorliegen und wenn die Erinnerungsleistungen im Vergleich zu Experiment 1 nach anderen Verzögerungen nach dem selektiven Abruf, bzw. nach dem initialen Lernen erfasst werden. Für den Abruf der geübten Wörter wurde untersucht, ob sich erneut im Vergleich zu den gelernten und nicht geübten Wörtern verringertes zeitabhängiges Vergessen zeigt, wenn andere Verzögerungen verwendet werden. Zwischen initialem Lernen und selektivem Abruf lagen nun in Experiment 2 deutlich längere Verzögerungen von 1.5 h oder 3 h vor. Nach dem selektiven Abruf wurde die Erinnerung an die geübten und nicht geübten Wörter nach Verzögerungen von 0 min, 10 min oder 40 min abgeprüft. Ansonsten war der Aufbau von Experiment 2 sehr ähnlich zu Experiment 1.

Es wurde erwartet, dass nach einer Verzögerung von 1.5 h oder 3 h nach dem Lernen der selektive Abruf ebenfalls eine Abrufförderung geübter und nicht geübter Wörter erzeugt, mit höheren Erinnerungsleistungen der geübten und nicht geübten Wörter im Vergleich zu den zeitlich entsprechenden Erinnerungsleistungen gelernter Wörter, bei welchen kein selektiver Abruf stattfand. Diese Vermutung gründete auf den Befunden, dass ein förderlicher Effekt von selektiver Abrufübung sogar noch nach Zeitintervallen von 24 h (Wallner & Bäuml, 2017) oder 48 h (Bäuml & Dobler, 2015; Bäuml & Schlichting, 2014) zu finden war. Selektiver Abruf sollte damit auch nach einer Verzögerung von 1.5 h oder 3 h das zeitabhängige Vergessen gelernter Wörter unterbrechen können. Es bleibt an dieser Stelle jedoch unklar, wie sich nach dem selektiven Abruf der Verlauf der Erinnerungsraten geübter und nicht geübter Wörter entwickeln könnte. Sollte auch nach diesen längeren Verzögerungsintervallen der Lernkontext wieder vollständig hergestellt werden, so könnte das zeitabhängige Vergessen nicht geübter Wörter dem zeitabhängigen Vergessen der gelernten Wörter ähneln. Die geübten Wörter hingegen könnten erneut im Vergleich zu den gelernten und nicht geübten Wörtern verringertes Vergessen aufweisen. Experiment 2 untersuchte diese noch unklaren Aspekte.

Methode

Stichprobe. 308 Studierende (*M* = 23.67 Jahre, Altersspanne = 18-35 Jahre, 81.82 % weiblich) nahmen am Experiment teil. Die Versuchspersonen wurden erneut auf zwei Gruppen aufgeteilt. Eine Gruppe bestand aus fünf Untergruppen und es fand kein selektiver Abruf statt. Die andere Gruppe setzte sich aus sechs Untergruppen zusammen, bei welchen selektiver Abruf stattfand. Bei drei dieser Untergruppen fand der selektive Abruf 1.5 h nach dem Lernen statt und bei den übrigen drei Untergruppen erfolgte der Abruf 3 h nach dem Lernen. Alle Untergruppen beinhalteten jeweils N = 28 Versuchspersonen.

Material. Als Lernmaterial wurde eine neue Wortliste verwendet, welche aus der Studie von Wirth und Bäuml (2020) übernommen wurde. Die Wortliste bestand aus 15 unzusammenhängenden deutschen Nomen, welche jeweils einen eindeutigen Anfangsbuchstaben aufwiesen. Die Einteilung in gelernte, geübte und nicht geübte Wörter folgte Experiment 1.

Design und Versuchsablauf. Design und Versuchsablauf unterschied sich in fünf Aspekten von Experiment 1: (a) der selektive Abruf fand entweder 1.5 h oder 3 h nach dem Lernen statt; (b) die Verzögerungsintervalle nach dem selektiven Abruf betrugen 0 min, 10 min und 40 min; (c) die Verzögerungsintervalle nach dem Lernen betrugen 0 min, 10 min, 40 min, 1.5 h und 3 h; die Verzögerungsbedingungen von 1.5 h und 3 h wurden mit in das Experiment aufgenommen, um die erwartete Abrufförderung der nicht geübten Wörter direkt nach dem selektiven Abruf erfassen zu können; da die Versuchspersonen in diesen beiden Verzögerungsbedingungen keinen selektiven Abruf durchführten, bearbeiteten sie eine zeitlich äquivalente Distraktoraufgabe, bei welcher sie Zahlentripletts in auf- oder absteigender Reihenfolge ordnen sollten; (d) beim selektiven Abruf wurden dieses Mal statt des Anfangsbuchstabens die ersten beiden Buchstaben eines Wortes als Hinweisreize präsentiert; und (e) in den Bedingungen mit selektivem Abruf wurde eine 2-minütige Rückwärtszählaufgabe direkt nach dem selektiven Abruf eingebaut, damit der zeitliche Ablauf nach dem selektiven Abruf identisch war zum zeitlichen Ablauf nach dem Lernen. Die Verzögerungsintervalle von 10 min und 40 min waren erneut mit neutralen Distraktoraufgaben gefüllt. In den Verzögerungsbedingungen von 1.5 h und 3 h wurden die Versuchspersonen verabschiedet und konnten während dieses Zeitraums ihren Alltagsaktivitäten nachgehen. Nach Ablauf der Zeit absolvierten sie den zweiten Teil des Experiments.

Anpassung der Potenzfunktion an die Erinnerungsraten. Das Vorgehen bei der Anpassung der Potenzfunktion an die Erinnerungsraten war analog zu Experiment 1, jedoch wurden nun drei Zeitintervalle mit einbezogen, wodurch der X^2-Test einen Freiheitsgrad aufwies. Ein Wert von kleiner als 3.84 gab an, dass sich die Anpassungsgüte der Potenzfunktion nicht von der Anpassungsgüte des statistischen Baseline Modells unterschied (Riefer & Batchelder, 1988; Wickens, 1982). Die angepasste Potenzfunktion bildete dann in diesem Fall die Erinnerungsraten des jeweiligen Worttyps adäquat ab.

Ergebnisse

Einfluss der Outputposition beim Test. Es wurde erneut analysiert, ob in den Versuchsbedingungen ohne selektiven Abruf die Position der Wörter beim Test einen signifikanten Einfluss auf die Erinnerungsleistung der gelernten Wörter hatte. Eine 2 x 5 gemischt-faktorielle ANOVA mit dem Zwischensubjektfaktor VERZÖGERUNG (0 min vs. 10 min vs. 40 min vs. 1.5 h vs. 3 h) und dem Innersubjektfaktor OUTPUTPOSITION (1-5 vs. 6-15) ergab einen Haupteffekt für den Faktor VERZÖGERUNG, F (4, 135) = 9.22, MSE = 0.05, $p < .001$, $\eta^2 = 0.22$, aber keinen signifikanten Haupteffekt für den Faktor OUTPUTPOSITION, F (1, 135) < 1 und keine signifikante Interaktion zwischen beiden Faktoren, F (4, 135) = 2.39, MSE = 0.02, $p = .054$, $\eta^2 = 0.07$. Folglich wurde unabhängig von der Outputposition der Wörter beim Test für die Erinnerung der gelernten Wörter die durchschnittliche Erinnerung an alle 15 Wörter verwendet.

Erinnerungsleistung beim selektiven Abruf. In der Versuchsbedingung mit einer Verzögerung von 1.5 h zwischen Lernen und selektivem Abruf erinnerten Versuchspersonen im ersten Abrufübungsdurchgang durchschnittlich 58.10 % (SD = 19.60) und im zweiten Abrufübungsdurchgang durchschnittlich 64.76 % (SD = 18.66) der geübten Wörter (siehe Tabelle 2). Eine 2 x 3 ANOVA mit dem Innersubjektfaktor ABRUFÜBUNGSDURCHGANG (erster Durchgang vs. zweiter Durchgang) und dem Zwischensubjektfaktor VERZÖGERUNG (0 min vs. 10 min vs. 40 min) erbrachte einen Haupteffekt für den Faktor ABRUFÜBUNGSDURCHGANG, F (1, 81) = 47.25, MSE = 0.00, $p < .001$, $\eta^2 = 0.37$. Die Erinnerungsraten waren somit nach dem zweiten Übungsdurchgang höher als nach dem ersten Übungsdurchgang. Es zeigte sich kein Haupteffekt für den Faktor VERZÖGERUNG und keine Interaktion zwischen beiden Faktoren, Fs (2, 81) < 1.

Tabelle 2

Erinnerungsleistung beim selektiven Abruf

	0 min	10 min	40 min
1. Durchgang	58.21 (19.82)	56.43 (18.70)	59.64 (20.81)
2. Durchgang	63.93 (19.31)	64.29 (16.87)	66.07 (20.25)

Anmerkung: Die Werte reflektieren die durchschnittliche Erinnerung [%] an die geübten Wörter in Experiment 2 beim ersten und beim zweiten selektiven Abrufübungsdurchgang in Abhängigkeit von der zeitlichen Verzögerung zwischen dem selektiven Abruf und dem Test (0 min, 10 min, 40 min). Die Werte in Klammern repräsentieren die Standardabweichungen. Der selektive Abruf fand 1.5 h nach dem initialen Lernen statt.

In der Versuchsbedingung mit einer Verzögerung von 3 h zwischen Lernen und selektivem Abruf lag die durchschnittliche Erinnerungsleistung der geübten Wörter im ersten Übungsdurchgang bei 56.79 % (*SD* = 16.87) und im zweiten Übungsdurchgang bei 62.50 % (*SD* = 14.80) (siehe Tabelle 3). Die 2 x 3 ANOVA mit dem Innersubjektfaktor ABRUFÜBUNGSDURCHGANG (erster Durchgang vs. zweiter Durchgang) und dem Zwischensubjektfaktor VERZÖGERUNG (0 min vs. 10 min vs. 40 min) brachte dieselben Ergebnismuster hervor wie für die Versuchsbedingung mit einer Verzögerung von 1.5 h. Es zeigten sich folglich ein Haupteffekt für den Faktor ABRUFÜBUNGSDURCHGANG, F (1, 81) = 45.81, MSE = 0.00, $p < .001$, $\eta^2 = 0.36$, sowie nicht signifikante Effekte für den Faktor VERZÖGERUNG und für die Interaktion zwischen beiden Faktoren, Fs (2, 81) < 1.

Tabelle 3

Erinnerungsleistung beim selektiven Abruf

	0 min	10 min	40 min
1. Durchgang	58.21 (18.47)	55.00 (17.11)	57.14 (15.36)
2. Durchgang	64.29 (15.74)	60.36 (15.98)	62.86 (12.72)

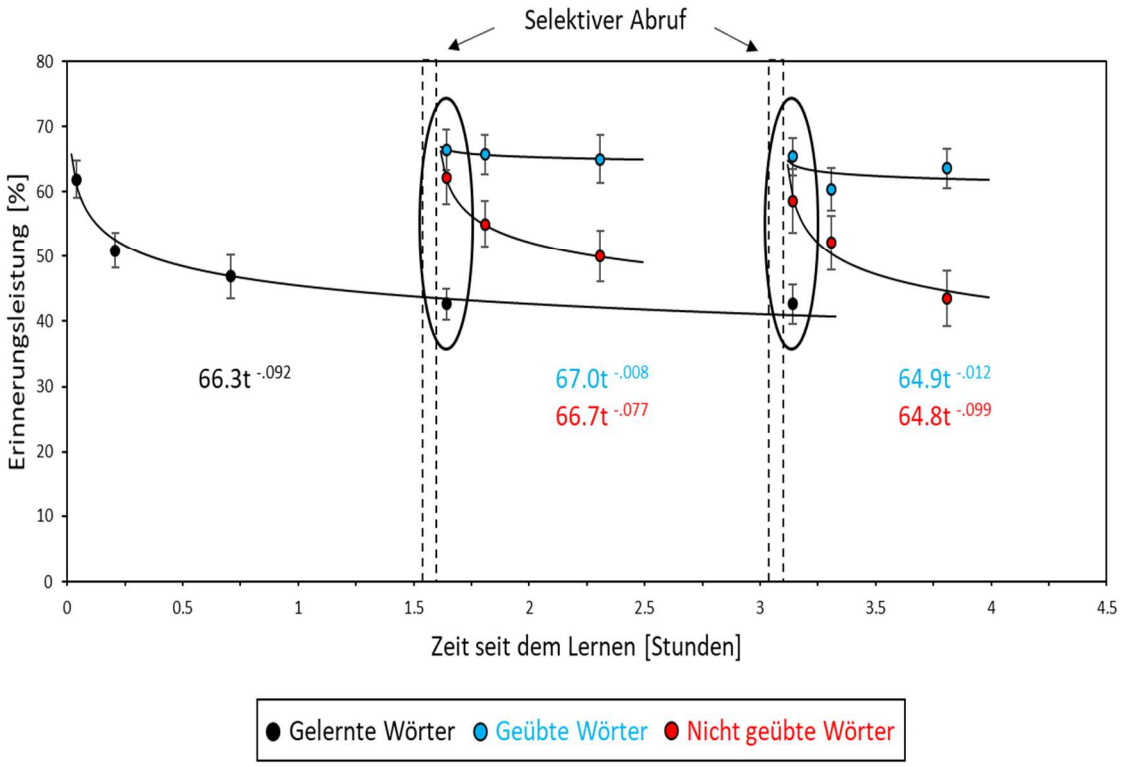
Anmerkung: Die Werte reflektieren die durchschnittliche Erinnerung [%] an die geübten Wörter in Experiment 2 beim ersten und beim zweiten selektiven Abrufübungsdurchgang in Abhängigkeit von der zeitlichen Verzögerung zwischen dem selektiven Abruf und dem Test (0 min, 10 min, 40 min). Die Werte in Klammern repräsentieren die Standardabweichungen. Der selektive Abruf fand 3 h nach dem initialen Lernen statt.

Erinnerungsleistung beim Test. Erneut konnte typisches zeitabhängiges Vergessen über die Verzögerungsintervalle festgestellt werden, wenn kein selektiver Abruf stattfand (siehe Abbildung 4). Die Erinnerungsrate der gelernten Wörter war damit nach der längsten Verzögerung von 3 h geringer, als wenn die Erinnerung direkt nach dem Lernen abgeprüft wurde (61.90 % vs. 42.62 %), t (54) = 4.61, $p < .001$, $d = 1.23$. Dieses zeitabhängige Vergessen konnte jedoch erneut durch selektiven Abruf unterbrochen werden. So war die Erinnerungsrate der geübten Wörter beim Test direkt nach dem selektiven Abruf höher als die Erinnerungsrate der gelernten Wörter, welche nach der gleichen zeitlichen Verzögerung abgeprüft wurden. Dieser förderlicher Effekt von Abrufübung auf die geübten Wörter konnte beobachtet werden, wenn der selektiver Abruf 1.5 h nach dem Lernen stattfand, als auch wenn der selektive Abruf 3 h nach dem Lernen durchgeführt wurde [1.5-h-Verzögerung: (66.43 % vs. 42.62 %), t (54) = 6.09, $p < .001$, $d = 1.63$; 3-h-Verzögerung: (65.36 % vs. 42.62 %), t (54) = 5.45, $p < .001$, $d = 1.46$]. Der förderliche Effekt von Abrufübung konnte jedoch auch hinsichtlich der Erinnerung an die nicht geübten Wörter beobachtet werden. So zeigten die nicht geübten Wörter direkt nach dem selektiven Abruf höhere Erinnerungsraten im Vergleich zur Bedingung ohne selektiven Abruf [1.5-h-Verzögerung: (62.14 % vs. 42.62 %), t (54) = 4.19, $p < .001$, $d = 1.12$; 3-h-Verzögerung: (58.57 % vs. 42.62 %), t (54) = 2.76, $p = .008$, $d = 0.74$]. Geübte und nicht geübte Wörter profitierten in gleichem Ausmaß von der Abrufübung, sodass sich deren Erinnerungsleistung direkt nach dem selektiven Abruf nicht signifikant unterschied [1.5-h-Verzögerung: (66.43 % vs. 62.14 %), t (27) = 1.42, $p = .167$, $d = 0.27$; 3-h-Verzögerung: (65.36 % vs. 58.57 %), t (27) = 1.34, $p = .192$, $d = 0.25$]. Nach dem selektiven

Abruf nahm hauptsächlich die Erinnerung an die nicht geübten Wörter über die Zeit ab. Die Erinnerungsrate der nicht geübten Wörter war 40 min nach dem selektiven Abruf kleiner als direkt nach dem selektiven Abruf [1.5-h-Verzögerung: (62.14 % vs. 50.00 %), t (54) = 2.16, p = .035, d = 0.58; 3-h-Verzögerung: (58.57 % vs. 43.57 %), t (54) = 2.31, p = .025, d = 0.62]. Bei den geübten Wörtern hingegen wurde die Erinnerungsleistung nicht durch die verstrichene Zeit seit dem selektiven Abruf beeinflusst. Die Erinnerungsraten waren damit nach dem längsten Verzögerungsintervall nicht signifikant geringer als nach dem kürzesten Verzögerungsintervall [1.5-h-Verzögerung: (66.43 % vs. 65.00 %), t (54) < 1; 3-h-Verzögerung: 65.36 % vs. 63.57 %), t (54) < 1].

Abbildung 4

Ergebnisse von Experiment 2



Anmerkung: Die linke Kurve zeigt den Verlauf der Erinnerungsraten gelernter Wörter 0 min, 10 min, 40 min, 1.5 h und 3 h nach dem initialen Lernen. Die anderen beiden Kurvenpaare stellen jeweils die Erinnerung an geübte und nicht geübte Wörter dar. Selektiver Abruf fand 1.5 h oder 3 h nach dem Lernen statt. Nach dem selektiven Abruf wurde die Erinnerung an die Wörter analog nach weiteren 0 min, 10 min oder 40 min erhoben. Der Verlauf der Erinnerungsleistung der gelernten, geübten und nicht geübten Wörter zeigte typisches zeitabhängiges Vergessen, welches jeweils durch eine angepasste zeitabhängige Potenzfunktion beschrieben wurde. Direkt nach beiden Zeitpunkten des selektiven Abrufs zeigte sich eine höhere Erinnerung an die geübten und nicht geübten Wörter im Vergleich zu den zeitlich entsprechenden Erinnerungen an die gelernten Wörter (hervorgehoben durch die ovalen Bereiche in der Abbildung). Erneut ergaben sich ähnliche Vergessensraten bei den gelernten und nicht geübten Wörtern, sowie eine verringerte Vergessensrate der geübten Wörter im Vergleich zu den gelernten und nicht geübten Wörtern. Die Fehlerbalken repräsentieren +/-1 Standardfehler.

Quantifizierung des zeitabhängigen Vergessens. Die Potenzfunktion, $r(t) = at^{-b}$, wurde jeweils an die Erinnerungsraten von gelernten, geübten und nicht geübten Wörtern angepasst (siehe Abbildung 4). Beim Vergleich der Anpassungsgüte der Potenzfunktion mit der Anpassungsgüte des statistischen Baseline Modells ergab sich für die gelernten

Wörter ein $X^2(1)$-Wert von 1.20, für die geübten Wörter ein $X^2(1)$-Wert von 0.00 (= 1.5-h-Verzögerung) und 1.25 (= 3-h-Verzögerung), sowie für die nicht geübten Wörter ein $X^2(1)$-Wert von 0.00 (= 1.5-h-Verzögerung) und 0.25 (= 3-h-Verzögerung). Folglich bildeten die angepassten Potenzfunktionen die Erinnerungsraten des jeweiligen Worttyps adäquat ab. Anschließend wurde untersucht, ob sich die Parameter *a* und *b* zwischen zwei Worttypen unterschieden. Ein Vergleich bezüglich der gelernten und nicht geübten Wörter belegte, dass sich die beiden Worttypen nicht im Parameter *a* [1.5-h-Verzögerung: $X^2(1) = 0.92$; 3-h-Verzögerung: $X^2(1) = 0.14$] und auch nicht im Parameter *b* [1.5-h-Verzögerung: $X^2(1) = 0.98$; 3-h-Verzögerung: $X^2(1) = 0.32$] unterschieden. Das zeitabhängige Vergessen gelernter Wörter direkt nach dem Lernen war somit ähnlich zum zeitabhängigen Vergessen nicht geübter Wörter nach dem selektiven Abruf. Bei den gelernten und geübten Wörtern zeigte sich auch kein Unterschied im Parameter *a* der Potenzfunktion [1.5-h-Verzögerung: $X^2(1) = 0.02$; 3-h-Verzögerung: $X^2(1) = 0.22$]. Der Parameter *b* hingegen war bei den geübten Wörtern kleiner [1.5-h-Verzögerung: $X^2(1) = 38.84$; 3-h-Verzögerung: $X^2(1) = 25.48$]. Dies wies auf ein verringertes zeitabhängiges Vergessen der geübten Wörter im Vergleich zu den gelernten Wörtern hin. Beim Vergleich nicht geübter und geübter Wörter zeigte sich dasselbe Ergebnismuster wie beim vorherigen Vergleich von gelernten und geübten Wörtern. Das bedeutete, dass sich die Potenzfunktionen von nicht geübten und geübten Wörter nicht im Parameter *a* unterschieden [1.5-h-Verzögerung: $X^2(1) = 0.00$; 3-h-Verzögerung: $X^2(1) = 0.00$], aber Unterschiede im Parameter *b* aufwiesen [1.5-h-Verzögerung: $X^2(1) = 13.94$; 3-h-Verzögerung: $X^2(1) = 19.99$]. Der *b*-Parameter war für die geübten Wörter erneut kleiner und verdeutlichte damit verringertes zeitabhängiges Vergessen im Vergleich zu den nicht geübten Wörtern.

Diskussion

Die Ergebnismuster von Experiment 1 konnten vollständig repliziert werden. Dies bedeutete im Konkreten, dass die Erinnerung an die gelernten Wörter erneut typischem zeitabhängigem Vergessen unterlag und die Erinnerung 3 h nach dem Lernen deutlich geringer war als direkt nach dem initialen Lernen. Hervorzuheben ist, dass dieses zeitabhängige Vergessen ein weiteres Mal durch selektiven Abruf unterbrochen werden konnte. Unabhängig davon, ob der selektive Abruf 1.5 h oder 3 h nach dem Lernen stattfand, profitierten geübte und nicht geübter Wörter von dem selektiven Abruf in gleichem Aus-

maß und erzielten höhere Erinnerungsraten, als wenn die gelernten Wörter ohne vorheriges selektives Abrufen analog 1.5 h oder 3 h nach dem initialen Lernen abgeprüft wurden. Mit diesem Ergebnis replizierte das Experiment erneut das Phänomen, dass zeitlich verzögerter selektiver Abruf den Abruf der nicht geübten Wörter verbessern kann (Bäuml & Dobler, 2015; Bäuml & Schlichting, 2014; Wallner & Bäuml, 2017). Es erweiterte jedoch zugleich den Erkenntnisstand, da es sich um die erste Studie handelte, bei welcher selektiver Abruf erst deutlich später als 30 min aber noch innerhalb desselben Tages stattfand. Das Experiment lieferte somit Hinweise darauf, dass auch bei moderaten Verzögerungen von ein paar Stunden der förderliche Einfluss von selektiver Abrufübung beobachtet werden kann.

Nach dem selektiven Abruf zeigten nur die nicht geübten Wörter zeitabhängiges Vergessen, mit geringeren Erinnerungsraten 40 min nach dem selektiven Abruf, als wenn direkt nach dem selektiven Abruf getestet wurde. Dieses zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Wörter entsprach dem zeitabhängigen Vergessen gelernter Wörter direkt nach dem Lernen und hob damit hervor, dass die Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens durch selektiven Abruf kein transientes Phänomen darstellte, sondern einen Neustart des Abrufprozesses und damit einen Neustart des zeitabhängigen Vergessens bewirkte. Der Abruf der geübten Wörter wurde durch die verstrichene Zeit nach dem selektiven Abruf kaum beeinflusst. Das zeitabhängige Vergessen der geübten Wörter war im Vergleich zu den gelernten und nicht geübten Wörtern verringert. Diese erneute Beobachtung von verringertem zeitabhängigem Vergessen der geübten Wörter bestärkte somit die Vermutung, dass selektiver Abruf das Vergessen von geübtem Material reduzieren kann.

4.3 Experiment 3

Mit Experiment 3 sollte untersucht werden, inwiefern sich die Ergebnismuster von Experiment 1 und 2 auf anderes Lernmaterial generalisieren lassen. Um die Praxisrelevanz der bisherigen Ergebnisse zu erhöhen, wurde eine bildungsrelevante Textpassage als komplexes Lernmaterial verwendet. Der experimentelle Aufbau des Experiments war größtenteils ähnlich zu Experiment 1 und 2, jedoch musste aufgrund der neuen Art des Lernmaterials die Lernphase, der selektive Abruf und der Test angepasst werden. Der Ablauf dieser Abschnitte orientierte sich dabei zeitlich grob an Studien, welche ebenfalls die Auswirkungen von selektivem Abruf bei Prosamaterial untersuchten (siehe Bäuml & Schlichting, 2014; Wallner & Bäuml, 2017). So wurde den Versuchspersonen die ganze Textpassage in jeweils zwei Durchgängen präsentiert. Beim selektiven Abruf und beim Test wurden ihnen Lückensätze des originalen Textes als Hinweisreize dargeboten, welche sie vervollständigen sollten. Der selektive Abruf fand 2 h nach dem initialen Lernen statt.

Zum derzeitigen Forschungsstand lagen zwei Studien mit Prosamaterial vor, welche die Auswirkungen von selektivem Abruf untersuchten. Bei diesen Studien lagen zwischen Lernen und selektivem Abruf eine Verzögerung von 30 min (Wallner & Bäuml, 2017, Experiment 4) oder 48 h vor (Bäuml & Schlichting, 2014, Experiment 2). In beiden Verzögerungsbedingungen konnte ein förderlicher Einfluss von selektivem Abruf festgestellt werden. Basierend auf diesen Befunden konnte deswegen bei der vorliegenden Verzögerung von 2 h zwischen Lernen und selektivem Abruf erwartet werden, dass sich ebenfalls eine Abrufförderung für die nicht geübten Inhalte finden lässt. Die Stärke dieses Effekts könnte jedoch im Vergleich zu Experimenten mit Wortlisten tendenziell geringer ausfallen (siehe Bäuml & Schlichting, Experiment 1; Wallner & Bäuml, 2017, Experiment 2, 3). Wenn sich die Ergebnisse von Experiment 1 und 2 der vorliegenden Arbeit auf komplexes Lernmaterial in Form einer Textpassage generalisieren lassen, dann sollte sich bezüglich des Verlaufs der Erinnerungsraten zeigen, dass das zeitabhängige Vergessen nicht geübter Inhalte nach dem selektiven Abruf sich nicht unterscheidet vom zeitabhängigen Vergessen gelernter Inhalte nach dem Lernen. Die geübten Inhalte würden im Vergleich zu den gelernten und nicht geübten Inhalten verringertes zeitabhängiges Vergessen aufweisen. Experiment 3 untersuchte diese Fragestellung.

Methode

Stichprobe. Am Experiment nahmen 196 Studierende (*M* = 24.37, Altersspanne = 18-34 Jahre, 70.92 % weiblich) teil. Es erfolgte erneut eine Aufteilung in zwei Gruppen. Eine Gruppe setzte sich aus vier Untergruppen zusammen, in welcher kein selektiver Abruf durchgeführt wurde. Die andere Gruppe bestand aus drei Untergruppen, in welcher die Versuchspersonen selektiv abriefen. Alle Untergruppen bestanden aus jeweils N = 28 Versuchspersonen.

Material. Als Lernmaterial wurde die Textpassage „Meerotter" aus dem Leseverständnisbereich eines Vorbereitungsbuches für den Test von Englisch als Fremdsprache (Rogers, 2001) entnommen. Die Passage wurde bereits in der prominenten Studie von Roediger und Karpicke (2006b) zum Testeffekt als auch bei Wallner und Bäuml (2020) als Lernmaterial verwendet. Der Text wurde ins Deutsche übersetzt und umfasste insgesamt 275 Wörter. Zudem wurden 15 Inhalte des Textes als Bewertungseinheiten festgelegt. Der selektive Abruf von Inhalten erfolgte mittels der Vervollständigung von Lückensätzen. Die Inhalte wurden als gelernte Inhalte bezeichnet, wenn in den Versuchsbedingungen kein selektiver Abruf stattfand. Wenn jedoch selektiver Abruf erfolgte, dann dienten 10 der 15 Inhalte als geübte Inhalte und die anderen fünf Inhalte als nicht geübte Inhalte. Innerhalb jeder Versuchsbedingung mit selektivem Abruf diente jeder Inhalt als geübter Inhalt für N = 18 oder N = 19 Versuchspersonen und als nicht geübter Inhalt für N = 9 oder N = 10 Versuchspersonen.

Design und Versuchsablauf. Design und Versuchsablauf unterschieden sich in vier Aspekten von Experiment 2: (a) Versuchspersonen erhielten zweimal die Möglichkeit, die Textpassage für jeweils 5 min zu lernen; zwischen beiden Lerndurchgängen sollten die Versuchspersonen für 2 min Zahlentripletts ordnen; (b) selektiver Abruf ereignete sich 2 h nach dem Lernen; (c) die Verzögerungsintervalle von 0 min, 10 min und 40 min nach dem Lernen und nach dem selektiven Abruf waren identisch zu Experiment 2, jedoch wurde noch eine Versuchsbedingung ohne selektiven Abruf mit einer Verzögerung von 2 h eingeführt, um die erwartete Abrufförderung der nicht geübten Inhalte nach dem selektiven Abruf erfassen zu können; und (d) während selektivem Abruf und beim Test erhielten Versuchspersonen Lückensätze des Textes als Hinweisreize für jeweils 20 s präsentiert (z. B. „Meerotter essen und schlafen oft auf großen Mengen von _____." [Antwort: Tang] oder „Die meisten Meerotter wiegen zwischen _____ kg." [Antwort: 30

und 40]) und sollten die gesuchten Inhalte des Textes laut vervollständigen; Versuchspersonen in den Versuchsbedingungen ohne selektiven Abruf spielten stattdessen für ein äquivalentes Zeitintervall Tetris.

Anpassung der Potenzfunktion an die Erinnerungsraten. Das Vorgehen bei der Anpassung der Potenzfunktion an die Erinnerungsraten war analog zu Experiment 2.

Ergebnisse

Einfluss der Outputposition beim Test. Um zu untersuchen, ob die Erinnerungsleistung gelernter Inhalte durch deren Outputposition beim Test beeinflusst wurde, wurde eine 2 x 4 gemischt-faktorielle ANOVA mit dem Zwischensubjektfaktor VERZÖGERUNG (0 min vs. 10 min vs. 40 min vs. 2 h) und dem Innersubjektfaktor OUTPUTPOSITION (1-5 vs. 6-15) durchgeführt. Hieraus resultierte ein Haupteffekt für den Faktor VERZÖGERUNG, F (3, 108) = 15.22, MSE = 0.03, $p < .001$, $\eta^2 = 0.30$. Nicht signifikante Effekte ergaben sich jedoch für den Faktor OUTPUTPOSITION, F (1, 108) < 1 und für die Interaktion beider Faktoren, F (3, 108) = 2.47, MSE = 0.02, $p = .065$, $\eta^2 = 0.06$. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde für die Erinnerungsleistung der gelernten Inhalte die durchschnittliche Erinnerung an alle 15 Inhalte herangezogen.

Erinnerungsleistung beim selektiven Abruf. Im ersten Abrufübungsdurchgang erinnerten sich die Versuchspersonen durchschnittlich an 54.05 % (SD = 12.33) der geübten Inhalte und im zweiten Abrufübungsdurchgang durchschnittlich an 58.81 % (SD = 12.16) der geübten Inhalte (siehe Tabelle 4). Eine 2 x 3 ANOVA mit dem Innersubjektfaktor ABRUFÜBUNGSDURCHGANG (erster Durchgang vs. zweiter Durchgang) und dem Zwischensubjektfaktor VERZÖGERUNG (0 min vs. 10 min vs. 40 min) zeigte einen Haupteffekt für den Faktor ABRUFÜBUNGSDURCHGANG, F (1, 81) = 33.08, MSE = 0.00, $p < .001$, $\eta^2 = 0.29$, mit höheren Erinnerungsraten nach dem zweiten Abrufübungsdurchgang. Für den Faktor VERZÖGERUNG als auch für die Interaktion beider Faktoren zeigten sich keine signifikanten Effekte, Fs (2, 81) < 1.

Tabelle 4

Erinnerungsleistung beim selektiven Abruf

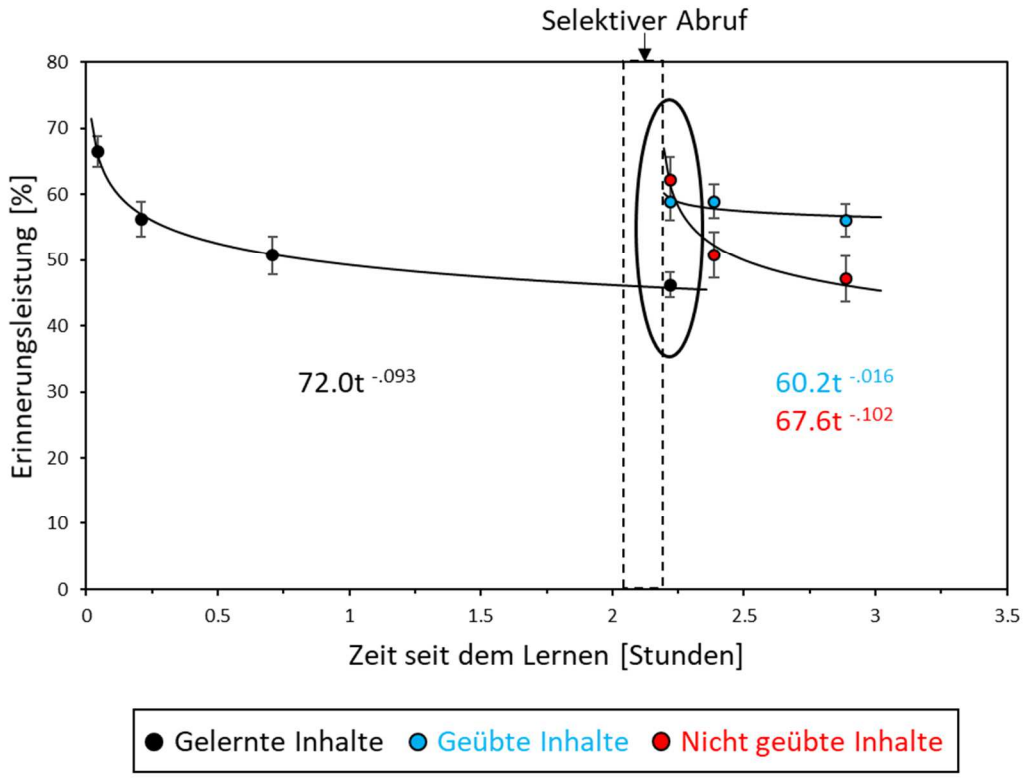
	0 min	10 min	40 min
1. Durchgang	52.14 (12.58)	54.64 (13.19)	55.36 (11.38)
2. Durchgang	57.50 (12.36)	58.57 (13.53)	60.36 (10.71)

Anmerkung: Die Werte reflektieren die durchschnittliche Erinnerung [%] an die geübten Inhalte in Experiment 3 beim ersten und beim zweiten selektiven Abrufübungsdurchgang in Abhängigkeit von der zeitlichen Verzögerung zwischen dem selektiven Abruf und dem Test (0 min, 10 min, 40 min). Die Werte in Klammern repräsentieren die Standardabweichungen. Der selektive Abruf fand 2 h nach dem initialen Lernen statt.

Erinnerungsleistung beim Test. Die Erinnerungsraten der gelernten Inhalte nahmen über die Zeit seit dem Lernen ab, was erneut typisches zeitabhängiges Vergessen demonstrierte (siehe Abbildung 5). Nach der längsten Verzögerung von 2 h war somit die Erinnerungsleistung der gelernten Inhalte geringer als direkt nach dem Lernen (66.43 % vs. 46.19 %), t (54) = 6.75, p < .001, d = 1.81. Auch bei dem verwendeten Text als Lernmaterial konnte selektiver Abruf dieses zeitabhängige Vergessen unterbrechen. Direkt nach dem selektiven Abruf war die Erinnerung an die geübten Inhalte höher als die Erinnerung an die gelernten Inhalte, welche nach der gleichen zeitlichen Verzögerung ohne vorherigem selektivem Abruf getestet wurden (58.93 % vs. 46.19 %), t (54) = 3.65, p < .001, d = 0.98. Vor allem zeigte sich auch eine Abrufförderung der nicht geübten Inhalte, mit ebenfalls höheren Erinnerungsraten als die zeitlich entsprechenden Erinnerungsraten gelernter Inhalte (62.14 % vs. 46.19 %), t (54) = 4.03, p < .001, d = 1.08. Die Erinnerung an geübte und nicht geübte Inhalte direkt nach dem selektiven Abruf unterschied sich nicht signifikant, was andeutete, dass beide Inhalte von der Abrufförderung ähnlich profitierten (58.93 % vs. 62.14 %), t (27) < 1. Mit zunehmender Zeit seit dem selektiven Abruf zeigten erneut nur die nicht geübten Inhalte zeitabhängiges Vergessen. Ihre Erinnerungsraten waren nach der längsten Verzögerung von 40 min signifikant geringer, als wenn die Inhalte direkt nach dem selektiven Abruf getestet wurden (62.14 % vs. 47.14 %), t (54) = 3.07, p = .003, d = 0.82. Die Erinnerung an die geübten Inhalte wurde nicht durch die zunehmende Zeit seit dem selektiven Abruf beeinflusst, wodurch sich ähnliche Erinnerungsraten nach Verzögerungen von 0 min und 40 min nach dem selektiven Abruf zeigten (58.93 % vs. 56.07 %), t (54) < 1.

Abbildung 5

Ergebnisse von Experiment 3



Anmerkung: Bei diesem Experiment wurde ein Prosatext als Lernmaterial verwendet. Die linke Kurve zeigt den Verlauf der Erinnerungsraten gelernter Inhalte 0 min, 10 min, 40 min und 2 h nach dem Lernen. Die rechten Kurven bilden die Erinnerung an geübte und nicht geübte Inhalte ab. Selektiver Abruf fand 2 h nach dem Lernen statt und erfolgte mittels der Vervollständigung von Lückensätzen. Nach dem selektiven Abruf wurde die Erinnerung an die Wörter analog nach weiteren 0 min, 10 min oder 40 min erhoben. Der Verlauf der Erinnerungsleistung der gelernten, geübten und nicht geübten Inhalte zeigte erneut zeitabhängiges Vergessen, jeweils beschrieben durch eine angepasste zeitabhängige Potenzfunktion. Direkt nach dem selektiven Abruf war die Erinnerung an die geübten und nicht geübten Inhalte relativ zur Erinnerung an die gelernten Inhalte erhöht (hervorgehoben durch den ovalen Bereich in der Abbildung). Erneut zeigten sich ähnliche Vergessensraten bei den gelernten und nicht geübten Inhalten, sowie eine verringerte Vergessensrate der geübten Inhalte im Vergleich zu den gelernten und nicht geübten Inhalten. Die Fehlerbalken repräsentieren +/-1 Standardfehler.

Quantifizierung des zeitabhängigen Vergessens. Die Potenzfunktion, $r(t) = at^{-b}$, wurde jeweils an die Erinnerungsraten von gelernten, geübten und nicht geübten Inhalten angepasst (siehe Abbildung 5). Die Anpassungsgüte jeder einzelnen Potenzfunktion un-

terschied sich nicht signifikant von der Anpassungsgüte des statistischen Baseline Modells, was durch den $X^2(1)$-Wert von 0.16 für die gelernten Inhalte, den $X^2(1)$-Wert von 0.20 für die geübten Inhalte und den $X^2(1)$-Wert von 0.21 für die nicht geübten Inhalte deutlich wurde. Die Potenzfunktionen bildeten somit die Erinnerungsraten adäquat ab. Beim Vergleich von gelernten und nicht geübten Inhalten wurde deutlich, dass sich weder Parameter *a,* $X^2(1) = 0.43$, noch Parameter *b*, $X^2(1) = 2.15$, zwischen den Potenzfunktionen beider Inhalte unterschied. Das zeitabhängige Vergessen nicht geübter Inhalte nach dem selektiven Abruf spiegelte somit das zeitabhängige Vergessen gelernter Inhalte nach dem Lernen wider. Bei den gelernten und geübten Inhalten zeigten sich Unterschiede im Parameter *a,* $X^2(1) = 5.19$, und Unterschiede im Parameter *b,* $X^2(1) = 6.22$, wobei die Potenzfunktion der gelernten Inhalte einen größeren Parameter *a* und die Potenzfunktion der geübten Inhalte einen kleineren Parameter *b* aufwies. Die geübten Inhalte zeigten somit im Vergleich zu den gelernten Inhalten verringertes zeitabhängiges Vergessen. Beim Vergleich nicht geübter und geübter Inhalte zeigte sich kein Unterschied hinsichtlich des Parameters *a,* $X^2(1) = 0.99$, jedoch unterschieden sich die Potenzfunktionen im Parameter *b,* $X^2(1) = 4.55$, mit einem kleineren Parameter *b* für die geübten Inhalte. Im Vergleich zu den nicht geübten Inhalten zeigten die geübten Inhalte damit erneut verringertes zeitabhängiges Vergessen.

Diskussion

Experiment 3 verfolgte das Ziel zu untersuchen, ob sich die bisherigen Befunde aus den Experimenten 1 und 2 auch mit bildungsrelevantem Lernmaterial in Form einer Textpassage replizieren lassen. Bemerkenswerterweise konnten bei Experiment 3 die gleichen Ergebnismuster gefunden werden wie bei den vorangegangenen Experimenten. Im Detail bedeutete dies, dass bei den gelernten Inhalten ebenfalls zeitabhängiges Vergessen identifiziert werden konnte. Die Erinnerungsraten waren nach einer Verzögerung von 2 h deutlich geringer als wenn die Inhalte direkt nach dem Lernen getestet wurden. Auch beim verwendeten Prosamaterial konnte dieses zeitabhängige Vergessen unterbrochen werden. Übereinstimmend mit vorheriger Forschung zu komplexem Material (Bäuml & Schlichting, 2014; Wallner & Bäuml, 2017) rief der selektive Abruf eine Abrufförderung der geübten und nicht geübten Inhalte hervor. Die Erinnerungsleistung geübter und nicht geübter Inhalte direkt nach dem selektiven Abruf war somit höher als die Erinnerungsleistung gelernter Inhalte, welche analog 2 h nach dem Lernen abgeprüft wurden. Geübte

und nicht geübte Inhalte profitierten in ähnlichem Ausmaß von der Abrufförderung und unterschieden sich folglich nicht in ihren Erinnerungsraten direkt nach dem selektiven Abruf. Mit dem gefundenen Fördereffekt von selektivem Abruf nach 2 h ergeben sich nun neben den Verzögerungsintervallen von 30 min (Wallner & Bäuml, 2017) und 48 h (Bäuml & Schlichting, 2014) Hinweise darauf, dass der Fördereffekt von selektivem Abruf bei Prosamaterial nach unterschiedlichsten Verzögerungen auftreten kann und somit ein recht robustes Gedächtnisphänomen darstellt.

Nach dem selektiven Abruf waren erneut lediglich die nicht geübten Inhalte von zeitabhängigem Vergessen betroffen und wiesen geringere Erinnerungsraten nach der längsten Verzögerung von 40 min auf. An dieser Stelle ist zu akzentuieren, dass das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte nach selektivem Abruf exakt das zeitabhängige Vergessen gelernter Inhalte nach dem Lernen widerspiegelte. Die Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens durch selektiven Abruf stellte somit nicht nur ein transientes Phänomen dar, bei welchem die Erinnerungsraten schnell wieder abnehmen und sich zügig dem ursprünglichen Verlauf der Vergessenskurve gelernter Inhalte annähern. Stattdessen wurde das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte langfristig unterbrochen und es wurde ein kompletter Neustart des zeitabhängigen Vergessens bewirkt. Die Erinnerungsraten der geübten Inhalte nahmen hingegen über die Zeit seit dem selektiven Abruf kaum ab. Im Vergleich zu den gelernten und den nicht geübten Inhalten war die Vergessensrate der geübten Inhalte verringert. Diese Beobachtung deutet somit an, dass der selektive Abruf auch bei Prosamaterial das zeitabhängige Vergessen geübter Inhalte abschwächen kann. In der Gesamtheit unterstreicht dieses letzte Experiment der Experimentalserie zu selektivem Abruf dieser Arbeit, dass sich die bisherigen Befunde aus den Experimenten 1 und 2 bezüglich des zeitabhängigen Vergessens gelernter, geübter und nicht geübter Wörter auch auf das zeitabhängige Vergessen von Inhalten eines Prosatextes übertragen lassen.

4.4 Diskussion der Experimente 1-3

Ausgangspunkt für die Ableitung der Fragestellung der Experimente 1 bis 3 war das sehr alltagsrelevante Gedächtnisphänomen des sogenannten zeitabhängigen Vergessens, was die Tatsache beschreibt, dass die Erinnerung an Gedächtnisinhalte immer schwieriger

wird, je mehr Zeit seit deren Einspeicherung vergeht (siehe Rubin & Wenzel, 1996, für einen Überblick). Typischerweise fallen die Erinnerungsraten im Zeitraum kurz nach der Einspeicherung am stärksten ab und zeigen dann vergleichsweise geringeres Vergessen über die Zeit (Ebbinghaus, 1885; Slamecka & McElree, 1983). Neueste Forschung konnte eindrücklich aufzeigen, dass dieses zeitabhängige Vergessen unterbrochen werden kann. Wenn Personen eine Teilmenge initial gelernter Informationen später nochmals üben, indem sie diese selektiv abrufen, dann erfahren die geübten und die nicht geübten Inhalte eine Abrufförderung, sodass diese Inhalte besser erinnert werden als wenn kein selektives Abrufen stattfindet (z. B. Bäuml & Dobler, 2015; Bäuml & Schlichting, 2014; Wallner & Bäuml, 2017).

Bisher war jedoch unklar, inwiefern diese Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens ein eher transientes oder ein eher länger haltendes Gedächtnisphänomen reflektiert. Dies bedeutet, dass der zeitliche Verlauf der Erinnerung an geübte und nicht geübte Inhalte nach dem selektiven Abruf bisher noch unbekannt war. Von vorrangigem Interesse war der Erinnerungsverlauf der nicht geübten Inhalte. Schließlich ist Abrufübung im alltäglichen Leben beispielsweise aufgrund von Zeitmangel oftmals selektiv und einige Inhalte können nicht mehr geübt werden. Es wäre daher aufschlussreich zu wissen, wie sich eine solche selektive Abrufübung auf die Erinnerung an die nicht geübten Inhalte auswirkt. Eine Möglichkeit könnte darstellen, dass die Abrufförderung durch selektiven Abruf nur von kurzer Dauer ist und die Erinnerungsraten nach dem selektiven Abruf relativ zügig auf ihren ursprünglichen Verlauf des Vergessens zurückkehren (Folkerts et al., 2018). Eine andere Möglichkeit wäre, dass die Abrufförderung ein eher länger anhaltendes Gedächtnisphänomen darstellt, indem der Abrufprozess der Inhalte und damit auch dann deren zeitabhängiges Vergessen mehr oder weniger neugestartet wird. Das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte nach dem selektiven Abruf würde dann dem zeitabhängigen Vergessen der gelernten Inhalte nach dem initialen Lernen ähneln. Die Experimente 1 bis 3 des vorliegenden Kapitels versuchten diese empirische Lücke zu schließen.

Bei den Experimenten führte der selektive Abruf dazu, dass die Inhalte in geübte und nicht geübte Inhalte aufgeteilt wurden. Der selektive Abruf fand dabei 30 min nach dem Lernen (Experiment 1), 1.5 h oder 3 h nach dem Lernen (Experiment 2) oder 2 h nach dem Lernen (Experiment 3) statt. Um das zeitabhängige Vergessen geübter und nicht geübter Inhalte erfassen und mit dem zeitabhängigen Vergessen gelernter Inhalte

direkt nach dem Lernen vergleichen zu können, wurde sowohl die Erinnerung nach dem selektiven Abruf als auch die Erinnerung direkt nach dem initialen Lernen nach unterschiedlichen zeitlichen Verzögerungen abgeprüft. Bei Experiment 1 handelte es sich um zeitliche Verzögerungen von 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min zwischen initialem Lernen und Test, bzw. zwischen selektivem Abruf und Test. Bei den Experimenten 2 und 3 lagen zeitliche Verzögerungen von 0 min, 10 min oder 40 min vor. Um das zeitabhängige Vergessen der gelernten, geübten und nicht geübten Inhalte beschreiben zu können, wurde jeweils eine zeitabhängige Potenzfunktion der Form $r(t) = at^{-b}$ herangezogen. Die Potenzfunktion wurde mittels Maximum-Likelihood-Methoden an die Erinnerungsraten angepasst (Riefer & Batchelder, 1988; Wickens, 1982). Übereinstimmend mit bisheriger Forschung zu zeitabhängigem Vergessen konnte die Potenzfunktion den Verlauf der Erinnerungsraten gelernter, geübter und nicht geübter Inhalte in allen drei Experimenten adäquat beschreiben (Rubin & Wenzel, 1996; Wixted & Ebbesen, 1991, 1997).

In allen drei Experimenten nahm die Erinnerung an die gelernten Inhalte über die Zeit seit dem initialen Lernen ab, was das typische Phänomen des zeitabhängigen Vergessens abbildet (z. B. Slamecka & McElree, 1983; Wixted & Ebbesen, 1991). Die Erinnerung an die gelernten Inhalte ohne selektiven Abruf war damit stets nach der längsten Verzögerung geringer, als wenn die Erinnerung direkt nach dem Lernen abgeprüft wurde. Bemerkenswerterweise konnte selektiver Abruf in allen Experimenten dieses zeitabhängige Vergessen unterbrechen. So erzielte der selektive Abruf eine Abrufförderung der geübten und der nicht geübten Inhalte, indem deren Erinnerungsraten direkt nach dem selektiven Abruf jeweils höher waren als die Erinnerungsraten gelernter Inhalte in der zeitlich entsprechenden Kontrollbedingung, in welcher kein selektiver Abruf stattfand. Experiment 1 konnte damit die Ergebnisse von Wallner und Bäuml (2017) replizieren, indem ein förderlicher Effekt von selektivem Abruf nach einer zeitlichen Verzögerung von 30 min gefunden werden konnte. Experiment 2 und 3 konnten die bisherigen Erkenntnisse erweitern, da nun auch nach moderaten Verzögerungen von 1.5 h, 2 h und 3 h ein förderlicher Effekt von selektivem Abruf nachgewiesen werden konnte. Bei deutlich längeren zeitlichen Verzögerungen von mehreren Stunden und sogar Tagen ist ein förderlicher Einfluss bereits gut belegt (Bäuml & Dobler, 2015; Bäuml & Schlichting, 2014; Wallner & Bäuml, 2017). In der Gesamtheit kann sich somit selektiver Gedächtnisabruf

nach den unterschiedlichsten Verzögerungen förderlich auf den weiteren Gedächtnisabruf auswirken. Das Ausmaß der Abrufförderung durch selektiven Abruf war für die geübten und nicht geübten Inhalte in jedem der Experimente statistisch identisch.

Von besonderer Relevanz waren die zeitlichen Verläufe der Erinnerungsraten nach dem selektiven Abruf. In allen drei Experimenten konnte hierbei gezeigt werden, dass hauptsächlich die nicht geübten Inhalte zeitabhängiges Vergessen aufwiesen. So nahmen die Erinnerungsraten mit zunehmender Zeit nach dem selektiven Abruf ab und waren nach der längsten Verzögerung geringer, als wenn die Erinnerung an die Inhalte direkt nach dem selektiven Abruf getestet wurde. Erstaunlicherweise war in allen Experimenten dieses zeitabhängige Vergessen nicht geübter Inhalte nach dem selektiven Abruf ähnlich zu dem zeitabhängigen Vergessen gelernter Inhalte direkt nach dem Lernen. Dies zeigte sich statistisch dadurch, dass weder die Annahme der Konstanz des Niveauparameters *a,* noch die Annahme der Konstanz des Vergessensparameters *b* verworfen werden musste. Dieser Befund verdeutlichte, dass die Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens kein transientes Gedächtnisphänomen darstellte. Vielmehr führte der selektive Abruf dazu, dass der Abrufprozess der nicht geübten Inhalte neugestartet wurde und das zeitabhängige Vergessen dieser Inhalte von vorne begann und zwar auf eine Weise, als ob sie gerade zum ersten Mal gelernt worden waren. Die Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens der nicht geübten Inhalte repräsentierte damit ein länger anhaltendes Gedächtnisphänomen.

Die geübten Inhalte wurden nicht durch die zeitlichen Verzögerungen bis zum Test beeinflusst. Beim Vergleich des zeitabhängigen Vergessens der geübten Inhalte mit dem zeitabhängigen Vergessen von gelernten und nicht geübten Inhalten wurde deutlich, dass die Potenzfunktion der geübten Inhalte bei allen Experimenten einen kleineren Parameter *b* aufwies. Dies bedeutete konkret, dass das zeitabhängige Vergessen der geübten Inhalte reduziert war. Frühere Forschung zu nicht selektivem, vollständigem Abruf konnte bereits Hinweise erbringen, dass Abrufübung das zeitabhängige Vergessen der geübten Inhalte abschwächen kann (siehe Allen et al., 1969; Roediger & Karpicke, 2006b; Toppino & Cohen, 2009; Wheeler et al., 2003). Unsere Experimentalserie konnte an dieser Stelle neu aufzeigen, dass es innerhalb von 40 min nach dem selektiven Abruf nahezu kein Vergessen gibt, aber möglicherweise nur, wenn die selektive Übung zeitlich etwas verzögert ist. Bei Experiment 1 und 2 konnte ebenfalls ein konstanter Niveauparameter *a* der Potenzfunktion beim Vergleich der geübten Inhalte mit den gelernten und

den nicht geübten Inhalten identifiziert werden. Bei Experiment 3 fand sich diese Konstanz beim Vergleich von geübten und nicht geübten Inhalten, jedoch nicht beim Vergleich von geübten und gelernten Inhalten. Hier war der Niveauparameter *a* für die gelernten Inhalte größer. Im Vergleich zu den Niveauparametern der Potenzfunktion gelernter Inhalte von Experiment 1 und 2 war der Niveauparameter der Funktion bei Experiment 3 nun auch numerisch höher. Möglicherweise ist auf der einen Seite die Erinnerung an die gelernten Inhalte direkt nach dem Lernen aufgrund von Stichprobenfehler in Realität kleiner, als es im Experiment beobachtet wurde. Auf der anderen Seite könnte auch die Abrufförderung der geübten Inhalte direkt nach dem Abrufen in Realität tatsächlich größer sein, als es im Experiment aufgefunden wurde. Diese Aspekte sind jedoch spekulativ, da in Experiment 3 ein Prosatext als Lernmaterial verwendet wurde und bei solch einem komplexen Material auch andere und noch unerforschte Abrufdynamiken eine Rolle spielen könnten. Nichtsdestotrotz bleiben am Ende die zentralen und robusten Befunde bestehen, dass selektiver Abruf das zeitabhängige Vergessen von nicht geübten Inhalten neustarten kann und das zeitabhängige Vergessen von geübten Inhalten im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen von gelernten und nicht geübten Inhalten sogar abschwächen kann.

5. Förderlicher Effekt von selektivem erneutem Lernen

5.1 Evidenz und Erklärung des förderlichen Effekts

Die Gedächtnisforschung konnte bereits eine Vielzahl an Methoden identifizieren, welche den zukünftigen Abruf von gelernten Informationen verbessern kann (siehe Baddeley et al., 2015). Als besonders hilfreiche Methoden erwiesen sich hierfür der nicht selektive, vollständige Abruf von Informationen (siehe Abschnitt 2.1) als auch der selektive Abruf einer Teilmenge von Informationen (siehe Kapitel 3 und Experimente 1-3). An dieser Stelle ist jedoch hervorzuheben, dass auch die Übung von Inhalten mittels erneuten Lernens eine Möglichkeit darstellt, um die längerfristige Erinnerung an Inhalte zu fördern. Rückgreifend auf die Umfrage von Karpicke et al. (2009) gab schließlich die Mehrheit der befragten Studierenden an, erneutes Lernen als Methode der Wahl zur Prüfungsvorbereitung zu nutzen. Lediglich ein Zehntel der Befragten griff auf Abruf als Übungsform zurück. Zahlreiche Studien zum rückwärtsgerichteten Testeffekt konnten aber eindrücklich nachweisen, dass Übung in Form von Abruf einer Übung in Form von erneutem Lernen deutlich überlegen ist (für Überblicke, siehe Roediger & Butler, 2011; Roediger & Karpicke, 2006a; Rowland, 2014). Es stellt sich damit die Frage, inwiefern erneutes Lernen eine angemessene Übungsform darstellt, um Inhalte später besser abrufen zu können.

Wenn gelernte Inhalte geübt werden, indem alle initial gelernten Inhalte erneut präsentiert werden, dann führt dieses vollständige erneute Lernen dazu, dass die Erinnerung an die Inhalte verbessert wird im Gegensatz zu einer Versuchsbedingung, in welcher nicht erneut gelernt werden konnte (siehe Crowder, 1976). Auch wenn nur eine Teilmenge der gelernten Inhalte geübt wird, indem selektiv einige der ursprünglich gelernten

Inhalte präsentiert werden, dann wird der Abruf der erneut gelernten Inhalte gefördert, wohingegen der Abruf der nicht erneut gelernten Inhalte gar nicht beeinflusst wird (Bäuml & Aslan, 2004; Ciranni & Shimamura, 1999; Verde, 2013). Selektives Üben in Form von erneutem Lernen kann somit den Abruf der erneut gelernten Inhalte nachhaltig erleichtern.

Eine Gemeinsamkeit der Studien zu selektivem erneutem Lernen ist jedoch, dass das erneute Lernen kaum verzögert nach dem initialen Lernen der Inhalte erfolgte, da die zeitliche Verzögerung zwischen initialem Lernen und erneutem Lernen meist nicht mehr als eine Minute betrug. Bäuml und Dobler (2015) konnten erste Hinweise darauf liefern, dass selektives erneutes Lernen auch den Abruf der nicht geübten Inhalte beeinflussen kann, wenn die zeitliche Verzögerung zwischen initialem Lernen und erneutem Lernen deutlich verlängert wurde. Versuchspersonen mussten hierbei eine Wortliste lernen und nach 4 min oder 48 h wieder abrufen. Beim Test wurde variiert, ob ihnen selektiv einige der Wörter erneut präsentiert wurden, um diese erneut lernen zu können, oder ob sie selektiv einige der Wörter anhand deren eindeutigen Wortstamms abrufen sollten. Nach dem selektiven Üben mittels erneuten Lernens oder mittels Abrufs erfolgte der Abruf der nicht geübten Inhalte. Um die Effekte der selektiven Übung erfassen zu können, wurde eine Kontrollbedingung eingebaut, in welcher keine Übung stattfand und direkt die Erinnerung an die nicht geübten Inhalte abgefragt wurde. Nach dem kurzen Intervall von 4 min zeigte sich, dass das selektive Abrufen im Vergleich zu der Kontrollbedingung zu einer geringeren Erinnerungsleistung führte, was typisches abrufinduziertes Vergessen widerspiegelte (z. B. Anderson et al., 1994; Bäuml, 2002). Die Erinnerungsleistung mit selektivem erneutem Lernen unterschied sich für die nicht geübten Inhalte jedoch nicht von der Erinnerungsleistung in der Kontrollbedingung. Diese Beobachtung replizierte ein entscheidendes Charakteristikum des abrufinduzierten Vergessens und zwar, dass abrufinduziertes Vergessen abrufspezifisch ist und nicht nach erneutem Lernen auftritt (z. B. Anderson et al., 2000; Ciranni & Shimamura, 1999). Nach der langen zeitlichen Verzögerung von 48 h führte selektiver Abruf der Wörter dazu, dass die Erinnerung an die nicht geübten Wörter verbessert wurde. Dies replizierte die Beobachtung, dass selektiver Abruf unter gewissen Umständen auch einen förderlichen Effekt auf die Erinnerungsleistung der nicht geübten Wörter haben kann (z. B. Bäuml & Samenieh, 2010, 2012; Bäuml & Schlichting, 2014). Besonders nennenswert war aber, dass auch selektives Üben in Form

von erneutem Lernen einen förderlichen Effekt auf die Erinnerungsleistung der nicht geübten Wörter hatte. Die Studie von Bäuml und Dobler (2015) konnte somit erstmals aufzeigen, dass auch selektives erneutes Lernen – und nicht nur selektiver Abruf – einen förderlichen Effekt auf den Abruf der nicht geübten Inhalte haben kann.

Nach dieser ersten Entdeckung konnten Wallner und Bäuml (2017) diesen förderlichen Einfluss von selektivem erneutem Lernen auf den Abruf nicht geübter Inhalte auch bei zeitlichen Verzögerungen von 10 min, 30 min oder 24 h replizieren. Da die Erinnerung an Inhalte mit zunehmender Zeit seit dem Lernen typischerweise abnimmt und damit zeitabhängigem Vergessen unterliegt (Ebbinghaus, 1885; Slamecka & McElree, 1983), weist die Abrufförderung nicht geübter Inhalte nach selektivem erneutem Lernen darauf hin, dass selektives erneutes Lernen das zeitabhängige Vergessen dieser Inhalte unterbrechen kann. Dieser förderliche Effekt kann analog mit dem Zwei-Faktoren-Erklärungsansatz (Bäuml, 2019; Bäuml & Samenieh, 2012) erklärt werden. Unter der Annahme, dass auch erneutes Lernen eine Kontextreaktivierung erzeugt (z. B. Howard & Kahana, 2002), kann der abgerufene Kontext anschließend als Hinweisreiz für den Abruf der weiteren, nicht geübten Inhalte dienen, welche bei der Lernphase in einem ähnlichen temporalen Kontext eingespeichert wurden (Howard & Kahana, 1999; Polyn & Kahana, 2008). Folglich kann der Abruf für diese Inhalte dadurch erleichtert werden.

5.2 Fragestellung der Experimente 4-5

Aus den bisherigen Ausführungen wurde somit deutlich, dass selektives erneutes Lernen ähnlich wie selektiver Abruf einen förderlichen Einfluss auf den Abruf der nicht geübten Inhalte haben kann, indem es das zeitabhängige Vergessen dieser Inhalte unterbricht. Die Experimente 1 bis 3 konnten an dieser Stelle bereits gewinnbringende Erkenntnisse liefern, wie das zeitabhängige Vergessen geübter und nicht geübter Inhalte nach selektivem Abruf verläuft. Es bleibt daher bisher noch unerforscht, ob sich diese Ergebnismuster auch auf selektives erneutes Lernen als Übungsform generalisieren lassen. Unter Berücksichtigung des Zwei-Faktoren-Erklärungsansatzes (Bäuml, 2019; Bäuml & Samenieh, 2012) und der Annahme, dass auch selektives erneutes Lernen eine Kontextreaktivierung erzeugt (z. B. Howard & Kahana, 2002), wäre es naheliegend, dass selektives erneutes Lernen Ergebnismuster hervorbringt, welche sehr ähnlich zu den Experimenten 1 bis 3

mit selektivem Abruf sind. Die Effektivität des Kontextabrufs kann aber mit der Art der selektiven Übung variieren, da sich nach selektivem erneutem Lernen im Vergleich zu selektivem Abruf kleinere förderliche Effekte auf den Abruf der nicht geübten Inhalte zeigten (Bäuml & Dobler, 2015; Wallner & Bäuml, 2017). Deswegen wäre es auch möglich, dass alle Effekte ein Stück weit reduziert werden, was sich in einem geringeren Niveau der Erinnerungsraten als auch in etwas verstärktem oder reduziertem zeitabhängigem Vergessen widerspiegeln würde. Wenn die Abrufförderung geringer ausfällt, kann dies bedeuten, dass die Kontextaktualisierung – im Vergleich zu selektivem Abruf – lediglich teilweise stattgefunden hat. Bei einer teilweisen Aktualisierung könnten die Gedächtnisspuren noch recht fragil sein, was dazu führen könnte, dass die Erinnerungsraten nach dem selektiven erneuten Lernen relativ zügig wieder absinken. Es wäre jedoch auch möglich, dass das zeitabhängige Vergessen verringert wird. So könnten bei einer teilweisen Aktualisierung trotzdem die Gedächtnisspuren der Inhalte „vererbt“ werden und die Inhalte würden dann nach der selektiven Übung weiter ihrem ursprünglichen Vergessen unterliegen. Dieses Vergessen wäre dann reduziert, da zum Zeitpunkt der selektiven Übung bereits einiges an Zeit vergangen ist und das proportionale Vergessen mit der Zeit abnimmt (Rubin & Wenzel, 1996; Slamecka & McElree, 1983).

Im folgenden Kapitel werden zwei Experimente berichtet, welche untersuchten, wie sich verzögertes selektives erneutes Lernen auf das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Wörter und der geübten Wörter auswirkt. Dabei wurde in jedem Experiment das zeitabhängige Vergessen gelernter Wörter direkt nach dem initialen Lernen – und somit in Abwesenheit von selektivem erneutem Lernen – verglichen mit dem zeitabhängigen Vergessen geübter und nicht geübter Wörter nach dem selektiven erneuten Lernen. Beim selektiven erneuten Lernen wurde den Versuchspersonen eine Teilmenge der ursprünglich gelernten Wörter präsentiert, sodass sie diese erneut lernen konnten. In Experiment 4 fand dieses selektive erneute Lernen 10 min nach dem initialen Lernen statt und in Experiment 5 erfolgte es 30 min nach dem initialen Lernen. Diese Übung unterteilte die Wörter in geübte und nicht geübte Wörter. Um das zeitabhängige Vergessen in Abwesenheit und in Anwesenheit von selektivem erneutem Lernen vergleichen zu können, wurde die Erinnerungsleistung nach dem initialen Lernen und nach dem selektiven erneuten Lernen nach unterschiedlichen zeitlichen Verzögerungen erhoben. Diese Verzögerungen betrugen in Experiment 4 und 5 jeweils 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min.

6. Zeitabhängiges Vergessen nach selektivem erneutem Lernen

6.1 Experiment 4

Im folgenden Experiment 4 lag zwischen initialem Lernen und erneutem Lernen eine zeitliche Verzögerung von 10 min. Im Verlauf dieser Zeit sollten die Erinnerungsraten stetig abnehmen und typischem zeitabhängigem Vergessen unterliegen (Ebbinghaus, 1885; Slamecka & McElree, 1983). Wenn jedoch einige Versuchspersonen dann die Möglichkeit erhalten, eine Teilmenge der Wörter erneut zu lernen, dann sollte dieses selektive erneute Lernen das zeitabhängige Vergessen unterbrechen. Diese Vorhersage gründet auf dem Befund von Wallner und Bäuml (2017, Experiment 2), dass selektives erneutes Lernen 10 min nach dem initialen Lernen eine Abrufförderung der geübten und nicht geübten Wörter hervorrufen konnte. Die geübten und nicht geübten Wörter zeigten direkt nach dem selektiven erneuten Lernen höhere Erinnerungsleistungen als die Wörter, die nach derselben Zeit ohne vorheriges erneutes Lernen abgeprüft wurden. Dieser förderliche Effekt auf die Erinnerungsleistung sollte demnach auch bei dem vorliegenden Experiment auftreten und das Ergebnis von Wallner und Bäuml (2017) replizieren. Unklar blieb bisher, wie sich das zeitabhängige Vergessen geübter und nicht geübter Wörter nach dieser Abrufförderung verhält. Hinsichtlich des zeitabhängigen Vergessens der nicht geübten Wörter konnten die Experimente 1 bis 3 bereits zeigen, dass sich das zeitabhängige Vergessen nach dem selektiven Abruf nicht vom zeitabhängigem Vergessen gelernter Wörter direkt nach dem Lernen unterscheidet. Aufgrund der bereits genannten Parallelen zu selektivem Abruf wäre dieses Ergebnis auch nach selektivem erneutem Lernen am ehesten zu erwarten. Für die geübten Wörter würden ähnliche Ergebnismuster zu den Experimenten 1 bis 3 dann bedeuten, dass das zeitabhängige Vergessen geübter Wörter im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen gelernter Wörter reduziert sein könnte.

Selektives erneutes Lernen könnte damit, analog zu selektivem Abruf, das zeitabhängige Vergessen abschwächen. Außerdem wird das Experiment gewinnbringende Erkenntnisse darüber liefern, ob sich das zeitabhängige Vergessen zwischen nicht geübten und geübten Wörtern unterscheidet. Diese Aspekte wurden im folgenden Experiment 4 näher untersucht.

Methode

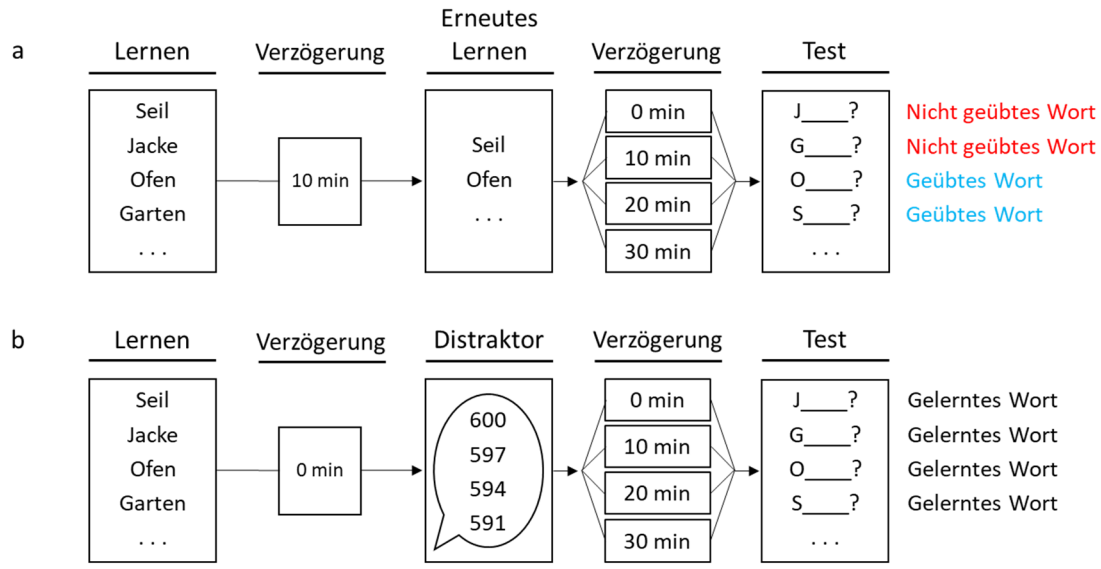
Stichprobe. Insgesamt beteiligten sich 192 Studierende der Universität Regensburg am Experiment (M = 22.56 Jahre, Altersspanne = 18-32 Jahre, 81.8 % weiblich). Die Versuchspersonen wurden gleichmäßig auf zwei Gruppen aufgeteilt, wobei jede Gruppe wiederum aus vier Untergruppen mit jeweils N = 24 Versuchspersonen bestand. Die notwendige Stichprobengröße wurde durch eine Poweranalyse bestimmt (Faul et al., 2007). Als Parameter wurden hierbei ein alpha von 0.05, ein beta von 0.20 und eine Effektstärke d von 0.80 verwendet. Die gewählte Effektstärke orientierte sich an der zu erwarteten Effektstärke von zeitabhängigem Vergessen und der zu erwarteten Effektstärke des förderlichen Einflusses von selektivem erneutem Lernen auf die Erinnerung an die nicht geübten Inhalte (Kliegl et al., 2019; Wallner & Bäuml, 2017). Alle Versuchspersonen unterzeichneten vor dem Start des Experiments eine Einverständniserklärung und wurden dann individuell im Labor getestet. Als Aufwandsentschädigung erhielten die Versuchspersonen die Gutschrift von Versuchspersonenstunden im Rahmen ihres Psychologiestudiums oder eine monetäre Entlohnung.

Material. Eine Wortliste bestehend aus 15 unzusammenhängenden deutschen Nomen wurde als Lernmaterial verwendet. Die Wortliste wurde aus der früheren Studie von Wallner und Bäuml (2017) übernommen. Jedes Wort wies einen eindeutigen Anfangsbuchstaben auf. Die Wörter wurden als gelernte Wörter bezeichnet, wenn Versuchspersonen kein selektives erneutes Lernen durchführten. Wenn jedoch selektives erneutes Lernen vorlag, dann wurden die Wörter als geübte und nicht geübte Wörter bezeichnet (siehe Abbildung 6). Zehn der Wörter dienten hierbei als geübte Wörter und die restlichen fünf Wörter dienten als nicht geübte Wörter. Es erfolgte eine Aufteilung der 15 Wörter in drei Wortgruppen mit jeweils fünf Wörtern. Auf diese Weise wurde kontrolliert, dass innerhalb der Bedingungen mit selektivem erneutem Lernen jede Wortgruppe gleich oft für die geübten Wörter und gleich oft für die nicht geübten Wörter herangezogen wurde.

Design und Versuchsablauf. Eine Gruppe sollte 10 min nach dem initialen Lernen eine Teilmenge der gelernten Wörter üben, indem sie diese selektiv erneut lernen konnten. Die andere Gruppe erhielt stattdessen eine Distraktoraufgabe und zählte direkt nach dem Lernen für ein äquivalentes Zeitintervall von einer dreistelligen Zahl aus rückwärts. Falls Versuchspersonen erneut lernen durften, so waren zwischen erneutem Lernen und Test Verzögerungsintervalle von 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min. Falls Versuchspersonen nicht erneut lernen durften, dann wurden dieselben vier Verzögerungsintervalle zwischen dem Distraktor und dem Test verwendet.

Abbildung 6

Experimentelles Design von Experiment 4



Anmerkung: (a) Die Versuchspersonen lernten eine Wortliste und erhielten 10 min nach dem initialen Lernen die Möglichkeit, einen Teil der Wörter erneut zu lernen. Folglich erzeugte dieses selektive erneute Lernen die Aufteilung in geübte und nicht geübte Wörter. Zwischen selektivem erneutem Lernen und dem Test lagen Verzögerungen von 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min. Beim Test wurden zuerst die nicht geübten und dann die geübten Wörter abgeprüft. (b) Die Versuchspersonen wurden nach einer Distraktoraufgabe nach dem initialen Lernen getestet. Die Möglichkeit zum selektiven erneuten Lernen fehlte. Zwischen dem Distraktor und dem Test lagen die analogen Verzögerungen von 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min.

Zu Beginn des Experiments wurden den Versuchspersonen die Wörter einzeln und in zufälliger Reihenfolge für jeweils 6 s auf einem Bildschirm präsentiert. Die Verzögerung von 10 min zwischen initialem Lernen und selektivem erneutem Lernen, sowie die Verzögerungsintervalle zwischen selektivem erneutem Lernen und dem Test als auch die Verzögerungsintervalle zwischen initialem Lernen und dem Test waren mit neutralen Distraktorblöcken gefüllt. Jeder Distraktorblock füllte ein Zeitintervall von 10 min und bestand aus drei verschiedenen Aufgaben: die erste Aufgabe konnte der Zahlenverbindungstest (Oswald & Roth, 1987), eine Bilderbewertungsaufgabe , Kopfrechenaufgaben oder der d2-Aufmerksamkeits-Belastungs-Test (Brickenkamp & Zillmer, 1998) sein; die zweite Aufgabe konnte Tetris, Entscheidungsaufgaben, Ravens progressive Matrizen (Raven et al., 2000) oder das Ordnen von Zahlentripletts sein; die dritte Aufgabe des Distraktorblocks beinhaltete eine Imaginationsaufgabe, bei welcher sich die Versuchspersonen vorstellen sollten, was sie während ihrer letzten internationalen Reise erlebt haben, was sie sich mit einem Lottogewinn kaufen würden, was sie tun würden, wenn sie unsichtbar wären, oder was sie sehen, wenn sie mental durch ihr Elternhaus gehen (Delaney et al., 2010). Bei jeder der drei Aufgaben eines Distraktorblocks wurden die einzelnen Distraktoraufgaben zufällig aus den jeweiligen vier möglichen Aufgaben gezogen. Das Ziehen der Aufgaben wurde über die Distraktorblöcke hinweg ohne Zurücklegen durchgeführt, das bedeutete, dass keine Versuchsperson dieselbe Aufgabe zweimal durchführte.

Beim selektiven erneuten Lernen konnten Versuchspersonen 10 der 15 initial gelernten Wörter erneut üben, indem sie diese noch einmal lernten. Die Wörter wurden in zufälliger Reihenfolge für jeweils 6 s in zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen präsentiert. Versuchspersonen in den Versuchsbedingungen ohne erneutes Lernen zählten direkt nach dem initialen Lernen für ein äquivalentes Zeitintervall von 2 min rückwärts. Beim Test mussten die Versuchspersonen alle 15 Wörter abrufen. Der Anfangsbuchstabe der Wörter diente ihnen für 6 s als Hinweisreiz und sie sollten ihre Antwort mündlich abgeben. Die Reihenfolge der Wörter war zufällig, jedoch wurde in den Bedingungen mit selektivem erneutem Lernen die nicht geübten Wörter zuerst und anschließend die geübten Wörter abgeprüft (siehe Wallner & Bäuml, 2017).

Anpassung der Potenzfunktion an die Erinnerungsraten. Das Vorgehen bei der Anpassung der Potenzfunktion an die Erinnerungsraten war analog zu Experiment 1.

Ergebnisse

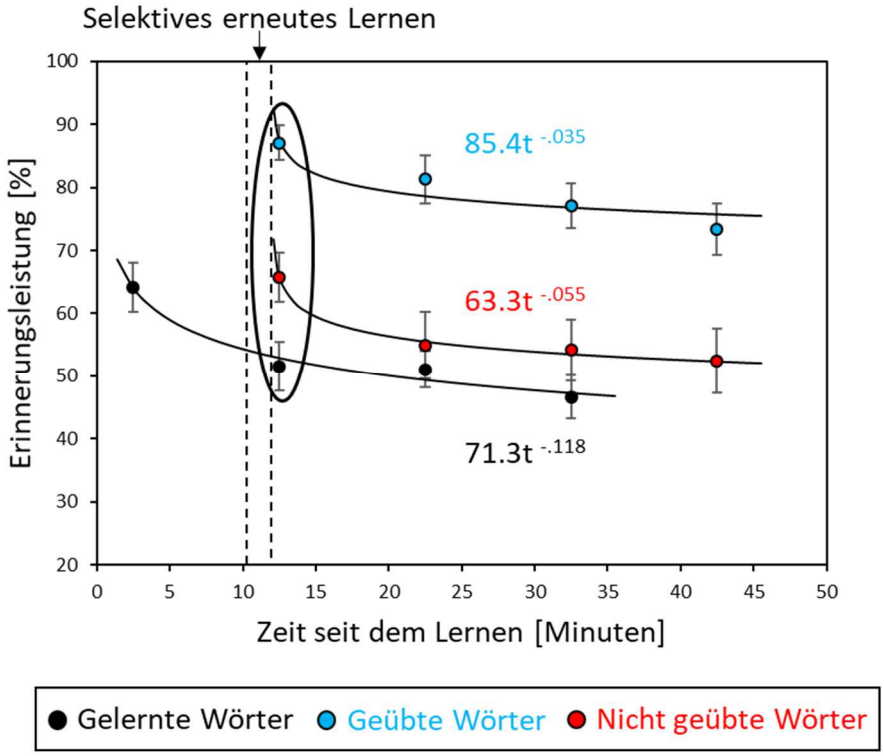
Einfluss der Outputposition beim Test. In den Versuchsbedingungen mit selektivem erneutem Lernen sollten Versuchspersonen beim Test zuerst die fünf nicht geübten und anschließend die 10 geübten Wörter abrufen. Für die Versuchspersonen in den Versuchsbedingungen ohne selektives erneutes Lernen wurde daher untersucht, ob sich die Erinnerungsraten der gelernten Wörter unterschieden, je nachdem zu welchem Zeitpunkt die Wörter beim Test abgeprüft wurden. Wenn sich die Erinnerungsraten je nach Outputposition unterschieden hätten, dann wäre für den Vergleich mit den Erinnerungsraten der nicht geübten Wörter die durchschnittliche Erinnerung an die fünf zuerst getesteten Wörter herangezogen worden. Für den Vergleich mit den Erinnerungsraten der geübten Wörter wäre die Erinnerung an die 10 zuletzt getesteten Wörter verwendet worden. Eine entsprechende 2 x 4 gemischt-faktorielle ANOVA mit dem Zwischensubjektfaktor VERZÖGERUNG (0 min vs. 10 min vs. 20 min vs. 30 min) und dem Innersubjektfaktor OUTPUTPOSITION (1-5 vs. 6-15) belegte für die Versuchsbedingungen ohne selektives erneutes Lernen einen Haupteffekt für den Faktor VERZÖGERUNG, F (3, 92) = 4.39, MSE = 0.06, p = .006, η^2 = 0.13. Entscheidend war jedoch, dass sich weder für den Faktor OUTPUTPOSITION, F (1, 92) < 1, noch für die Interaktion beider Faktoren, F (3, 92) < 1, signifikante Effekte ergaben. Die Erinnerungsleistung gelernter Wörter war damit nicht von der Outputposition beim Test abhängig und folglich wurde für die Erinnerungsleistung der gelernten Wörter die durchschnittliche Erinnerung an alle 15 getesteten Wörter verwendet.

Erinnerungsleistung beim Test. Typisches zeitabhängiges Vergessen trat für die gelernten Wörter auf, wenn diese ohne vorheriges selektives erneutes Lernen direkt nach dem initialen Lernen getestet wurden (siehe Abbildung 7). Die Versuchspersonen erinnerten sich somit nach der längsten Verzögerung von 30 min an weniger Wörter, als wenn sie direkt nach dem Lernen geprüft wurden (64.19 % vs. 46.67 %), t (46) = 3.40, p < .001, d = 0.98. Selektives erneutes Lernen unterbrach dieses zeitabhängige Vergessen. Es wurden höhere Erinnerungsraten für geübte Wörter direkt nach dem erneuten Lernen gefunden, als wenn die gelernten Wörter – ohne vorheriges erneutes Lernen – nach der analogen Zeit nach dem initialen Lernen abgeprüft wurden (87.08 % vs. 51.67 %), t (46) = 7.39, p < .001, d = 2.13. Dieser förderliche Einfluss des erneuten Lernens konnte auch für die Erinnerungsleistung der nicht geübten Wörter direkt nach dem selektiven erneuten Lernen beobachtet werden. Die nicht geübten Wörter wiesen zu diesem Zeitpunkt ebenfalls höhere Erinnerungsraten als die gelernten Wörter auf (65.83 % vs. 51.67 %), t (46)

= 2.57, $p = .013$, $d = 0.74$. Die geübten Wörter konnten jedoch mehr von dem förderlichen Einfluss selektiven erneuten Lernens profitieren und erzielten im Vergleich zu den nicht geübten Wörtern höhere Erinnerungsraten (87.08 % vs. 65.83 %), t (23) = 4.66, $p < .001$, $d = 0.95$. Mit zunehmender Zeit seit dem selektiven erneuten Lernen sanken die Erinnerungsraten der geübten und nicht geübten Wörter und unterlagen damit ebenfalls zeitabhängigem Vergessen. Die Erinnerungsraten waren nach der längsten Verzögerung von 30 min geringer, als wenn die Wörter direkt nach dem selektiven erneuten Lernen abgeprüft wurden [geübte Wörter: (87.08 % vs. 73.33 %), t (46) = 2.77, $p = .008$, $d = 0.80$; nicht geübte Wörter: (65.83 % vs. 52.50 %), t (46) = 2.08, $p = .043$, $d = 0.60$].

Abbildung 7

Ergebnisse von Experiment 4



Anmerkung: Die linke Kurve bildet die Erinnerungsleistungen gelernter Wörter zu den vier Zeitpunkten 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min nach dem initialen Lernen ab. Die anderen beiden Kurven zeigen die Erinnerung an geübte und nicht geübte Wörter nach dem selektiven erneuten Lernen, welches 10 min nach dem Lernen stattfand. Nach dem selektiven erneuten Lernen wurde die Erinnerung an die Wörter analog nach weiteren 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min abgeprüft. Gelernte, geübte und nicht geübte Wörter zeigten zeitabhängiges Vergessen, welches jeweils durch eine angepasste zeitabhängige Potenzfunktion beschrieben wurde. Die Erinnerung an geübte und nicht geübte Wörter war direkt nach dem erneuten Lernen höher als die zeitlich entsprechende Erinnerung an die gelernten Wörter (hervorgehoben durch den ovalen Bereich in der Abbildung). Gelernte und nicht geübte Wörter zeigten ähnliche Vergessensraten, wohingegen die Vergessensrate der geübten Wörter im Vergleich zu den gelernten Wörtern reduziert war. Die Fehlerbalken repräsentieren +/- 1 Standardfehler.

Quantifizierung des zeitabhängigen Vergessens. Die Potenzfunktion, $r(t) = at^{-b}$, wurde jeweils an die Erinnerungsraten von gelernten, geübten und nicht geübten Wörtern angepasst (siehe Abbildung 7). Die Funktion konnte das zeitabhängige Vergessen der drei Worttypen angemessen beschreiben, was durch die $X^2(2)$-Werte von 0.71 für die gelernten Wörter, von 1.80 für die geübten Wörter und von 0.03 für die nicht geübten

Wörtern belegt wurde. Anschließend wurde überprüft, ob sich die Parameter *a* und *b* der Potenzfunktion beim Vergleich von zwei Worttypen unterschieden. Hierbei wurden gelernte und nicht geübte Wörter, gelernte und geübte Wörter und danach nicht geübte und geübte Wörter verglichen. Beim Vergleich der Parameter der Potenzfunktion von gelernten und nicht geübten Wörtern wurde ersichtlich, dass sich die beiden Worttypen weder in Parameter *a,* $X^2(1) = 2.38$, noch in Parameter *b,* $X^2(1) = 1.56$, unterschieden. Dieses Ergebnis verdeutlichte, dass das zeitabhängige Vergessen direkt nach dem initialen Lernen – und ohne die nachfolgende Möglichkeit von selektivem erneutem Lernen – vergleichbar war mit dem zeitabhängigen Vergessen von nicht geübten Wörtern direkt nach dem erneuten Lernen. Ein anderes Ergebnismuster zeichnete sich beim Vergleich gelernter und geübter Inhalte ab. Beide Worttypen unterschieden sich im Parameter *a,* $X^2(1) = 10.20$, und im Parameter *b,* $X^2(1) = 11.02$, wobei die Potenzfunktion der geübten Wörter einen größeren Parameter *a* und einen kleineren Parameter *b* aufwies. Die geübten Wörter unterlagen somit verringertem zeitabhängigem Vergessen. Nicht geübte und geübte Wörter unterschieden sich im Parameter *a,* $X^2(1) = 39.30$, mit einem größeren *a*-Parameter für die geübten Wörter. Sie unterschieden sich jedoch nicht im Parameter *b,* $X^2(1) = 1.68$. Das zeitabhängige Vergessen geübter und nicht geübter Wörter nach dem selektiven erneuten Lernen war damit vergleichbar.

Diskussion

Konform mit früherer Forschung zu zeitabhängigem Vergessen zeigte dieses Experiment erwartetes zeitabhängiges Vergessen der gelernten Wörter auf (Ebbinghaus, 1885; Slamecka & McElree, 1983). So nahmen die Erinnerungsraten der gelernten Wörter über die Zeit nach dem initialen Lernen stetig ab und waren nach einer Verzögerung von 30 min deutlich geringer als direkt nach dem Lernen. Selektives erneutes Lernen, welches 10 min nach dem initialen Lernen stattfand, konnte jedoch dieses zeitabhängige Vergessen unterbrechen. Durch diese Übung erreichten geübte und nicht geübte Wörter höhere Erinnerungsraten, als wenn die gelernten Wörter 10 min nach dem initialen Lernen ohne selektives erneutes Lernen abgeprüft wurden. Dieser Befund replizierte das Ergebnis von Wallner und Bäuml (2017, Experiment 2) und verdeutlichte damit ein weiteres Mal, dass selektives erneutes Lernen 10 min nach dem initialen Lernen einen förderlichen Einfluss auf den Abruf der geübten und nicht geübten Wörter ausüben kann. Die geübten Wörter

konnten von dem selektiven erneuten Lernen mehr profitieren und erzielten nach der selektiven Übung höhere Erinnerungsraten als die nicht geübten Wörter.

Nach dem selektiven erneuten Lernen zeigten geübte und nicht geübte Wörter typisches zeitabhängiges Vergessen und wiesen geringere Erinnerungsraten nach der längsten Verzögerung von 30 min auf als direkt nach dem erneuten Lernen. Hier ist nun besonders nennenswert, dass das zeitabhängige Vergessen nicht geübter Wörter nach dem selektiven erneuten Lernen identisch war mit dem zeitabhängigen Vergessen gelernter Wörter direkt nach dem initialen Lernen. Die Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens hatte damit eine längerfristige Auswirkung auf den Abruf der nicht geübten Wörter, da das Vergessen dieser Wörter komplett neugestartet wurde und nicht nur eine kurzzeitige Unterbrechung darstellte. Die geübten Wörter zeigten im Vergleich zu den gelernten Wörtern verringertes zeitabhängiges Vergessen. Dieses Experiment lieferte somit erste Hinweise darauf, dass selektives erneutes Lernen das zeitabhängige Vergessen nicht geübter Wörter neustarten und das Vergessen geübter Wörter sogar abschwächen kann. Beim Vergleich des zeitabhängigen Vergessens nicht geübter und geübter Wörter wurde ersichtlich, dass beide Worttypen statistisch identisches Vergessen aufwiesen. Dieser Aspekt wird später noch genauer betrachtet (siehe Experiment 5, Diskussion, zusätzliche Analysen).

6.2 Experiment 5

Mit Experiment 5 sollten die Ergebnismuster von Experiment 4 repliziert und auf anderes Lernmaterial und auf eine längere Verzögerung zwischen initialem Lernen und selektivem erneutem Lernen erweitert werden. Hierfür wurde eine neue Wortliste erstellt und eine Verzögerung von 30 min zwischen initialem Lernen und selektivem erneutem Lernen eingebaut. Ansonsten war Experiment 5 sehr ähnlich zu Experiment 4.

Frühere Forschung zum Einfluss von selektivem erneutem Lernen auf den Abruf geübter und nicht geübter Wörter konnte bereits darlegen, dass bei Verzögerungen von 30 min (Wallner & Bäuml, 2017, Experiment 2) oder 48 h (Bäuml & Dobler, 2015) zwischen initialem und selektivem erneutem Lernen höhere Erinnerungsleistungen für die geübten und nicht geübten Wörter als vergleichsweise der gelernten Wörter erreicht wurden. Bei der in diesem Experiment vorliegenden Verzögerung von 30 min sollte dementsprechend auch dieser Fördereffekt zu finden sein. Wie sich jedoch das zeitabhängige Vergessen geübter und nicht geübter Wörter nach dem erneuten Lernen entwickeln könnte, war bisher noch unklar. Naheliegend wäre, dass ähnliche Ergebnismuster zu Experiment 4 entstehen könnten. Das würde bedeuten, dass das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Wörter langfristig unterbrochen wird und einen Neustart des Vergessens bewirkt, was sich schließlich in identischem zeitabhängigem Vergessen zu den gelernten Wörtern niederschlagen würde. Das Vergessen der geübten Wörter könnte erneut im Vergleich zu den gelernten Wörtern abgeschwächt sein. Diese noch unklaren Aspekte untersuchte das folgende Experiment 5.

Methode

Stichprobe. 192 Studierende (M = 24.1 Jahre, Altersspanne = 18-34 Jahre, 83.9 % weiblich) unterschiedlicher Universitäten in Deutschland nahmen am Experiment teil. Eine Online-Videokonferenz wurde mittels der Software Zoom (Zoom Video Communications Inc., 2016) erstellt und die Versuchspersonen wurden individuell getestet. Der Versuchsleiter war für die gesamte Dauer des Experiments anwesend und instruierte die Versuchspersonen. Analog zu Experiment 4 wurden die Versuchspersonen gleichmäßig auf zwei Gruppen mit jeweils vier Untergruppen verteilt. Jede Untergruppe beinhaltete N = 24 Versuchspersonen.

Material. Das Lernmaterial war identisch zu Experiment 1. Es handelte sich um eine Wortliste bestehend aus 15 unzusammenhängenden deutschen Nomen. Jedes Wort hatte einen eindeutigen Anfangsbuchstaben. Die Einteilung in gelernte, geübte und nicht geübte Wörter folgte Experiment 4.

Design und Versuchsablauf. Der Versuchsablauf war größtenteils identisch zum vorherigen Experiment 4, jedoch existierten drei Unterschiede: (a) das selektive erneute Lernen fand 30 min nach dem initialen Lernen statt; (b) in den Versuchsbedingungen mit selektivem erneutem Lernen wurde eine 2-minütige Rückwärtszählaufgabe direkt nach dem selektiven erneuten Lernen eingebaut, sodass der zeitliche Ablauf nach dem selektiven erneuten Lernen exakt dem zeitlichen Ablauf nach dem initialen Lernen entsprach; (c) die Verzögerungsintervalle von 10 min, 20 min und 30 min als auch das Verzögerungsintervall von 30 min zwischen initialem Lernen und selektivem erneutem Lernen waren wieder mit neutralen Distraktoraufgaben gefüllt; im Gegensatz zu Experiment 4 beinhaltete jedes 10-min Intervall anstelle eines Blocks aus drei Aufgaben lediglich eine einzige Distraktoraufgabe. Sechs unterschiedliche Aufgaben standen hierbei zur Auswahl, zu welchen Fehlerbilder, Kopfrechenaufgaben, Ravens progressive Matrizen (Raven et al., 2000), die Operation-Span-Aufgabe (Turner & Engle, 1989), Denksportaufgaben und Entscheidungsaufgaben zählten. In jeder Versuchsbedingung wurden zufällig die Aufgaben ohne Zurücklegen gezogen. Somit erhielt keine Versuchsperson während des Experiments eine Aufgabe, welche bereits davor schon einmal bearbeitet wurde.

Anpassung der Potenzfunktion an die Erinnerungsraten. Das Vorgehen bei der Anpassung der Potenzfunktion an die Erinnerungsraten war analog zu Experiment 1 und 4.

Ergebnisse

Einfluss der Outputposition beim Test. Es wurde betrachtet, ob die Erinnerungsleistung gelernter Wörter beim Test davon abhängte, an welcher Position in der Testsequenz sich die Wörter befanden. Eine entsprechende 2 x 4 gemischt-faktorielle ANOVA mit dem Zwischensubjektfaktor VERZÖGERUNG (0 min vs. 10 min vs. 20 min vs. 30 min) und dem Innersubjektfaktor OUTPUTPOSITION (1-5 vs. 6-15) ergab einen Haupteffekt für

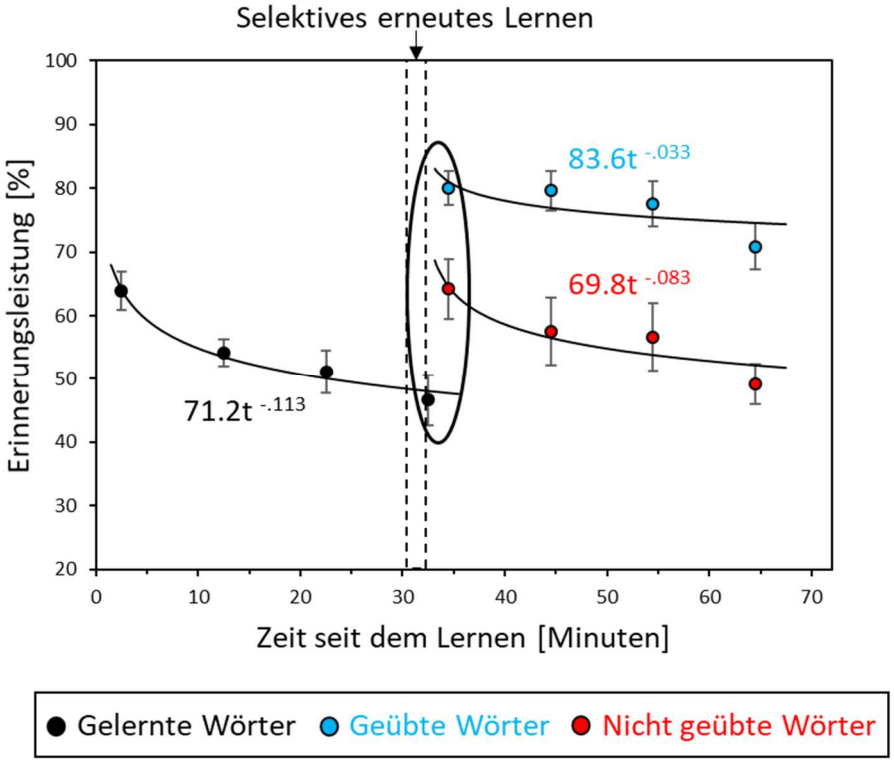
den Faktor VERZÖGERUNG, F (3, 92) = 5.85, MSE = 0.05, p = .001, η^2 = 0.16, jedoch gab es keinen signifikanten Effekt für den Faktor OUTPUTPOSITION, F (1, 92) = 1.25, MSE = 0.02, p = .266, η^2 = 0.01, und keine signifikante Interaktion beider Faktoren, F (3, 92) < 1. Die Erinnerungsleistung hing somit für die Versuchsbedingungen ohne selektives erneutes Lernen nicht von der Outputposition beim Test ab. Aus diesem Grund wurde für die Erinnerungsleistung der gelernten Wörter beim Test die durchschnittliche Erinnerung an alle 15 Wörter verwendet.

Erinnerungsleistung beim Test. Analog zu Experiment 4 zeigte sich für die Erinnerungsleistung gelernter Wörter typisches zeitabhängiges Vergessen, wenn die Wörter ohne vorheriges selektives erneutes Lernen direkt nach dem initialen Lernen abgeprüft wurden (siehe Abbildung 8). Die Erinnerungsleistung gelernter Wörter nahm somit über die Zeit seit dem initialen Lernen ab und war nach der längsten Verzögerung von 30 min geringer als direkt nach dem initialen Lernen (63.89 % vs. 46.67 %), t (46) = 3.42, p = .001, d = 0.99. Selektives erneutes Lernen konnte erneut dieses zeitabhängige Vergessen unterbrechen. So profitierten die geübten Wörter von der Möglichkeit des erneuten Lernens, was sich in höheren Erinnerungsraten direkt nach dem selektiven erneuten Lernen im Vergleich zu den Erinnerungsraten gelernter Wörter abbildete, welche nach der analogen Zeit nach dem initialen Lernen abgeprüft wurden (80.00 % vs. 46.67 %), t (46) = 6.95, p < .001, d = 2.01. Auch die nicht geübten Wörter erhielten eine Abrufförderung durch das selektive erneute Lernen und zeigten ebenfalls höhere Erinnerungsraten als die gelernten Wörter (64.17 % vs. 46.67 %), t (46) = 2.85, p = .007, d = 0.82. Im Unterschied zu Experiment 4 war nun eine 2-minütige Distraktoraufgabe direkt nach dem selektiven erneuten Lernen eingebaut. Der Test von geübten und nicht geübten Wörtern nach dem selektiven erneuten Lernen erfolgte damit 2 min später als der entsprechende Abruf der gelernten Wörter in den Versuchsbedingungen ohne selektives erneutes Lernen. Dieser Unterschied in der Verzögerung zwischen Lernen und Test hat, wenn überhaupt, dazu geführt, dass die induzierte Abrufförderung geübter und nicht geübter Wörter unterschätzt wurde. Die Abrufförderung durch selektives erneutes Lernen zeigte erneut je nach Worttyp ein unterschiedliches Ausmaß. So konnten geübte Wörter mehr von dem erneuten Lernen profitieren als nicht geübte Wörter (80.00 % vs. 64.17 %), t (23) = 3.55, p = .002, d = 0.72. Geübte und nicht geübte Wörter unterlagen nach dem selektiven erneuten Lernen erneut typischem zeitabhängigem Vergessen und wiesen nach einer Verzögerung

von 30 min geringere Erinnerungsraten auf, als wenn die Wörter direkt nach dem erneuten Lernen getestet wurden [geübte Wörter: (80.00 % vs. 70.83 %), t (46) = 2.04, p = .047, d = 0.59; nicht geübte Wörter: (64.17 % vs. 49.17 %), t (46) = 2.66, p = .011, d = 0.77].

Abbildung 8

Ergebnisse von Experiment 5



Anmerkung: Die linke Kurve stellt die Erinnerungsleistungen gelernter Wörter zu den vier Zeitpunkten 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min nach dem initialen Lernen dar. Die rechten Kurven repräsentieren die Erinnerungsleistungen der geübten und nicht geübten Wörter nach selektivem erneutem Lernen, welches sich 30 min nach dem initialen Lernen ereignete. Nach dem erneuten Lernen wurde die Erinnerung an die Wörter analog nach weiteren 0 min, 10 min, 20 min oder 30 min getestet. Gelernte, geübte und nicht geübte Wörter zeigten typisches zeitabhängiges Vergessen, was jeweils durch eine angepasste zeitabhängige Potenzfunktion beschrieben wurde. Nach dem erneuten Lernen wurde eine höhere Erinnerung an geübten und nicht geübten Wörtern erzielt als im Vergleich zu der zeitlich entsprechenden Erinnerung an die gelernten Wörter (hervorgehoben durch den ovalen Bereich in der Abbildung). Gelernte und nicht geübte Wörter wiesen ähnliche Vergessensraten auf. Die Vergessensrate der geübten Wörter war im Vergleich zu den gelernten und nicht geübten Wörtern reduziert. Die Fehlerbalken repräsentieren +/- 1 Standardfehler.

Quantifizierung des zeitabhängigen Vergessens. Die Potenzfunktion, $r(t) = at^{-b}$, wurde jeweils an die Erinnerungsraten von gelernten, geübten und nicht geübten Wörtern angepasst (siehe Abbildung 8). Erneut zeigte die Potenzfunktion eine gute Anpassung an die Erinnerungsraten der drei Worttypen, belegt durch $X^2(2)$-Werte von 0.50 für die gelernten Wörter, von 3.42 für die geübten Wörter und von 0.89 für die nicht geübten Wörter. Ähnlich zu Experiment 4 konnte beim Vergleich des Parameters *a* und zugleich beim Vergleich des Parameters *b* zwischen den Potenzfunktionen gelernter und nicht geübter Wörter keine signifikanten Unterschiede gefunden werden (Parameter *a*: $X^2(1) = 0.03$; Parameter *b*: $X^2(1) = 1.49$). Das zeitabhängige Vergessen nicht geübter Wörter nach dem selektiven erneuten Lernen unterschied sich damit nicht vom zeitabhängigen Vergessen gelernter Wörter direkt nach dem initialen Lernen. Beim Vergleich von gelernten und geübten Worten zeigten sich hingegen Unterschiede im zeitabhängigen Vergessen. Die Potenzfunktion der geübten Wörter wies einen größeren Parameter *a,* $X^2(1) = 5.22$, und einen kleineren Parameter *b* auf, $X^2(1) = 8.14$. Nicht geübte und geübte Wörter zeigten im Vergleich zu Experiment 4 ein entgegengesetztes Ergebnismuster. Das bedeutete, dass sich die Parameter dieses Mal nicht im Parameter *a,* $X^2(1) = 3.28$, jedoch im Parameter *b* unterschieden, $X^2(1) = 57.46$, mit einem kleineren Parameter *b* für die geübten Wörter. Das zeitabhängige Vergessen geübter Wörter war somit im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen der nicht geübten Wörter ebenfalls reduziert.

Diskussion

Mit Experiment 5 konnten die Ergebnisse von Experiment 4 größtenteils repliziert werden. Typisches zeitabhängiges Vergessen der gelernten Wörter wurde gefunden, mit stetig sinkenden Erinnerungsraten über die Zeit seit dem Lernen und einer geringeren Erinnerungsleistung nach der längsten Verzögerung von 30 min, als wenn die Wörter direkt nach dem Lernen abgeprüft wurden. Selektives erneutes Lernen fand 30 min nach dem initialen Lernen statt und konnte erneut dieses zeitabhängige Vergessen unterbrechen. Geübte und nicht geübte Wörter erlangten durch das selektive erneute Lernen eine Abrufförderung und erzielten damit höhere Erinnerungsleistungen, als wenn die gelernten Wörter 30 min nach dem initialen Lernen ohne nachfolgendes erneutes Lernen abgeprüft wurden. Dieser Befund replizierte ebenfalls das Ergebnis von Wallner und Bäuml (2017, Experiment 2) und bekräftige damit, dass selektives erneutes Lernen auch 30 min nach dem Lernen die Erinnerungsleistung der geübten und nicht geübten Wörter fördern kann.

Die Abrufförderung war erneut für die geübten Wörter größer als für die nicht geübten Wörter.

Nach dem selektiven erneuten Lernen wurden über die Zeit immer mehr geübte und nicht geübte Wörter vergessen, sodass nach der längsten Verzögerung von 30 min die Erinnerung an diese Wörter jeweils geringer war als direkt nach dem erneuten Lernen. Typisches zeitabhängiges Vergessen der beiden Worttypen konnte somit festgestellt werden. Interessanterweise unterschied sich das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Wörter erneut nicht von dem Vergessen der gelernten Wörter. Diese Beobachtung brachte zwei Folgerungen mit sich. Erstens hat selektives erneutes Lernen in diesem Fall das zeitabhängige Vergessen der Wörter durch die Abrufförderung unterbrechen können. Zweitens handelte es sich hier – analog zu Experiment 4 – nicht nur um eine kurzfristige Unterbrechung, durch welche die Erinnerungsraten im Vergleich zu den gelernten Wörtern schneller abgesunken wären. Vielmehr bewirkte die Übung eine längerfristige Unterbrechung und erzielte einen Neustart des zeitabhängigen Vergessens. Die geübten Wörter zeigten im Vergleich zu den gelernten Wörtern erneut verringertes zeitabhängiges Vergessen, was ebenfalls das Ergebnis von Experiment 4 replizierte. Dies implizierte, dass selektives erneutes Lernen wahrscheinlich das zeitabhängige Vergessen geübter Wörter abschwächen kann. Der einzige Kontrast in den Ergebnissen zu Experiment 4 ergab sich beim Vergleich nicht geübter und geübter Wörter. Hier zeigte sich nun, dass geübte Wörter verringertes zeitabhängiges Vergessen aufwiesen, wohingegen sich in Experiment 4 das zeitabhängige Vergessen nicht geübter und geübter Wörter nicht unterschied. Um diese Diskrepanz in den Ergebnissen besser einschätzen zu können, wurden im Anschluss zusätzliche Analysen durchgeführt.

Zusätzliche Analysen. Bei Betrachtung der geschätzten Parameterwerte der Potenzfunktion der drei Worttypen war auffallend, dass sich diese Werte kaum zwischen den beiden Experimenten 4 und 5 unterschieden. Um diesen Aspekt statistisch untersuchen zu können, wurde analysiert, ob sich beide Parameter *a* und *b* der Potenzfunktion eines Worttyps hinsichtlich ihrer Werte zwischen den beiden Experimenten unterschieden. Für jeden einzelnen Worttyp wurden hierfür die Daten beider Experimente gemittelt und es wurde untersucht, ob die Restriktion gemeinsamer Parameter *a* und *b* die Anpassungsgüte des Potenzfunktionsmodells im Vergleich zu einem generalisierten, nicht restringierten Potenzfunktionsmodell beeinträchtigte, in welchem die zwei Parameter zwischen beiden Experimenten frei variieren durften. Dieses Vorgehen mündete für jeden

Worttyp in einem X^2-Test mit zwei Freiheitsgraden. Für die gelernten Wörter ergab sich ein $X^2(2)$-Wert von 0.10, für die geübten Wörter ein Wert von 0.52 und für die nicht geübten Wörter ein Wert von 0.86. Diese Ergebnisse belegten, dass sich für die drei Worttypen die Parameterwerte nicht zwischen den beiden Experimenten unterschieden. Aus diesem Grund wurden die Erinnerungsraten jedes einzelnen Worttyps über beide Experimente hinweg gemittelt und es wurde im nächsten Schritt analysiert, ob sich nun die Parameter *a* und *b* zwischen den Worttypen unterschieden. Übereinstimmend mit den Ergebnissen von Experiment 4 und 5 zeigte sich beim Vergleich der Parameter der Potenzfunktion von gelernten und nicht geübten Wörtern, dass es weder Unterschiede im Parameter *a*, $X^2(1) = 2.63$, noch Unterschiede im Parameter *b* gab, $X^2(1) = 3.36$. Das zeitabhängige Vergessen nicht geübter Wörter direkt nach dem selektiven erneuten Lernen war deshalb mit dem zeitabhängigen Vergessen gelernter Wörter direkt nach dem Lernen vergleichbar. Ebenfalls konsistent mit den Ergebnissen von Experiment 4 und 5 war der Vergleich von gelernten und geübten Wörtern, da sich beide Potenzfunktionen im Parameter *a,* $X^2(1) = 17.40$ und im Parameter *b* unterschieden, $X^2(1) = 19.53$, mit einem größeren *a* und einem kleineren *b* für die geübten Wörter. Das zeitabhängige Vergessen der geübten Wörter war somit im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen der gelernten Wörter verringert. Beim Vergleich nicht geübter und geübter Wörter erbrachten Experiment 4 und 5 einzeln betrachtet entgegengesetzte Ergebnismuster. Wurden jedoch die gemittelten Erinnerungsraten beider Experimente zur Analyse herangezogen, dann zeigten sich Unterschiede im Parameter *a*, $X^2(1) = 42.93$, mit einem größeren Wert von *a* für die geübten Wörter, jedoch keine Unterschiede im Parameter *b*, $X^2(1) = 1.30$, was andeutet, dass das zeitabhängige Vergessen geübter und nicht geübter Wörter vergleichbar war. Dieses Ergebnis entsprach somit eher dem Ergebnismuster von Experiment 4.

Die zusätzlichen Analysen mit den gemittelten Erinnerungsraten über die Experimente 4 und 5 bekräftigten, dass sich übereinstimmende Ergebnisse ergaben, was den Vergleich von gelernten Wörtern mit den nicht geübten Wörtern und den Vergleich von gelernten Wörtern mit den geübten Wörtern betraf. So war das zeitabhängige Vergessen der gelernten Wörter nach dem Lernen identisch mit dem zeitabhängigen Vergessen nicht geübter Wörter nach dem selektiven erneuten Lernen und das Vergessen der geübten Wörter war im Vergleich zu den gelernten Wörtern reduziert. Beim Vergleich von nicht geübten und geübten Wörtern zeigte sich nun, dass sich mit den gemittelten Erinnerungsraten über die Experimente 4 und 5 das zeitabhängige Vergessen von geübten und nicht

geübten Wörtern nicht unterschied, was eher den Ergebnissen von Experiment 4 entsprach. Nichtsdestotrotz ist anzumerken, dass wenn das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Wörter ähnlich war zum zeitabhängigen Vergessen der gelernten Wörter und das Vergessen der geübten Wörter im Vergleich zu den gelernten Wörter reduziert war, dann sollte idealerweise auch das Vergessen der geübten Wörter im Vergleich zu den nicht geübten Wörter reduziert sein. Dieses Muster wurde in Experiment 5 festgestellt und war, wenn auch nicht statistisch, zumindest numerisch präsent in Experiment 4. Weitere Studien mit vorzugsweise größerer statistischer Power sollten daher die Vermutung bestärken, dass die geübten Wörter auch im Vergleich zu den nicht geübten Wörtern abgeschwächtes zeitabhängiges Vergessen aufweisen können.

6.3 Diskussion der Experimente 4-5

Mit den Experimenten 1 bis 3 konnte bereits belegt werden, wie sich selektives Abrufen auf das zeitabhängige Vergessen von geübten und nicht geübten Inhalten auswirkt. Der Fokus der Experimente 4 und 5 lag nun darauf zu untersuchen, ob sich die Ergebnisse auch auf selektive Übung in Form von erneutem Lernen generalisieren lassen. Unter der Annahme, dass selektives erneutes Lernen einen ähnlich effektiven Kontextabruf wie selektiver Abruf erzeugt, könnten sich die Ergebnismuster von den Experimenten 1 bis 3 auch bei selektivem erneutem Lernen zeigen. Die Effektivität des Kontextabrufs kann aber mit der Art der selektiven Übung variieren, da nach selektivem erneutem Lernen im Vergleich zu selektivem Abruf kleinere förderliche Effekte auf den Abruf der nicht geübten Inhalte aufgefunden wurden (Bäuml & Dobler, 2015; Wallner & Bäuml, 2017). Deswegen wäre es auch möglich, dass alle Effekte ein Stück weit reduziert sein könnten. Diese noch unklaren Aspekte wurden durch die Experimente 4 und 5 des vorliegenden Kapitels näher untersucht.

Bei beiden Experimenten nahm die Erinnerungsleistung der gelernten Informationen in Abwesenheit von selektivem erneutem Lernen über die Zeit seit dem erstmaligen Lernen ab. Die Erinnerung an die Inhalte war damit nach der längsten Verzögerung geringer, als wenn die Erinnerung direkt nach dem Lernen geprüft wurde. Diese Beobachtung spiegelte typisches zeitabhängiges Vergessen der gelernten Informationen wider (Rubin & Wenzel, 1996; Wixted & Ebbesen, 1991). An dieser Stelle ist es

bedeutsam hervorzuheben, dass selektives erneutes Lernen dieses zeitabhängige Vergessen unterbrechen konnte. Selektives erneutes Lernen erzeugte dabei eine Abrufförderung für die geübten und nicht geübten Inhalte. Die Erinnerung an diese Inhalte war direkt nach dem selektiven erneuten Lernen höher, als wenn die Erinnerung an gelernte Informationen in Abwesenheit von selektivem erneutem Lernen nach der entsprechenden analogen Zeit getestet wurde. Die Experimente 4 und 5 konnten damit die Ergebnisse von Wallner und Bäuml (2017) replizieren, indem ebenfalls ein förderlicher Effekt von selektivem erneutem Lernen auf den Abruf der geübten und nicht geübten Inhalte nach zeitlichen Verzögerungen von 10 min und 30 min gefunden wurde. Die erneut gelernten Inhalte konnten in beiden Experimenten von der Abrufförderung mehr profitieren als die nicht geübten Inhalte. Bei den Experimenten 1 bis 3 war die Abrufförderung für geübte und nicht geübte Inhalte jedoch ähnlich. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, da durch erneutes Lernen alle geübten Inhalte nochmals präsentiert und damit gestärkt werden, wohingegen beim Abruf vergleichsweise deutlich weniger geübte Inhalte gestärkt werden, da nur erfolgreich abgerufene Inhalte gestärkt werden (Halamish & Bjork, 2011; Kornell et al., 2011).

Nach dem erneuten Lernen unterlagen sowohl geübte als auch nicht geübte Inhalte typischem zeitabhängigem Vergessen, sodass deren Erinnerung nach der längsten Verzögerung geringer war, als wenn die Erinnerung direkt nach dem erneuten Lernen abgeprüft wurde. Bemerkenswerterweise zeigte sich in beiden Experimenten, dass das zeitabhängige Vergessen von nicht geübten Inhalten nach dem selektiven erneuten Lernen exakt dem zeitabhängigen Vergessen von gelernten Inhalten nach dem erstmaligen Lernen entsprach. Diese Beobachtung hebt hervor, dass die Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens durch selektives erneutes Lernen – ähnlich wie die Unterbrechung durch selektiven Abruf in den Experimenten 1 bis 3 – eine länger anhaltende Auswirkung auf das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte hatte.

Beim Vergleich des zeitabhängigen Vergessens von geübten Inhalten mit dem zeitabhängigen Vergessen von gelernten Inhalten wurde deutlich, dass in beiden Experimenten für die geübten Inhalte der Niveauparameter *a* der Potenzfunktion größer und der Vergessensparameter *b* der Potenzfunktion kleiner war. Die geübten Inhalte zeigten verringertes zeitabhängiges Vergessen. Unsere Experimentalserie konnte somit belegen, dass neben selektivem Abruf auch das selektive erneute Lernen von Inhalten das zeitab-

hängige Vergessen der geübten Inhalte abschwächen kann. Beim Vergleich des zeitabhängigen Vergessens von geübten und nicht geübten Inhalten ergaben Experiment 4 und 5 ein unterschiedliches Ergebnismuster. Bei Experiment 4 hatte die Potenzfunktion der geübten Inhalte einen größeren Niveauparameter *a* als die nicht geübten Inhalte, wohingegen sich beide Inhalte im Vergessensparameter *b* nicht unterschieden. Beide Inhalte zeigten somit identisches zeitabhängiges Vergessen. Bei Experiment 5 hatten geübte und nicht geübte Inhalte denselben Niveauparameter *a*, jedoch war der Vergessensparameter *b* für die geübten Inhalte kleiner. Dies deutete an, dass das zeitabhängige Vergessen der geübten Inhalte im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen nicht geübter Inhalte reduziert war. Zusätzliche Analysen mit den gemittelten Daten von Experiment 4 und 5 bekräftigten hinsichtlich geübter und nicht geübter Inhalte das Ergebnismuster von Experiment 4. Weitere Experimente mit einer größeren statistischen Power sind an dieser Stelle notwendig, um abklären zu können, ob selektives erneutes Lernen auch das zeitabhängige Vergessen von geübten Inhalten im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen von nicht geübten Inhalten abschwächen kann. Trotz dieser Unklarheit konnte diese Experimentalserie zentrale Erkenntnisse hinsichtlich des Einflusses von selektivem erneutem Lernen auf das zeitabhängige Vergessen von geübten und nicht geübten Inhalten liefern. So kann selektives erneutes Lernen – ähnlich wie selektiver Abruf – das zeitabhängige Vergessen nicht geübter Inhalte unterbrechen und das Vergessen dieser Inhalte neustarten, sodass das zeitabhängige Vergessen von nicht geübten Inhalten nach dem erneuten Lernen identisch ist mit dem zeitabhängigen Vergessen direkt nach dem erstmaligen Lernen. Zudem konnte selektives erneutes Lernen das zeitabhängige Vergessen geübter Inhalte im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen von nur einmalig gelernten Inhalten abschwächen.

7. Gesamtdiskussion

7.1 Zusammenfassung der Befunde

Das Ziel der beiden Experimentalserien der vorliegenden Arbeit war es zu untersuchen, wie sich einerseits selektive Übung in Form von Abruf (Kapitel 4) und andererseits selektive Übung in Form von erneutem Lernen (Kapitel 6) auf das zeitabhängige Vergessen gelernter, geübter und nicht geübter Inhalte auswirkt. Ausgangspunkt dieser Fragestellungen stellten die Befunde dar, dass selektives Üben in Form von Abruf oder in Form von erneutem Lernen das zeitabhängige Vergessen von Inhalten unterbrechen kann (siehe Bäuml & Dobler, 2015; Bäuml & Schlichting, 2014; Wallner & Bäuml, 2017). Selektive Übung führte in diesen Studien dazu, dass die Erinnerung an geübte und nicht geübte Inhalte direkt nach der selektiven Übung höher war, als wenn nach der analogen Zeit die Erinnerung an Inhalte nach dem Lernen in Abwesenheit von selektiver Übung erhoben wurde.

An dieser Stelle blieb es bisher noch unerforscht, wie der weitere Verlauf der Erinnerungsraten nach dieser Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens aussieht. Es stellte sich in diesem Zusammenhang damit die Frage, ob die Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens für die nicht geübten Inhalte eher ein transientes oder eher ein länger anhaltendes Phänomen darstellt. Wenn die selektive Übung nur kurzzeitig das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte unterbricht, dann würden die Erinnerungsraten nach der Abrufförderung relativ zügig wieder absinken und sich der ursprünglichen Vergessenskurve von den Inhalten annähern, bei welchen keine selektive Übung stattfand (Folkerts et al., 2018). Wenn jedoch die Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens von eher längerer Dauer sein sollte, dann könnte selektive Übung zu einem kompletten Neustart des Abrufprozesses der nicht geübten Inhalte führen. Das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte wäre dadurch neugestartet und würde dem zeitabhängigen Vergessen von Inhalten direkt nach dem erstmaligen Lernen entsprechen.

Hinsichtlich des zeitabhängigen Vergessens der geübten Inhalte konnten Studien bereits Hinweise liefern, dass nicht selektive, vollständige Abrufübung das zeitabhängige Vergessen dieser Inhalte abschwächen kann (siehe z. B. Roediger & Karpicke, 2006b; Toppino & Cohen, 2009; Wheeler et al., 2003). Unsere Experimente konnten an dieser Stelle direkte Belege für den Verlauf des zeitabhängigen Vergessens geübter Inhalte direkt nach einer selektiven Übung liefern. Zudem war es bei unseren Experimenten erstmalig möglich, das zeitabhängige Vergessen von nicht geübten und geübten Inhalten zu vergleichen.

In den Experimenten 1 bis 3 erfolgte die selektive Übung mittels Abrufs und in den Experimenten 4 und 5 erfolgte sie mittels erneuten Lernens. Die selektive Übung fand in der ersten Experimentalserie nach 30 min (Experiment 1), nach 1.5 h oder 3 h (Experiment 2) und nach 2 h (Experiment 3) statt. In der zweiten Experimentalserie erfolgte die selektive Übung 10 min (Experiment 4) und 30 min (Experiment 5) nach dem erstmaligen Lernen der Inhalte. Bei allen fünf Experimenten zeigte sich, dass die Erinnerung an gelernte Inhalte über die Zeit seit dem erstmaligen Lernen abnahm. Dieses zeitabhängige Vergessen konnte aber sowohl durch selektiven Abruf als auch durch selektives erneutes Lernen unterbrochen werden. Die selektive Übung bewirkte eine Abrufförderung der geübten und der nicht geübten Inhalte, sodass diese Inhalte nach der selektiven Übung besser erinnert wurden, als wenn die Inhalte nach einem äquivalenten Zeitintervall aber in Abwesenheit von selektiver Übung getestet wurden. Beide Experimentalserien replizierten damit den Befund, dass zeitlich verzögertes selektives Üben sich förderlich auf den Abruf der geübten und der nicht geübten Inhalte auswirken kann (z. B. Abel & Bäuml, 2015; Bäuml & Schlichting, 2014). Zudem replizierten die Experimentalserien den Befund, dass der förderliche Effekt der selektiven Übung nicht abrufspezifisch ist, sondern auch bei selektiver Übung in Form von erneutem Lernen beobachtet werden kann (siehe Bäuml & Dobler, 2015; Wallner & Bäuml, 2017). Das Ausmaß der Abrufförderung variierte mit der Art der selektiven Übung. Bei selektivem Abruf konnten geübte und nicht geübte Inhalte in gleichem Ausmaß von der Abrufübung profitieren, sodass sich deren Erinnerungsraten nach dem selektiven Abruf nicht unterschieden. Beim selektiven erneuten Lernen konnten jedoch die geübten Inhalte mehr von dem erneuten Lernen profitieren und erzielten nach dem selektiven erneuten Lernen höhere Erinnerungsraten als die nicht geübten Inhalte.

Die beiden Experimentalserien erweiterten den bisherigen Erkenntnisstand, indem das zeitabhängige Vergessen geübter und nicht geübter Inhalte nach der selektiven

Übung untersucht wurde. Beim selektiven Abruf zeigten sich hauptsächlich die nicht geübten Inhalte durch die zunehmende Zeit nach der selektiven Übung beeinflusst, sodass die Erinnerungsraten nach der längsten Verzögerung geringer waren als die Erinnerungsraten direkt nach dem selektiven Abrufen. Der Abruf der geübten Inhalte unterschied sich hingegen nicht nach der längsten und der kürzesten Verzögerung. Bei selektiver Übung in Form von erneutem Lernen wurde jedoch der Abruf von nicht geübten und auch von geübten Inhalten durch die zunehmend verstrichene Zeit seit der selektiven Übung erschwert und die Erinnerungsraten nahmen stetig ab.

Eine genauere Betrachtung des Verlaufs des zeitabhängigen Vergessens wurde ermöglicht, indem eine Potenzfunktion an die Erinnerungsraten von gelernten, geübten und nicht geübten Inhalten angepasst wurde. Beim Vergleich von nicht geübten und gelernten Inhalten zeigte sich bei beiden Formen von selektiver Übung, dass das zeitabhängige Vergessen von nicht geübten Inhalten nach der selektiven Übung dem zeitabhängigen Vergessen von gelernten Inhalten direkt nach dem initialen Lernen entsprach. Die Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens durch selektive Übung hatte damit eine längerfristige Auswirkung auf den weiteren Abruf. Die selektive Übung erzeugte für die nicht geübten Inhalte einen Neustart des Abrufprozesses und damit auch einen Neustart des zeitabhängigen Vergessens.

Beim Vergleich des Verlaufs der Erinnerungsraten von geübten und gelernten Inhalten zeigte sich, dass bei selektivem erneutem Lernen der Niveauparameter *a* der Potenzfunktion der geübten Inhalte größer war als für die gelernten Inhalte. Beim selektiven Abruf war hingegen der Niveauparameter für geübte und gelernte Inhalte identisch. Entscheidende Aussagen über das zeitabhängige Vergessen ergaben sich jedoch über den Vergessensparameter *b*. Sowohl bei selektivem Abruf als auch bei selektivem erneutem Lernen war der Vergessensparameter *b* für die geübten Inhalte kleiner. Dieses Ergebnis hob damit hervor, dass selektives Abrufen und selektives erneutes Lernen das zeitabhängige Vergessen von geübten Inhalten abschwächen kann.

Beim Vergleich von geübten und nicht geübten Inhalten ergaben sich je nach selektiver Übung unterschiedliche Ergebnismuster. Bei selektivem Abruf zeigte sich einheitlich über die drei Experimente, dass das zeitabhängige Vergessen geübter Inhalte im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen nicht geübter Inhalte ebenfalls reduziert war.

Bei selektivem erneutem Lernen wurde verringertes zeitabhängiges Vergessen der geübten Inhalte nur in Experiment 5 festgestellt. Wenn jedoch das zeitabhängige Vergessen nicht geübter und gelernter Inhalte identisch ist, und das zeitabhängige Vergessen geübter Inhalte im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen gelernter Inhalte reduziert ist, dann sollte idealerweise auch das zeitabhängige Vergessen der geübten Inhalte im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen der nicht geübten Inhalten reduziert sein. Forschungsarbeiten mit größerer statistischer Power wären an dieser Stelle notwendig, um eindeutige Aussagen bezüglich des Vergleichs von geübten und nicht geübten Inhalten treffen zu können.

In der Gesamtheit ergaben sich somit über beide Formen von selektiver Übung hinweg überwiegend konsistente Befunde. So erzeugt selektive Übung für die nicht geübten Inhalte eine längerfristige Unterbrechung des zeitabhängigen Vergessens, indem deren zeitabhängiges Vergessen neugestartet wird und damit dem zeitabhängigen Vergessen gelernter Inhalte direkt nach dem initialen Lernen entspricht. Zudem kann selektive Übung das zeitabhängige Vergessen geübter Inhalte sogar abschwächen. Die beiden Experimentalserien verdeutlichten somit, dass selektive Übung in Form von Abruf und in Form von erneutem Lernen erhebliche Einflüsse auf das zeitabhängige Vergessen geübter und nicht geübter Inhalte haben kann.

7.2 Theoretische Implikationen

In allen fünf Experimenten konnte ein förderlicher Einfluss von verzögerter selektiver Übung auf den späteren Abruf der nicht geübten Inhalte nachgewiesen werden. Unter der Annahme, dass auch selektives erneutes Lernen einen Kontextabruf und damit einen förderlichen Effekt erzeugen kann (Bäuml & Dobler, 2015; Howard & Kahana, 2002; Wallner & Bäuml, 2017), sind diese Befunde konform mit dem Zwei-Faktoren-Erklärungsansatz (Bäuml, 2019; Bäuml & Samenieh, 2012). Nach diesem Erklärungsansatz sollten statt hinderlicher Blockade- und Inhibitionsprozesse die förderlichen Kontextreaktivierungsprozesse überwiegen, wenn zwischen dem erstmaligen Lernen von Inhalten und der selektiven Übung kontextuelle Veränderungen eintreten. In unseren Experimenten lagen zwischen initialem Lernen und der selektiven Übung zeitliche Verzögerungen von 10 min bis hin zu 3 h. Innerhalb dieser Zeiträume verändert sich der temporale Kontext

einer Person, sodass der Kontext zum Zeitpunkt der selektiven Übung sich von dem Kontext zum Zeitpunkt der Lernphase unterscheidet (Bower, 1972; Estes, 1955). Selektive Übung kann jedoch einen Teil des temporalen Kontexts widerherstellen, der zum Zeitpunkt der Lernphase vorlag. Beim Lernen der Inhalte wurden geübte und nicht geübte Inhalte in einem ähnlichen temporalen Kontext eingespeichert, sodass auch ein Teil des temporalen Kontexts der nicht geübten Inhalte reaktiviert wird (Howard & Kahana, 1999; Polyn & Kahana, 2008; Polyn et al., 2005). Dieser abgerufene Kontext kann wiederum als Hinweisreiz für den Abruf der nicht geübten Inhalte dienen und deren Abruf folglich erleichtern. Der aufgefundene förderliche Effekt von selektivem Abruf (Experimente 1-3) und von selektivem erneutem Lernen (Experimente 4-5) auf den Abruf der nicht geübten Inhalte ist daher konform mit den Erwartungen des Zwei-Faktoren-Erklärungsansatzes (Bäuml, 2019; Bäuml & Samenieh, 2012) und bekräftigt damit mehrere Male die entscheidende Rolle von Kontextabruf für den förderlichen Effekt von selektiver Übung auf den späteren Abruf der nicht geübten Inhalte.

Unsere Ergebnisse sind konsistent mit der Annahme, dass Kontextabruf eine Aktualisierung des temporalen Kontexts erzeugt (Bäuml, 2019; Howard & Kahana, 2002; Lehman & Malmberg, 2013; Polyn et al., 2009). Beim Lernen werden Inhalte mit dem temporalen Kontext *A* verknüpft, in welchem sie auftreten. Nach dem Lernen verändert sich dieser temporale Kontext über die Zeit, sodass der Kontext zum Zeitpunkt der selektiven Übung sich vom ursprünglichen Lernkontext unterscheidet (Bower, 1972; Estes, 1955). Wenn nun ein Inhalt selektiv geübt wird, dann wird dessen Kontext in einem neuen Kontext *B* abgerufen und die mit diesem Inhalt assoziierte Kontextrepräsentation wird aktualisiert, indem sie Eigenschaften des Kontexts *A* und nun auch Eigenschaften des Kontexts *B* beinhaltet (Lehman & Malmberg, 2013; Siegel & Kahana, 2014). Diese Kontextaktualisierung bewirkt folglich, dass der ursprüngliche Kontext zum Zeitpunkt der Lernphase *A* näher an den späteren Kontext des finalen Abrufs verlagert wird, was schließlich den Abruf erleichtern kann (Lohnas et al., 2011). Unsere Ergebnisse erweitern an dieser Stelle den bisherigen Erkenntnisstand, indem wir anhand der nicht geübten Inhalte aufzeigten, dass diese Kontextaktualisierung einen länger anhaltenden Effekt reflektiert. Für die nicht geübten Inhalte erklärt dies, weshalb selektive Übung nicht nur eine sofortige Abrufförderung für die nicht geübten Inhalte direkt nach der selektiven Übung hervorruft, sondern auch einen Neustart des zeitabhängigen Vergessens für diese

Inhalte bewirkt, sodass das zeitabhängige Vergessen nach der selektiven Übung dem zeitabhängigen Vergessen direkt nach dem erstmaligen Lernen entspricht. Die Kontextaktualisierung reflektiert damit keine transiente Unterbrechung der natürlichen Fluktuation des temporalen Kontexts, sondern vielmehr einen Neustart des Abrufprozesses für diese Inhalte und einen damit einhergehenden Neustart des zeitabhängigen Vergessens.

Auch für die geübten Inhalte konnte erstmalig nachgewiesen werden, dass selektiver Abruf und auch selektives erneutes Lernen einen Neustart des zeitabhängigen Vergessens für diese Inhalte mit sich bringen. In diesen Fällen war aber das zeitabhängige Vergessen der geübten Inhalte im Vergleich zum zeitabhängigen Vergessen der gelernten Inhalte sogar reduziert. Diese Ergebnisse deuteten somit für die geübten Inhalte an, dass ein länger anhaltender Effekt der Kontextaktualisierung als Erklärung noch nicht ausreicht, um das abgeschwächte zeitabhängige Vergessen interpretieren zu können. Vielmehr wird ein zusätzlicher Faktor benötigt, um diese Abschwächung erklären zu können. Bei diesem weiteren Wirkfaktor könnte es sich um Elaboration handeln. Bei Abruf als Übungsform wurde bereits aufgezeigt, dass der Prozess der Elaboration einen erheblichen Einfluss auf den Abruf der geübten Inhalte haben kann. So kommen bei Abrufübungen auf der Suche nach den abzurufenden Inhalten neue semantische Assoziationen mit auf, die dann mit den abgerufenen Inhalten mit eingespeichert werden. Diese zusätzlichen Assoziationen dienen bei einem zukünftigen Test dann als weitere Abrufrouten und können den Abruf somit erleichtern (Carpenter, 2009, 2011; siehe auch Abschnitt 2.1). Bei erneutem Lernen als Übungsform könnten demzufolge auch – wenngleich in einem vergleichsweisen geringeren Ausmaß – solche zusätzlichen Abrufrouten erzeugt werden. Bei unseren Experimenten könnte somit Elaboration einen möglichen Faktor darstellen, weshalb nach selektivem Abruf und nach selektivem erneutem Lernen ein abgeschwächtes zeitabhängiges Vergessen der geübten Inhalte beobachtet werden konnte.

In unseren Experimenten wurde das zeitabhängige Vergessen der Inhalte mittels einer zeitabhängigen Potenzfunktion abgebildet. Beim Verlauf einer solchen typischen Vergessenskurve wird deutlich, dass das proportionale Vergessen abnimmt (Rubin & Wenzel, 1996; Slamecka & McElree, 1983). Dieses Charakteristikum von zeitabhängigem Vergessen hebt hervor, dass ältere Gedächtnisinhalte deutlich weniger (weiterem) Vergessen unterliegen als Inhalte, welche erst neu gelernt wurden (Jost, 1897; Wickelgren, 1974). Diese Beobachtung kann auf die sogenannte Gedächtniskonsolidierung zu-

rückzuführen sein (Wixted, 2004). Konsolidierung beschreibt den Prozess, dass neu eingespeicherte Inhalte in eine langzeitig stabile Gedächtnisrepräsentation umgewandelt werden, wodurch sie auch robuster gegenüber störenden und konkurrierenden Gedächtnisinhalten werden (Dudai et al., 2015; McGaugh, 2000; Squire & Kandel, 1999). Wenn nun eine Teilmenge der ursprünglich gelernten Inhalte zu einem späteren Zeitpunkt geübt wird, dann könnte auf die bereits konsolidierten und stabilen Gedächtnisspuren dieser Inhalte effektiv zurückgegriffen werden. Vielmehr könnte der durch selektive Übung erzeugte Kontextabruf die Zugänglichkeit zu den geübten Inhalten sogar noch erhöhen, was schließlich erklären könnte, weshalb die geübten Inhalte im Vergleich zu den gelernten Inhalten weniger zeitabhängiges Vergessen aufwiesen. Die Konsolidierungssichtweise könnte entsprechend auch zur Erklärung des zeitabhängigen Vergessens der nicht geübten Inhalte herangezogen werden. So könnten zwei Ursachen dafür verantwortlich sein, weshalb das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte nach der selektiven Übung identisch war zum zeitabhängigen Vergessen der gelernten Inhalte direkt nach dem initialen Lernen in Abwesenheit von selektiver Übung. Einerseits könnten die nicht geübten Inhalte im Gesamten komplett neue Gedächtnisinhalte widerspiegeln, die deswegen von Neuem konsolidiert werden müssen und deswegen identisches zeitabhängiges Vergessen zu den gelernten Inhalten zeigen (Nadel & Moscovitch, 1997). Andererseits könnten die Gedächtnisrepräsentationen der nicht geübten Inhalte durch den Kontextabruf auch destabilisiert worden sein, weshalb sie nun eine Rekonsolidierung benötigen (Dudai, 2012). Für die nicht geübten Inhalte könnten somit eine vollständige neue Konsolidierung als auch eine erneute Rekonsolidierung der Inhalte mögliche Ursachen darstellen, weshalb das zeitabhängige Vergessen von den nicht geübten Inhalten und von den gelernten Inhalten ähnlich war. In der Gesamtheit betrachtet könnten somit Unterschiede in den Konsolidierungsprozessen als auch Unterschiede in den Elaborationsprozessen dazu beigetragen haben, weshalb die geübten und die nicht geübten Inhalte unterschiedliches zeitabhängiges Vergessen aufwiesen.

Theoretische Implikationen ergeben sich auch für die zeitliche Verzögerung zwischen initialem Lernen und selektiver Übung. Ein förderlicher Effekt konnte bereits nachgewiesen werden, wenn die zeitliche Verzögerung zwischen 10 min und 30 min (z. B. Wallner & Bäuml, 2017) oder zwischen ein und zwei Tagen betrug (z. B. Abel & Bäuml, 2015; Bäuml & Schlichting, 2014). Bei den längeren zeitlichen Verzögerungen wurde

jedoch die Abrufförderung der nicht geübten Inhalte verhältnismäßig kleiner, was andeutet, dass die Kontextaktualisierung unvollständig wird, je mehr Zeit vor der selektiven Übung verstreicht. Unsere Befunde, vor allem für selektiven Abruf als Übungsform, zeigen nun, dass zumindest für Verzögerungen bis zu 3 h die Aktualisierung nahezu perfekt ist, da die Erinnerungsraten der nicht geübten Inhalte direkt nach dem selektiven Abruf nahezu den Erinnerungsraten gelernter Inhalte direkt nach dem Lernen entsprachen. Eine unvollständige Kontextaktualisierung muss jedoch nicht zwangsweise die Vergessensrate der nicht geübten Inhalte nach der selektiven Übung beeinflussen. Falls eine Kontextaktualisierung den Lernkontext näher an den späteren Kontext des finalen Testzeitpunkts schieben würde (Lohnas et al., 2011) und eine unvollständige Kontextaktualisierung hingegen den Lernkontext weniger nah an den Kontext des finalen Testzeitpunkts schieben würde als eine vollständige Kontextaktualisierung, dann könnte durchaus das Ausmaß der initialen Abrufförderung der nicht geübten Inhalte mit der zeitlichen Verzögerung zwischen initialem Lernen und selektiver Übung variieren, aber die Vergessensrate nach der selektiven Übung könnte dadurch relativ unbeeinflusst bleiben. Nach einer solchen Hypothese würden horizontal parallele Vergessenskurven über unterschiedliche zeitliche Verzögerungen hinweg erwartet werden, was dazu führen würde, dass die Vergessensrate von dem Grad der Vollständigkeit der Kontextaktualisierung separiert werden könnte (Falmagne, 1982).

Nicht nur die zeitliche Verzögerung zwischen initialem Lernen und selektiver Übung, sondern auch der zeitliche Abstand zwischen selektiver Übung und dem finalen Test kann das Ausmaß der Abrufförderung für die nicht geübten Inhalte beeinflussen. So wird vermutlich die Größe des Effekts der Abrufförderung abnehmen, je mehr Zeit zwischen selektiver Übung und dem finalen Test verstreicht (siehe Abbildung 4 und 7). Diese Abnahme des Effekts tritt ganz natürlich auf, wenn gelernte und nicht geübte Inhalte vergleichbares und typisches zeitabhängiges Vergessen aufzeigen. In einem solchen Fall werden die gelernten Inhalte direkt nach dem initialen Lernen einem hohen Maße an Vergessen ausgeliefert sein, wohingegen sie mit zunehmender Zeit lediglich moderatem Vergessen ausgesetzt sind (Ebbinghaus, 1885; Slamecka & McElree, 1983). Zum Zeitpunkt der selektiven Übung werden demzufolge gelernte Inhalte – bei welchen keine selektive Übung stattfand – eher moderatem Vergessen unterliegen. Wenn jedoch nun die nicht geübten Inhalte ähnliches zeitabhängiges Vergessen nach der selektiven Übung zeigen wie die gelernten Inhalte direkt nach dem initialen Lernen, dann wird die Erinnerung an

die nicht geübten Inhalte direkt nach der selektiven Übung ziemlich zügig abnehmen, was zwangsläufig den Effekt der Abrufförderung für diese Inhalte reduzieren wird. Die hervorgerufene Abrufförderung durch selektive Übung wird demzufolge direkt nach der selektiven Übung am größten sein und wird dann mit zunehmender Zeit allmählich schwächer werden.

Schließlich ergeben sich noch theoretische Implikationen, wenn die beiden Formen von selektiver Übung verglichen werden. Ein direkter Vergleich der Auswirkungen beider Übungsformen ist möglich, wenn die Ergebnisse von Experiment 1 (selektiver Abruf) und von Experiment 5 (selektives erneutes Lernen) herangezogen werden, da in beiden Experimenten dasselbe Wortmaterial verwendet wurde, die selektive Übung nach der gleichen zeitlichen Verzögerung stattfand und die Erinnerung an geübte und nicht geübte Inhalte nach der selektiven Übung nach den gleichen zeitlichen Verzögerungen erhoben wurde. Selektive Übung führte bei beiden Übungsformen dazu, dass die Erinnerung an die nicht geübten Inhalte direkt nach der selektiven Übung gefördert wurde, indem deren Erinnerungsraten höher waren als die Erinnerungsraten der gelernten Wörter, welche nach der analogen zeitlichen Verzögerung in Abwesenheit von selektiver Übung geprüft wurden. Diese Abrufförderung war bei selektivem Abruf numerisch minimal höher als bei selektivem erneutem Lernen (18.58 % vs. 17.50 %). Beim Vergleich des zeitabhängigen Vergessens von gelernten und von nicht geübten Inhalten konnte belegt werden, dass bei beiden Formen selektiver Übung das zeitabhängige Vergessen von nicht geübten Inhalten nach der selektiven Übung identisch war zum zeitabhängigen Vergessen gelernter Inhalte direkt nach dem initialen Lernen. Wenn die selektive Übung somit nach einer eher kurzen zeitlichen Verzögerung erfolgt – wie in diesen Experimenten nach 30 min – dann zeigen sich ähnliche Effekte von selektivem Abruf und von selektivem erneutem Lernen auf den Abruf der nicht geübten Inhalte. Folglich scheint nach eher kurzen Verzögerungen das Ausmaß der Kontextreaktivierung und der Kontextaktualisierung bei beiden Übungsformen relativ ähnlich zu sein. Bei deutlich längeren zeitlichen Verzögerungen wurde bereits nachgewiesen, dass die Abrufförderung nach selektivem erneutem Lernen kleiner sein kann als nach selektivem Abruf (Bäuml & Dobler, 2015; Wallner & Bäuml, 2017), was andeutet, dass das Ausmaß der Kontextaktualisierung bei selektivem erneutem Lernen dann abnehmen könnte. Wie aber bereits angeführt wurde, könnte die Vergessensrate von dem Grad der Vollständigkeit der Kontextaktualisierung separiert werden (Falmagne, 1982) und es könnten daher auch nach längeren zeitlichen

Verzögerungen ähnliche Effekte von selektivem Abruf und selektivem erneutem Lernen auf das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte erwartet werden.

Bei den geübten Inhalten erzielten selektiver Abruf und selektives erneutes Lernen ähnliche Effekte, da beide Formen der selektiven Übung zu einer Abrufförderung der geübten Inhalte führten. Die Erinnerungsraten der geübten Inhalte waren direkt nach der selektiven Übung höher als die zeitlich entsprechenden Erinnerungsraten der gelernten Inhalte, welche in Abwesenheit von selektiver Übung abgeprüft wurden. Es ergaben sich jedoch je nach Übungsform Unterschiede hinsichtlich des Ausmaßes des Effekts der Abrufförderung. Bei selektivem Abruf war die Abrufförderung für geübte und für nicht geübte Inhalte gleich effizient, da sich die Erinnerungsraten dieser beiden Inhalte nicht unterschieden. Hingegen bei selektivem erneutem Lernen konnten die geübten Inhalte mehr von der Übung profitieren und erzielten nach der Übung höhere Erinnerungsraten als die zeitlich entsprechenden Erinnerungsraten der nicht geübten Inhalte. Diese Überlegenheit von erneutem Lernen könnte darauf zurückzuführen sein, da durch erneutes Lernen alle geübten Inhalte nochmals präsentiert und damit gestärkt werden und beim Abruf vergleichsweise weniger geübte Inhalte gestärkt werden, da nur erfolgreich abgerufene Inhalte eine Stärkung erfahren (Halamish & Bjork, 2011; Kornell et al., 2011). Beim Vergleich des zeitabhängigen Vergessens von gelernten und geübten Inhalten konnte für beide Übungsformen erneut ähnliche Effekte nachgewiesen werden, da das zeitabhängige Vergessen der geübten Inhalte nach beiden Übungsformen im Vergleich zu den gelernten Inhalten abgeschwächt werden konnte. Je nach Übungsform variierte jedoch erneut das Ausmaß dieses Effekts. So konnte zwar das zeitabhängige Vergessen der geübten Inhalte durch selektives erneutes Lernen abgeschwächt werden, jedoch konnte durch selektives Abrufen das zeitabhängige Vergessen sogar fast aufgehoben werden. Diese Beobachtung zeigte sich dadurch, weil nach dem selektiven Abruf die Erinnerungsraten über die Zeit zwar numerisch jedoch nicht statistisch abnahmen. Diese Beobachtung weist Parallelen zum rückwärtsgerichteten Testeffekt auf. So ergaben sich bereits Hinweise darauf, dass vollständige, nicht selektive Abrufübung das zeitabhängige Vergessen der geübten Inhalte im Vergleich zu erneutem Lernen stärker abschwächen kann (Kornell et al., 2011; Roediger & Karpicke, 2006b).

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass die Übungsformen des selektiven Abrufs und des selektiven erneuten Lernens für die nicht geübten Inhalte ähnliche Effekte erzeugten und diese in ihrem Ausmaß auch recht ähnlich waren. Für die

geübten Inhalte zeigten sich auch ähnliche Effekte bei beiden Übungsformen, jedoch unterschieden sich diese in ihrem Ausmaß. So konnte selektives erneutes Lernen im Vergleich zu selektivem Abruf zwar eine stärkere Abrufförderung der geübten Inhalte erzielen, wohingegen selektiver Abruf das zeitabhängige Vergessen dieser Inhalte nicht nur reduzieren, sondern sogar fast aufheben konnte.

7.3 Weitere Forschungs- und Anwendungsfelder

Durch die beiden Experimentalserien der vorliegenden Arbeit wurden erste Erkenntnisse über den Einfluss von selektiver Übung auf das zeitabhängige Vergessen gewonnen. Jedoch ergeben sich nun auch weitere Fragestellungen für die Grundlagenforschung. Diese werden ersichtlich, wenn spezifische Eigenschaften des verwendeten experimentellen Ablaufs betrachten werden. So erfolgte beispielsweise die selektive Übung in allen Experimenten zeitverzögert nach dem initialen Lernen, mit Verzögerungen von 10 min bis hin zu 3 h. Ein förderlicher Effekt von selektiver Übung konnte jedoch bereits auch bei einer deutlich längeren Verzögerung von zwei Tagen festgestellt werden (Bäuml & Dobler, 2015; Bäuml & Schlichting, 2014). Hierbei ergaben sich bereits Hinweise, dass die initiale Abrufförderung der nicht geübten Inhalte bei längeren Intervallen abnehmen könnte. Inwiefern eine verringerte initiale Abrufförderung der nicht geübten Inhalte das anschließende zeitabhängige Vergessen beeinflusst, ist weiterhin unklar. Unter der Annahme, dass sich geübte und nicht geübte Inhalte gewisse kontextuelle Eigenschaften teilen, dann wäre es möglich, dass das Ausmaß der Abrufförderung der nicht geübten Inhalte auch durch das Ausmaß der Abrufförderung der geübten Inhalte beeinflusst werden könnte. Dieses Ausmaß könnte mit dem Aufbau der selektiven Übungsdurchgänge variieren. In unseren Experimenten wurden bei der Übung stets 10 der initial 15 gelernten Inhalte mittels zweier Durchgänge geübt. Durch eine Verringerung der Anzahl an Übungsdurchgängen als auch an zu übenden Inhalten pro Übungsdurchgang wird es für die Versuchspersonen wahrscheinlich etwas schwieriger, den ursprünglichen Lernkontext wiederherzustellen. Eine Erhöhung der Anzahl an Übungsdurchgängen hingegen könnte eine höhere Abrufförderung für die geübten Inhalte erzeugen, da im Vergleich deutlich mehr Möglichkeiten bestehen, den Kontext reaktivieren zu können. Zudem wäre es möglich, dass durch spezifischere Hinweisreize bei den Übungsdurchgängen – im

Sinne einer Präsentation von beispielsweise mehreren Buchstaben des gesuchten Inhalts – ebenfalls eine höhere Abrufförderung hervorgerufen werden könnte. Der initiale Abruf der nicht geübten Inhalte könnte dann von dieser wahrscheinlicheren Kontextwiederherstellung profitieren. In der Gesamtheit könnten somit möglicherweise die Länge der zeitlichen Verzögerungen bis zur selektiven Übung als auch der Aufbau der selektiven Übung an sich das Ausmaß der initialen Abrufförderung beeinflussen. Inwiefern dies darüber hinaus das zeitabhängige Vergessen der Inhalte beeinflusst, stellt eine interessante Fragestellung für zukünftige Untersuchungen dar.

Auch das Testformat im finalen Test könnte einen möglichen Einfluss auf die Ergebnismuster gehabt haben. Bei allen Experimenten wurden beim Test zuerst die nicht geübten Inhalte und danach die geübten Inhalte abgeprüft. Es stellt sich somit die Frage, ob sich unsere Ergebnismuster auf andere Testformate generalisieren lassen. So könnte untersucht werden, ob sich ähnliche Ergebnisse zeigen, wenn beim Test zuerst die geübten Inhalte und danach die nicht geübten Inhalte abgeprüft werden. Als Alternative könnte auch ein freies Abrufformat verwendet werden, bei welchem sich die Versuchspersonen wahrscheinlich auch zuerst an die geübten (gestärkten) Inhalte erinnern werden. Es wäre einerseits denkbar, dass der vorherige Abruf der geübten Inhalte eine weitere Möglichkeit für Kontextreaktivierung darstellen könnte und sich folglich förderlich auf den Abruf der nicht geübten Inhalte auswirkt. Andererseits könnte sich der vorherige Abruf auch hinderlich auswirken, wenn die geübten (gestärkten) Inhalte um den Abruf konkurrieren und der Abruf der geübten Inhalte den Abruf der nicht geübten Inhalte blockiert oder inhibiert. Es ist daher unklar, wie das zeitabhängige Vergessen nach selektiver Übung verläuft, wenn die Erinnerungsleistung mit anderen Testformaten erfasst wird.

Ein weiterer Untersuchungspunkt für die Grundlagenforschung ergibt sich, wenn sich verdeutlicht wird, dass die Ergebnisse der beiden Experimentalserien der vorliegenden Arbeit konform mit der Sichtweise sind, dass der Kontext zum Zeitpunkt der Lernphase durch die selektive Übung wiederhergestellt werden kann und dieser abgerufene Kontext wiederum als Hinweisreiz für den weiteren Abruf der nicht geübten Inhalte dienen kann. Neben selektiver Übung existieren auch andere Möglichkeiten, um einen Zugriff auf den Lernkontext zu ermöglichen. Eine Möglichkeit stellt die mentale Kontextwiederherstellung dar. Versuchspersonen beantworten dabei eine Reihe an Fragen, die sich auf Erfahrungen und Erlebnisse zeitlich vor und beim Betreten der experimentellen Räumlichkeit als auch auf Erfahrungen während der Lernphase des Experiments

beziehen (siehe Jonker et al., 2013; Sahakyan & Kelley, 2002). Mit dieser Methode können sich die Versuchspersonen gedanklich zurückversetzen und damit den mentalen Kontext zum Zeitpunkt der Lernphase wiederherstellen. Auch die erneute Präsentation von spezifischen Stimuluseigenschaften beim Test kann eine Kontextwiederherstellung bewirken. Wenn Versuchspersonen kategorisierte Inhalte zusammen mit ihren Kategoriennamen lernen und dieselben Kategoriennamen als Hinweisreize beim Test erneut präsentiert werden, kann dies schließlich dazu führen, dass ein Teil des ursprünglichen Lernkontexts wiederhergestellt wird (Jonker et al., 2013; Wirth & Bäuml, 2020). In Bezug auf unsere Experimentalreihen bleibt an dieser Stelle noch unklar, inwiefern das zeitabhängige Vergessen von Inhalten beeinflusst wird, wenn keine selektive Übung erfolgt, sondern die Kontextwiederherstellung mit solch anderen Kontextwiederherstellungsmethoden hervorgerufen wird. Die Untersuchung dieser Fragestellung könnte damit helfen zu klären, ob sich das zeitabhängige Vergessen von Inhalten nach einer selektiven Übung auf andere Formen der Kontextwiederherstellung generalisieren lässt. In der Gesamtheit verdeutlichen die aufgezeigten potentiellen Untersuchungspunkte, dass mit den Experimenten dieser Arbeit weitere Grundlagenforschung motiviert wird.

Auch für die Anwendungsforschung bringen unsere Befunde erste Implikationen mit sich. Dabei stellt der pädagogische Kontext ein relevantes Anwendungsfeld dar. So müssen während der Schulzeit oder auch während des Studiums eine Vielzahl an Informationen zu den unterschiedlichsten Themen eingeprägt werden. Das gezielte Nachbereiten und Üben dieser Informationen geschieht meistens jedoch nicht direkt nach dem erstmaligen Lernen, sondern es vergeht einiges an Zeit, bis die Inhalte dann geübt werden. Bei dieser Übung kann es jedoch vorkommen, dass beispielsweise aufgrund von Zeitmangel nicht alle ursprünglich gelernten Inhalte geübt werden können. Folglich kann sich nur auf eine Teilmenge der Inhalte beschränkt werden und die Übung würde selektiv erfolgen (Wallner et al., in Druck). Selten wird auch nur eine einzige Übungsmöglichkeit genutzt, bevor gelernte Inhalte final abgerufen werden. Bei der Prüfungsvorbereitung können Schüler*innen und Studierende schließlich mehrere Tage, Wochen oder sogar Monate nutzen, um das relevante Prüfungsmaterial mehrmals zu wiederholen. Zudem werden bei diesen Wiederholungen gegebenenfalls auch unterschiedliche Teilmengen des gesamten ursprünglichen Lernmaterials wiederholt. An dieser Stelle liefern unsere Ergebnisse von Experiment 3 erste Implikationen für die Prüfungsvorbereitung, da mit diesem Experiment das zeitabhängige Vergessen von komplexem Prosamaterial erfasst

wurde. Dieses Material weist die stärksten Parallelen zu den Inhalten auf, mit welchem die Schüler*innen alltäglich konfrontiert werden. Das Experiment konnte belegen, dass ein selektives Üben das zeitabhängige Vergessen unterbrechen und das zeitabhängige Vergessen der geübten Inhalte abschwächen kann. Besonders bemerkenswert war, dass das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte neugestartet wurde und diese Inhalte nach der selektiven Übung ähnliches zeitabhängiges Vergessen zeigten als Inhalte direkt nach dem initialen Lernen. Für den pädagogischen Kontext ergeben sich folglich zwei zentrale Implikationen. Erstens sollte versucht werden, gelernte Inhalte später zumindest noch einmal zu üben und zwar auch dann, wenn nicht alle Inhalte wiederholt werden können. Zweitens sollte sich verdeutlicht werden, dass sich diese selektive Übung nicht nur – wie intuitiv vermutet werden kann – förderlich auf das längerfristige Erinnern an die geübten Inhalte auswirkt, sondern dass auch die Erinnerung an die nicht geübten Inhalte von dieser Übung sehr profitieren kann.

Zukünftige Forschung könnte noch den Einfluss von mehreren zeitlich verteilten Übungsdurchgängen als auch den Einfluss von Wiederholungen mit unterschiedlichen Teilmengen auf das zeitabhängige Vergessen untersuchen, um die Alltagsrelevanz der bisherigen Befunde zu erweitern. Solch eine komplexere aber durchaus realistischere Übungsform könnte möglicherweise ähnliche Ergebnisse wie unsere Experimentalserie mit sich bringen, da häufiger die Möglichkeit bestehen würde, den ursprünglichen Lernkontext wiederherzustellen und aufrecht zu erhalten. Der Erfolg der Kontextwiederherstellung wird aber wahrscheinlich durch die Länge der zeitlichen Verzögerung bis zur ersten Übungsmöglichkeit als auch durch die zeitliche Länge zwischen den verschiedenen Übungsmöglichkeiten beeinflusst. Bei zu langen Verzögerungen wäre es denkbar, dass Versuchspersonen von der selektiven Übung nur kaum profitieren können, da die Inhalte für zu lange Zeit zeitabhängigem Vergessen unterlagen. Die Rolle von zeitlichen Verzögerungen sollte bei der Untersuchung solcher anwendungsbezogenen Fragestellungen demnach zwingend berücksichtigt werden.

Ein weiteres Anwendungsfeld ergibt sich im kriminalpsychologischen Kontext im Rahmen von Zeugenbefragungen. Die erste Befragung findet – ähnlich wie bei unseren Experimenten die selektive Übung – häufig erst nach einer deutlichen zeitlichen Verzögerung statt. Innerhalb dieses Zeitraums unterliegen die relevanten Inhalte jedoch typischem zeitabhängigem Vergessen. Um trotzdem die Erinnerung an diese Inhalte gezielt fördern zu können, etablierte sich eine spezielle Zeugenbefragungstechnik, welche als

kognitives Interview bekannt wurde (Fisher & Geiselman, 1988; Fisher et al., 1989; Geiselman et al., 1985). Hierbei werden Zeugen aufgefordert, sich mental in den Kontext zum Tatzeitpunkt zurückzuversetzen und das Geschehen wiederzugeben. Beim Erzählen soll jedes noch so irrelevant erscheinende Detail berichtet werden. Zudem soll der Tathergang aus unterschiedlichen Perspektiven sowie in unterschiedlichen Erzählreihenfolgen (z. B. beginnend beim Ende des Geschehens und endend beim Anfang) wiedergegeben werden. Solch ein Vorgehen führt im Vergleich zu einer klassischen Befragungstechnik dazu, dass Inhalte erinnert werden können, welche wahrscheinlich sonst in Vergessenheit geraten wären (Fisher et al., 1989). Unsere Befunde bieten somit eine nachträgliche Rechtfertigung für eine solche Vorgehensweise, indem sie verdeutlichen, dass die Erinnerung an relevante, aber noch nicht abrufbare Informationen durch das selektive Abrufen anderer Informationen gezielt gefördert werden kann. Darüber hinaus erweitern unsere Befunde an dieser Stelle den bisherigen Erkenntnisstand, da sich Hinweise ergeben, dass mit einer solchen Methode das zeitabhängige Vergessen der abgerufenen (geübten) Inhalte reduziert werden und das zeitabhängige Vergessen der noch nicht abgerufenen (nicht geübten) Inhalte neugestartet werden kann. Ähnlich wie im pädagogischen Kontext ergibt sich aber die Fragestellung, wie die Erinnerungsleistung durch mehrere zeitlich verteilte Befragungen (im Sinne von Übungsmöglichkeiten) mit jeweils unterschiedlichen Befragungsinhalten beeinflusst wird. In diesem Zusammenhang werden hilfreiche Hinweisreize wie Videoausschnitte von Kameras oder Fotos des Tatorts eine entscheidende Rolle spielen, um eine erfolgreiche (mentale) Kontextwiederherstellung erzielen zu können und damit möglichem Vergessen entgegenzuwirken.

7.4 Schlussfolgerungen

Gedächtnisinhalte sind stets zeitabhängigem Vergessen ausgesetzt. Die beiden Experimentalserien der vorliegenden Arbeit konnten aufzeigen, dass selektive Übung in Form von Abruf und selektive Übung in Form von erneutem Lernen dieses zeitabhängige Vergessen unterbrechen können. Durch Übung erlangten die geübten und auch die nicht geübten Inhalte eine Abrufförderung, sodass diese Inhalte direkt nach der Übung besser erinnert wurden, als wenn keine selektive Übung erfolgte. Diese Beobachtung ist kon-

form mit der Sichtweise, dass selektive Übung zu einem Abruf des ursprünglichen Lernkontexts führt und dies eine Aktualisierung des aktuellen Kontexts erzeugt, indem der abgerufene Lernkontext zum vorliegenden temporalen Kontext „hinzugefügt“ wird. Bisherige Forschungsarbeiten ließen die Frage unbeantwortet, ob eine solche Kontextaktualisierung ein eher transientes oder ein eher langanhaltendes Phänomen darstellt. Unsere Experimentalserien konnten diesbezüglich aufzeigen, dass eine solche Kontextaktualisierung für die nicht geübten Inhalte einen länger anhaltenden Effekt hervorruft, indem der Abrufprozess und das zeitabhängige Vergessen der nicht geübten Inhalte neugestartet werden und das zeitabhängige Vergessen damit identisch ist zum zeitabhängigen Vergessen der Inhalte direkt nach dem erstmaligen Lernen. Dieser Befund stützt die Sichtweise, dass der Kontext langanhaltend aktualisiert wird. Bei den geübten Inhalten ging mit der Kontextaktualisierung nicht nur ein Neustart des zeitabhängigen Vergessens einher, das Vergessen wurde sogar abschwächt. Weitere Faktoren neben Kontextabruf scheinen für das zukünftige Erinnern eine Rolle zu spielen. Im Alltag erfolgt der Abruf von Informationen aus dem Gedächtnis oftmals selektiv und zeitverzögert, wie es beispielsweise im pädagogischen Kontext im Rahmen von Prüfungsvorbereitungen oder im kriminalpsychologischen Kontext im Rahmen von Zeugenbefragungen oftmals der Fall ist. Die Ergebnisse unserer Experimente weisen darauf hin, dass selektive Übung die Erinnerung von Personen in solchen Situationen verbessern kann.

Literaturverzeichnis

Abbott, E. E. (1909). On the analysis of the factor of recall in the learning process. *Psychological Monographs: General and Applied, 11,* 159-177.

Abel, M., & Bäuml, K.-H. T. (2015). Selective memory retrieval in social groups: When silence is golden when it is not. *Cognition, 140,* 40-48.

Allen, G. A., Mahler, W. A., & Estes, W. K. (1969). Effects of recall tests on long-term retention of paired associates. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 8,* 463-470.

Anderson, J. R., & Schooler, L. J. (1991). Reflections of the environment in memory. *Psychological Science, 2,* 396-408.

Anderson, M. C. (2003). Rethinking interference theory: Executive control and the mechanisms of forgetting. *Journal of Memory and Language, 49,* 415-445.

Anderson, M. C., Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2000). Retrieval-induced forgetting: Evidence for a recall-specific mechanism. *Psychonomic Bulletin & Review, 7,* 522-530.

Anderson, M. C., Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (1994). Remembering can cause forgetting: Retrieval dynamics in long-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 20,* 1063-1087.

Anderson, M. C., & Neely, J. H. (1996). Interference and inhibition in memory retrieval. In E. L. Bjork & R. A. Bjork (Hrsg.), *Memory: Handbook of perception and cognition* (S. 237-313). San Diego: Academic Press.

Anderson, M. C., & Spellman, B. A. (1995). On the status of inhibitory mechanisms in cognition: memory retrieval as a model case. *Psychological Review, 102,* 68-100.

Aslan, A., & Bäuml, K.-H. T. (2014). Later maturation of the beneficial than the detrimental effect of selective memory retrieval. *Psychological Science, 25,* 1025-1030.

Aslan, A., & Bäuml, K.-H. T. (2016). Testing enhances subsequent learning in older but not in younger elementary school children. *Developmental Science, 19,* 992-998.

Aslan, A., Bäuml, K.-H. T., & Pastötter, B. (2007). No inhibitory deficit in older adults' episodic memory. *Psychological Science, 18,* 72-78.

Aslan, A., Schlichting, A., John, T., & Bäuml, K.-H. T. (2015). The two faces of selective memory retrieval: Earlier decline of the beneficial than the detrimental effect with older age. *Psychology and Aging, 30,* 824-834.

Atwater, S. K. (1953). Proactive inhibition and associative facilitation as affected by degree of prior learning. *Journal of Experimental Psychology, 46,* 400-404.

Baddeley, A. D. (2001). The concept of episodic memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 356,* 1345-1350.

Baddeley, A. D., Eysenck, M. W., & Anderson, M. C. (2015). *Memory,* 2. Aufl. New York: Psychology Press.

Bahrick, H. P. (1984). Semantic memory content in permastore: Fifty years of memory for Spanish learned in school. *Journal of Experimental Psychology: General, 113,* 1-27.

Bangert-Drowns, R. L., Kulik, J. A., & Kulik, C. L. C. (1991). Effects of frequent classroom testing. *Journal of Educational Research, 85,* 89-99.

Barnier, A., Hung, L., & Conway, M. (2004). Retrieval-induced forgetting of emotional and unemotional autobiographical memories. *Cognition & Emotion, 18,* 457-477.

Bäuml, K.-H. T. (1996). Revisiting an old issue: Retroactive interference as a function of the degree of original and interpolated learning. *Psychonomic Bulletin & Review, 3,* 380-384.

Bäuml, K.-H. T. (2002). Semantic generation can cause episodic forgetting. *Psychological Science, 13,* 357-361.

Bäuml, K.-H. T. (2019). Context retrieval as a critical component in selective memory retrieval. *Current Directions in Psychological Science, 28,* 177-182.

Bäuml, K.-H. T., & Aslan, A. (2004). Part-list cuing as instructed retrieval inhibition. *Memory & Cognition, 32,* 610-617.

Bäuml, K.-H. T., & Dobler, I. M. (2015). The two faces of selective memory retrieval: recall specificity of the detrimental but not the beneficial effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 41,* 246-253.

Bäuml, K.-H. T., & Hartinger, A. (2002). On the role of item similarity in retrieval induced forgetting. *Memory, 10,* 215-224.

Bäuml, K.-H. T., & Kliegl, O. (2013). The critical role of retrieval processes in release from proactive interference. *Journal of Memory and Language, 68,* 39-53.

Bäuml, K.-H. T., & Kliegl, O. (2017). Retrieval-induced remembering and forgetting. In J. T. Wixted (Hrsg.), *Cognitive psychology of memory*, Bd. 2 von *Learning and Memory: A Comprehensive Reference,* 2. Aufl., Byrne, J. H. (Hrsg.) (S. 27-51). Oxford: Academic Press.

Bäuml, K.-H. T., & Samenieh, A. (2010). The two faces of memory retrieval. *Psychological Science, 21,* 793-795.

Bäuml, K.-H. T., & Samenieh, A. (2012). Selective memory retrieval can impair and improve retrieval of other memories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 38,* 488-494.

Bäuml, K.-H. T., & Schlichting, A. (2014). Memory retrieval as a self-propagating process. *Cognition, 132,* 16-21.

Bäuml, K.-H. T., & Wallner, L. (2020). Selective retrieval in categorized lists: Detrimental, neutral, and beneficial effects on nonretrieved items. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 46,* 1372-1386.

Bennett, R. W. (1975). Proactive interference in short-term memory: Fundamental forgetting processes. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 14,* 123-144.

Bjork, R. A. (1975). Retrieval as a memory modifier. In R. Solso (Hrsg.), *Information processing and cognition: The Loyola Symposium* (S. 123-144). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (1992). A new theory of disuse and an old theory of stimulus fluctuation. In A. Healy, S. Kosslyn, & R. Shiffrin (Hrsg.), *From learning processes to cognitive processes: Essays in honor of William K. Estes: Bd. 2* (S. 35-67). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Bjork, R. A., LaBerge, D., & Legrand, R. (1968). The modification of short-term memory through instructions to forget. *Psychonomic Science, 10,* 55-56.

Bower, G. H. (1972). A selective review of organizational factors in memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Hrsg.). *Organization of memory* (S. 93-137). New York: Academic Press.

Bower, G. H., Monteiro, K. P., & Gilligan, S. G. (1978). Emotional mood as a context for learning and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 17,* 573-585.

Bregman, A. S. (1968). Forgetting curves with semantic, phonetic, graphic, and contiguity cues. *Journal of Experimental Psychology, 78,* 539-546.

Brickenkamp, R., & Zillmer, E. A. (1998). *D2 test of attention.* Göttingen: Hogrefe & Huber.

Briggs, G. E. (1957). Retroactive inhibition as a function of the degree of original and interpolated learning. *Journal of Experimental Psychology, 53,* 60-67.

Burtt, H. E., & Dobell, E. M. (1925). The curve of forgetting for advertising material. *Journal of Applied Psychology, 9,* 5-21.

Butler, A. C., Karpicke, J. D., & Roediger, H. L., III (2007). The effect of type and timing of feedback on learning from multiple-choice tests. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 13,* 273-281.

Butler, A. C., Karpicke, J. D., & Roediger, H. L., III (2008). Correcting a metacognitive error: Feedback increases retention of low-confidence correct responses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 34,* 918-928.

Carpenter, S. K. (2009). Cue strength as a moderator of the testing effect: The benefits of elaborative retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 35,* 1563-1569.

Carpenter, S. K. (2011). Semantic information activated during retrieval contributes to later retention: Support for the mediator effectiveness hypothesis of the testing effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 37,* 1547-1552.

Carpenter, S. K., & DeLosh, E. L. (2006). Impoverished cue support enhances subsequent retention: Support for the elaborative retrieval explanation of the testing effect. *Memory & Cognition, 34,* 268-276.

Carpenter, S. K., Pashler, H., & Vul, E. (2006). What types of learning are enhanced by a cued recall test? *Psychonomic Bulletin & Review, 13,* 826-830.

Carrier, M., & Pashler, H. (1992). The influence of retrieval on retention. *Memory & Cognition, 20,* 633-642.

Ciranni, M. A., & Shimamura, A. P. (1999). Retrieval-induced forgetting in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 25,* 1403-1414.

Crowder, R. G. (1976). *Principles of learning and memory.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Cuc, A., Koppel, J., & Hirst, W. (2007). Silence is not golden: A case for socially shared retrieval-induced forgetting. *Psychological Science, 18,* 727-733.

Dallett, K. M. (1964). Proactive and retroactive inhibition in the AB, AB' paradigm. *Journal of Experimental Psychology, 68,* 190-200.

Deffenbacher, K. A., Carr, T. H., & Leu, J. R. (1981). Memory for words, pictures and faces: Retroactive interference, forgetting, and reminiscence. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 7,* 299-305.

Delaney, P. F., Sahakyan, L., Kelley, C. M., & Zimmerman, C. A. (2010). Remembering to forget: The amnesic effect of daydreaming. *Psychological Science, 21,* 1036-1042.

Denny, M. R., Clos, C., & Rilling, M. (1989). Delayed matching-to-sample in rats in a y-maze: Instances of facilitation and immediate cross-modal transfer. *Bulleting of the Psychonomic Society, 27,* 141-144.

Dobler, I. M., & Bäuml, K.-H. T. (2012). Dissociating the two faces of selective memory retrieval. *Memory, 20,* 478-486.

Dobler, I. M., & Bäuml, K.-H. T. (2013). Retrieval-induced forgetting: Dynamic effects between retrieval and restudy trials when practice is mixed. *Memory & Cognition, 41,* 547-557.

Dudai, Y. (2012). The restless engram: Consolidations never end. *Annual Review of Neuroscience, 35,* 227-247.

Dudai, Y., Karni, A., & Born, J. (2015). The consolidation and transformation of memory. *Neuron, 88,* 20-32.

Dulsky, S. G. (1935). The effect of a change of background on recall and relearning. *Journal of Experimental Psychology, 18,* 725-740.

Ebbinghaus, H. (1885). *Über das Gedächtnis.* Leipzig: Duncker & Humblot.

Eich, J. E. (1980). The cue-dependent nature of state-dependent retrieval. *Memory & Cognition, 8,* 157-173.

Eich, J. E., Macaulay, D., & Ryan, L. (1994). Mood dependent memory for events of the personal past. *Journal of Experimental Psychology: General, 123,* 201-215.

Estes, W. K. (1955). Statistical theory of spontaneous recovery and regression. *Psychological Review, 62,* 145-154.

Fajnsztejn-Pollack, G. (1973). A developmental study of decay rate in long-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology, 16,* 225-235.

Falmagne, J.-C. (1982). Psychometric functions theory. *Journal of Mathematical Psychology, 25,* 1-50.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). GPower 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods, 39,* 175-191.

Fisher, R. P., & Geiselman, R. E. (1988). Enhancing eyewitness testimony with the cognitive interview. In M. M. Gruneberg, P. E. Morris & R. N. Sykes (Hrsg.), *Practical aspects of memory: Current research and issues, Bd 1: Memory of everyday life,* (S. 34-39). John Wiley & Sons.

Fisher, R. P., Geiselman, R. E., & Amador, M. (1989). Field test of the cognitive interview: Enhancing the recollection of actual victims and witnesses of crime. *Journal of Applied Psychology, 74,* 722-727.

Folkerts, S., Rutishauser, U., & Howard, M. W. (2018). Human episodic memory retrieval is accompanied by a neural contiguity effect. *Journal of Neuroscience, 38,* 4200-4211.

Ford, R. M., Keating, S., & Patel, R. (2004). Retrieval-induced forgetting: A developmental study. *British Journal of Developmental Psychology, 22,* 585-603.

Gates, A. I. (1917). Recitation as a factor in memorizing. *Archives of Psychology, 6,* 1-104.

Geiselman, R. E., Fisher, R. P., MacKinnon, D. P., & Holland, H. L. (1985). Eyewitness memory enhancement in the police interview: Cognitive retrieval mnemonics versus hypnosis. *Journal of Applied Psychology, 70,* 401-412.

Glover, J. A. (1989). The "testing" phenomenon: Not gone but nearly forgotten. *Journal of Educational Psychology, 81,* 392-399.

Godden, D. R., & Baddeley, A. D. (1975). Context-dependent memory in two natural environments: on land and underwater. *British Journal of Psychology, 66,* 325-331.

Gorfein, D. S., & Jacobson, D. E. (1972). Proactive effects in short-term recognition memory. *Journal of Experimental Psychology, 95,* 211-214.

Graf, P., & Schacter, D. L. (1987). Selective effects of interference on implicit and explicit memory for new associations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 13,* 45-53.

Halamish, V., & Bjork, R. A. (2011). When does testing enhance retention? A distribution-based interpretation of retrieval as a memory modifier. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 37,* 801-812.

Hicks, J. L., & Starns, J. J. (2004). Retrieval-induced forgetting occurs in tests of item recognition. *Psychonomic Bulletin & Review, 11,* 125-130.

Hinze, S. R., & Wiley, J. (2011). Testing the limits of testing effects using completion tests. *Memory, 19,* 290-304.

Hogan, R. M., & Kintsch, W. (1971). Differential effects of study and test trials on long-term recognition and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 10,* 562-567.

Howard, M. W., & Kahana, M. J. (1999). Contextual variability and serial position effects in free recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 25,* 923-941.

Howard, M. W., & Kahana, M. J. (2002). A distributed representation of temporal context. *Journal of Mathematical Psychology, 46,* 269-299.

Hulicka, I. M., & Weiss, R. L. (1965). Age differences in retention as a function of learning. *Journal of Consulting Psychology, 29,* 125-129.

Hunt, R. R. (2012). Distinctive processing: The co-action of similarity and difference in memory. In B. H. Ross (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation* (Bd. 56, S. 1-46). Oxford, England: Elsevier.

Isarida, T., & Isarida, T. K. (2007). Environmental context effects of background color in free recall. *Memory & Cognition, 35,* 1620-1629.

Jacoby, L. L. (1978). On interpreting the effects of repetition: Solving a problem versus remembering a solution. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 17,* 649-667.

Jing, H. G., Szpunar, K. K., & Schacter, D. L. (2016). Interpolated testing influences focused attention and improves integration of information during a video-recorded lecture. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 22,* 305-318.

Jonker, T. R., Seli, P., & MacLeod, C. M. (2013). Putting retrieval-induced forgetting into context: An inhibition-free, context-based account. *Psychological Review, 120,* 852-872.

Jost, A. (1897). Die Assoziationsfestigkeit in ihrer Abhängigkeit von der Verteilung der Wiederholungen. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, 14,* 436-472.

Kang, S. H. (2010). Enhancing visuospatial learning: The benefit of retrieval practice. *Memory & Cognition, 38,* 1009-1017.

Kang, S. H., McDermott, K. B., & Roediger, H. L., III (2007). Test format and corrective feedback modify the effect of testing on long-term retention. *European Journal of Cognitive Psychology, 19,* 528-558.

Karpicke, J. D., Butler, A. C., & Roediger, H. L., III (2009). Metacognitive strategies in student learning: Do students practice retrieval when they study on their own? *Memory, 17,* 471-479.

Karpicke, J. D., Lehman, M., & Aue, W. R. (2014). Retrieval-based learning: An episodic context account. In B. H. Ross (Hrsg.), *Psychology of Learning and Motivation,* (*Bd. 61,* S. 237-284). San Diego: Elsevier Academic Press.

Karpicke, J. D., & Roediger, H. L., III (2007). Expanding retrieval practice promotes short-term retention, but equally spaced retrieval enhances long-term retention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 33,* 704-719.

Karpicke, J. D., & Roediger, H. L., III (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science, 319,* 966-968.

Kintsch, W. (1970). *Learning, memory, and conceptual processes.* New York: Wiley.

Klein, K. A., Shiffrin, R. M., & Criss, A. H. (2007). Putting context in context. In J. S. Nairne (Hrsg.), *The foundations of remembering: Essays in honor of Henry L. Roediger, III,* (S. 171-189). New York, NY: Psychology Press.

Kliegl, O., & Bäuml, K.-H. T. (2021a). Buildup and release from proactive interference – cognitive and neural mechanisms. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 120,* 264-278.

Kliegl, O., & Bäuml, K.-H. T. (2021b). The mechanisms underlying interference and inhibition: A review of current behavioral and neuroimaging research. *Brain Sciences, 11,* 1246.

Kliegl, O., Carls, T., & Bäuml, K.-H. T. (2019). How delay influences search processes at test. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 45,* 2174-2187.

Koppenaal, R. J. (1963). Time changes in the strengths of A-B, A-C lists: spontaneous recovery? *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 2,* 310-319.

Kornell, N., Bjork, R. A., & Garcia, M. A. (2011). Why tests appear to prevent forgetting: A distribution-based bifurcation model. *Journal of Memory and Language, 65,* 85-97.

Kulik, J. A., & Kulik, C. C. (1988). Timing of feedback and verbal learning. *Review of Educational Research, 58,* 79-97.

Landauer, T. K., & Bjork, R. A. (1978). Optimum rehearsal patterns and name learning. In M. M. Gruneberg, P. E. Morris, & R. N. Sykes (Hrsg.), *Practical aspects of memory* (S. 625-632). London: Academic Press.

Larsen, D. P., Butler, A. C., & Roediger, H. L., III (2008). Test-enhanced learning in medical education. *Medical Education, 42,* 959-966.

Lehman, M., & Malmberg, K. J. (2013). A buffer model of memory encoding and temporal correlations in retrieval. *Psychological Review, 120,* 155-189.

Lohnas, L. J., Polyn, S. M., & Kahana, M. J. (2011). Contextual variability in free recall. *Journal of Memory and Language, 64,* 249-255.

Luh, C. W. (1922). The conditions of retention. *Psychological Monographs, 31,* 1-87.

MacDonald, S., & Hayne, H. (1996). Child-initiated conversations about the past and memory performance by preschoolers. *Cognitive Development, 11,* 421-444.

Macht, M. L., Spear, N. E., & Levis, D. J. (1977). State-dependent retention in humans induced by alterations in affective state. *Bulletin of the Psychonomic Society, 10,* 415-418.

McDaniel, M. A., Roediger, H. L., III, & McDermott, K. B. (2007). Generalizing test-enhanced learning from the laboratory to the classroom. *Psychonomic Bulletin & Review, 14,* 200-206.

McGaugh, J. L. (2000). Memory: A century of consolidation. *Science, 287,* 248-251.

McGeoch, J. A. (1932). Forgetting and the law of disuse. *Psychology Review, 39,* 352-370.

McGeoch, J. A., & McDonald, W. T. (1931). Meaningful relation and retroactive inhibition. *American Journal of Psychology, 43,* 579-588.

Mensink, G. J., & Raaijmakers, J. G. W. (1988). A model for interference and forgetting. *Psychological Review, 95,* 434-455.

Mensink, G. J., & Raaijmakers, J. G. W. (1989). A model for contextual fluctuation. *Journal of Mathematical Psychology, 33,* 172-186.

Modigliani, V. (1976). Effects on a later recall by delaying initial recall. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 2,* 609-622.

Moulin, C. J. A., Perfect, T. J., Conway, M. A., North, A. S., Jones, R. W., & James, N. (2002). Retrieval-induced forgetting in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia, 40,* 862-867.

Müller, G. E., & Pilzecker, A. (1900). Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis. *Zeitschrift für Psychologie, 1,* 1-300.

Murdock, B. B. (1961). The retention of individual items. *Journal of Experimental Psychology, 62,* 618-625.

Nadel, L., & Moscovitch, M. (1997). Memory consolidation, retrograde amnesia and the hippocampal complex. *Current Opinion in Neurobiology, 7,* 217-227.

Nairne, J. S. (2006). Modeling distinctiveness: Implications for general memory theory. In R. R. Hunt & J. Worthen (Hrsg.), *Distinctiveness and memory* (S. 27-46). New York: Oxford University Press.

Nelson, T. O., Shimamura, A. P., & Leonescio, J. (1980). Large effects on long-term retention after standard list learning and adjusted learning. *Behavior Research Methods and Instrumentation, 12,* 42-44.

Nunes, L. D., & Weinstein, Y. (2012). Testing improves true recall and protects against the build-up of proactive interference without increasing false recall. *Memory, 20,* 138-154.

Osgood, C. E. (1949). The similarity paradox in human learning: a resolution. *Psychological Review, 56,* 132-143.

Osgood, C. E. (1953). *Method and theory in experimental psychology*. New York: Oxford University Press.

Oswald, W. D., & Roth, E. (1987). *Der Zahlenverbindungstest (ZVT).* Göttingen: Hogrefe.

Pastötter, B., & Bäuml, K.-H. T. (2014). Retrieval practice enhances new learning: the forward effect of testing. *Frontiers in Psychology, 5,* 286.

Pastötter, B., & Bäuml, K.-H. T. (2019). Testing enhances subsequent learning in older adults. *Psychology and Aging, 34,* 242-250.

Pastötter, B., Weber, J., & Bäuml, K.-H. T. (2013). Using testing to improve learning after severe traumatic brain injury. *Neuropsychology, 27,* 280-285.

Peterson, L. R., & Peterson, M. J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology, 58,* 193-198.

Polyn, S. M., & Kahana, M. J. (2008). Memory search and the neural representation of context. *Trends in Cognitive Sciences, 12,* 24-30.

Polyn, S. M., Natu, V. S., Cohen, J. D., & Norman, K. A. (2005). Category-specific cortical activity precedes retrieval during memory search. *Science, 310,* 1963-1966.

Polyn, S. M., Norman, K. A., & Kahana, M. J. (2009). A context maintenance and retrieval model of organizational processes in free recall. *Psychological Review, 116,* 129-156.

Postman, L. (1971). Transfer, interference, and forgetting. In J. W. Kling & L. A. Riggs (Hrsg.), *Woodworth and Schlosberg's Experimental Psychology* (S. 1019-1132). New York: Holt, Rinehart, and Winston.

Postman, L., & Riley, D. A. (1959). Degree of learning and interserial interference in retention: A review of the literature and an experimental analysis. *University of California Publications in Psychology, 8,* 271-396.

Pressey, S. L. (1932). A third and fourth contribution toward the coming "industrial revolution" in education. *School and Society, 36,* 668-672.

Pyc, M. A., & Rawson, K. A. (2010). Why testing improves memory: Mediator effectiveness hypothesis. *Science, 330,* 335.

Raaijmakers, J. G. W., & Shiffrin, R. M. (1981). Search of associative memory. *Psychological Review, 88,* 93-134.

Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (2000). *Standard progressive matrices*. Oxford: Psychology Press.

Riefer, D. M., & Batchelder, W. H. (1988). Multinomial modeling and the measurement of cognitive processes. *Psychological Review, 95,* 318-339.

Roberts, W. A., & Grant, D. S. (1978). An analysis of light-induced retroactive inhibition in pigeon short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 4,* 219-236.

Roediger, H. L., III (1973). Inhibition in recall from cueing with recall targets. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 12,* 644-657.

Roediger, H. L., III (1974). Inhibition effects of recall. *Memory & Cognition, 2,* 261-269.

Roediger, H. L., III (1978). Recall as a self-limiting process. *Memory & Cognition, 6,* 54-63.

Roediger, H. L., III, & Butler, A. C. (2011). The critical role of retrieval practice in long-term retention. *Trends in Cognitive Sciences, 15,* 20-27.

Roediger, H. L., III, & Karpicke, J. D. (2006a). The power of testing memory: Basic research and implications for educational practice. *Perspectives on Psychological Science, 1,* 181-210.

Roediger, H. L., III, & Karpicke, J. D. (2006b). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science, 17,* 249-255.

Roediger, H. L., III, & Schmidt, S. R. (1980). Output interference in the recall of categorized and paired associate lists. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 6,* 91-105.

Rogers, B. (2001). *TOEFL CBT Success.* Princeton, NJ: Peterson's.

Rowland, C. A. (2014). The effect of testing versus restudy on retention: A meta-analytic review of the testing effect. *Psychological Bulletin, 140,* 1432-1463.

Rubin, D. C., & Baddeley, A. D. (1989). Telescoping is not time compression: A model of the dating of autobiographical events. *Memory & Cognition, 17,* 653-661.

Rubin, D. C., & Wenzel, A. E. (1996). One hundred years of forgetting: A quantitative description of retention. *Psychological Review, 103,* 734-760.

Rundus, D. (1973). Negative effects of using list items as recall cues. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 12,* 43-50.

Rupprecht, J., & Bäuml, K.-H. T. (2016). Retrieval-induced forgetting in item recognition: Retrieval specificity revisited. *Journal of Memory and Language, 86,* 97-118.

Sahakyan, L., & Kelley, C. M. (2002). A contextual change account of the directed forgetting effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 28,* 1064-1072.

Schlichting, A., Aslan, A., Holterman, C., & Bäuml, K.-H. T. (2015). Working memory capacity predicts the beneficial effect of selective memory retrieval. *Memory, 23,* 786-794.

Shiffrin, R. M., & Steyvers, M. (1997). A model for recognition memory: REM – Retrieving effectively from memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 4,* 145-166.

Shivde, G., & Anderson, M. C. (2001). The role of inhibition in meaning selection: Insights from retrieval-induced forgetting. In D. S. Gorfein (Hrsg.), *On the consequences of meaning selection: Perspectives on resolving lexical ambiguity* (S. 175-190). Washington, DC: American Psychological Association.

Siegel, L. L., & Kahana, M. J. (2014). A retrieved context account of spacing and repetition effects in free recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 40,* 755-764.

Skinner, B. F. (1954). The science of learning and the art of teaching. *Harvard Educational Review, 24,* 86-97.

Slamecka, N. J., & McElree, B. (1983). Normal forgetting of verbal lists as a function of their degree of learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 9,* 384-397.

Sloman, S. A., Hayman, C. A. G., Ohta, N., Law, J., & Tulving, E. (1988). Forgetting in primed fragment completion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 14,* 223-239.

Smith, S. M., Glenberg, A., & Bjork, R. A. (1978). Environmental context and human memory. *Memory & Cognition, 6,* 342-353.

Smith, T. A., & Kimball, D. R. (2010). Learning from feedback: spacing and the delay-retention effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 36,* 80-95.

Spitzer, H. F. (1939). Studies in retention. *Journal of Educational Psychology, 30,* 641-656.

Squire, L. R. (1989). On the course of forgetting in very long-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 15,* 241-245.

Squire, L. R., & Kandel, E. R. (1999). *Memory: From mind to molecules.* New York: Scientific American Library.

Staudigl, T., Hanslmayr, S., & Bäuml, K.-H. T. (2010). Theta oscillations reflect the dynamics of interference in episodic memory retrieval. *The Journal of Neuroscience, 30,* 11356-11362.

Strong, E. K. (1913). The effect of time interval upon recognition memory. *Psychological Review, 20,* 339-372.

Szpunar, K. K., Khan, N. Y., & Schacter, D. L. (2013). Interpolated memory tests reduce mind wandering and improve learning of online lectures. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 110,* 6313-6317.

Szpunar, K. K., McDermott, K. B., & Roediger, H. L., III (2008). Testing during study insulates against the buildup of proactive interference. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 34,* 1392-1399.

Thomson, D. M., & Tulving, E. (1970). Associative encoding and retrieval: Weak and strong cues. *Journal of Experimental Psychology, 86,* 255-262.

Thorndike, E. L. (1914). *Educational Psychology: Briefer Course.* New York, NY: Teachers College, Columbia University.

Toppino, T. C., & Cohen, M. S. (2009). The testing effect and the retention interval. *Experimental Psychology (ehemalige Zeitschrift für Experimentelle Psychologie), 56,* 252-257.

Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Hrsg.), *Organization of memory* (S. 381-403). New York: Academic Press.

Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory.* New York: Oxford University Press.

Tulving, E., & Arbuckle, T. Y. (1963). Sources of intratrial interference in immediate recall of paired associates. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 1,* 321-334.

Tulving, E., & Arbuckle, T. Y. (1966). Input and output interference in short-term associative memory. *Journal of Experimental Psychology, 72,* 145-150.

Tulving, E., & Psotka, J. (1971). Retroactive inhibition in free recall. Inaccessibility of information available in the memory store. *Journal of Experimental Psychology, 87,* 1-8.

Tulving, E., & Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review, 80,* 352-373.

Turner, M. L., & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language, 28,* 127-154.

Underwood, B. J. (1948). "Spontaneous recovery" of verbal associations. *Journal of Experimental Psychology, 38,* 429-439.

Underwood, B. J. (1957). Interference and forgetting. *Psychological Review, 64,* 49-60.

Veling, H., & van Knippenberg, A. (2004). Remembering can cause inhibition: Retrieval-induced inhibition as cue independent process. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 30,* 315-318.

Verde, M. F. (2013). Retrieval-induced forgetting in recall: Competitor interference revisited. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 39,* 1433-1448.

Wallner, L., & Bäuml, K.-H. T. (2017). Beneficial effects of selective item repetition on the recall of other items. *Journal of Memory and Language, 95,* 159-172.

Wallner, L., & Bäuml, K.-H. T. (2020). Part-list cuing with prose material: When cuing is detrimental and when it is not. *Cognition, 205,* 104427.

Wallner, L., Nickl, A., & Bäuml, K.-H. T. (in Druck). When study capacities are limited and deadline is fixed – How practice type and practice timing influence recall of practiced and unpracticed material. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition.*

Weinstein, Y., McDermott, K. B., & Szpunar, K. K. (2011). Testing protects against proactive interference in face-name learning. *Psychonomic Bulletin & Review, 18,* 518-523.

Wheeler, M. A., Ewers, M., & Buonanno, J. (2003). Different rates of forgetting following study versus test trials. *Memory, 11,* 571-580.

White, K. G. (2001). Forgetting functions. *Animal Learning & Behavior, 29,* 193-207.

Wickelgren, W. A. (1965). Acoustic similarity and retroactive interference in short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 4,* 53-61.

Wickelgren, W. A. (1972). Trace resistance and the decay of long-term memory. *Journal of Mathematical Psychology, 9,* 418-455.

Wickelgren, W. A. (1974). Single-trace fragility theory of memory dynamics. *Memory & Cognition, 2,* 775-780.

Wickelgren, W. A. (1975a). Age and storage dynamics in continuous recognition memory. *Developmental Psychology, 11,* 165-169.

Wickelgren, W. A. (1975b). Alcoholic intoxication and memory storage dynamics. *Memory & Cognition, 3,* 385-389.

Wickens, T. D. (1982). *Models for behavior: Stochastic processes in psychology.* San Francisco, CA: Freeman.

Wilson, B., & Boakes, R. A. (1985). A comparison of the short-term memory performances of pigeons and jackdaws. *Animal Learning & Behavior, 13,* 285-290.

Wirth, M., & Bäuml, K.-H. T. (2020). Category labels can influence the effects of selective retrieval on nonretrieved items. *Memory & Cognition, 48,* 481-493.

Wissman, K. T., Rawson, K. A., & Pyc, M. A. (2011). The interim test effect: testing prior material can facilitate the learning of new material. *Psychonomic Bulletin & Review, 18,* 1140-1147.

Wixted, J. T. (2004). On common ground: Jost's (1897) law of forgetting and Ribot's (1881) law of retrograde amnesia. *Psychological Review, 111,* 864-879.

Wixted, J. T., & Carpenter, S. K. (2007). The Wickelgren power law and the Ebbinghaus savings function. *Psychological Science, 18,* 133-134.

Wixted, J. T., & Ebbesen, E. B. (1991). On the form of forgetting. *Psychological Science, 2,* 409-415.

Wixted, J. T., & Ebbesen, E. B. (1997). Genuine power curves in forgetting: A quantitative analysis of individual subject forgetting functions. *Memory & Cognition, 25,* 731-739.

Wixted, J. T., & Rohrer, D. (1993). Proactive interference and the dynamics of free recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 19,* 1024-1039.

Woodworth, R. S. (1938). *Experimental psychology.* New York: Henry Holt and company.

Zaromb, F. M., & Roediger, H. L., III (2010). The testing effect in free recall is associated with enhanced organizational processes. *Memory & Cognition, 38,* 995-1008.

Zhou, A., Yang, T., Cheng, C., Ma, X., & Zhao, J. (2015). Retrieval practice produces more learning in multiple-list tests with higher-order skills. *Acta Psychologica Sinica, 47,* 928-938.