

Adaptives Gedächtnis: Proximale Mechanismen des Animacy Effekts

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Martin J. Meinhardt

aus Kolberg

Düsseldorf, November 2018

Aus dem Institut für Experimentelle Psychologie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Gedruckt mit der Genehmigung
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Referent: PD Dr. Raoul Bell

Korreferent: Prof. Dr. Axel Buchner

Tag der mündlichen Prüfung: 27. März 2019

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Abstract	5
Einleitung	6
Einfluss von emotionalem Arousal	8
Experiment 1	10
Experiment 2	13
Diskussion der Experimente 1 und 2	15
Einfluss von Richness of Encoding	17
Experiment 3	21
Experiment 4	23
Experiment 5	26
Experiment 6	27
Diskussion der Experimente 3 bis 6	28
Allgemeine Diskussion	30
Literatur	34
Einzelarbeiten	40
Erklärung über den Eigenanteil	73
Erklärung an Eides Statt	74

Zusammenfassung

Eine Vielzahl an Befunden belegt, dass belebte Objekte besser erinnert werden als unbelebte Objekte, was in der Literatur als Animacy Effekt bezeichnet wird. Jedoch ist bisweilen unklar, welche proximalen Mechanismen für diesen Effekt verantwortlich sind. Ziel der vorliegenden Dissertation ist die Untersuchung zweier potentieller Einflussmechanismen bei der Entstehung des Animacy Effekts. In den Experimenten 1 und 2 wurde überprüft, ob emotionales Arousal den Animacy Effekt erklären kann. Die Ergebnisse von Experiment 1 zeigen für das ins Deutsche übersetzte Stimulusmaterial aus der Pionierstudie von Nairne, VanArsdall, Pandeirada, Cogdill und LeBreton (2013), dass belebte Wörter als emotional erregender wahrgenommen wurden als unbelebte Wörter, was nahelegt, dass der Animacy Effekt in früheren Studien mit emotionalem Arousal konfundiert sein könnte. Für Experiment 2 wurden neue Wortlisten erstellt, bei denen neben anderen Worteigenschaften auch emotionales Arousal zwischen den belebten und unbelebten Wörtern kontrolliert wurde. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, sich die präsentierten Wörter einzuprägen und zu erinnern. Die Ergebnisse zeigen trotz kontrollierten Arousals einen signifikanten Animacy Effekt, was darauf hindeutet, dass emotionales Arousal kein proximaler Mechanismus bei der Erklärung des Animacy Effekts ist. In den Experimenten 3 bis 6 wurde der Einfluss von *Richness of Encoding* als proximaler Mechanismus auf den Animacy Effekt untersucht. Es sollte die Annahme überprüft werden, dass belebte Objekte mit einer größeren Anzahl an Assoziationen endkodiert werden, die beim Erinnern als zusätzliche Abrufhinweise dienen und so die Erinnerbarkeit allgemein verbessern könnten. Die Experimente 3 und 5 replizierten den Animacy Effekt im klassischen intentionalen Lernparadigma mit jeweils unterschiedlichem Wortmaterial. In den Experimenten 4 und 6 wurden die Probanden gebeten, alle Ideen aufzuschreiben, die ihnen zu den präsentierten Wörtern in den Sinn kamen und diese Wörter in einem unangekündigten Gedächtnistest zu erinnern. Auch in diesen Experimenten zeigte sich ein Animacy Effekt. Von besonderer Relevanz ist aber der Befund, dass signifikant mehr Ideen zu belebten Wörtern generiert wurden. Diese Ergebnisse sprechen für *Richness of Encoding* als potentiellen proximalen Mechanismus des Animacy Effekts.

Abstract

A large body of evidence shows that animate objects are better remembered than inanimate objects, which was hence referred to as the animacy effect in the literature. Yet, the proximal mechanisms underlying this effect remain unclear. This dissertation aims at investigating the influence of two potential candidate mechanisms in the emergence of the animacy effect. Experiments 1 and 2 examined if the animacy effect might be due to emotional arousal. The results of Experiment 1 show that German translations of the animate words used in the pioneering study of Nairne, VanArsdall, Pandeirada, Cogdill, and LeBreton (2013) were perceived as more arousing than the inanimate words, suggesting that the animacy effect might have been confounded with emotional arousal in previous studies. For Experiment 2, new word lists were created in which animate and inanimate words were matched on arousal (among other dimensions). Participants were asked to memorize the words presented and to reproduce them in a free recall task. Although animate and inanimate words were controlled for arousal, the results show significant animacy effects, suggesting that emotional arousal is not a proximal mechanism in the explanation of the animacy effect. Experiments 3 to 6 examined the contribution of richness of encoding as a proximal mechanism to the animacy effect, proving the assumption that animate objects might be encoded with a broader set of associations which, in turn, might provide further retrieval cues during recall and thus enhance memory performance in general. Experiments 3 and 5 replicated the animacy effect in a classical intentional learning paradigm with different word material, respectively. In Experiments 4 and 6, participants were asked to write down all ideas that came to mind in response to the presented words and finally to reproduce these words in a surprise recall test. Also in these experiments, a significant animacy effect was found. Importantly, participants generated more distinct ideas for the animate words than for the inanimate ones. Thus, these results identify richness of encoding as a potential proximal mechanism underlying the animacy effect on memory.

Einleitung

Gelman und Spelke (1981) identifizierten vier wesentliche Unterscheidungsmerkmale zwischen belebten und unbelebten Objekten. Erstens können sich belebte Objekte (selbstständig) bewegen, wobei der Ursprung dieser Transformationen internal oder external motiviert sein kann, während sich unbelebte Objekte nur dann bewegen, wenn ein äußeres Subjekt diese Transformationen bedingt. Zweitens können belebte Objekte im Gegensatz zu unbelebten Objekten wachsen und sich fortpflanzen. Ein dritter Unterschied liegt in der den belebten Objekten innewohnenden Fähigkeit zu mentalen Prozessen und Repräsentationen: Im Gegensatz zu unbelebten Objekten können sie wahrnehmen, lernen, wissen, denken und verfügen über ein emotionales Erleben. Schließlich bestehen belebte Objekte aus biologischen Strukturen, die in unmittelbarem Zusammenhang zu den Funktionen der Lebenserhaltung, des Wachstums und der Fortpflanzung stehen.

Obwohl die Unterscheidung von belebten und unbelebten Objekten schon seit längerer Zeit Gegenstand der Kognitions-, Sprach- und Neurowissenschaften ist, wurde erst kürzlich damit begonnen deren Einfluss auf das menschliche Gedächtnis systematisch zu untersuchen (Nairne, VanArsdall, Pandeirada, Cogdill, & LeBreton, 2013). In einer Studie präsentierten Nairne et al. (2013) ihren Probanden eine Liste von Wörtern, die eine gleiche Anzahl belebter (z.B. Baby, Soldat, Ente) und unbelebter Objekte (z.B. Puppe, Geldbeutel, Hut) enthielt, wobei eine Vielzahl an Wortheigenschaften zwischen den belebten und unbelebten Wörtern kontrolliert wurde (z.B. Erwerbssalter oder Vertrautheit). Die Aufgabe der Probanden bestand darin, sich diese Wörter für einen späteren Abruf einzuprägen. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass signifikant mehr belebte als unbelebte Wörter erinnert wurden, was in der Literatur fortan als Animacy Effekt auf das Gedächtnis bekannt wurde. In einer Reanalyse der Daten von Rubin und Friendly (1986) stellten Nairne et al. (2013) darüber hinaus fest, dass der Belebtheitsstatus die Erinnerungswahrscheinlichkeit eines Wortes noch besser vorhersagt als andere Prädiktoren wie zum Beispiel die Bildhaftigkeit oder Konkretheit eines Wortes.

Der Animacy Effekt auf das Gedächtnis wurde fortan in vielen weiteren Studien mit unterschiedlichen Paradigmen und Stimulusmaterialien repliziert. So fand man den Effekt beispielsweise im *Paired-Associates* Paradigma (VanArsdall, Nairne, Pandeirada, & Cogdill, 2015), im Gedächtnis für Bilder (Bonin, Gelin, & Bugaiska, 2014), im Quellengedächtnis für kontextuelle Details, die mit belebten oder unbelebten Objekten assoziiert wurden (Gelin, Bonin, Meot, & Bugaiska, 2018), für Nicht-Wörter, die mit belebten oder unbelebten Eigenschaften assoziiert wurden (Aslan & John, 2016; VanArsdall, Nairne, Pandeirada, & Blunt, 2013), sowie unter verschiedenen Enkodierinstruktionen (Gelin, Bugaiska, Meot, & Bonin, 2015). Aslan und John (2016) stellten in ihrer Arbeit außerdem fest, dass sich der Animacy Effekt schon in einem jungen Alter zeigt. Bereits junge Kinder konnten sich besser an belebte als an unbelebte Objekte erinnern.

Die bisherigen Befunde zum Animacy Effekt wurden oftmals genutzt, um eine functionalistische Perspektive auf die Entwicklung unseres Gedächtnisses zu vertreten und zu unterstützen (Nairne, 2010; Nairne & Pandeirada, 2008, 2010). Dieser liegt die Annahme zu Grunde, dass sich in der menschlichen Evolution unser Gedächtnis entwickelt hat, um fitnessrelevante Probleme unserer Vorfahren zu lösen. Demzufolge könnte ein besseres Gedächtnis für belebte Objekte einen adaptiven Mechanismus darstellen, da belebte Objekte über eine besondere Relevanz für das Überleben und die Reproduktion unserer Vorfahren verfügten, weil sie beispielsweise mögliche Beute, Feinde oder Sexualpartner repräsentieren. Dieser relativ unkontroverse Ansatz stellt eine ultimative Hypothese für die Bedeutung und Entstehung des Animacy Effekts dar (Nairne et al., 2013). Sie trifft allerdings keine spezifischen Aussagen über die dem Effekt zugrundeliegenden proximalen Mechanismen, d.h. welche perzeptuellen oder kognitiven Prozesse für den Effekt verantwortlich sind. Tatsächlich ist bisher unklar, weshalb belebte Objekte besser erinnert werden als unbelebte Objekte, auch wenn eine Reihe von Studien bereits einige proximale Mechanismen als Determinanten des Animacy Effekts ausschließen konnte. So wurde beispielsweise der Einfluss von kategorialen Abrufstrategien diskutiert, doch konnte der Animacy Effekt in einigen Experimenten unabhängig von solchen Strategien gefunden werden (VanArsdall, Nairne, Pandeirada, &

Cogdill, 2017). Darüber hinaus konnte bezüglich der Belebtheitsvariable auch kein Clustering der Wörter beim Abruf festgestellt werden (Nairne et al., 2013). Auch Unterschiede im sensorischen Erleben von belebten und unbelebten Objekten konnten den Animacy Effekt nicht erklären (Bonin et al., 2014). In einer Reihe von Experimenten konnten Gelin, Bugaiska, Meot, Vinter und Bonin (2018) schließlich auch zeigen, dass Unterschiede in mentalen Bildhaftigkeitsprozessen zwischen belebten und unbelebten Objekten nicht für den Effekt verantwortlich zu sein scheinen.

Damit sind die dem Animacy Effekt zugrundeliegenden proximalen Mechanismen bisher unklar. Was macht belebte Objekte so gut rememberbar? Die vorliegende Arbeit untersucht den Einfluss von zwei weiteren möglichen proximalen Mechanismen bei der Entstehung des Animacy Effekts. Diese sind zum einen der Einfluss von emotionalem Arousal (Experimente 1 und 2), zum anderen der Einfluss von *Richness of Encoding* (Experimente 3 bis 6).

Einfluss von emotionalem Arousal

Popp und Serra (2016) diskutierten den Einfluss von emotionalem Arousal als mögliche Ursache für den Animacy Effekt. Diese Hypothese wurde in der vorliegenden Arbeit in den Experimenten 1 und 2 untersucht. In den Kognitionswissenschaften konnte bestätigt werden, dass Stimuli, die ein erhöhtes emotionales Arousal hervorrufen, in der kognitiven Verarbeitung Priorität genießen (z.B. Buchanan & Adolphs, 2002; Cahill & McGaugh, 1995; Kensinger & Corkin, 2003). Auch im Bezug auf die Gedächtnisleistung zeigt die Literatur auf, dass emotional erregende Stimuli besser erinnert werden als beispielsweise emotional neutrale Stimuli (z.B. Bradley, Greenwald, Petry, & Lang, 1992; Cahill & McGaugh, 1995; Kensinger & Corkin, 2003; LaBar & Phelps, 1998). Aus einer evolutionspsychologischen Perspektive könnten fitnessrelevante Objekte wie zum Beispiel Spinnen oder Schlangen demnach besonders gut rememberbar sein, weil sie häufig vergleichsweise starke emotionale Reaktionen hervorrufen. Auf einer neuropsychologischen Ebene könnte die Verbesserung des Gedächtnisses durch emotionales Arousal dabei in

Interaktionen zwischen Gehirnarealen zur Emotions- und Gedächtnisverarbeitung begründet sein (Kensinger, 2007). Dieser Ansatz verdeutlicht, dass der Animacy Effekt auf Unterschiede im emotionalen Arousal zurückzuführen sein könnte. Es besteht die Möglichkeit, dass belebte Objekte wie Tiere oder Menschen im Schnitt deshalb besser erinnert werden, weil sie emotional erregender sind als unbelebte Objekte wie zum Beispiel Möbelstücke, Werkzeuge oder Kleidungsstücke. Dieser Ansatz würde auch aus einer funktionalistischen Perspektive auf das Gedächtnis Sinn ergeben, weil emotionales Arousal die Fitnessrelevanz eines Objekts womöglich unmittelbarer widerspiegelt als sein Belebtheitsstatus. Dementsprechend würde man erwarten, dass emotional erregende unbelebte Objekte (z.B. Waffen oder Wertgegenstände) auch mit einer höheren Relevanz für die evolutionären Ziele wie Überleben und Reproduktion assoziiert sind und deshalb besser erinnert werden als vergleichsweise weniger fitnessrelevante, emotional neutralere belebte Objekte (z.B. Algen oder Bäume). Demnach könnte vielmehr emotionales Arousal der dem Animacy Effekt zu Grunde liegende Mechanismus sein als die Belebtheitskategorie an sich. Diese Annahme bedarf allerdings einer empirischen Überprüfung.

In ihrer Pionierstudie zum Animacy Effekt kontrollierten Nairne et al. (2013) eine Vielzahl an Wortheigenschaften zwischen den belebten und unbelebten Wörtern (z.B. Erwerbsalter, Konkretheit oder Bildhaftigkeit). Jedoch wurden keine emotionalen Variablen mitkontrolliert, sodass eine Konfundierung mit emotionalem Arousal nicht ausgeschlossen werden kann. In weiteren Studien zum Animacy Effekt kontrollierten beispielsweise Bonin et al. (2014) unter anderem auch emotionale Valenz als emotionales Maß zwischen den Wortlisten, d.h. in welchem Ausmaß ein Wort als positiv oder negativ wahrgenommen wird, und konnten dennoch einen Animacy Effekt nachweisen. Hierbei sollte allerdings angemerkt werden, dass Valenzmaße problematisch sein können, weil manche Wörter diesbezüglich eine Ambivalenz aufweisen, indem sie sowohl positive als auch negative Emotionen hervorrufen können (Schneider, Veenstra, van Harreveld, Schwarz, & Koole, 2016). Werden die Valenzeinschätzungen für solche Wörter auf einer einzelnen Dimension gemittelt, so können sie in ihrer Valenz als emotional neutral erscheinen,

obwohl sie womöglich einen starken emotionalen Gehalt haben, indem sie gleichermaßen starke negative wie positive affektive Reaktionen evozieren. Darüber hinaus hat sich in der Literatur gezeigt, dass emotionale Valenz zur Erklärung des Gedächtnisvorteils emotionaler Stimuli weniger gut geeignet ist als emotionales Arousal (Bradley et al., 1992; Kensinger & Corkin, 2003; Kensinger & Schacter, 2006). Aufgrund dessen sollte überprüft werden, ob der Animacy Effekt möglicherweise auf Unterschiede im emotionalen Arousal zurückgeführt werden kann. Betrachtet man die Wörter, die in der Studie von Nairne et al. (2013) eingesetzt wurden, offenbart sich durchaus die Möglichkeit, dass der gefundene Animacy Effekt mit Unterschieden im Arousal konfundiert sein könnte: Während die Liste der belebten Wörter Begriffe wie *Soldat*, *Python*, *Baby* oder *Spinne* enthielt, wurde die unbelebte Kategorie durch Wörter wie *Hausschuhe*, *Hut*, *Zelt* oder *Zeitschrift* repräsentiert. Aus diesen Beispielen könnte man schließen, dass sich belebte und unbelebte Objekte typischerweise in ihrem Ausmaß emotionales Arousal hervorzurufen unterscheiden und eher diese Unterschiede für den Gedächtnisvorteil belebter Objekte verantwortlich sind als die Belebtheitskategorie an sich.

In den Experimenten 1 und 2 der vorliegenden Arbeit wurde auf diesem Hintergrund aufbauend der Einfluss von emotionalem Arousal auf den Animacy Effekt untersucht. In Experiment 1 sollte überprüft werden, ob sich die belebten und unbelebten Wortlisten aus der Studie von Nairne et al. (2013) bezüglich des Arousals unterscheiden, was auf eine mögliche Konfundierung des Effekts hinweisen würde. In Experiment 2 wurden emotionales Arousal und Belebtheit orthogonal manipuliert, um auf diese Weise zu überprüfen, ob sich der Animacy Effekt auch dann zeigen würde, wenn emotionales Arousal zwischen den belebten und unbelebten Wortlisten sorgfältig kontrolliert wird.

Experiment 1

Das Ziel von Experiment 1 bestand in der Überprüfung einer möglichen Konfundierung des Animacy Effekts in der Pionierstudie von Nairne et al. (2013) durch Unterschiede im emotionalen Arousal zwischen den dort eingesetzten belebten

und unbelebten Wörtern. Ließen sich solche Unterschiede feststellen, so wäre dies ein Hinweis auf eine mögliche Konfundierung. Um dies zu überprüfen, wurden 77 Probanden (davon 58 Frauen) zur Studienteilnahme akquiriert. Zur Überprüfung möglicher Arousalunterschiede wurden diesen Probanden in Einzeltestungen die 24 Wörter aus der Studie von Nairne et al. (2013) in ihrer deutschen Übersetzung auf einem Computermonitor präsentiert. Die Präsentation der Wörter erfolgte nacheinander in randomisierter Reihenfolge. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, die Wörter hinsichtlich ihres emotionalen Arousal einzustufen. In Anlehnung an die Normierungsstudien von Kanske und Kotz (2010) wurde dafür die siebenstufige Arousskala des *Self-Assessment Mannequins* (Bradley & Lang, 1994) eingesetzt, auf der die Probanden das von jedem einzelnen Wort evozierte Arousal von „nicht erregend“ bis „sehr erregend“ einstufen. Nachdem alle 24 Wörter von den Probanden eingestuft worden waren, folgte eine kurze Distraktoraufgabe, bei der die Probanden 20 einfache mathematische Gleichungen (z.B. $13 + 6 = 18$) auf ihre Korrektheit überprüfen sollten. Anschließend wurden die Probanden gebeten, auf einem leeren Blatt Papier in beliebiger Reihenfolge alle Wörter aufzuschreiben, an die sie sich aus der Einstufungsaufgabe noch erinnern konnten. Für diesen unangekündigten Gedächtnistest hatten die Probanden maximal fünf Minuten Zeit. Insgesamt hatte das Experiment eine Länge von maximal 15 Minuten.

Die Ergebnisse von Experiment 1 sind in Abbildung 1 dargestellt. Sie zeigen, dass diejenigen Wörter aus der Studie von Nairne et al. (2013), die belebte Objekte repräsentieren, höhere Werte hinsichtlich des evozierten emotionalen Arousal erhielten als die unbelebten Wörter [$t(76) = 11.90, p < .001, \eta_p^2 = .65$]. Darüber hinaus konnte im unangekündigten Gedächtnistest auch der Animacy Effekt repliziert werden. Es wurden signifikant mehr belebte als unbelebte Wörter erinnert [$t(76) = 12.22, p < .001, \eta_p^2 = .66$]. Eine itembasierte Analyse zeigte außerdem einen positiven Zusammenhang zwischen dem Arousalwert eines Wortes und seiner Abrufwahrscheinlichkeit auf [$r = .64, p = .001$].

Obwohl Nairne et al. (2013) in ihrer Studie eine Vielzahl an Variablen, die bekanntermaßen einen Einfluss auf die Erinnerbarkeit von Wörtern haben, zwischen den

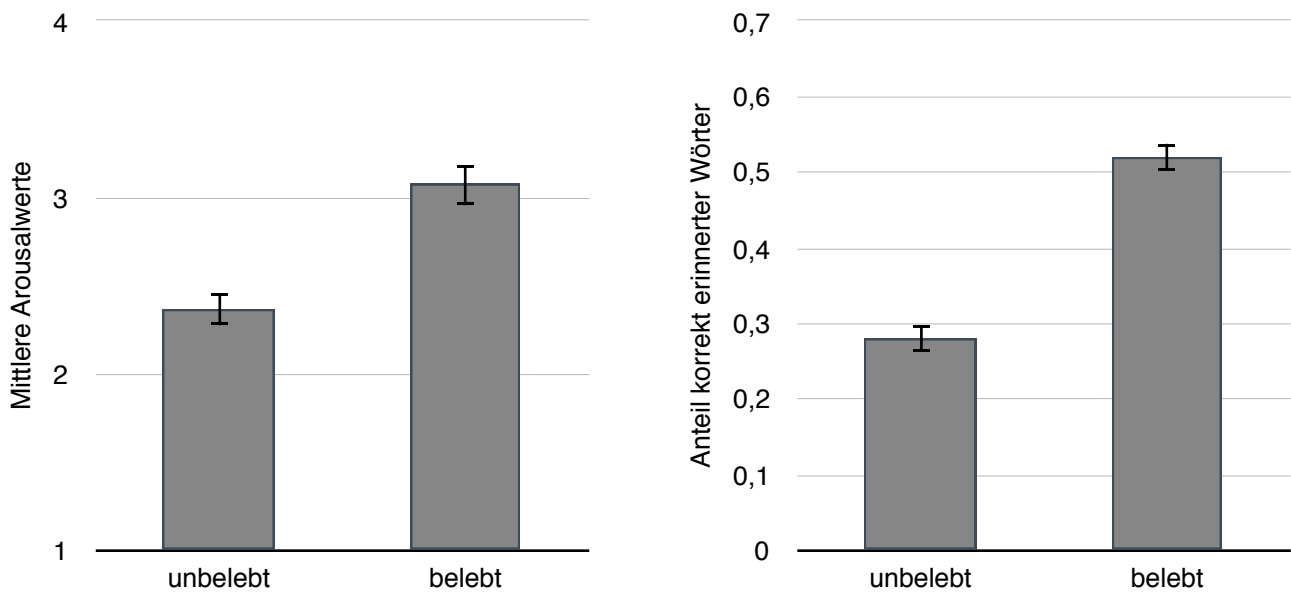


Abbildung 1: Das linke Balkendiagramm stellt die mittleren Arousalwerte für die belebten und unbelebten Wörter in Experiment 1 dar (Skala von 1 = „nicht erregend“ bis 7 = „sehr erregend“). Das rechte Balkendiagramm zeigt den Anteil der korrekt erinnerten belebten und unbelebten Wörter. Die Fehlerbalken repräsentieren den Standardfehler der Mittelwerte.

belebten und unbelebten Wörtern kontrollierten, wurden keine emotionalen Variablen berücksichtigt. Die Ergebnisse von Experiment 1 machen jedoch deutlich, dass sich die belebten und unbelebten Wörter hinsichtlich des emotionalen Arousal signifikant unterschieden, was die Möglichkeit eröffnet, dass der Animacy Effekt nicht auf den Faktor Belebtheit an sich, sondern eben auf jene Arousalunterschiede zurückführbar sein könnte. Eine Vielzahl von Studien konnte bislang aufzeigen, dass emotional erregende Stimuli besser erinnert werden als neutrale Stimuli (z.B. Bradley et al., 1992; Cahill & McGaugh, 1995; Kensinger & Corkin, 2003; LaBar & Phelps, 1998). Hierbei ist anzumerken, dass in Experiment 1 lediglich die deutschen Übersetzungen der Originalwörter aus der Arbeit von Nairne et al. (2013) verwendet wurden. Aufgrund der Größe der hier gefundenen Effekte kann aber vermutlich davon ausgegangen werden, dass diese Unterschiede nicht sprachspezifisch sind. Nachdem in Experiment 1 signifikante Arousalunterschiede zwischen den belebten und unbelebten Wörtern aus der Studie von Nairne et al. (2013) festgestellt werden konnten, die eine mögliche Erklärung für den beobachteten Animacy Effekt liefern, sollte in Experiment 2 untersucht werden, ob sich der Animacy Effekt auch dann zeigen würde, wenn emotionales Arousal zwischen den Wortlisten sorgfältig kontrolliert wird.

Experiment 2

In Experiment 2 sollte der kausale Zusammenhang zwischen dem Animacy Effekt und emotionalem Arousal überprüft werden. Dazu wurde in einem 2 x 2 Design Belebtheit (belebt, unbelebt) und emotionales Arousal (niedrig, hoch) orthogonal manipuliert. Hierbei wurde sicher gestellt, dass sich das Arousal zwischen den belebten und unbelebten Wörtern auf der jeweiligen Stufe des Faktors Arousal nicht unterschied. Wenn der Animacy Effekt auf emotionales Arousal zurückzuführen ist, sollte unter dieser Manipulation das Gedächtnis für Wörter mit hohem Arousal besser sein als für Wörter mit niedrigem Arousal, während sich kein Unterschied in der Gedächtnisleistung zwischen den Listen von belebten und unbelebten Wörtern mehr zeigt, weil diese entlang der Arousal Variable kontrolliert wurden. Für diese experimentelle Überprüfung der Arousalhypothese wurden insgesamt 40 Wörter aus der *Leipzig Affective Norms for German (LANG)* Datenbank (Kanske & Kotz, 2010) ausgewählt, um daraus vier Wortlisten von jeweils zehn Wörtern zu erstellen: eine Liste mit wenig erregenden belebten Wörtern, eine mit wenig erregenden unbelebten Wörtern, eine mit hoch erregenden belebten Wörtern und eine Liste mit hoch erregenden unbelebten Wörtern. Um sicherzustellen, dass die verwendeten Wörter möglichst eindeutig einer der beiden Kategorien der Belebtheitsvariable zugeordnet werden können, wurde im Vorfeld eine Normierungsstudie durchgeführt, bei der drei unabhängige Rater alle Wörter aus der LANG Datenbank als belebt, unbelebt oder nicht-kategorisierbar einstufen. Dadurch konnte gewährleistet werden, dass in die finalen Wortlisten nur solche Wörter aufgenommen wurden, die von allen drei Ratern konsistent als belebt oder unbelebt eingestuft worden waren. Mit Hilfe der Normierungsdaten aus der LANG Datenbank konnten die belebten und unbelebten Wortlisten mit niedrigen bzw. hohen Arousalwerten sorgfältig entlang der Arousalvariable kontrolliert werden. Darüberhinaus wurden alle vier Listen auch entlang der Variablen emotionale Valenz, Konkretheit, Erwerbsalter, Bildhaftigkeit, Bedeutungshaltigkeit, Worthäufigkeit, Anzahl der Buchstaben und Anzahl der Silben kontrolliert (s. Tabelle 1 für eine Übersicht der Variablen und ihrer jeweiligen Werte). Diese vier Wortlisten

Tabelle 1: Mittelwerte der Variablen, die zwischen den Wortlisten in Experiment 2 kontrolliert wurden.

Variable (Skalenwerte)	belebt (niedriges Arousal)	unbelebt (niedriges Arousal)	belebt (hohes Arousal)	unbelebt (hohes Arousal)
Arousal (1-9)	2.71 (0.39)	2.71 (0.45)	5.27 (0.74)	5.24 (0.81)
Valenz (1-9)	5.14 (0.24)	5.19 (0.34)	5.17 (1.29)	5.01 (1.42)
Konkretheit (1-9)	3.11 (1.22)	3.1 (0.63)	3.16 (1.28)	3.07 (0.75)
Erwerbsalter (1-7)	4.08 (1.84)	4.34 (0.78)	3.58 (1.29)	4.18 (1.25)
Bildhaftigkeit (1-7)	5.10 (1.07)	4.29 (0.69)	5.08 (1.11)	5.01 (1.03)
Bedeutungshaltigkeit (1-7)	4.32 (0.78)	3.46 (0.49)	4.59 (1.15)	4.36 (1.19)
Worthäufigkeit	12.7 (1.77)	12.5 (2.01)	13 (2.58)	13.5 (0.85)
Anzahl der Buchstaben	5.7 (1.16)	5.8 (0.79)	5.2 (0.79)	6.2 (0.63)
Anzahl der Silben	1.8 (0.42)	1.8 (0.42)	1.8 (0.42)	1.7 (0.48)

Anmerkung: Die Werte in Klammern repräsentieren Standardabweichungen. Die Werte für Arousal, Valenz, Konkretheit, Anzahl der Buchstaben und Anzahl der Silben wurden auf Grundlage der Normdaten aus der LANG Datenbank (Kanske & Kotz, 2010) berechnet, während die Werte für Erwerbsalter, Bildhaftigkeit und Bedeutungshaltigkeit einer eigenen Normierungsstudie mit $N = 16$ Ratern entstammen. Die Instruktionen für diese Normierungen wurden dem Handbuch deutschsprachiger Wortnormen (Hager, 1994) entnommen. Mit Ausnahme von Arousal, das sich wie beabsichtigt zwischen den Listen mit hohem und niedrigem Arousal unterscheidet, zeigen sich für die Wortlisten auf keiner anderen Variable signifikante Unterschiede.

wurden schließlich zu einer gemischten Liste mit insgesamt 40 Wörtern zusammengefügt. An Experiment 2 nahmen 90 Probanden (davon 69 Frauen) teil. Diesen Probanden wurden während des Experiments auf einem Computermonitor in randomisierter Reihenfolge alle 40 Wörter präsentiert, wobei jedes Wort für fünf Sekunden mit einem Inter-Stimulus-Intervall von zwei Sekunden dargeboten wurde. Im Gegensatz zu Experiment 1 wurden die Probanden in Experiment 2 gezielt darauf hingewiesen, sich die präsentierten Wörter für einen späteren Abruf so gut wie möglich einzuprägen. Nach der Präsentationsphase folgte die gleiche Distraktoraufgabe wie in Experiment 1. Schließlich erhielten die Probanden auch hier ein leeres Blatt Papier und wurden gebeten, innerhalb von zehn Minuten in beliebiger Reihenfolge alle Wörter aufzuschreiben, an die sie sich erinnern konnten. Experiment 2 dauerte insgesamt etwa 15 Minuten.

Die Ergebnisse von Experiment 2 sind in Abbildung 2 dargestellt. Sie verdeutlichen, dass der Animacy Effekt offenbar nicht allein auf emotionales Arousal zurückführbar ist. Trotz der sorgfältigen Kontrolle der Arousalwerte zwischen den belebten und unbelebten Wortlisten, zeigte sich ein signifikanter Animacy Effekt. Belebte Wörter wurden auch hier besser erinnert als solche, die unbelebte Objekte

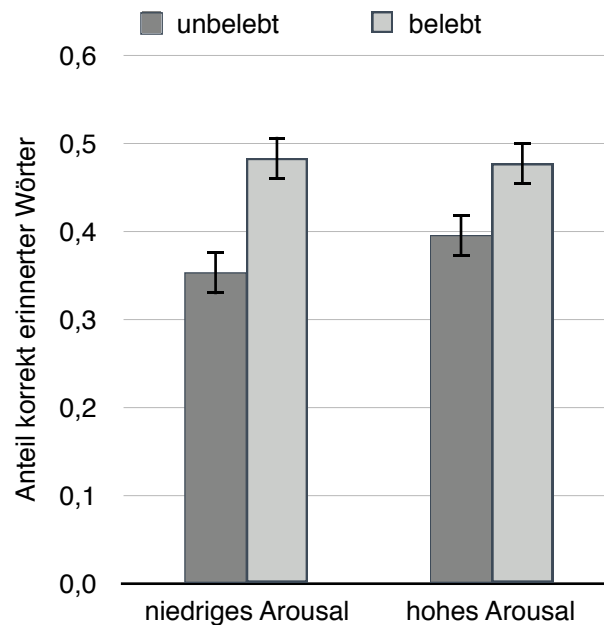


Abbildung 2: Das Balkendiagramm stellt den mittleren Anteil korrekt erinnelter Wörter als Funktion der Belebtheit (belebt, unbelebt) und des Arousals (hoch, niedrig) in Experiment 2 dar. Die Fehlerbalken repräsentieren den Standardfehler der Mittelwerte.

repräsentieren [$F(1, 89) = 53.71, p < .001, \eta_p^2 = .37$]. Zwar fand sich in den Ergebnissen auch die deskriptive Tendenz einer besseren Gedächtnisleistung für Wörter mit hohen Arousalwerten, doch wurde dieser Unterschied nicht signifikant [$F(1, 89) = 1.76, p = .19, \eta_p^2 = .02$]. Auch die Interaktion zwischen den beiden Faktoren wurde nicht signifikant [$F(1, 89) = 3.28, p = .07, \eta_p^2 = .04$]. Diese Ergebnisse entsprechen der Schlussfolgerung von Nairne et al. (2013), dass die Belebtheitsvariable einen stärkeren Einfluss auf das Gedächtnis hat als viele andere bekannte Gedächtniseterminanten.

Diskussion der Experimente 1 und 2

Die Ergebnisse der Experimente 1 und 2 liefern weitere Befunde für die Robustheit des Animacy Effekts. In beiden Experimenten wurden Wörter, die belebte Objekte repräsentieren, besser erinnert als solche, die unbelebte Objekte repräsentieren. Die bisherige Forschung zum Animacy Effekt konnte bereits einige proximale Mechanismen, die für den Effekt verantwortlich sein könnten, als solche ausschließen. Die Erkenntnisse aus den Experimenten 1 und 2 der vorliegenden Arbeit weisen nun darauf hin, dass auch emotionales Arousal den Effekt nicht erklären

kann, wie es von Popp und Serra (2016) diskutiert wurde. In Experiment 1 konnte festgestellt werden, dass sich das von Nairne et al. (2013) in ihrer Pionierstudie eingesetzte Wortmaterial hinsichtlich des emotionalen Arousals zwischen den belebten und unbelebten Wörtern unterschied. Dies legte die Vermutung nahe, dass belebte Objekte allgemein ein durchschnittlich höheres emotionales Arousal auslösen als unbelebte Objekte und dass dieser Unterschied für den Animacy Effekt verantwortlich sein könnte. Jedoch zeigte die empirische Überprüfung dieser Hypothese in Experiment 2, dass sich auch dann ein signifikanter Animacy Effekt finden lässt, wenn emotionales Arousal zwischen den belebten und unbelebten Wörtern sorgfältig kontrolliert wurde, was gegen die Arousalhypothese spricht. Wäre Arousal der ausschlaggebende Faktor bei der Entstehung des Animacy Effekts, so würde man erwarten, dass der Effekt verschwindet, wenn das Arousal zwischen den belebten und unbelebten Stimuli kontrolliert wird. Dies war jedoch nicht der Fall. Damit sind diese Befunde konsistent mit der Arbeit von Popp und Serra (2018). Auch in ihrer Studie wurde Arousal zwischen belebten und unbelebten Wörtern kontrolliert und dennoch ein Gedächtnisvorteil für belebte Objekte gefunden.

Die Ergebnisse von Experiment 2 zeigen weiterhin die Stärke des Animacy Effekts auf und verdeutlichen die Bedeutsamkeit der Belebtheitsvariable für das Gedächtnis, die sogar größer ist als der Einfluss zahlreicher anderer bekannter Gedächtnisdeterminanten, wie z.B. Bildhaftigkeit, Konkretheit oder Bedeutungshaltigkeit (vgl. Nairne et al., 2013). Obwohl auch weitgehend nachgewiesen wurde, dass emotionale Stimuli besser erinnert werden als beispielsweise neutrale Stimuli (z.B. Bradley et al., 1992; Cahill & McGaugh, 1995), war der Effekt der Belebtheit ($\eta_p^2 = .37$) in Experiment 2 wesentlich größer als der Effekt des Arousals ($\eta_p^2 = .02$). Zwar fand sich eine deskriptive Tendenz zu Gunsten einer besseren Erinnerbarkeit von Wörtern mit höheren Arousalwerten, jedoch verpasste dieser Effekt das konventionelle Signifikanzniveau. Dies war sogar der Fall, obwohl die belebten und unbelebten Wörter in einer gemeinsamen gemischten Liste präsentiert wurden, die wahrscheinlicher Gedächtnisvorteile für erregende Wörter hervorrufen können als reine Listen (z.B. Hadley & MacKay, 2006; Talmi, Lohanas, & Daw, 2017).

Möglich wäre, dass die mittleren Unterschiede in den Arousalwerten zwischen den belebten und unbelebten Wortlisten in Experiment 2 nicht groß genug waren, um einen Haupteffekt für den Faktor Arousal zu finden. Insgesamt zeigen die Ergebnisse der hier präsentierten Experimente 1 und 2, dass emotionales Arousal die bessere Erinnerbarkeit von belebten Objekten nicht erklären kann und andere proximale Mechanismen für die Entstehung des Animacy Effekts verantwortlich sein müssen.

Einfluss von Richness of Encoding

Nachdem die Ergebnisse aus den Experimenten 1 und 2 keine Evidenz für die Hypothese lieferten, dass emotionales Arousal für den Animacy Effekt verantwortlich sein könnte (s. auch Popp & Serra, 2018), sollte in den Experimenten 3 bis 6 der vorliegenden Arbeit ein weiterer potentieller proximaler Mechanismus untersucht werden. Ziel war eine Überprüfung der Frage, ob belebte Objekte mit einer reichhaltigeren Enkodierung einhergehen als unbelebte Objekte, was für den Animacy Effekt verantwortlich sein könnte (*Richness of Encoding* Hypothese). Dieser Ansatz beruht auf dem Befund, dass unser Gedächtnis für einen Stimulus verbessert wird, je mehr distinkte Assoziationen zusammen mit dem zu erinnernden Stimulus enkodiert werden, weil diese bei einem Gedächtnisabruf als zusätzliche Abrufhinweise dienen können (Moscovitch & Craik, 1976). Dieser *Richness of Encoding* Ansatz (Bell, Röer, & Buchner, 2015; Erdfelder & Kroneisen, 2014; Kroneisen & Bell, 2018; Kroneisen & Erdfelder, 2011; Kroneisen, Erdfelder, & Buchner, 2013; Kroneisen, Rummel, & Erdfelder, 2014, 2016; Röer, Bell, & Buchner, 2013) fand bereits empirische Evidenz in der *Survival Processing* Literatur, einem weiteren Paradigma, das dazu genutzt wurde, eine funktionalistische Perspektive auf unsere Gedächtnisentwicklung zu vertreten (Nairne & Pandeirada, 2010; Nairne, Pandeirada, & Thompson, 2008; Nairne, Thompson, & Pandeirada, 2007). In den klassischen Untersuchungen zu diesem Paradigma werden Probanden darum gebeten die Nützlichkeit unzusammenhängender Items in einem fiktionalen Szenario einzuschätzen. Dabei stellte sich heraus, dass diese Items besser erinnert werden, wenn sie zuvor in einem Szenario mit einer Überlebensrelevanz enkodiert wurden (z.B. in der Wildnis

gestrandet sein) als in einem Überlebensirrelevanten Kontrollscenario (z.B. ein Umzug in ein anderes Land). Kroneisen und Erdfelder (2011) stellten die Hypothese auf, dass der Gedächtnisvorteil im *Survival Processing* dadurch zustande kommt, dass das Überlebensrelevante Szenario eine reichhaltigere Enkodierung der Items hervorruft als entsprechende Kontrollscenarien, sodass beim Abruf eine Vielzahl an zusätzlichen Abrufhinweisen vorliegt, die eine Erinnerung an das kritische Item erleichtern können. Diesem Ansatz zufolge führt das Überlebensrelevante Szenario beim Einschätzen der Nützlichkeit eines Items in größerem Ausmaß dazu, dass zu dem Item Ideen generiert werden, als ein für das Überleben nicht relevanter Kontext (s. auch Bell et al., 2015).

Kroneisen und Erdfelder (2011) fanden umfassende Evidenz zur Unterstützung des *Richness of Encoding* Ansatzes im Kontext der *Survival Processing* Forschung. So fiel der Gedächtnisvorteil im *Survival* Szenario schwächer aus oder verschwand gänzlich, wenn die Anzahl der generierbaren Ideen zu den präsentierten Items durch die experimentelle Manipulation eingeschränkt wurde. Der Gedächtnisvorteil verschwand gleichermaßen, wenn während der Enkodierphase das Arbeitsgedächtnis durch eine Zweitaufgabe zusätzlich belastet wurde (Kroneisen et al., 2014, 2016). Diese Befunde können als Evidenz für den *Richness of Encoding* Ansatz betrachtet werden, sofern man davon ausgehen kann, dass eine reichhaltige und elaborierte Enkodierung mit einer Beanspruchung kognitiver Ressourcen einhergeht. In einer Studie von Kroneisen, Erdfelder und Buchner (2013) verschwand der *Survival Processing* Effekt auch dann, wenn die Probanden während der Enkodierung gebeten wurden, sich eine bildhafte Interaktion mit den kritischen Items vorzustellen. Die Autoren argumentierten, dass möglicherweise auch durch diese Instruktion die Wahrscheinlichkeit einer vielfältigen Ideengenerierung zu einem Item reduziert wurde, weil die Probanden dazu aufgefordert wurden, lediglich ein interaktives Bild mit jedem Item zu kreieren. Dies kann zur Folge gehabt haben, dass während des Abrufs weniger zusätzliche Abrufhinweise vorhanden waren, sodass der Gedächtnisvorteil des *Survival* Szenarios verschwand. Röer et al. (2013) überprüften die Vorhersagen des *Richness of Encoding* Ansatzes in einer sehr direkten Weise. Sie baten ihre Probanden, zu den präsentierten Items alle

Ideen aufzuschreiben, die ihnen zur Einschätzung ihrer Nützlichkeit in verschiedenen Szenarien in den Sinn kamen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Probanden in der *Survival* Bedingung signifikant mehr Ideen zu den Items generierten, was dementsprechend möglicherweise die Anzahl der Abrufhinweise beim Gedächtnistest erhöhte. Im Einklang mit der *Richness of Encoding* Hypothese erinnerten die Probanden auch hier in der *Survival* Bedingung mehr Wörter als in der Kontrollbedingung. Diese Erkenntnisse stützen die Hypothese, dass eine reichhaltigere Enkodierung mit dem *Survival Processing* Effekt in Verbindung steht.

Im Bezug auf den Animacy Effekt diskutierten Nairne, VanArsdall und Cogdill (2017), dass belebte Objekte im Schnitt möglicherweise reicher an Merkmalen und Eigenschaften sind, die deren Enkodierung komplexer machen und so ihre Erinnerbarkeit verbessern. Jedoch ist die Befundlage zum *Richness of Encoding* Ansatz im Bezug auf den Animacy Effekt bisher uneindeutig. Gelin et al. (2015) untersuchten beispielsweise, ob der Animacy Effekt mit dem *Survival Processing* Effekt interagiert. In einem Experiment fiel der Animacy Effekt in der *Survival* Bedingung stärker aus als in einer Kontrollbedingung ohne Überlebensrelevanz. Dies spiegelt möglicherweise wider, dass ein Enkodierkontext, der die Möglichkeit zu einer vielfältigen Ideengenerierung bietet, einen stärkeren Animacy Effekt hervorruft als ein Enkodierkontext, der weniger Raum für elaborierte Verarbeitung schafft. In einem weiteren Experiment mit den gleichen Enkodierinstruktionen wurde diese Interaktion jedoch nicht mehr gefunden. Eine Studie von Bonin et al. (2014) zeigte im *Remember-Know* Paradigma, dass Belebtheit stärker mit *Remember*-Antworten einhergeht und Gelin et al. (2018) fanden eine Verbesserung des Quellengedächtnisses im Zusammenhang mit belebten Objekten. Diese Befunde weisen darauf hin, dass Belebtheit mit episodischer Erinnerung und nicht nur mit Vertrautheit einhergeht, was vergleichbaren Befunden zum *Survival Processing* Effekt entspricht (Cho, Kazanas, & Altarriba, 2018; Kroneisen & Bell, 2018). Wie schon für den *Survival Processing* Effekt in der Studie von Kroneisen et al. (2013), zeigte sich auch ein kleinerer Animacy Effekt, wenn das Generieren bildhafter Interaktionen mit den kritischen Items instruiert wurde (Bonin, Gelin, Laroche, Meot, & Bugajska, 2015). Ebenso wie Kroneisen et al. (2014) benutzten auch Bonin et al. (2015) ein *Dual-Task* Para-

digma, um zu untersuchen, ob der Animacy Effekt von Aufmerksamkeitsprozessen abhängig ist. Dazu kategorisierten Probanden den Belebtheitsstatus präsentierter Wörter, während sie zusätzlich Sequenzen aus Buchstaben und Zahlen im Arbeitsgedächtnis behalten sollten. Unabhängig von der Stärke der zusätzlichen Arbeitsgedächtnisbelastung erinnerten die Probanden in einem unangekündigten Gedächtnistest mehr belebte als unbelebte Wörter, was eher darauf hinweist, dass der Animacy Effekt nicht mit Ressourcen beanspruchenden elaborativen Prozessen im Zusammenhang steht. In Experiment 2 aus der Arbeit von Bonin et al. (2015) wurde die Leistung in der Zweitaufgabe jedoch schlechter, wenn die Zielwörter belebte Objekte repräsentierten, was wiederum dafür spricht, dass Belebtheit Aufmerksamkeit von der Zweitaufgabe abgezogen hat. Ein ähnlicher Effekt wurde auch im *Stroop*-Paradigma gefunden (Bugajska et al., 2018). Die Probanden dieser Studie brauchten signifikant länger zur Kategorisierung der Farbe von Wörtern, wenn diese belebte Objekte repräsentierten, was ebenfalls darauf hinweist, dass Belebtheit in besonderem Maße Aufmerksamkeit auf sich zieht. Schließlich zeigte sich auch bei älteren Probanden ein verminderter Animacy Effekt, was auf altersbedingte Unterschiede in exekutiven Funktionen zurückgeführt wurde und somit im Einklang mit dem *Richness of Encoding* Ansatz zu verstehen ist (Bugajska, Meot, & Bonin, 2016).

Insgesamt betrachtet zeigt sich damit bislang eine inkonsistente Befundlage zum *Richness of Encoding* Ansatz im Bezug auf den Animacy Effekt. Damit ist weitere Forschung nötig, um herauszustellen, ob *Richness of Encoding* ein möglicher proximaler Mechanismus bei der Entstehung des Animacy Effekts ist. In den Experimenten 4 und 6 der vorliegenden Arbeit wurde das Paradigma von Röer et al. (2013) adaptiert, um auch für den Animacy Effekt auf direkte Weise die Vorhersagen des *Richness of Encoding* Ansatzes zu überprüfen, den Nairne et al. (2017) im Kontext des Animacy Effekts diskutierten. Angesichts der großen Debatte um die Beständigkeit empirischer Befunde (Open Science Collaboration, 2015) sollte zunächst aber überprüft werden, ob sich der Animacy Effekt im typischen intentionalen Lernparadigma von Nairne et al. (2013) replizieren lassen würde, bevor der *Richness of Encoding* Ansatz untersucht wurde. Ziel war es also zunächst den

klassischen Animacy Effekt mit neuen Wortlisten (Experiment 3), die entlang einer Vielzahl an Worteigenschaften kontrolliert wurden, und mit dem Originalmaterial aus Nairne et al. (2013) zu replizieren (Experiment 5). In den Experimenten 4 und 6 wurde dann das jeweilige Stimulusmaterial aus den Experimenten 3 und 5 eingesetzt, um zu überprüfen, ob belebte Wörter in stärkerem Ausmaß die Generierung von Ideen anregen würden als unbelebte Wörter. Wenn dies der Fall ist, so würde dies für den *Richness of Encoding* Ansatz als potentiellen proximalen Mechanismus bei der Entstehung des Animacy Effekts sprechen.

Experiment 3

Ziel von Experiment 3 war eine Replikation des Animacy Effekts in einem intentionalen Lernparadigma (vgl. Nairne et al., 2013) unter Verwendung neuer Wortlisten. Eine erfolgreiche Replikation des Animacy Effekts wäre ein weiterer Beleg für die Robustheit des Effekts und würde anschließend in Experiment 4 die Grundlage für die Überprüfung des *Richness of Encoding* Ansatzes mit dem selben Stimulusmaterial bilden. Für die Erstellung des Stimulusmaterials für die intentionale Lernaufgabe wurden zwölf belebte und zwölf unbelebte Wörter aus der Datenbank von Schröder, Gemballa, Ruppig und Wartenburger (2012) ausgewählt, wobei sich die Liste der belebten und die der unbelebten Wörter hinsichtlich elf verschiedener Worteigenschaften nicht unterscheiden sollten. Um dies zu erreichen, wurden die Durchschnittswerte der jeweiligen Variablen auf Grundlage bestehender Normierungen, aber auch mit Hilfe zusätzlicher eigener Normierungen berechnet. Die Datenbank von Schröder et al. (2012) lieferte Werte für die Dimensionen Erwerbsalter, Vertrautheit, Worthäufigkeit, Anzahl der Buchstaben und Anzahl der Silben. Zur Gewinnung von Werten für Kategorientypizität, Konkretheit, Bildhaftigkeit und Bedeutungshaltigkeit wurde eine eigene Normierungsstudie mit $N = 20$ Probanden konzipiert. Die Instruktionen für diese Normierung wurden dem Handbuch deutschsprachiger Wortnormen (Hager, 1994) entnommen. Für die Ratings wurden jeweils siebenstufige Skalen verwendet. Auch die Anzahl der unterschiedlichen Kategorien wurde zwischen der Liste mit belebten und der mit unbelebten Wörtern kontrolliert. Um dafür zusätzlich die mittleren Kategoriengrößen

Tabelle 2: Mittelwerte der Variablen, die zwischen der belebten und unbelebten Wortliste In Experiment 3 und 4 kontrolliert wurden.

Variable	Belebt	Unbelebt	Vergleich
Erwerbsalter	3.08 (0.95)	2.97 (0.90)	$t(22) = 0.29, p = .78$
Vertrautheit	3.24 (0.38)	3.33 (0.74)	$t(22) = 0.40, p = .69$
Wordhäufigkeit	4.95 (3.34)	6.17 (5.30)	$t(22) = 0.67, p = .51$
Anzahl der Silben	1.92 (0.79)	2.08 (0.51)	$t(22) = 0.61, p = .55$
Anzahl der Buchstaben	6.33 (0.98)	6.17 (1.47)	$t(22) = 0.33, p = .75$
Konkretheit	5.03 (0.67)	4.86 (0.71)	$t(22) = 0.59, p = .56$
Bedeutungshaltigkeit	3.59 (0.52)	3.46 (0.61)	$t(22) = 0.58, p = .57$
Bildhaftigkeit	5.26 (1.19)	5.08 (1.33)	$t(22) = 0.36, p = .72$
Kategoerientypizität	4.69 (0.79)	4.38 (1.39)	$t(17.44) = 0.67, p = .51$
Kategoriengröße	53.60 (12.20)	44.00 (5.79)	$t(8) = 1.59, p = .15$
Anzahl orthographischer Nachbarn	27.58 (15.78)	30.75 (23.22)	$t(22) = 0.39, p = .70$

Anmerkung: Die Werte in Klammern repräsentieren die Standardabweichungen. Die belebte und die unbelebte Wortliste unterscheiden sich auf keiner Variable signifikant.

zu bestimmen, wurden die Normdaten von Mannheim (1983) verwendet. Schließlich lieferte das Online Portal der Leipziger Corpora Collection (2011) (<http://wortschatz.uni-leipzig.de>) die Werte für die signifikanten orthographischen Nachbarn der Wörter. Auf diese Weise konnte gewährleistet werden, dass sich die zwölf belebten Wörter entlang dieser elf Worteigenschaften nicht von den zwölf unbelebten Wörtern unterscheiden (s. Tabelle 2 für eine Übersicht der Variablen und ihrer jeweiligen Werte). Für das eigentliche Experiment wurden alle 24 Wörter zu einer gemischten Liste zusammengefügt. An der Studie nahmen insgesamt 68 Probanden (darunter 50 Frauen) teil. Diesen Probanden wurden in Einzeltestungen alle 24 Wörter in randomisierter Reihenfolge nacheinander auf einem Computermonitor präsentiert, wobei jedes Wort für fünf Sekunden mit einem Inter-Stimulus-Intervall von zwei Sekunden dargeboten wurde. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, sich diese Wörter für einen späteren Gedächtnistest so gut wie möglich einzuprägen. Nach der Präsentationsphase folgte die gleiche kurze Distraktoraufgabe, die schon in den Experimenten 1 und 2 der vorliegenden Arbeit Anwendung fand. Im Anschluss wurden die Probanden gebeten, alle Wörter, an die sie sich aus der Präsentationsphase erinnern konnten, in beliebiger Reihenfolge

auf einem leeren Blatt Papier aufzuschreiben. Dafür standen ihnen fünf Minuten zur Verfügung. Insgesamt dauerte das Experiment weniger als 15 Minuten.

Die Ergebnisse von Experiment 3 sind auf der linken Seite von Abbildung 3 dargestellt. Sie zeigen einen klaren Gedächtnisvorteil für diejenigen Wörter auf, die belebte Objekte repräsentieren, womit sich der Animacy Effekt und damit auch der Befund von Nairne et al. (2013) replizieren ließ [$t(67) = 4.51, p < .001, d_z = 0.57$]. Damit konnte der Animacy Effekt in Experiment 3 auch mit dem neuen Stimulusmaterial in einer intentionalen Lernaufgabe aufgezeigt werden.

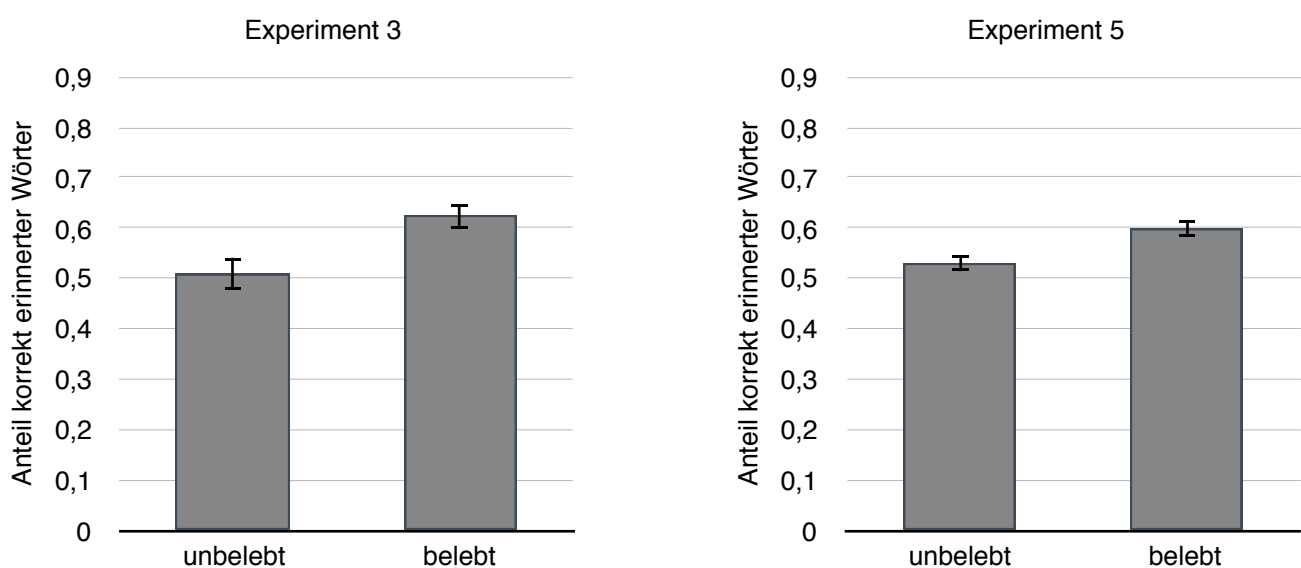


Abbildung 3: Die Balkendiagramme veranschaulichen den Anteil korrekt erinnerter Wörter in Experiment 3 (links) und Experiment 5 (rechts). Die Fehlerbalken repräsentieren den Standardfehler der Mittelwerte.

Experiment 4

Basierend auf der erfolgreichen Replikation des Animacy Effekts mit dem neuen Wortmaterial in Experiment 3 sollte nun in Experiment 4 *Richness of Encoding* als möglicher proximaler Mechanismus des Animacy Effekt untersucht werden. Mit Hilfe des Paradigmas, das bei Röer et al. (2013) Anwendung fand, sollte überprüft werden, ob Probanden für belebte Wörter spontan mehr Ideen generieren würden als für unbelebte Wörter. Abhängig vom Ausgang dieser Untersuchung würden die Ergebnisse den *Richness of Encoding* Ansatz stützen oder widerlegen. Dazu wurden im Vorfeld des Experiments spezielle Testbögen vorbereitet. Die erste Seite ent-

hielt die Instruktionen. Die folgenden 24 Seiten waren leer und hatten lediglich eines der Zielwörter oben aufgedruckt. Es wurden die gleichen 24 Wörter (zwölf belebte und zwölf unbelebte) wie in Experiment 3 verwendet. Von diesen Testbögen wurden insgesamt zehn verschiedene Versionen erstellt, jede mit einer anderen zufälligen Reihenfolge der Zielwörter. Die letzte Seite enthielt eine schriftliche Form der Distraktoraufgabe aus den zuvor in dieser Arbeit ausgeführten Experimenten, wobei hier 32 einfache mathematische Gleichungen auf ihre Korrektheit überprüft werden sollten. Es nahmen 86 Probanden (darunter 55 Frauen) an der Studie teil. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, die Testbögen von vorne nach hinten durchzuarbeiten und dabei für jedes Wort alles aufzuschreiben, was ihnen dazu einfiel. Es wurden keine Beispiele präsentiert und auch kein Zeitlimit gesetzt. Wenn keine weiteren Ideen mehr in den Sinn kamen, sollte auf der nächsten Seite mit dem nächsten Wort fortgefahren werden. Die Probanden wurden nicht darüber informiert, dass ein Gedächtnistest für diese Wörter folgen würde. Nachdem die Probanden für alle Wörter Ideen generiert und aufgeschrieben hatten, folgte die kurze Distraktoraufgabe. Im Anschluss erhielten die Probanden ein leeres Blatt Papier und wurden gebeten, in beliebiger Reihenfolge alle Wörter aufzuschreiben, an die sie sich noch erinnern konnten. Dazu standen ihnen fünf Minuten zur Verfügung. Abhängig davon, wie viele Ideen die Probanden zu den Wörtern generierten und aufschrieben, dauerte das Experiment bis zu einer Stunde.

Zwei unabhängige und für den Zweck der Untersuchung blinde Rater zählten die Anzahl der Ideen, die von den Probanden zu den einzelnen Wörtern generiert wurden. Die Inter-Rater Korrelation war mit .99 sehr hoch. Aus den Auszählungen der beiden Rater wurde schließlich ein Mittelwert gebildet, der dann in die weitere Analyse einfluss. Die Ergebnisse (s. linke Seite von Abbildung 4) zeigen, dass für belebte Objekte mehr Ideen generiert wurden als für unbelebte Objekte, was im Einklang mit dem *Richness of Encoding* Ansatz steht [$t(85) = 6.14, p < .001, d_z = 0.66$]. Eine Analyse des Anteils der korrekt erinnerten Wörter zeigte außerdem auch den typischen Animacy Effekt auf. Im unangekündigten Gedächtnistest wurden mehr belebte als unbelebte Objekte erinnert [$t(85) = 6.32, p < .001, d_z = 0.69$]. Eine

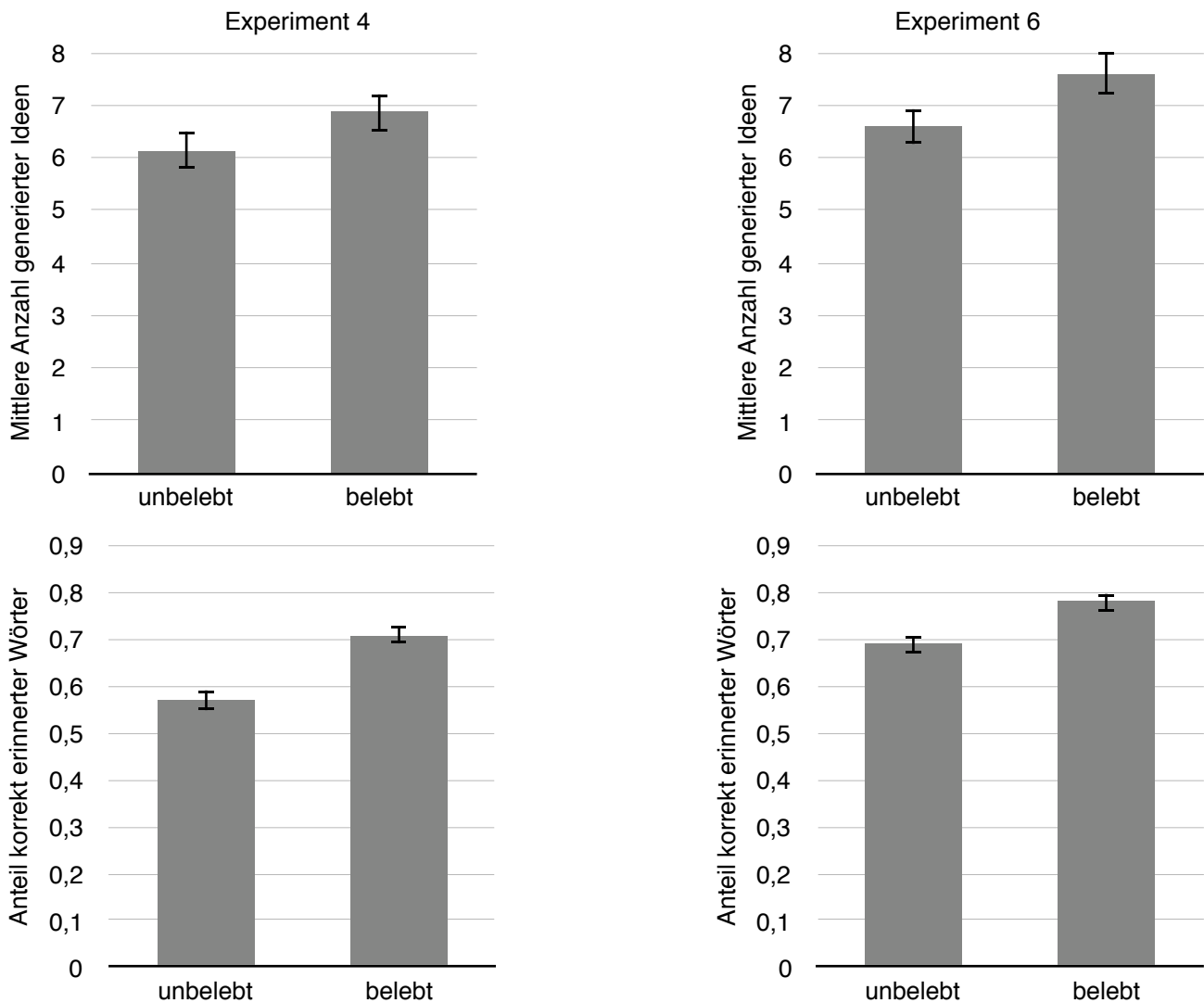


Abbildung 4: Die Balkendiagramme veranschaulichen die Ergebnisse von Experiment 4 (links) und Experiment 6 (rechts). Die oberen Balkendiagramme stellen die mittlere Anzahl der Ideen dar, die zu den belebten und unbelebten Wörtern generiert wurden. Die unteren Balkendiagramme zeigen den Anteil korrekt erinnelter belebter und unbelebter Wörter. Die Fehlerbalken repräsentieren den Standardfehler des Mittelwerts.

korrelative Analyse zeigte außerdem auf, dass Probanden, die mehr Ideen aufgeschrieben hatten, auch signifikant mehr Wörter erinnerten [$r = .28$, $n = 86$, $p < .01$]. Ein entsprechender Zusammenhang zeigte sich auch bei einer itembasierten Analyse. Je mehr Ideen zu einem Wort generiert wurden, desto höher war auch die Wahrscheinlichkeit einer korrekten Reproduktion dieses Wortes [$r = .48$, $n = 24$, $p < .01$].

Die Ergebnisse von Experiment 4 liefern damit nicht nur einen weiteren Beleg für die Robustheit des Animacy Effekts, sondern auch Evidenz für den *Richness of Encoding* Ansatz als möglichen proximalen Mechanismus bei der Entstehung des Ani-

macy Effekts, wonach belebte Objekte mehr Möglichkeit zu reichhaltigerer Enkodierung bieten als unbelebte Objekte. Dementsprechend wurden in der Enkodierphase mehr Ideen zu den belebten Wörtern generiert als zu den unbelebten Wörtern. Nach Moscovitch und Craik (1976) kann eine größere Anzahl itembezogener Assoziationen beim Gedächtnisabruf wertvolle Hinweisreize bieten, die die allgemeine Gedächtnisleistung verbessern können. Dies spiegelt sich auch in den hier gefundenen positiven Korrelationen zwischen erfolgreichem Gedächtnisabruf und der Anzahl während der Enkodierphase generierter Ideen wider. Damit unterstützen die hier gefundenen Ergebnisse den *Richness of Encoding* Ansatz für den Animacy Effekt.

Experiment 5

Bevor aber konkrete Schlussfolgerungen über den Zusammenhang zwischen dem Animacy Effekt und *Richness of Encoding* getroffen werden, sollten die Ergebnisse aus Experiment 4 mit einem anderen Wortmaterial repliziert werden. Dazu wurde hier das Wortmaterial aus der Studie von Nairne et al. (2013) in einer deutschen Übersetzung eingesetzt. In Experiment 5 sollte, wie schon im Vorfeld zu Experiment 4, zunächst überprüft werden, ob sich der Animacy Effekt per se in einer intentionalen Lernaufgabe mit diesem Stimulusmaterial replizieren lässt. Davon ausgehend würde im Anschluss die Vorhersage des *Richness of Encoding* Ansatzes untersucht werden, dass Probanden mehr Ideen zu belebten als zu unbelebten Wörtern generieren (Experiment 6). Damit war der Ablauf von Experiment 5 exakt gleich dem aus Experiment 3, nur dass hier die Wörter aus Nairne et al. (2013) als zu erinnerndes Stimulusmaterial präsentiert wurden. Diese Wörter wurden ins Deutsche übersetzt. Aufgrund von Mehrdeutigkeiten in der Übersetzung wurden die Wörter *minister*, *wolf*, *journal* und *kite* jedoch nicht in die finale Wortliste mit aufgenommen, sodass eine gemischte Wortliste von 20 Wörtern mit zehn belebten und zehn unbelebten Wörtern vorlag. An Experiment 5 nahmen insgesamt 203 Probanden (davon 126 Frauen) teil. Den Probanden wurden die Zielwörter in randomisierter Reihenfolge präsentiert und sie sollten sich diese so gut wie möglich einprägen. Nach der Präsentation folgte die kurze Distraktoraufgabe und schließlich die

Abrufphase, in der die Probanden alle Items aufschreiben sollten, an die sie sich noch erinnern konnten (für eine detailliertere Ausführung des Ablaufs s. Experiment 3).

Auch in diesem Experiment konnte der Animacy Effekt mit dem neuen Stimulusmaterial und damit auch die Studie von Nairne et al. (2013) repliziert werden. Die Probanden erinnerten durchschnittlich mehr Wörter, die belebte Objekte repräsentieren, als solche, die unbelebte Objekte repräsentieren [$t(202) = 5.70, p < .001, d_z = 0.36$]. Die Ergebnisse sind auf der rechten Seite von Abbildung 3 dargestellt.

Experiment 6

Nachdem sich in Experiment 5 der Animacy Effekt auch mit dem ins Deutsche übersetzten Wortmaterial aus der Studie von Nairne et al. (2013) im klassischen intentionalen Lernparadigma replizieren ließ, sollte in Experiment 6 nun mit ebendiesem Stimulusmaterial zu einer weiteren Überprüfung des *Richness of Encoding* Ansatzes übergegangen werden. Dazu wurde wie zuvor in Experiment 4 nach dem gleichen, aus Röer et al. (2013) adaptierten, Verfahren überprüft, ob belebte Wörter zur Generierung von mehr Ideen führen würden als unbelebte Wörter. Nach dem gleichen Prinzip wie in Experiment 4 wurden zehn verschiedene Versionen der Testbögen erstellt, die den Probanden während des Experiments zur Bearbeitung vorgelegt wurden. Auch der Ablauf des Experiments war identisch mit dem von Experiment 4. Wieder bestand die Aufgabe der Probanden darin, zu jedem Wort alle Ideen aufzuschreiben, die ihnen diesbezüglich in den Sinn kamen, und nach einer kurzen Distraktoraufgabe in einem überraschenden Gedächtnistest alle Wörter in beliebiger Reihenfolge aufzuschreiben, an die sie sich noch erinnern konnten (für eine detailliertere Ausführung des Ablaufs s. Experiment 4). An Experiment 6 nahmen insgesamt 85 Probanden (darunter 53 Frauen) teil.

Auch in diesem Experiment wurden die von den Probanden zu jedem Item generierten Ideen von zwei unabhängigen und für den Zweck des Experiments blinden Ratern ausgezählt. Die Inter-Rater Korrelation war mit $> .99$ erneut als sehr hoch einzustufen. Die Auszählungen der beiden Rater wurden für jeden Probanden

gemittelt. Wie schon die Ergebnisse von Experiment 4 liefern auch die Ergebnisse von Experiment 6 weitere Evidenz für den *Richness of Encoding* Ansatz als möglichen proximalen Mechanismus des Animacy Effekts (s. rechte Seite von Abbildung 4). Auch hier generierten die Probanden zu den belebten Wörtern mehr Ideen als zu den unbelebten Wörtern [$t(84) = 7.48, p < .001, d_z = 0.78$]. Hinsichtlich des Anteils der korrekt erinnerten Wörter im überraschenden Gedächtnistest lässt sich zudem auch hier wieder ein Animacy Effekt feststellen, da abermals mehr belebte als unbelebte Wörter erinnert wurden [$t(84) = 4.46, p < .001, d_z = 0.48$]. Eine Analyse der Korrelation zwischen der durchschnittlichen Anzahl der Ideen, die ein Proband generierte, und seiner allgemeinen Erinnerungsleistung zeigte einen positiven Zusammenhang auf [$r = .26, n = 85, p < .01$]. Eine entsprechende itembasierte Analyse zeigte ebenfalls eine positive Korrelation zwischen der durchschnittlichen Anzahl der Ideen, die zu einem Item generiert wurden, und seiner Abrufwahrscheinlichkeit auf, wenn auch diese Korrelation knapp das konventionelle Signifikanzniveau verpasste [$r = .36, n = 20, p = .06$].

Damit konnte der Animacy Effekt auch in Experiment 6 in einem unangekündigten Gedächtnistest repliziert werden. Darüber hinaus generierten die Probanden wie schon in Experiment 4 mehr Ideen für belebte als für unbelebte Objekte, was einen weiteren Beleg für den *Richness of Encoding* Ansatz darstellt und zeigt, dass dieser Effekt nicht nur mit dem in den Experimenten 3 und 4 verwendeten Stimulusmaterial gefunden werden kann. Damit liegt hier weitere Evidenz für die Annahme vor, dass belebte Objekte mit einer reichhaltigeren Enkodierung einhergehen als unbelebte Objekte. Entsprechend Moscovitch und Craik (1976) waren mehr Ideen auch mit einer besseren Erinnerbarkeit bzw. Gedächtnisleistung assoziiert, auch wenn dieser Zusammenhang in der itembasierten Analyse knapp das konventionelle Signifikanzniveau verpasste.

Diskussion der Experimente 3 bis 6

In den Experimenten 3 bis 6 der vorliegenden Arbeit konnte der Animacy Effekt sowohl mit dem Wortmaterial aus der Studie von Nairne et al. (2013) (Experimente

5 und 6) als auch mit neuen Listen von belebten und unbelebten Wörtern, die sorgfältig entlang einer Vielzahl an Wortheigenschaften kontrolliert wurden, repliziert werden (Experimente 3 und 4). Dabei zeigte sich der Animacy Effekt sowohl im klassischen intentionalen Lernparadigma (Experimente 3 und 5) als auch in einem inzidentellen Lernparadigma mit einem unangekündigten Gedächtnistest (Experimente 4 und 6). Der Hauptzweck dieser Experimente war eine empirische Überprüfung, ob *Richness of Encoding* bei der Erklärung des Animacy Effekts als möglicher proximaler Mechanismus eine Rolle spielt. Eine Vorhersage des *Richness of Encoding* Ansatzes wurde in den Experimenten 4 und 6 überprüft, indem die Probanden gebeten wurden, zu den präsentierten belebten und unbelebten Wörtern alle Ideen aufzuschreiben, die ihnen dazu jeweils in den Sinn kamen. Wie zuvor bei Röer et al. (2013) wurde auch hier die durchschnittliche Anzahl distinkter Ideen, die ein Item hervorrief, als Maß für die Menge an Assoziationen mit anderen Items ausgewertet, um auf diese Weise die Reichhaltigkeit der Enkodierung zu bestimmen. Beim *Richness of Encoding* Ansatz wird dabei der Zusammenhang zwischen einer reichhaltigen Enkodierung eines Items, beispielsweise durch eine Vielzahl assoziierter Ideen, und seiner Erinnerungswahrscheinlichkeit aufgestellt. Nach Moscovitch und Craik (1983) bieten derartige assoziierte Ideen während des Abrufs wertvolle Abrufhinweise, die eine Erinnerung an das Item erleichtern können. Die in den Experimenten 4 und 6 dargestellten Ergebnisse liefern empirische Evidenz für den *Richness of Encoding* Ansatz im Kontext des Animacy Effekts. Zum einen generierten die Probanden zu den belebten Wörtern signifikant mehr Ideen als zu den unbelebten Wörtern, zum anderen spiegeln auch die positiven Korrelationen zwischen der Anzahl generierter Ideen und der Erinnerungswahrscheinlichkeit den von Moscovitch und Craik (1983) postulierten Zusammenhang wider. Insgesamt lässt sich aus diesen Ergebnissen schlussfolgern, dass sich belebte und unbelebte Objekte in der Reichhaltigkeit ihrer Enkodierung unterscheiden, was somit ein Grund sein könnte, warum belebte Objekte besser erinnert werden als unbelebte Objekte.

Damit sind die vorliegenden Ergebnisse auch konsistent mit bisherigen Befunden in der *Survival Processing* Literatur (Röer et al., 2013). Den hier dargestellten Ergebnissen entsprechend generierten die Probanden in der Studie von Röer et al. (2013)

mehr Ideen zu Wörtern, die in einem überlebensrelevanten Kontext enkodiert wurden, als zu Wörtern, die in einem überlebensirrelevanten Kontrollscenario enkodiert wurden. Auch dort fand sich ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der mit einem Item assoziierten Ideen und der Wahrscheinlichkeit eines korrekten Abrufs des Items. Damit verdeutlichen diese Befunde gemeinsam die allgemeine Rolle von *Richness of Encoding* als wichtigen potentiellen proximalen Mechanismus für die prioritäre Verarbeitung bei adaptiven Gedächtnisprozessen. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass die Probanden in der Studie von Röer et al. (2013) gezielt dazu instruiert wurden, während der Enkodierung von unzusammenhängenden Wörtern eine evolutionär-funktionale Perspektive einzunehmen (Enkodierkontext), während es hier um die Enkodierung von belebten versus unbelebten Wörtern ging, ohne dass ein spezifischer Enkodierkontext geschaffen wurde. Dies deutet darauf hin, dass die Reichhaltigkeit der Enkodierung sowohl vom Stimulusmaterial selbst, als auch vom Enkodierkontext abhängen kann, indem fitnessrelevante Stimuli und Enkodierkontexte zu einer reichhaltigeren Enkodierung führen können. Dies kann zumindest zum Teil für die Gedächtnisvorteile dieser Bedingungen verantwortlich sein.

Allgemeine Diskussion

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit möglichen proximalen Mechanismen des Animacy Effekts, d.h. den kognitiven oder perzeptuellen Prozessen, die für die bessere Erinnerbarkeit belebter Objekte gegenüber unbelebten Objekten verantwortlich sein könnten (Nairne et al., 2013). In den Experimenten 1 und 2 wurde untersucht, ob emotionales Arousal das Zustandekommen des Animacy Effekts erklären kann, da erregende Stimuli bekanntermaßen besser erinnert werden als beispielsweise neutrale Stimuli. Zwar konnte in Experiment 1 gezeigt werden, dass sich die belebten und unbelebten Wortlisten aus der Pionierstudie von Nairne et al. (2013) hinsichtlich des emotionalen Arousal tatsächlich unterscheiden (höhere Arousalwerte für belebte Objekte), jedoch zeigte sich in Experiment 2 auch dann ein Animacy Effekt, wenn die durchschnittlichen Arousalwerte zwischen den

belebten und unbelebten Wörtern sorgfältig kontrolliert wurden. Wäre emotionales Arousal für den Animacy Effekt verantwortlich, so hätte man unter diesen Umständen erwartet, dass sich der Effekt nicht mehr zeigt. Diese Befunde sprechen also dagegen, dass emotionales Arousal allein bei der Entstehung des Animacy Effekts ursächlich ist und weisen darauf hin, dass andere Mechanismen eine Rolle spielen müssen. In den Studien 3 bis 6 wurde ein weiterer potentieller proximaler Mechanismus für die Entstehung des Animacy Effekts untersucht, nämlich der Einfluss von *Richness of Encoding*. Basierend auf der Grundannahme, dass eine reichhaltigere Enkodierung zu einer besseren Erinnerbarkeit führt, sollte überprüft werden, ob belebte Items die Generierung von mehr Ideen stimulieren würden als unbelebte Items. Dies wäre ein Hinweis darauf, dass bei der Enkodierung von belebten Objekten mehr Assoziationen entstehen, die dann beim Abruf wertvolle Abrufhinweise liefern und so die allgemeine Gedächtnisleistung verbessern können (Moscovitch & Craik, 1983). Im Einklang mit diesem Ansatz zeigten die Ergebnisse der Experimente 4 und 6, dass die Probanden tatsächlich mehr Ideen zu Wörtern generierten, die belebte Objekte repräsentieren, was für eine reichhaltigere Enkodierung und damit für den *Richness of Encoding* Ansatz spricht. Damit identifizierten die hier vorliegenden Daten *Richness of Encoding* als einen potentiellen Einflussfaktor bei der Entstehung des Animacy Effekts.

Aus einer evolutionären Perspektive könnte argumentiert werden, dass Menschen darauf spezialisiert sind, belebte Objekte reichhaltiger zu verarbeiten, weil sie im Schnitt eine höhere Fitnessrelevanz besitzen als unbelebte Objekte (Nairne et al., 2013). Da sich belebte Objekte aber in einer Vielzahl von Merkmalen von unbelebten Objekten unterscheiden (wie etwa in der Fähigkeit zu selbstinitiiertem Bewegung, der Fähigkeit zu denken, zu fühlen und zu lernen sowie auch in der Motivation zu überleben und sich fortzupflanzen, Gelman und Spelke, 1981), könnte es aber auch sein, dass eher einige dieser Merkmale für die reichhaltigere Enkodierung von belebten Objekten verantwortlich sind als die Belebtheit an sich. Die menschlichen Verarbeitungsprozesse könnten eher darauf abgestimmt sein, auf bestimmte Qualitäten, die mit belebten Objekten assoziiert sind, in besonderer Weise zu reagieren (z.B. selbstausgelöste oder zielgerichtete Bewegungen) oder

solchen Stimuli eine Verarbeitungspriorität zu gewähren, die ebensolche Eigenschaften mit dem Menschen gemeinsam haben, als dass der Mensch von Natur aus mit einem intrinsischen Konzept der Belebtheitsvariable ausgestattet ist. Vielmehr bildet sich das Verständnis von Belebtheit wahrscheinlich durch Erfahrung, indem bestimmte Stimuli mit belebten Eigenschaften assoziiert werden. Popp und Serra (2016) diskutierten, dass der Animacy Effekt möglicherweise das Produkt einer Vielzahl an kognitiven und perzeptuellen Moderatorvariablen sein könnte, die gemeinsam dazu führen, dass belebte Objekte besser erinnerbar sind. Während also die vorliegenden Ergebnisse aufzeigen, dass *Richness of Encoding* einer dieser proximalen Mechanismen bei der Entstehung des Effekts sein könnte, muss es nicht zwangsläufig der einzige Mechanismus sein. Vielversprechende Ergebnisse finden sich in Studien, die die Rolle von Aufmerksamkeitsprozessen beim Animacy Effekt untersuchten. Diese konnten häufig aufzeigen, dass belebte Objekte in stärkerem Maße Aufmerksamkeit auf sich ziehen als unbelebte Objekte (Bugaiska et al., 2018; Calvillo & Hawkins, 2016; New, Cosmides, & Tooby, 2007; Popp & Serra, 2016). Wenn belebte Objekte in besonderer Weise Aufmerksamkeit auf sich ziehen, könnte dies auch zu einer reichhaltigeren Form von Enkodierung solcher Objekte führen, was letztlich zu komplexeren mentalen Repräsentationen dieser Objekte führen könnte. Demzufolge könnte es eine mediierende Verbindung zwischen Aufmerksamkeitsprozessen und *Richness of Encoding* geben, indem Objekte, die viel Aufmerksamkeit auf sich ziehen, auch reichhaltiger verarbeitet werden. Dies könnte beim Abruf schließlich zu einer besseren Erinnerbarkeit führen.

Es bleibt die Frage offen, ob die reichhaltigere Enkodierung von belebten Stimuli einen automatischen Prozess darstellt oder von kognitiven Ressourcen abhängig ist. Die bisherige Befundlage zu dieser Frage ist bisweilen sehr inkonsistent. Eine Studie von Bonin et al. (2015) zeigte, dass eine zusätzliche Belastung des Arbeitsgedächtnisses während der Enkodierung von belebten und unbelebten Wörtern den Animacy Effekt nicht beeinflusste. Andere Befunde zeigten diesbezüglich auf, dass belebte Objekte die Aufmerksamkeit von einer zweiten Aufgabe abziehen können, was wiederum darauf hinweist, dass Aufmerksamkeitsprozesse beim Ani-

macy Effekt beteiligt sein könnten (Bugaiska et al., 2018). Darüber hinaus wurde eine Verminderung des Animacy Effekts bei älteren Probanden gefunden (Bugaiska et al., 2016), was mit einer altersbedingten Abnahme von aufmerksamkeitsbezogenen Kontrollprozessen im Zusammenhang stehen könnte. Dies könnte wiederum dazu führen, dass die Ausbildung elaborativer Enkodierstrategien eingeschränkt wird. Diese Interpretation wird allerdings von einer anderen Studie in Frage gestellt, die zeigte, dass sich der Animacy Effekt zwischen Kindern und Erwachsenen nicht unterscheidet (Aslan & John, 2016). Dabei wird häufig postuliert, dass Kinder über ein weniger ausgereiftes Aufmerksamkeitskontrollsystem verfügen und zum Einsatz elaborativer Enkodierstrategien weniger fähig sind. Aufgrund dieser inkonsistenten Befundlage ist weitere Forschung nötig, bevor solide Schlussfolgerungen über die Rolle von Aufmerksamkeitsprozessen beim Animacy Effekt getroffen werden können.

Zusammenfassend konnten die hier dargestellten Ergebnisse bestätigen, dass die Belebtheitsvariable eine wichtige Rolle bei menschlichen Gedächtnisprozessen spielt. Dadurch kann die Erforschung der dabei zugrundeliegenden Mechanismen das Verständnis der Funktionsweise des menschlichen Gedächtnisses erweitern. Insbesondere liefern die vorliegenden Ergebnisse Evidenz für den *Richness of Encoding* Ansatz, der den Animacy Effekt mit einer besonders reichhaltigen Enkodierung von belebten Objekten in Zusammenhang stellt (vgl. Nairne et al., 2017). Damit konnte *Richness of Encoding* als ein potentieller proximaler Mechanismus bei der Entstehung des Animacy Effekts herausgestellt werden.

Literatur

- Aslan, A., & John, T. (2016). The development of adaptive memory: Young children show enhanced retention of animacy-related information. *Journal of Experimental Child Psychology*, 152, 343-350.
- Bell, R., Röer, J. P., & Buchner, A. (2015). Adaptive memory: Thinking about function. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41, 1038-1048.
- Bonin, P., Gelin, M., & Bugaiska, A. (2014). Animates are better remembered than inanimates: further evidence from word and picture stimuli. *Memory & Cognition*, 42, 370-382.
- Bonin, P., Gelin, M., Laroche, B., Meot, A., & Bugaiska, A. (2015). The "how" of animacy effects in episodic memory. *Experimental Psychology*, 62, 371-384.
- Bradley, M. M., Greenwald, M. K., Petry, M. C., & Lang, P. J. (1992). Remembering pictures: Pleasure and arousal in memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 379-390.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The Self-Assessment Manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25, 49-59.
- Buchanan, T. W., & Adolphs, R. (2002). The role of the human amygdala in emotional modulation of long-term declarative memory. In *Emotional cognition: From brain to behaviour* (pp. 9-34). Amsterdam, Netherlands: John Benjamins Publishing Company; Netherlands.
- Bugaiska, A., Gregoire, L., Camblats, A. M., Gelin, M., Meot, A., & Bonin, P. (2018). Animacy and attentional processes: Evidence from the Stroop task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1747021818771514.

Bugaiska, A., Meot, A., & Bonin, P. (2016). Do healthy elders, like young adults, remember animates better than inanimates? An adaptive view. *Experimental Aging Research*, 42, 447-459.

Cahill, L., & McGaugh, J. L. (1995). A novel demonstration of enhanced memory associated with emotional arousal. *Consciousness and Cognition: An International Journal*, 4, 410-421.

Calvillo, D. P., & Hawkins, W. C. (2016). Animate objects are detected more frequently than inanimate objects in inattention blindness tasks independently of threat. *Journal of General Psychology*, 143, 101-115.

Cho, K. W., Kazanas, S. A., & Altarriba, J. (2018). Survival processing in recognition memory: Separating recollection from familiarity. *American Journal of Psychology*, 131, 19-32.

Erdfelder, E., & Kroneisen, M. (2014). Proximate cognitive mechanisms underlying the survival processing effect. In B. L. Schwartz, M. L. Howe, M. P. Toglia, & H. Otgaar (Eds.), *What is adaptive about adaptive memory?* (pp. 172-198). Oxford: Oxford University Press.

Gelin, M., Bonin, P., Meot, A., & Bugaiska, A. (2018). Do animacy effects persist in memory for context? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71, 965-974.

Gelin, M., Bugaiska, A., Meot, A., & Bonin, P. (2015). Are animacy effects in episodic memory independent of encoding instructions? *Memory*, 25, 2-18.

Gelin, M., Bugaiska, A., Meot, A., Vinter, A., & Bonin, P. (2018). Animacy effects in episodic memory: Do imagery processes really play a role? *Memory*.

Gelman, R., & Spelke, E. (1981). The development of thoughts about animate and inanimate objects: Implications for research on social cognition. In J. H. Flavell, & L. Ross (Eds.), *Social Cognitive Development: Frontiers and Possible Futures* (pp. 43-66). Cambridge: Cambridge University Press.

Hadley, C. B., & MacKay, D. G. (2006). Does emotion help or hinder immediate memory? Arousal versus priority-binding mechanisms. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 79-88.

Hager, W. (1994). Handbuch deutschsprachiger Wortnormen. Verlag für Psychologie, Hogrefe.

Kanske, P., & Kotz, S. A. (2010). Leipzig Affective Norms for German: A reliability study. *Behavior Research Methods*, 42, 987-991.

Kensinger, E. A. (2007). Negative emotion enhances memory accuracy: Behavioral and neuroimaging evidence. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 213-218.

Kensinger, E. A., & Corkin, S. (2003). Memory enhancement for emotional words: Are emotional words more vividly remembered than neutral words? *Memory & Cognition*, 31, 1169-1180.

Kensinger, E. A., & Schacter, D. L. (2006). Processing emotional pictures and words: Effects of valence and arousal. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 6, 110-126.

Kroneisen, M., & Bell, R. (2018). Remembering the place with the tiger: Survival processing can enhance source memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 667-673.

Kroneisen, M., & Erdfelder, E. (2011). On the plasticity of the survival processing effect. *Journal of Experimental Psychology - Learning, Memory, and Cognition*, 37, 1553-1562.

Kroneisen, M., Erdfelder, E., & Buchner, A. (2013). The proximate memory mechanism underlying the survival-processing effect: Richness of encoding or interactive imagery? *Memory*, 21, 494-502.

Kroneisen, M., Rummel, J., & Erdfelder, E. (2014). Working memory load eliminates the survival processing effect. *Memory*, 22, 92-102.

Kroneisen, M., Rummel, J., & Erdfelder, E. (2016). What kind of processing is survival processing?: Effects of different types of dual-task load on the survival processing effect. *Memory & Cognition*, 44, 1228-1243.

LaBar, K. S., & Phelps, E. A. (1998). Arousal-mediated memory consolidation: Role of the medial temporal lobe in humans. *Psychological Science*, 9, 490-493.

Leipzig Corpora Collection. (2011). German newspaper corpus based on material crawled in 2011. Leipzig Corpora Collection. Dataset. <http://wortschatz.uni-leipzig.de>.

Mannhaupt, H. R. (1983). German category norms for verbal items in 40 categories. *Sprache & Kognition*, 2, 264-278.

Moscovitch, M., & Craik, F. I. M. (1976). Depth of processing, retrieval cues, and uniqueness of encoding as factors in recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15, 447-458.

Nairne, J. S. (2010). Adaptive memory: Evolutionary constraints on remembering. In B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp. 1-32). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.

Nairne, J. S., & Pandeirada, J. N. S. (2008). Adaptive memory - Remembering with a stone-age brain. *Current Directions in Psychological Science*, 17, 239-243.

Nairne, J. S., & Pandeirada, J. N. S. (2010). Adaptive memory: Ancestral priorities and the mnemonic value of survival processing. *Cognitive Psychology*, 61, 1-22.

Nairne, J. S., Pandeirada, J. N. S., & Thompson, S. R. (2008). Adaptive memory: The comparative value of survival processing. *Psychological Science*, 19, 176-180.

Nairne, J. S., Thompson, S. R., & Pandeirada, J. N. S. (2007). Adaptive memory: survival processing enhances retention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33, 263-273.

Nairne, J. S., VanArsdall, J. E., & Cogdill, M. (2017). Remembering the living: Episodic memory is tuned to animacy. *Current Directions in Psychological Science*, 26, 22-27.

Nairne, J. S., VanArsdall, J. E., Pandeirada, J. N. S., Cogdill, M., & LeBreton, J. M. (2013). Adaptive memory: the mnemonic value of animacy. *Psychological science*, 24, 2099-2105.

New, J., Cosmides, L., & Tooby, J. (2007). Category-specific attention for animals reflects ancestral priorities, not expertise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 16598-16603.

Open Science Collaboration. (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, 349, aac4716.

Popp, E. Y., & Serra, M. J. (2016). Adaptive memory: Animacy enhances free recall but impairs cued recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 42, 186-201.

Popp, E. Y., & Serra, M. J. (2018). The animacy advantage for free-recall performance is not attributable to greater mental arousal. *Memory*, 26, 89-95.

Röer, J. P., Bell, R., & Buchner, A. (2013). Is the survival-processing memory advantage due to richness of encoding? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39, 1294-1302.

Rubin, D. C., & Friendly, M. (1986). Predicting which words get recalled: Measures of free recall, availability, goodness, emotionality, and pronunciability for 925 nouns. *Memory & Cognition*, 14, 79-94.

Schneider, I. K., Veenstra, L., van Harreveld, F., Schwarz, N., & Koole, S. L. (2016). Let's not be indifferent about neutrality: Neutral ratings in the International Affective Picture System (IAPS) mask mixed affective responses. *Emotion*, 16, 426-430.

Schröder, A., Gemballa, T., Ruppin, S., & Wartenburger, I. (2012). German norms for semantic typicality, age of acquisition, and concept familiarity. *Behavior Research Methods*, 44, 380-394.

Talmi, D., Lohnas, L., & Daw, N. (2017). A retrieved context model of the emotional modulation of memory. *bioRxiv*, 175653.

VanArsdall, J. E., Nairne, J. S., Pandeirada, J. N. S., & Blunt, J. R. (2013). Adaptive memory: animacy processing produces mnemonic advantages. *Experimental Psychology*, 60, 172-178.

VanArsdall, J. E., Nairne, J. S., Pandeirada, J. N. S., & Cogdill, M. (2015). Adaptive memory: Animacy effects persist in paired-associate learning. *Memory*, 23, 657-663.

VanArsdall, J. E., Nairne, J. S., Pandeirada, J. N. S., & Cogdill, M. (2017). A categorical recall strategy does not explain animacy effects in episodic memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70, 761-771.

Einzelarbeiten

Experimente 1 und 2

Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., & Röer, J. P. (2018a). Adaptive memory: Is the animacy effect on memory due to emotional arousal?. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 1399-1404.

Experimente 3 bis 6

Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., & Röer, J. P. (2018b). Adaptive memory: Is the animacy effect on memory due to richness of encoding?. *Manuscript submitted for publication*.



Adaptive memory: Is the animacy effect on memory due to emotional arousal?

Martin J. Meinhardt¹ · Raoul Bell¹ · Axel Buchner¹ · Jan P. Röer²

Published online: 7 May 2018
© Psychonomic Society, Inc. 2018

Abstract

Animate entities are often better remembered than inanimate ones. The proximal mechanisms underlying this animacy effect on recall are unclear. In two experiments, we tested whether the animacy effect is due to emotional arousal. Experiment 1 revealed that translations of the animate words used in the pioneering study of Nairne et al. (*Psychological science*, 24, 2099–2105, 2013) were perceived as being more arousing than translations of the inanimate words, suggesting that animacy might have been confounded with arousal in previous studies. In Experiment 2, new word lists were created in which the animate and inanimate words were matched on arousal (amongst several other dimensions), and participants were required to reproduce the animate and inanimate words in a free recall task. There was a tendency towards better memory for arousing items, but robust animacy effects were obtained even though animate and inanimate words were matched on arousal. Thus, while arousal may contribute to the animacy effect when it is not carefully controlled for, it cannot explain the memory advantage of animate items.

Keywords Memory · Animacy effect · Emotional arousal

Nairne, VanArsdall, Pandeirada, Cogdill, and LeBreton (2013) examined the effect of the animate-inanimate distinction on memory. Using an intentional recall task, they asked participants to recall a list of words representing animate (e.g., baby, soldier, duck) and inanimate items (e.g., doll, purse, hat). Participants remembered more animate than inanimate items. This memory advantage for animate items is typically referred to as the animacy effect. Nairne et al. (2013) obtained the animacy effect after controlling for many variables such as concreteness and familiarity. The item's animacy status was a better predictor of its future recall probability than any other property. A large number of studies have thus far confirmed and extended these results. For instance, the animacy effect is

robustly found under different encoding instructions (Gelin, Bugaiska, Meot, & Bonin, 2017) and generalizes to paired-associate learning (VanArsdall, Nairne, Pandeirada, & Cogdill, 2015), to the recall of pictures (Bonin, Gelin, & Bugaiska, 2014), and to the recollection of non-words associated with animate properties (VanArsdall, Nairne, Pandeirada, & Blunt, 2013).

These results have been used to advocate a functional perspective on memory (Bonin et al., 2014; Nairne, VanArsdall, & Cogdill, 2017; Nairne et al., 2013), which is based on the rather uncontroversial assumption that memory evolved to solve fitness-relevant problems (Nairne, 2010). According to this view, better memory for animate items could be conceived of as an adaptive mechanism because animates are evolutionary relevant entities that can represent potential enemies, threats, mating partners, or prey. This is, however, an ultimate hypothesis (Nairne et al., 2013) that does not address the underlying proximate mechanisms of the animacy effect, such as which cognitive or perceptual processes are responsible for the effect. The animacy effect's underlying proximate memory mechanisms have not yet been determined. However, a number of domain-general candidate mechanisms have already been ruled out. Neither differences in sensory experiences between animate and inanimate objects (Bonin et al., 2014) nor elaboration processes (Bonin, Gelin, Laroche,

Electronic supplementary material The online version of this article (<https://doi.org/10.3758/s13423-018-1485-y>) contains supplementary material, which is available to authorized users.

✉ Martin J. Meinhardt
martin.meinhardt@hhu.de

¹ Department of Experimental Psychology, Heinrich Heine University Düsseldorf, 40225 Düsseldorf, Germany

² Department of Psychology, Witten/Herdecke University, Witten, Germany

Meot, & Bugaiska, 2015) seem to provide a satisfactory explanation of the animacy effect. As discussed by Nairne et al. (2017), it also seems unlikely that the use of categorical cues can explain the effect. VanArsdall, Nairne, Pandeirada, and Cogdill (2017) demonstrated across several experiments that the animacy effect is independent of categorical recall strategies. Likewise, Nairne et al. (2013) found no evidence for categorical clustering during item reproduction for the animate and inanimate items. Thus, it still remains unclear whether words representing animate items are better remembered because they recruit specialized processing mechanisms or whether another, well-known general mechanism is responsible for the memory advantage.

In the present study, we tested whether the animacy advantage is due to emotional arousal. It is well established that emotionally arousing stimuli are prioritized in cognitive processing (e.g., Buchanan & Adolphs, 2002; Cahill & McGaugh, 1995; Kensinger & Corkin, 2003) and better remembered than neutral stimuli (e.g., Bradley, Greenwald, Petry, & Lang, 1992; Cahill & McGaugh, 1995; Kensinger & Corkin, 2003; LaBar & Phelps, 1998). Fitness-relevant stimuli such as snakes or spiders are often believed to be particularly memorable because they elicit strong emotional responses that may have profound effects on memory via interactions between emotion-processing regions and memory regions in the human brain (Kensinger, 2007). This line of reasoning raises the possibility that the animacy effect is due to emotional arousal. Animate entities such as animals, people, or body parts may, on average, elicit stronger emotional arousal than inanimate things such as buildings, furniture, or tools. This increased arousal could be responsible for the beneficial effects of animacy on memory. Such an idea would also make sense from a functional perspective because emotional arousal may reflect evolutionary relevance more directly than animacy. Emotionally arousing inanimate entities such as weapons and valuables tend to be highly relevant for the evolutionary goals of survival and reproduction (and should, thus, deserve prioritized processing as well), while emotionally neutral animate entities such as algae or birch trees may be comparatively less relevant. However, even though the hypothesis that arousal, not animacy per se, is the mechanism behind the animacy effect seems to be a compelling idea at first glance, it should not be accepted based on evolutionary storytelling. Whether or not it is scientifically valid is ultimately an empirical question.

The animate and inanimate words used by Nairne et al. (2013) were matched along a number of different variables (e.g., age of acquisition, concreteness, and imagery), but emotional dimensions were not included in the set of variables that were equated between conditions. In a follow-up study on the animacy effect, Bonin et al. (2014) matched emotional valence (i.e., the degree to which a stimulus is perceived as positive or negative), among other dimensions, and found that

the animacy effect persisted. One potential problem with measures of valence is that there are ambivalent items that elicit mixed (both positive and negative) affective responses (Schneider, Veenstra, van Harreveld, Schwarz, & Koole, 2016). These items may appear to be emotionally neutral when negative and positive valence ratings are averaged on a single dimension, but are nevertheless experienced as emotional because they may elicit equally strong negative and positive responses. What is more, research has shown that arousal is much more important than valence in explaining the memory advantage of emotional stimuli (Bradley et al., 1992; Kensinger & Corkin, 2003; Kensinger & Schacter, 2006). It is therefore important to test whether arousal may be responsible for the animacy effect on memory.

A closer look at the words used in the original Nairne et al. (2013) study leaves open the possibility that their animate and the inanimate items may indeed have differed in arousal. The animate category included words like *soldier*, *python*, *baby*, or *spider* whereas the inanimate category listed words like *slipper*, *hat*, *rake*, or *journal*. From these examples one might infer that animate and inanimate items typically differ in the degree to which they elicit emotional arousal, and that the increased arousal in response to animate stimuli, rather than animacy per se, is responsible for their mnemonic benefit.

Here we examine the contribution of arousal to the animacy effect. In Experiment 1, we tested whether the animate and inanimate word lists used by Nairne et al. (2013) differ in arousal. In Experiment 2, we orthogonally manipulated animacy and emotional arousal to establish whether the animacy effect persists when arousal is equated between animate and inanimate word lists.

Experiment 1

Method

Participants Seventy-seven participants (58 female) with a mean age of 23 years ($SD = 5$) were recruited on campus at Heinrich Heine University Düsseldorf.

Materials The 12 animate and 12 inanimate words used by Nairne et al. (2013) were translated into German (see Supplement A).

Procedure and design Participants were tested individually in one of five separate cubicles in a quiet room. In the rating phase, all 24 words were shown in the center of the computer screen, one at a time in a random order. Participants were asked to rate the degree of arousal evoked by the words. Following the example of Kanske and Kotz (2010), we used the seven-point arousal-scale of the Self-Assessment

Mannequin (Bradley & Lang, 1994), ranging from “not arousing” to “very arousing.” After each rating, participants clicked on the “continue” button to initiate the presentation of the next word. The rating task was followed by a short filler task. Participants were asked to evaluate the veracity of 20 mathematical equations (e.g., $13 + 6 = 18$) by clicking on either a “correct” or an “incorrect” button. After the filler task, participants wrote down all of the words from the arousal-rating phase they could recall, in no particular order. The recall phase was not announced beforehand. The experiment lasted approximately 15 min.

The study had a one-factorial within-subjects design (animate, inanimate). Given $\alpha = \beta = .05$ and $N = 77$, a sensitivity analysis showed that effects of partial eta-squared (η_p^2) = .15 could be detected between the two levels of the animacy variable (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007).

Results

Figure 1 illustrates the mean arousal ratings and the proportions of correctly recalled animate and inanimate words. Animate words received higher arousal ratings than inanimate words, $t(76) = 11.90$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .65$. Replicating the original finding of Nairne et al. (2013), there was a clear recall advantage for words representing animate items in comparison to those representing inanimate items, $t(76) = 12.22$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .66$. An item-based analysis revealed a significant positive correlation between an item’s arousal and the probability of a successful recall ($r = .64$, $p = .001$).

Discussion

Nairne et al. (2013) matched animate and inanimate word lists on multiple dimensions that are known to affect memory (e.g., imagery, age of acquisition, concreteness, etc.). However, they did not consider arousal as a relevant factor. The results of Experiment 1 reveal a clear difference in the average arousal values between animate and inanimate stimuli entertaining the possibility that the animacy effect may be driven by arousal. Stimuli with high arousal are typically better remembered than stimuli with low arousal, so that arousal differences could have contributed to the emergence of the animacy effect in the original study. The difference in arousal was obtained for the German translations of the word lists used by Nairne et al. (2013), but it seems quite plausible that differences as huge as those observed here are not language-specific.

Having established that differences in arousal could have been responsible for the animacy effect observed by Nairne et al. (2013), it seemed necessary to examine whether the animacy effect prevails when arousal is equated between lists. Experiments 2 served to test this hypothesis by orthogonally manipulating animacy and arousal.

Experiment 2

For a comprehensive test of the role of arousal in the animacy effect, we manipulated animacy (animate, inanimate) and arousal (low, high) in a 2×2 design, making sure that within each level of the arousal variable the average arousal values of animate and inanimate items were matched. If the animacy effect were due to arousal, recall should be better for words with high in comparison to words with low arousal, but there should be no difference in the recall performance between lists representing animate and inanimate items because arousal was matched between these lists.

Method

Participants The sample consisted of 90 participants (69 female) with a mean age of 23 years ($SD = 4$) who were recruited on campus at Heinrich Heine University Düsseldorf.

Materials Forty words were chosen from the Leipzig Affective Norms for German (LANG) database (Kanske & Kotz, 2010) to create four word lists consisting of ten words each: One list with words representing low arousal animate items, one with words representing low arousal inanimate items, one with words representing high arousal animate items, and one with words representing high arousal inanimate items. In a separate norming study, all words from the LANG database were categorized by three raters as representing animate, inanimate, and non-categorizable items. Only words consistently categorized as animate or inanimate by all raters were incorporated into the final word lists. Animate and inanimate words of low and high arousal were selected. Care was taken to match arousal values between animate and inanimate lists to orthogonally manipulate arousal and animacy. In addition, all four word lists were matched on emotional valence, concreteness, age of acquisition, imagery, meaningfulness, word frequency, number of letters, and number of syllables (see Table 1 and Supplement B). These four word lists were combined to create a mixed list (as in Experiment 1) that was presented to each participant during the experiment.

Procedure and design Participants were instructed to memorize the words presented on screen. All 40 words were presented in a random order for 5 s each, with an inter-stimulus interval of 2 s. After the same filler task as in Experiment 1, participants were required to write down as many of the previously presented words as possible. The experiment lasted about 15 min.

The study had a two-factorial design with animacy (animate, inanimate) and arousal (high, low) as within-subject variables. Given $\alpha = \beta = .05$ and $N = 90$, a sensitivity analysis showed that effects of $\eta^2 = .13$ could be detected between the

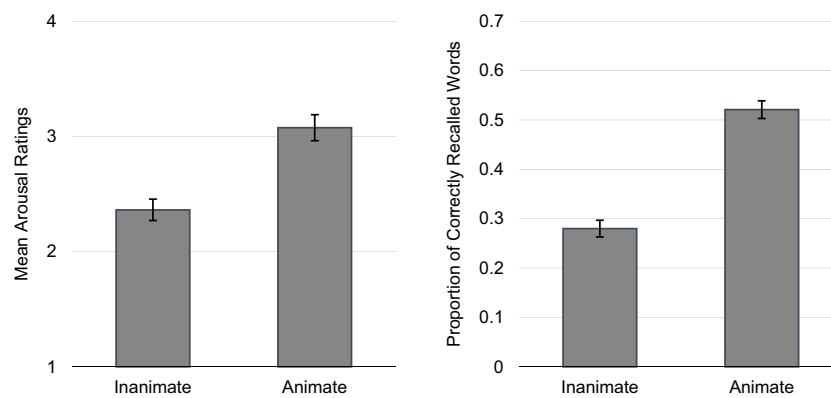


Fig. 1 The left graph illustrates the mean arousal rating for the animate and inanimate word lists in Experiment 1 (range from 1 = “not arousing” to 7 = “very arousing”). The right graph shows the mean proportion of

correctly recalled words from the animate and inanimate word list. The error bars represent the standard errors of the means

two levels of the animacy and the arousal variables (Faul et al., 2007).

Results

The results are illustrated in Fig. 2. Most importantly, there was a significant animacy effect: Words representing animate items were better remembered than words representing inanimate items, $F(1, 89) = 53.71$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .37$. The difference between high-arousal and low-arousal words failed to reach significance, $F(1, 89) = 1.76$, $p = .19$, $\eta_p^2 = .02$. The interaction was also not significant, $F(1, 89) = 3.28$, $p = .07$, $\eta_p^2 = .04$.

Discussion

While the beneficial effect of arousal on recall failed to reach significance (despite a tendency towards better recall of high-arousal words), the memory advantage for words representing

animate items was robustly obtained, even though arousal was equated between lists of words of the animate and inanimate categories. This is in line with Nairne et al.’s (2013) conclusion that the animacy effect is even stronger than the influence of other well-known determinants of memory. Apparently, the animacy effect cannot be reduced to an effect of arousal.

General discussion

In recent studies, a memory advantage for animate in comparison to inanimate stimuli was found (e.g., Nairne et al., 2013). The present results provide further evidence for this animacy effect on memory. In both experiments, animate words were better remembered than inanimate words. It remains an open empirical question *why* words representing animate items are better remembered than words representing inanimate items. Nairne et al. (2013) wrote: “At present, the proximate mechanism through which these priorities are achieved remains

Table 1 Mean values of the dimensions that were matched between the word lists for Experiment 2

Dimension (scale values)	Animate (low arousal)	Inanimate (low arousal)	Animate (high arousal)	Inanimate (high arousal)
Arousal (1–9)	2.71 (0.39)	2.71 (0.45)	5.27 (0.74)	5.24 (0.81)
Valence (1–9)	5.14 (0.24)	5.19 (0.34)	5.17 (1.29)	5.01 (1.42)
Concreteness (1–9)	3.11 (1.22)	3.1 (0.63)	3.16 (1.28)	3.07 (0.75)
Age of Acquisition (1–7)	4.08 (1.84)	4.34 (0.78)	3.58 (1.29)	4.18 (1.25)
Imagery (1–7)	5.10 (1.07)	4.29 (0.69)	5.08 (1.11)	5.01 (1.03)
Meaningfulness (1–7)	4.32 (0.78)	3.46 (0.49)	4.59 (1.15)	4.36 (1.19)
Frequency	12.7 (1.77)	12.5 (2.01)	13 (2.58)	13.5 (0.85)
Number of Letters	5.7 (1.16)	5.8 (0.79)	5.2 (0.79)	6.2 (0.63)
Number of Syllables	1.8 (0.42)	1.8 (0.42)	1.8 (0.42)	1.7 (0.48)

Values for arousal, valence, concreteness, frequency, number of letters, and number of syllables were calculated based on the norms provided by the Leipzig Affective Norms for German (LANG) Database (Kanske & Kotz, 2010). Values for age of acquisition, imagery, and meaningfulness were taken from our own norming study with $N = 16$ raters. Except for the arousal dimension, which differs as intended between lists with high and low arousals, the word lists do not significantly differ on any dimension. The values in parentheses represent standard deviations. See Supplement C for a detailed overview of the values for the individual items

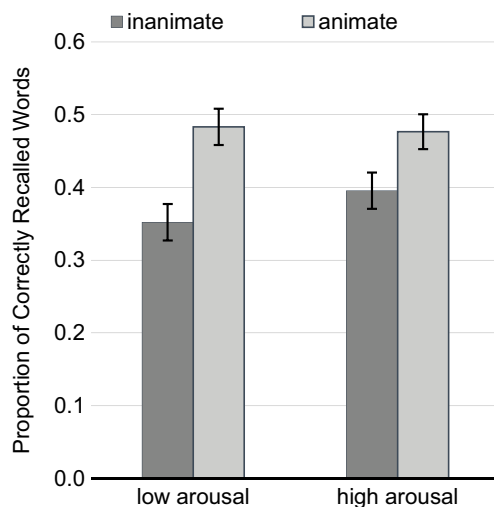


Fig. 2 The figure shows the mean proportion of correctly recalled items as a function of animacy (animate, inanimate) and arousal (high, low) in Experiment 2. The error bars represent the standard errors of the means

unknown” (p. 2103). Several promising candidate mechanisms have already been ruled out. Bonin et al. (2014) showed that the effect cannot be attributed to the richness of sensory and perceptual features of animate items. VanArsdall et al. (2017) showed that a categorical recall strategy cannot explain the animacy effect. We may now add to this list that arousal, too, cannot explain the animacy effect (at least not completely).

The results of Experiment 1 provide empirical evidence that the animate and inanimate word lists that were used by Nairne et al. (2013) differed in arousal, suggesting that animate words may, on average, elicit more emotional arousal than inanimate words. Based on these results, it seemed possible to speculate that arousal could in fact be the overlooked factor in determining the animacy effect. However, the critical test is not whether or not animate and inanimate words differ in arousal, but whether or not these differences are indeed responsible for the mnemonic advantage of words representing animate items. If this hypothesis were true, we would expect that the animacy effect should disappear when arousal is carefully controlled. This hypothesis was tested in Experiment 2 by orthogonally manipulating animacy and arousal. The results show that recall was better for words representing animate items than for words representing inanimate items. Although there was a tendency towards remembering high-arousal words better than low-arousal words, the effect was smaller than the animacy effect, and failed to reach the conventional level of statistical significance. This was the case even though we used mixed lists that have been found to be more likely to produce memory advantages for arousing words compared to pure-list designs (e.g., Hadley & MacKay, 2006; Talmi, Lohnas, & Daw, 2017). These results therefore disconfirm the hypothesis that the animacy memory advantage is solely due to arousal. The finding of a smaller effect of

arousal ($\eta_p^2 = .02$) compared to the effect of animacy ($\eta_p^2 = .37$) in Experiment 2 is in line with the results reported by Nairne et al. (2013) showing that the animacy dimension is even more important in determining memory performance than other dimensions that have often been discussed in the memory literature (e.g., imagery, concreteness, or meaningfulness). Although it is possible that differences in arousal may have contributed to the animacy effect in previous studies (and should therefore be carefully controlled in future studies), arousal does not seem to be responsible for the memory advantage of animate over inanimate items. During the peer-review process of this article, we learned of another study that examined the influence of arousal on the animacy effect. In this study, a single animate list was compared with a single inanimate list while arousal was controlled for. In line with the findings presented here, Popp and Serra (2018) found a robust advantage of animate items. Those independently obtained data strengthen the conclusion that the animacy effect is not caused by differences in emotional arousal, and, as a consequence, they weaken emotional explanations of the animacy effect.

Beyond that, there is currently no clear understanding of the characteristics of the processing of animate as opposed to inanimate stimuli that lead to their high memorability. It is possible that mechanisms such as a higher propensity to attract attention (Calvillo & Hawkins, 2016; Earl Y. Popp & Serra, 2016) or perceived agency (Lowder & Gordon, 2015) are responsible for the animacy effect. Humans are probably not born with a concept of the animacy dimension but rather learn it from experience in that particular stimuli become associated with animate qualities (e.g., self-propelled or goal-directed movement). Natural selection may thus have equipped us with a tendency to pay attention to and to remember things holding these qualities rather than with a module that responds to animacy per se. The present results confirm that animacy is an important factor in determining recall. Further understanding the underlying mechanisms of the animacy effect therefore will provide valuable insight into the functioning of memory.

References

- Bonin, P., Gelin, M., & Bugaiska, A. (2014). Animates are better remembered than inanimates: Further evidence from word and picture stimuli. *Memory & Cognition*, 42, 370–82.
- Bonin, P., Gelin, M., Laroche, B., Meot, A., & Bugaiska, A. (2015). The “how” of animacy effects in episodic memory. *Experimental Psychology*, 62, 371–384.
- Bradley, M. M., Greenwald, M. K., Petry, M. C., & Lang, P. J. (1992). Remembering pictures: Pleasure and arousal in memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 379–390.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment Manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25, 49–59.

- Buchanan, T. W., & Adolphs, R. (2002). Chapter: The role of the human amygdala in emotional modulation of long-term declarative memory. In *Emotional cognition: From brain to behaviour* (pp. 9–34). Amsterdam, Netherlands: John Benjamins Publishing Company.
- Cahill, L., & McGaugh, J. L. (1995). A novel demonstration of enhanced memory associated with emotional arousal. *Consciousness and Cognition: An International Journal*, 4, 410–421.
- Calvillo, D. P., & Hawkins, W. C. (2016). Animate objects are detected more frequently than inanimate objects in inattentional blindness tasks independently of threat. *Journal of General Psychology*, 143, 101–115.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175–191.
- Gelin, M., Bugajska, A., Meot, A., & Bonin, P. (2017). Are animacy effects in episodic memory independent of encoding instructions? *Memory*, 25, 2–18.
- Hadley, C. B., & MacKay, D. G. (2006). Does emotion help or hinder immediate memory? Arousal versus priority-binding mechanisms. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 79–88.
- Kanske, P., & Kotz, S. A. (2010). Leipzig affective norms for German: A reliability study. *Behavior Research Methods*, 42, 987–991.
- Kensinger, E. A. (2007). Negative emotion enhances memory accuracy: Behavioral and neuroimaging evidence. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 213–218.
- Kensinger, E. A., & Corkin, S. (2003). Memory enhancement for emotional words: Are emotional words more vividly remembered than neutral words? *Memory & Cognition*, 31, 1169–1180.
- Kensinger, E. A., & Schacter, D. L. (2006). Processing emotional pictures and words: Effects of valence and arousal. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 6, 110–126.
- LaBar, K. S., & Phelps, E. A. (1998). Arousal-mediated memory consolidation: Role of the medial temporal lobe in humans. *Psychological Science*, 9, 490–493.
- Lowder, M. W., & Gordon, P. C. (2015). Natural forces as agents: Reconceptualizing the animate-inanimate distinction. *Cognition*, 136, 85–90.
- Nairne, J. S. (2010). Chapter: Adaptive memory: Evolutionary constraints on remembering. In Ross, Brian H (Ed). *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol. 53 (pp. 1–32). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Nairne, J. S., VanArsdall, J. E., & Cogdill, M. (2017). Remembering the living: Episodic memory is tuned to animacy. *Current Directions in Psychological Science*, 26, 22–27.
- Nairne, J. S., VanArsdall, J. E., Pandeirada, J. N. S., Cogdill, M., & LeBreton, J. M. (2013). Adaptive memory: The mnemonic value of animacy. *Psychological Science*, 24, 2099–2105.
- Popp, E. Y., & Serra, M. J. (2016). Adaptive memory: Animacy enhances free recall but impairs cued recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 42, 186–201.
- Popp, E. Y., & Serra, M. J. (2018). The animacy advantage for free-recall performance is not attributable to greater mental arousal. *Memory*, 26, 89–95.
- Schneider, I. K., Veenstra, L., van Harreveld, F., Schwarz, N., & Koole, S. L. (2016). Let's not be indifferent about neutrality: Neutral ratings in the International Affective Picture System (IAPS) mask mixed affective responses. *Emotion*, 16, 426–430.
- Talmi, D., Lohnas, L., & Daw, N. (2017). A retrieved context model of the emotional modulation of memory. *bioRxiv*, 175653.
- VanArsdall, J. E., Nairne, J. S., Pandeirada, J. N. S., & Blunt, J. R. (2013). Adaptive memory: Animacy processing produces mnemonic advantages. *Experimental Psychology*, 60, 172–8.
- VanArsdall, J. E., Nairne, J. S., Pandeirada, J. N. S., & Cogdill, M. (2015). Adaptive memory: Animacy effects persist in paired-associate learning. *Memory*, 23, 657–663.
- VanArsdall, J. E., Nairne, J. S., Pandeirada, J. N. S., & Cogdill, M. (2017). A categorical recall strategy does not explain animacy effects in episodic memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70, 761–771.

Adaptive memory: Is the animacy effect on memory due to richness of encoding?

Martin J. Meinhardt ¹

Raoul Bell ¹

Axel Buchner ¹

Jan P. Röer ²

¹ Heinrich Heine University Düsseldorf

² Witten/Herdecke University

Corresponding Author:

Martin Jakob Meinhardt

Department of Experimental Psychology

Heinrich Heine University Düsseldorf

40225 Düsseldorf, Germany

Telephone: +49 211 811 4568

E-Mail: martin.meinhardt@hhu.de

Abstract

A large body of evidence shows an animacy effect on memory in that animate objects are better remembered than inanimate ones. Yet, the reason for this mnemonic prioritization remains unclear. In the survival processing literature, the assumption that richness of encoding is responsible for adaptive memory benefits has received substantial empirical support. In the present study, we examined whether richness of encoding may account for the animacy effect as well. Specifically, we tested the assumption that animate words are encoded with a richer set of associations to other items in memory which may provide participants with a larger set of retrieval cues at test. Experiments 1 and 3 replicated the animacy effect in a classical intentional learning paradigm with different sets of to-be-remembered animate and inanimate words. In Experiments 2 and 4, participants were asked to write down any ideas coming to mind in response to these words at encoding. They were also asked to recall the words in a surprise recall test. The results showed a reliable animacy effect on free recall in all four experiments, that is, independently of whether encoding was intentional (Experiments 1 and 3) or incidental (Experiments 2 and 4). Importantly, the results of Experiments 2 and 4 show that participants spontaneously generated more ideas in response to animate words than in response to inanimate words. The findings suggest that richness of encoding should be considered as a potential proximate mechanism underlying the animacy effect.

Keywords: animacy effect, adaptive memory, richness of encoding

Adaptive memory: Is the animacy effect on memory due to richness of encoding?

Several lines of research suggest that animate objects have a special status in cognitive processing. According to Gelman and Spelke (1981), animate and inanimate objects differ in four major aspects. First, animate objects can act and thereby undergo internally or externally caused transformation while inanimate objects only move when someone or something initiates the transformation. Second, animate objects can grow and reproduce while inanimate objects cannot. Third, animates are able to know, perceive, emote, learn, and think while inanimates have no capacity for mental representations or processes. Finally, animate objects consist of biological structures that are directly related to their functions of maintaining life, growth, and reproduction. Although the ability to distinguish between animate and inanimate entities has been in the focus of cognitive, linguistic, and neurological research for a long time, research has begun to systematically examine the effects of the animate-inanimate distinction on memory only recently (Nairne, VanArsdall, Pandeirada, Cogdill, & LeBreton, 2013). After a typical intentional learning task, Nairne et al. (2013) asked participants to recall a list of words that contained an equal number of animate (e.g., baby, soldier, duck) and inanimate (e.g., doll, purse, hat) items for which they controlled a multitude of word dimensions such as age of acquisition and familiarity. A significant memory advantage for words representing animate objects was found which was henceforth referred to as the animacy effect. What is more, it was discovered that an item's animacy status was an even better predictor of future recall than several other variables typically known to enhance memory performance (e.g., imagery and concreteness). Since then, a growing number of studies have replicated the animacy effect and extended the findings to other paradigms and stimulus materials. The effect was found under different elaborative encoding instructions (Gelin, Bugaiska, Meot, & Bonin, 2015) and was shown to gener-

alize to paired-associate learning (VanArsdall, Nairne, Pandeirada, & Cogdill, 2015), to the recall of pictorial stimuli (Bonin, Gelin, & Bugaiska, 2014), to source memory for contextual details associated with animate versus inanimate words (Gelin, Bonin, Meot, & Bugaiska, 2018), and to the recollection of non-words associated with animate properties (Aslan & John, 2016; VanArsdall, Nairne, Pandeirada, & Blunt, 2013). Furthermore, Aslan and John (2016) were able to demonstrate that this memory advantage appears already at an early age in that young children also remember animate items better than inanimate items.

These results can be seen as consistent with the functionalist perspective on memory advocated by Nairne and colleagues (Nairne, 2010; Nairne & Pandeirada, 2008, 2010). According to this functional account, memory is tuned to solve fitness-relevant problems. Thus, a memory advantage for animate objects might be considered an adaptive mechanism that enhanced the chances of survival and reproduction for our ancestors given that animate objects may have a special relevance for the individual's fitness because they represent potential enemies, prey, or mating partners. While this functional account provides an ultimate hypothesis (Nairne et al., 2013), it does not shed light on the proximate mechanisms underlying these effects and thus does not specify which cognitive or perceptual processes lead to the memory advantage. As of yet, it remains unclear what makes animate entities so memorable.

Several promising domain-general candidate mechanisms have already been ruled out. For instance, the available evidence is inconsistent with the idea that animacy is linked to categorical recall. Several studies have shown that recalled words are not clustered according to their animacy status and that the animacy effect is independent of categorical recall strategies (Nairne et al., 2013; VanArsdall, Nairne, Pandeirada, & Cogdill, 2017). Popp and Serra (2016) discussed the potential influence of differences in emotional arousal between animates and inanimates. It seemed conceivable that

animate entities might, on average, be more emotionally arousing than inanimate objects and therefore easier to remember (e.g., Bradley, Greenwald, Petry, & Lang, 1992; Cahill & McGaugh, 1995; Kensinger & Corkin, 2003). However, arousal has been ruled out as a proximate mechanism of the animacy effect as well (Meinhardt, Bell, Buchner, & Röer, 2018; Popp & Serra, 2018). Significant animacy effects on recall were obtained even when animate and inanimate word lists were carefully matched for arousal.

Thus, the proximate mechanisms underlying the animacy effect remain somewhat mysterious. In the present study, we tested the assumption that animates are associated with richer encoding than inanimates which may, in turn, be responsible for the memory advantage. This account is based on research suggesting that recall is improved when many distinct associations to other items are encoded together with the to-be-remembered stimulus because these can function as retrieval cues at recall (Moscovitch & Craik, 1976). The richness of encoding account (Bell, Röer, & Buchner, 2015; Erdfelder & Kroneisen, 2014; Kroneisen & Bell, 2018; Kroneisen & Erdfelder, 2011; Kroneisen, Erdfelder, & Buchner, 2013; Kroneisen, Rummel, & Erdfelder, 2014, 2016; Röer, Bell, & Buchner, 2013) has received empirical support in the survival processing paradigm which is another paradigm that has been used to advocate an adaptive view on memory (Nairne & Pandeirada, 2010; Nairne, Pandeirada, & Thompson, 2008; Nairne, Thompson, & Pandeirada, 2007). In this paradigm, participants are asked to evaluate the usefulness of unrelated items in a fictional scenario. Typically, words are better remembered when they are encoded in a survival scenario (e.g., being stranded in the grasslands) than when they are encoded in a control scenario (e.g., moving to a foreign country). Kroneisen and Erdfelder (2011) have proposed that the survival processing memory advantage is due to the fact that the scenario stimulates richer encoding than control scenarios, thereby providing multiple retrieval cues which improve recall at test. According to this account, evaluating an item's

relevance for survival evokes more ideas about its possible functions than non-survival contexts (see also Bell et al., 2015).

Kroneisen and Erdfelder (2011) found comprehensive evidence to support the richness of encoding account of the survival processing effect. For instance, the memory advantage was reduced or eliminated when the survival scenario restricted the number of ideas that could be generated in response to each word. Similarly, the memory advantage vanished when a concurrent cognitive load was added during encoding (Kroneisen et al., 2014, 2016). This finding can be seen as evidence in support of the richness of encoding account under the assumption that rich and elaborative encoding is cognitively demanding. In a study of Kroneisen, Erdfelder, and Buchner (2013), the survival processing effect disappeared when participants were instructed to use interactive imagery during encoding. The authors argued that the interactive imagery instructions might have interfered with the participants' capacity to come up with many different ideas in response to each word by requiring them to form only a single interactive image with an object. In consequence, there were fewer retrieval cues available which, in turn, eliminated the survival processing advantage. In a direct test of the mechanisms postulated by the richness of encoding account, Röer et al. (2013) asked participants to write down all ideas that came to mind when thinking about the usefulness of items that were either presented in a survival-relevant or in a survival-irrelevant scenario. Participants spontaneously generated more ideas and, thus, more potential retrieval cues in the survival condition. What is more, in a subsequent memory test, words that were presented in the survival-relevant scenario were better remembered than words that were presented in a survival-irrelevant scenario. These findings directly support the assumption that survival processing is associated with particularly rich encoding.

With regard to the animacy effect, Nairne, VanArsdall, and Cogdill (2017) proposed “that animate items, on average, possess richer attributes or features (...) which in turn makes their corresponding encodings more diagnostic during retrieval” (p. 27). However, this richness of encoding account of the animacy effect has only received mixed support so far. For instance, Gelin et al. (2015) tested whether animacy interacts with the survival processing effect. In one study, the animacy effect was significantly more pronounced in the survival condition in comparison to a non-survival control condition (moving to a foreign country), suggesting that an encoding scenario that provides the opportunity to generate many ideas leads to a more pronounced animacy effect than an encoding scenario that puts more restrictions on elaborative processing. The interaction, however, was not obtained in a second experiment using the same encoding conditions. Animacy was associated with enhanced “remember” responses in the remember-know paradigm (Bonin et al., 2014) and improved source memory (Gelin et al., 2018), indicating that animacy is associated with enhanced recollection and not only familiarity, consistent with the survival processing effect (Cho, Kazanas, & Altarriba, 2018; Kroneisen & Bell, 2018). As the survival processing advantage in the study of Kroneisen et al. (2013), the animacy advantage was significantly reduced under interactive encoding instructions (Bonin, Gelin, Laroche, Meot, & Bugajska, 2015). Similarly to Kroneisen et al. (2014), Bonin et al. (2015) used a dual-task paradigm to examine whether the animacy effect depends on attentional resources. Participants were asked to categorize the animacy status of presented words while they maintained or did not maintain sequences of numbers and letters in working memory. Regardless of the magnitude of the memory load, participants recalled more animate words in a surprise memory test, suggesting that the animacy effect is independent of resource-demanding elaborative processes. In Bonin et al.’s (2015) Experiment 2, however, the secondary task performance was impaired when the target words were animate words, consistent with the idea that animacy recruited attentional processes away from the secondary task. A similar effect has been ob-

tained in the Stroop paradigm (Bugaiska et al., 2018). Participants took longer to categorize the colors of words when they referred to animate objects than when they referred to inanimate objects which suggests that animate words recruit attention. Furthermore, the animacy effect has been found to be reduced in older adults which was due to age-related differences in executive functioning and thus in line with a richness-of-encoding account (Bugaiska, Meot, & Bonin, 2016).

In summary, the evidence concerning the richness-of-encoding account of the animacy effect is highly inconsistent. Thus, further tests are necessary to decide whether richness of encoding is a viable candidate mechanism of the animacy effect. Here, we adapted the paradigm of Röer et al. (2013) to provide a direct test of a prediction derived from the richness-of-encoding account proposed by Nairne et al. (2017). Given that the robustness of empirical findings is currently under debate (Open Science Collaboration, 2015), we deemed it necessary to determine first whether the animacy effect can be robustly replicated in the standard intentional learning paradigm of Nairne et al. (2013) before testing the richness-of-encoding account. We therefore aimed at replicating the classical animacy effect using new word lists that were carefully matched on a number of dimensions (Experiment 1) and using the original word material of Nairne et al. (2013) (Experiment 3). In Experiments 2 and 4 we then used the stimulus materials of Experiments 1 and 3, respectively, to test whether the animate words spontaneously stimulate the generation of more ideas than inanimate words. If this test turned out positive, the richness-of-encoding account would be strengthened as a potential proximate account of the animacy effect. If the test turned out negative, this would refute the account.

Experiment 1

Experiment 1 tested whether the animacy effect can be replicated with a new set of words in an intentional learning task similar to that used by Nairne et al. (2013) in their pioneering study. The new word list comprised animate and inanimate words that were matched on multiple dimensions. A successful replication of the animacy effect would confirm the robustness of the animacy effect and provide the basis for the test of the richness-of-encoding account (with the same stimulus material) in Experiment 2.

Method

Participants The sample consisted of 68 participants (50 women) with a mean age of 24 years ($SD = 5$) who were recruited on campus at Heinrich Heine University Düsseldorf.

Materials For the intentional learning task, we chose words from the database of Schröder, Gemballa, Ruppin and Wartenburger (2012) to create animate and inanimate word lists. Lists of 12 animate

Table 1: Animate and inanimate words used in Experiments 1 and 2.

Animate	Inanimate
Biene (bee)	Geige (violin)
Delphin (dolphin)	Kommode (dresser)
Frosch (frog)	Kutsche (carriage)
Hebamme (midwife)	Pullover (sweater)
Hecht (pike)	Schlitten (sled)
Klempner (plumber)	Spaten (spade)
Libelle (dragonfly)	Trommel (drum)
Matrose (sailor)	Tuch (cloth)
Nashorn (rhinoceros)	Umhang (cloak)
Schwan (swan)	Walze (roller)
Storch (stork)	Wiege (cradle)
Taube (dove)	Zange (pliers)

Note: Words are presented in alphabetical order. German words with English translations (in parentheses).

Table 2: Mean values of the dimensions that were matched between the animate and the inanimate word list in Experiment 1 and 2.

Dimension	Animate	Inanimate	Comparison
Age of acquisition	3.08 (0.95)	2.97 (0.90)	$t(22) = 0.29, p = .78$
Familiarity	3.24 (0.38)	3.33 (0.74)	$t(22) = 0.40, p = .69$
Word frequency	4.95 (3.34)	6.17 (5.30)	$t(22) = 0.67, p = .51$
Number of syllables	1.92 (0.79)	2.08 (0.51)	$t(22) = 0.61, p = .55$
Number of letters	6.33 (0.98)	6.17 (1.47)	$t(22) = 0.33, p = .75$
Concreteness	5.03 (0.67)	4.86 (0.71)	$t(22) = 0.59, p = .56$
Meaningfulness	3.59 (0.52)	3.46 (0.61)	$t(22) = 0.58, p = .57$
Imagery	5.26 (1.19)	5.08 (1.33)	$t(22) = 0.36, p = .72$
Category typicality	4.69 (0.79)	4.38 (1.39)	$t(17.44) = 0.67, p = .51$
Category size	53.60 (12.20)	44.00 (5.79)	$t(8) = 1.59, p = .15$
Number of orthographic neighbors	27.58 (15.78)	30.75 (23.22)	$t(22) = 0.39, p = .70$

Note: Values in parentheses represent standard deviations. The values for age of acquisition, familiarity, word frequency, number of letters, and number of syllables were calculated based on the norms provided by Schröder et al. (2012). Values for category typicality, concreteness, imagery, and meaningfulness were derived from our own norming studies with $N = 20$ raters using the instructions from Hager (1994). Ratings were performed on a seven-point scale. The number of different categories was matched between the animate and inanimate word list. To determine the mean category sizes, we used the norms provided by Mannhaupt (1983). The values for the number of significant orthographic neighbors were taken from an online tool offered by Leipziger Corpora Collection (2011) (<http://wortschatz.uni-leipzig.de>). The animate and inanimate word list do not significantly differ on any dimension.

and 12 inanimate words (see Table 1) were selected such that they matched on eleven different dimensions (see Table 2) which was achieved using our own norming studies in addition to established word norms (Hager, 1994; Leipzig Corpora Collection, 2011; Mannhaupt, 1983; Schröder et al., 2012). For the experiment proper, the lists were incorporated into one mixed list that was presented in random order.

Procedure and Design Participants were tested individually in a quiet testing chamber. Seated in front of a computer screen, they were instructed to memorize the words that were presented to them for later recall. Twenty-four words were presented in random order. Each word was presented individually for 5 s with an inter-stimulus interval of 2 s. After list presentation, a short filler task followed. Participants were asked to evaluate the correctness of 20 simple mathematical equations (e.g., $6 + 9 = 14$) by clicking on either a “correct” or an “incorrect” button. After this filler task, par-

ticipants received a piece of paper to write down all the words they could remember. They had 5 min to do so. The entire experiment lasted 15 min at most.

The study had a one-factorial within-subject design (animate, inanimate). Given that our hypotheses were all unidirectional, we used one-sided t tests for the comparisons in all four experiments. A sensitivity analysis showed that given $\alpha = .05$, a statistical power of $1 - \beta = .95$, and $N = 68$ effects of $d_z = 0.40$ could be detected (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007).

Results

Figure 1 illustrates the proportion of correctly recalled items in Experiment 1. The results show a clear memory advantage for animate items in comparison to the inanimate ones, $t(67) = 4.51$, $p < .001$, $d_z = 0.57$, which replicates the findings of Nairne et al. (2013).

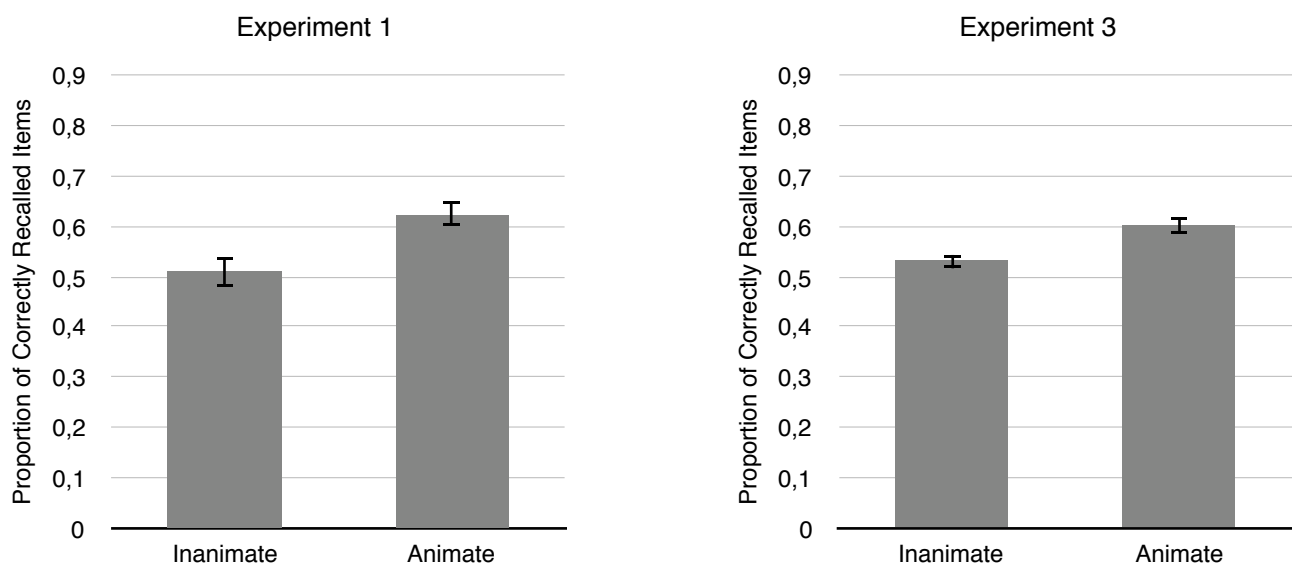


Figure 1: The graphs illustrate the mean proportion of correctly recalled items in Experiment 1 (left side) and Experiment 3 (right side). The error bars represent the standard error of the means.

Discussion

In Experiment 1, the classical animacy effect on recall was replicated in an intentional learning task with a novel set of animate and inanimate stimulus materials that were matched on eleven dimen-

sions. Based on this successful replication, we can move on to test a critical prediction derived from the richness-of-encoding account of the animacy effect in Experiment 2. We used the same procedure as Röer et al. (2013) to examine whether participants spontaneously generate more ideas in response to animate in comparison to inanimate words. Depending on whether this is the case or not, the results will confirm or disconfirm, respectively, the richness-of-encoding account.

Experiment 2

Method

Participants Eighty-six participants (55 women) with a mean age of 23 years ($SD = 6$) were recruited on campus at Heinrich Heine University Düsseldorf.

Materials The same 24 words were used as in Experiment 1. Each participant received a stack of stapled paper with written instructions on the first page and 24 empty pages with only one of the target words written on top of it. There were 10 different versions of the paper stacks, each with a different, randomized order of the target words. A separate page contained 32 mathematical equations that had to be verified as a filler task.

Procedure and Design Participants were tested individually in a quiet testing chamber. After having read the instructions they started with the first word on the first page, knowing that their task was to write down everything that came to mind when thinking of the word. Participants received no examples and there was no time limit. Participants knew that, when no more ideas came to mind, they were to continue with the word on the next page. Participants did not know that they would have to recall the words at the end of the experiment. Next, participants proceeded with the filler task in which they evaluated the 32 mathematical equations as in Experiment 1. After having finished the filler task, participants had five minutes to write down as many words as they could recall from the

encoding phase, in no particular order. The entire experiment lasted up to one hour, depending on how many ideas the participants generated.

The study had a one-factorial within-subjects design (animate, inanimate). A sensitivity analysis showed that given $\alpha = .05$, a statistical power of $1 - \beta = .95$, and $N = 86$, effects of $d_z = 0.36$ could be detected between the two levels of the animacy variable (Faul et al., 2007).

Results

Idea Generation

Two independent raters scored the number of ideas that were generated in response to each item. The raters were naïve as to the purpose of the experiment. The inter-rater correlation between the scores of both raters was .99. These scores were averaged into a single measure of the number of generated ideas. The number of generated ideas was higher for words representing animate items than for words representing inanimate items (see upper left panel of Figure 2), $t(85) = 6.14$, $p < .001$, $d_z = 0.66$, confirming the richness-of-encoding account.¹

Free Recall

An analysis of the proportion of correctly recalled items revealed a memory advantage for animate items, $t(85) = 6.32$, $p < .001$, $d_z = 0.69$ (see lower left panel of Figure 2), confirming the typical animacy effect on memory. A supplementary analysis showed that participants who generated more ideas were also better at remembering the items, $r = .28$, $n = 86$, $p < .01$. A further item-based analysis showed a significant positive correlation between the number of ideas that were generated in response to an item and this item's recall probability, $r = .48$, $n = 24$, $p < .01$.

¹ The same result was obtained when simply the number of generated words instead of the number of generated ideas was analyzed. More words were generated in response to animate words than in response to inanimate words, $t(85) = 7.42$, $p < .001$, $d_z = 0.80$.

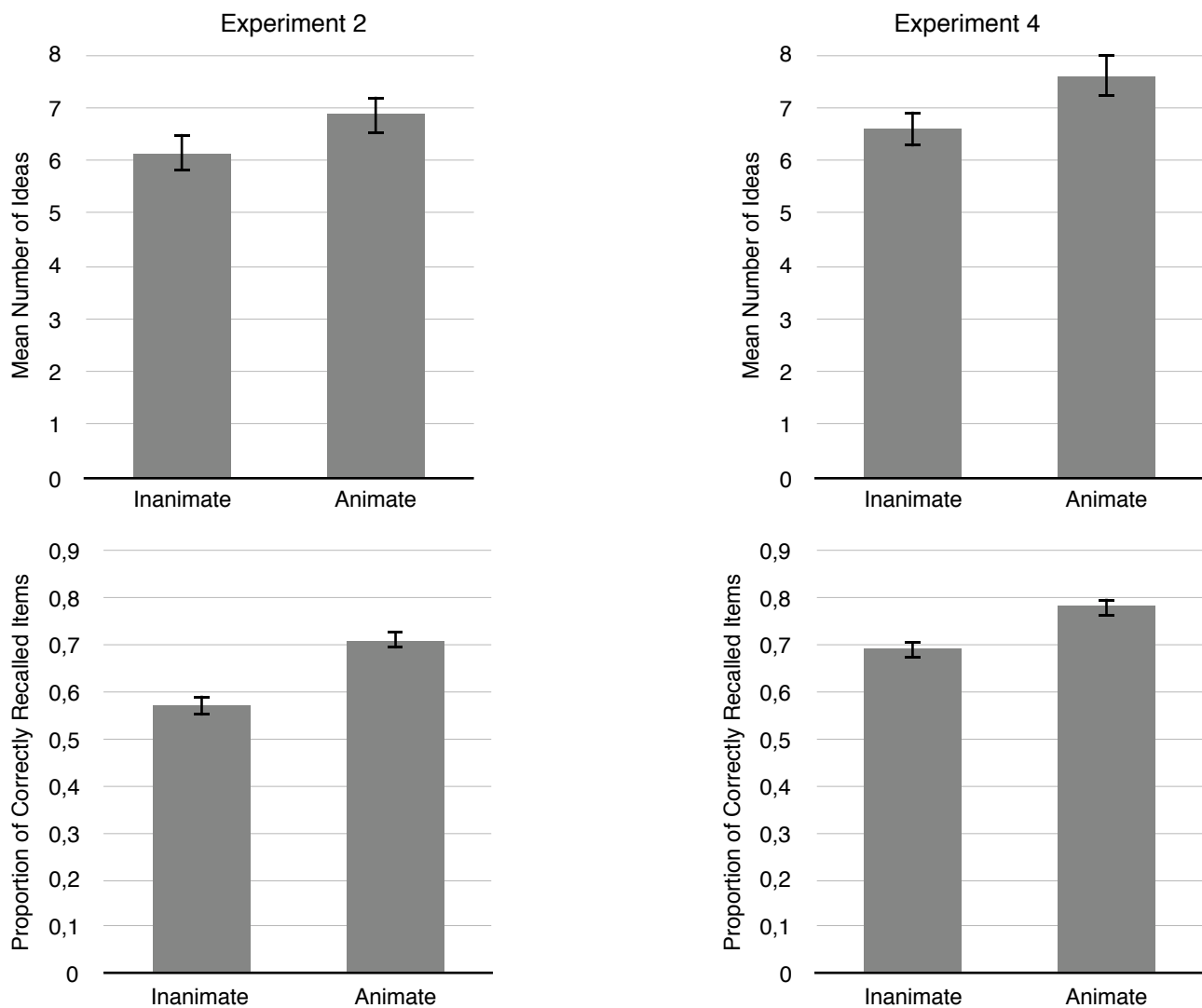


Figure 2: The graphs illustrate the results of Experiment 2 (left side) and Experiment 4 (right side). The upper graphs depict the mean number of ideas that had been generated for the animate versus the inanimate items. The lower graphs illustrate the proportion of correctly recalled items from the animate and inanimate word list. The error bars represent the standard errors of the means.

Discussion

The results of the surprise recall test in Experiment 2 again replicate the animacy effect. Animate words were better recalled than inanimate words. According to the richness-of-encoding account proposed as a proximate mechanism by Nairne et al. (2017), animate items provide more opportunity for richer encoding than inanimate items. Consistent with this account, more ideas were generated in response to animate words than in response to inanimate words in the encoding phase of Experiment 2. According to Moscovitch and Craik (1976), a higher number of item-related cues can

provide valuable retrieval cues during recall which can boost the general recall performance. Consistent with this idea, there were positive correlations between the mean number of ideas generated at encoding and successful recall.

Before drawing firm conclusions it seemed necessary to replicate these results with a different set of stimuli. To this end, we used the original stimulus material of Nairne et al. (2013), translated into German. Again, we first tested whether the animacy effect on recall can be replicated in the typical intentional learning paradigm with this material (Experiment 3) before testing the specific prediction of the richness-of-encoding account that people should generate more ideas in response to animate in comparison to inanimate items (Experiment 4).

Experiment 3

Method

Participants The sample consisted of 203 participants (126 women) with a mean age of 23 years ($SD = 4$) who were recruited on campus at Heinrich Heine University Düsseldorf.

Materials The 12 animate and 12 inanimate words used by Nairne et al. (2013) were translated into German. Due to ambiguities in the German translations, the words *minister*, *wolf*, *journal*, and *kite* were not incorporated into the final word lists, so we created two word lists with ten animate and ten inanimate items, respectively which resulted in a mixed list of 20 words (see Table 3).²

Procedure and Design The procedure and design were identical to those of Experiment 1 with the exception that German translations of the original words of Nairne et al. (2013) were used. A sensi-

² The German “kite” also translates to “dragon” which could hence be considered animate. German “Minister” is ambiguous due to a lack of gender specificity and “wolf” can also be used as a first name in German. The word “journal” was removed to maintain an equal number of animate and inanimate items.

Table 3: Animate and inanimate words used in Experiments 3 and 4.

Animate	Inanimate
Baby (baby)	Zelt (tent)
Biene (bee)	Trommel (drum)
Ente (duck)	Rechen (rake)
Eule (owl)	Puppe (doll)
Forelle (trout)	Pfeife (whistle)
Ingenieur (engineer)	Hut (hat)
Python (python)	Herd (stove)
Soldat (soldier)	Hausschuhe (slippers)
Spinne (spider)	Geldbeutel (purse)
Schildkröte (turtle)	Geige (violin)

Note: Words are presented in alphabetical order. German words with English translations (in parentheses). The items were taken from Nairne et al. (2013).

tivity analysis showed that given $\alpha = .05$, a statistical power of $1 - \beta = .95$, and $N = 203$, effects of $d_z = 0.23$ could be detected between the two levels of the animacy variable (Faul et al., 2007).

Results

Figure 1 illustrates the proportion of correctly recalled items in Experiment 3. As in Experiment 1, animate items were better remembered than inanimate items, $t(202) = 5.70$, $p < .001$, $d_z = 0.36$.

Discussion

Experiment 3 replicated the animacy effect in the typical intentional learning paradigm, using German translations of the original word material taken from Nairne et al. (2013). However, crucial for the evaluation of the richness-of-encoding account is whether animate words stimulate more ideas than inanimate words when this material is used. This was tested in Experiment 4.

Experiment 4

Method

Participants Eighty-five participants (53 women) with a mean age of 24 years ($SD = 5$) took part in the study and were recruited on campus of Heinrich Heine University Düsseldorf.

Materials, Procedure, and Design Materials, procedure, and design were identical to those of Experiment 2 with the exception that we used the same words as in Experiment 3. A sensitivity analysis showed that given $\alpha = .05$, a statistical power of $1 - \beta = .95$, and $N = 85$, effects of $d_z = 0.36$ could be detected between the two levels of the animacy variable (Faul et al., 2007).

Results

Idea Generation

Two independent raters scored the number of ideas that were generated in response to each word. The raters were naïve as to the purpose of the experiment. Inter-rater correlation was again excellent ($> .99$), and both scores were averaged into a single measure of the number of ideas. As in Experiment 2, more ideas were generated in response to animate words in comparison to inanimate words, $t(84) = 7.48$, $p < .001$, $d_z = 0.78$ (see upper right panel of Figure 2) which is consistent with the richness-of-encoding account.³

Free Recall

An analysis of the proportion of correctly recalled items again showed a significant memory advantage in favor of animate items, $t(84) = 4.46$, $p < .001$, $d_z = 0.48$ (see lower right panel of Figure 2).

³ The same result was obtained when simply the number of generated words instead of the number of generated ideas was analyzed. More words were generated in response to animate words than in response to inanimate words, $t(84) = 4.10$, $p < .001$, $d_z = 0.44$.

A supplementary analysis revealed that participants who generated more ideas also showed better recall performance, $r = .26$, $n = 85$, $p < .01$. In a further item-based analysis, the positive correlation between the number of ideas that were generated for an item and its recall probability just missed the conventional level of statistical significance, $r = .36$, $n = 20$, $p = .06$ (descriptively, more ideas were associated with better recall).

Discussion

The results of Experiment 4 again replicate the animacy effect in the surprise recall test. Furthermore, the results confirm the results of Experiment 2 that more ideas come to mind in response to animate items than in response to inanimate items, showing that the data pattern supporting the richness-of-encoding account is not specific to the stimulus material used in Experiments 1 and 2. This provides further evidence for the assumption that animate items may be associated with richer encoding than inanimate items. More ideas were also associated with better recall although the correlation just missed the conventional level of statistical significance in the item-based analysis.

General Discussion

In the present study, the animacy effect on memory was replicated with the original material of Nairne et al. (2013) (Experiments 3 and 4) and also with new lists of animate and inanimate words that were carefully controlled on a number of different dimensions such as imagery, concreteness, meaningfulness, and age of acquisition (Experiments 1 and 2). The animacy advantage was obtained in the classical intentional learning paradigm (Experiments 1 and 3) as well as in an incidental learning paradigm combined with a surprise memory tests (Experiments 2 and 4). Experiments 2 and 4 provided a direct test of the richness-of-encoding account of the animacy advantage by asking participants to list ideas that came to mind in response to the animate and inanimate words. Just as

Röer et al. (2013), we used the mean number of distinct ideas stimulated by an item as a measure of the associations with other items that should determine the richness of encoding. In line with the richness-of-encoding account, participants generated more ideas in response to animate words than to inanimate words. Furthermore, the richness-of-encoding account is based on the observation that richer encoding (i.e., a higher number of ideas that are associated with an item) provides a greater number of retrieval cues which in turn increase the probability of a successful recall at test (Moscovitch & Craik, 1976; Röer et al., 2013) which is generally supported by the present results as well given the positive correlations between the number of generated ideas and the recall probability. In sum, the present results suggest that animate items differ from inanimate items in the degree to which they are richly encoded which seems to be one reason why animate words are better recalled than inanimate words.

From an evolutionary point of view, it could be argued that our minds might be “tuned” to process animates in a richer way because they are, on average, more important for the individual’s fitness than inanimates (Nairne et al., 2013). Given that animate entities differ from inanimate objects in a range of characteristics such as self-initiated movement, the capacity to think, feel, and learn, as well as the motivation to survive and to reproduce (Gelman & Spelke, 1981), it seems possible that some of these properties may be responsible for the richer encoding rather than animacy per se. Human beings might be tuned to respond to certain qualities that are associated with animate entities (like self-propelled or goal-directed movement) or they might be tuned to attend to (and, hence, encode) stimuli to the degree to which the stimuli share such properties with humans rather than being naturally equipped with an intrinsic concept of the animacy distinction. Popp and Serra (2016) speculated that the animacy effect might be the product of multiple perceptual and cognitive moderator variables that cause animacy to be indirectly linked with enhanced memory. While the present results suggest that richness of encoding may be one of these proximate variables, it is not

necessarily the only one. Promising results come from studies investigating the influence of attentional processes on the animacy effect which provide evidence that animates possess a higher tendency to capture attention (Bugaiska et al., 2018; Calvillo & Hawkins, 2016; New, Cosmides, & Tooby, 2007; Popp & Serra, 2016). If animate items are particularly likely to attract attention, this could cause participants to process these items in a more elaborate way which may ultimately lead to richer mental representations of these items. Thus, it seems possible that there is a mediating link between attention capture and richness of encoding in that items with a high propensity to capture attention might be processed more elaborately which results in representations that are retrieved more easily at a later point in time.

The present results are consistent with previous results obtained in the survival-processing paradigm (Röer et al., 2013). Parallel to the present results, participants generate more ideas in response to items presented in the survival processing scenario than in response to items encoded in control scenarios. Also consistent with the present results, the number of ideas generated at encoding is associated with better the memory for the items. Together, these findings indicate that richness of encoding is an important, domain-general principle that may serve as a proximate mechanism of adaptive-memory benefits in general. The main difference to the present results is that the participants in the study of Röer et al. (2013) were instructed to adopt an evolutionary-functional perspective when encoding randomly sampled stimulus material while in the present study animate and inanimate words were presented without providing a specific encoding scenario (in Experiments 1 and 3, participants were simply asked to memorize the material, and in Experiments 2 and 4, participants were merely asked to list the ideas that came to mind when reading the material). This suggests that richness of encoding is jointly determined by stimulus material and the encoding context in that both evolutionary-relevant stimuli and encoding contexts may stimulate rich encoding which may then be at least partly responsible for the memory benefits obtained in these conditions.

An open question is whether the richer encoding of animate items should be viewed as automatic or dependent on cognitive resources. The evidence regarding this question so far is highly inconsistent. A study by Bonin et al. (2015) showed that adding a working memory load while performing animacy judgments had no effect on the animacy effect. However, other evidence indicates that animate words may recruit attentional resources away from secondary tasks, suggesting that the animacy effect may be linked to attentional processing (Bugaiska et al., 2018). Furthermore, the animacy effect was found to be reduced in older adults (Bugaiska et al., 2016) which may be related to a decline in attentional control putting constraints on elaborative encoding strategies. This interpretation, however, is called into question by another study showing that the animacy effect does not differ between adults and children (Aslan & John, 2016) who are often believed to have a less matured attentional control system and are often found to be less capable of using elaborative encoding. Given this highly inconsistent pattern of findings, more research is necessary before any firm conclusions can be drawn about the role of attention in the animacy effect.

In summary, the data presented here yet again confirm that the animacy dimension represents an important mnemonic factor. Investigating the underlying mechanisms can thereby broaden our understanding of human memory. More specifically, the present results provide evidence in favor of the richness-of-encoding account that attributes the animacy effect on recall to the particularly rich encoding of animate items (Nairne et al., 2017). Richness of encoding may thus be considered a potential proximate mechanism of the animacy effect.

Bibliografie

- Aslan, A., & John, T. (2016). The development of adaptive memory: Young children show enhanced retention of animacy-related information. *Journal of Experimental Child Psychology*, 152, 343-350.
- Bell, R., Röer, J. P., & Buchner, A. (2015). Adaptive memory: Thinking about function. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41, 1038-1048.
- Bonin, P., Gelin, M., & Bugaiska, A. (2014). Animates are better remembered than inanimates: further evidence from word and picture stimuli. *Memory & Cognition*, 42, 370-382.
- Bonin, P., Gelin, M., Laroche, B., Meot, A., & Bugaiska, A. (2015). The "how" of animacy effects in episodic memory. *Experimental Psychology*, 62, 371-384.
- Bradley, M. M., Greenwald, M. K., Petry, M. C., & Lang, P. J. (1992). Remembering pictures: Pleasure and arousal in memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 379-390.
- Bugaiska, A., Gregoire, L., Camblats, A. M., Gelin, M., Meot, A., & Bonin, P. (2018). Animacy and attentional processes: Evidence from the Stroop task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1747021818771514.
- Bugaiska, A., Meot, A., & Bonin, P. (2016). Do healthy elders, like young adults, remember animates better than inanimates? An adaptive view. *Experimental Aging Research*, 42, 447-459.
- Cahill, L., & McGaugh, J. L. (1995). A novel demonstration of enhanced memory associated with emotional arousal. *Consciousness and Cognition: An International Journal*, 4, 410-421.

- Calvillo, D. P., & Hawkins, W. C. (2016). Animate objects are detected more frequently than inanimate objects in inattention blindness tasks independently of threat. *Journal of General Psychology*, *143*, 101-115.
- Cho, K. W., Kazanas, S. A., & Altarriba, J. (2018). Survival processing in recognition memory: Separating recollection from familiarity. *American Journal of Psychology*, *131*, 19-32.
- Erdfelder, E., & Kroneisen, M. (2014). Proximate cognitive mechanisms underlying the survival processing effect. In B. L. Schwartz, M. L. Howe, M. P. Toglia, & H. Otgaar (Eds.), *What is adaptive about adaptive memory?* (pp. 172-198). Oxford: Oxford University Press.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*, 175-191.
- Gelin, M., Bonin, P., Meot, A., & Bugaiska, A. (2018). Do animacy effects persist in memory for context? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *71*, 965-974.
- Gelin, M., Bugaiska, A., Meot, A., & Bonin, P. (2015). Are animacy effects in episodic memory independent of encoding instructions? *Memory*, *25*, 2-18.
- Gelman, S., & Spelke, E. (1981). The development of thoughts about animate and inanimate objects: Implications for research on social cognition. In J. H. Flavell, & L. Ross (Eds.), *Social Cognitive Development: Frontiers and Possible Futures* (pp. 43-66). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hager, W. (1994). Handbuch deutschsprachiger Wortnormen. Verlag für Psychologie, Hogrefe.

- Kensinger, E. A., & Corkin, S. (2003). Memory enhancement for emotional words: Are emotional words more vividly remembered than neutral words? *Memory & Cognition*, 31, 1169-1180.
- Kroneisen, M., & Bell, R. (2018). Remembering the place with the tiger: Survival processing can enhance source memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 667-673.
- Kroneisen, M., & Erdfelder, E. (2011). On the plasticity of the survival processing effect. *Journal of Experimental Psychology - Learning, Memory, and Cognition*, 37, 1553-1562.
- Kroneisen, M., Erdfelder, E., & Buchner, A. (2013). The proximate memory mechanism underlying the survival-processing effect: Richness of encoding or interactive imagery? *Memory*, 21, 494-502.
- Kroneisen, M., Rummel, J., & Erdfelder, E. (2014). Working memory load eliminates the survival processing effect. *Memory*, 22, 92-102.
- Kroneisen, M., Rummel, J., & Erdfelder, E. (2016). What kind of processing is survival processing?: Effects of different types of dual-task load on the survival processing effect. *Memory & Cognition*, 44, 1228-1243.
- Leipzig Corpora Collection. (2011). German newspaper corpus based on material crawled in 2011. Leipzig Corpora Collection. Dataset. <http://wortschatz.uni-leipzig.de>.
- Mannhaupt, H. R. (1983). German category norms for verbal items in 40 categories. *Sprache & Kognition*, 2, 264-278.
- Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., & Röer, J. P. (2018). Adaptive memory: Is the animacy effect on memory due to emotional arousal? *Psychonomic Bulletin and Review*, 25, 1399-1404.
- Moscovitch, M., & Craik, F. I. M. (1976). Depth of processing, retrieval cues, and uniqueness of encoding as factors in recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15, 447-458.

- Nairne, J. S. (2010). Adaptive memory: Evolutionary constraints on remembering. In B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp. 1-32). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Nairne, J. S., & Pandeirada, J. N. S. (2008). Adaptive memory - Remembering with a stone-age brain. *Current Directions in Psychological Science*, *17*, 239-243.
- Nairne, J. S., & Pandeirada, J. N. S. (2010). Adaptive memory: Ancestral priorities and the mnemonic value of survival processing. *Cognitive Psychology*, *61*, 1-22.
- Nairne, J. S., Pandeirada, J. N. S., & Thompson, S. R. (2008). Adaptive memory - The comparative value of survival processing. *Psychological Science*, *19*, 176-180.
- Nairne, J. S., Thompson, S. R., & Pandeirada, J. N. S. (2007). Adaptive memory: survival processing enhances retention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *33*, 263-273.
- Nairne, J. S., VanArsdall, J. E., & Cogdill, M. (2017). Remembering the living: Episodic memory is tuned to animacy. *Current Directions in Psychological Science*, *26*, 22-27.
- Nairne, J. S., VanArsdall, J. E., Pandeirada, J. N. S., Cogdill, M., & LeBreton, J. M. (2013). Adaptive memory: the mnemonic value of animacy. *Psychological science*, *24*, 2099-2105.
- New, J., Cosmides, L., & Tooby, J. (2007). Category-specific attention for animals reflects ancestral priorities, not expertise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*, 16598-16603.
- Open Science Collaboration. (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, *349*, aac4716.

Popp, E. Y., & Serra, M. J. (2016). Adaptive memory: Animacy enhances free recall but impairs cued recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 42, 186-201.

Popp, E. Y., & Serra, M. J. (2018). The animacy advantage for free-recall performance is not attributable to greater mental arousal. *Memory*, 26, 89-95.

Röer, J. P., Bell, R., & Buchner, A. (2013). Is the survival-processing memory advantage due to richness of encoding? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39, 1294-1302.

Schröder, A., Gemballa, T., Ruppín, S., & Wartenburger, I. (2012). German norms for semantic typicality, age of acquisition, and concept familiarity. *Behavior Research Methods*, 44, 380-394.

VanArsdall, J. E., Nairne, J. S., Pandeirada, J. N. S., & Blunt, J. R. (2013). Adaptive memory: animacy processing produces mnemonic advantages. *Experimental Psychology*, 60, 172-178.

VanArsdall, J. E., Nairne, J. S., Pandeirada, J. N. S., & Cogdill, M. (2015). Adaptive memory: Animacy effects persist in paired-associate learning. *Memory*, 23, 657-663.

VanArsdall, J. E., Nairne, J. S., Pandeirada, J. N. S., & Cogdill, M. (2017). A categorical recall strategy does not explain animacy effects in episodic memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70, 761-771.

Erklärung über den Eigenanteil

Meine Dissertationsschrift umfasst zwei Fachartikel mit insgesamt sechs Experimenten. Im Folgenden ist für jeden der Fachartikel aufgeführt, welche Autoren bei der Planung der Experimente, bei der Umsetzung der Experimente, bei der Datenauswertung und beim Verfassen der Manuskripte mitgearbeitet haben. Der überwiegende Teil der Arbeit lag jeweils beim Erstautor des Artikels.

Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., & Röer, J. P. (2018a). Adaptive memory: Is the animacy effect on memory due to emotional arousal?. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 1399-1404.

Planung: Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., Röer, J. P.

Umsetzung: Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., Röer, J. P.

Auswertung: Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., Röer, J. P.

Manuskript: Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., Röer, J. P.

Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., & Röer, J. P. (2018b). Adaptive memory: Is the animacy effect on memory due to richness of encoding?. *Manuscript submitted for publication*.

Planung: Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., Röer, J. P.

Umsetzung: Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., Röer, J. P.

Auswertung: Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., Röer, J. P.

Manuskript: Meinhardt, M. J., Bell, R., Buchner, A., Röer, J. P.

Erklärung an Eides Statt

Hiermit versichere ich an Eides Statt, dass ich die Dissertation mit dem Titel „Adaptives Gedächtnis: Proximale Mechanismen des Animacy Effects“ selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe unter Beachtung der „Grundsätze zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf“ erstellt habe.

Ich versichere insbesondere:

- 1) Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt.
- 2) Alle wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Texten entnommenen Stellen habe ich als solche kenntlich gemacht; dies gilt für gedruckte Texte ebenso wie für elektronische Ressourcen.
- 3) Die Arbeit habe ich in der vorliegenden oder einer modifizierten Form noch nicht als Dissertation vorgelegt - sei es an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf oder an einer anderen Universität.

Datum: 05. November 2018

Name: Martin J. Meinhardt

Unterschrift:

