

Semantische Kontexteffekte beim Bildbenennen nach Läsionen des
Sprachnetzwerkes und deren neuronales Korrelat

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Dr. rer. med.

an der Medizinischen Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von:

Danièle Pino (M.A.)

Geburtsdatum / Geburtsort:

30.06.1990 / Hanau

angefertigt an:

Universität Leipzig, Medizinische Fakultät & Max-Planck-Institut für Kognitions- und
Neurowissenschaften, Abteilung Neurologie

Betreuer:

Prof. Dr. Hellmuth Obrig (Erstbetreuer)

Prof. Dr. Jörg Jescheniak (Zweitbetreuer)

Beschluss über die Verleihung des Doktorgrades vom:

25.01.2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1) Einführung	1
1.1) <i>Paradigmen zur Untersuchung semantischer Kontexteffekte</i>	3
1.1.1) Das picture-word interference paradigm	4
1.1.2) Das blocked-cyclic naming paradigm	6
1.1.3) Das continuous naming paradigm	8
1.2) <i>Assoziative Fazilitierung und kategorielle Interferenz im läsierten Sprachnetzwerk</i>	9
1.2.1) Das PWI Paradigma bei Patient*innen	10
1.2.2) Das BCN Paradigma bei Patient*innen	11
1.2.3) Das CN Paradigma bei Patient*innen	14
1.3) <i>Psycholinguistische Modelle semantischer Kontexteffekte</i>	15
1.3.1) Reguläre und die beeinträchtigte Sprachproduktion in WEAVER++	16
1.3.2) Semantische Kontexteffekte durch „selection by competition“ in WEAVER++	18
1.3.3) Semantische Kontexteffekte als refraktäre Zugriffstörung	21
1.3.4) Semantische Kontexteffekte gemäß des Swinging Lexical Network Model	23
1.3.5) Alternative Ansätze zur Einordnung semantischer Kontexteffekte	26
1.4) <i>Neuroanatomische Grundlagen semantischer Kontexteffekte beim Bildbenennen</i>	29
2) Aufgabenstellung	33
3) Materialien und Methoden	35
3.1) <i>Stichprobe</i>	35
3.2) <i>Paradigma und Material</i>	38
3.3) <i>Design und Operationalisierung</i>	39
3.4) <i>Apparaturen</i>	43
3.5) <i>Analysen</i>	43
3.5.1) Analyse der Verhaltensdaten	43
3.5.2) Läsionsanalyse	45
3.5.2.1 Normalisierung der Bilder	45

3.5.2.2. Korrelation der Läsions- und Verhaltensdaten (VLSM).....	47
4) Ergebnisse	49
4.1) <i>Ergebnisse auf Verhaltensebene</i>	49
4.1.1) Benennlatenzen	50
4.1.2) Fehlerzahlen.....	51
4.1.3) Fehlerarten.....	52
4.1.4) Individuelle Varianz in den Leistungen	54
4.1.5) Zusammenfassung der Verhaltensdaten	56
4.2) <i>Ergebnisse der Läsionsanalysen</i>	57
4.2.1) Läsionsanalysen der Gesamtleistung.....	59
4.2.2) Läsionsanalysen der Stärke fazilitierender und inhibierender Effekte.....	59
4.2.3) Ergebnisse unter Berücksichtigung der Gesamtleistung als Kovariaten	61
4.2.3) Zusammenfassung der Läsionsanalysen	62
5) Diskussion	63
5.1) <i>Verhaltensdaten aus dem Bild-Wort Interferenz Paradigma in einer klinischen Stichprobe.....</i>	64
5.1.1) Machbarkeit und grundlegende Unterschiede zu gesunden Probandengruppen	64
5.1.2) Die Effekte assoziativer Relationen	66
5.1.3) Die Effekte kategorieller Relationen	67
5.1.4) Dissoziation zwischen assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz auf Verhaltensebene	69
5.2) <i>Die modelltheoretische Einordnung semantischer Kontexteffekte im läsierten Sprachnetzwerk.....</i>	70
5.3) <i>Die Rolle des Gyrus temporalis medius im PWI Paradigma.....</i>	76
5.3.1) Der Einfluss des MTG links auf kategorielle Interferenz.....	77
5.3.2) Einfluss des MTG links auf assoziative Fazilitierung	79
5.3.3) Die Rolle des MTG links im Swinging Lexical Network Model	81
5.4) <i>Die Rolle des Gyrus frontalis inferior im PWI Paradigma.....</i>	81
5.4.1) Der IFG links als kognitive Kontrollinstanz während der lexikalischen Auswahl... ..	81

5.4.2) Die kontroverse Rolle des IFG links in Abhängigkeit vom gewählten Paradigma.....	83
5.4.3) Die Rolle des IFG links in der aktuellen Untersuchung	84
5.4.4) Die Rolle des IFG links im Swinging Lexical Network Model.....	85
<i>5.5) Deskriptive Einzelfallbetrachtungen und die Phänomene assoziativer Interferenz und kategorialer Fazilitierung.....</i>	<i>87</i>
<i>5.6) Klinische Relevanz des Bild-Wort Interferenz Paradigmas.....</i>	<i>89</i>
<i>5.7) Fazit und Ausblick.....</i>	<i>92</i>

Zusammenfassung der Arbeit

Literaturverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Das visuelle PWI Paradigma mit dem Ablenker „Katze“ und dem Zielbild HUND.	4
Abbildung 2. Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Ablenkerwort und Zielbild im PWI Paradigma und die daraus resultierenden Effekte.....	5
Abbildung 3. Semantisch homogene („Obst“) und heterogene Benennkontexte im BCN Paradigma.....	7
Abbildung 4. Das CN Paradigma am Beispiel des Benennsets der Kategorie „Obst“ mit lag 5, 2, 3 und 1.....	9
Abbildung 5. Schematische Darstellung des SLNM am Beispiel der Kategorie TIERE mit dem Zielbild HUND und den Ablenkern KATZE und KNOCHEN (angelehnt an Abdel Rahman & Melinger (2009), S. 720).....	25
Abbildung 6. Darstellung des Trialschemas des Hauptexperiments in der assoziativen und der kategoriellen Bedingung.	38
Abbildung 7. Darstellung des gesamten Experiments mit den vier Testteilen Familiarisierungsphase, Übungsphase, Hauptexperiment und Kontrollbedingung in chronologischer Reihenfolge.....	41
Abbildung 8. Darstellung der Überlappung der Läsionen der 32 Patient*innen, in der die eingefärbten Flächen in mindestens einem/einer der Patient*innen läsioniert waren und die Farbtintensität der Anzahl an Patient*innen entspricht, die in diesem Areal eine Läsion aufwiesen.	48
Abbildung 9. Durchschnittliche Benennlatenz in der relatierten (farbig) im Vergleich zur unrelatierten Bedingung (grau) in der assoziativen (ASS, in blau) und kategoriellen (KAT, in rot) Bedingung.	51
Abbildung 10. Durchschnittliche Fehlerzahl in der relatierten (farbig) im Vergleich zur unrelatierten Bedingung (grau) in der assoziativen (ASS, in blau) und kategoriellen (KAT, in rot) Bedingung.	52
Abbildung 11. Korrelationen der Benennlatenzen (in Sekunden) und Fehlerzahlen (in ganzen Zahlen) zwischen relatierter (x-Achse) und unrelatierter Bedingung (y-Achse) sowohl in der assoziativen (in blau) als auch in der kategoriellen Bedingung (in rot).....	54

Abbildung 12. Korrelationen der durchschnittlichen Benennlatenzen (in Sekunden) und Fehlerzahlen (in ganzen Zahlen) zwischen assoziativer (x-Achse) und kategorieller Bedingung (y-Achse).	55
Abbildung 13. Korrelationen zwischen der Stärke von assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz in Form der Differenz zwischen relatierter und unrelatierter Bedingung für Benennlatenzen (in Sekunden) und Fehlerzahlen (in ganzen Zahlen).....	56
Abbildung 14. Ergebnisse der VLSM Analyse mit einer relevanten Überlappung der Cluster für steigende Latenzen (LAT^{MITTEL} , in lila) und Fehler ($FEHLER^{GES}$, in pink), mit Korrelationen zwischen Läsionen in den markierten Clustern im Bereich des MTG und ITG und höheren Fehlerzahlen und höheren Benennlatenzen sowie Korrelationen zwischen höheren Benennlatenzen und Anteilen des STG.....	59
Abbildung 15. Ergebnisse der VLSM Analyse mit einer Zunahme assoziativer Fazilitierung (= Abnahme ASS^{FEHLER} , in blau) bei Läsionen des ITG/MTG sowie mit einer Zunahme kategorieller Interferenz (= Zunahme KAT^{LAT} , in rot-orange) bei Läsionen des IFG und einer Abnahme kategorieller Interferenz (= Abnahme KAT^{LAT} , in gelb) bei Läsionen in drei kleinen Clustern im Bereich des ITG/MTG und des a ITG.	60
Abbildung 16. Gegensätzlicher Einfluss auf die Stärke der Fazilitierung mit einer Verstärkung assoziativer Fazilitierung durch Läsionen in posterioren temporalen Clustern (dunkelblau, identisch zu Abbildung 15) und einer Abschwächung assoziativer Fazilitierung unter Einbezug der Leistung in der unrelatierten Bedingung als Kovariate bei anterioren temporalen Läsionen (hellblau).....	62
Abbildung 17. Bildgebung (MRT) zur Läsion von Patientin 15.....	89

Abkürzungsverzeichnis

aMTG	anteriorer Anteil des Gyrus temporalis medius
ASS	assoziativ
BCN	blocked-cyclic naming/blockweise-zyklisches Benennen
CN	continuous naming/kontinuierliches Benennen
EA	evidence accumulation
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
IFO	inferiorer frontooccipitaler Fasciculus
IFG	Gyrus frontalis inferior
ITG	Gyrus temporalis inferior
KAT	kategoriell
MFG	Gyrus frontalis medius
MTG	Gyrus temporalis medius
oper	Pars opercularis
PFC	präfrontaler Kortex
pMTG	posteriore Anteil des Gyrus temporalis medius
PWI	picture-word interference/Bild-Wort Interferenz
RSI	Response-Stimulus Intervall
SI	Semantische Interferenz
SLNM	swinging lexical network model
SOA	stimulus onset asynchrony
STG	Gyrus temporalis superior
STS	Sulcus temporalis superior
SWM	shifted Wald model
tDCS	transkranielle Gleichstromstimulation
tri	Pars triangularis
VLSM	voxel-based lesion-symptom mapping

1) Einführung

Das richtige Wort für Objekte zu finden, gelingt in der Regel mühelos, schnell und nahezu fehlerfrei. Der Wortabruf ist zentral für eine erfolgreiche Kommunikation, sei es, dass in propositionalen Äußerungen etwas über diese Objekte ausgesagt wird oder sei es, dass auf die Objekte selbst referiert wird, z.B. durch Benennen. In Unterhaltungen, die sich in der Regel einem Themenfeld widmen, ist der Wortabruf teilweise durch den semantischen Kontext bestimmt. Der semantische Kontext erleichtert den Wortabruf, indem im Sprachsystem zum Kontext passendes Wortmaterial voraktiviert wird. Beim Abruf eines voraktivierten Begriffs ist dieser erleichtert und unterstützt die flüssige Sprachproduktion. (Levelt, Roelofs & Meyer, 1999). Dennoch ist der Benennprozess auch bei gesunden Sprechern fehleranfällig. Oft kommt es zu „Versprechern“ oder ein Wort wird nicht prompt abgerufen und führt zu einer Verzögerung im Sprachfluss. Vielfach wurde experimentell untersucht, wie solche Fehler durch die Manipulation des Benennkontextes entstehen. Ein typisches Paradigma untersucht wie Bilder in einem semantisch eng relateden Kontext benannt werden. Vergleichbar mit den Fehlern, die von Patient*innen mit erworbener Hirnläsion im Rahmen aphasischer Symptome gezeigt werden, können verzögerte Reaktionszeiten, semantische und phonematische Paraphasien sowie Selbstkorrekturen auch bei gesunden Proband*innen durch bestimmte experimentelle Paradigmen hervorgerufen werden. Grundlegend wird dies als *semantischer Interferenzeffekt* bezeichnet (Glaser & Dünghoff, 1984). Eine in der psycholinguistischen Forschung zu diesem Zweck vielfach eingesetzte Methodik ist die des *picture-word interference (PWI) paradigm*¹, auch *Bild-Wort Interferenz Paradigma* genannt. Es basiert auf einem Prinzip, das auch in einem weiteren neuropsychologischen Test zur Interferenzabwehr genutzt wird, dem *Stroop-Paradigma*, auch *Farb-Wort Interferenz Paradigma* genannt (Stroop, 1935). Beim Stroop-Paradigma werden Proband*innen Farbwörter in verschiedenen Schriftfarben präsentiert. Verglichen werden Reaktionszeiten im lauten Lesen des Farbwortes im Vergleich zur Benennung der Schriftfarbe. Es zeigt sich eine relevante Differenz zwischen der Lese- und Benennzeit, mit deutlich erhöhter Latenz in der Farbbenennung bei abweichendem Farbwort, während eine inkongruente Schriftfarbe keinen Einfluss auf die Lesegeschwindigkeit des Farbwortes nimmt. Stroop (1935) führte dies auf unterschiedliche Verarbeitungsgeschwindigkeiten der beiden Prozesse zurück. Das Lesen als

¹ Da sich der englische Terminus „picture-word interference paradigm“ für das Bild-Wort Interferenz Paradigma auch im deutschen Sprachraum etablierte, wird in dieser Arbeit ebenfalls weiterhin der englische Terminus sowie die englische Abkürzung verwendet.

hochautomatisierter Prozess gelingt demnach deutlich schneller und tritt in Konkurrenz zur kontrollierten Benennung der Schriftfarbe. Später übertrugen Glaser und Dünkelhoff (1984) das Stroop-Paradigma auf psycholinguistische Prozesse der Wortproduktion und untersuchten verschiedene lexikalisch-semantische Kontexte. Im PWI Paradigma sollen Zielbilder bei gleichzeitiger Präsentation von Distraktorwörtern benannt werden. Systematisch variiert wurden durch Glaser und Dünkelhoff (1984) der zeitliche Abstand zwischen der Präsentation des Distraktorwortes und der des Zielbildes, *stimulus onset asynchrony* (SOA)² genannt, und die semantische Relation zwischen den Items. Bestand eine semantische Relation zwischen Distraktorwort und Zielbild, zeigte sich ein verlängerter Benennprozess, der als *semantischer Interferenzeffekt* (SI) bezeichnet wird. Am stärksten ausgeprägt zeigte sich dieser bei paralleler Präsentation von Wort und Bild (SOA 0 ms) sowie bei einer Präsentation des sprachlichen Distraktors 100 ms nach dem Erscheinen des Zielbildes (SOA +100 ms). Hier verlängerte sich der Benennprozess um bis zu 160 ms. Wurde statt eines semantisch relatierten Wortes ein unrelatiertes präsentiert, zeigte sich ebenfalls eine hemmende Wirkung im Vergleich zu einer neutralen Bedingung, die keine sprachliche Verarbeitung erlaubte (eine Reihe von Kreuzen) und der Bedingung, in der Wort und Bild identisch waren. Die Hemmung durch das semantisch relatierte Wort war allerdings deutlich stärker ausgeprägt.

Die frühen Arbeiten zur semantischen Interferenz legten den Grundstein für zahlreiche weitere Untersuchungen zu semantischen Kontextfaktoren in der Psycho- und Neurolinguistik. Dabei wird semantische Interferenz sowohl zur Erforschung modelltheoretischer Grundlagen der Sprachverarbeitung genutzt, ist aber auch bezüglich eines therapeutischen Potentials für die Behandlung von sprachsystematischen Störungen nach Hirnschädigung von Interesse. Die Effekte des semantischen Kontexts wurden dazu mit diversen Paradigmen untersucht und die verschiedenen Aspekte der Art und Darbietung der Ablenker analysiert. Die eindrucksvolle Verbesserung neurophysiologischer Untersuchungsmethoden und die Entwicklung immer höher auflösender (funktionell) bildgebender Methoden erlauben es weiterhin, die neuronalen Grundlagen der psychophysischen Effekte zu adressieren.

²Da sich der englische Terminus „stimulus onset asynchrony“ für den zeitlichen Abstand zwischen Ablenkerwort und Zielbild auch im deutschen Sprachraum etabliert hat, wird in dieser Arbeit ebenfalls weiterhin der englische Terminus sowie die englische Abkürzung verwendet.

Die vorliegende Arbeit leistet hierzu einen Beitrag. Untersucht wird, wie sich semantische Interferenz im läsierten Sprachnetzwerk darstellt. Das PWI Paradigma hat sich in gesunden Probandengruppen als geeignete Methode zur Erzeugung robuster semantischer Interferenzeffekte bewährt und soll aus diesem Grund auch hier in einer Patientengruppe mit erworbener linkshemisphärischer Hirnläsion zum Einsatz kommen. Ziel ist es zunächst, die Durchführbarkeit des PWI Paradigmas und die Effekte zweier semantischer Beziehungen in einer größeren Patientengruppe mit erworbener linkshemisphärischer Hirnläsion zu untersuchen. Dazu liegen bisher nur wenige und teilweise widersprüchliche Studien vor. Darüber hinaus soll ein Ausblick auf das therapeutische Potential der Effekte gegeben werden. Weiterhin werden Zusammenhänge zwischen Interferenzeffekten und Läsionsmustern untersucht und neurolinguistische Modellvorstellungen abgeleitet. Hier eröffnet die Methodik der Läsionsanalyse eine neue Perspektive, da die bisherige Evidenz vor allem auf bildgebenden und neurophysiologischen Daten in gesunden Probandengruppen basiert. Im Folgenden werden zunächst die gängigen Paradigmen zur Erzeugung semantischer Interferenz und die zu beobachtenden Effekte in gesunden Probandengruppen beschrieben. Es folgt eine modelltheoretische Einordnung der Effekte. Darauf basierend werden die Besonderheiten der beeinträchtigten Sprachverarbeitung und erste Ergebnisse zum Einfluss des Benennkontextes in Patientengruppen dargestellt. Weiterhin soll ein Überblick des derzeitig angenommenen neuroanatomisch-funktionellen Netzwerkes gegeben werden, das die Prozesse des lexikalischen Abrufes unterhält.

1.1) Paradigmen zur Untersuchung semantischer Kontexteffekte

In den letzten Jahren wurden führend drei Paradigmen zur Erzeugung semantischer Interferenzeffekte genutzt: (i) das *picture-word interference paradigm*, (ii) das *continuous naming* (CN)³ bzw. das *kontinuierliche Benennen* und das (iii) *blocked-cyclic naming* (BCN) bzw. das *blockweise-zyklische Benennen*. Auch wenn sich für alle Paradigmen stabile Effekte eines erschwerten bzw. erleichterten Benennens darstellen ließen, unterschieden sich diese Effekte in ihrer Qualität und Quantität und im Besonderen mit Hinblick auf die Dauer der Effekte und hinsichtlich einer Akkumulation dieser über mehrere Benennzyklen hinweg. Im Folgenden wird zunächst das PWI Paradigma dargestellt, das in der vorliegenden experimentellen Arbeit

³ Da sich die englischen Termini für die Paradigmen auch im deutschen Sprachraum etablierten, werden in dieser Arbeit ebenfalls weiterhin die englischen Termini sowie die englischen Abkürzungen verwendet.

genutzt wurde. Es folgen kurze Darstellungen der beiden weiteren Paradigmen, da Erkenntnisse aus diesen ebenfalls maßgeblich zu einer modelltheoretischen Einordnung semantischer Interferenz beigetragen haben.

1.1.1) Das picture-word interference paradigm

Nach den ersten Adaptionen des PWI Paradigmas durch Lupker (1979) und Glaser und Düngelhoff (1984) folgten Untersuchungen, die sich mit den Effekten innerhalb des Paradigmas unter der Variation der Art der Verwandtschaft und des zeitlichen Abstands zwischen Distraktorwort und Zielbild beschäftigten. Als robuster Effekt erwies sich eine Verlangsamung im Benennen eines Zielbildes bei einem auditiv oder visuell präsentierten Ablenkerwort, wenn dieses einer gemeinsamen semantischen Kategorie angehörte (Abel et al., 2009; Alario, Segui & Ferrand, 2000; Damian & Bowers, 2003; Dirani & Pylkkanen, 2018; Glaser & Düngelhoff, 1984; Henseler, Mädebach, Kotz & Jescheniak, 2014; Piai, Riès & Swick, 2016; Piai & Knight, 2018; Sailor, Brooks, Bruening, Seiger-Gardner & Guterman, 2009; Schriefers, Meyer & Levelt, 1990; Starreveld & La Heij, 1996). Analog zum Stroop-Paradigma wurde das Bild z.B. eines Hundes bei gleichzeitiger Präsentation des Wortes „Katze“ signifikant langsamer benannt als in Kombination mit einem unrelatierten Wort wie „Tisch“ oder einer neutralen Bedingung „XXXX“. In Abbildung 1 ist das Paradigma für das Beispiel Hund (Zielbild) - Katze (semantischer Ablenker) dargestellt. Nach Präsentation eines Fixationskreuzes wird zunächst das Ablenkerwort präsentiert („Katze“). Nach einem definierten zeitlichen Abstand erscheint dann das zu benennende Zielbild (HUND), während das Ablenkerwort allerdings sichtbar verbleibt.



Abbildung 1. Das visuelle PWI Paradigma mit dem Ablenker „Katze“ und dem Zielbild HUND.

Auch wenn in der Literatur „semantische Verwandtschaft“ meist als Zugehörigkeit zu einer gemeinsamen Kategorie wie bspw. „Haustiere“ gebraucht wird, muss dies differenzierter

betrachtet werden. Semantisch verwandt bezieht sich auf eine *kategorielle* Verwandtschaft, die einen semantischen Interferenzeffekt hervorruft. Besteht eine *assoziative* Beziehung zwischen Distraktorwort und Zielbild, kommt es zu einem beschleunigten Benennprozess, also zu semantischem Priming (Abdel Rahman & Melinger, 2007; Alario et al., 2000; Henseler et al., 2014; Sailor et al., 2009). Die Abbildung eines Hundes wird demnach bei gleichzeitiger Präsentation des Wortes „Knochen“ schneller benannt, als bei Präsentation eines unrelatierten Wortes (z.B. „Kirsche“). In der vorliegenden Studie untersuchten wir beide Effekte und unterscheiden daher im Folgenden zwischen *kategorieller Interferenz* und *assoziativer Fazilitierung*. Das Wort wird als *Distraktor* oder *Ablenker* bezeichnet, da unabhängig von der semantischen Relation, die gleichzeitige Präsentation eines Wortes und eines Bildes Basis des Paradigmas ist und nur das Bild benannt werden soll. Der Vollständigkeit halber ist zu erwähnen, dass neben assoziativen und kategoriellen Distraktor-Target Beziehungen auch die phonologische Verwandtschaft zwischen dem Wort und dem zu benennenden Bild in verschiedenen Paradigmen untersucht wurde. Phonologische Verwandtschaft zwischen Wort und Bild führt weitgehend einheitlich zur Erleichterung des Wortabrufes beim Bildbenennen (Damian & Martin, 1999; de Zubicaray, McMahon, Eastburn & Wilson, 2002; Schriefers et al., 1990; Starreveld & La Heij, 1996). In der vorliegenden Studie wird dies nicht untersucht und daher an dieser Stelle nicht weiter detailliert. In Abbildung 2 sind beispielhaft für das Zielbild HUND verschiedene Ablenker-Zielbild Beziehungen und die resultierenden Effekte dargestellt.

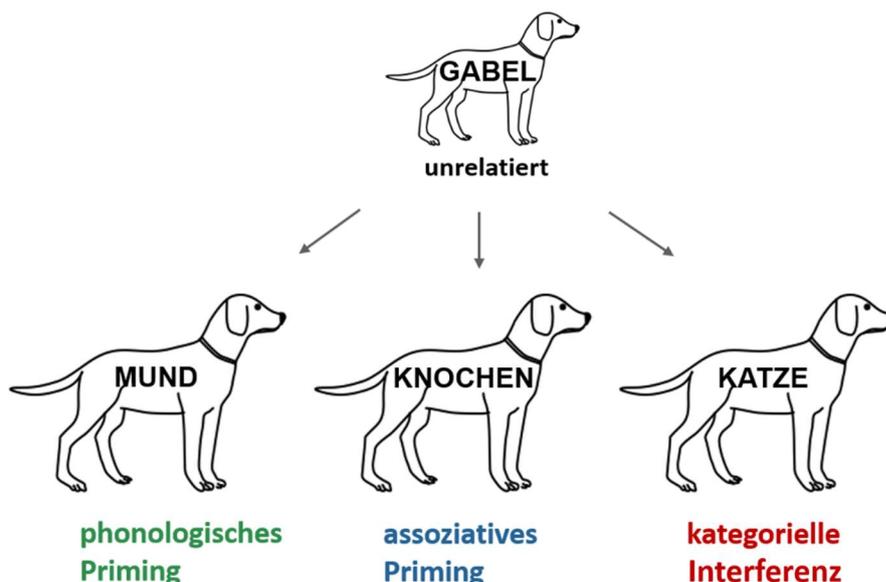


Abbildung 2. Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Ablenkerwort und Zielbild im PWI Paradigma und die daraus resultierenden Effekte.

Neben der Art der Verwandtschaft zwischen Distraktorwort und Zielbild erwies sich auch der zeitliche Abstand zwischen diesen, die SOA, als Faktor, der Effekte im PWI⁴ Paradigma moduliert. In einem Review liefern Abel et al. (2009) eine Übersicht über SOA-Bereiche kategorieller, assoziativer und phonologischer Ablenker. Kategorielle Distraktoren zeigen sich im Bereich von 250 ms vor der Präsentation des Zielbildes bis zu 100 ms nach der Präsentation des Zielbildes als wirksam (SOA -250 ms bis +100 ms). Assoziative Distraktoren hingegen wiesen eine Wirksamkeit nur dann auf, wenn sie vor dem Bild präsentiert wurden. Der optimale Effekt ergab sich bei ca. 250 ms vor Targetpräsentation (SOA -234 ms in Alario et al., 2000). Aufgrund der unterschiedlichen Dynamik der Effekte ist davon auszugehen, dass die Verarbeitung assoziativer und kategorieller Distraktoren unabhängige Prozesse sind, die im zeitlichen Verlauf des Benennprozesses nur teilweise überlappen. Angenommen wird eine frühe Wirkung assoziativer Beziehungen, die von einem späteren Einfluss kategoriell relatierter Distraktorwörter abgelöst wird. Letzterer hält bis kurz nach der Targetpräsentation an (Abel et al., 2009; Alario et al., 2000; Damian & Martin, 1999; Glaser & Dünghoff, 1984; Henseler et al., 2014; Mahon, Costa, Peterson, Vargas & Caramazza, 2007; Sailor et al., 2009; Schriefers et al., 1990; Starreveld & La Heij, 1996).

1.1.2) Das blocked-cyclic naming paradigm

Neben dem PWI Paradigma liefert das BCN Paradigma verlässliche kategorielle Interferenzeffekte, sowohl bei gesunden Probandengruppen als auch bei Patientengruppen mit erworbenen linkshemisphärischen Hirnläsionen. Kroll und Stewart (1994) entwickelten ein Paradigma, in dem Zielbilder entweder in unrelatierten Listen oder in Listen einer gemeinsamen semantischen Kategorie so schnell und so genau wie möglich benannt werden sollten. Die Benennleistungen innerhalb einer semantischen Kategorie waren dabei langsamer als die in den unrelatierten Listen („blocks“). Die hemmenden Effekte homogener Benennkontexte wurden vielfach repliziert (Belke, Meyer & Damian, 2005; McCarthy & Kartsounis, 2000; Schnur, Schwartz, Brecher & Hodgson, 2006). In Abbildung 3⁵ sind beispielhaft ein homogener Block für die Kategorie Obst sowie ein heterogener Block mit

⁴ Da sich die Bezeichnung als picture-word *interference* paradigm/Bild-Wort *Interferenz* Paradigma in Forschung und Literatur in den letzten Jahren etablierte, soll diese Bezeichnung trotz der erleichternden Wirkung assoziativer und phonologischer Kontexte in dieser Arbeit weiterhin verwendet werden.

⁵ Die folgend verwendeten Objektabbildungen sind mit freundlicher Genehmigung der Autoren dem Supplement des Aachener Aphasie Tests entnommen (Huber, Klingenberg, Poeck und Willmes (1993).

unrelatierten Items dargestellt. Weiterentwickelt wurde das Paradigma dahingehend, dass alle Blöcke in Zyklen mehrfach benannt werden sollten. Die Frage, ob das wiederholte zyklische Benennen eine Akkumulation der Effekte über die Benennzyklen hinweg hervorruft, wurde in einer Reihe von Studien untersucht und bezüglich der modelltheoretischen Implikationen kontrovers eingeschätzt. Belke und Stielow (2013) re-analysierten in ihrer Arbeit zu diesem Zweck insgesamt 17 Datensets aus Untersuchungen zum BCN in gesunden Probandengruppen und stellten fest, dass die kategorielle Interferenz vor allem zwischen Zyklus 1 und 2 zunahm, dann aber über die folgenden Zyklen hinweg nahezu konstant blieb. Wurde Zyklus 1 in der statistischen Analyse nicht berücksichtigt, konnte kein statistisch signifikanter linearer Anstieg der Stärke der kategoriellen Interferenz in den folgenden Zyklen festgestellt werden. Zudem verstärkte ein kurzer zeitlicher Abstand zwischen Patientenreaktion und dem folgenden Stimulus, *Response-Stimulus Intervall* (RSI) genannt, die Effekte weiter (Belke et al., 2005; Belke & Stielow, 2013; Harvey & Schnur, 2015; Pisoni, Papagno & Cattaneo, 2012; Python, Glize & Laganaro, 2018; Riès, Karzmark, Navarrete, Knight & Dronkers, 2015; Schnur et al., 2006; Schnur et al., 2009; Wirth et al., 2011).

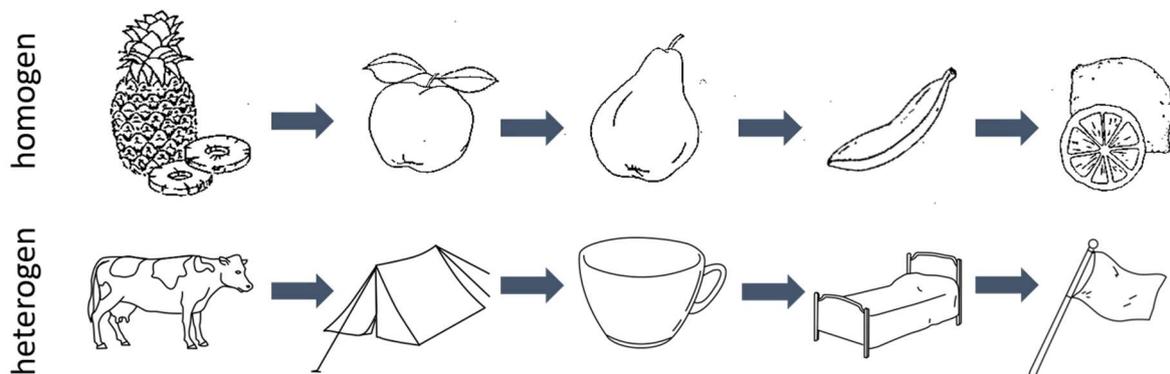


Abbildung 3. Semantisch homogene („Obst“) und heterogene Benennkontexte im BCN Paradigma.

Bei Studien mit Patient*innen ergab sich eine interessante Abhängigkeit des Effektes vom Ort der Läsion: ein Anstieg des Effekts zeigte sich vor allem bei Patient*innen mit Läsionen des Gyrus frontalis inferior (IFG) links. Dies gibt erste Hinweise auf eine relevante Rolle dieser Hirnregion auf die später eingegangen wird (Harvey & Schnur, 2015; Schnur et al., 2006).

Ähnlich wie beim PWI Paradigma wurden weitere Arten homogener Benennkontexte untersucht. Es wurde zwischen der Art der semantischen Verwandtschaft unterschieden und kategoriell homogene Blöcke mit Blöcken assoziativ relatierter Items eines gemeinsamen

Themas verglichen. Im Gegensatz zu der erleichternden Wirkung assoziativer Relationen im PWI Paradigma konnten Abdel Rahman und Melinger (2007) signifikante Interferenz durch assoziative Kontexte im BCN Paradigma nachweisen. Diese wurden jedoch erst nach mehreren Benennzyklen ab der dritten Präsentation statistisch verlässlich nachweisbar. Wurde das gleiche Material in einem PWI Paradigma genutzt, zeigte sich die erwartete assoziative Fazilitierung. Die Studie macht deutlich, dass fazilitierende und interferierende Effekte allen semantischen Kontexten gemein sind. Unterschiedliche Zeitgänge und komplexe Einflüsse der wiederholten Präsentation verschieben die Dominanz des jeweiligen Effektes. Der „Netto-Effekt“ hängt also von verschiedenen Details des gewählten Paradigmas ab.

1.1.3) Das continuous naming paradigm

Im CN Paradigma werden relatierte Items einer semantischen Kategorie einmalig benannt. Zwischen den Begriffen werden unrelatierte Füller-Items präsentiert. Howard, Nickels, Coltheart und Cole-Virtue (2006) entwickelten ein CN Paradigma, in dem gesunden Proband*innen 24 semantische Kategorien mit jeweils fünf Bildern pro Kategorie präsentiert wurden. Zwischen Bildern einer Kategorie wurden 2, 4, 6 oder 8 unrelatierte Items präsentiert.⁶ Die Benennlatenzen stiegen hier mit jeder Präsentation eines weiteren relatierten Items um 30ms. In Übereinstimmung mit weiteren Arbeiten besteht also ein linearer Zusammenhang zwischen der Benennlatenz und der Position des Zielbildes innerhalb der Rangfolge an präsentierten Items einer semantischen Kategorie. In Abbildung 4 ist für die Kategorie Obst ein beispielhaftes Benennset im CN Paradigma dargestellt. Bemerkenswert ist, dass die Anzahl unterbrechender unrelatierten Items keinen relevanten Einfluss auf die Entstehung und den linearen Anstieg des Effektes nahm (Belke & Stielow, 2013; Belke, 2013; Howard et al., 2006; Riès et al., 2015; Schnur, 2014). Schnur (2014) berichtetn allerdings, dass dies nur bis zu einem Maximum von acht unrelatierten Items gilt. Bei weiteren Nennungen verschwanden die hemmenden Effekte durch die kategorielle Verwandtschaft.

Das CN Paradigma hat eine Sonderstellung im Vergleich der drei Interferenzparadigmen, indem es als einziges zu einer Akkumulation des Interferenzeffektes führt.

⁶ Die Zahl an intervenierenden Items soll folgend, der englischsprachigen Standardliteratur entsprechend, mit *lag* bezeichnet werden.

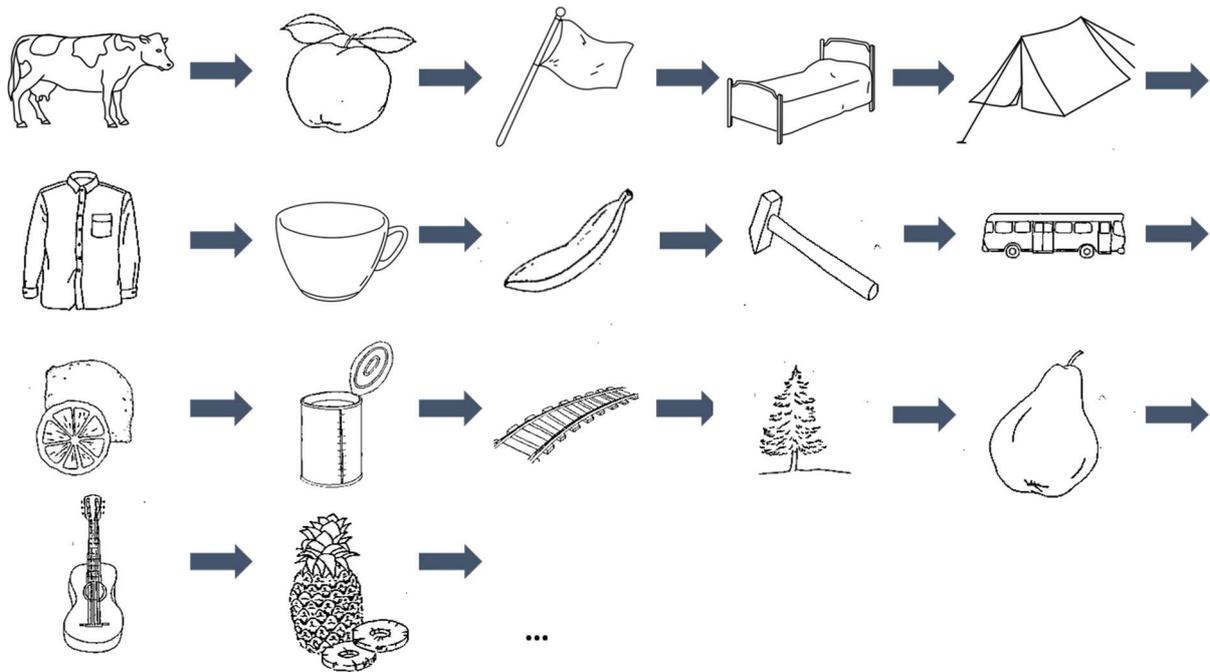


Abbildung 4. Das CN Paradigma am Beispiel des Benennensets der Kategorie „Obst“ mit lag 5, 2, 3 und 1.

Der Einfluss assoziativer Relationen für das CN entspricht offensichtlich den Effekten, die für das BCN Paradigma beschrieben wurden. Rose und Abdel Rahman (2016) konnten auch im CN Paradigma assoziative Interferenz feststellen, die sich vergleichbar zur kategoriellen Interferenz mit der Präsentation jedes weiteren Items eines gemeinsamen „Themas“ (assoziativer Kontext) weiter verstärkte.

1.2) Assoziative Fazilitierung und kategorielle Interferenz im läsierten Sprachnetzwerk

Ergänzend zu den Daten aus neurotypischen Probandengruppen soll im folgenden Abschnitt ein Überblick über bisherige Patientenstudien zu kategorieller Interferenz und assoziativer Fazilitierung gegeben werden. Die Evidenz bei Proband*innen mit erworbener Hirnläsion ist begrenzt. Daher berücksichtigt das Folgende auch die Ergebnisse aus den weiteren genutzten Paradigmen (BCN und CN) sowohl auf Einzelfall- als auch auf Gruppenebene. Befunde bei Menschen mit einer erworbenen Hirnläsion im Sprachnetzwerk ermöglichen eine Spezifizierung wesentlicher Aspekte der psycholinguistischen Modelltheorie zur Sprachproduktion. Unter Annahme spezifischer Störungsbilder tragen diese Studien ferner dazu bei, neuroanatomische Grundlagen der angenommenen Prozesse zu beleuchten. Dies wird auch in der vorliegenden Arbeit genutzt. Aus klinisch-wissenschaftlicher Sicht bilden

Studien mit Menschen mit Aphasie und/oder Läsionen im Sprachnetzwerk die Grundlage für die Entwicklung und Evaluation therapeutischer Verfahren. Es mag an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass Wortabruftraining anhand von Bildbenennen ein weit verbreitetes Verfahren im Rahmen sprachtherapeutischer Intervention darstellt.

1.2.1) Das PWI Paradigma bei Patient*innen

Im Vergleich zu der hohen Zahl an Studien zum PWI bei gesunden Probandengruppen sind nur wenige Studien bei Patientengruppen mit diesem Paradigma publiziert. Im Folgenden wird ein Überblick über die Ergebnisse aus Einzelfall- und Gruppenanalysen gegeben.

In der Untersuchung von semantischen Kontexteffekten in Patientengruppen ist die Anwendung des PWI Paradigmas die jüngste „Disziplin“, während in den letzten Jahrzehnten eine größere Zahl Einzelfall- und Gruppenanalysen mit dem BCN und dem CN Paradigma durchgeführt wurde.

Wilshire, Keall, Stuart und O'Donnell (2007) beschrieben in ihrer Einzelfallanalyse den 64-jährigen männlichen Patienten NP. Dieser erlitt einen Schlaganfall, aus welchem neben einer Aphasie, eine Hemianopsie, eine Hemiparese rechts sowie ein Neglect resultierten. Die Aphasie wurde als amnestische Aphasie klassifiziert und zeichnete sich durch eine inhaltsarme Spontansprache aus. Zu beobachten waren ausgeprägte Wortfindungsstörungen, seltenere phonematische Paraphasien sowie eine insgesamt beeinträchtigte Verarbeitung auditiver Information. Die Verstehens- und Nachsprechfunktionen waren gut erhalten. Die Benennleistungen erwiesen sich als beeinträchtigt und sensitiv für Wortlänge und Frequenz. Durchgeführt wurde ein PWI Paradigma mit kategoriell und phonologisch relatierten Distraktoren sowie unrelatierten Distraktoren als Kontrollbedingung. Zudem wurden SOAs von -200 ms bis + 400 ms getestet. Erstaunlicherweise zeigte sich bei einer SOA von 0 ms kategorielle Fazilitierung, die bei positiven SOAs in die bei gesunden Probandengruppen gezeigte, kategorielle Interferenz überging. Anzumerken ist, dass sich diese Umkehr des Effektes statistisch nur als Trend zeigte. Die kategorielle Fazilitierung war hingegen statistisch signifikant. Fehler zeigten sich vor allem in Form von semantischen Paraphasien. Phonologisch relatierte Ablenker zeigten im Vergleich zu den unrelatierten Ablenkern die zu erwartenden erleichternden Effekte für alle untersuchten SOAs.

Piai et al. (2016) verwendeten ebenfalls ein PWI Paradigma in einer Gruppe von sechs Patient*innen mit Läsionen des linken ventrolateralen präfrontalen Kortex (PFC). Sie kontrastierten ebenfalls kategoriell und phonologisch relatierte Distraktoren mit einer

unrelatierten Bedingung. Zudem verwendeten sie eine neutrale, nicht lexikalisierte Bedingung (Präsentation von ‚XXXX‘). Es zeigten sich erleichternde Effekte der phonologischen Distraktoren sowie lexikalische Interferenz mit schlechteren Leistungen bei unrelatierten Distraktoren im Vergleich zur neutralen, nicht-sprachlichen Bedingung. Auch in dieser Studie verfehlte auf Gruppenebene die kategorielle Interferenz eine statistische Signifikanz. Deskriptiv zeigten drei der sechs untersuchten Patient*innen kategorielle Interferenz. Auch in einer weiteren Untersuchung von Piai und Knight (2018) zeigten sich im PWI Paradigma in der Gruppe der Patient*innen mit frontalen Läsionen im Bereich des ventralen/dorsolateralen PFC keine robusten kategoriellen Interferenzeffekte. Interferenz war für die Anzahl der Fehler, nicht aber für die Benennlatenzen nachweisbar. Latenzen und Fehlerzahlen zeigten den Effekt hingegen bei der gesunden Kontrollgruppe und bemerkenswerter Weise auch der Patientengruppe mit Läsionen des linken Gyrus temporalis medius (MTG). In einem ähnlichen Ansatz verglichen Python et al. (2018) die Leistungen von Patientengruppen mit frontalen und temporalen Läsionen im PWI Paradigma und konnten hier in beiden Gruppen kategorielle Interferenz nachweisen. Als einzige Arbeitsgruppe untersuchten sie zudem die Effekte von assoziativen Distraktoren im PWI Paradigma in Patientengruppen. Die Gruppe mit Läsionen des Gyrus frontalis inferior (IFG) links zeigte hier verstärkte fazilitierende Effekte der assoziativen Distraktoren.

Zusammenfassend ergeben sich inkonsistente Ergebnisse bezüglich der Nachweisbarkeit von kategorieller Interferenz im PWI Paradigma in Gruppen von Patient*innen mit erworbener linkshemisphärischer Hirnschädigung. Dies gilt besonders für Proband*innen mit erworbener frontaler Läsion. Einschränkend muss erwähnt werden, dass die Stichprobengrößen der Studien klein waren. Verlässlicher ließen sich kategorielle Interferenzeffekte in Patientengruppen im BCN sowie im CN Paradigma nachweisen. Diese Ergebnisse werden im folgenden Abschnitt zusammengefasst.

1.2.2) Das BCN Paradigma bei Patient*innen

Die ersten Untersuchungen semantischer Kontexteffekte in Patientengruppen legten Warrington und McCarthy (1983) vor, die allerdings rezeptive Aufgaben nutzten. McCarthy und Kartsounis (2000) präsentierten später eine erste ausführliche Einzelfallanalyse, für ein produktives Paradigma. Untersucht wurde der 58-jährige männliche Patient FAS, der aufgrund einer Veränderung der Sprache und Auffälligkeiten des Verhaltens medizinisch vorstellig wurde. Festgestellt wurden Ischämien in links frontalen und temporalen Arealen sowie in

geringerer Ausprägung rechts frontal. Die aphasische Symptomatik war gekennzeichnet durch eine unflüssige Spontansprache und eine stark reduzierte Syntax. Die semantischen Fähigkeiten, Sprachverstehen, Nachsprechen und die Artikulation erwiesen sich als gut erhalten. Die Benennleistung war stark schwankend. Durchgeführt wurden mit dem Patienten verschiedene rezeptive und expressive Aufgaben zur spezifischen Analyse des lexiko-semantic Defizits. Unter anderem wurde ein BCN Paradigma durchgeführt, in dem semantisch (kategorial) homogene und heterogene Blöcke mit Interstimulusintervallen von 1s und 10s kontrastiert wurden. Es zeigte sich, ähnlich zu gesunden Probandengruppen, ein verschlechtertes Benennen in den homogenen Blöcken sowie bei kurzen RSI. Der Patient zeigte Fehler vor allem in Form von Nullreaktionen sowie semantischen Substitutionen.

Vergleichbare Effekte zeigte der Patient in der Untersuchung von Wilshire und McCarthy (2002). Vorgestellt wurde hier der 68-jährige Patient BM, der in Folge eines Schlaganfalles an einer Hemiparese rechts sowie einer unflüssigen Aphasie litt. Seine Spontansprache war gekennzeichnet durch kurze Äußerungen, bestehend aus einzelnen Wörtern und kurzen Phrasen. Zudem kam es zu langen Pausen, Suchverhalten und zu Automatismen. Festzustellen waren semantische Paraphasien und seltener phonematische Paraphasien. In der logopädischen Diagnostik erwiesen sich das Sprachverstehen auf Wort- und kurzer Satzebene sowie die Nachsprechleistung als gut erhalten. Es gab keine Anzeichen für eine Sprechapraxie. Die Benennleistung zeigte sich auf basaler Ebene als gut und wenig sensitiv für Wortfrequenz oder Wortlänge. Bei steigendem Anspruch der Benennaufgaben verschlechterten sich die Leistungen BMs allerdings deutlich. Im Besonderen war seine Benennleistung durch stark schwankende Leistungen gekennzeichnet. Auch hier wurde ein BCN Paradigma durchgeführt, in dem kategorial relationale und unrelationale Blöcke sowie RSI von 2s und 3s kontrastiert wurden. BM zeigte ebenfalls höhere Fehlerzahlen in den homogenen Blöcken bei kurzen Interstimulusintervallen. Die Fehlerzahlen blieben allerdings über alle Zyklen hinweg konstant und zeigten sich vor allem in Form von Substitutionen durch Items innerhalb des Itemsets. Wilshire und McCarthy (2002) führten das identische Paradigma zudem mit einem weiteren Patienten durch, der das Profil einer flüssigen Aphasie mit eher temporalen Läsionen zeigte. Die zuvor beschriebenen Kontexteffekte und Effekte der Präsentationsrate konnten hier nicht mehr nachgewiesen werden.

Einen dritten Einzelfall berichten Scott und Wilshire (2010). Hier handelt es sich um die 44-jährige Frau J.H.M., die nach einem Schlaganfall unter einer Hemiparese rechts und unter einer Broca Aphasie litt. Ihre Spontansprache zeigte sich als unflüssig und fragmentarisch und

bestand vor allem aus Ein- und Zweiwortäußerungen. Es kam zu langen Pausen, zu Auslassungen von Funktionswörtern und selten zu phonematischen Paraphasien. Es lag zudem eine leichte Sprechapraxie vor. Die semantische Verarbeitung und das Sprachverstehen erwiesen sich auf Wortebene als erhalten, auf Satzebene war das Sprachverstehen allerdings schwer beeinträchtigt. Auch hier konnte in einem BCN Paradigma kategorielle Interferenz auf die Produktionsleistungen nachgewiesen werden.

Diese drei Fallberichte zeigen Gemeinsamkeiten. Alle Patient*innen zeigten eine unflüssige Spontansprache und eine sehr variable Benennleistung bei relativ besser erhaltenem Sprachverstehen. Zudem teilen alle Einzelfälle eine Sensitivität für den Benennkontext und die Präsentationsrate im expressiven BCN Paradigma. Diese Effekte zeigen sich nicht beim lauten Lesen oder im Wort-Bildzuordnen. Bei Wilshire und McCarthy (2002) ergeben sich darüber hinaus Hinweise für eine Dissoziation zwischen unflüssigen und flüssigen aphasischen Profilen. Dies deutet bei Annahme einer Korrelation zwischen patholinguistischem Profil und Läsionsort auf Unterschiede bezüglich der für die jeweiligen Effekte verantwortlichen neuronalen Grundlagen hin.

Auch auf Gruppenebene findet sich Evidenz für kategorielle Interferenz in homogenen Benennkontexten in Patientengruppen im BCN Paradigma. Schnur et al. (2006) untersuchten 18 Menschen mit Aphasie mit einem BCN Paradigma und kontrastierten hier die Leistungen der Patient*innen mit Broca Aphasie mit denjenigen mit anderen, vor allem flüssigen, aphasischen Syndromen. In der Gesamtgruppe konnten die aus den Einzelfalldarstellungen bekannten Effekte des Benennkontextes und des RSI repliziert werden. Darüber hinaus zeigten sich stärkere Interferenzeffekte in der Gruppe der Patient*innen mit Broca Aphasie. Interessant ist die Korrelation zwischen der Stärke der Effekte und den diagnostischen Ergebnissen in den Bereichen Wortflüssigkeit und Morphosyntax, welche die Autoren in der sprachtherapeutischen Diagnostik als entscheidende Maße zur Zuordnung zur Broca Gruppe festlegten. Riès et al. (2015) untersuchten sechs Patient*innen mit Läsion im Bereich des linken PFC sowie zwei Kontrollgruppen mit altersentsprechenden gesunden und jungen gesunden Proband*innen mit einem BCN Paradigma. Es zeigten sich die bekannten Interferenzeffekte durch den Kontext. Diese waren in der Patientengruppe stärker ausgeprägt als bei gesunden Kontrollen, was auf eine relevante Rolle des PFC für die Überwindung der Interferenz hinweist. In einer Folgestudie wiesen Harvey und Schnur (2015) in einer Gruppe von 18 Patient*innen mit Aphasie höhere Fehlerzahlen im BCN Paradigma in der kategoriell

relatierten Bedingung nach. Zudem stiegen diese im Gegensatz zu gesunden Proband*innen hier über die Zyklen hinweg an.

Die Studien zeigen einerseits, dass kategorielle Interferenz über das BCN Paradigma auch auf Gruppenebene als robuster Effekt nachzuweisen ist. Vergleiche unterschiedlicher Patientensubgruppen weisen auf einen Zusammenhang zwischen der Ausprägung des Effektes und spezifischen Läsionsmustern hin.

1.2.3) Das CN Paradigma bei Patient*innen

Das CN Paradigma wurde in Patientengruppen durchgeführt, Einzelfallanalysen liegen nicht vor. Riès et al. (2015) verwendeten neben dem oben beschriebenen BCN Paradigma ein CN Paradigma in der oben beschriebenen Gruppe von sechs Patient*innen und in den zwei Kontrollgruppen (gesund, altersentsprechend & gesund, jung). Die Autoren berichten Interferenz im CN Paradigma in allen drei untersuchten Gruppen, wenn auch die kategorielle Interferenz im CN im Vergleich zum BCN Paradigma weniger stark ausgeprägt war. Zudem zeigten alle Gruppen kumulative Interferenz, indem der Effekt mit jedem weiteren präsentierten Item einer Kategorie zunahm. Im Gegensatz zu den Ergebnissen des BCN Paradigmas waren hier Effekte in der Patientengruppe nicht stärker ausgeprägt als in den gesunden Kontrollgruppen.

Auch Harvey, Traut und Middleton (2019) konnten in einer Gruppe von 15 Menschen mit Aphasie kategorielle Interferenz im CN Paradigma nachweisen. Bei der Studie stand die Analyse der Fehler als Ausdruck kategorieller Interferenz im Fokus. Sie erstellten ein Itemset aus 615 Abbildungen von Alltagsobjekten. Dieses setzte sich aus 19 semantischen Kategorien nebst unrelatierten Füllern zusammen, die in pseudorandomisierter Reihenfolge präsentiert wurden. Analysiert wurde, ob kategorielle Interferenz in dieser Variante des CN Paradigmas in einer Gruppe von Menschen mit Aphasie nachweisbar ist, welche Fehlerarten zu beobachten sind, welchen Einfluss die Position in der Rangfolge der Items einer Kategorie auf die Fehlertypen nimmt und ob die semantische Nähe zwischen aufeinanderfolgenden relatierten Items einen relevanten Einflussfaktor bildet. Das Ergebnis bestätigt kategorielle Interferenz für Items einer gemeinsamen Kategorie. Diese führten zu signifikant mehr semantischen Fehlern bei relatierten Items. Bei relatierten Items nahmen ausschließlich semantische Fehler mit steigender Position zu, unabhängig von der Anzahl unrelatierter Items zwischen den Items einer Kategorie. Alle weiteren Fehlerarten wie Nullreaktionen oder

Umschreibungen nahmen mit steigender Position ab. Interessant ist ferner, dass größere semantische Nähe der relatierten Items zu einer Zunahme der semantischen Fehler führte.

Die erwähnten Studien unterstreichen, dass die Ergebnisse bei Patient*innen, die auf dem BCN und dem CN Paradigma basieren, deutlich homogener sind als dies für das PWI Paradigma der Fall ist. Kategorielle Interferenz konnte hier, ähnlich wie in gesunden Probandengruppen, in allen Fällen sowohl auf Einzelfall- als auch auf Gruppenebene nachgewiesen werden. Auch zeigte sich vergleichbar zu gesunden Probandengruppen kumulative kategorielle Interferenz im CN Paradigma. Die Frage, welchen Effekt assoziative Primes auf die Benennreaktion haben, bleibt aufgrund der Studienlage unklar. Dabei ist zu bedenken, dass die fazilitierende Wirkung bei gesunden Proband*innen ein mögliches therapeutisches Potential birgt. Andererseits sind für die Paradigmen CN und BCN auch bei Sprachgesunden keine robusten fazilitierenden Effekte beschrieben. Die vorliegende Studie widmet sich dem Vergleich assoziativ fazilitierender und kategoriell interferierender Effekte in einem PWI Ansatz.

Ein weiterer Aspekt ergibt sich im Vergleich zwischen gesunden Proband*innen und Patient*innen in allen Paradigmen: die beobachtenden Effekte der kategoriellen Interferenz, aber auch einer assoziativen Fazilitierung, bilden sich bei Sprachgesunden vor allem in den Benennlatenzen ab, während in Patientengruppen neben der Latenz auch die Fehlerzahl als verlässlicher Indikator zu bewerten war.

1.3) Psycholinguistische Modelle semantischer Kontexteffekte

Im Folgenden werden psycholinguistische Modelle der ungestörten Wortproduktion skizziert, um auf dieser Basis Annahmen zu Defiziten nach Läsionen im Sprachnetzwerk zu formulieren. Im Anschluss erfolgt eine Einordnung der semantischen Kontexteffekte in die wichtigsten Modelle zur Sprachproduktion. Vorangestellt sei, dass Modelle sich führend dahingehend unterscheiden, auf welcher Ebene des Sprachproduktionsprozesses die beschriebenen Effekte kategorieller und assoziativer Relationen angenommen werden. Dies beinhaltet neben der Aktivierung lexikalischer Kohorten auch die Frage nach Selektionsprozessen konkurrierender lexikalischer Einträge. Neurophysiologische Daten, Daten aus bildgebenden Studien und die Untersuchung von Patientengruppen unterstützen die Annahme eines gemeinsamen Ursprungs der Interferenz auf Ebene der lexikalischen Auswahl. Dies gilt für alle drei Paradigmen. Dennoch werden je nach Befund auch Effekte in der prä- und postlexikalischen

Ebene der Wortproduktion angegeben (Costa, Alario & Caramazza, 2005; Howard et al., 2006; Mahon et al., 2007).

Aufgrund der oben beschriebenen Effekte kategorieller und assoziativer Verwandtschaft bei gesunden Probandengruppen, gilt es folgende Phänomene in einer modelltheoretischen Einordnung zu erklären: (i) Kategorielle Verwandtschaft führt zu beeinträchtigten Benennleistungen im Vergleich zu unrelatierten Kontexten; diese nehmen beim CN Paradigma im Verlauf zu. (ii) Eine assoziative Verwandtschaft führt im PWI Paradigma zu erleichtertem Benennen; dies gilt für ein bestimmtes Zeitfenster und ist für das BCN und das CN Paradigma nicht einheitlich, da unter bestimmten methodischen Bedingungen assoziative Items Interferenz erzeugen.

1.3.1) Reguläre und die beeinträchtigte Sprachproduktion in WEAVER++

In der psycholinguistischen Forschung zur Systematik von Versprechern und Reaktionszeiten ist WEAVER++ ein weithin genutztes Modell zur Darstellung der Prozesse der Sprachverarbeitung (Levelt et al., 1999). Im Prozess des Wortabrufs steht hier an erster Stelle der Übertrag einer präverbalen Sprachabsicht in eine verbale Ebene. Dies beginnt mit der Aktivierung und Auswahl des passenden bedeutungstragenden Konzepts. Es folgt der Zugriff auf das mentale Lexikon, das zwei Ebenen, die Lemma- und die Wortformebene hat. Nach Auswahl des Konzepts wird zunächst das Lemma aktiviert, das semantische und grammatische Information des Zielwortes umfasst. Nach erfolgreicher Auswahl des passenden Lemmas wird auf Wortformebene die phonologische Form des Zielwortes abgerufen. Diese trägt die morphologische, metrische und segmentale Gestalt des Zielwortes und ist Voraussetzung für das phonetische Enkodieren und die Artikulation.

Zentral ist bei diesem Modell der zweigeteilte Zugriff auf das mentale Lexikon. Dies ist für die Erklärung semantischer Kontexteffekte von hoher Relevanz. Dell (1986), ebenso wie Roelofs (1992) und Levelt et al. (1999) nehmen die oben beschriebene Zweiteilung des Zugriffsprozesses auf das mentale Lexikon auf einer Lemma- und einer Wortformebene an, ebenso wie die grundlegende Struktur von Netzwerken aus miteinander verbundenen Knoten. Die Verbindungen zwischen Knoten sind hinsichtlich ihrer Art und ihrer Stärke spezifiziert. So werden Einträge zum einen horizontal, innerhalb der beiden Ebenen systematisch vernetzt und zum anderen eine vertikale Verbindung zwischen Lemma- und Wortformebene geschaffen, indem jedem Lemma genau ein Wortformknoten zugeordnet wird. Um den erfolgreichen Zugriff auf das mentale Lexikon und somit die erfolgreiche Auswahl eines

Lemmas und darauffolgend eines Wortformeintrages zu ermöglichen, wird in einem ersten Verarbeitungsschritt das dem Konzept zugehörige Lemma aktiviert. Verschiedene Sprachverarbeitungsmodellen gehen nun davon aus, dass es bei dieser Lemma-Selektion zu *spreading activation*, sich ausbreitender Aktivierung⁷, kommt (Dell, 1986; Levelt et al., 1999; Roelofs, 1992, 2018). Es wird angenommen, dass sich diese Aktivierung im Netzwerk auch auf benachbarte Knoten ausbreitet und diese ko-aktiviert. Die Stärke dieser Ko-Aktivierung hängt von der Stärke der Verwandtschaft und der Stärke der Verbindung zwischen Einträgen ab. Auf Lemma-Ebene werden weitere Einträge einer semantischen Kategorie über einen gemeinsamen Kategoriemknoten und Verbindungen zu geteilten semantischen Merkmalen ko-aktiviert. Dabei erfahren eng verwandte bzw. semantisch nahe und benachbarte Einträge stärkere Ko-Aktivierung als weiter entfernte Verwandte. Während in dem Modell nach Dell (1986) das am höchsten aktivierte Lemma ausgewählt wird, muss in WEAVER++ eine kritische Differenz an Aktivierung zu allen weiteren ko-aktivierten Lemmas erreicht werden. Hier hängt die erfolgreiche Lemma-Selektion damit sowohl von dem Maß an Aktivierung des Zieleintrags als auch von dem Aktivierungslevel aller weiterer verwandter ko-aktivierter Einträge ab. In dem darauffolgenden zweiten Verarbeitungsschritt schließt sich an die erfolgreiche Lemma-Selektion die Auswahl und der Abruf der passenden Wortform und somit die phonologische Enkodierung des Zielwortes an. Insgesamt ergibt sich hieraus die wichtigste Annahme zur Erklärung kategorieller Interferenz in WEAVER++: *selection by competition*⁸. Durch sich ausbreitende Aktivierung innerhalb der Netzwerke im mentalen Lexikon entsteht eine Kohorte an relativen und somit ko-aktivierten Einträgen, die in Konkurrenz zum eigentlichen Zieleintrag treten und dessen Auswahl erschweren.

Für das Verständnis der Prozesse im Rahmen der beeinträchtigten Sprachproduktion sind Erweiterungen und zusätzliche Annahmen innerhalb von WEAVER++ notwendig. Folgt man Dell, Schwartz, Martin, Saffran und Gagnon (1997) und Foygel und Dell (2000) kann eine Sprachbeeinträchtigung in Form quantitativer Veränderungen der physiologischen Prozesse der Sprachverarbeitung abgebildet werden, ohne dass es Veränderungen der grundlegenden Architektur des Modells bedarf. Zentrales Modul der veränderten Verarbeitung ist hier erneut

⁷ Da sich der englische Terminus „spreading activation“ für sich im Netzwerk ausbreitende Aktivierung auch im deutschen Sprachraum etablierte, soll in dieser Arbeit ebenfalls weiterhin der englische Terminus verwendet werden.

⁸ Da sich der englische Terminus „selection by competition“ für die lexikalische Auswahl in einem Zustand hoher Konkurrenz zwischen ko-aktivierten Einträgen auch im deutschen Sprachraum etablierte, soll in dieser Arbeit ebenfalls weiterhin der englische Terminus verwendet werden.

der zweigeteilte Lexikonzugriff. Dell et al. (1997) nehmen in ihrem *weight decay model* Veränderungen der Verbindungsstärke innerhalb des Netzwerkes sowie Veränderungen in der Intaktheit von Einträgen an. Dies wird als Zerfallsrate von Aktivierungszuständen dieser Einträge angenommen. Zum einen reduziert eine Läsion das Maß der sich ausbreitenden Aktivierung, indem die Verbindungsstärken zwischen Einträgen herabgesetzt werden. Zum anderen erhöht sich die Zerfallsrate der Aktivierung der Einträge des Netzwerkes, sodass es insgesamt zu einem Zustand reduzierter item-spezifischer Aktivierung kommt und der störende Einfluss von unspezifischer Aktivierung innerhalb des Netzwerkes, auch intrinsisches Rauschen genannt, zunimmt. Veränderungen dieser beiden Parameter werden als global angenommen, sodass eine Reduzierung der Verbindungsstärke und eine Erhöhung der Zerfallsrate sowohl die Lemma- als auch die Wortform-Ebene betreffen. Eine Alternative hierzu bieten Foygel und Dell (2000) in ihrem *semantic-phonological model*, welches Patientendaten vergleichbar gut modelliert wie das *weight decay model*, in seinen Annahmen aber deutlich stärker grundlegenden theoretischen Annahmen zur Sprachproduktion folgt. Die Autoren trennen zwischen der lexikalischen Auswahl und dem phonologischen Enkodieren und nehmen ausschließlich Veränderungen in der Verbindungsstärke zwischen semantisch-lexikalischen und lexikalisch-phonologischen Leveln an. Diese könne unabhängig voneinander durch Läsionen betroffen sein. Die Intaktheit von Repräsentationen, zuvor als Zerfallsrate ausgedrückt, bleibt in diesem Fall von Läsionen unbeeinträchtigt. Harvey und Schnur (2015) erweitern diese Annahmen, um eine Zunahme an Rauschen bzw. unspezifischer Aktivierung innerhalb des Netzwerkes, die eine Unterscheidung zwischen Zieleintrag und den konkurrierenden ko-aktivierten Einträgen erschwert.

In der vorliegenden Arbeit wird von einer grundlegend erhaltenden Modellarchitektur auch nach Läsionen in sprachrelevanten Arealen ausgegangen. Einzelne Module des Sprachproduktionsprozesses können gestört sein. Es wird weiterhin angenommen, dass eine Läsion den Aktivierungsfluss und die Gesamtmenge von Aktivierung im Netzwerk beeinträchtigt, während die Einträge im Lexikon durch die Läsion deutlicher verrauscht sind. Daraus resultiert eine schwierigere Differenzierung zwischen Zieleintrag und Konkurrenten und die lexikalische Auswahl ist erschwert.

1.3.2) Semantische Kontexteffekte durch „selection by competition“ in WEAVER++

Überträgt man die oben dargestellten Modellannahmen auf das PWI Paradigma, kommt es auf konzeptueller Ebene bei assoziativer und kategorieller Verwandtschaft zu einer

Aktivierung des Zielkonzeptes und des Konzeptes des Ablenkerwortes. In der kategoriellen Bedingung werden durch den präsentierten Ablenker und den gemeinsamen Kategoriemnoten weitere Einträge der gemeinsamen semantischen Kategorie aktiviert. Es entsteht dann auf Lemma-Ebene eine Kohorte ko-aktivierter, verwandter Einträge, sodass die kritische Aktivierungsdifferenz zwischen dem Lemma des Zieleintrags und allen weiteren ko-aktivierten Einträgen erschwert wird, was die erfolgreiche Lemma-Selektion erschwert. Bei sprachgesunden Probandengruppen zeigt sich dies in steigenden Benennlatenzen und kategorieller Interferenz (Roelofs, 2018). Bei Proband*innen mit einer Aphasie wird die Fehlselektion eines ko-aktivierten Kohortenbarn als Ursache semantischer Paraphasien angenommen. Vergleichbar hierzu wird auch im BCN sowie im CN Paradigma durch den wiederholten Zugriff auf eine semantische Kategorie ein Zustand hoher Konkurrenz zwischen verwandten Einträgen erzeugt. Es ist weitgehend akzeptiert, dass die hohe Konkurrenz aufgrund semantischer Verarbeitung entsteht. Hingegen bleibt umstritten, auf welchem Teilschritt diese zu verorten ist. (Abel et al., 2009; Costa et al., 2005; Damian & Bowers, 2003). Roelofs (2018) folgt der These von Belke (2013), die später auch von Harvey und Schnur (2016) aufgegriffen wurde und unterscheidet Ursprung („*origin*“) und Wirkungsort („*locus*“) kategorieller Interferenz. Als Ursprung wird eine veränderte Verbindungsstärke auf konzeptueller Ebene angenommen. Als Wirkungsort der behavioralen Effekte wird die lexikalische Auswahl vorgeschlagen.

Im Fall der assoziativen Fazilitierung zeigen Alario et al. (2000), dass die erleichternden Effekte assoziativer Ablenkerwörter im PWI Paradigma ausschließlich bei ausreichend früher Präsentation vor dem Zielwort vorhanden sind. Kategoriell relatierte Ablenker wirken später im lexikalischen Auswahlprozess. Assoziativ relatierte Wörter führten in der genannten Studie (Alario et al., 2000) nur bei einer frühen Präsentation von 234 ms vor dem Zielbild zu erleichtertem Benennen, wohingegen bei einem zeitlichen Abstand von nur 114 ms zwischen Distraktor und Zielbild ausschließlich kategoriell relatierte Ablenker zu erschwertem Benennen führten und assoziative Fazilitierung nicht mehr nachweisbar war. Im Gegensatz zur Selektion unter hoher Konkurrenz in kategoriellen Kontexten, wird in assoziativen Kontexten kein gemeinsamer Kategoriemnoten aktiviert. Daher werden keine relatierten Einträgen ko-aktiviert, sondern es besteht lediglich eine hohe Aktivierung des Distraktors und des Zielbildes durch deren assoziative Verbindung. Diese Aktivierung breitet sich unspezifisch auf weitere relatierte Einträge aus. Zudem bildet sich die Aktivierung des Ablenkens bei früher Präsentation soweit zurück, dass sie kaum Einfluss auf die Lemma-Selektion hat. Die

assoziative Verbindung zwischen Distraktor und Zielbild führt zu konzeptuellem Priming, was die Selektion des Zieleintrags erleichtert und zu Priming führt. Demnach ist innerhalb von WEAVER++ von einem frühen, konzeptuellen Priming durch assoziative Ablenker und im Fall der kategoriellen Ablenker, von einer späteren erschwerten Selektion auf Lemma-Ebene durch erhöhte Konkurrenz auszugehen (Abel et al., 2009; Alario et al., 2000).

Howard et al. (2006) sowie Oppenheim, Dell und Schwartz (2010) präsentierten computergestützte Modelle, die kumulierende Interferenz mit steigender Zahl an präsentierten Items einer semantischen Kategorie als wichtigsten Effekt annehmen. Die Langlebigkeit dieses Effektes erklärt die Befunde der Zunahme im CN Paradigma. Eine kurze Darstellung des Modells findet sich an späterer Stelle. Exakt diese Phänomene stellen für Howard et al. (2006) eine Falsifizierung der oben dargestellten Version von WAEVER++ dar (Roelofs, 2018). Demnach war in WEAVER++ nicht erklärbar, warum nach der Benennung eines Items dieses die Benennung der darauffolgenden relatierten Items im CN Paradigma behindert und dieser Effekt zudem mit jedem weiteren Item dieser Kategorie zunimmt. Hierzu wäre ein langlebiges Priming durch bereits benannte Items anzunehmen, das intervenierende unrelatierte Items überdauert und so eine Konkurrenz zum jeweils aktuellen Zielbild begründet. Roelofs (2018) erweitert aus diesem Grund das Modell um einen *conceptual bias*. Sofern ein Wort einer bestimmten semantischen Kategorie entweder erfolgreich benannt wurde (CN oder BCN Paradigma) oder aber als Ablenkerwort präsentiert wurde (PWI Paradigma), wird dessen Verfügbarkeit auf konzeptueller Ebene zur Selektion für darauffolgende Zugriffe temporär erhöht. Folgt ein weiteres Item der gleichen semantischen Kategorie, tritt das vorherig benannte auf Lemma-Ebene aufgrund dieses Bias verstärkt in Konkurrenz zum aktuellen Zielitem. Je mehr Items einer semantischen Kategorie auf diese Weise voraktiviert werden, desto mehr Konkurrenten entstehen auf Ebene der Lemma-Auswahl. Dies erklärt neben den Daten aus dem PWI Paradigma die kumulative und langanhaltende kategorielle Interferenz im CN Paradigma. Nimmt man an, dass der Bias nur zeitlich begrenzt auftritt, können auf diesem Weg auch die Befunde von Schnur (2014) modelliert werden, die nach acht intervenierenden unrelatierten Items im CN Paradigma keine hemmende Wirkung durch die gemeinsame semantische Kategorie mehr fanden. Gestützt wird dies durch die Ergebnisse von Belke (2013), auf denen die *conceptual accumulation hypothesis* beruht. Auch hier wird der Ursprung kategorieller Interferenz auf konzeptueller Ebene angenommen. Durch die wiederholte Aktivierung einer semantischen Kategorie akkumuliert residuelle Aktivierung innerhalb der Konzepte dieser Kategorie. Es

entsteht daraus eine Gruppe hoch aktivierter Lemmas, woraus hohe Konkurrenz während des Lexikonzugriffs resultiert. Mit jedem weiteren präsentierten Exemplar einer Kategorie nimmt dieser Zustand zu, sodass es im CN Paradigma zu ansteigender Interferenz kommt. Zur Erklärung der fehlenden ansteigenden Interferenz im BCN Paradigma betont die Autorin die Rolle der kognitiven Kontrolle, die *top-down* gesteuert, über die Kenntnis des Itemsets aktiv wird und eine ansteigende Interferenz verhindert. Auch Harvey et al. (2019) fanden in ihrer Untersuchung zum CN Paradigma in einer Patientengruppe Evidenz für inkrementelles Lernen als Erklärungsansatz für langlebige und kumulative kategorielle Interferenz. Es fand sich hier ausschließlich ein kumulativer Anstieg semantischer Fehler, wohingegen alle weiteren Fehlerarten (inklusive phonologische Fehler) mit steigender Position abnahmen. Vergleichbar zu dem Konzept des *conceptual bias*, das Roelofs (2018) präsentierte, nehmen Harvey und Kollegen deshalb temporäre Veränderungen der Verbindungsstärke nach Benennung des ersten Items einer Kategorie in der semantisch-lexikalischen Verarbeitung als Ursache des kumulativen Effekts an. Im Besonderen beinhalten diese Darstellungen eines konzeptuellen, jedoch zeitlich begrenzten Bias weiterhin eine erfolgreiche Simulation der im BCN Paradigma fehlenden kumulativen Interferenz und der erleichternden Wirkung des homogenen Kontextes im ersten Zyklus. Diese Punkte sind besonders in den Modellen von Howard et al. (2006) und Oppenheim et al. (2010) nur partiell erklärbar.

WEAVER++ findet neben dem von Roelofs (2018) weiterentwickelten Erklärungsansatz in zwei weiteren etablierten Modelltheorien zur kategoriellen Interferenz Berücksichtigung. Es dient dabei als Grundgerüst der Sprachverarbeitung. Einige Teilschritte wurden modifiziert, um die konträren Effekte assoziativer und kategorieller Verwandtschaftsbeziehungen besser zu fassen. Im Folgenden sollen deshalb zunächst die Annahmen zur *refraktären Zugriffstörung* (McCarthy & Kartsounis, 2000; Warrington & McCarthy, 1983) und folgend das *swinging lexical network model* (Abdel Rahman & Melinger, 2009, 2019) dargestellt werden.

1.3.3) Semantische Kontexteffekte als refraktäre Zugriffstörung

Warrington und McCarthy (1983) und McCarthy und Kartsounis (2000) entwickelten eine theoretische Einordnung kategorieller Interferenz als refraktäre Zugriffstörung auf das semantische System. McCarthy und Kartsounis (2000) beschreiben dazu das Profil des Patienten FAS. In einer Version eines semantisch geblockten Benennparadigmas, in dem der RSI zwischen einer und zehn Sekunden variiert wurde, zeigte FAS schlechtere Leistungen für kategoriell homogene Blöcke bei kurzen Response-Stimulus Intervallen. Der Ursprung der

gezeigten kategoriellen Interferenz wurde in einem refraktären Zustand des semantischen Systems angenommen. Warrington und McCarthy (1983) beschreiben dieses wie folgt: „a reduction in the ability to utilize the system efficiently for a period of time following activation“ (S. 874). Das semantische System kann demnach nach Aktivierung für einen begrenzten Zeitraum nicht effizient genutzt werden und benötigt länger, um in seinen Ausgangszustand zurückzukehren. Dieser refraktäre Zustand entsteht innerhalb des semantischen Systems und überträgt sich auf die Lemma-Ebene, auf der es die erfolgreiche Lemma-Selektion erschwert (Belke et al., 2005). Entscheidend ist, dass von intakten semantischen Repräsentationen ausgegangen wird, auf welche temporär nicht zugegriffen werden kann. Es ist zu betonen, dass dieser refraktäre Zustand zwar auch im gesunden Netzwerk besteht, nach Läsionen des Sprachnetzwerkes allerdings ungewöhnlich langanhaltend ist (Campanella & Shallice, 2011; McCarthy & Kartsounis, 2000; Warrington & McCarthy, 1983).

Jefferies, Baker, Doran und Ralph (2007) nehmen für die refraktäre Zugriffstörung eine synaptische Depression als neuronales Korrelat des refraktären Zustands an. Die Hypothese der post-exzitatorischen Refraktivität ist umstritten. McCarthy und Kartsounis (2000) nehmen in ihrer *refractory inhibition hypothesis* einen verlängerten Zeitraum erhöhter Inhibition bzw. negativer Aktivierung im mentalen Lexikon an, was dazu führe, dass kein Lemma ausreichend Aktivierung erfahre, um selektiert zu werden. Der von ihnen getestete Patient FAS zeigte sich deshalb im Verlauf „jammed‘ and mute“ (S. 495). Die Annahme verstärkter Inhibition als Ursache des refraktären Status weicht klar von der Grundannahme ausschließlich positiver Aktivierung in WEAVER++ ab (Levelt et al. (1999). McCarthy und Kartsounis begründen diese durch die zahlreichen Nullreaktionen und darauf, dass FAS nahezu keinerlei Perseverationen als Hinweis auf verstärkte Aktivierung zeigte. In dieser Auffassung stehen Perseverationstendenzen und die refraktäre Zugriffstörung in einer komplementären Beziehung. Im Gegensatz dazu steht die Annahme, dass durch den wiederholten Zugriff ein refraktärer Zustand des semantischen Systems als Überaktivierung aller relatierten Einträge entsteht, da residuelle Aktivierung nach dem Benennen nicht ausreichend schnell abgebaut wird. Über mehrere Benennvorgänge hinweg summiert sich die Aktivität durch den gemeinsamen Kategorieknoten und die geteilten semantischen Merkmale. Aufgrund dieser Überaktivierung erreicht kein Lemma die für die Selektion kritische Aktivierungsdifferenz (Belke et al., 2005; Campanella & Shallice, 2011). Schnur et al. (2006) widmeten sich der Kontroverse zwischen „*too much inhibition*“ und „*too much excitation*“ im BCN Paradigma,

ähnlich wie McCarthy und Kartsounis (2000) zuvor, über eine zusätzliche qualitative Analyse der Fehlerarten. In ihrer Untersuchung zeigten sich vor allem semantische Substitutionen sowie Nullreaktionen. Die gezeigten semantischen Substitutionen bestanden vor allem aus Ersetzungen durch vorherig benannte Objekte innerhalb des Itemsets. Im Gegensatz zu McCarthy und Kartsounis (2000), die kaum Perseverationen fanden, sprach dies für eine Überaktivierung der Einträge einer semantischen Kategorie. Diese hatte zur Folge, dass zufällig einer der stark (vor-)aktivierten Einträge oder keiner ausgewählt wurde, was sich im beschriebenen Fehlermuster zeigte.

Unabhängig von der Polarität des Aktivierungsmusters lassen sich verschiedene Phänomene der kategoriellen Interferenz über eine refraktäre Zugriffstörung modellieren, die über eine reine inhibitorische Wirkung homogener Benennkontexte hinausgehen. Kurze RSI erhöhen die Wahrscheinlichkeit für das folgende Item im refraktären Zeitfenster benannt zu werden, während diese Wahrscheinlichkeit bei RSI von zehn Sekunden deutlich abnimmt. Nimmt man an, dass sich der refraktäre Zustand auf benachbarte Einträge ausbreitet, erklärt dies, warum semantische nahe bzw. eng verwandte Items stärkere kategorielle Interferenz hervorrufen als semantisch ferne Einträge (Campanella & Shallice, 2011; Rose, Aristei, Melinger & Abdel Rahman, 2019).

Wilshire und McCarthy (2002) erweiterten den Ansatz der refraktären Zugriffstörung und einer resultierenden Überaktivierung um einen kognitiven Kontrollmechanismus, welcher in Situationen hoher Konkurrenz zur erfolgreichen Lemma-Selektion notwendig wird. Der Kontrollmechanismus reguliert das Aktivierungslevel innerhalb der semantischen Kategorie zu Gunsten des Zieleintrags. Die Kontrollfunktion wird als Teil der Frontalen Exekutive gesehen, die im PFC verortet ist. (Campanella & Shallice, 2011; Jefferies & Lambon Ralph, 2006; Jefferies et al., 2007). Auf exekutive Leistungen im Rahmen des Benennens und die mutmaßlichen neuroanatomischen Korrelate wird weiter unten eingegangen.

1.3.4) Semantische Kontexteffekte gemäß des *Swinging Lexical Network Model*

Abdel Rahman und Melinger (2009, 2019) entwickelten das *swinging lexical network model* (SLNM) basierend auf den Beobachtungen zur Qualität und Quantität der Effekte verschiedener semantischer Benennkontexte. Eine Weiterentwicklung der modelltheoretischen Annahmen in WEAVER++ basiert auf Befunden, die sowohl erleichternde als auch und inhibierende Effekte in assoziativen und kategoriellen Verwandtschaftsbeziehungen darstellten. Dabei ist die grundlegende Modell-Architektur und

die Annahme von selection by competition beibehalten. Das Modell erlaubt eine Modellierung der Daten aus allen drei in der Literatur genutzten Paradigmen (PWI, CN, BCN).

Das SLNM basiert auf zwei grundlegenden Annahmen: (i) für verhaltensrelevante Interferenz und messbare Inhibition ist die Aktivierung einer ausreichend großen Kohorte von Konkurrenten auf lexikalischer Ebene erforderlich. Diese Annahme basiert auf der *Luce Ratio* (Levelt et al., 1999; Roelofs, 1992), die die Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Selektion des Ziel-Lemmas als Quotient der Ziel-Lemma-Aktivierung und der Summe der Aktivierung aller weiteren ko-aktivierten Lemmas beschreibt. Wie oben erwähnt, hängt die Latenz der erfolgreichen Lemma-Selektion damit entscheidend von dem Aktivierungsgrad im gesamten Netzwerk und der Zahl an Konkurrenten ab. (ii) Weiterhin wird eine Beeinflussung des Sprachproduktionsprozesses durch semantische Kontexte auf zwei Verarbeitungsstufen angenommen. Auf konzeptueller Ebene kommt es durch semantische Kontexte zu semantischem Priming des Zielkonzeptes, wohingegen auf lexikalischer Ebene Konkurrenz zwischen ko-aktivierten Einträgen entsteht. Welche Polarität die Effekte an der Oberfläche annehmen, hängt davon ab, ob das konzeptuelle Priming oder die lexikalische Konkurrenz überwiegen. Dies wird maßgeblich durch die Größe der aktivierten Kohorte bestimmt. In kategoriellen Beziehungen wird durch den gemeinsamen Kategoriemknoten und die hohe Zahl gemeinsamer semantischer Merkmale eine große Konkurrenz-Kohorte der semantischen Kategorie aktiviert. Durch die hohe Vernetzung bündelt sich die Aktivierung innerhalb der Kategorie, das kategorielle Netzwerk wird in Schwingung versetzt. Die daraus resultierende starke Interferenz überwiegt das Priming auf konzeptueller Ebene, es resultiert kategorielle Interferenz auf den Benennprozess. Im Fall der assoziativen Ablenker hingegen kommt es zu einer „eins-gegen-eins“ Situation, da es hier keinen gemeinsamen Kategoriemknoten und nur wenige gemeinsame semantische Merkmale gibt. Die Aktivierung verteilt sich in diesem Fall über die beiden Kategoriemknoten abnehmend im gesamten Netz und bündelt sich nicht wie zuvor. Hier überwiegt das semantische Priming auf konzeptueller Ebene die nur geringe Konkurrenz auf lexikalischer Ebene. Es resultiert eine assoziative Fazilitierung des Benennprozesses (Abdel Rahman & Melinger, 2009, 2019). In Abbildung 5 ist das Modell schematisch für das Zielbild HUND mit dem kategoriell relatierten Ablenker KATZE und dem assoziativ relatierten Ablenker KNOCHEN dargestellt. Über den gemeinsamen Kategoriemknoten (TIERE) von HUND und KATZE wird eine große Kohorte enger und weiter verwandter Einträge aktiviert, sodass es zu Konkurrenz kommt und an der Oberfläche kategorielle Interferenz überwiegt. KNOCHEN und HUND teilen keinen gemeinsamen

Kategorieknoten, sondern sind über deren assoziative Relation miteinander verbunden. Es entsteht eine eins-gegen-eins Situation. An der Oberfläche überwiegt das konzeptuelle Priming und das Benennen wird faziilitiert. Um kumulative kategorielle Interferenz im CN Paradigma zu erklären, erweiterten Abdel Rahman und Melinger (2019) das SLNM um einen Lernmechanismus auf konzeptueller Ebene, der vergleichbar zu den Annahmen von Belke (2013) und Roelofs (2018) ist: Länger anhaltende erhöhte Aktivierung resultiert in nachfolgend zunehmender Interferenz auf der Lemma-Ebene für semantisch verwandte Einträge.

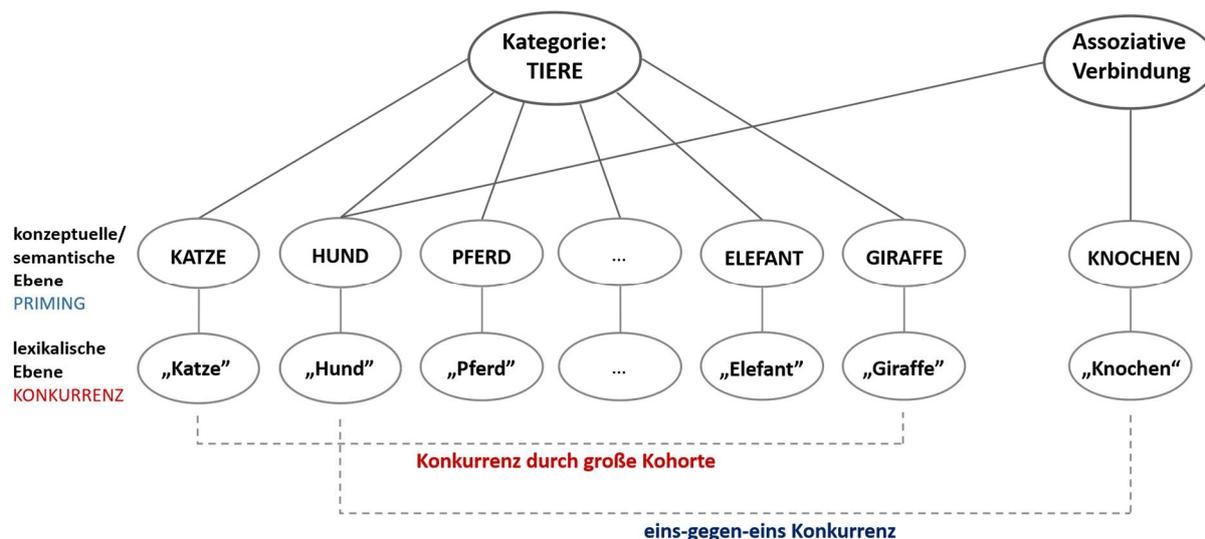


Abbildung 5. Schematische Darstellung des SLNM am Beispiel der Kategorie TIERE mit dem Zielbild HUND und den Ablenkern KATZE und KNOCHEN (angelehnt an Abdel Rahman & Melinger (2009), S. 720).

Die hohe Relevanz der Kohortengröße für die Polarität der Effekte wird durch die Befunde von Abdel Rahman und Melinger (2007) gestützt: mit identischem sprachlichen Material konnte assoziative Faziilitierung im PWI Paradigma (bspw. Honig – Biene) erzeugt werden, während sich im BN Paradigma Interferenz durch assoziative Kontexte ergab. Letzteres setzte voraus, dass ein gemeinsames Thema (bspw. Imkerei: Honig, Biene, Wabe, Bienenstock...) ausreichend stark aktiviert und so temporär eine ausreichend große Kohorte geschaffen wurde, in der Konkurrenz zwischen Einträgen des Themas das konzeptuelle Priming überwog. Neben der Kohortengröße nimmt zudem die Stärke der Verwandtschaft und der Verbindung zwischen Einträgen im mentalen Lexikon entscheidenden Einfluss auf die Qualität und Quantität der zu beobachtenden Effekte. Die Stärke der Verwandtschaft definiert sich hier als semantische Nähe zwischen Einträgen. Semantisch nahe, eng verwandte Einträge (Hund – Katze) erfahren stärkere Ko-Aktivierung als semantisch ferner verwandte Einträge (Hund – Giraffe) und weisen eine höhere Verbindungsstärke auf (Abdel Rahman & Melinger, 2019;

Roelofs, 1992; Rose et al., 2019). Rose et al. (2019) kontrastierten in einem PWI Paradigma semantisch nahe Relationen (Orang-Utan – Gorilla, gemeinsames Basislevel einer Kategorie) und semantisch fernere Verwandtschaftsbeziehungen (Orang-Utan – Pferd, gemeinsamer Kategorieknoten). Dies ergab kontinuierlich steigende kategorielle Interferenz mit steigender Nähe der semantischen Verwandtschaft. Die Kohortengröße allein kann nicht bestimmender Faktor sein. In diesem Fall wäre von stärkerer Interferenz durch semantisch ferne Distraktoren auszugehen, da über den gemeinsamen Kategorieknoten eine größere, wenn auch weniger spezifische Kohorte aktiviert würde. Auch wäre in der semantisch nahen Bedingung eine Aktivierung weniger, stärker verwandter Einträge anzunehmen. Da sich das gegenteilige Muster abbildete, ist von einer Interaktion zwischen Kohortengröße und Aktivierungsstärke auszugehen, sodass trotz der kleineren Kohorte in der semantisch nahen Bedingung, der hohe Aktivierungsgrad innerhalb dieser zu einer stärkeren kategoriellen Interferenz führte (Abdel Rahman & Melinger, 2009, 2019; Rose et al., 2019).

1.3.5) Alternative Ansätze zur Einordnung semantischer Kontexteffekte

Sowohl die refraktäre Zugriffstörung als auch das SLNM lassen sich innerhalb WEAVER++ modellieren und bieten einen theoretischen Rahmen zum Verständnis semantischer Kontexteffekte. Neben diesen führenden Modellen sollen der Vollständigkeit halber im Folgenden kurz alternative Erklärungsansätze zur Einordnung semantischer Kontexteffekte erwähnt werden. Diese sind für die Analyse der Daten im experimentellen Teil dieser Arbeit von untergeordneter Bedeutung.

Rezente computergestützte Ansätze legen den Fokus auf die Erklärung kumulativer kategorieller Interferenz (Howard et al., 2006; Oppenheim et al., 2010). Howard et al. (2006) entwickelten die Methodik des CN Paradigmas. Daher zielt die modelltheoretische Erklärung auf die beobachtete kategorielle Interferenz relatierter Wörter, die über mehrere unterbrechende, unrelatierte Items hinweg robust zunimmt. Für die Autoren waren drei Eigenschaften zur erfolgreichen computergestützten Modellierung der behavioralen Daten des CN Paradigmas zwingend erforderlich: Konkurrenz, Priming sowie geteilte Aktivierung. Im Netzwerk wurden in der Computersimulation exzitatorische Verbindungen zwischen Konzepten und Lemmas, zwischen verschiedenen Lemmas jedoch ausschließlich inhibitorische Verbindungen angenommen. Im Benennprozess erfahren sowohl das Zielkonzept als auch weitere relatierte Konzepte Aktivierung. Bei Erreichen eines kritischen Schwellenwertes und erfolgreicher Zielbildbenennung wird die Verbindung zwischen Konzept

und Lemma gestärkt. Wird ein weiteres Item der gleichen Kategorie benannt, kommt es zu Interferenz durch das gestärkt voraktivierte Lemma des vorherigen Bildes. Je mehr Items einer Kategorie auf diese Weise voraktiviert sind, desto mehr Interferenz entsteht auf Lemma-Ebene. Das erklärt die kumulative kategorielle Interferenz im CN Paradigma. Zentral ist die Annahme, dass die Voraktivierung durch die gestärkte Verbindung zwischen vorherig benannten Konzepten und Lemmas langanhaltend ist. Dies erklärt, warum unterbrechende unrelatierte Items keinen wesentlichen Einfluss auf die inkrementelle kategorieller Interferenz haben.

Das Modell von Oppenheim et al. (2010) basiert auf den Komponenten lexikalische Aktivierung, lexikalische Selektion sowie Lernen. Die Autoren nehmen sowohl exzitatorische als auch inhibitorische Verbindungen von konzeptuellen semantischen Merkmalen zur Lemma-Ebene an. Die Verbindungsstärken zwischen semantischen Merkmalen und Lemmas wurden experimentell über einen Lernprozess bestimmt und repräsentieren Lernprozesse während des Spracherwerbs. Während des Bildbenennens werden die semantischen Merkmale des Bildes aktiviert, ebenso wie alle Einträge, die mit diesen semantischen Merkmalen verbunden sind. Selektiert wird der am stärksten aktivierte Eintrag. Sind die Differenzen zwischen Einträgen zu gering, um eine erfolgreiche Auswahl zu ermöglichen, setzt ein Verstärkungsmechanismus (*Booster*) ein. Dieser erhöht die Aktivierungslevel im Netz, bis ein Eintrag einen kritischen Schwellenwert erreicht und selektiert wird oder der Mechanismus ausläuft und kein Eintrag ausgewählt und benannt wird. Im Anschluss an die lexikalische Selektion setzt ein fehlerbasierter Lernmechanismus ein und verändert die Verbindungsstärken zwischen semantischen Merkmalen und Lemma-Einträgen. Verbindungen des Zielwortes werden gestärkt, Verbindungen zu allen weiteren aktivierten Einträgen werden geschwächt. Im darauffolgenden relatierten Bild ist daher das zuvor benannte Bild ein starker Konkurrent, während alle weiteren relatierten Einträge, inklusive des aktuellen Zielwortes, zuvor inhibiert wurden. Dies verstärkt sich mit jedem weiteren benannten Bild einer Kategorie, sodass es im CN Paradigma zu kumulativer kategorieller Interferenz kommt. Erneut wird dieser Lernmechanismus als langanhaltend angenommen und gewährleistet so Priming durch Wiederholung, bei gleichzeitig langanhaltender kategorieller Interferenz.

Zusammenfassend bieten beide computergestützten Modelle Erklärungsansätze für kumulative kategorielle Interferenz im CN Paradigma, allerdings nicht für das Priming im ersten Zyklus des BCN Paradigmas. Zudem wurden sie durch die Autoren nicht auf das PWI

Paradigma ausgerichtet. Da zahlreiche neuroanatomische und neurophysiologische Studien einen gemeinsamen Lokus der Effekte im PWI, CN und im BCN Paradigma vermuten lassen, ist eine gemeinsame Modellierung aller Effekte innerhalb eines theoretischen Rahmens sinnvoll (Abdel Rahman & Melinger, 2019; Roelofs, 2018). Dies leisten WEAVER++ mit den von Roelofs (2018) angeführten Erweiterungen und das Swinging Lexical Network Model (Abdel Rahman & Melinger, 2009, 2019).

Alle erwähnten Modelle lokalisieren die Entstehung und Wirkung semantischer Kontexteffekte auf der Ebene der semantisch-lexikalischen Verarbeitung. Mahon et al. (2007) postulieren im klaren Gegensatz hierzu in ihrer *response exclusion hypothesis* einen post-lexikalischen Ursprung kategorieller Interferenz. Zentral für dieses Modell ist die Annahme eines artikulatorischen Outputbuffers, der einen „Flaschenhals“ im Verlauf des Wortbenennens einnimmt. Unter dieser Annahme belegen im PWI Paradigma die präsentierten Distraktorwörter zeitlich vor dem Zielwort den Outputbuffer. Die Latenz und der Erfolg des Benennens des Zielbildes hänge daher maßgeblich davon ab, ob und wie schnell das Distraktorwort aus dem artikulatorischen Outputbuffer entfernt und durch das Zielitem ersetzt werden kann. Dabei sind die Relevanz und Plausibilität des Distraktors als Zielwort im Paradigma entscheidend. Ist der Distraktor semantisch related zum Zielwort, ist er eine plausiblere Antwort als ein unrelatiertes Item und die Entfernung aus dem Outputbuffer nimmt mehr Zeit in Anspruch. Wenn auch ursprünglich für Ergebnisse des PWI Paradigmas modelliert, übertragen die Autoren diese Modellannahmen auf Ergebnisse aus dem CN und BCN Paradigma (Abdel Rahman & Melinger, 2009). Gegenevidenz zu den vorherigen modelltheoretischen Annahmen innerhalb WEAVER++ bildete für Mahon und Kollegen (2007) assoziatives Priming, welches in Modellen, die auf selection by competition beruhen, nicht zu erklären sei (vgl. aber Abdel Rahman & Melinger, 2009, 2019). Als weitere Evidenz für deren response exclusion hypothesis nennen die Autoren Effekte semantischer Nähe. Da semantisch nahe und ferne Distraktoren vergleichbar plausible Reaktionen im PWI Paradigma darstellen, wird ähnlich viel Zeit zur Entfernung aus dem artikulatorischen Outputbuffer benötigt. Da semantisch nahe Ablenker allerdings mehr semantisches Priming induzieren, gelingt die Benennung des Zielbildes in dieser Bedingung insgesamt schneller. Mahon et al. (2007) konnten im PWI Paradigma eben diese schnelleren Reaktionszeiten für semantisch nahe im Vergleich zu semantisch fernen Distraktoren abbilden. Dies steht im klaren Widerspruch zur oben erwähnten Evidenz, sowohl für das CN- als auch für das PWI-Paradigma (Rose & Abdel Rahman, 2017; Rose et al., 2019). Beide zeigten eine kontinuierliche Zunahme kategorieller

Interferenz mit semantischer Nähe. Kritisch anzumerken ist zudem, dass in der Untersuchung von Mahon et al. (2007) semantische Nähe über gemeinsame semantische Merkmale definiert wurde. So wurden Items als semantisch eng related definiert, die zum Teil nur sehr wenige unspezifische Merkmale wie Farbe (ERDBEERE – HUMMER) oder Form teilen und semantisch verschiedenen Kategorien angehören (Rose & Abdel Rahman, 2017; Rose et al., 2019).

Bezüglich der modelltheoretischen Einordnung bietet das SLNM, mit seiner auf WEAVER++ basierenden Architektur, eine theoretische Grundlage, die es ermöglicht, sowohl kategorielle Interferenz als auch assoziative Fazilitierung aus allen drei prominenten Paradigmen innerhalb eines Modells abzubilden. Zudem bietet das SLNM Erklärungsansätze für kumulative kategorielle Interferenz im CN Paradigma, für assoziative Interferenz sowie für Effekte semantischer Nähe. Obwohl computergestützte Simulationen noch ausstehen und bisher noch kein Übertrag auf Patientendaten stattfand, dient das SLNM mit grundlegenden architektonischen Annahmen aus WEAVER++ als Arbeitsmodell dieser Arbeit.

1.4) Neuroanatomische Grundlagen semantischer Kontexteffekte beim Bildbenennen

Neben den linguistischen Modellen zur Modulation des Wortabrufs durch semantische Kontexte wird im Folgenden eine Übersicht über mutmaßliche neuronale Korrelate gegeben. Makrostrukturell sind bestimmte Hirnareale in funktionelle Netzwerke eingebunden, die für Entstehung, Verarbeitung und Auflösung semantischer Kontextfaktoren beim Benennen von Bedeutung sind.

Die stetige Verbesserung der Auflösung struktureller und funktioneller Bildgebung ermöglichte in den letzten beiden Jahrzehnten eine relativ spezifische Zuordnung der Hauptakteure des primär linkslateralisierten Sprachproduktionsnetzwerkes für den Wortabruf. Indefrey und Levelt (2000, 2004) analysierten in ihren Meta-Analysen 82 Studien zur Wortproduktion und liefern einen relativ detaillierten Rahmen für den zeitlichen Ablauf und die korrespondierenden neuronalen Grundlagen des Sprachproduktionsprozesses. In der vorliegenden Arbeit sind vor allem Prozesse der semantisch-lexikalischen Verarbeitung von Relevanz. Weitgehend konvergent sind die Befunde, die die konzeptuell getriebene Lemma-Selektion mit Aktivierungen des mittleren Anteils des linken MTG in Verbindung bringen. Die anschließende Wortform-Enkodierung und Syllabifizierung scheinen vor allem den supplementär motorischen Kortex (rechts lateralisiert), den anterioren Teil der Insula (links

lateralisiert), den linken IFG sowie die „Wernicke-Region“ mit dem posterioren Gyrus temporalis superior (STG) und dem MTG zu rekrutieren (Indefrey & Levelt, 2000, 2004). Eine Meta-Analyse von Henseler et al. (2014) diente der Lokalisation des Benennprozesses im Rahmen des PWI-Paradigmas, das auch in der vorliegenden Arbeit genutzt wird. Für den semantisch-lexikalischen Zugriff und die anschließende Selektion ergab diese Analyse ein Netzwerk, das den linken IFG, den linken posterioren MTG, den linken Gyrus angularis, den Gyrus cinguli und rechtshemisphäriell den Gyrus frontalis medius umfasst. In der Meta-Analyse von Nozari (in press), die 120 Arbeiten umfasst, wird bezüglich des Bildbenennens für semantisch relatierte Bilder der lexikalische Abruf ebenfalls führend im linken MTG verortet. Dem linken IFG wird ebenfalls eine relevante Rolle bei der semantisch-lexikalischen Verarbeitung zugesprochen, vor allem aber dann, wenn die Aufgabe und der damit verbundenen lexikalischen Abruf hohe Anforderungen an die lexikalische Auswahl stellt.

Bildgebende Studien bei Sprachgesunden und Läsionsanalysen bei Patientengruppen erlauben grundsätzlich kategorielle Interferenz und assoziative Fazilitierung mit zwei linkshemisphäriellen Kernregionen in Verbindung zu bringen: der MTG links sowie der IFG links.

Früh zeigten de Zubicaray, Wilson, McMahon und Muthiah (2001) in einer fMRT-Studie einen Zusammenhang zwischen kategorieller Interferenz im PWI Paradigma und Aktivierungen im mittleren Teil des MTG links und dem posterioren Teil des STG links. Auch Schnur et al. (2009) finden eine Aktivierungszunahme im MTG links bei kategoriell homogenen im Vergleich zu phonologisch homogenen Blöcken im BCN Paradigma. Ferner fanden Harvey und Schnur (2015) einen Zusammenhang zwischen Läsionen des MTG links und dem Ausmaß kategorieller Interferenz im BCN Paradigma bei Proband*innen mit erworbener linkshemisphärischer Hirnläsion. Die Läsions-Verhaltens-Analyse (*voxel-based lesion-symptom mapping, VLSM, s.u.*) erlaubte eine spezifischere Einteilung hinsichtlich der Rolle des anterioren und des posterioren Anteils des linken MTG. Während anteriore Läsionen zu verstärkter kategorieller Interferenz im Verstehen führten, zeigten posteriore Läsionen eine Zunahme kategorieller Interferenz in der Produktion. Die Autoren folgern, dass semantische Repräsentationen im anterioren Teil des MTG links, lexikalische Repräsentationen jedoch im posterioren Anteil zu verorten sind. Pisoni et al. (2012) untersuchten im Rahmen einer Neurostimulationsstudie die Rolle des Temporallappens beim Benennen. Sie konnten eine Zunahme kategorieller Interferenz im BCN Paradigma unter anodaler transkranieller Gleichstromstimulation (tDCS) des STG links zeigen. Anodale tDCS führt zu einer Veränderung der elektrischen Homöostase

und erhöht die Erregbarkeit, was zu einer Fazilitierung der Prozesse im stimulierten Hirnareal führen soll (Nitsche et al., 2008). Eine Untersuchung von Henseler et al. (2014) nutzte das gleiche Material, das auch im experimentellen Teil der vorliegenden Arbeit genutzt wird. Im PWI Paradigma bewirkte anodale tDCS weder über dem linken IFG noch dem linken MTG eine Veränderung der Stärke der kategoriellen Interferenz im Vergleich zur sham-Stimulation. Entgegen der Hypothese konnten die unter sham-Stimulation dargestellten, fazilitierenden Effekte assoziativer Ablenker durch Stimulation nicht vergrößert werden. Bemerkenswerterweise verschwanden bei Stimulation des MTG die fazilitierenden Effekte assoziativer Primes ganz. Trotz der heterogenen Befunde kann der linke MTG als Schlüsselregion der semantisch-lexikalischen Verarbeitung, genauer des Lexikonzugriffs, angenommen werden.

Nimmt man eine erschwerte Lemma-Selektion durch einen Zustand hoher Konkurrenz potenziell passender lexikalischer Kandidaten an, der durch eine stärkere Aktivierung kategoriell relatierter Einträge im Netz entsteht, lassen sich die oben dargestellten Befunde wie folgt erklären: durch anodale tDCS Stimulation wird das gesamte Netz unspezifisch angeregt; dadurch wird eine kritische Differenz zwischen dem Zieleintrag und relatierten Einträgen kleiner und die Selektion erschwert. Der hindernde Einfluss kategorieller Ablenker nimmt zu. Dies wird von Pisoni et al. (2012) als Erklärung der Befunde diskutiert. Durch die unspezifische Überaktivierung zeigen zudem die assoziativen Ablenker keine erleichternden Effekte mehr. Das zuvor sprach-spezifische Priming über eine assoziative Verbindung zwischen Ablenker und Zielwort wird durch das unspezifische Rauschen durch die amodale tDCS Aktivierung überlagert (Henseler et al., 2014; Pisoni et al., 2012). Harvey und Schnur (2015) nutzen einen alternativen Erklärungsansatz, in dem sie ein verstärktes Rauschen („...noisy lexical or semantic activation...“, S. 40) im Netzwerk annehmen. Dieser „verrauschte Zugang“ als Resultat erworbener Sprachstörungen führe zu erhöhten Fehlerzahlen im BCN Paradigma, da die Unterscheidung zwischen Zieleintrag und Distraktorwörtern erschwert sei.

In gesunden Probandengruppe führt der angenommene Zustand einer Überaktivierung zu steigenden Benennlatenzen. Im Gegensatz zu Patientengruppen zeigt sich aber kein signifikanter Anstieg der Fehlerzahlen. Als Erklärung wird dabei die erfolgreiche Rekrutierung des zweiten oben genannten Hirnareals – des IFG links - angenommen. Diesem wird die Funktion eines kognitiven Kontrollmechanismus bei der lexikalischen Selektion zugesprochen. Je höher die Konkurrenz zwischen verschiedenen Einträgen im Lexikon ist, desto relevanter wird die Fähigkeit, zwischen korrektem Zielwort und Konkurrenten zu entscheiden. Der IFG

spielt daher bei Aufgaben mit erschwerter lexikalischer Auswahl eine zentrale Rolle (Binder, Desai, Graves & Conant, 2009). Bezüglich semantischer Kontexteffekte zeigten fMRT Studien eine Aktivierungszunahme im linken IFG innerhalb homogener Blöcke im BCN Paradigma und analog für das PWI Paradigma (Abel et al., 2009; Abel, Dressel, Weiller & Huber, 2012; Schnur et al., 2009). Auch konnte durch faszitierende anodale tDCS eine Reduzierung der zu beobachtenden kategoriellen Interferenz im BN Paradigma gezeigt werden (Pisoni et al., 2012). Nicht zuletzt zeigte sich in Patientengruppen ein Zusammenhang zwischen Läsionen des IFG links und Leistungen in Aufgaben mit erhöhtem semantisch-lexikalischem Auswahlanspruch. Dies ergab sich für eine Ambiguitätsauflösung zur nicht-dominanten Bedeutung, aber auch indem die Stärke der kumulativen kategoriellen Interferenz in allen drei Interferenz-Paradigmen mit Aktivierung Läsionen des IFG korrelierte (Harvey & Schnur, 2015; Riès et al., 2015; Schnur et al., 2006; Schnur et al., 2009; Vuong & Martin, 2011). Die Befunde sprechen dafür, dass der linke IFG die neuroanatomische Grundlage der kontrollierten lexikalischen Selektion beherbergt: bei hoher Konkurrenz der Einträge im Sprachnetzwerk dient er der Regulation der Aktivierung und leistet die Selektion des Zieleintrags trotz hoher Ko-aktivierung der Kohorte. Ist diese Funktion aufgrund einer Hirnläsion beeinträchtigt, kommt es zu verstärkter kategorieller Interferenz. Neben verlängerten Verarbeitungszeiten und erhöhten Latenzen sind mehr Fehler und eine deutlichere Zunahme kategorieller Interferenz über Zyklen hinweg zu erwarten (Abel et al., 2012; Harvey & Schnur, 2015; Henseler et al., 2014; Pisoni et al., 2012; Schnur et al., 2006; Schnur et al., 2009; Vuong & Martin, 2011). Es muss erwähnt werden, dass dieser anatomisch- funktionellen Zuordnung Befunde einzelner Studien entgegenstehen, in denen Patient*innen mit frontalen Läsionen (linker IFG) keine robuste kategorielle Interferenz im PWI Paradigma zeigten, während sie bei Patient*innen mit temporalen Läsionen nachweisbar war (Piai et al., 2016; Piai & Knight, 2018).

Neben Untersuchungen, die vor allem kortikale Korrelate der lexikalischen Aktivierung und Selektion berichten, sprechen auch Läsionsstudien, die Faserverbindungen im Sprachnetzwerk untersuchten, für ein Zusammenspiel des linken MTG und IFG. Dabei wird dem inferioren frontooccipitalen Fasciculus (IFOF) eine wichtige Rolle zugeschrieben. Über die Faserverbindungen des IFOF sind der MTG links und der IFG links miteinander verbunden. Entsprechend korrelierte die strukturelle Intaktheit des IFOF in der Untersuchung von Harvey und Schnur (2015) mit dem Ausmaß kategorieller Interferenz im BCN Paradigma. War diese Faserverbindung läsiert, war verstärkte kategorielle Interferenz zu beobachten. Verstärkte

kategorielle Interferenz entsteht demnach nicht nur nach direkten Läsionen des Kontrollmechanismus im IFG links, sondern auch dann, wenn die Verbindung zwischen MTG links und IFG links nicht mehr vollumfänglich gegeben ist. Dies betont den Netzwerkaspekt der lexikalischen Selektion beim Benennen in verschiedenen semantischen Kontexten.

2) Aufgabenstellung

Wie aus der Zusammenfassung hervorgeht, besteht klare Evidenz für das Vorliegen kategorieller Interferenz. Kategoriell relationierte Begriffe führen in den drei meistgenutzten Paradigmen zu einer robusten Interferenz. Dies zeigt sich sowohl bei sprachgesunden Proband*innen, hat aber auch Einfluss auf die beeinträchtigte Sprachproduktion. Bezüglich der Wirkung assoziativ relatierter Begriffe bestehen bei Sprachgesunden klare Hinweise für eine fazilitierende Wirkung beim Benennen. Die Evidenz bei Patientengruppen ist bisher nur spärlich. Insbesondere hinsichtlich eines möglichen therapeutischen Potentials besteht jedoch eine hohe Relevanz zur systematischen Überprüfung der Effekte assoziativer Relationen in einer Gruppe von Patient*innen mit erworbener Sprachstörung. Die Effekte können im Rahmen von Modellen, etwa dem Swinging Lexical Network Model erklärt werden. Daten bei Patient*innen mit Läsionen im Sprachnetzwerk könnten eine weitere Validierung und eine Spezifizierung bestimmter Prozessschritte bieten. Beide Effekte (kategorielle Interferenz und assoziative Fazilitierung) werden im semantisch-lexikalischen Verarbeitungsschritt der Sprachproduktion verortet. Die verschiedenen Zeitfenster, in denen beim PWI Paradigma diese Effekte maximal auftreten, deuten auf distinkte Prozesse hin. Die Untersuchung von Patient*innen mit unterschiedlichen Störungen der Sprachproduktion, denen Störungen auf unterschiedlichen Ebenen des Benennens zugrunde liegen, könnte Unterschiede im Paradigma aufzeigen und daher dieser Differenzierung dienen. Dies sollte sich auch in unterschiedlichen Läsionsorten im Sprachnetzwerk widerspiegeln. Eine relevante Beteiligung des MTG links sowie des IFG links und deren enge funktionelle Verknüpfung ist anzunehmen. Untersuchungen in Patientengruppen, die darauf zielen zu verstehen, ob kategorielle Interferenz und assoziative Fazilitierung auch auf neuronaler Ebene dissoziieren, fehlen bisher. Zur Beantwortung dieser Frage steht seit zwei Jahrzehnten mit dem VLSM (voxel-based lesion-symptom mapping) ein Verfahren zur Verfügung, das es erlaubt, statistische Zusammenhänge zwischen individuellen Läsionsmustern und Verhalten darzustellen. Dies wird unten genauer erläutert. Kurz gesagt lässt sich aus der Varianz der behavioralen Defizite

und der Varianz der Läsionsmuster ein Rückschluss auf die funktionelle Relevanz bestimmter Hirnareale schließen.

Das Ziel dieser Arbeit ist zunächst modulierende Effekte kategorieller Ablenker bei Proband*innen mit einer Läsion im Sprachnetzwerk in einer größeren Patientengruppe zu untersuchen. Dies ist aufgrund der heterogenen Evidenz notwendig. Weiterhin soll die Wirksamkeit assoziativer Relationen in der gleichen Patientengruppe untersucht werden. Dazu liegt bisher keine ausreichende Evidenz vor. Die Ergebnisse sollen im Kontext gängiger Sprachproduktionsmodelle beurteilt werden. Nicht zuletzt soll untersucht werden, ob beide Effekte dissoziieren können. Dies gilt für die Verhaltensebene, aber auch für die neuroanatomischen Grundlagen. Für diese Fragestellungen wird innerhalb einer Patientengruppe mit erworbener linkshemisphärischer Hirnläsion ein PWI Paradigma mit kategoriellen und assoziativen Relationen eingesetzt, um die Leistungen auf Verhaltensebene analysieren und zudem eine Läsionsanalyse in Form eines VLSM durchführen zu können.

Es ergeben sich basierend auf der oben dargestellten Evidenzlage insgesamt folgende Fragestellungen und Hypothesen:

*1) Lässt sich Wirkung von kategoriellen und assoziativen Distraktorwörtern in einem Bild-Wort Interferenz Paradigma auch in einer Gruppe von Patient*innen mit erworbener linkshemisphärischer Hirnläsion nachweisen? In welcher Qualität und Quantität zeigen sich kategorielle Interferenz und assoziative Fazilitierung?*

H1.1) Kategoriell relatierte Distraktorwörter erschweren den Benennprozess. Dies wird auch bei Patient*innen erwartet. Im Kontrast zu gesunden Probandengruppen sollten diese Effekte verstärkt sein und sich nicht nur in steigenden Benennlatenzen, sondern zudem auch in steigenden Fehlerzahlen zeigen.

H1.2) Assoziativ relatierte Distraktorwörter erleichtern den Benennprozess. Bei Proband*innen mit erworbener Läsion im Sprachnetzwerk ist abhängig vom Läsionsort ein ähnlicher Effekt zu erwarten. Dies sollte zu sinkenden Benennlatenzen, und sinkenden Fehlerzahlen führen.

H1.3) Aufgrund einer Überaktivierung des Netzwerkes, im Besonderen der gemeinsamen semantischen Kategorie von Zielbild und Ablenkerwort, sollten in der kategoriell relatierten Bedingung semantische Fehler in Form von Ersetzungen durch Items der identischen semantischen Kategorie dominieren.

2) Zeigen sich kategorielle Interferenz und assoziative Fazilitierung auf Verhaltensebene als voneinander distinkte Effekte, die unterschiedlich stark ausgeprägt sein können?

H2) Trotz der gemeinsamen Verortung kategorieller Interferenz und assoziativer Fazilitierung in der semantisch-lexikalischen Verarbeitung, sind einzelne Teilprozesse auf konzeptueller und Lemma-Ebene sowie weitere kognitive Prozesse von unterschiedlicher Relevanz für die Ausprägung der Effekte, sodass kategorielle Interferenz und assoziative Fazilitierung unabhängig voneinander auftreten und unterschiedlich stark ausgeprägt sein können.

3) Finden sich Hirnareale, die im Zusammenhang mit kategorieller Interferenz und assoziativer Fazilitierung von besonderer Relevanz sind und sind diese voneinander distinkt?

H3.1) Läsionen des MTG links beeinflussen als neuroanatomische Grundlage des mentalen Lexikons insbesondere die Qualität und Quantität der Effekte assoziativer Distraktorwörter.

H3.2) Läsionen im Bereich des IFG links beeinflussen als neuroanatomische Grundlage einer kognitiven Kontrollfunktion während der erschwerten lexikalischen Auswahl die Qualität und Quantität der Effekte kategorieller Distraktorwörter.

3) Materialien und Methoden

3.1) Stichprobe

Es wurden insgesamt 32 Patient*innen aus der Datenbank der Tagesklinik für kognitive Neurologie am Universitätsklinikum Leipzig sowie dem Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften eingeschlossen. Es nahmen 17 Frauen und 15 Männer an der

Untersuchung teil, deren Durchschnittsalter bei ca. 52 Jahren lag ($M \pm SD = 51.9 \pm 11.51$ Jahre, Altersspanne: 25-76 Jahre). Es wurden sprachbasierte Ein- und Ausschlusskriterien definiert, welche durch weitere medizinische und kognitive Kriterien erweitert wurden. Einschlusskriterium war das Vorliegen einer Aphasie oder einer Restaphasie nach Kriterien des Aachener Aphasie Tests (AAT) (Huber, Poeck, Weniger & Willmes, 1983). Restaphasien wurden basierend auf der klinischen Beobachtung durch erfahrene Sprachtherapeut*innen eingeschätzt. Alle eingeschlossenen Patient*innen, die klinisch keine Aphasie zum Zeitraum der Testung zeigten, hatten in der Akutphase eine Aphasie geboten. Sprachliche Ausschlusskriterien waren eine schwere Benennstörung, eine Dyslexie, eine schwere Sprechapraxie oder Dysarthrie sowie für das Instruktionsverständnis relevante Sprachverständnisdefizite. Alle Proband*innen waren Rechtshänder, hatten Deutsch als Muttersprache und zeigten in der Bildgebung eine auf die linke Hemisphäre begrenzte Läsion. Für alle Patient*innen war eine Bildgebung des Gehirns zur Bestimmung der Läsion vorhanden. Diese war bei 30 Patient*innen ein hochauflösendes MRT, das am Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften Leipzig erhoben wurde (3T Scanner; T1 MP-Rage/mdeflt mit 1 mm³ isovoxel; FLAIR Sequenz als Referenz). Für die verbleibenden zwei Patient*innen lagen klinisch motivierte MRT-Aufnahmen mit geringerer Auflösung vor. Weiterhin bestanden keine unkorrigierten Seh- oder Hörstörungen oder mittelschwere und schwere kognitive Störungen oder psychiatrische (Vor-) Erkrankungen. Eine ausführliche tabellarische Übersicht über die klinischen und demografischen Daten der Stichprobe findet sich Tabelle 1.

Tabelle 1

Klinische und demographische Daten der untersuchten Stichprobe

Pat	DiaSph	Alter	m.p.o.	Ätiologie	Lokalisation	Syndrom	Geschlecht
1	0.9	57	26	MCA Inf	Caps int	keine	m
2	1.1	60	70	MCA Inf	lentif	keine	w
3	1.5	60	51	MCA Inf	ant MCA	amnestisch	w
4	1.8	63	5	ICB	Basal Gang	Rest	w
5	2.0	67	12	MCA Inf	post MCA	Rest	m
6	2.4	54	3	ICB/ Inf	multiple	Rest	w
7	2.5	58	38	Mening	Front	keine	w
8	2.6	44	14	MCA Inf	post MCA	nicht-klassif.	m
9	2.9	52	16	MCA Inf	Basal Gang	Rest	w
10	2.9	38	25	SHT	Temp/Par	Rest	w
11	2.9	53	27	MCA Inf/ SHT	ant MCA /Temp	Rest	m
12	3.1	46	13	MCA Inf	multiple linsk	amnestisch	m
13	3.1	45	27	ICB	Basal Gang	Rest	m
14	3.1	55	57	MCA Inf	ant MCA	amnestisch	w
15	3.3	76	177	MCA Inf	ant MCA	Rest	m
16	3.8	48	12	SAB→MCA/ACA Inf	ant/post MCA	Rest	m
17	4.1	34	89	MCA Inf	mid MCA	Rest	W
18	4.1	71	189	SHT	Temp/Par	Broca	W
19	4.1	43	43	MCA Inf	mid MCA	Rest	W
20	4.2	52	5	ICB	Front	Rest	M
21	4.2	48	11	MCA Inf	ant MCA	Rest	W
22	4.3	32	41	MCA Inf	post MCA	nicht-klassif.	M
23	4.3	69	14	MCA Inf	ant MCA	amnestisch	M
24	4.5	46	25	MCA Inf	post MCA	amnestisch	W
25	4.7	54	44	MCA Inf	ant MCA	Rest	W
26	4.8	44	44	Astro	Temp	amnestisch	M
27	4.8	38	31	Glio	Temp	Rest	W
28	5.4	60	124	MCA Inf	post MCA	Rest	M
29	5.6	25	43	SHT	Front/Temp	Rest	M
30	6.2	59	88	SAB→MCA Inf	mid/post MCA	Broca	W
31	6.6	63	175	MCA Inf	ant MCA	Broca	W
32	7.7	48	55	SAB→MCA Inf	ant/post MCA	Rest	M
M=	3.7	51.9	49.8				17 w
SD=	1.57	11.7	50.6				15 m

Der Tabelle sind für alle Patient*innen (**Pat**) die Läsionsgröße (Durchmesser einer Kugel [cm], die dem Volumen der Läsion entspricht, **DiaSph**), das Alter in Jahren, die vergangenen Monate seit Krankheitsbeginn (months post onset, **m.p.o.**) und die Art der Erkrankung zu entnehmen. Weiterhin wird der Läsionsort angegeben sowie das aphasische Profil entsprechend der Klassifikation des Aachener Aphasie Test.

Ätiologien: 19 ischämische Infarkte (**isch**); 7 intrazerebrale oder subarachnoidale Blutungen (**ICB/SAB**); 3 Schädelhirntraumata (**SHT**); 3 Tumorerkrankungen: Meningeom (**Mening**); °II Astrozytom (**Astro**); Glioblastom (**Glio**)

Lokalisation: Strömungsgebiet der Arteria cerebri anterior/ media (**ACA/MCA**); anteriorer, medialer oder posteriorer Anteil der MCA (**ant/mid/post**); Frontal-, Temporal- oder Parietallappen (**Front/Temp/Par**); Basalganglien (**Basal Gang**), Nucleus lentiformis (**lentif**); Capsula interna (**Caps int**)

Syndrome: 18 Restaphasien (**Rest**); 6 amnestische Aphasien (**amnestisch**); 3 Broca Aphasien (**Broca**); 3 Patienten ohne Aphasie (**keine**); 2 nicht-klassifizierbare Aphasien (**nicht-klassif.**); alle Patienten wiesen zum Krankheitsbeginn eine Aphasie auf

Alle Patient*innen erklärten schriftlich ihr Einverständnis entsprechend der Erklärung von Helsinki. Die Informationen zur Einverständniserklärung sowie die Instruktionen wurden durch eine sprachtherapeutisch ausgebildete Testleiterin vermittelt. Das Experiment wurde durch das örtliche Ethik Komitee der Universität Leipzig zugelassen (Nr.:144/18-ek, 13.4.2018).

3.2) Paradigma und Material

In enger Zusammenarbeit mit den Autoren wurde das Paradigma und Material von Henseler et al. (2014) mit einigen Anpassungen hinsichtlich der neuen Stichprobe in dieser Arbeit übernommen. Das genutzte PWI Paradigma basiert auf einer visuellen Präsentation des Distraktorwortes. Zunächst wurde ein Fixationskreuz gezeigt und nach 700 ms ein schriftliches Ablenkerwort präsentiert, woran sich das Zielbild zur Benennung anschloss. Für beide Bedingungen - kategoriell relatierte oder assoziativ relatierte Ablenkerwörter - gab es eine unrelatierte Kontrollbedingung. Da die in der Literatur beschriebenen, optimalen Zeitfenster für die gegenläufigen Effekte (kategoriell/assoziativ) differieren, nutzten wir wie in Henseler et al. (2014) in der assoziativen Bedingung eine SOA von -300 ms zwischen Distraktorwort und Zielbild. In der kategoriellen Bedingung betrug die SOA -100 ms. Aufgabe war es, das Zielbild so schnell und so korrekt wie möglich zu benennen. Die Trialstruktur ist in Abbildung 6 illustriert.

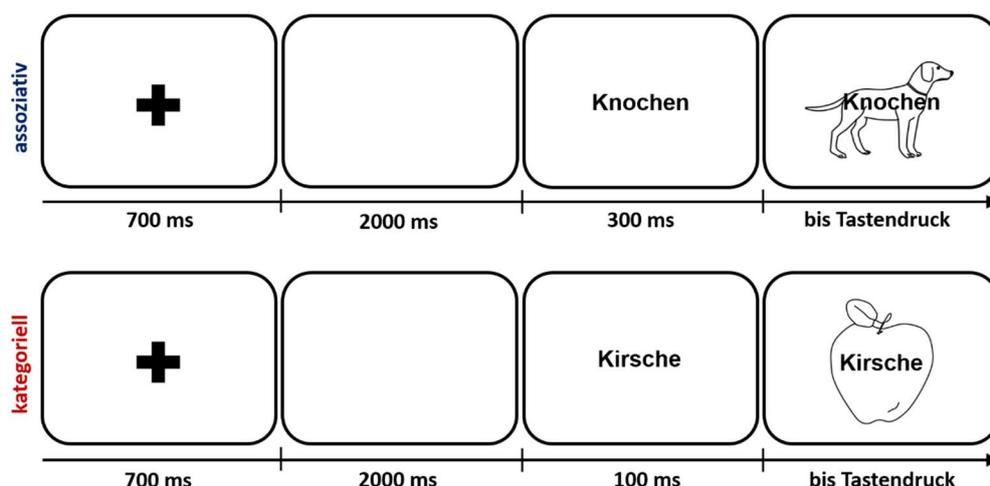


Abbildung 6. Darstellung des Trialschemas des Hauptexperiments in der assoziativen und der kategoriellen Bedingung.

Das Bildmaterial setzte sich insgesamt aus 88 Schwarz-Weiß-Zeichnungen alltagsrelevanter Objekte zusammen. Sie wurden in einer Größe von 7 x 7 cm präsentiert. In der Überprüfung

der Benennkonsistenz der Bilder bei Sprachgesunden erreichten alle Bilder eine Benennübereinstimmung von mindestens 90 % (vgl. Henseler et al., 2014, Tabelle 1, Seite 1406). Acht Bilder des gesamten Sets wurden als Übungsisems ausschließlich in der unrelatierten Beziehung verwendet und flossen nicht in die spätere Analyse ein. Die verbleibenden 80 Bilder wurden gleichmäßig auf die assoziative und die kategorielle Bedingung aufgeteilt, sodass sich jeweils ein Itemset von 40 Bildern pro Kontext (assoziativ bzw. kategoriell) ergab. Den 40 Bildern wurde für beide Kontexte je ein relatives Distraktorwort zugeordnet, das entweder eine assoziative oder eine kategorielle Verwandtschaft zum Zielbild aufwies. Die Distraktorwörter wurden in Klein- und Großbuchstaben entsprechend der deutschen Rechtschreibung präsentiert. Um die jeweiligen unrelatierten Kontrollbedingungen zu schaffen, wurden innerhalb der beiden Kontexte die Zielbilder und Distraktor Paare neu zugeordnet, so dass diese weder eine assoziative oder kategorielle noch eine phonologische, orthographische oder visuelle Verwandtschaft bzw. Ähnlichkeit aufwiesen. Dies hatte zur Folge, dass keines der Zielbilder in einer assoziativen und einer kategoriellen Relation präsentiert wurde, sondern ausschließlich in einem der beiden Sets und hier ausschließlich mit einem relatierten und einem unrelatierten Distraktorwort aus dieser Bedingung. Um die kategorielle Bedingung zu schaffen, wurden Wort-Bild Paare verwendet, die dem gleichen Level einer gemeinsamen semantischen Kategorie entstammten und den gleichen Abstraktionsgrad aufwiesen. Die assoziativen Wort-Bild Paare wurden basierend auf der Assoziations-Datenbank von Melinger und Weber (2006) gewählt. Das Material wurde darüber hinaus dahingehend kontrolliert, dass (i) in keiner Bedingung eine phonologische Verwandtschaft zwischen Wort und Bild bestand, dass es (ii) keine assoziativen Beziehungen für die kategoriellen Paare und (iii) keine kategoriellen für die assoziativen Paare gab. Weiterhin wurde das Material für Faktoren kontrolliert, die Geschwindigkeit und Komplexität der Sprachproduktion beeinflussen. Hierzu zählten Lemma-Frequenz, Silbenzahl oder Phonem-/Graphemanzahl (vgl. Henseler et al., 2014, Tabelle 1, Seite 1406). Die Zielbilder und Auflistung des verwendeten Materials, inklusive der jeweiligen Wort-Bild Paare sind Anhang A und B zu entnehmen.

3.3) Design und Operationalisierung

Im genutzten PWI Paradigma wurden die Effekte kategorieller und assoziativer Verwandtschaftsbeziehungen verglichen. Die Trials lassen sich daher in 4 Bedingungen

einteilen, die einem 2 x 2 Design entsprechen: Verwandtschaftsart (assoziativ, kategoriell) und Relatiertheit (relatiert, unrelatiert).

- (1) ASS^{relatiert} - assoziativ relatierte Paare (z.B. „Knochen“ – HUND)
- (2) KAT^{relatiert} - kategoriell relatierte Paare (z.B. „Kirsche“ – APFEL])
- (3) ASS^{unrelatiert} - unrelatierte Kontrollen für ASS^{relatiert} (z.B. „Reiter“ – HUND)
- (4) KAT^{unrelatiert} - unrelatierte Kontrollen for KAT^{relatiert} (z.B. „Wippe“ – APFEL).

Es wurden sowohl Benennlatenzen als auch Fehlerzahlen erhoben. Die verwendeten SOA verblieben in den beiden assoziativen Zellen (relatiert und unrelatiert) konstant bei -300 ms, während für die beiden kategoriellen Zellen eine SOA von -100 ms verwendet wurde. Da verschiedene Itemsets und SOA in der assoziativen und kategoriellen Bedingung verwendet wurden, lag hier eine Konfundierung vor, sodass direkte Vergleiche nur innerhalb der assoziativen bzw. kategoriellen Bedingung durchgeführt wurden. Darauf wird später genauer eingegangen.

Das Experiment setzte sich aus vier Testteilen zusammen, welche in Abbildung 7 dargestellt sind. Vor Testbeginn wurde eine mündliche und schriftliche Aufklärung über Inhalte, Ziele und mögliche Risiken des Experiments durch eine Sprachtherapeutin durchgeführt und das schriftliche Einverständnis erhoben. Ebenso wurde über datenschutzrechtliche Bestimmungen und die Freiwilligkeit aufgeklärt.

Es folgte die Familiarisierungsphase, die der Vertrautmachung mit den Zielbildern diene. In dieser wurden in Teil A alle zu benennenden Zielbilder des Experiments in Kombination mit dem identischen geschriebenen Wort präsentiert. In Teil B wurden alle Bilder ein zweites Mal präsentiert und benannt, diesmal ohne das geschriebene Wort. Ein Durchlauf begann immer mit einem Fixationskreuz (700 ms). Es folgte ein leerer Bildschirm für 2000 ms, woran sich in Teil A die Präsentation des Bildes inklusive des Wortes bzw. in Teil B nur des Bildes anschloss. Nach der Benennung wurde per Tastendruck durch den Testleiter das nächste Trial gestartet. Während der gesamten Familiarisierungsphase war es dem Testleiter gestattet, im Falle von Nullreaktionen oder Fehlbenennungen das Zielwort vorzugeben bzw. die Reaktion des Patienten oder der Patientin zu korrigieren. Um in beiden Teilen gezielt Pausen setzen zu können, wurden diese jeweils nach 22 Bildern eingerichtet.

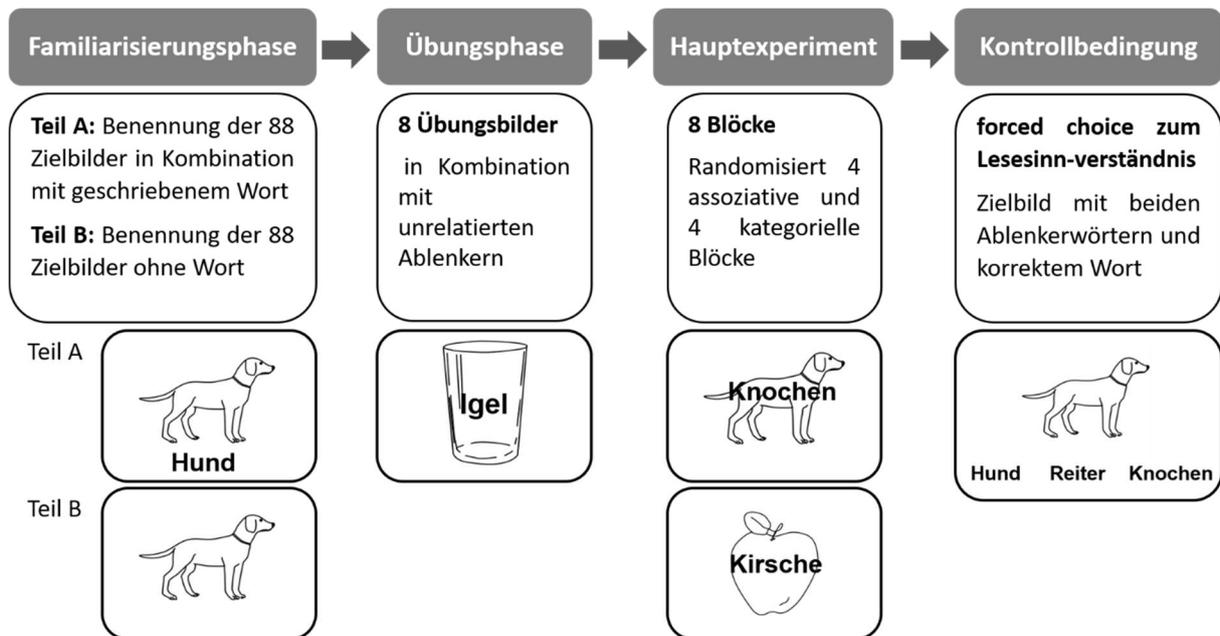


Abbildung 7. Darstellung des gesamten Experiments mit den vier Testteilen Familiarisierungsphase, Übungsphase, Hauptexperiment und Kontrollbedingung in chronologischer Reihenfolge.

Auf die Familiarisierungsphase folgte die Übungsphase zur Vertrautmachung mit dem Paradigma. Die acht Übungsbilder wurden dafür mit einem unrelatierten Ablenkerwort präsentiert. Das Trialschema war identisch zu dem des Hauptexperimentes (s. Abbildung 6).

Der Ablauf des Hauptexperimentes wird im Folgenden dargestellt und ist in Abbildung 6 skizziert. Nach dem Fixationskreuz (700 ms) wurde der leere Bildschirm für 2000 ms gezeigt und dann zentriert das Ablenkerwort präsentiert. In der assoziativen Bedingung folgte nach 300ms das Zielbild (SOA -300 ms), in der kategoriellen Bedingung verblieb das Ablenkerwort für 100 ms bis das Zielbild präsentiert wurde (SOA -100). Während der Zielbildpräsentation verblieb das Ablenkerwort sichtbar mittig innerhalb des Zielbildes. Benennungen vor Ablauf von zehn Sekunden wurden gewertet. Wurde der Voicekey ausgelöst, wurde die Reaktion der Patient*innen für 3000 ms aufgezeichnet. War in der Familiarisierungsphase bereits ausgeprägtes Suchverhalten feststellbar, sodass anzunehmen war, dass drei Sekunden nicht zur Aufzeichnung der eigentlichen Benennung des Bildes ausreichen würden, konnte dieses Aufnahmezeitfenster manuell verlängert werden. Das nächste Trial wurde durch Tastendruck des Testleiters ausgelöst. Zwischen den Trials war für 2000 ms ein leerer Bildschirm zu sehen, bis das nächste Trial mit dem Fixationskreuz begann.

Die jeweils 40 Zielbilder in der assoziativen und kategoriellen Bedingung wurden je zweimalig benannt: einmal mit einem relatierten Ablenkerwort und einmal mit einem unrelatierten Ablenkerwort. Hieraus ergaben sich 80 Benennungen pro Kontext. Um dies umzusetzen,

Pausen zu planen sowie eine Randomisierung vorzunehmen, wurden zunächst acht Blöcke geschaffen, jeweils vier assoziative und kategorielle. Jeder Block enthielt insgesamt 22 Items. Zwei davon dienten als Übungsitens und wurden zu Beginn des Blocks präsentiert. Die 20 verbleibenden Testitens pro Block setzten sich aus 10 relatierten Wort-Bild Paaren (assoziativ oder kategoriell), und 10 unrelatierten Paaren zusammen. Es wurde über alle Proband*innen ausbalanciert, ob innerhalb eines Blocks mit einem relatierten oder einem unrelatierten Item begonnen wurde. Weiterhin wurden innerhalb eines Blocks maximal drei relatierte Wort-Bild Paare nacheinander präsentiert. Wie oben beschrieben wurden assoziative und kategorielle Relationen nicht innerhalb eines Blocks gemischt, sondern blockweise sortiert getestet. Assoziative und kategorielle Blöcke wurden abwechselnd getestet. Die Hälfte der Proband*innen begann das Hauptexperiment mit einem der vier kategoriellen Blöcke, die andere Hälfte mit einem assoziativen Block. Weiterhin wurde die Reihenfolge der jeweils vier assoziativen und kategoriellen Blöcke im Gesamtexperiment randomisiert. Die Hälfte der Proband*innen begann mit den ersten zwei assoziativen und kategoriellen Blöcken als Blöcke 1-4. Die identischen Blöcke wurden bei der anderen Hälfte der Patient*innen in den Blöcken 5-8 präsentiert. Ebenso verhielt es sich mit den Blöcken, die zuerst innerhalb der Blöcke 5-8 präsentiert wurden und dann die Blöcke 1-4 bildeten. Eine Übersichtsgrafik ist Abbildung A1 in Anhang C zu entnehmen.

Im Anschluss an das Hauptexperiment folgte eine kurze Überprüfung des Lesesinnverständnisses der Patient*innen. Dies war nötig, um eine unzureichende Verarbeitung der geschriebenen Ablenkerwörter als Ursache möglicher Nulleffekte im Hauptexperiment auszuschließen. In einer Wort-Bild Zuordnungsaufgabe wurden den Patient*innen alle Zielbilder abermals einmalig präsentiert, in Kombination mit dem geschriebenen assoziativ oder kategoriell relatierten Ablenkerwort, dem geschriebenen unrelatierten Ablenkerwort sowie dem identischen Wort. Aufgabe der Patient*innen war es, in einem forced choice Design, das identische, zum Bild passende, Wort zu zeigen. Die Position des korrekten Wortes wurde über alle Items randomisiert angeordnet. In Abbildung 7 ist am Beispiel des Items HUND die Überprüfung des Lesesinnverständnisses dargestellt.

Das Experiment umfasst 360 Benennungen inklusive der Übungs- und Familiarisierungsphase sowie des Hauptexperiments. In der Familiarisierungsphase wurden alle 80 Zielbilder sowie acht Übungsitens zweimalig benannt, was 176 Benennungen entspricht. In der Übungsphase wurden 8 Benennungen gefordert. Im Hauptexperiment wurden dann abermals alle Items nochmals zweimalig benannt. Mit einer durchschnittlichen Triallänge von ca. acht Sekunden

ergab sich so eine reine Benennzeit von ca. 40 Minuten. Hinzuzurechnen waren die Zeit für die Formalitäten, die Instruktionsphase, ausreichende Pausen sowie ca. zehn Minuten für die Überprüfung des Lesesinnverständnisses. Insgesamt ergab sich so eine Gesamttestzeit pro Patient*in von ca. zwei Stunden, die an einem Termin in den Räumlichkeiten des Tagesklinik für kognitive Neurologie Leipzig durchgeführt wurde.

3.4) Apparaturen

Durchgeführt wurde die Testung in den Räumlichkeiten der Tagesklinik für kognitive Neurologie in einer schallisolierten Testkabine. Das Paradigma wurde mit DMDX (Version 5.134) implementiert. Die Patient*innen nahmen ca. 100 cm vor einem TFT Monitor (Samsung Sync Master 2233R2, 22 Zoll, 1680 x 1050 Pixel) Platz. Die Reaktionen wurden über ein SONY Condenser C-48 Mikrophon aufgezeichnet und ein Nesubox-Lite hardware Voicekey zur Bestimmung des Stimmeinsatzes und somit zur Bestimmung der Benennlatenz verwendet.

3.5) Analysen

Vor der Analyse der Verhaltensdaten und den Läsionsanalysen war eine Aufbereitung der erhobenen Rohdaten notwendig. Hierzu wurde das Programm CheckVocal von Protopapas (2007) eingesetzt. Eine hohe Zahl an Patient*innen zeigte im Experiment verbales Suchverhalten vor der Benennung des Bildes. Die automatische Platzierung des Stimmeinsatzes zur Bestimmung der Benennlatenz durch den eingesetzten Voicekey musste aus diesem Grund manuell mit CheckVocal nachjustiert werden. Auf die Fehlerklassifikation wird im folgenden Abschnitt genauer eingegangen.

3.5.1) Analyse der Verhaltensdaten

Ausgewertet wurde die erste vollständige Reaktion. Wurde eine unvollständige, aber korrekte Reaktion abermals vollständig geäußert, wurde die Latenz der ersten vollständigen Reaktion analysiert. Als Fehler klassifiziert wurden (1) Nullreaktionen, (2) semantische oder phonematische Paraphrasien, (3) Selbstkorrekturen, unabhängig davon, ob diese erfolgreich waren und (4) unvollständige Äußerungen. Einen Sonderfall bildeten Reaktionen, die im Rahmen einer diagnostisch gesicherten Dysarthrie oder Sprechapraxie phonematische oder phonetische Fehler aufwiesen. Konnten diese eindeutig dem Zielitem zugeordnet werden und waren mindestens 75 % der Laute korrekt realisiert, wurden diese Reaktionen als korrekt

gewertet. Es wurde bewusst entschieden, auch erfolgreiche Selbstkorrekturen als Fehler zu werten, um hier Fehlbenennungen aufgrund einer zunächst unzureichenden Inhibitionskontrolle bzw. einer zunächst unzureichend kontrollierten lexikalischen Auswahl zu erfassen. Diese sind Ausdruck des untersuchten Phänomens. Hohe Relevanz hatte dies für die kategorielle Bedingung, bei der es bei unzureichender Inhibitionskontrolle beispielsweise zu einem lauten Lesen des Ablenkerwortes kommen könnte. Ebenso sollten auf diesem Wege semantische Paraphrasen erfasst werden, in denen ein kategoriell relatives, aber falsches Item benannt wurde, das erst nachfolgend zum Zieleintrag korrigiert wird. Fehlerhafte Benennungen wurden aus der Analyse der Benennlatenzen ausgeschlossen.

In der qualitativen Fehleranalyse wurden die Kategorien Nullreaktion, Selbstkorrektur bei semantischer Paraphrasie, Selbstkorrektur bei phonematischer Paraphrasie, semantische Paraphrasie, phonematische Paraphrasie sowie das Lesen des Ablenkerwortes definiert.

Als Maß für die Stärke kategorieller Interferenz und assoziativer Fazilitierung wurde die Differenz zwischen der jeweiligen relativen und unrelativen Bedingung verwendet. Höhere positive Werte dieser Differenz drücken eine schlechtere Leistung in der relativen Bedingung aus, wie es in der kategoriell relativen Bedingung zu erwarten ist. Höhere negative Werte hingegen drücken bessere Leistungen in der relativen Bedingung aus, was bei assoziativen Relationen zu erwarten ist.

Fehler und Benennlatenzen wurden ausschließlich innerhalb der kategoriellen und assoziativen Bedingung analysiert. Es fand kein direkter Vergleich zwischen diesen beiden Kontexten statt, da abweichende Itemsets und SOAs genutzt wurden. Aus diesem Grund wurden zum statistischen Vergleich zwischen der assoziativ bzw. kategoriell relativen und den jeweiligen unrelativen Bedingungen zwei abhängige, zweiseitige *t*-Tests (95 % Konfidenzintervall) durchgeführt. Im Rahmen der qualitativen Fehleranalyse wurden angelehnt an Schnur et al. (2006) in der assoziativen und der kategoriellen Bedingung jeweils eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung mit den Faktoren Relativität (unrelativ/relativ) sowie Fehlertyp (oben beschriebene Fehlerkategorien) und der abhängigen Variable Fehlerzahl durchgeführt. Da es sich um abhängige Stichproben handelte und es somit zu Messwiederholungen kam, wurde im Fall des Faktors Fehlertyp zur Überprüfung der Sphärität der *Mauchly Test* eingesetzt. Bei fehlender Sphärität wurde nach *Greenhouse-Geisser* korrigiert. Korrekturen bzgl. der Sphärität des Faktors Relativität waren nicht notwendig, da dieser nur zwei mögliche Ausprägungen aufweist. In der sich anschließenden *post-hoc* Analyse wurde aufgrund der multiplen Vergleiche für die paarweisen

t-Tests eine Korrektur nach *Bonferroni* eingesetzt. Im Ergebnisteil werden ausschließlich korrigierte Werte berichtet.

Zur Analyse einer möglichen Dissoziation von assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz wurden weitere Korrelationsanalysen nach Pearson für die Gesamtleistung und die Stärke der beiden relevanten Effekte durchgeführt.

Eingesetzt wurde für alle Analysen der Verhaltensdaten die Statistiksoftware R (3.6.3). Zur Analyse der neuroanatomischen Grundlagen und weiteren Dissoziationen der Effekte auch auf dieser Ebene fanden Läsionsanalysen statt, welche im Folgenden dargestellt werden.

3.5.2) Läsionsanalyse

Die Korrelation zwischen den individuellen Läsionsmustern und den Verhaltensdaten erfordert seitens der Bildgebung eine Abgrenzung der Läsion und eine anschließende Übertagung in ein Standardkoordinatensystem. Als letzteres dient in der vorliegenden Arbeit der MNI-Space (Montreal Neurological Institute, <https://www.lead-dbs.org/about-the-mni-spaces/>). Dieser Schritt wird unter 3.5.2.1 beschrieben. Im zweiten Schritt erfolgt die statistische Analyse, die unter 3.5.2.2 beschrieben ist.

3.5.2.1 Normalisierung der Bilder

Um die individuellen Aufnahmen aus MRT oder Computertomographie (CT) eines jeden Patient*innen auswerten zu können, werden diese zunächst in ein Standardkoordinatensystem projiziert. Während dieses iterativen Prozesses der räumlichen bzw. stereotaktischen Normalisierung (engl. *spatial normalization*) werden die Aufnahmen des Gehirns (*Quelle*), inklusive der Läsionen der Patient*innen durch räumliche Anpassungen in eine Standardvorlage (*Template*) übertragen und an diese angeglichen, dabei aber individuelle relevante Charakteristika des Gehirns bewahrt (Brett, Leff, Rorden & Ashburner, 2001; Rorden & Brett, 2000). Dieser Prozess verläuft in einzelnen Teilschritten und wird PC-gestützt, bspw. unter Einsatz von SPM, durchgeführt. Über die sogenannte *cost-function* (Kostenfunktion) wird definiert, wie gut das Gehirn der Patient*innen als Quelle mit dem Gehirn der Standard Formatvorlage übereinstimmt. Algorithmen berechnen hier punktuell die quadrierte Differenz in der Helligkeit bzw. Intensität zwischen den beiden Bildern. Ist diese gering, besteht eine gute Übereinstimmung zwischen Quelle und Template. Bei hohen Werten der Kostenfunktion erfolgt ein iterativer Anpassungsprozess, bis die Kostenfunktion ausreichend minimiert und die bestmögliche Übereinstimmung erreicht wurde.

Zunächst wird das Bild geglättet, um makroanatomische Landmarken hervorzuheben. Über lineare, so genannte affine Transformationen (Rotationen, Kippungen, Vergrößerungen/Verkleinerungen) werden Quelle und Template räumlich in ihrer Form, Größe, Gestalt und ihrer Ausrichtung im Raum aneinander angepasst. Dies geschieht unabhängig von individuellen Details für das gesamte Gehirn. Läsionen werden maskiert und in diesem sehr robusten Schritt nicht berücksichtigt. Im Anschluss werden Kopfhaut und Schädel aus der Aufnahme entfernt. Nun erfolgen erneut iterative Transformationen, um die Übereinstimmung zu optimieren. An die linearen Transformationen schließen sich nicht-linearen Transformationen an. Algorithmen passen dabei Details des individuellen Gehirns an das Template an. Diese Transformationen erhöhen die Übereinstimmung auf Detailebene, sind aber anfällig für läsions- oder artefaktbedingte Verzerrungen, da extreme Intensitätsunterschieden zwischen Quelle und Template im Bereich der Läsion bzw. des Artefakts (z.B. Metallartefakt) bestehen. Dies führt zu hohen Werten der Kostenfunktion trotz anatomisch guter Übereinstimmung der makroanatomischen Landmarken. Neben diesen läsions- und artefaktbedingten Verzerrung (Brett et al., 2001; Rorden & Brett, 2000) ist weiter zu berücksichtigen, dass die Standardvorlage des MNI-Space auf MRT-Aufnahmen von jungen, gesunden Populationen mit einem Durchschnittsalter von 25 Jahren beruht (Rorden & Brett, 2000; Rorden, Bonilha, Fridriksson, Bender & Karnath, 2012). Für Patient*innen, bei denen einzig eine CT-Aufnahme vorliegt, fehlt weiterhin ein geeignetes Template bei einer gesunden Population. Nicht zuletzt stellt eine variable Schichtdicke in wissenschaftlich und klinisch erhobenen Bildgebungen eine Herausforderung dar.

Um diese Probleme zu adressieren, beschrieben Brett et al. (2001) ein Verfahren zur verbesserten Normalisierung von Patientenaufnahmen. Neben der Option ausschließlich die robusten linearen Transformationen durchzuführen (*affine-only approach*), erwies sich die Maskierung der Läsionen vor Normalisierung als die beste Option. Dabei werden Kostenfunktion und Transformationen auf nicht läsionierte Bereiche des Gehirns beschränkt. Die binäre Maske (Läsion/keine Läsion) wird nach erfolgreicher Normalisierung wieder entfernt. Dieser Ansatz kam in der vorliegenden Studie zum Einsatz.

Es wurden über die Software MRICro (Brett et al., 2001; Rorden & Brett, 2000) die Läsionen manuell eingezeichnet. Dies lieferte eine binäre Maske für die Normalisierung und diente als Basis für die statistische Läsions-Verhaltens-Analyse. Für die Normalisierung der Bildgebung wurde eine im SPM-Kontext entwickelte Software genutzt (Rorden et al. (2012)). Diese berücksichtigt Standardformatvorlagen für Populationen mit erworbener Hirnschädigung und

erlaubt die Normalisierung von cMRT- und cCT-Aufnahmen unterschiedlicher Wichtung und Auflösung.

In dieser Arbeit wurde basierend auf den MRT-Aufnahmen der Patient*innen (FLAIR Sequenz) innerhalb von SPM 8, unter Verwendung der „clinical toolbox“ (www.nitrc.org/projects/clinicaltbx/), die Normalisierung durchgeführt. Läsionen wurden innerhalb der T1-gewichteten Aufnahmen unter Einsatz von MRIcro (Rorden & Brett, 2000) entsprechend Brett et al. (2001) maskiert, sodass die Parameter der Normalisierung ausschließlich außerhalb der läsierten Areale bestimmt wurden. Nicht-lineare Transformationen wurden mittels des *unified-segmentation Ansatzes* (Ashburner & Friston, 2005) durchgeführt, welcher sich in der Untersuchung von Klein et al. (2009) als verlässliche und akkurate Methodik für diesen Normalisierungsschritt erwies. Für zwei Patienten lagen ausschließlich MRT-Aufnahmen mit einer Auflösung von weniger als 1mm³ vor, sodass hier zunächst Interpolationen vorgenommen wurden. Nach Abschluss der Normalisierung wurden alle so gewonnenen Bilder abermals mit den Originalaufnahmen abgeglichen. Eine Übersicht über die Überlappung der Läsionen der 32 Patient*innen ist Abbildung 8 zu entnehmen. Eine detaillierte Übersicht findet sich in Abbildung A2 Anhang D.

3.5.2.2. Korrelation der Läsions- und Verhaltensdaten (VLSM)

Das in der Arbeit genutzte Verfahren basiert einerseits auf der langen Tradition der läsionsbasierten Neurolinguistik, andererseits auf den statistischen Methoden, die im Rahmen der funktionellen Bildgebung (zumal BOLD-Kontrast fMRT) entwickelt wurden.

In „traditionellen“ Läsionsstudien wurden (multiple) Einzelfälle oder Kohorten von Patient*innen untersucht, die entweder eine sehr ähnliche Hirnläsion oder ein sehr ähnliches Störungsbild aufweisen. Dieser Ansatz ist aus Gründen der hohen Variabilität zwischen Patient*innen und der schwer zu definierenden Maße für die Ähnlichkeit der Störungsbilder und Läsionsorte schwierig (Bates et al., 2003).

Den Ansätzen steht die Methodik des *voxel-based lesion-symptom mapping* gegenüber, da hier keine Gruppierung notwendig ist. Basierend auf den oben beschriebenen normalisierten Gehirndaten, wird für jedes Voxel (Bildvolumen von 1 mm³) die Subgruppe der Patient*innen, die in diesem Voxel eine Läsion aufweisen, mit denen verglichen, die keine Läsion in dem geprüften Voxel haben. Dies erfolgt in jedem Voxel, in dem 10% und mehr der Proband*innen eine Läsion zeigen. Anders formuliert wird getestet, ob eine Läsion in einem bestimmten Voxel statistisch signifikant mit einer Veränderung des Verhaltens korreliert. Zwei Aspekte sind bei

der Analyse zu berücksichtigen. Zunächst resultiert das Problem der multiplen Vergleiche (z.B. 1000 Tests bei 1000 berücksichtigten Voxeln). Dafür sind Korrekturen entsprechend der Verteilung und des Skalenniveaus der Daten vorzunehmen (Rorden, Karnath & Bonilha, 2007). Ausgehend von dem ursprünglichen Ansatz (Bates et al., 2003) liegen inzwischen verschiedenen Ansätze und freeware Lösungen vor. Rorden et al. (2007) stellen in ihrer Software zusätzlich nicht-parametrische Statistik zur Verfügung.

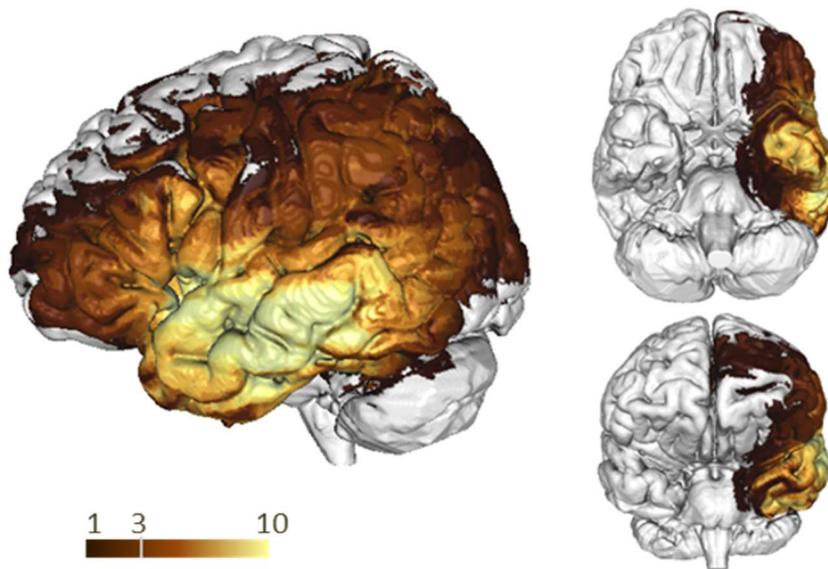


Abbildung 8. Darstellung der Überlappung der Läsionen der 32 Patient*innen, in der die eingefärbten Flächen in mindestens einem/einer der Patient*innen läsiert waren und die Farbintensität der Anzahl an Patient*innen entspricht, die in diesem Areal eine Läsion aufwiesen.

In der vorliegenden Arbeit wurde die von Stephen Wilson aus der ursprünglichen Software weiterentwickelte Software eingesetzt (<https://langneurosci.mc.vanderbilt.edu/resources.html>) (Bates et al., 2003). Die Ergebnisse wurden mit der Software von Rorden et al. (2007) überprüft, da diese die Analyse nichtparametrischer Daten ermöglicht. Falls nicht anders berichtet, ergaben sich hier überlappende Ergebnisse. In der Wilson-Software ist die Korrektur für falsch positive Ergebnisse zweischrittig. Permutations-basiert wird zunächst die statistische Signifikanz in jedem einzelnen Voxel geprüft (2000 Permutationen). Voxel, die den kritischen p -Wert $p < 0.001$ erreichen, werden im 2. Schritt auf Clusterebene berücksichtigt. Cluster, die den Grenzwert von $p < .05$ erreichen, werden als cluster-korrigiert berichtet. Die beiden Schritte sind im Ergebnisteil als $p@voxel$ bzw. $p@cluster$ berichtet.

Die meisten VLSM-Ansätze beruhen auf der Annahme der Unabhängigkeit der Voxel (analog zu den Annahmen der funktionellen Bildgebungsanalyse). Dies ist aber auch durch die

Variabilität der Läsionsgröße verletzt. So ist bei großen Läsionen die Wahrscheinlichkeit größer, dass bei der Betrachtung eines einzelnen Voxels, die beobachtete Verhaltensänderung nicht auf der Läsion im betrachteten, sondern in einem anderen Voxel beruht. Eine (relativ grobe) Option der Attenuierung dieses Problems ist es, die Läsionsgröße als Kovariate in der Analyse zu berücksichtigen. Da dies auch gegenteilige Effekte haben kann (z.B. große Läsionen in Arealen, die keine Relevanz für das Paradigma haben), wurden alle Analysen mit und zusätzlich ohne eine Läsionsgrößenkorrektur durchgeführt. Im Ergebnisteil wird stets angegeben, ob die Läsionsgröße als Kovariate inkludiert wurde.

Bei basalen Messwerten (z.B. Reaktionszeit auf einen einfachen Stimulus) ist anzunehmen, dass Läsionen nur zu einer Verschlechterung des Verhaltens führen können. Bei komplexen Prozessen (Interferenz und Fazilitierung) ist es aber denkbar, dass eine Läsion in einem Hirnareal zu einer „Verbesserung“ der Leistung führen kann. Gäbe es etwa ein Areal, das essentiell die Interferenz beim Bildbenennen generiert, würde dessen Läsion zu einer Beschleunigung des Benennens führen. Daher wurden in der vorliegenden Arbeit Korrelationen mit dem Status eines Voxels in beide Richtungen analysiert.

4) Ergebnisse

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Analysen der Verhaltensdaten dargestellt. Unter 4.2. werden die Ergebnisse der Verhaltens-Läsions-Analyse (VLSM) berichtet.

4.1) Ergebnisse auf Verhaltensebene

Innerhalb der kategoriellen und der assoziativen Bedingung wurden Benennlatenzen und Fehlerzahlen getrennt voneinander analysiert und jeweils die relatierte mit der unrelatierten Bedingung verglichen. Es ist erneut zu betonen, dass ein direkter Vergleich zwischen den beiden Bedingungen (assoziativ, kategoriell) nicht durchgeführt wurde, da Material und Trial-Struktur (SOA) aufgrund des Designs voneinander abweichen und ein Vergleich daher qualitativ erfolgen muss. Tabelle 2 und Abbildung 9 und 10 geben einen numerischen bzw. grafischen Überblick über die Ergebnisse.

Vor den Ergebnissen der experimentellen Bedingungen sei eingangs die Überprüfung des Lesesinnverständnisses berichtet, die im Anschluss an das Hauptexperiment durchgeführt wurde. Alle Patient*innen lagen bei über 98 % korrekten Reaktionen, sodass nicht von einem

relevanten Einfluss durch mögliche Einschränkungen des Lesesinnverständnisses auf die folgenden Daten auszugehen ist.

Tabelle 2

Durchschnittliche Benennlatenz und Fehlerzahl mit den zugehörigen Standardabweichungen und Spannen in den verschiedenen experimentellen Bedingungen

		Latenzen (in ms)			Fehler (in ganzen Zahlen)		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	Spannweite	<i>M</i>	<i>SD</i>	Spannweite
ASS	rel	1417	728.6	676-3721	1.4	2.09	0-9
	unrel	1399	691.7	706-3830	1.9	2.67	0-12
	Δ rel-unrel	18	152.8	-174-416	-0.5	1.14	-4-1
KAT	rel	1591	685.4	747-3635	3.4	3.92	0-18
	unrel	1468	696.7	676-3750	2.4	3.88	0-16
	Δ rel-unrel	124	166.8	-211-502	1.0	1.77	-2-7

ASS: assoziative Bedingung; **KAT:** kategorielle Bedingung; **rel:** relatiert; **unrel:** unrelatiert; **Δ rel-unrel:** Differenz zwischen relatiertem und unrelatiertem Bedingung

4.1.1) Benennlatenzen

Eine grafische Darstellung der Ergebnisse der Benennlatenzen findet sich in Abbildung 9. Die numerischen Werte sind der linken Ergebnisspalte in Tabelle 2 zu entnehmen.

In der assoziativen Bedingung wurden in der relatierten Bedingung durchschnittlich 1417 ms ($SD = 728.6$) und in der unrelatierten Bedingung durchschnittlich 1399 ms ($SD = 691.7$) zur Benennung des Zielbildes benötigt. Demnach wurden in der relatierten Bedingung durchschnittlich 18 ms ($SD = 152.8$ ms) mehr zur Benennung benötigt. Diese Differenz war in einem abhängigen, zweiseitigen t -Test nicht signifikant ($t = 0.677$, $df = 31$, $p = .5033$). Das bedeutet, dass entgegen den Befunden bei neurotypischen Proband*innen der fazitätierende Effekt assoziativer Primes sich auf Gruppenebene bei unserer Patientenkohorte nicht zeigt.

Die hier untersuchte Patientengruppe benötigte in der kategoriellen Bedingung in der relatierten Bedingung durchschnittlich 1591 ms ($SD = 685.4$ ms) zu Benennung des Zielbildes, wohingegen sie in der unrelatierten Bedingung 1468 ms ($SD = 696.7$ ms) benötigte. In der kategoriell relatierten Bedingung wurden demnach durchschnittlich 124 ms ($SD = 166.8$ ms)

mehr zur Benennung des Bildes benötigt. In der kategoriellen Bedingung bestätigte der abhängige, zweiseitige t -Test dieses signifikant langsamere Benennen in der relatierten Bedingung im Vergleich zur zugehörigen unrelatierten Kontrollbedingung ($t = 4.193$, $df = 31$, $p = .0002$). Dies ist qualitativ im Einklang mit den Befunden bei neurotypischen (Henseler et al., 2014).

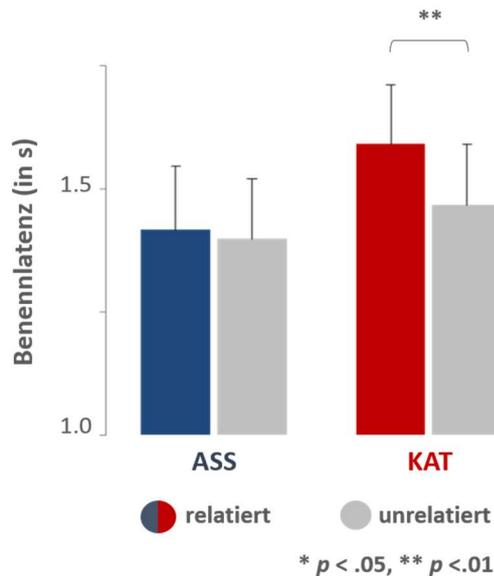


Abbildung 9. Durchschnittliche Benennlatenz in der relatierten (farbig) im Vergleich zur unrelatierten Bedingung (grau) in der assoziativen (ASS, in blau) und kategoriellen (KAT, in rot) Bedingung.⁹

4.1.2) Fehlerzahlen

Eine grafische Darstellung der Ergebnisse der Fehlerzahlen findet sich in Abbildung 10. Die numerischen Werte sind der rechten Ergebnisspalte in Tabelle 2 zu entnehmen.

In der assoziativen Bedingung kam es in der relatierten Bedingung zu durchschnittlich 1.4 Fehlern ($SD = 2.09$) und in der unrelatierten Bedingung zu durchschnittlich 1.9 Fehlern ($SD = 2.67$). Dies entsprach 3,5 % fehlerhaften Benennungen in der relatierten und 4,75 % Fehler in der unrelatierten Bedingung. Demnach wurden hier in der relatierten Bedingung 0.5 Fehler (1,25 %) weniger gemacht ($SD = 1.14$). Ein zweiseitiger t -Test bestätigte auf Gruppenebene, dass signifikant weniger Fehler in der assoziativ relatierten Bedingung im Vergleich zur unrelatierten Kontrollbedingung ($t = -2.647$, $df = 31$, $p = .013$) auftraten.

In der kategoriellen Bedingung wurden in der relatierten Bedingung durchschnittlich 3.4 Fehler gemacht ($SD = 3.92$), im Vergleich zu 2.4 Fehlern ($SD = 3.88$), die in der unrelatierten

⁹ Die Ergebnisabbildungen sind mit Genehmigung aller Autoren der zugehörigen Publikation (Pino et al.) entnommen, welche dem Verzeichnis der wissenschaftlichen Publikationen zu entnehmen ist.

Bedingung gezeigt wurden. Dies entsprach 8,5 % fehlerhaften Benennungen in der relatierten und 6 % Fehlern in der unrelatierten Bedingung. Durchschnittlich wurde demnach ein Fehler (2,5 %) mehr in der kategoriell relatierten Bedingung gemacht ($SD = 1.77$). Der abhängige, zweiseitige t -Test ergab hier signifikant höhere Fehlerzahlen in der kategoriell relatierten Bedingung im Vergleich zur zugehörigen unrelatierten Kontrollbedingung ($t = 3.298$, $df = 31$, $p = .002$).

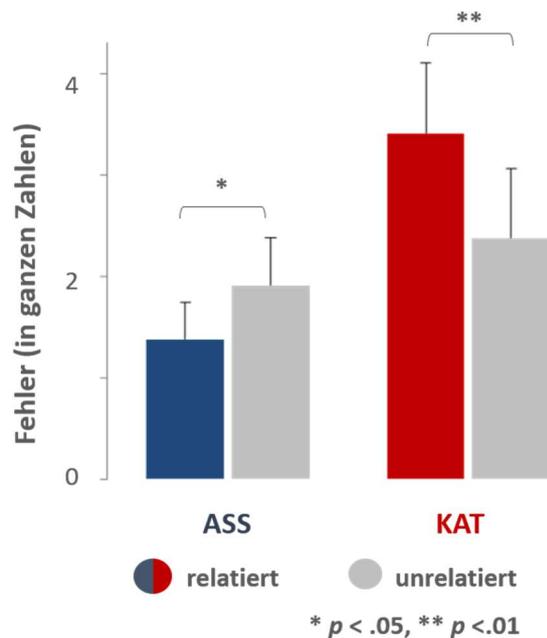


Abbildung 10. Durchschnittliche Fehlerzahl in der relatierten (farbig) im Vergleich zur unrelatierten Bedingung (grau) in der assoziativen (ASS, in blau) und kategoriellen (KAT, in rot) Bedingung.

4.1.3) Fehlerarten

Zur Analyse eines spezifischen Fehlermusters wurden in der kategoriellen und assoziativen Bedingung jeweils eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung durchgeführt. Analysiert wurden die Faktoren Relatiertheit und Fehlertyp. Der Faktor Relatiertheit wies die Stufen relatiert und unrelatiert auf. Für den Faktor Fehlertyp wurde zunächst die eine 6-stufige Einteilung in Nullreaktionen, Vorlesen des Distraktorwortes, semantische Paraphrasien, phonematische Paraphrasien, Selbstkorrekturen nach semantischem Fehler sowie Selbstkorrekturen nach phonematischem Fehler vorgenommen. In der Inspektion der Daten nach diesem Schema zeigte sich, dass in der assoziativen Bedingung keine Selbstkorrektur nach phonologischem Fehler und nur eine phonologische Paraphrasie in der relatierten Bedingung auftraten. In der kategoriellen Bedingung traten in der relatierten Bedingung eine phonematische Paraphrasie, in der unrelatierten Bedingung eine phonematische Paraphrasie

sowie eine Selbstkorrektur nach phonematischer Paraphrasie auf. Da im gesamten Experiment nur vier phonologisch motivierte Fehler gemacht wurden, wurde diese Kategorie in der statistischen Fehleranalyse nicht weiter berücksichtigt. Ferner wurden die Kategorien „semantische Paraphrasie“ und „Selbstkorrektur nach semantischer Paraphrasie“ zur Kategorie „semantischer Fehler“ zusammengefasst, um eine bessere Güte der statistischen Analysen zu erreichen. Es resultiert eine 3-stufige Ausprägung für den Faktor Fehlertyp: (i) Nullreaktion, (ii) Vorlesen des Distraktorwortes sowie (iii) semantischer Fehler. In Tabelle 3 sind die absoluten Fehlerzahlen und die durchschnittlichen Fehlerzahlen mit Standardabweichungen zusammengefasst. Die Kategorie „sonstige“ entspricht den oben beschriebenen, nur selten zu beobachtenden, phonologisch motivierten Fehlern, die in der folgenden statistischen Analyse keine Berücksichtigung fand.

Tabelle 3

Absolute und durchschnittliche Fehlerzahlen in den verschiedenen Fehlerkategorien

		Nullreaktionen		Lesen des Ablenkens		Semantische Fehler		sonstige	
		rel	unrel	rel	unrel	rel	unrel	rel	unrel
	absolut	25	35	1	1	18	26	1	0
ASS	M	0.78	1.09	0.03	0.03	0.56	0.81	0.03	0
	SD	1.56	2.04	0.17	0.17	0.93	1.16	0.17	0
	absolut	45	43	22	6	41	25	1	2
KAT	M	1.41	1.34	0.69	0.19	1.28	0.78	0.03	0.06
	SD	3.21	3.26	1.16	0.39	1.21	0.93	0.17	0.35

ASS: assoziative Bedingung; **KAT:** kategorielle Bedingung; **rel:** relatiert; **unrel:** unrelatiert

In der assoziativen Bedingung zeigte sich im Mauchly Test eine Verletzung der Sphärizität für den Faktor Fehlertyp, $W = .674$, $p < .05$, $\epsilon = .75$. Die Freiheitsgrade wurden entsprechend korrigiert. Es ergaben sich signifikante Haupteffekte für Relatiertheit, $F(1, 31) = 6.56$, $p < .05$ und Fehlertyp, $F(1.5, 46.5) = 5.72$, $p < .05$. Es bestand keine signifikante Interaktion zwischen diesen, $F(2, 62) = 2.18$, $p = .122$. Als häufigste Fehlerart zeigten sich Nullreaktionen, gefolgt von semantischen Fehlern und Fehlern in Form des Ablenkens. Aufgrund der fehlenden Interaktion bestand kein Unterschied in diesem Muster zwischen der relatierten und

unrelatierten Bedingung. Wie bereits oben beschrieben wurden in der assoziativ relatierten Bedingung weniger Fehler gemacht als in der unrelatierten Bedingung.

In der kategoriellen Bedingung zeigte sich im Mauchly Test eine Verletzung der Sphärizität für den Faktor Fehlertyp, $W = .340$, $p < .001$, $\epsilon = .60$. Die Freiheitsgrade wurden entsprechend korrigiert. Es ergab sich ein signifikanter Haupteffekt für Relatiertheit, $F(1, 31) = 11.93$, $p < .05$. Der Effekt des Faktors Fehlertyps erreichte keine Signifikanz, $F(1.2, 37.2) = 1.99$, $p = .15$. Ebenso bestand keine signifikante Interaktion zwischen Relatiertheit und Fehlertyp, $F(2, 62) = 1.85$, $p = .17$. Wie bereits bestätigt konnten signifikant mehr Fehler in der kategoriell relatierten Bedingung für alle Fehlerarten festgestellt werden. Aufgrund des fehlenden Haupteffekts für den Faktor Fehlertyp ist kein spezifisches Fehlermuster nachweisbar.

4.1.4) Individuelle Varianz in den Leistungen

Insgesamt zeigte sich bei Inspektion der Daten eine sehr hohe Varianz in den individuellen Leistungen der Patient*innen, sowohl in Bezug auf die Benennlatenzen als auch auf die Fehlerzahlen. In Korrelationsanalysen nach Pearson zeigte sich ein hoch signifikanter positiver Zusammenhang zwischen den Benennlatenzen in der relatierten und unrelatierten Bedingung, sowohl in der assoziativen ($r(30) = .98$, $p < .001$; $R^2 = .96$) als auch in der kategoriellen Bedingung ($r(30) = .97$, $p < .001$; $R^2 = .94$). Ebenso zeigte sich ein hoch signifikanter positiver Zusammenhang in den Fehlerzahlen zwischen der relatierten und unrelatierten Bedingung, sowohl in der assoziativen ($r(30) = .91$, $p < .001$; $R^2 = .84$) als auch in der kategoriellen Bedingung ($r(30) = .90$, $p < .001$; $R^2 = .81$). Diese Zusammenhänge sind grafisch in Abbildung 11 dargestellt.

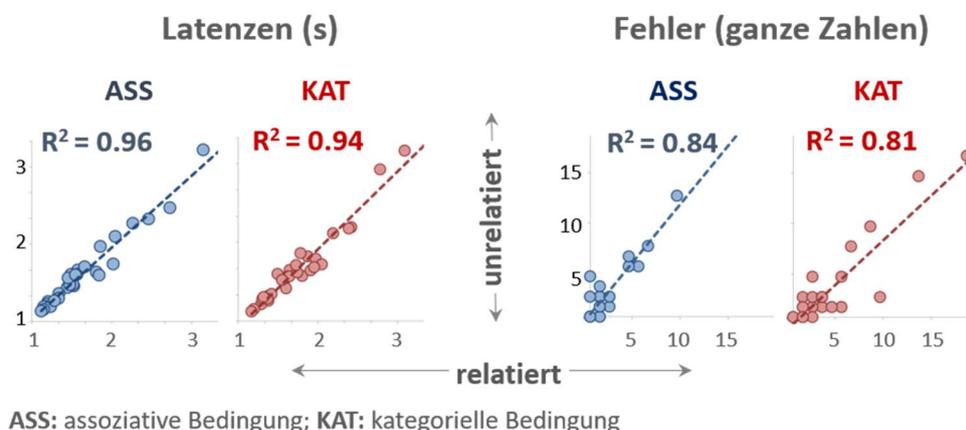


Abbildung 11. Korrelationen der Benennlatenzen (in Sekunden) und Fehlerzahlen (in ganzen Zahlen) zwischen relatierter (x-Achse) und unrelatierter Bedingung (y-Achse) sowohl in der assoziativen (in blau) als auch in der kategoriellen Bedingung (in rot).

Darüber hinaus bestanden hoch signifikante positive Zusammenhänge zwischen den Leistungen in der assoziativ relatierten und der kategoriell relatierten Bedingung, sowohl für Benennlatenzen ($r(30) = .96, p < .001; R^2 = .93$) als auch für Fehlerzahlen ($r(30) = .79, p < .001; R^2 = .63$).

Fasst man jeweils die unrelatierte und relatierte Bedingung zu einer durchschnittlichen Gesamtleistung pro semantischem Kontext zusammen, zeigt sich ebenso ein hoch signifikanter positiver Zusammenhang zwischen dieser durchschnittlichen Gesamtleistung in der assoziativen und der kategoriellen Bedingung, sowohl für Benennlatenzen ($r(30) = .97, p < .001; R^2 = .94$) als auch für Fehlerzahlen ($r(30) = .84, p < .001; R^2 = .71$). Eine grafische Darstellung dieser Zusammenhänge findet sich in Abbildung 12.

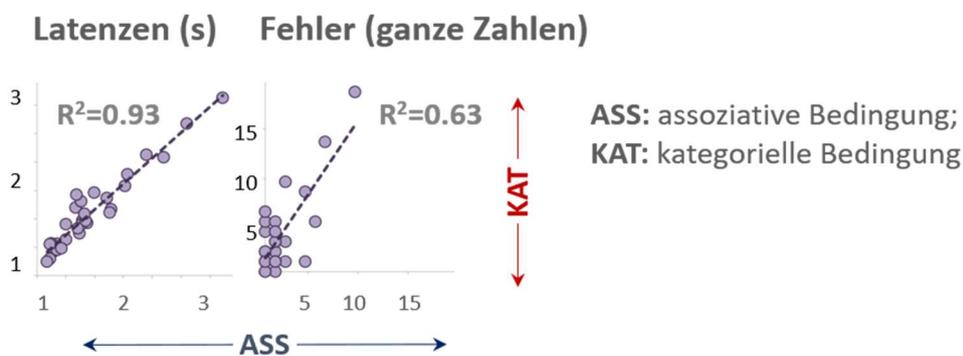


Abbildung 12. Korrelationen der durchschnittlichen Benennlatenzen (in Sekunden) und Fehlerzahlen (in ganzen Zahlen) zwischen assoziativer (x-Achse) und kategorieller Bedingung (y-Achse).

Demnach wurde die Leistung innerhalb einer Bedingung sowohl von den Leistungen in den weiteren Bedingungen als auch von der Gesamtleistung prädiziert. Dies bedeutet, dass Patient*innen, die insgesamt hohe bzw. niedrige Fehlerzahlen und Benennlatenzen zeigten, dies in allen Bedingungen taten.

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, ob die beiden gegenläufigen Effekte (assoziative Fazilitierung, kategorielle Interferenz) im Vergleich zwischen Patient*innen dissoziieren können. Um dies zu testen, ist die Differenz zwischen den Werten in der jeweiligen relatierten und den unrelatierten Bedingungen relevant. Hierzu wurde die Differenz Δ zwischen der jeweiligen relatierten und unrelatierten Bedingung für Benennlatenz und Fehler bestimmt. Interferenz führt dabei zu positiven Werten dieser Differenz (Verlangsamung und mehr Fehler bei relatiert, bei KAT erwartet), wohingegen sich

Fazilitierung in negativen Werten zeigt (Beschleunigung und weniger Fehler bei relativiert, bei ASS erwartet). Insgesamt bestand auch hier eine hohe Varianz im Wert der errechneten Differenz und somit in der Stärke der Effekte über die getesteten Patient*innen hinweg. Eine grafische Darstellung der Werte pro Patient*in und in sortierter Form (aufsteigend, entsprechend der Größe des Differenzwertes) ist Abbildung A3 in Anhang E zu entnehmen. Untersuchte man hier den Zusammenhang zwischen der Stärke von assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz war kein signifikanter Zusammenhang für Benennlatenzen ($r(30) = .26, p = .15; R^2 = .07$) und Fehlerzahlen ($r(30) = .01, p = .96; R^2 = .0001$) mehr feststellbar. Dies ist grafisch in Abbildung 13 dargestellt.

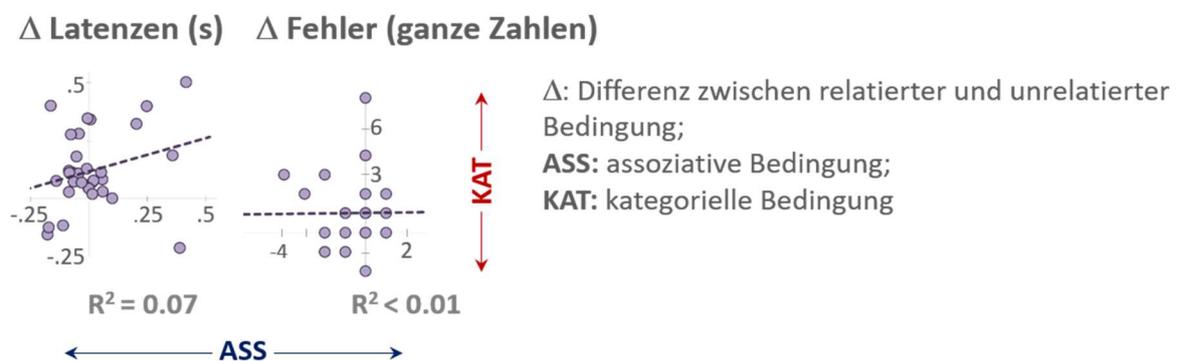


Abbildung 13. Korrelationen zwischen der Stärke von assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz in Form der Differenz zwischen relativer und unrelativer Bedingung für Benennlatenzen (in Sekunden) und Fehlerzahlen (in ganzen Zahlen).

Demnach entsprach die Stärke assoziativer Fazilitierung nicht zwangsläufig der Stärke kategorieller Interferenz und die beiden Effekten traten in abweichender Ausprägung voneinander unabhängig auf. In der Gruppe zeigten demnach Patient*innen bspw. starke kategorielle Interferenz, wohingegen assoziative Fazilitierung kaum nachweisbar war. Auf diese Fälle soll im Verlauf der Diskussion nochmals eingegangen werden.

4.1.5) Zusammenfassung der Verhaltensdaten

Zusammenfassend konnten kategorielle Interferenz und assoziative Fazilitierung in einem PWI Paradigma innerhalb der untersuchten Gruppe von Patient*innen nachgewiesen werden. Kategoriell relatierte Distraktoren wirkten sich hindernd sowohl auf Benennlatenzen als auch auf die Akkuratheit des Benennens aus. Assoziativ relatierte Distraktoren hingegen erhöhten die Akkuratheit des Benennens, nahmen aber keinen signifikanten Einfluss auf die Schnelligkeit des Benennens.

In der assoziativen Bedingung dominierten Nullreaktionen sowie semantische Paraphasien, wohingegen signifikant weniger häufig mit der Nennung des Ablenkerwortes reagiert wurde. Dieses Fehlermuster unterschied sich in relativer und unrelativer Bedingung nicht. In der kategoriellen Bedingung war die Anzahl an Fehlern in Form von Nullreaktionen, semantischen Paraphasien und Reaktionen in Form des Ablenkerwortes nicht signifikant voneinander verschieden.

Relevant für den zweiten Teil der Ergebnisse (4.2.) ist, dass eine hohe Varianz zwischen den individuellen Leistungen der Patient*innen bestand. Dabei fanden sich hohe Korrelationen zwischen der individuellen Gesamtleistung und den Leistungen in den einzelnen Testbedingungen. Dies bedeutet, dass allgemein Patient*innen bezüglich des Benennens unterschiedlich stark betroffen waren. Relevanter für unserer Fragestellung ist, dass die Modulation der Benennleistungen durch assoziativ und kategoriell verbundene Ablenker ebenfalls stark zwischen den Patient*innen variierte. Hervorzuheben ist ferner, dass kein statistischer Zusammenhang zwischen der Stärke von assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz bestand. Dies spricht für eine Dissoziation beider Effekte.

4.2) Ergebnisse der Läsionsanalysen

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der VLSM Analysen dargestellt werden. Details zu Größe der Läsion, Lokalisation und statistischer Robustheit der statistisch signifikanten Läsions-Verhaltens-Korrelationen sind Tabelle 4 zu entnehmen. Die individuellen Läsionsgrößen und groben anatomischen Zuordnungen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Neben der Angabe des Volumens V in cm^3 wird auch der Wert DiaSph in cm angegeben. Er stellt die Länge des Durchmessers einer Kugel des entsprechenden Volumens dar und erlaubt eine intuitivere Größenvorstellung, die aufgrund der eher sphärischen Form ischämischer Defekte besser den Anteil kortikaler Läsionsanteile repräsentiert. Dieser Wert wurde auch für die Korrektur der Läsionsgröße genutzt. Die Umrechnung erfolgte per: $\text{DiaSph} = 2 * r^{\text{Sphere}} = 2 * \sqrt[3]{\frac{3*V}{4*\pi}}$. In Tabelle 4 beziehen sich alle Angaben auf Analysen, bei denen keine Korrektur für das Läsionsvolumen erfolgte. Die letzte Spalte (DiaSph) gibt an, ob bei Einschluss der Läsionsgröße das Ergebnis auf dem Level von $p < .05$ signifikant blieb oder nur noch einem Trend ($p < .1$) entsprach.

Tabelle 4

Darstellung der statistischen Ergebnisse der VLSM Analyse

	Läsion →	Größe Volumen [cm ³]	Größe Dia Sph [cm]	p @ Voxel	p @ Cluster	max T	MNI			aal	Harvard	BA	Dia Sph
							x	y	z				
FEHLER^{GES}	↑	10.80	2.74	.001	.042	9.9	-65	-17	-25	ITG	p MTG	20	-
							-51	-53	-5	ITG	t-occ MTG	37	
LAT^{MITTEL}	↑	9.46	2.62	.001	.028	5.3	-55	-44	-10	MTG	t-occ MTG	20	-
							-51	-12	-18	MTG	p MTG	20	
Δ ASS^{FEHLER}	Faz	4.04	1.98	.001	.036	4.9	-57	-47	-17	ITG	t-occ ITG	20	x
		3.67	1.81				.006	3.2	-60	-20	-24	ITG	
	Kov UNR Interf	0.32	0.85	.005	.032	2.9	-46	-48	9	MTG	t-occ MTG	21	-
		0.23	0.76				.040	2.8	-46	-50	13	STG	
Δ KAT^{LAT}	Interf	11.87	2.83	.010	.039	4.4	-37	11	27	IFG tri	IFG oper	-	x
		5.87	2.83				.010	4.4	-58	19	7	IFG tri	
	Kov MITTEL Interf	4.93	2.11	.005	.043	3.5	-58	19	5	IFG tri	IFG oper	-	x
Δ KAT^{FEHLER}	Faz	0.12	0.61	.001	.029	3.84	-45	-8	-39	ITG	a ITG	20	x
		0.03	0.39				.029	3.84	-68	-25	-20	ITG	
	Kov UNR Faz	0.01	0.27	.001	.028	3.75	-57	-56	-10	ITG	t-occ ITG	37	x
		0.08	0.53				.001	3.75	-45	-8	-39	ITG	

FEHLER^{GES}: Gesamtfehlerzahl; **LAT^{MITTEL}**: durchschnittliche Benennlatenz; **Δ ASS^{FEHLER}**: Differenz in der Fehlerzahl zwischen assoziativ relatierter und unrelatierter Bedingung; **Δ KAT^{LAT}**: Differenz in der Benennlatenz zwischen kategoriell relatierter und unrelatierter Bedingung; **Δ KAT^{FEHLER}**: Differenz in der Fehlerzahl zwischen kategoriell relatierter und unrelatierter Bedingung;

↑: Läsionen erhöhen die Gesamtfehlerzahl (**FEHLER^{GES}**) / durchschnittliche Benennlatenz (**LAT^{MITTEL}**); **Faz**: Zunahme Fazilitierung; **Interf**: Zunahme Interferenz;

Größe Volumen [cm³]: Volumen einer Kugel in cm³, die die Größe der Läsion darstellt; **Größe Dia Sph [cm]**: Durchmesser einer Kugel in cm, die die Größe der Läsion darstellt;

p @ Voxel: Statistischer Schwellenwert unkorrigiert auf Voxel-Ebene;

p @ Cluster: Statistischer Schwellenwert nach Korrektur für multiple Vergleiche auf Cluster-Ebene;

MNI Koordinaten der Cluster Höchstwerte (in fett) und lokaler Höchstwerte entsprechend der drei Standard-Atlanten; **STG/ MTG/ ITG**: Gyrus temporalis superior/ medius/ inferior; **IFG**: Gyrus frontalis inferior; **T Pol**: Temporalpol; **PI polare**: Planum polare; **a/ p /t-occ**: anteriorer/ posteriorer/ temporo-occipitaler Anteil des entsprechenden Gyrus; **tri**: Pars triangularis des IFG; **oper**: Pars opercularis des IFG;

Dia Sph: Einschluss (x) / Ausschluss (-) der Läsionsgröße als Kovariate; bei Clustern mit Ausschluss: Dia Sph (-) p < .05, Dia Sph (x) p < .1

4.2.1) Läsionsanalysen der Gesamtleistung

Wie oben berichtet zeigten die Proband*innen eine hohe interindividuelle Varianz bezüglich der mittleren Benennlatenz und der Fehleranzahl, wenn über alle Konditionen gemittelt/summiert wurde. Die Läsions-Verhaltensanalyse ergab robuste Korrelationen zwischen der Gesamtbenennleistung, sowohl für die durchschnittliche Benennlatenz als auch für die Gesamtfehlerzahl. Beide Parameter ergaben ein Cluster, das den MTG links und den ITG links sowie die darunterliegende weiße Substanz umfasst. Die entsprechenden Cluster sind für die durchschnittliche Benennlatenz LAT^{MITTEL} (in lila) und die Gesamtfehlerzahl $FEHLER^{GES}$ (in pink) in Abbildung 14 dargestellt. Insgesamt überlappen diese Cluster in einem hohen Anteil. Das relevante Areal für die Gesamtfehlerzahl erstreckt sich allerdings etwas weiter in lateraler Richtung. Gemeinsam decken sie große Teile des MTG und des ITG links ab und reichen bis zum Berührungspunkt von Temporal- und Parietallappen. Das Ergebnis bedeutet, dass Läsionen in diesem Anteil des Sprachnetzwerkes zu einer erhöhten Benennlatenz und höheren Fehlerzahlen unabhängig von der Bedingung (assoziativ/kategoriell relatierte und jeweilige unrelatierte Bedingungen) führt. Beide Cluster waren signifikant ($p < .05$), wenn keine Korrektur für die Läsionsgröße erfolgte. Wurde diese berücksichtigt, bestand auf Cluster-level weiterhin ein Trend ($p < 0.1$).

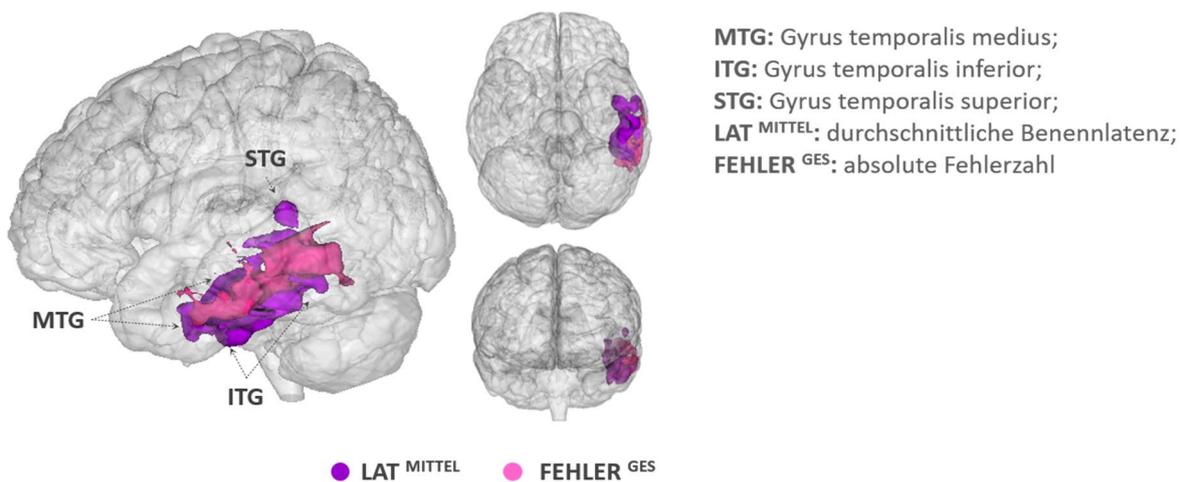


Abbildung 14. Ergebnisse der VLSM Analyse mit einer relevanten Überlappung der Cluster für steigende Latenzen (LAT^{MITTEL} , in lila) und Fehler ($FEHLER^{GES}$, in pink), mit Korrelationen zwischen Läsionen in den markierten Clustern im Bereich des MTG und ITG und höheren Fehlerzahlen und höheren Benennlatenzen sowie Korrelationen zwischen höheren Benennlatenzen und Anteilen des STG.

4.2.2) Läsionsanalysen der Stärke fazilitierender und inhibierender Effekte

Weitere Läsionsanalysen wurden basierend auf den im PWI Paradigma provozierten Effekten durchgeführt. Analysiert wurden Zusammenhänge zwischen läsionierten Arealen und der

Stärke von assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz. Das erleichterte Benennen durch assoziative Relationen auf Verhaltensebene drückte sich in Form von negativen Werten in der Differenz Δ ($ASS^{\text{relatiert}} - ASS^{\text{unrelatiert}}$) für Benennlatenzen und Fehlerzahlen aus. Die berichteten hemmenden Effekte kategorieller Relationen waren in positiven Werten der Differenz Δ ($KAT^{\text{relatiert}} - KAT^{\text{unrelatiert}}$) abbildbar. Da Läsionen insgesamt in komplexer Weise mit Verhaltensdaten korrelieren können, wurden alle Läsionsanalysen der Differenzen in beide Richtungen durchgeführt und sind in Abbildung 15 grafisch dargestellt. Eine ergänzende tomographische Darstellung der Ergebnisse findet sich in Abbildung A4 in Anhang F.

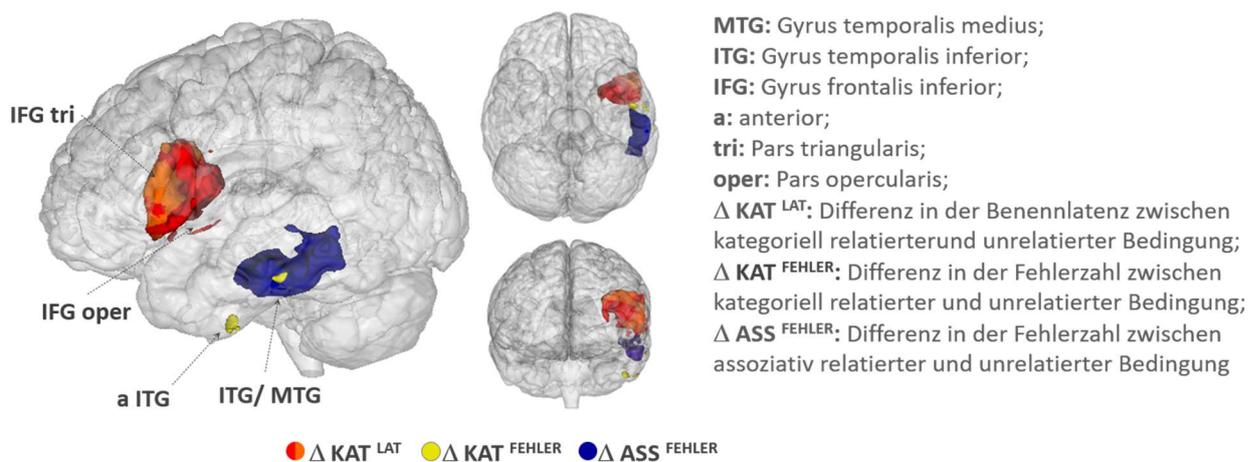


Abbildung 15. Ergebnisse der VLSM Analyse mit einer Zunahme assoziativer Fazilitierung (= Abnahme ΔASS^{FEHLER} , in blau) bei Läsionen des ITG/MTG sowie mit einer Zunahme kategorieller Interferenz (= Zunahme ΔKAT^{LAT} , in rot-orange) bei Läsionen des IFG und einer Abnahme kategorieller Interferenz (= Abnahme ΔKAT^{LAT} , in gelb) bei Läsionen in drei kleinen Clustern im Bereich des ITG/MTG und des a ITG.

Die Stärke assoziativer Fazilitierung auf die Fehlerzahlen korrelierte signifikant mit Läsionen im blau markierten Cluster in inferior-medialen temporalen Arealen. Bei Läsion dieses Areals wurde die Differenz Δ für die Fehlerzahl in der assoziativen Bedingung negativer. Dies bedeutet eine Zunahme der erleichternden Wirkung der assoziativen Relation auf die Fehlerzahl.

Das rote und orangefarbene Cluster im IFG links wies einen Zusammenhang mit der Differenz Δ in der Benennlatenz in der kategoriellen Bedingung auf. Wurde der Differenzwert positiver, bedeutet dies eine Zunahme der kategoriellen Interferenz auf die Benennlatenz. Damit ergibt sich bei Läsionen im IFG links eine stärkere Interferenz in der kategoriellen Bedingung. Drei kleine Cluster im MTG/ITG links und anterioren Anteil des ITG (a ITG), in Abbildung 15 gelb

dargestellt, korrelierten mit einer Abnahme der Stärke kategorieller Interferenz. Das heißt Läsionen in diesen Clustern führen zu weniger Interferenz in der kategoriellen Bedingung.

4.2.3) Ergebnisse unter Berücksichtigung der Gesamtleistung als Kovariaten

Da auf Verhaltensebene ein starker Zusammenhang zwischen der individuellen Leistung und der Gesamtfehlerzahl bzw. der durchschnittlichen Benennlatenz über alle Bedingungen bestand, wurden die berichteten VLSM basierten Analysen wiederholt, hierbei aber Maße für die Kontext-unabhängige Benennleistung eingeführt. Zunächst wurden FEHLER^{GES} und LAT^{MITTEL} als Kovariaten im statistischen Modell berücksichtigt. Da für die beiden unrelatierten Bedingungen keine Modulation der Werte angenommen werden kann, wurde ferner ein Mittel-/Summenwert nur über die beiden unrelatierten Bedingungen gebildet (für LAT und FEHLER: ASS^{unrelatiert} und KAT^{unrelatiert}) und dieser als Kovariate berücksichtigt.

Die statistisch relevanten Ergebnisse sind in Tabelle 4 als *Kov MITTEL* und *Kov UNR* angegeben. Für die kategorielle Interferenz bestätigt sich die Korrelation mit einem Cluster im linken IFG (in Abbildung 15 orange dargestellt). Dies bedeutet, dass auch unter Berücksichtigung der Gesamtleistung, Läsionen im IFG mit einer stärkeren Interferenz für die kategorielle Bedingung korrelierten.

Interessanter ist das Ergebnis für die assoziative Bedingung. Läsionen im Cluster im MTG links (dunkelblau in Abbildung 15 und 16) korrelierten weiterhin mit assoziativer Fazilitierung, also geringerer Fehlerzahl bei Läsion in diesem Bereich. Interessanterweise ergab sich beim umgekehrten Vergleich ein Cluster in der Insel, dem Temporalpol und dem Planum Polare. Läsionen in diesem Cluster korrelierten mit einer geringeren Fazilitierung durch assoziative Primes, was sich in einer erhöhten Fehlerzahl zeigte. Diese beiden nicht-überlappenden Cluster im MTG links deuten auf eine „Arbeitsteilung“ im MTG hin. Während eher posteriore temporale Läsionen (dunkelblau in Abbildung 16, entspricht dunkelblauem Cluster in Abbildung 15) assoziative Fazilitierung auf die Fehlerzahl verstärkten, führten eher anteriore temporale Läsionen (hellblau in Abbildung 16) zu einer Verringerung der erleichternden Wirkung assoziativer Relationen auf Fehlerzahlen (s. Tabelle 4 für die Statistik und Abbildung 16 für eine grafische Darstellung).

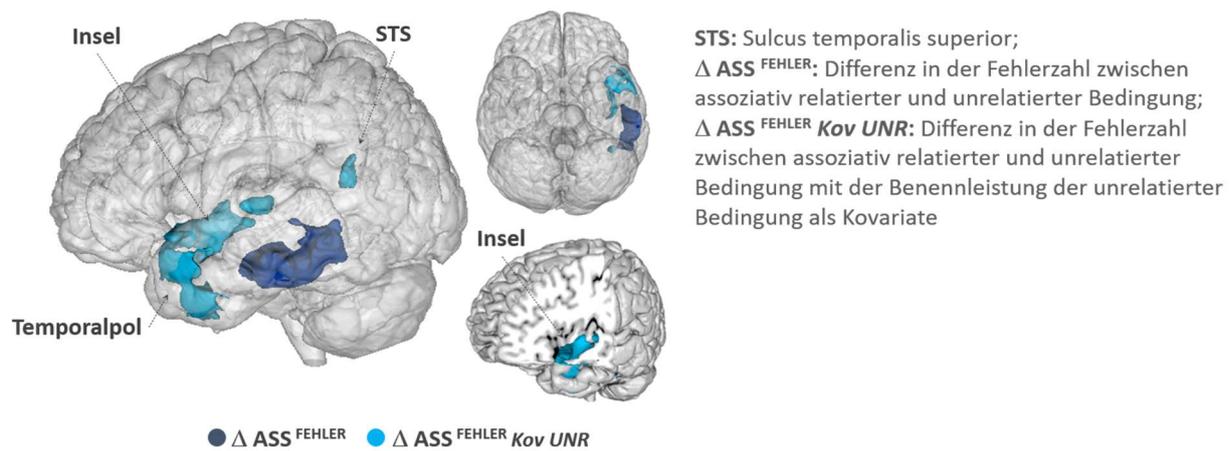


Abbildung 16. Gegensätzlicher Einfluss auf die Stärke der Fazilitierung mit einer Verstärkung assoziativer Fazilitierung durch Läsionen in posterioren temporalen Clustern (dunkelblau, identisch zu Abbildung 15) und einer Abschwächung assoziativer Fazilitierung unter Einbezug der Leistung in der unrelatierten Bedingung als Kovariate bei anterioren temporalen Läsionen (hellblau).

Neben dem Faktor der Gesamtleistung wurden zudem mögliche Einflüsse der Läsionsgröße analysiert. Diese wurde in Form des Durchmessers einer Kugel ausgedrückt, deren Volumen dem der Läsion entspricht (DiaSph, siehe 4.2. erster Paragraph). Es ergab sich eine signifikante Korrelation zwischen Läsionsgröße und der Gesamtfehlerzahl ($r = .42$, $p = .015$; $R^2 = .18$). Die Benennlatenz korrelierte nicht mit der Läsionsgröße.

4.2.3) Zusammenfassung der Läsionsanalysen

Grundsätzlich konnte die hohe funktionelle Relevanz des MTG und ITG links für Prozesse der Sprachproduktion, insbesondere des Bildbenennens repliziert werden. Dies zeigte sich in dieser Arbeit in Form einer Korrelation zwischen der kontext-unabhängigen Gesamtleistung im Paradigma (Gesamtfehlerzahl und durchschnittliche Benennlatenz in allen Bedingungen). Auch der Faktor Läsionsgröße nahm nur kontext-unabhängig Einfluss auf die Gesamtfehlerzahl. Spezifische Korrelationen zeigten sich zwischen dem IFG links und der Stärke kategorialer Interferenz auf die Benennlatenz. Diese stieg unter Läsionen des IFG links stärker an. Unter Läsion des MTG links kam es zu einer Zunahme der assoziativen Fazilitierung auf die Fehlerzahl. Wurde hier die kontext-unabhängige Benennleistung in der unrelatierten Bedingung als Kovariate miteinbezogen, konnte zudem eine feingliedrigere Einteilung des MTG links gefunden werden. Läsionen im posterioren Anteil des MTG links führten weiterhin zu einer Zunahme der erleichternden Wirkung assoziativer Relationen auf die Fehlerzahlen.

Läsionen im anterioren Anteil des MTG links hingegen hatten eine Abnahme der erleichternden Wirkung assoziativer Relationen zur Folge.

5) Diskussion

Im folgenden Abschnitt wird das Paradigma im Allgemeinen, die Effekte der beiden semantischen Kontexte sowie deren neuroanatomischen Grundlagen diskutiert und zueinander in Bezug gesetzt. Auch wird näher auf individuelle Unterschiede innerhalb der Stichprobe eingegangen, eine modelltheoretische Einordnung diskutiert und ein Ausblick auf das klinische Potential gegeben. Ebenso gilt es, mögliche Limitationen der Ergebnisse und der Machbarkeit des Paradigmas im klinischen Setting aufzuzeigen.

Semantische Kontexte beeinflussen die Richtigkeit und Geschwindigkeit des Bildbenennens. Dies ist bei neurotypischen Kohorten für verschiedene Paradigmen und für spezielle Aspekte der „semantischen Interferenz“ in einer Reihe von Studien dargestellt. Für Populationen mit einer umschriebenen erworbenen Hirnläsion liegen demgegenüber nur wenige Studien vor. Eine Untersuchung des differenziellen Effektes assoziativer (KNOCHEN^{Distraktor} → HUND^{Zielbild}) und kategorieller (KATZE^{Distraktor} → HUND^{Zielbild}) Ablenker in der gleichen Kohorte von Patient*innen liegt nach unserem Kenntnisstand bisher nicht vor. Die aktuelle Studie schließt diese Lücke. Bei 32 Proband*innen mit chronischer Läsion im linkshemisphärischen Sprachnetzwerk ließen sich folgende Ergebnisse darstellen:

- Über die Gruppe zeigt sich Interferenz der kategoriellen Ablenker durch eine erhöhte Fehlerzahl und eine Verlangsamung der Antwort im Vergleich zu unrelatierten Ablenkern. Für die assoziativen Ablenker ergibt sich eine Verringerung der Fehlerzahl, jedoch kein Effekt auf die Antwortlatenz. Damit zeigen sich qualitativ vergleichbare Ergebnisse wie sie in neurotypischen Kohorten dargestellt wurden.
- Die Effekte der assoziativen Fazilitierung und der kategoriellen Interferenz zeigen zwischen den Teilnehmer*innen eine große Varianz.
- Läsions-Verhaltensanalysen erlauben eine Zuordnung der Effekte zu den anterioren Anteilen des Sprachnetzwerkes (IFG) für die kategorielle Interferenz. Läsionen in diesen Arealen führen zu einer Zunahme der Interferenz.
- Für die assoziativen Distraktoren ergibt sich eine Zunahme des fazilitierenden Effektes bei Läsionen im temporalen Anteil des Sprachnetzwerkes.

Neben der Relevanz für neurolinguistische Kontroversen, sind die Ergebnisse potenziell von Relevanz für die Diagnostik und Therapie von Patient*innen mit erworbenen Läsionen im Sprachnetzwerk.

5.1) Verhaltensdaten aus dem Bild-Wort Interferenz Paradigma in einer klinischen Stichprobe

Die vorliegende Studie untersuchte eine visuelle Variante des PWI Paradigmas mit assoziativen und kategoriellen Relationen in einer größeren Stichprobe ($n > 30$) an Patient*innen mit erworbener linkshemisphärischer Hirnläsion und resultierender Sprachbeeinträchtigung. Da nur wenige Patientenstudien zu dieser Fragestellung vorliegen, wird zunächst die Tauglichkeit des Paradigmas für eine klinische Population bewertet. Danach werden Unterschiede zu den Ergebnissen einer gesunden Probandengruppen (Henseler et al.) diskutiert und im Anschluss spezifischer auf die gezeigte kategorielle Interferenz und assoziative Fazilitierung eingegangen.

5.1.1) Machbarkeit und grundlegende Unterschiede zu gesunden Probandengruppen

In gesunden Probandengruppen sind für verschiedene Varianten des PWI Paradigmas die hindernden Effekte kategorieller Relationen vielfach repliziert. Ebenso ist, wenn auch in geringerem Umfang, die erleichternde Wirkung assoziativer Relationen innerhalb des PWI Paradigmas bei Sprachgesunden dokumentiert (Abel et al., 2009; Alario et al., 2000; Damian & Bowers, 2003; Dirani & Pykkanen, 2018; Glaser & Dünkelhoff, 1984; Henseler et al., 2014; Piai et al., 2016; Piai & Knight, 2018; Sailor et al., 2009; Schriefers et al., 1990). Die vorliegende Studie zeigt vergleichbare Effekte in einer Patientengruppe. Assoziative Fazilitierung und kategorielle Interferenz ließen sich im PWI Paradigma für die Fehlerzahlen erfolgreich replizieren, für die Latenzen ergibt sich nur der inhibierende Effekt der kategoriellen Ablenker. Die Ergebnisse bestätigen damit die Hypothesen H1.1 und H1.2.

Beide Effekte sind bei gesunden Probandengruppen vor allem für die Benennlatenzen dargestellt. Fehler sind in neurotypischen Kohorten selten und zeigen daher keinen Effekt oder werden nicht berichtet. So ergab die Untersuchung von Henseler et al. (2014), die das identische Paradigma und Material zur vorliegenden Arbeit in einer gesunden Probandengruppe unter tDCS Stimulation untersuchte, im Durchschnitt unter Sham Stimulation 2,2 % Fehler in der assoziativ relatierten Bedingung und 3,6 % Fehler in der

kategoriellen relatierten Bedingung. Auch in den jeweiligen unrelatierten Bedingungen kam es unter Sham Stimulation durchschnittlich nur zu 2,4 % (assoziatives Itemset) bzw. 2,5 % (kategoriell Itemset) Fehlern. In der aktuellen Arbeit wurden von den untersuchten Patient*innen in der assoziativ relatierten Bedingung 3,5 % und in der kategoriell relatierten Bedingung 8,5 % Fehler gemacht. In der assoziativ unrelatierten Bedingung kam es zu 4,75 % Fehlern sowie zu 6 % Fehlern in der kategoriell unrelatierten Bedingung. Es zeigen sich demnach nicht nur mehr Fehler in den jeweiligen relatierten Bedingungen, sondern bereits ein insgesamt weniger akkurates Benennen in den unrelatierten Kontrollbedingungen. Die schlechtere Benennleistung über alle Bedingungen hinweg drückt zunächst das allgemein beeinträchtigte Benennen als Folge der erworbenen Hirnläsion aus. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die von Henseler et al. (2014) untersuchte Stichprobe deutlich jünger war ($M \pm SD = 26.2 \pm 2.98$ Jahre). Es ist weiterhin anzunehmen, dass unabhängig von der semantischen Relation eine schlechtere Benennleistung auf einer höheren Störanfälligkeit des Benennens beruht. So zeigten Patient*innen mit Läsionen des PFC in der Untersuchung von Piai et al. (2016) einen signifikanten stärkeren lexikalischen Interferenzeffekt als gesunde Kontrollen. Lexikalische Interferenz bezeichnet die Tatsache, dass Wörter unabhängig von ihrer Relation zum Zielbild, stärker störend wirken als nicht-linguistische Ablenker (z. B. eine Reihe XXXX). In der aktuellen Untersuchung ist im Vergleich zu Henseler et al. (2014) von einer Kombination aus verstärkter lexikalischer Interferenz und einer grundlegend beeinträchtigten Benennleistung auszugehen. Alle Patient*innen zeigten sprachliche Einschränkungen, die mindestens in der Akutphase einer Aphasie entsprachen. Die aktuelle Studie bestätigt daher die Annahme, dass nach einer Läsion des Sprachnetzwerkes Effekte assoziativer und kategorieller Relationen im PWI Paradigma sich sowohl in den Fehlerzahlen als auch in den Benennlatenzen zeigen. Für die assoziativen Ablenker ergab sich der erwartete Effekt, in unserem Kollektiv sogar ausschließlich bezüglich der Fehler.

Die hier untersuchte Patientengruppe weist eine hohe Bandbreite mit Hinblick auf das aphasische Profil, dessen Schweregrad, den Läsionsort und weitere kognitive Beeinträchtigungen auf. Auch zeigt sich eine hohe Varianz in den Leistungen im Paradigma selbst. Trotz dieser sehr heterogenen Patientengruppe ließen sich die Benennleistungen durch die gewählten Ablenkerarten verlässlich in gegensätzliche Richtungen modulieren. Auch erweisen sich das gewählte Paradigma, inklusive der gewählten Ablenkerrelationen und SOA als wirksam und zuverlässig. Die Gesamtbennnleistung korrelierte mit ausgedehnten Läsionen im temporalen Anteil des Sprachnetzwerkes. Da nur Patient*innen mit

linkshemisphärischen Läsionen eingeschlossen wurden, erlaubt die Studie keine Aussage darüber, ob grundlegende Aspekte der Interferenz ggf. auch durch rechtshemisphärielle Areale unterhalten werden. Ein Vergleich mit einer parallelisierten Gruppe mit rechtshemisphärischen Läsionen könnte diese Frage adressieren.

Für die leicht bis mittelschwer betroffenen Patient*innen war das Paradigma gut durchführbar. Das gewählte PWI Paradigma ist demnach geeignet, um zuverlässig die Effekte assoziativer und kategoriemäßiger Kontexte beim Bildbenennen bei Patientengruppen darzustellen. Eine Anwendung in einem klinischen Setting bei gutem Pausenmanagement ist daher möglich und könnte auch zur differenziellen Diagnostik bei Patient*innen mit leichter bis mittelschwerer Aphasie genutzt werden.

Nach allgemeinen Aspekten des Paradigmas wird im Folgenden auf die beiden Ablenkerarten und deren Einfluss auf die Benennleistung eingegangen.

5.1.2) Die Effekte assoziativer Relationen

Bestand eine assoziative Beziehung zwischen Distraktorwort und Zielbild, kam es in der relativen Bedingung zu sinkenden Fehlerzahlen, wohingegen kein signifikanter Unterschied in der Benennlatenz bestand. Assoziative Relationen führten demnach in der aktuellen Untersuchung zu einer Verbesserung der Akkuratheit des Benennprozesses, allerdings nicht zu einer Beschleunigung des Benennens. Es muss betont werden, dass diese Verbesserung sich auf den Vergleich zur unrelativen Bedingung bezieht. Da bei den Teilnehmern als Folge der Hirnläsion insgesamt schlechtere Leistungen als bei Sprachgesunden anzunehmen sind, zeigt sich damit, dass trotz gestörtem Benennprozess assoziative Ablenker das Benennen befördern. Bisher wurde assoziative Fazilitierung nahezu ausschließlich in gesunden Probandengruppen nachgewiesen und drückte sich dann primär in sinkenden Latenzen aus (Abdel Rahman & Melinger, 2007, 2009; Alario et al., 2000; Henseler et al., 2014; Sailor et al., 2009). In Patientengruppen sind die Ergebnisse der aktuellen Arbeit, neben denen von Python et al. (2018), die ersten, die assoziative Fazilitierung auch im läsierten Sprachnetzwerk belegen. Bemerkenswert bezogen auf eine klinische Dimension der Ergebnisse ist, dass der beeinträchtigte Benennprozess bis an die Oberfläche so stark moduliert werden kann, dass sich die Zahl an offenen Wortfindungsstörungen reduziert. Dies zeigt, dass die subtilen Veränderungen der Benennlatenz im Millisekundenbereich, wie sie bei Sprachgesunden beschrieben wurden, ein verhaltensrelevantes Korrelat bei Sprachstörungen aufweisen.

Betrachtet man die gezeigten Fehlerarten in der assoziativen Bedingung, zeigt sich hier kein abweichendes Muster in der relatierten zur unrelatierten Bedingung. Fehler drückten sich in der relatierten wie auch unrelatierten Bedingung vor allem in Form von semantischen Paraphasien und Nullreaktionen aus. Diese sind damit als kontext-unabhängige, aber typische Fehlermuster im Rahmen einer Benennstörung zu bewerten. Aus der klinisch-therapeutischen Erfahrung ist hingegen die Tatsache ungewöhnlich, dass im gesamten Experiment sehr selten phonematische Paraphasien auftraten. Weiterhin ist bemerkenswert, dass innerhalb assoziativer Blöcke signifikant seltener das Ablenkerwort vorgelesen wurde, als dass es zu Fehlern in Form von Nullreaktionen oder semantischer Paraphasie kam. Wir nehmen an, dass dies top-down Prozesse widerspiegelt: in assoziativen Kontexten ist das Distraktorwort eine wenig plausible Reaktion, da sich die Items trotz der assoziativen Relation graphematisch, phonetisch und semantisch kategoriell stark unterscheiden. Eine Unterdrückung der Benennung des Distraktors gelingt aus diesem Grund mit geringerer kognitiver Kontrolle. Neben der modelltheoretisch prädizierten geringen Konkurrenz (Abdel Rahman & Melinger, 2009) zwischen assoziativem Distraktorwort und zu benennendem Bild ist zu berücksichtigen, dass assoziative und kategorielle Relationen strikt getrennt voneinander in jeweilig homogenen Blöcken präsentiert wurden. Eine strategische Komponente, die innerhalb eines Blockes genutzt werden konnte, ist daher für die Patient*innen möglicherweise von Relevanz. Dies bietet einen Erklärungsansatz, warum sowohl in der relatierten als auch unrelatierten Bedingung signifikant seltener das Distraktorwort vorgelesen wurde, als dass es zu Nullreaktionen und semantischen Paraphasien kam.

Auf die genaue modelltheoretische Einordnung der Effekte in Kombination mit denen der kategoriellen Relationen wird zu einem späteren Zeitpunkt nochmals eingegangen werden. Zunächst werden im folgenden Abschnitt die Ergebnisse der kategoriellen Relationen thematisiert.

5.1.3) Die Effekte kategorieller Relationen

In der vorliegenden Arbeit wurde erstmalig kategorielle Interferenz auf Benennlatenzen und Fehlerzahlen im läsierten Netzwerk in einer größeren Gruppe von Menschen mit erworbener Sprachstörung im PWI Paradigma ($n = 32$) nachgewiesen. Die gefundene Interferenz bestätigt die Befunde bei sprachgesunden Probandengruppen. Die Ergebnisse sind qualitativ vergleichbar mit denen von Python et al. (2018), die ebenfalls kategorielle Interferenz in Patientengruppen sowohl mit frontalen als auch temporalen Läsionen fanden.

Entgegen stehen die Ergebnisse der aktuellen Arbeit den Arbeiten von Piai und Knight (2018) und Piai et al. (2016), die in kleineren Patientengruppen mit Läsionen des PFC links keine robuste kategorielle Interferenz im PWI Paradigma nachweisen konnten. In der Arbeit von Piai et al. (2016) war kategorielle Interferenz nur in drei der sechs untersuchten Patient*innen mit PFC-Läsionen deskriptiv darstellbar und zeigte sich bei Piai und Knight (2018) nur in einem Anstieg der Fehlerzahlen. Im Gegensatz dazu war in der Gruppe der Patient*innen mit Läsionen des MTG links Interferenz in beiden Untersuchungen (Piai et al., 2016; Piai & Knight, 2018) auf Gruppenebene und zudem in der Analyse der Fehlerzahlen und Benennlatenzen nachweisbar. Unsere Verhaltensdaten aus der deutlich größeren Patientengruppe der aktuellen Untersuchung sprechen gegen diese einfache Dichotomisierung. Dies wird auch durch die weiter unten diskutierten Ergebnisse der Läsionsanalysen bestätigt. Es bleibt festzuhalten, dass in der aktuellen Studie in einer größeren Gruppe von Patient*innen mit sehr heterogenem Profil, kategorielle Interferenz sowohl auf Latenzen als auch auf Fehlerzahlen als robuster und stabiler Effekt nachweisbar war.

Bei Betrachtung der Fehlerarten im Rahmen der kategoriellen Bedingung zeigt sich ein zusätzlicher interessanter Effekt: in dieser Bedingung ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen Nullreaktionen, semantischen Fehlern sowie Fehlern in Form des Vorlesens des Ablenkerwortes in relatierter und unrelatierter Bedingung. Hypothese H1.3, die eine Dominanz von semantischen Fehlern in der kategoriell relatierten Bedingung aufstellte, ist demnach zu verwerfen. Allerdings waren Nullreaktionen in der relatierten und unrelatierten Bedingung gleich häufig, wohingegen durch den relatierten Distraktor die Zahl an semantischen Fehlern und Fehlern in Form des Ablenkers signifikant zunahm. Es bestätigt sich also, dass trotz fehlender Dominanz der semantischen Fehler, diese durch kategorielle Kontexte stärker moduliert werden als dies für Nullreaktionen der Fall ist. Damit unterschied sich das Fehlermuster klar von dem der assoziativen Bedingung, in der der Anteil an Reaktionen in Form des Ablenkerwortes signifikant geringer als der Anteil an Nullreaktionen und semantischen Fehlern war. In kategoriellen Blöcke kam es bei den semantisch relatierten Distraktorwörtern zu einer Zunahme des Vorlesens des Distraktorwortes. Die Frequenz der verschiedenen Fehlertypen glich sich damit an. Dies ist darin zu begründen, dass hier das Distraktorwort aufgrund seiner kategoriellen Verwandtschaft eine plausible Reaktion darstellt. Neben der lexikalisch-semantischen Verwandtschaft sind dies auch grundlegendere Eigenschaftsähnlichkeiten (z.B. Katze // Hund, „belebt“, „hat vier Beine“, „lebt im Haus“). Es ist deshalb ein höheres Maß an Kontrolle zum Ausschluss dieses Wortes als Reaktion auf das

eigentliche Zielbild nötig. Da innerhalb der kategoriellen Blöcke die Anforderungen an diesen Kontrollmechanismus somit insgesamt erhöht sind und zudem mehr Kapazitäten auf ausreichende Aufmerksamkeit und das erschwerte Benennen ausgerichtet sind, kommt es auch in der unrelatierten Bedingung dazu, dass der hochautomatisierte, frühe und schnelle Prozess des Lesens des Distraktors nicht zuverlässig und ausreichend unterdrückt werden kann. Eine genauere Analyse und modelltheoretische Einordnung dieser besonderen Fehlerarten folgen zu einem späteren Zeitpunkt. Ebenso wird auf die neuroanatomische Grundlage der beschriebenen Effekte kategorieller Relationen zu einem späteren Zeitpunkt der Diskussion nochmals vertiefend eingegangen. Im Folgenden soll zunächst die Unabhängigkeit assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz auf Verhaltensebene diskutiert werden.

5.1.4) Dissoziation zwischen assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz auf Verhaltensebene

Es wurde gezeigt, dass auch im läsierten Netzwerk kategorielle Interferenz und assoziative Fazilitierung im PWI Paradigma nachweisbar sind. Da beide Effekte während des Benennprozesses auf einer semantischen Verwandtschaft zwischen Distraktor und Zielbild beruhen, stellt sich die Frage, ob die beiden Effekte trotz eines gemeinsamen Ursprungs in der semantisch-lexikalischen Verarbeitung dissoziieren können. Für Proband*innen mit erworbener umschriebener Hirnläsion würde dies bedeuten, dass die beiden unabhängig voneinander durch die Läsion moduliert sein können. Die Korrelation zwischen den absoluten Benennlatenzen und Fehlerzahlen ergab, dass ein hoher Zusammenhang zwischen den Leistungen in der relatierten und unrelatierten Bedingungen jeweils in der assoziativen und der kategoriellen Bedingung besteht. Auch korrelieren die Leistungen zwischen der assoziativen und der kategoriellen Bedingung, sowohl in der relatierten Bedingung als auch in der durchschnittlichen Benennleistung. Anders formuliert heißt das, dass die grundlegende Benennstörung alle Konditionen stark beeinflusst. Patient*innen mit einer schwereren Störung machen in allen vier Konditionen (assoziativ/kategoriell x relatiert/unrelatiert) mehr Fehler. Dieses Ergebnis ist wenig überraschend, bedeutet jedoch nicht, dass die Effekte der assoziativen und der kategoriellen Bedingungen ebenfalls miteinander korrelieren. Analysiert man die jeweiligen Differenzen zwischen relatiertes und unrelatiertes Bedingung, besteht kein Zusammenhang zwischen den beiden Konditionen (assoziativ/kategoriell). Das Fehlen einer signifikanten Korrelation bestätigt daher, dass assoziative Fazilitierung und kategorielle

Interferenz dissoziieren können. In der Analyse der einzelnen Proband*innen ergab sich bei einigen Patient*innen, dass nur einer der beiden Effekte sich darstellte oder sich die Effekte spiegelbildlich verhielten. Assoziative Kontexte führten in diesen Fällen zu Interferenz, wohingegen in kategoriellen Kontexten Fazilitierung zu beobachten war. Auf diese Einzelfälle wird zu einem späteren Zeitpunkt vertiefend eingegangen. An dieser Stelle ist festzuhalten, dass die beiden Effekte auf Verhaltensebene unabhängig voneinander auftreten und unterschiedlich stark ausgeprägt sein können. Obwohl beide während der semantisch-lexikalischen Verarbeitung innerhalb des Sprachproduktionsprozesses zu verorten sind und Abdel Rahman und Melinger (2019) sie als zwei Seiten derselben Medaille („two sides of the same coin“, S. 3) bezeichnen, sind assoziative Fazilitierung und kategorielle Interferenz als voneinander unabhängige Prozesse zu bewerten. Dieses Ergebnis entspricht der zuvor aufgestellten Hypothese H2. Inwiefern die dissoziierenden Störungen des Verhaltens auch dissoziierten Läsionsorten zuzuordnen sind, wird im Rahmen der Läsions-Verhaltensanalyse besprochen.

5.2) Die modelltheoretische Einordnung semantischer Kontexteffekte im läsierten Sprachnetzwerk

In der Debatte um die modelltheoretische Einordnung kategorieller Interferenz wurden verschiedene in der Einleitung beschriebene Ansätze diskutiert. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen dahingehend, auf welcher Ebene im Sprachproduktionsprozesses die Effekte zu verorten sind und ob und wo über Lernmechanismen oder andere Prozesse Veränderungen der Verbindungsstärken innerhalb des Sprachnetzwerkes angenommen werden. Bisher stellte vor allem ein übergeordnetes Modell zur Einordnung aller Effekte, die in den drei gängigsten Paradigmen beschrieben wurden, eine Herausforderung dar. Im Besonderen die Modellierung kumulativer kategorieller Interferenz im CN Paradigma wurde in diesem Rahmen kontrovers diskutiert. Wenig Berücksichtigung fand hingegen das Phänomen der gegensätzlichen Effekte assoziativer und kategorieller Relationen, obwohl beide als Varianten einer semantischen Verwandtschaft anzusehen sind. Während kategorielle Relationen zu erschwertem Benennen führten, und dieser Effekt unter bestimmten experimentellen Konditionen bei repetitivem Benennen zunahm, resultierten assoziative Relationen in erleichtertem Benennen. Unsere Daten bei der untersuchten Patientenkohorte erlauben es, bestimmte Aspekte dieser Effekte zu prüfen. Als Arbeitsmodell dient dabei das Swinging Lexical Network Model von Abdel

Rahman und Melinger (2009, 2019), das auf der Modellarchitektur von WEAVER++ (Levelt et al., 1999; Roelofs, 2018) beruht. Das Modell eignet sich gut, da es nicht nur die vielfach bestätigten Grundannahmen des Sprachproduktionsprozesses von WEAVER++ nutzt, sondern auch die gegenläufigen Effekte der assoziativen und kategoriellen Bedingungen fasst. Jenseits der hier diskutierten Ergebnisse ist das SLNM in der Lage, Effekte aller drei Paradigmen zu modellieren, inklusive der kumulativen kategoriellen Interferenz im Rahmen des continuous naming Paradigmas. Im Folgenden werden die Grundannahmen für die Entstehung beider semantischer Kontexteffekte innerhalb des SLNM für die gesunde Sprachproduktion kurz zusammengefasst.

Angenommen wird der in WEAVER++ dargestellte zweistufige Lexikonzugriff. Auf die Aktivierung eines Konzeptes und der semantischen Information folgt die Aktivierung des zugeordneten Lemmas. Im Anschluss erfährt der dem ausgewählten Lemma zugeordnete Eintrag auf Wortformebene Aktivierung, sodass so neben der semantischen und syntaktischen Information auch die phonologische Gestalt des Zielwortes abgerufen wird (Levelt et al., 1999). Im SLNM nehmen die Autorinnen sowohl für assoziative als auch für kategorielle Ablenker konzeptuelles Priming durch die semantische Verwandtschaft von Ablenker und Zielbild an. Dies resultiert aus der gegenseitigen Aktivierung über gemeinsame Kategorieknoten, gemeinsame assoziative Verbindungen und geteilte semantische Merkmale. Auf gleiche Weise werden so weitere relationierte Konzepte aktiviert. Während des anschließenden Lexikonzugriffs erfahren die Lemmas aller semantisch relatierter Einträge Aktivierung, sodass hier eine Kohorte ko-aktivierter Einträge entsteht und die Auswahl des Zieleintrags erschwert wird. Konzeptuelles Priming und erschwerte lexikalische Auswahl bestehen damit gleichzeitig. Entscheidend ist nun, welcher Effekt stärker und an der Oberfläche zu beobachten ist. Relevant ist neben der Größe der relatierten und ko-aktivierten Kohorte auch die Stärke der Verbindung zwischen den einzelnen Einträgen. Innerhalb einer semantischen Kategorie bündelt sich innerhalb des Lexikons ein hohes Maß an Aktivierung, da sich die relatierten Einträge wiederkehrend gegenseitig aktivieren und das Netzwerk in Schwingung versetzt wird. Dieser Zustand erschwert die Differenzierung zwischen aktivierten Einträgen und somit die Auswahl des Zieleintrags. Im Fall der kategoriellen Bedingung im PWI Paradigma wird durch die kategorielle Verbindung zwischen Zielbild und Ablenker eine große Kohorte aktiviert in der sich Aktivierung bündelt, sodass als Resultat die Konkurrenz auf lexikalischer Ebene das konzeptuelle Priming überwiegt. Zwischen assoziativ relatierten Einträgen besteht ebenfalls eine gegenseitige Aktivierung, diese „verliert sich“ jedoch im

Netzwerk, da beide Einträge weitere Einträge aktivieren, die nicht mehr mit dem vorherigen Eintrag related sind. Auch teilen sie häufig nur wenige semantische Merkmale. Assoziative Relationen resultieren im PWI Paradigma demnach in einer starken Aktivierung von Zielbild und Ablenker. In dieser eins-gegen-eins Situation wird allerdings keine Schwingung des Netzwerks ausgelöst und keine ausreichend große Kohorte generiert, sodass das konzeptuelle Priming überwiegt. Relevant ist also nicht nur der direkte Vergleich zwischen Zielbild und Ablenker, sondern der Grad und die Verteilung von Aktivierung im gesamten Netzwerk. Diese Relevanz des Netzzustandes deckt sich mit Annahmen anderer prominenter Modelle zu Faktoren der Geschwindigkeit des Benennens (Howard et al., 2006; Levelt et al., 1999; Roelofs, 1992, 2018; Starreveld & La Heij, 1996; aus Abdel Rahman & Melinger, 2009, 2019). Das SLNM erklärt die gegensätzliche Wirkung assoziativer und kategorieller Relationen innerhalb einer gemeinsamen Modellarchitektur. Kehrt man an dieser Stelle zur Fragestellung der Unabhängigkeit der beiden Effekte zurück, wird deutlich, dass sich beide Effekte anteilig aus konzeptuellem Priming und lexikalischer Konkurrenz zusammensetzen, eben diese beiden gegensätzlichen Prozesse aber unterschiedlich relevant für assoziative Fazilitierung und kategorielle Interferenz sind. Obwohl die Effekte einen gemeinsamen Ursprung aufweisen, ist die Stärke des konzeptuellen Primings und der lexikalischen Konkurrenz voneinander unabhängig. Die Stärke assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz können dissoziieren. Dies erklärt das oben diskutierte Fehlen einer Korrelation der Stärke der beiden Effekte in der hier untersuchten Patientengruppe. Um neben dem Kontrast zwischen assoziativen und kategoriellen Relationen zudem den kumulativen Charakter kategorieller Interferenz im CN Paradigma erklären zu können, wird durch Abdel Rahman und Melinger (2019) eine Ergänzung des SLNM um einen Lernmechanismus vorgeschlagen. Dieser wirkt, ähnlich wie durch Belke (2013) und Roelofs (2018) beschrieben, ausschließlich auf konzeptueller Ebene und nicht in der Schnittstelle zwischen konzeptueller und lexikalischer Ebene. Der vorgeschlagene Mechanismus stärkt bereits aktivierte Konzepte, sodass diese bei Präsentation eines relateden Items verstärkt in Konkurrenz treten, was sich mit jedem weiteren präsentierten Item dieser Kategorie weiter ausweitet. Im BCN Paradigma hingegen, in dem ebenfalls in homogenen Blöcken mehrere Vertreter einer semantischen Kategorie präsentiert werden und dieser Lernmechanismus aktiv wird, ermöglicht die Kenntnis des Itemsets eine bewusste top-down gesteuerte Kontrolle. Ein Ansteigen der Interferenz kann so vermieden werden.

All diese Annahmen sind in gesunden Probandengruppen vielfach untersucht und gut belegt (Abdel Rahman & Melinger, 2009, 2019; Rose & Abdel Rahman, 2016, 2017; Rose et al., 2019). Für die in der vorliegenden Studie untersuchte Patientengruppe wird zunächst die kategorielle Bedingung besprochen. Die Patient*innen zeigten sowohl ansteigende Fehlerzahlen als auch ansteigende Benennlatenzen in für kategoriell relatierte im Vergleich zu unrelatierten Distraktorwörtern. Dies spricht dafür, dass das kategoriell relatierte Ablenkerwort über den gemeinsamen Kategorieknoten eine Kohorte relatierter Items aktiviert, die auf lexikalischer Ebene in Konkurrenz zum Zieleintrag treten und dessen Auswahl erschweren. An der Oberfläche überwiegt deshalb diese erschwerte lexikalische Auswahl das konzeptuelle Priming. Während der lexikalischen Auswahl kommt es im läsierten Netzwerk nicht nur zu einer verlängerten Latenz zur Selektion des Zielwortes, sondern aufgrund des veränderten Aktivierungszustandes auch vermehrt zu einer fehlerhaften Auswahl, da die entstandene Konkurrenz nicht mehr erfolgreich aufgelöst werden kann. Bedenkt man die Kohorte hoch aktivierter relatierter Einträge, wäre von einer Dominanz semantischer Paraphasien auszugehen, da geringe Aktivierungsunterschiede der relatierten Einträge zu einer fast zufälligen Auswahl führen. Dies deckt sich mit der Beobachtung, dass in der Patientengruppe die Zahl an semantischen Fehlern von der kategoriell unrelatierten zur relatierten Bedingung signifikant zunimmt. Allerdings sind die analysierten Fehlerarten innerhalb der kategoriellen Bedingung nicht signifikant voneinander verschieden. Neben semantischen Paraphasien sind in ähnlicher Frequenz zudem Nullreaktionen und das Vorlesen des Ablenkerwortes zu beobachten. Nullreaktionen treten in der kategoriell relatierten Bedingung nicht häufiger auf als in der unrelatierten Bedingung. Semantische Fehler und das Vorlesen des Distraktors werden bei relatierten Ablenkern häufiger. Um dies zu erklären, sind Erweiterungen des Modells für die beeinträchtigte Sprachproduktion notwendig. Wie in der Einleitung dargestellt werden zunächst basierend auf den Untersuchungen von Dell et al. (1997) und Foygel und Dell (2000) Veränderungen der Verbindungsstärke zwischen Einträgen durch eine Läsion angenommen, was die Ausbreitung der spezifischen Aktivierung im Netz erschwert. Ergänzt wird diese erste Annahme durch die Thesen von Harvey und Schnur (2015), die eine Zunahme von unspezifischer Aktivierung und somit von Rauschen („noisy access“, S. 53) im Netzwerk durch eine Läsion annehmen. Dieses Rauschen erschwert die Unterscheidung zwischen Einträgen und somit die Auswahl eines Zieleintrages. Kehrt man zu den Fehlerarten in der kategoriell relatierten Bedingung zurück, erklären diese Erweiterungen das häufige Auftreten von Nullreaktionen in der relatierten und der unrelatierten Bedingung. Insgesamt stellten

Nullreaktionen über das gesamte Experiment hinweg die häufigste Fehlerart dar. Nullreaktionen entstehen, wenn unabhängig von der Art der Relation des Distraktors kein Eintrag ausreichend Aktivierung erfährt, um den Schwellenwert zur Selektion bzw. die kritische Differenz zu den weiteren aktivierten Einträgen zu erreichen. Somit ist deren Auftreten primär durch die Läsion selbst bedingt und wird aus diesem Grund durch kategorielle Kontexte nur unwesentlich weiter beeinflusst. Anders verhält es sich im Fall der semantischen Paraphasien. Neben den läsions-induzierten Veränderungen kommt es in der kategoriell relatierten Bedingung zur Aktivierung einer großen Kohorte von relatierten Einträgen, die zudem starke Konkurrenz im Netzwerk erzeugen. Deren Unterscheidung ist durch das „Rauschen“ im Netzwerk weiter erschwert und es kommt zu einer zufälligen Selektion einer der Einträge. Neben Nullreaktionen und semantischen Fehlern zeigte sich in ähnlicher Häufigkeit das Vorlesen des Ablenkerwortes. Das Lesen ist ein hochautomatisierter und schneller Prozess, der zeitlich deutlich dem Prozess des Benennens vorangeht. Unabhängig vom gewählten Arbeitsmodell ist diese Fehlerart vor allem frühen Aufmerksamkeits- und Kontrollprozessen zuzuordnen. Das schneller verfügbare geschriebene Ablenkerwort muss unterdrückt und der Prozess des Bildbenennens priorisiert werden. Bestehen durch die Läsion des Netzwerkes Defizite der Kontrolle und Interferenzabwehr oder wird dieser Kontrollmechanismus bereits stark beansprucht, wie es in kategoriellen Blöcken der Fall ist, gelingt diese Aufmerksamkeitslenkung nicht ausreichend und es kommt zu Fehlern in Form des Ablenkerwortes. Dies kann prinzipiell in allen Kontexten auftreten. In der kategoriellen Bedingung sind die gemeinsame Kategorie, die geteilten semantischen Merkmale und die häufig bildliche Ähnlichkeit zwischen Distraktor und Target Faktoren, die die Plausibilität des Ablenkerwortes als Reaktion erhöhen. Die Zunahme des Lesens des Ablenkerwortes in der kategoriell relatierten Bedingung entsteht gemäß des Modells vor allem durch limitierte Kapazitäten der Kontrolle zur Konkurrenzauflösung.

Das SLNM erlaubt also die läsionsbasierten Veränderungen (Fehler- und Latenzzunahme) bei der hier untersuchten Patientengruppe zu erklären. Wie lassen sich die Befunde bei assoziativer Relation im beeinträchtigten Sprachnetzwerk einordnen? Die Patientengruppe zeigte keinen Unterschied in den Benennlatenzen zwischen assoziativ relatierter und unrelatierter Bedingung. Allerdings kam es zu einer signifikanten Abnahme der Fehler in relatierten Kontexten. Dies ist qualitativ vergleichbar mit den Befunden bei neurotypischen Proband*innen, die durch konzeptuelles Priming und geringe lexikalische Konkurrenz in der eins-gegen-eins Situation vor allem einen beschleunigten Benennprozess zeigen. Die Frage,

warum Patient*innen keine Beschleunigung, jedoch einen Zuwachs an korrekten Benennungen zeigen, erfordert eine genauere Betrachtung. Bedenkt man das oben beschriebene Rauschen und den reduzierten Aktivierungsfluss, ermöglicht das konzeptuelle Priming durch den assoziativen Ablenker zunächst grundlegend signifikant häufiger die erfolgreiche Auswahl des Zieleintrags, indem es den läsions-induzierten Mangel an Aktivierung ausgleicht, auch dann, wenn die Stärke des Primings selbst durch läsions-induzierte Reduzierungen der Verbindungsstärke reduziert sein kann. Der gesehene Effekt ist plausibel, wenn angenommen wird, dass die zusätzliche Aktivierung spezifisches Priming des Zielbildes über die assoziative Verbindung zwischen Distraktor und Target auslöst. Unter anodaler tDCS-Stimulation kam es nicht zu einer Verstärkung des assoziativen Primings (Henseler et al., 2014). Anzunehmen ist dies auf eine weitgehend unspezifische Anregung im MTG links, dem neuronalen Korrelat des Lexikons, zurückzuführen. Die Befunde in der Patientenkohorte legen nahe, dass eine spezifische Aktivierungserhöhung des assoziativ verbundenen Netzwerkes von Relevanz ist. In der tDCS-Studie bestanden gleichzeitig eine semantisch spezifische Aktivierung durch den assoziativen Ablenker und unspezifische Aktivierung durch eine allgemeine Anregung des Lexikons (durch Fazilitierung des MTG). Das nicht erwartete Ausbleiben einer Fazilitierung resultiert daher am ehesten aus einer Überlagerung des Primingeffekts der assoziativen Relation durch ein unspezifisches Rauschen im Netzwerk. Ähnlich bestehen bei den Patient*innen der vorliegenden Arbeit ein läsions-induziertes reduziertes Maß an Aktivierung und ein läsions-induziertes Rauschen. Im Gegensatz zu der tDCS-induzierten Veränderung ist das spezifische Priming jedoch anteilig erhalten und kann ggf. läsions-induzierten Störungen entgegenwirken. Dass assoziative Primes eine *relative* Verbesserung der läsions-induzierten Verschlechterung evozieren, kann erklären, warum in der hier untersuchten Patientengruppe eine erhöhte Akkuratheit bei weiterhin verlängerten Benennlatenzen dargestellt wurde.

In der assoziativen Bedingung dominierten semantische Paraphasien und Nullreaktionen. Im Kontrast zur kategoriellen Bedingung sind Nullreaktionen nicht die häufigste Fehlerart. Nullreaktionen und semantische Fehler traten in assoziativ relatierten und unrelatierten Kontexten ähnlich häufig auf und wurden beide durch assoziative Primes reduziert, wenn sich dies im Fall der semantischen Fehler auch nur als Trend zeigte ($p = .058$). Aktivierungsdefizit und Rauschen im Netzwerk liefern Erklärungsmodelle für die Einordnung des Befundes im Rahmen des SLNM. Durch die zur Verfügung stehende zusätzliche und spezifisch wirkende Aktivierung in assoziativ relatierten Kontexten können sowohl Nullreaktionen als auch

semantische Fehler vermieden werden. Assoziative Primes ermöglichen eine Überbrückung der läsions-induzierten Veränderungen im mentalen Lexikon, die ohne den Prime vermehrt zu Nullreaktionen und semantischen Fehlern führten. Der dritte Fehlertyp, das Vorlesen des Ablenkerwortes, trat im Vergleich zur kategoriellen Bedingung in der assoziativ relatierten und unrelatierten über alle Patient*innen hinweg jeweils nur einmal auf. Erneut ist dies unabhängig von Annahmen des SLNM und am ehesten durch Aufmerksamkeitsprozesse zu erklären. Aufgrund des fehlenden gemeinsamen Kategorieknotens und der rein assoziativen Beziehung stellt das Ablenkerwort eine wenig plausible Reaktion dar. Die bildliche Ähnlichkeit zwischen assoziativ relatierten Items ist eher gering (z.B. Banane/Affe). Innerhalb assoziativer Blöcke setzt daher der Ausschluss des Ablenkerwortes als Reaktion und dessen Unterdrückung eine deutlich geringere kognitive Kontrolle voraus. In den assoziativen Blöcken ist die tonische Anforderung an kognitive Kontrollfunktionen deutlich geringer, sodass der Fehlertyp kaum auftritt.

Das SLNM ist damit als Arbeitsmodell auch für das läionierte Sprachnetzwerk anwendbar. Hierzu muss angenommen werden, dass läsions-induziert eine geringere Aktivierung und ein erhöhtes Rauschen im Netzwerk bestehen. Spezifische assoziative Primingprozesse sind offenbar anteilig erhalten, was mit den grundsätzlichen Prozessannahmen von Abdel Rahman und Melinger (2009, 2019) vereinbar ist. Eine Analyse des Lernmechanismus auf konzeptueller Ebene im läionierten Sprachnetzwerk ist in dieser Arbeit nicht möglich, da das hier verwendete PWI Paradigma die Funktionalität dieses Mechanismus nicht ausreichend abbildet. Um Prozessannahmen zum kumulativen Charakter kategorieller Interferenz nach Läsionen des Sprachnetzwerkes weiter zu evaluieren, wäre der Einsatz eines CN Paradigmas in einer Patientengruppe notwendig. Interessant in diesem Zusammenhang wäre ein direkter Vergleich zwischen den verschiedenen Paradigmen (PWI, CN) in der gleichen Kohorte.

5.3) Die Rolle des Gyrus temporalis medius im PWI Paradigma

Im Rahmen der Läsionsanalyse zeigte sich, dass Läsionen im MTG links mit der Gesamtleistung im Paradigma korrelieren. Es zeigten sich statistisch signifikante Korrelationen zwischen Läsionen des MTG links und der kontextunabhängigen Leistung, das heißt Läsionen im MTG führten unabhängig von der Kondition sowohl zu einer höheren durchschnittlichen Benennlatenz als auch zu einer höheren absoluten Fehlerzahl. Die zentrale Rolle des linken

MTG für das Benennen konnte somit in dieser Arbeit bestätigt werden (Binder et al., 2009; Indefrey & Levelt, 2004).

5.3.1) Der Einfluss des MTG links auf kategorielle Interferenz

Es besteht Evidenz, dass der MTG links für die kategorielle Interferenz eine zentrale Rolle spielt. Dies basiert sowohl auf Studien bei gesunden Probandengruppen mittels fMRT oder im Rahmen von tDCS Stimulationsstudien, aber auch für Läsionsanalysen in Patientengruppen (de Zubicaray et al., 2001; Harvey & Schnur, 2015; Henseler et al., 2014; Pisoni et al., 2012; Schnur et al., 2006; Schnur et al., 2009). Es zeigt sich ein Zusammenhang zwischen dem MTG links und der semantisch-lexikalischen Verarbeitung und im Besonderen dem Lexikonzugriff (Indefrey & Levelt, 2004). Semantische Kontexteffekte korrelierten mit erhöhter Aktivierung im MTG links in homogenen Benennkontexten im BCN Paradigma (Schnur et al., 2009). Im Gegensatz hierzu zeigte sich unter fazilitierender Stimulation temporaler Areale (STG) mittels a-tDCS im BCN Paradigma eine Verstärkung kategorieller Interferenz (Pisoni et al., 2012). Letzteres ist überraschend, da basierend auf den fMRT Ergebnissen von Schnur und Kollegen (2009), eine MTG Stimulation zu einer Abnahme kategorieller Interferenz führen sollte. Bei Patientengruppen führten Läsionen im posterioren Anteil des MTG (pMTG) im BCN Paradigma zu verstärkter kategorieller Interferenz (Harvey & Schnur, 2015). Ebenso war im PWI Paradigma bei einer kleineren Patientengruppe mit Läsionen des MTG links stärkere kategorielle Interferenz als bei der gesunden Kontrollgruppe zu beobachten (Piai & Knight, 2018). Die zunächst widersprüchlich erscheinenden Befunde lassen sich verstehen, wenn man den MTG links nicht als aktives Areal zur Auflösung kategorieller Interferenz sieht, sondern als Areal, in dem die Kompetition der lexikalischen Konkurrenten entsteht. In homogenen Benennkontexten ist dann die erhöhte Aktivität des MTG als Korrelat hoher Aktivierung im mentalen Lexikon zu verstehen. Die Verortung des mentalen Lexikons in links temporalen Arealen wird durch zahlreiche Studien unterstützt (Dronkers, N. F., Redfern, B. B., Knight, R. T., 2000; Indefrey & Levelt, 2000, 2004). Läsionen des MTG verändern die Aktivierungsstärke im Netzwerk und führen zudem zu einer Zunahme von Rauschen im Netz. Wie oben beschrieben fokussieren sich Harvey und Schnur (2015) im Besonderen auf „noisy access“, ein durch eine Läsion ausgelöstes Rauschen im Netz, das die zielgerichtete und präzise Auswahl des Zieleintrags erschwert und kategorielle Interferenz aus diesem Grund weiter verstärkt. In einer ähnlichen Weise erzeugt anodale tDCS Stimulation des MTG im BCN Paradigma sprachunspezifisches Rauschen und verstärkt deshalb kategorielle Interferenz statt sie

abzuschwächen (Pisoni et al., 2012). Ebenso würde neben Rauschen eine spezifischere Aktivierung durch a-tDCS zu einer Hochregulation aller Einträge des Netzwerks, inklusive des Zielbildes und aller Distraktoren führen, was die Konkurrenz und die Schwingung des Netzwerks verstärkt und zu verstärkter kategorieller Interferenz führt.

In der vorliegenden Studie ergab sich keine klare Korrelation zwischen der Intaktheit des MTG und der Stärke kategorieller Interferenz. In drei kleinen Clustern im MTG/ITG links und im anterioren Anteil des ITG korrelierte eine Läsion mit einer Abnahme der kategoriellen Interferenz. Dies steht im Besonderen den Ergebnissen von Harvey und Schnur (2015) entgegen, die in ihrer VLSM Analyse verstärkte kategorielle Interferenz unter Läsion des MTG links fanden. Henseler et al. (2014), die das identische experimentelle Material zur aktuellen Untersuchung in einer gesunden Probandengruppe in Kombination mit tDCS Stimulation einsetzten, fanden keinen signifikanten Unterschied zwischen der MTG und Sham Stimulation auf die gezeigte kategorielle Interferenz. Ein möglicher Erklärungsansatz für die Differenz zu den oben genannten Studien ist das abweichende Paradigma. Nahezu alle Gruppen, die einen Einfluss des MTG auf die Stärke kategorieller Interferenz fanden, setzen ein BCN Paradigma ein. In dieser Arbeit sowie in der Arbeit von Henseler und Kollegen kam jedoch ein PWI Paradigma zum Einsatz. Trotz des gemeinsamen Ursprungs von kategorieller Interferenz im PWI und im BCN Paradigma deutet dies auf eine unterschiedlich starke funktionelle Relevanz des MTG links hin, die vom gewählten Paradigma abhängt. Klarer Unterschied zwischen den Paradigmen ist die Häufigkeit, mit der auf die gleiche semantische Kategorie zugegriffen wird. Im PWI geschieht dies in der Regel einmalig, sodass nur einmalig der Kategorieknoten über die Verwandtschaft zwischen Zielbild und Ablenker aktiviert wird. Wiederholungen, die im Rahmen des PWI-Paradigmas auftreten, sind offensichtlich von untergeordneter Relevanz und werden in den meisten PWI-Paradigmen nicht gesondert analysiert (s. aber van Scherpenberg, Abdel Rahman & Obrig, 2020, für ein alternatives PWI-Paradigma). Im BCN Paradigma wird hingegen mehrfach hintereinander auf die identische Kategorie zugegriffen, was die zentrale Komponente der Interferenzgenerierung in diesem Paradigma darstellt. Das durch eine Läsion des MTG links bedingte oder durch anodale tDCS Stimulation des MTG erzeugte Rauschen im Sprachnetz wirkt sich demnach nur aus, wenn wiederholt auf eine Kategorie zugegriffen wird. Plausibel ist dies unter der Annahme, dass der wiederholte Zugriff im BCN Paradigma einen lang andauernden hohen Aktivierungszustand einer größeren relatierten Kohorte erzeugt und das gesamte Netz so entsprechend der Annahmen von Abdel Rahman und Melinger (2009) in ihrem SLNM in Schwingung gerät. Dieser Zustand führt in Kombination mit erhöhtem

Rauschen zu verstärkter Interferenz. Im hier verwendeten PWI Paradigma hingegen wirkt sich das verstärkte Rauschen bei einmaligem Zugriff ohne diese Aufsummierung der Aktivierung im semantischen Feld weniger gravierend aus, sodass kein Zusammenhang zwischen dem Maß an kategorialer Interferenz und der Intaktheit des MTG links gefunden werden konnte.

5.3.2) Einfluss des MTG links auf assoziative Fazilitierung

Im Gegensatz zu der kategorialen Bedingung ergab sich in der Läsionsanalyse ein robuster Einfluss von Läsionen im linken MTG auf die Stärke der Modulation des Bildbenennen im assoziativen Kontext. Die Literatur zur erleichternden Wirkung assoziativer Relationen ist deutlich weniger umfangreich als die zu den kategorial vermitteltten Interferenzeffekten. Die existierenden Studien nehmen nur vereinzelt Bezug auf die neuroanatomischen Grundlagen assoziativer Fazilitierung. Henseler et al. (2014) war es möglich, assoziative Fazilitierung im PWI Paradigma in einer gesunden Probandengruppe nachzuweisen. Zur Untersuchung der neuroanatomischen Grundlagen wurde das Paradigma mit anodaler tDCS Stimulation des MTG und des IFG links sowie einer Sham Stimulation kombiniert. Während sowohl unter Sham Stimulation als auch unter Stimulation des IFG links assoziative Fazilitierung nachweisbar war, verschwand diese unter Stimulation des MTG links. Ähnlich wie zuvor im Fall kategorialer Interferenz wurde auch hier eine unspezifische Überaktivierung des Netzwerks durch die tDCS Stimulation des MTG diskutiert, welche eine effektive Nutzung der assoziativen Relation zwischen Ablenker und Zielbild verhinderte. In der aktuellen Arbeit hingegen kam es bemerkenswerter Weise zu einer Zunahme assoziativer Fazilitierung nach Läsion des MTG links. Dies deutet auf eine Relevanz dieses Areals in assoziativen Kontexten hin und bestätigt Hypothese H3.1. Der Befund, dass eine Läsion in einem sprachrelevanten Areal zu einer stärkeren Verbesserung der Benennleistung durch einen assoziativen Ablenker führt, ist zunächst überraschend. Eine geringere Aktivierbarkeit und/oder Zunahme des Rauschens durch eine Läsion im MTG sollte die Benennleistung verschlechtern. Dies ist bezogen auf die gesamte Benennleistung auch der Fall, da die Korrelation mit Latenz und Fehlerhäufigkeit über alle Konditionen hinweg ebenfalls ein großes Cluster im MTG ergab. Die in Abbildungen 14 und 15 gut erkennbare Überlappung für die allgemeine Benennleistung und (relative) Zunahme der assoziativen Fazilitierung in posterioren Anteilen des MTG legt folgende Erklärung nahe: Patient*innen, die insgesamt eine schlechtere Benennleistung zeigten, profitierten stärker von assoziativen Primes. Diese Erklärung wird unterstützt durch eine weitere Analyse: wird in den Analysen die Benennleistung der unrelatierten Bedingung als

Kovariate und Kontrollmaß für die allgemeine Benennleistung berücksichtigt, ergeben sich zwei Cluster, eines im anterioren (aMTG) und eines im posterioren Anteil (pMTG). Läsionen im aMTG verstärkten die Effekte assoziativer Relationen nicht, sondern führten vielmehr zu einer Abnahme der assoziativen Fazilitierung. Läsionen des pMTG hingegen resultierten in der beschriebenen Zunahme der erleichternden Wirkung. Harvey und Schnur (2015) fanden eine vergleichbare Zweiteilung des MTG links in ihrer VLSM Analyse zur Wirkung des kategoriellen Kontextes im Bildbenennen und im Wort-Bild Zuordnen als Ausdruck der Sprachproduktion und des Sprachverstehens in kategoriell homogenen Kontexten. Ausschließlich posteriore Läsionen des MTG führten zu einer Zunahme an kategorieller Interferenz im produktiven BCN Paradigma. Läsionen im anterioren Anteil des MTG hingegen führten zu einer Zunahme kategorieller Interferenz im Sprachverstehen. Harvey und Schnur schlossen hieraus, dass der pMTG der für das Benennen relevante Anteil ist, mit dem der Zugriff auf *lexikalische* Repräsentationen assoziiert wird. Durch eine Läsion geschieht ein Zugriff auf diese lexikalischen Repräsentationen unter verstärktem Rauschen und hieraus resultiert dann verstärkte kategorielle Interferenz im produktiven Paradigma. Im rezeptiven Paradigma hingegen ist der aMTG mit dem Zugriff auf *konzeptuelle* Repräsentationen assoziiert. Das läsions-induzierte Rauschen im anterioren Anteil wirkt sich demnach hindernd auf den Zugriff auf konzeptuelle, statt lexikalische Repräsentationen aus. Auch Lambon Ralph (2014) betont in seiner Übersichtsarbeit die Rolle des bilateralen anterioren Teils des Temporallappens als Repräsentation konzeptuellen Wissens. Überträgt man dies nun auf die Ergebnisse dieser Arbeit, führen Läsionen des pMTG nicht nur zu einer schlechteren Verfügbarkeit der lexikalischen Repräsentation des Zielbildes, sondern ebenso zu einer verschlechterten Verfügbarkeit der Repräsentationen aller Konkurrenten im Netz. Aufgrund der reduzierten Konkurrenz auf lexikalischer Ebene könnte eine assoziative Verbindung zwischen Zieleintrag und Ablenker auf konzeptueller Ebene effektiver genutzt werden. Dies würde erklären, warum assoziative Fazilitierung „effizienter“ ist. Entscheidend ist die Annahme, dass auch unter einer Läsion die grundlegende Architektur des Netzwerks und somit die assoziative Verbindung zwischen Ablenker und Zielbild erhalten ist, wie es von Dell et al. (1997) und Foygel und Dell (2000) angenommen wurde. Ist der Zugriff auf konzeptuelle Repräsentationen durch eine anteriore Läsion des MTG erschwert, kann das semantische Wissen und die assoziative Verbindung zwischen Distraktor und Target nicht genutzt werden. Dies wird durch die Analyse unter Berücksichtigung der allgemeinen Benennleistung als Kovariate unterstützt. Diese zeigt, dass nach aMTG-Läsion, die erleichternde Wirkung assoziativer Distraktoren abnimmt.

5.3.3) Die Rolle des MTG links im Swinging Lexical Network Model

Übertragen auf das SLNM bedeutet dies, dass der MTG links die funktionelle Basis des konzeptuellen Primings und der lexikalischen Konkurrenz bildet. Im Fall der kategoriellen Distraktoren, in denen eine Aktivierung einer großen Kohorte und die resultierende lexikalische Konkurrenz Voraussetzungen für Interferenz an der Oberfläche bilden, nahm in der aktuellen Untersuchung eine Läsion des MTG links im PWI Paradigma keinen relevanten Einfluss. Innerhalb der Modelltheorie begründet sich dies darin, dass das Paradigma selbst bereits die lexikalische Auswahl in einem Maße erschwert, dass weiteres Rauschen auf lexikalischer Ebene durch eine Läsion des pMTG die Effekte nicht weiter verstärkt. Läsionen des aMTG führen zu einer Störung der konzeptuellen Repräsentationen und schwächen so das konzeptuelle Priming. Im Fall kategorieller Relationen ist dies nicht von Relevanz, was erklärt warum Läsionen im aMTG keinen relevanten Einfluss auf das Maß an kategorieller Interferenz nahmen. Im Fall der assoziativen Relationen ist im SLNM das Maß an konzeptuellem Priming entscheidend, um an der Oberfläche ein erleichtertes Benennen beobachten zu können. Die entstehende lexikalische Konkurrenz zwischen Target und Distraktor unterliegt dem konzeptuellen Priming deutlich. Wird dieses Priming allerdings durch eine Läsion des aMTG und der resultierenden schlechteren Verfügbarkeit konzeptueller Repräsentationen reduziert, nehmen die erleichternden Effekte assoziativer Distraktoren ab. Wird hingegen die lexikalische Auswahl bei Läsionen des pMTG weiter erschwert, kann erhaltenes konzeptuelles Wissen über assoziative Verbindungen noch effektiver genutzt werden und die erleichternde Wirkung assoziativer Relationen nimmt zu.

5.4) Die Rolle des Gyrus frontalis inferior im PWI Paradigma

Neben dem MTG links ist der IFG von hoher Relevanz für semantische Kontexteffekte. Die Literatur spricht dafür, dass der IFG eine kognitive Kontrollinstanz beherbergt. Der IFG nimmt so Einfluss auf die Auswahlprozesse während des Lexikonzugriffs und reguliert das Aktivierungslevel zu Gunsten des Zieleintrags (e.g., Belke & Stielow, 2013; Binder et al., 2009; Schnur et al., 2006; Schnur et al., 2009).

5.4.1) Der IFG links als kognitive Kontrollinstanz während der lexikalischen Auswahl

Die Kontrolle des Zugriffs ist in Situationen einer erschwerten lexikalischen Selektion von großer Bedeutung. Dies ist in kategoriell homogenen Kontexten im BCN Paradigma oder bei

kategorieller Verwandtschaft zwischen Zielbild und Ablenker im PWI Paradigma der Fall. Es wird angenommen, dass der IFG links über die Faserverbindungen des IFOF rekrutiert wird. Durch den IFG wird der Aktivierungsgrad der ko-aktivierten relatierten Einträge attenuiert, was eine kritische Differenz zwischen den Aktivierungsleveln unterstützt und eine erfolgreiche Auswahl des Zieleintrags befördert (Belke & Stielow, 2013; Harvey & Schnur, 2015; Henseler et al., 2014; Schnur et al., 2006; Schnur et al., 2009). Entsprechend der Hypothese 3.2 zeigen unserer Ergebnisse einen Zusammenhang zwischen Läsionen des IFG links und der Stärke kategorieller Interferenz (Abbildung 15, Cluster in rot-orange). Patient*innen, die eine Läsion in diesem Bereich aufwiesen, zeigten verstärkte kategorielle Interferenz. Dies ist gut vereinbar mit der Annahme einer durch die Läsion reduzierten kognitiven Kontrolle, die bei erschwerten Auswahl-situationen von Relevanz ist. Patient*innen mit einer Läsion im Bereich des IFG sind durch reduzierte „top-down“ Kontrolle den hindernden Effekten kategorieller Ablenker stärker „ausgeliefert“. Der Befund ist konkordant mit den in einem BCN Paradigma berichteten Ergebnissen. Eine Patientengruppe mit Läsionen des IFG links (Belke, 2013) zeigte kumulative Interferenz im BCN Paradigma, während dies in gesunden Probandengruppen nicht der Fall war. Weiter gestützt werden die Annahme einer reduzierten Zugriffskontrolle durch die Ergebnisse von Harvey und Schnur (2015). Sie zeigten in einer Patientengruppe mit einer VLSM Analyse eine leichte Zunahme kumulativer Interferenz im BCN Paradigma bei Läsionen im Bereich des IFG links. Auch fand sich stärkere kategorielle Interferenz im BCN Paradigma in Patient*innen, die eine frontale Läsion im Broca Areal aufwiesen (Schnur et al., 2006; Schnur et al., 2009).

Die regulierende Rolle des IFG links bei erschwerter lexikalischer Auswahl wird durch ein weiteres Modell in Anlehnung an *drift-diffusion-models* unterstützt (Anders, Riès, van Maanen & Alario, 2015; Anders, Alario & van Maanen, 2016; Anders, Riès, van Maanen & Alario, 2017). Anders und Kollegen entwickelten das *shifted Wald model* (SWM). Dies bildet domänenübergreifend den Prozess der Entscheidungsfindung ab und spezifiziert diesen für sprachliche Entscheidungsprozesse. Die Geschwindigkeit und der Erfolg der lexikalischen Auswahl eines Eintrags wird im Modell durch drei Parameter beeinflusst: *accumulation rate* (Akkumulierungsrate) γ , *threshold* (Schwellenwert) α und *time lapsed external of signal accumulation* (TEA) (vergangene Zeit außerhalb des Akkumulierungsprozesses) θ . Mit Bezug auf die lexikalische Auswahl bedeutet dies, dass mit der Akkumulierungsrate γ Evidenz für den Zieleintrag gesammelt wird. Wird dessen Schwellenwert α erreicht, wird dieser erfolgreich selektiert. Zeit, die nicht direkt auf den lexikalischen Auswahlprozess verwendet wird, wird

mit θ berücksichtigt. Die gesamte Reaktionsgeschwindigkeit bzw. Benennlatenz eines Items setzt sich aus der Zeit der Evidenzakkumulierung (EA), die durch die Akkumulierungsrate γ und der Höhe des Schwellenwertes α bestimmt wird, und der Zeit außerhalb dieses Prozesses θ zusammen. Im Fall von kategorieller Interferenz in den homogenen Benennkontexten des CN oder BCN Paradigmas kommt es bei gesunden Proband*innen durch die hohe Konkurrenz verwandter Einträge zu einer Reduzierung des Akkumulierungsrate γ und zudem zu einer Erhöhung des Schwellenwertes α (Anders et al., 2017). Da die Patientengruppe mit Läsionen im Bereich des PFC keine ausreichende Anpassung des Schwellenwertes in homogenen Kontexten zeigte, aber ähnlich wie gesunde Proband*innen die Akkumulierungsrate anpasste, wird dem PFC eine aktive Rolle in der Anpassung des Schwellenwertes in Situationen mit erhöhter Konkurrenz zugesprochen. Untersuchungen zu kategorieller Interferenz zeigen, dass der IFG in gesunden Proband*innen eine proaktive Rolle in der Kontrolle von Interferenz übernimmt, indem er durch die Schwellenwertanpassung die Akkuratheit des Benennens aufrechterhält. Da dies zu Lasten der Akkumulierungsrate geschieht, erhöht sich die Benennlatenz (Anders et al., 2017).

5.4.2) Die kontroverse Rolle des IFG links in Abhängigkeit vom gewählten Paradigma

Die Rolle des IFG links bezüglich kategorieller Interferenz ist weiterhin kontrovers. Der Annahme des IFG links als kognitive Kontrollinstanz stehen die Ergebnisse aus Patientengruppen entgegen, in denen kategorielle Interferenz in einer Gruppe von Patient*innen mit Läsionen des PFC ausschließlich auf Fehlerzahlen nachweisbar war (Piai & Knight, 2018). Auch waren die Effekte in einer anderen Studie der Autoren nicht auf Gruppenebene, sondern nur deskriptiv bei drei der sechs untersuchten Proband*innen abbildbar (Piai et al., 2016). Es bestand zudem kein signifikanter Unterschied zwischen Patient*innen mit Läsionen des PFC, einer Kontrollgruppe und Patient*innen mit temporalen Läsionen. Henseler et al. (2014) fanden bei gesunden Proband*innen unter Nutzung des auch in der vorliegenden Studie genutzten Materials bei anodaler tDCS Stimulation des IFG links keine Abnahme der kategoriellen Interferenz. Allerdings konnten Pisoni et al. (2012) in ihrer Untersuchung eben diese Reduktion kategorieller Interferenz unter anodaler tDCS Stimulation des IFG links im BCN nachweisen. Betrachtet man diese heterogene Evidenzlage, zeigt sich, dass diejenigen Gruppen, die keinen robusten Zusammenhang zwischen IFG links und dem Maß an kategorieller Interferenz fanden, alle ein PWI Paradigma verwendeten. Henseler et al. (2014) kombinierten ein PWI Paradigma mit einer anodalen tDCS Stimulation bei einer

gesunden Probandengruppe, während Piai et al. (2016) und Piai und Knight (2018) ein PWI Paradigma mit einer Läsions-basierten Analyse in einer Patientengruppe kombinierten. Insgesamt entspricht dies den Ergebnissen der Übersichtsarbeit von de Zubicaray und Piai (2019), in die Ergebnisse verschiedener Studien zu den drei Paradigmen in Kombination mit fMRT, EEG, MEG, tDCS und Läsionsanalysen eingingen. Die Arbeit bestätigt, dass Studien, die ein PWI Paradigma einsetzen, widersprüchliche Befunde bzgl. der Rolle des IFG links im Zusammenhang mit kategorieller Interferenz ergeben. Im Gegensatz dazu ließ sich in den oben genannten Untersuchungen, die auf einem BCN Paradigma basierten, sowohl in Patientengruppen (Harvey & Schnur, 2015; Schnur et al., 2006; Schnur et al., 2009) als auch unter tDCS Stimulation in gesunden Probandengruppen (Pisoni et al., 2012) ein Zusammenhang zwischen dem IFG links und dem Maß an kategorieller Interferenz nachweisen. Auch de Zubicaray und Piai (2019) fanden in ihrer Übersichtsarbeit einen deutlich klareren Zusammenhang zwischen dem IFG links und kategorieller Interferenz im BCN Paradigma.

5.4.3) Die Rolle des IFG links in der aktuellen Untersuchung

Es stellt sich die Frage, wie der in der vorliegenden Studie gefundene Einfluss des IFG links auf die Stärke kategorieller Interferenz in die gegensätzlichen Vorbefunde einzuordnen ist. Henseler et al. (2014) diskutierten den Einfluss des IFG links als top-down Kontrolle in Situationen mit hoher Konkurrenz zwischen verschiedenen aktivierten Einträgen. Um in dieser Weise regulierend aktiv zu sein, muss ein kontrolliertes Verarbeiten von Informationen möglich sein. Im BCN Paradigma baut sich kategorielle Interferenz innerhalb homogener Blöcke über mehrere Sekunden auf. Auch werden Items über Zyklen hinweg wiederholt präsentiert, sodass theoretisch Rückschlüsse auf das gewählte Itemset möglich sind. Im PWI Paradigma hingegen liegen nur Millisekunden zwischen der Präsentation des Ablenkerwortes und des Zielbildes, welches in der Regel nur jeweils einmal in der relativen und unrelativen Bedingung präsentiert wird. Diese kurze Zeitspanne sowie die fehlende Wiederholung der Zielitems behindert eine top-down basierte Verarbeitung und bietet somit eine mögliche Erklärung, weshalb sich eine anregende Stimulation des IFG links nicht auf das Ausmaß kategorieller Interferenz im PWI Paradigma auswirkte, dies im BCN Paradigma allerdings zu beobachten war.

In der aktuellen Arbeit wurde ein PWI Paradigma eingesetzt. Dennoch ergab sich ein signifikanter Einfluss des IFG links auf die Stärke kategorieller Interferenz. Im Vergleich zu

gesunden Probandengruppen, in denen der IFG links im PWI weniger stark rekrutiert wird, kann das durch die Läsion ausgelöst Rauschen eine verstärkte „Not-Rekrutierung“ im PWI Paradigma auslösen. Zunächst erscheint unklar, warum die Patient*innen mit Läsionen des PFC in den Untersuchungen von Piai et al. (2016) und Piai und Knight (2018) keine kategorielle Interferenz zeigten. Betrachtet man allerdings die Ergebnisse genauer, wies die Hälfte der untersuchten Patient*innen in Piai et al. (2016) schlechtere Leistungen in der relatierten Bedingung auf, wohingegen die andere Hälfte Fazilitierung durch kategoriell relatierte Ablenker zeigte. Auch in Piai und Knight (2018) zeigte die Gruppe mit frontalen Läsionen kategorielle Interferenz in den Fehlerzahlen. In beiden Untersuchungen zeigen sich demnach auch Tendenzen zu kategorieller Interferenz in den Patient*innen mit frontalen Läsionen. Theoriegeleitet sollte kategorielle Interferenz in dieser Patientengruppe allerdings nicht nur vorhanden, sondern insgesamt stärker ausgeprägt sein als in der Gruppe mit temporalen Läsionen, da bei fehlender frontaler Läsion eine verstärkte Rekrutierung der IFG-gesteuerten Kontrolle möglich wäre. Deutlich wurde, dass dieser Kontrollmechanismus auch in gesunden Proband*innen nur unter bestimmten Bedingungen effektiven Einfluss nahm, wenn, wie im BCN Paradigma der Fall, ein top-down Einfluss möglich ist. In den PWI Paradigmen von Piai et al. (2016) und Piai und Knight (2018) wurde allerdings eine SOA von 0 verwendet, was bedeutet, dass Ablenker und Zielbild parallel präsentiert wurden und so das Zeitfenster zur top-down Kontrolle zu gering war. Demnach profitierten auch die Patient*innen ohne frontale Läsionen nicht von einer Rekrutierung der IFG-geleiteten Kontrollfunktion und somit sollten sowohl Patient*innen mit frontalen als auch mit temporalen Läsionen kategorielle Interferenz in einer ähnlichen Ausprägung aufweisen. In der aktuellen Arbeit war das Zeitfenster zwischen Präsentation des Ablenkers und des Zielbildes durch die gewählten SOA größer und die Möglichkeit zur Rekrutierung des IFG verbesserte sich, sodass hier eine Läsion von Relevanz und deren Einfluss nachweisbar war.

5.4.4) Die Rolle des IFG links im Swinging Lexical Network Model

Im PWI wie auch im BCN und CN Paradigma wird eine Kohorte kategoriell relatierter Einträge aktiviert und es entsteht hohe Konkurrenz auf lexikalischer Ebene, welche zur Auswahl des Zieleintrags reguliert werden muss. Im BCN und CN Paradigma wird zudem wiederholt auf die identische Kategorie zugegriffen und das Netz gerät in Schwingung. Umso relevanter wird die Rekrutierung einer kognitiven Kontrollinstanz zur erfolgreichen lexikalischen Selektion. Während im BCN Paradigma die sich bündelnden Aktivierung innerhalb einer Kategorie top

down gesteuert unter Kontrolle gebracht werden kann, ist dies im CN Paradigma durch die fehlende Itemwiederholung nicht möglich und das Maß an Konkurrenz und Schwingung des Netzwerks und folglich das Maß kategorieller Interferenz steigt mit jedem weiteren präsentierten Item einer Kategorie. Die Annahmen zum SLNM von Abdel Rahman und Melinger (2019) und das SWM von Anders et al. (2017) ergänzen sich in Bezug auf die Erklärung der Effekte. Kategorielle Interferenz wird im SLNM auf die Aktivierung einer relatierten Kohorte von Einträgen zurückgeführt, die sich gegenseitig wiederkehrend aktivieren und so das Netzwerk in Schwingung versetzen. Dieser Zustand hoher Konkurrenz führt im SWM dazu, dass im gesunden System der Schwellenwert des Zieleintrags erhöht und gleichzeitig die Akkumulierungsrate herabgesetzt wird. Diese Anpassungen verlangsamen die Reaktionsgeschwindigkeit, garantieren im gesunden System allerdings eine hohe Akkuratheit des Benennens. Ist die Kontrollfunktion der Schwellenwertanpassung durch eine Läsion des IFG links eingeschränkt, nehmen die hindernden Effekte kategorieller Relationen zu. Bei sprachgesunden Proband*innen ist der Einfluss des IFG links relativ gering, da bei intaktem Lexikon die Auswahl aus der aktivierten Kohorte eine geringe Herausforderung darstellt. Bei Läsionen im Sprachnetzwerk ist der Benennprozess insgesamt erschwert und die lexikalische Auswahl daher kritisch für die korrekte Benennleistung. Dies erhöht die Relevanz des IFG. Anders et al. (2017) beschreiben eine erhöhte Erregbarkeit des gesamten Sprachnetzwerks als Folge von Läsionen. Diese unspezifische Anregung aller Einträge entspricht den oben geschilderten Annahmen eines unspezifischen Rauschens im Netz (vgl. Harvey & Schnur, 2015). Eine aktive Regulation der Aktivierungszustände wird zunehmend relevanter. Die fehlende Schwellenwertanpassung in Kombination mit einer allgemeinen Übererregbarkeit des Netzwerks resultieren in steigenden Fehlerzahlen. Im Gegensatz dazu weist der IFG links in assoziativen Kontexten keine Relevanz auf. Das konzeptuelle Priming überwiegt die geringe lexikalische Konkurrenz. Durch die fehlende Konkurrenz sind keinerlei Anpassungen der Schwellenwerte in negative Richtungen notwendig, sodass eine mögliche Beeinträchtigung dieser Funktion keine Auswirkungen hat. Im Gegenteil erhöht das konzeptuelle Priming die Akkumulierungsrate.

5.5) Deskriptive Einzelfallbetrachtungen und die Phänomene assoziativer Interferenz und kategorieller Fazilitierung

Neben der Diskussion der Gruppeneffekten ist die Betrachtung von Einzelfällen, die bestimmte Aspekte der Ergebnisse verdeutlichen, von Interesse. Während sich in der Gruppe assoziative Fazilitierung und kategorielle Interferenz als robuste Effekte zeigen, zeigen einzelne Proband*innen Abweichungen von diesen Ergebnissen.

Einige Patient*innen zeigten statt kategorieller Interferenz erleichternde Effekte sowohl durch kategorielle als auch assoziative Distraktoren. Ordnet man diese Befunde innerhalb des SLNM ein, muss sowohl in assoziativen als auch in kategoriellen Kontexten das konzeptuelle Priming überwiegen, ohne dass relevante Konkurrenz während der lexikalischen Selektion diesem entgegensteht. Erklärbar ist dies dann, wenn sich Distraktor und Zielbild auf konzeptueller Ebene gegenseitig aktivieren und somit auch das Lemma des Zieleintrags, welches erfolgreich selektiert wird. Im Fall des kategoriellen Kontexts muss nun verhindert werden, dass auf lexikalischer Ebene eine große Kohorte relatierter Einträge aktiviert wird und in Konkurrenz zum Zieleintrag tritt. Eine Erklärung für das Ausbleiben der Interferenz ist, dass bereits auf konzeptueller Ebene keine ausreichende Aktivierung relatierter Einträge über den geteilten Kategorieknoten geschieht. Alternativ kann angenommen werden, dass auf konzeptueller Ebene alle relatierten Einträge ko-aktiviert werden, dann aber die darauffolgende Aktivierung der zugehörigen Lemmas nicht ausreichend gelingt. Nimmt man an, dass es zu einem übermäßig starken Verlust von Aktivierung zwischen konzeptueller und Lemma-Ebene kommt, erfahren Zielbild und Distraktor durch die Präsentation des geschriebenen Wortes bzw. des Bildes starke Aktivierung, die sich bis zur Lemma-Ebene in ausreichendem Maß ausbreitet. Weitere Mitglieder der gemeinsamen Kategorie hingegen werden nur indirekt über den Kategorieknoten auf konzeptueller Ebene aktiviert. Hier genügt das Maß an Aktivierung nicht, um während der lexikalischen Auswahl eine ausreichend große Kohorte an Konkurrenten zu aktivieren. Somit überwiegt in kategoriellen und assoziativen Kontexten das konzeptuelle Priming. Betrachtet man die individuellen Läsionen der Patient*innen dieser Gruppe, betreffen diese große Teile des Sprachnetzwerks der linken Hemisphäre ohne relevante Überlappungen, sodass hier keine Rückschlüsse auf neuroanatomische Korrelate getroffen werden können.

Eine andere Subgruppe der Patient*innen zeigte sowohl kategorielle als auch assoziative Interferenz. Assoziative Relationen erschwerten das Benennen im Gegensatz zur erwarteten

Fazilitierung. Für dieses Muster sind innerhalb des SLNM Veränderungen des Einflusses des konzeptuellen Primings in der assoziativen Bedingung Voraussetzung. Im SNLM wird angenommen, dass dieses die geringe lexikalische Konkurrenz (eins-gegen-eins) auf lexikalischer Ebene überwiegt. Ist der Einfluss konzeptuellen Primings reduziert, gewinnt die lexikalische Konkurrenz an Relevanz. Bei reduziertem Priming auf konzeptueller Ebene sollte es jedoch auch zu einer Reduzierung der Konkurrenz auf Lemma Ebene kommen. Dies würde ein Ausbleiben des Primings, nicht aber die Umkehrung des Effektes erklären. Alternativ kann angenommen werden, dass Distraktor und Zielbild neben der gegenseitigen Aktivierung auf konzeptueller Ebene auch zur Aktivierung kategoriell relatierter Einträge führen. Es würde z.B. bei der Präsentation des Distraktor-Target Paares KNOCHEN-HUND jeweils kategoriell relationierte Einträge zu HUND und KNOCHEN ko-aktiviert, ebenso aber auch thematisch relationierte Einträge wie HUNDEHÜTTE, LEINE, NAPF, HUNDEFUTTER. Diese formen, ähnlich wie in kategoriellen Kontexten, eine aktive Kohorte. Eine solche übermäßige Aktivierung der lexikalischen und/oder thematischen Kohorten wäre als Folge des insgesamt gestörten und kompensatorisch hochregulierten lexikalischen Systems denkbar. Die assoziative Bedingung stellte damit nicht mehr eine eins-gegen-eins Selektion dar, sondern ähnlich der kategoriellen Bedingung eine Kompetition in einer ausreichend großen Kohorte, die das konzeptuelle Priming überwiegt. Auch in dieser Gruppe zeigte sich keine spezifische Überlappung in den individuellen Läsionen, sodass auch hier keine Ableitungen auf neuroanatomische Korrelate möglich sind.

In beiden beschriebenen Szenarien kam es zu einem Angleichen der Effekte des einen Kontextes an den jeweils anderen. Diese Patientengruppen zeigten entweder in assoziativen und kategoriellen Kontexten konstant Interferenz oder Fazilitierung.

Ein davon abweichendes Muster zeigt Patientin 15, auf die vertiefend eingegangen werden soll. Patientin 15 zeigte assoziative Interferenz und kategorielle Fazilitierung. Es bestand damit ein invertiertes Muster. Patientin 15 war zum Zeitpunkt der Testung 38 Jahre alt und litt an einem Glioblastom links temporal. In der Spontansprache wie auch im AAT dominierte eine Benennstörung, während die weiteren Sprachfunktionen weitgehend erhalten waren. Bereits in der Familiarisierungsphase des Experiments zeigten sich deutliche Einschränkungen des Benennens. In Abbildung 17 ist die Läsion der Patientin 15 dargestellt, die relativ weit ausgedehnte links temporale Areale betrifft.

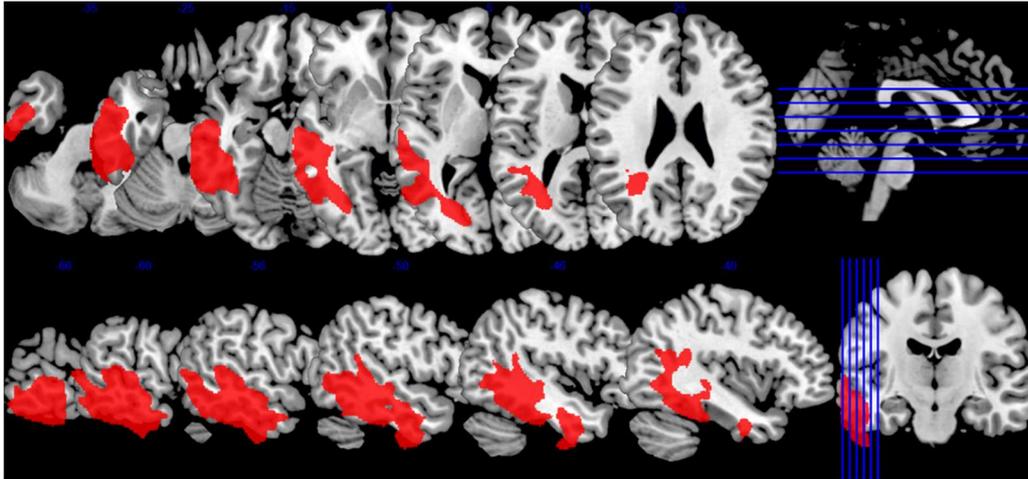


Abbildung 17. Bildgebung (MRT) zur Läsion von Patientin 15.

Aufgrund der Lokalisation ist eine läsionsbedingte Störung der semantisch-lexikalischen Verarbeitung plausibel. Eine modelltheoretische Einordnung der gezeigten assoziativen Interferenz und kategoriellen Fazilitierung im SLNM ist nur in begrenztem Umfang möglich. Unter der Annahme eines starken, läsions-induzierten Rauschens kann von einem gestörten Abruf eines Zieleintrages ausgegangen werden. Dabei kann aufgrund der ausgedehnten Läsion, die sowohl anteriore als auch posteriore Anteile des MTG betrifft, eine Störung sowohl der konzeptuellen als auch der lexikalischen Repräsentationen angenommen werden. Um die Effekte zu erklären, muss von einem starken Priming durch kategorielle Relationen ausgegangen werden, welches vermutlich umfassende Beeinträchtigungen der konzeptuellen und lexikalischen Verarbeitung partiell ausgleichen kann. Assoziative Relationen sollten dann ebenso Priming auslösen, welches aufgrund des fehlenden gemeinsamen Kategorieknotts weniger intensiv ist. Allerdings führten assoziative Ablenker bei Patientin 15 nicht zu weniger stark ausgeprägter Fazilitierung, sondern zu erschwertem Benennen und assoziativer Interferenz. Eine genaue Einordnung verbleibt spekulativ und ist demnach im Rahmen der aktuellen Arbeit nicht möglich. Notwendig wäre hier eine noch genauere Untersuchung der rezeptiv und expressiv sprachlichen und ebenso der kognitiven Leistungen der Patientin.

5.6) Klinische Relevanz des Bild-Wort Interferenz Paradigmas

Die in dieser Arbeit gewonnenen theoretischen Kenntnisse haben potenziell Relevanz für die praktische sprachtherapeutische Arbeit in Klinik und Praxis. Diese betreffen insbesondere drei Bereiche: den theoretischen Aufbau einer Benenndiagnostik, die Systematik therapeutischer Hilfen und das verwendete sprachliche Material sowie die Methodik des Benenntrainings. Auf diese Aspekte soll im Folgenden kurz eingegangen werden.

In der Überprüfung der Benennleistung wird in der therapeutischen Praxis häufig die Methodik des konfrontativen Benennens eingesetzt. Hierzu wird eine systematische Auswahl an Zielbildern getroffen, welche in der Regel nach Alltagsrelevanz oder zur Überprüfung bestimmter Effekte, wie Belebtheit, Abstraktheit oder Wortart, ausgewählt werden. Dies hat zur Folge, dass einzelne semantische Felder im Detail überprüft werden. So dienen Tiere sowie Obst und Gemüse im Kontrast zu Möbeln und Werkzeugen häufig zur Überprüfung von Belebtheitseffekten. Zur besseren Übersichtlichkeit und ökonomischeren Auswertbarkeit werden diese nach Kategorien sortiert und somit in kategoriell homogenen Kontexten dargeboten. In der klinischen Beobachtung zeigt sich, dass einige Patient*innen im Verlauf zunehmend schlechter werden. Aufgrund der in der vorliegenden Arbeit experimentell untersuchten Kontexteffekte ist anzunehmen, dass neben einer gestörten Benennleistung, der Kontext die sekundäre Verschlechterung im Rahmen der Testung unterhält. Durch die geblockten Kontexte entsteht kategorielle Interferenz, die bestehende Benenndefizite in ihrer Ausprägung akzentuiert. Das Ergebnis der Diagnostik beinhaltet damit neben dem reinen Benenndefizit auch Einflüsse einer Interferenzabwehr und spezifischer kategorieller Interferenz. Um diese Einflüsse zu trennen, wäre eine Testung mit homogenen und heterogenen Blöcken sinnvoll. Trotz des erhöhten Zeitbedarfs sprechen die Ergebnisse der vorliegenden Studie dafür, dass eine Differenzierung zwischen den beiden Aspekten der Gesamtbenennleistung durchaus relevant sein kann und damit zusätzliche Information über das Störungsbild und den Charakter der Benennstörung liefert.

Wendet man sich nun den therapeutischen Hilfen und den gängigen Therapiematerialien zu, werden im Rahmen der Aphasietherapie oft kategorielle Hilfen vorgeschlagen („Nicht Apfel sondern (Birne/Banane...)“) oder innerhalb einer semantischen Kategorie gearbeitet. Aus den vorliegenden Ergebnissen geht hervor, dass dies nicht immer den erfolgreichen Abruf unterstützt. Es kann angenommen werden, dass bestimmte Patient*innen durch die eingesetzten kategoriellen Relationen sogar schlechtere Leistungen zeigen. Zielführend wäre es ggf. die Therapie auf das jeweilige Störungsmuster anzupassen. Das könnte bedeuten, dass kategorielle Interferenzbewältigung trainiert wird oder umgekehrt, dass zur Fazilitierung assoziative statt kategorieller Hilfen gegeben werden (z.B. eingebettet in Satzergänzungsaufgaben „Den Knochen frisst/vergräbt/... der (Hund)“). Bei letzterem Ansatz ist zu bedenken, dass Rose und Abdel Rahman (2016) zeigten, dass die intensive Arbeit in einem thematisch-assoziativen Kontext eine ausreichend große Kohorte einer ad-hoc

geformten Kategorie erzeugen (z.B. Campingausflug) kann, aus der Interferenz resultiert. Auch hier sollten wechselnde thematische Kontexte angeboten werden.

Betrachtet man die robuste Modulation der Benennleistung von Menschen mit erworbener Sprachstörung im PWI Paradigma unter Einsatz assoziativer und kategorieller Kontexte, stellt sich zudem die Frage nach dem therapeutischen Einsatz dieser Methodik. Im klinischen Alltag wäre zunächst die Erstellung eines geeigneten Itemsets basierend auf den zahlreichen Publikationen möglich. Auch steht in Kliniken und Praxen in der Regel eine große Auswahl an Bildmaterial zur Verfügung. Während die hindernden Effekte kategorieller Relationen zuvor als Hürde in der Diagnostik und Therapie betrachtet wurden, weisen sie allerdings ein therapeutisch hohes Potential auf, um ein Benenningstraining auf komplexem Niveau zu schaffen. Trainiert man mit assoziativen Relationen, ist davon auszugehen, dass item-spezifische assoziative Verbindungen gestärkt werden. Trainiert man hingegen mit kategoriellen Relationen, wird die gezielte lexikalische Selektion in erschwerten Bedingungen geübt. Die Behandlung von leichten Benennstörungen erweist sich häufig als therapeutische Herausforderung. Über den Einsatz des PWI Paradigmas mit kategoriellen Relationen lassen sich nun allerdings Aufgaben generieren, die sich durch einen erhöhten Auswahlanspruch und somit einen hohen Schwierigkeitsgrad auszeichnen. Auch kann so systematisch die Auswahl und der präzise Zugriff auf das mentale Lexikon geübt werden. Abel und Willmes (2016) konnte in einem ersten Trainingsparadigma in einer Gruppe von 11 Menschen mit Aphasie positive Effekte nachweisen. Trainiert wurde für vier Wochen basierend auf einem PWI Paradigma, welches sich als hoch effektiv erwies und zu verbessertem Benennen mit Generalisierungseffekten auf unbeübtes Material und einer Reduzierung von Automatismen in der Spontansprache führte. Die hohe therapeutische Relevanz der Effekte kategorieller Kontexte wird hier mit Hinblick auf die Generalisierung auf ungeübtes Material und im Besonderen auf die Spontansprache deutlich.

Insgesamt dienen somit assoziative Relationen eher als Mittel zur effektiven Hilfestellung, während kategorielle Relationen zur gezielten Schaffung eines anspruchsvollen Benenningstrainings eingesetzt werden können. Die künftige vertiefende Untersuchung kategorieller Interferenz und assoziativer Fazilitierung dient demnach nicht alleinig der Erweiterung des psycholinguistisch-theoretischen Wissens, sondern birgt auch hohes Potential zur Verbesserung der sprachtherapeutischen Arbeit.

5.7) Fazit und Ausblick

Wir untersuchten in dieser Arbeit Effekte assoziativer und kategorieller Relationen in einer visuellen Variante des PWI Paradigmas in einer Patientengruppe mit erworbener linkshemisphärischer Hirnläsion und resultierender Sprachstörung. Es schloss sich zudem eine VLSM Analyse zur Identifizierung der neuroanatomischen Grundlage der Effekte an. Es ist uns als einer der ersten Arbeitsgruppen möglich, zunächst grundlegend assoziative Fazilitierung und kategorielle Interferenz im beeinträchtigten Sprachnetzwerk in einer größeren Gruppe von Patient*innen im PWI Paradigma nachzuweisen. Zudem konnten wir weitere Evidenz für eine funktionelle Dissoziation des Sprachnetzwerkes finden. Frontale Strukturen im Bereich des IFG links erweisen sich als relevante Areale in Situationen einer erschwerten lexikalischen Auswahl, wie es in kategoriellen Kontexten der Fall ist. In temporalen Strukturen im Bereich des MTG links lassen sich Prozesse der lexikalisch-semantischen Verarbeitung verorten. Weiterhin zeigt sich auch hier eine funktionelle Zweiteilung in einen anterioren Anteil der MTG links, der mit dem Zugriff auf konzeptuelle Repräsentationen assoziiert ist und einen posterioren Anteil, welchem der Zugriff auf lexikalische Repräsentationen zugesprochen wird. Modelltheoretisch erweist sich das SLNM von Abdel Rahman und Melinger (2019) als gut geeignetes Arbeitsmodell, um die gegensätzlichen Effekte von assoziativen und kategoriellen Relationen sowohl im gesunden als auch im beeinträchtigten Netzwerk zu beschreiben. Hier sind durch temporale Läsionen induzierte Veränderungen in Sinne eines Rauschens und eines veränderten Flusses von Aktivierung anzunehmen, ebenso wie eine eingeschränkte Rekrutierung eines eher frontal verorteten Selektionsmechanismus.

Trotz dieser Evidenz aus einer größeren Gruppe von Patient*innen verbleiben weiterhin einige Fragen und Aspekte als unzureichend geklärt. Immer wieder zeigten sich bereits auf Verhaltensebene sowohl in gesunden Probandengruppen als auch in Patientengruppen deutliche Unterschiede in den gezeigten Effekten abhängig von der Wahl des Paradigmas (vgl. hier de Zubicaray & Piai, 2019). Obwohl zugrundeliegend die gleichen Prozesse zur Entstehung kategorieller Interferenz und assoziativer Fazilitierung angenommen werden, werden diese in ihrer Ausprägung von der Wahl des Paradigmas beeinflusst. Vielversprechend wäre hier die Überprüfung des identischen sprachlichen Materials in den drei Paradigmen in vergleichbaren, ggf. sogar identischen, und ausreichend großen Probanden- und Patientengruppen. Darüber hinaus ließe sich über ein solches Design in Kombination mit bildgebenden Verfahren oder Läsionsanalysen zudem eine feingliedrige Analyse der Beteiligung der relevanten Strukturen IFG und MTG links durchführen. Insbesondere die

genaue Rolle und die Relevanz des IFG als Kontrollmechanismus während der erschwerten lexikalischen Auswahl ließe sich so genauer darstellen, ähnlich wie Riès et al. (2015) bereits kontinuierliches und blockweise zyklisches Benennen in einer Gruppe von Patient*innen mit Läsionen des PFC verglichen. Zum einen könnte die hier aufgestellte Theorie einer abnehmenden Relevanz dieses Kontrollmechanismus im gesunden System evaluiert werden, von einer hohen Beanspruchung im CN und BCN Paradigma hin zu einer geringeren Beanspruchung im PWI Paradigma. Zum anderen könnten über den Kontrast von gesunden Proband*innen und Patient*innen mit erworbener linkshemisphärischer Hirnläsion eine mögliche verstärkte Rekrutierung des IFG zum Ausgleich der Folgen der Läsion analysiert werden. Auch würde der Kontrast zwischen einer rezeptiven und expressiven Variante der drei Paradigmen, wie es Harvey und Schnur (2015) bereits für das BCN Paradigma untersuchten, weitere Erkenntnisse über die interne Struktur der lexikalisch-semanticen Verarbeitung ermöglichen, ebenso wie über die Rolle des MTG links in diesem Kontext.

In dieser Arbeit wurde sich ausschließlich auf Patient*innen mit linkshemisphärischer Läsion fokussiert und auch nur diese mit in die VLSM Analyse einbezogen. Bisher besteht wenig Wissen über die Relevanz rechtshemisphärisch lokalisierter Prozesse im Rahmen von semantischen Kontexteffekten. Es zeigten sich in gesunden Probandengruppen unter hemmender TMS Stimulation, ebenso wie in Patientengruppen nach Ausfall von sprachrelevanten Arealen, eine verstärkte Aktivierung kontralateraler Areale der rechten Hemisphäre (vgl. Hartwigsen et al., 2013; Hartwigsen & Saur, 2019). Ähnlich könnte auch durch funktionelle Reorganisationsprozesse eine Beteiligung rechts-lokalisierter Prozesse in der Entstehung und Auflösung von kategorieller Interferenz angenommen werden. Aus diesem Grund erscheinen eine Analyse von semantischen Kontexteffekten in Bezug auf rechtshemisphärische Aktivierung in Patientengruppen mit linkshemisphärischen Läsionen sowie eine Erweiterung der untersuchten Patientengruppe um eine Gruppe mit rechtshemisphärischer Läsion als sehr sinnvoll.

Trotz der hohen Zahl an primär theoretisch ausgerichteten Untersuchungen sind Untersuchungen zum therapeutischen Potential der Paradigmen selten bzw. existieren nicht. Hier können sowohl assoziative als auch kategorielle Relationen mit leicht unterschiedlicher Ausrichtung wertvolle Ergänzungen zur bisherigen sprachtherapeutischen Praxis sein. Assoziative Relationen bieten die Möglichkeit, therapeutische Hilfen und Aufgabenstellungen neu zu gestalten, um deren erleichternde Wirkung hier effektiv nutzen zu können. Im Fall der kategoriellen Relationen ist es zunächst relevant, diese zu erkennen und in ungewollten

Situationen, wie in der Diagnostiksituation oder als Hilfestellung, zu vermeiden. Darüber hinaus kann deren erschwerende Wirkung aber auch genutzt werden, um ein Benenningstraining auf komplexem Niveau zu gestalten.

Abschließend ist zu sagen, dass im Verlauf des 40-jährigen Forschungszeitraums seit den ersten Untersuchungen in den 1970er und 80er Jahren durch Lupker (1979) und Glaser und Dünkelhoff (1984), das Feld der semantischen Kontexteffekte zahlreiche neue Erkenntnisse über die Prozesse der Sprachverarbeitung lieferte, ebenso wie über die neuroanatomischen Grundlagen dieser. Darauf basierend entwickelten sich in den Jahren durch die computerbasierten Möglichkeiten sowohl die Berechnungen und Simulationen der Sprachverarbeitungsmodelle weiter als auch die präzise zeitliche und räumliche Analyse der relevanten beteiligten Hirnareale durch neue bildgebende Verfahren. Trotz dieser umfassenden Forschung verbleiben zahlreiche Aspekte weiterhin offen, sodass das Feld der semantischen Kontexteffekte auch weiterhin hohes Potential verspricht, der Entschlüsselung der Sprachverarbeitung im menschlichen Gehirn einen Schritt näher zu kommen und die Diagnostik und Therapie von Aphasien weiter zu verbessern.

Zusammenfassung der Arbeit

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. rer. med.

Semantische Kontexteffekte beim Bildbenennen nach Läsionen des Sprachnetzwerkes und deren neuronales Korrelat

ingereicht von

Danièle Pino (M.A.)

angefertigt an

Universität Leipzig, Medizinische Fakultät & Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften Leipzig

betreut von

Prof. Dr. Hellmuth Obrig (Erstbetreuer)

Prof. Dr. Jörg Jescheniak (Zweitbetreuer)

Einreichung im Februar 2021

Semantische Kontexte können die Benennleistung von gesunden Sprechern, ebenso wie von Menschen mit erworbener Sprachstörung, beeinflussen. Im *picture-word interference (PWI) paradigm* (Bild-Wort Interferenz Paradigma) ist es die Aufgabe, ein Zielbild unter Anwesenheit eines visuellen oder auditiv präsentierten Ablenkerwortes so schnell und akkurat wie möglich zu benennen. Die Art der Verwandtschaft zwischen Ablenkerwort und Zielbild kann den Benennprozess des Bildes in unterschiedliche Richtungen beeinflussen. Besteht eine semantisch-kategorielle Verwandtschaft zwischen Wort und Bild („Katze“ – HUND) kommt es zu steigenden Benennlatenzen in gesunden Probandengruppen. Dies wird als *semantische bzw. kategorielle Interferenz* bezeichnet (Abel et al., 2009; Glaser & Dünkelhoff, 1984;

Henseler et al., 2014; Schriefers et al., 1990). Besteht hingegen eine semantisch-assoziative Relation zwischen Wort und Bild („Knochen“ – HUND), kommt es zu einer Beschleunigung des Benennprozesses, was als *assoziative Fazilitierung* bezeichnet wird (Alario et al., 2000; Henseler et al., 2014; Sailor et al., 2009). Neben Unterschieden in der Art der semantischen Verwandtschaft, weisen kategorielle Interferenz und assoziative Fazilitierung zudem unterschiedliche Zeitverläufe auf (Abel et al., 2009). Auch für Patient*innen mit erworbenen linkshemisphärischen Läsionen des Sprachnetzwerks konnte kategorielle Interferenz in Form steigender Benennlatenzen und Fehlerzahlen im PWI Paradigma nachgewiesen werden (Piai et al., 2016; Piai & Knight, 2018; Python et al., 2018). Trotz des hohen therapeutischen Potenzials existiert bisher kaum Evidenz zur erleichternden Wirkung assoziativer Relationen in Gruppen von Patient*innen mit erworbener Sprachstörung (Python et al., 2018).

Das *swinging lexical network model* (Abdel Rahman & Melinger, 2009, 2019) ermöglicht eine theoretische Einordnung kategorieller Interferenz und assoziativer Fazilitierung innerhalb eines Modells. In beiden semantischen Kontexten kommt es zu Priming auf konzeptueller Ebene sowie zu Konkurrenz auf lexikalischer Ebene durch relationierte, ko-aktivierte Einträge. In kategoriellen Kontexten entsteht hohe Konkurrenz auf lexikalischer Ebene, die das konzeptuelle Priming überwiegt. In assoziativen Kontexten überwiegt das konzeptuelle Priming die nur geringe Konkurrenz in einer „eins-gegen-eins“ Situation auf lexikalischer Ebene zwischen Distraktorwort und Zielbild.

Neben der modelltheoretischen Einordnung wurde die neuroanatomische Grundlage der Effekte kontrovers diskutiert. Im Mittelpunkt der Debatte stehen der *Gyrus temporalis medius (MTG) links* und der *Gyrus frontalis inferior (IFG) links*. Der MTG links wird mit dem mentalen Lexikon und der semantisch-lexikalischen Verarbeitung assoziiert. Dem linken IFG wird eine Rolle als kognitiver Kontrollmechanismus zugesprochen und im Besonderen auch im kontrollierten Lexikonzugriff (Henseler et al., 2014; Indefrey & Levelt, 2004). Es konnte in neurotypischen Probandengruppen mittels fMRT und anodaler transkranieller Gleichstromstimulation (a-tDCS) sowie über Läsionsanalysen in Patientengruppen ein Zusammenhang zwischen kategorieller Interferenz und Aktivierungen des linken MTG nachgewiesen werden (de Zubicaray et al., 2001; Harvey & Schnur, 2015; Pisoni et al., 2012; Schnur et al., 2009). Kontroverser diskutiert wird die Rolle des IFG links als Kontrollmechanismus während des kontrollierten Lexikonzugriff und in der Auflösung lexikalischer Konkurrenz in kategoriellen Kontexten (Abel et al., 2009; Abel et al., 2012; Harvey

& Schnur, 2015; Henseler et al., 2014; Piai et al., 2016; Piai & Knight, 2018; Schnur et al., 2006; Schnur et al., 2009).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zu der heterogenen und eher geringen Evidenzlage zur Wirksamkeit kategorieller und im Besonderen assoziativer Relationen in Patientengruppen mit erworbener linkshemisphärischer Hirnläsion beizutragen. Ebenso soll ein Übertrag der Daten aus dem läsierten Netzwerk auf gängige Sprachproduktionsmodelle ermöglicht und eine mögliche Dissoziation von kategorieller Interferenz und assoziativer Fazilitierung aufgezeigt werden. Über die Methodik des *voxel-based lesion-symptom mapping (VLSM)* (Bates et al., 2003) sollen die neuroanatomischen Grundlagen und hier im Besonderen die Rollen des MTG und IFG links adressiert werden. Es ergeben sich hieraus die folgenden Hypothesen: (i) assoziative Relationen zwischen Ablenker und Zielbild im PWI Paradigma führen in einer Gruppe von Patient*innen mit Läsionen des funktionellen Sprachnetzwerks zu sinkenden Fehlerzahlen und Benennlatenzen, wohingegen kategorielle Relationen zu steigenden Fehlerzahlen und Latenzen führen, (ii) assoziative Fazilitierung und kategorielle Interferenz zeigen sich als voneinander distinkte Prozesse, (iii) der MTG links beeinflusst als Grundlage des mentalen Lexikons die Effekte assoziativer Relationen, wohingegen Läsionen des IFG links als Kontrollinstanz während der lexikalischen Auswahl Einfluss auf das Ausmaß kategorieller Interferenz nehmen.

Zu diesem Zweck wurde in der vorliegenden Arbeit ein visuelles PWI Paradigma mit assoziativen und kategoriellen Wort-Bild Paaren in einer Gruppe von 32 Patient*innen mit linkshemisphärischer Hirnläsion durchgeführt. Die Proband*innen (Alter: $M \pm SD = 51.9 \pm 11.51$ Jahre, 17 Frauen) wiesen alle zum Zeitpunkt der Testung eine Aphasie auf oder zeigten diese in der Akutphase. Es wurden ein assoziatives und ein kategorielles Itemset, bestehend aus je 40 Zielbildern mit den zugehörigen assoziativ oder kategoriell relatierten Ablenkerwörtern geschaffen. Zudem wurde jedem Zielbild aus dem jeweiligen Set ein unrelatierter Ablenker zugeordnet. Auf zwei Familiarisierungsphasen folgte das eigentliche Hauptexperiment. Jedes Trial startete mit der Präsentation eines Fixationskreuzes, auf das das Distraktorwort folgte. In kategoriellen Blöcken folgte nach 150 ms das Zielbild. In assoziativen Blöcken wurde nach 300 ms das Zielbild präsentiert. Das Ablenkerwort verblieb stets zentriert im Zielbild sichtbar. Aufgabe der Patient*innen war es, so schnell und so genau wie möglich das Zielbild zu benennen. Ausgewertet wurden Fehlerzahlen, Fehlerarten und Reaktionszeiten. Die Benennlatenzen wurden manuell aufbereitet mittels CheckVocal (Protopapas, 2007). Gewertet wurde die erste vollständige Reaktion. Selbstkorrekturen

wurden als Fehler gewertet. Bestanden segmentale Fehler aufgrund einer leichten Sprechapraxie oder einer Dysarthrie wurde eine Reaktion als korrekt gewertet, wenn diese eindeutig zuzuordnen war und 75% der Laute korrekt waren. Verglichen wurde über abhängige, zweiseitige *t*-Tests innerhalb der assoziativen und kategoriellen Bedingung jeweils die Leistung in der relatierten und unrelatierten Bedingung. Als Maß für die Stärke kategorieller Interferenz und assoziativer Fazilitierung wurde jeweils die Differenz zwischen relatierter und unrelatierter Bedingung herangezogen. In den sich anschließenden Läsionsanalysen ermöglicht ein voxel-based lesion-symptom mapping für jedes Voxel der linken Hemisphäre (Bildvolumen von 1 mm³) eine Korrelation der Verhaltensdaten mit dem Status eines Voxels (läsioniert/nicht läsioniert). Hierzu wurden die individuellen Läsionen der 32 Patient*innen in eine Standardvorlage übertragen. Analysiert werden alle Voxel, die in mindestens 10 % der Patient*innen eine Läsion aufweisen. Aufgrund der resultierenden multiplen Vergleiche wurden Korrekturen entsprechend des Skalenniveaus durchgeführt. Zur Korrektur falsch positiver Ergebnisse werden Voxel zweischrittig auf Voxel- und Clusterebene analysiert (Bates et al., 2003; Brett et al., 2001; Rorden et al., 2012).

Es können folgende Ergebnisse berichtet werden: (i) Kategoriell relatierte Distraktoren führten in der hier untersuchten Patientengruppe zu signifikant langsamerem Benennen und höheren Fehlerzahlen als in der unrelatierten Kontrollbedingung. Assoziative Relationen führten zu signifikant geringeren Fehlerzahlen in der relatierten Bedingung. Ein Einfluss der assoziativen Ablenker auf die Benennlatenz konnte nicht nachgewiesen werden. (ii) Insgesamt korrelierte die individuelle Gesamtleistung mit den Leistungen in den einzelnen Testbedingungen. Allerdings bestand kein Zusammenhang zwischen der Stärke assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz, ausgedrückt in Form der Differenz zwischen relatierter und unrelatierter Bedingung für Fehler und Benennlatenz. Die beiden Effekte waren demnach unabhängig voneinander unterschiedlich stark ausgeprägt und sind somit als distinkt zu bewerten. (iii) Läsionen des MTG und IFG links korrelierten kontext-unspezifisch mit der Gesamtfehlerzahl und der durchschnittlichen Benennlatenz. Spezifischer führten Läsionen des MTG links zu signifikant stärkerer assoziativer Fazilitierung auf die Fehlerzahl. Unter Berücksichtigung der kontext-unabhängigen Benennleistung als Kovariate ergab sich eine Zweiteilung des MTG. Läsionen des posterioren Anteils des MTG links führen zu einer Zunahme assoziativer Fazilitierung, Läsionen im anterioren Anteilen des MTG hingegen hatten eine Abnahme der erleichternden Wirkung zur Folge. Läsionen des IFG links führten zu steigender kategorieller Interferenz auf die Benennlatenz.

Es konnten sowohl assoziative Fazilitierung als auch kategorielle Interferenz in der hier untersuchten Patientengruppe nachgewiesen werden. Diese beiden semantischen Kontexteffekte sind als voneinander distinkte Effekte anzunehmen. Kategorielle Interferenz beeinflusste neben der Benennlatenz auch die Akkuratheit des Benennens. Assoziative Relationen hingegen ermöglichten keine Beschleunigung, allerdings aber eine Verbesserung der Genauigkeit des Benennens. Unter Annahmen eines läsions-induzierten erhöhten Rauschens innerhalb des Netzwerks und reduzierten Aktivierungszuständen (Dell et al., 1997; Foygel & Dell, 2000; Harvey & Schnur, 2015) ermöglicht das swinging lexical network model (Abdel Rahman & Melinger, 2009, 2019) eine Darstellung assoziativer Fazilitierung und kategorieller Interferenz auch im läsionierten Sprachnetzwerk. Die Läsionsanalyse bestätigt die hohe Relevanz des MTG und IFG links. Der IFG links nimmt eine entscheidende Rolle in der erschwerten lexikalischen Auswahl und Interferenzkontrolle ein. Der MTG links weist eine funktionelle Zweiteilung in einen anterioren Anteil, der mit dem Zugriff auf konzeptuelle Repräsentationen assoziiert ist und einen posterioren Anteil auf, welchem der Zugriff auf lexikalische Repräsentationen zugesprochen wird (vgl. Harvey & Schnur, 2015; Lambon Ralph, 2014). Läsionen des pMTG führen zu einer schlechteren Verfügbarkeit der lexikalischen Repräsentation des Zielbildes und aller Konkurrenten im Netz, weshalb bei reduzierter Konkurrenz eine assoziative Verbindung zwischen Zieleintrag und Ablenker auf konzeptueller Ebene effektiver genutzt werden kann und die Fazilitierung zunimmt. Beeinträchtigungen des konzeptuellen Wissens durch anteriore Läsionen des MTG verhindern dies und führen zu einer Abnahme der Fazilitierung. Neben neuen theoretischen Erkenntnissen zeigt sich zudem ein hohes klinisch-therapeutisches Potential semantischer Kontexteffekte. Assoziative Relationen ermöglichen eine verbesserte Hilfestellung, wohingegen über kategorielle Relationen ein Benentraining auf hohem Niveau zur Behandlung leichter Aphasien geschaffen werden kann.

Literaturverzeichnis

- Abdel Rahman, R. & Melinger, A. (2007). When bees hamper the production of honey: lexical interference from associates in speech production. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 33(3), 604–614. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.3.604>
- Abdel Rahman, R. & Melinger, A. (2009). Semantic context effects in language production: A swinging lexical network proposal and a review. *Language and Cognitive Processes*, 24(5), 713–734. <https://doi.org/10.1080/01690960802597250>
- Abdel Rahman, R. & Melinger, A. (2019). Semantic processing during language production: an update of the swinging lexical network. *Language, cognition and neuroscience*, 37(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/23273798.2019.1599970>
- Abel, S., Dressel, K., Bitzer, R., Kümmerer, D., Mader, I., Weiller, C. et al. (2009). The separation of processing stages in a lexical interference fMRI-paradigm. *NeuroImage*, 44(3), 1113–1124. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.10.018>
- Abel, S., Dressel, K., Weiller, C. & Huber, W. (2012). Enhancement and suppression in a lexical interference fMRI-paradigm. *Brain and Behavior*, 2(2), 109–127. <https://doi.org/10.1002/brb3.31>
- Abel, S. & Willmes, K. (2016). Combined linguistic-executive therapy of word processing in aphasia. *Frontiers in psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/conf.fpsyg.2016.68.00029>
- Alario, F. X., Segui, J. & Ferrand, L. (2000). Semantic and associative priming in picture naming. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, 53(3), 741–764. <https://doi.org/10.1080/713755907>
- Anders, R., Alario, F. X. & van Maanen, L. (2016). The shifted Wald distribution for response time data analysis. *Psychological Methods*, 21(3), 309–327. <https://doi.org/10.1037/met0000066>
- Anders, R., Riès, S., van Maanen, L. & Alario, F. X. (2015). Evidence accumulation as a model for lexical selection. *Cognitive Psychology*, 82, 57–73. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2015.07.002>
- Anders, R., Riès, S., van Maanen, L. & Alario, F. X. (2017). Lesions to the left lateral prefrontal cortex impair decision threshold adjustment for lexical selection. *Cognitive Neuropsychology*, 34(1-2), 1–20. <https://doi.org/10.1080/02643294.2017.1282447>

- Ashburner, J. & Friston, K. J. (2005). Unified segmentation. *NeuroImage*, 26(3), 839–851.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.02.018>
- Bates, E., Wilson, S. M., Saygin, A. P., Dick, F., Sereno, M. I., Knight, R. T. et al. (2003). Voxel-based lesion-symptom mapping. *Nature Neuroscience*, 6(5), 448–450.
<https://doi.org/10.1038/nn1050>
- Belke, E. (2013). Long-lasting inhibitory semantic context effects on object naming are necessarily conceptually mediated: Implications for models of lexical-semantic encoding. *Journal of memory and language*, 69(3), 228–256.
<https://doi.org/10.1016/j.jml.2013.05.008>
- Belke, E., Meyer, A. S. & Damian, M. F. (2005). Refractory effects in picture naming as assessed in a semantic blocking paradigm. *The Quarterly journal of experimental psychology. A, Human experimental psychology*, 58(4), 667–692.
<https://doi.org/10.1080/02724980443000142>
- Belke, E. & Stielow, A. (2013). Cumulative and non-cumulative semantic interference in object naming: evidence from blocked and continuous manipulations of semantic context. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006)*, 66(11), 2135–2160.
<https://doi.org/10.1080/17470218.2013.775318>
- Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W. & Conant, L. L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cerebral Cortex (New York, N.Y. : 1991)*, 19(12), 2767–2796. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp055>
- Brett, M., Leff, A. P., Rorden, C. & Ashburner, J. (2001). Spatial normalization of brain images with focal lesions using cost function masking. *NeuroImage*, 14(2), 486–500.
<https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0845>
- Campanella, F. & Shallice, T. (2011). Refractoriness and the healthy brain: a behavioural study on semantic access. *Cognition*, 118(3), 417–431.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.08.005>
- Costa, A., Alario, F. X. & Caramazza, A. (2005). On the categorical nature of the semantic interference effect in the picture-word interference paradigm. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(1), 125–131.
- Damian, M. F. & Bowers, J. S. (2003). Locus of semantic interference in picture-word interference tasks. *Psychonomic bulletin & review*, 10(1), 111–117.
<https://doi.org/10.3758/BF03196474>

- Damian, M. F. & Martin, R. C. (1999). Semantic and phonological codes interact in single word production. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 25(2), 345–361. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.25.2.345>
- De Zubicaray, G. I. & Piai, V. (2019). Investigating the Spatial and Temporal Components of Speech Production. In G. I. de Zubicaray & N. O. Schiller (Hrsg.), *The Oxford handbook of neurolinguistics* (S. 471–497). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190672027.013.19>
- De Zubicaray, G. I., Wilson, S. J., McMahon, K. L. & Muthiah, S. (2001). The semantic interference effect in the picture-word paradigm: an event-related fMRI study employing overt responses. *Human Brain Mapping*, 14(4), 218–227. <https://doi.org/10.1002/hbm.1054>
- Dell, G. S. (1986). A Spreading-Activation Theory of Retrieval in Sentence Production. *Psychological Review*, 93(3), 283–321.
- Dell, G. S., Schwartz, M. F., Martin, N., Saffran, E. M. & Gagnon, D. A. (1997). Lexical access in aphasic and nonaphasic speakers. *Psychological Review*, 104(4), 801–838. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.104.4.801>
- Dirani, J. & Pylkkanen, L. (2018). *Lexical Access in Comprehension vs. Production: Spatiotemporal Localization of Semantic Facilitation and Interference*. <https://doi.org/10.1101/449157>
- Dronkers, N. F., Redfern, B. B., Knight, R. T. (2000). The neural architecture of language disorders. *The new cognitive neurosciences*, (2), 949–960.
- Foygel, D. & Dell, G. S. (2000). Models of Impaired Lexical Access in Speech Production. *Journal of memory and language*, 43(2), 182–216. <https://doi.org/10.1006/jmla.2000.2716>
- Glaser, W. R. & Döngelhoff, F.-J. (1984). The Time Course of Picture-Word Interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10(5), 640–654.
- Hartwigsen, G. & Saur, D. (2019). Neuroimaging of stroke recovery from aphasia - Insights into plasticity of the human language network. *NeuroImage*, 190, 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.11.056>
- Hartwigsen, G., Saur, D., Price, C. J., Ulmer, S., Baumgaertner, A. & Siebner, H. R. (2013). Perturbation of the left inferior frontal gyrus triggers adaptive plasticity in the right homologous area during speech production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(41), 16402–16407. <https://doi.org/10.1073/pnas.1310190110>

- Harvey, D. Y. & Schnur, T. T. (2015). Distinct loci of lexical and semantic access deficits in aphasia: Evidence from voxel-based lesion-symptom mapping and diffusion tensor imaging. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *67*, 37–58. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.03.004>
- Harvey, D. Y. & Schnur, T. T. (2016). Different Loci of Semantic Interference in Picture Naming vs. Word-Picture Matching Tasks. *Frontiers in Psychology*, *7*, 710. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00710>
- Harvey, D. Y., Traut, H. J. & Middleton, E. L. (2019). Semantic interference in speech error production in a randomized continuous naming task: Evidence from aphasia. *Language, Cognition and Neuroscience*, *34*(1), 69–86. <https://doi.org/10.1080/23273798.2018.1501500>
- Henseler, I., Mädebach, A., Kotz, S. A. & Jescheniak, J. D. (2014). Modulating brain mechanisms resolving lexico-semantic Interference during word production: A transcranial direct current stimulation study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *26*(7), 1403–1417. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00572
- Howard, D., Nickels, L., Coltheart, M. & Cole-Virtue, J. (2006). Cumulative semantic inhibition in picture naming: experimental and computational studies. *Cognition*, *100*(3), 464–482. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.02.006>
- Huber, W., Klingenberg, G., Poeck, K. & Willmes, K. (1993). Die Supplemente zum Aachener Aphasie Test: Aufbau und Resultate der Validierung. *Neurolinguistik*, *(7)*, 43–66.
- Huber, W., Poeck, K., Weniger, D. & Willmes, K. (1983). *AAT - Aachener Aphasie test*. Göttingen: Hogrefe.
- Indefrey, P. & Levelt, W. J. M. (2000). The neural correlates of language production. In M. Gazzaniga (Hrsg.), *The new cognitive neurosciences* (S. 845–865). Cambridge, MA: MIT press.
- Indefrey, P. & Levelt, W. J. M. (2004). The spatial and temporal signatures of word production components. *Cognition*, *92*(1-2), 101–144. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2002.06.001>
- Jefferies, E., Baker, S. S., Doran, M. & Ralph, M. A. L. (2007). Refractory effects in stroke aphasia: a consequence of poor semantic control. *Neuropsychologia*, *45*(5), 1065–1079. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.09.009>

- Jefferies, E. & Lambon Ralph, M. A. (2006). Semantic impairment in stroke aphasia versus semantic dementia: a case-series comparison. *Brain : a Journal of Neurology*, 129(Pt 8), 2132–2147. <https://doi.org/10.1093/brain/awl153>
- Klein, A., Andersson, J., Ardekani, B. A., Ashburner, J., Avants, B., Chiang, M.-C. et al. (2009). Evaluation of 14 nonlinear deformation algorithms applied to human brain MRI registration. *NeuroImage*, 46(3), 786–802. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.12.037>
- Kroll, J. F. & Stewart, E. (1994). Category Interference in Translation and Picture Naming: Evidence for Asymmetric Connections between Bilingual Memory Representations. *Journal of memory and language*, 33, 149–174.
- Lambon Ralph, M. A. (2014). Neurocognitive insights on conceptual knowledge and its breakdown. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1634), 20120392. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0392>
- Levelt, W. J. M., Roelofs, A. & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and brain sciences*, 22(1), 1–38.
- Lupker, S. J. (1979). The semantic nature of response competition in the picture-word interference task. *Memory & cognition*, 7(6), 485–495. <https://doi.org/10.3758/BF03198265>
- Mahon, B. Z., Costa, A., Peterson, R., Vargas, K. A. & Caramazza, A. (2007). Lexical selection is not by competition: a reinterpretation of semantic interference and facilitation effects in the picture-word interference paradigm. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 33(3), 503–535. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.3.503>
- McCarthy, R. A. & Kartsounis, L. D. (2000). Wobbly words: Refractory anomia with preserved semantics. *Neurocase*, 6(6), 487–497. <https://doi.org/10.1080/13554790008402719>
- Melinger, A. & Weber, A. (2006). *Database of noun associations for German*. Verfügbar unter: <http://www.psycholing.es.uni-tuebingen.de/nag/index.php>
- Nitsche, M. A., Cohen, L. G., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A. et al. (2008). Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain Stimulation*, 1(3), 206–223. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2008.06.004>
- Nozari, N. (Vorabdruck). Neural Basis of Word Production. In *The Oxford Handbook of the Mental Lexicon* (Chapter 29).

- Oppenheim, G. M., Dell, G. S. & Schwartz, M. F. (2010). The dark side of incremental learning: a model of cumulative semantic interference during lexical access in speech production. *Cognition*, *114*(2), 227–252. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.09.007>
- Piai, V. & Knight, R. T. (2018). Lexical selection with competing distractors: Evidence from left temporal lobe lesions. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(2), 710–717. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1301-0>
- Piai, V., Riès, S. K. & Swick, D. (2016). Lesions to Lateral Prefrontal Cortex Impair Lexical Interference Control in Word Production. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*, 721. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00721>
- Pisoni, A., Papagno, C. & Cattaneo, Z. (2012). Neural correlates of the semantic interference effect: new evidence from transcranial direct current stimulation. *Neuroscience*, *223*, 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2012.07.046>
- Protopapas, A. (2007). CheckVocal: a program to facilitate checking the accuracy and response time of vocal responses from DMDX. *Behavior Research Methods*, *39*(4), 859–862. <https://doi.org/10.3758/bf03192979>
- Python, G., Glize, B. & Laganaro, M. (2018). The involvement of left inferior frontal and middle temporal cortices in word production unveiled by greater facilitation effects following brain damage. *Neuropsychologia*, *121*, 122–134. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.10.026>
- Riès, S. K., Karzmark, C. R., Navarrete, E., Knight, R. T. & Dronkers, N. F. (2015). Specifying the role of the left prefrontal cortex in word selection. *Brain and Language*, *149*, 135–147. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2015.07.007>
- Roelofs, A. (1992). A spreading-activation theory of lemma retrieval in speaking. *Cognition*, *42*, 107–142.
- Roelofs, A. (2018). A unified computational account of cumulative semantic, semantic blocking, and semantic distractor effects in picture naming. *Cognition*, *172*, 59–72. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.12.007>
- Rorden, C., Bonilha, L., Fridriksson, J., Bender, B. & Karnath, H.-O. (2012). Age-specific CT and MRI templates for spatial normalization. *NeuroImage*, *61*(4), 957–965. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.03.020>
- Rorden, C. & Brett, M. (2000). Stereotaxic display of brain lesions. *Behavioural Neurology*, *12*(4), 191–200. <https://doi.org/10.1155/2000/421719>

- Rorden, C., Karnath, H.-O. & Bonilha, L. (2007). Improving lesion-symptom mapping. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(7), 1081–1088. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.7.1081>.
- Rose, S. B. & Abdel Rahman, R. (2016). Cumulative semantic interference for associative relations in language production. *Cognition*, 152, 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.03.013>
- Rose, S. B. & Abdel Rahman, R. (2017). Semantic similarity promotes interference in the continuous naming paradigm: behavioural and electrophysiological evidence. *Language, cognition and neuroscience*, 32(1), 55–68. <https://doi.org/10.1080/23273798.2016.1212081>
- Rose, S. B., Aristei, S., Melinger, A. & Abdel Rahman, R. (2019). The closer they are, the more they interfere: Semantic similarity of word distractors increases competition in language production. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 45(4), 753–763. <https://doi.org/10.1037/xlm0000592>
- Sailor, K., Brooks, P. J., Bruening, P. R., Seiger-Gardner, L. & Guterman, M. (2009). Exploring the time course of semantic interference and associative priming in the picture-word interference task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006)*, 62(4), 789–801. <https://doi.org/10.1080/17470210802254383>
- Schnur, T. T. (2014). The persistence of cumulative semantic interference during naming. *Journal of memory and language*, 75, 27–44. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2014.04.006>
- Schnur, T. T., Schwartz, M. F., Brecher, A. & Hodgson, C. (2006). Semantic interference during blocked-cyclic naming: Evidence from aphasia☆. *Journal of memory and language*, 54(2), 199–227. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2005.10.002>
- Schnur, T. T., Schwartz, M. F., Kimberg, D. Y., Hirshorn, E., Coslett, H. B. & Thompson-Schill, S. L. (2009). Localizing interference during naming: convergent neuroimaging and neuropsychological evidence for the function of Broca's area. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(1), 322–327. <https://doi.org/10.1073/pnas.0805874106>
- Schriefers, H., Meyer, A. S. & Levelt, W. J. M. (1990). Exploring the time course of lexical access in language production: Picture-word interference studies. *Journal of memory and language*, 29(1), 86–102.

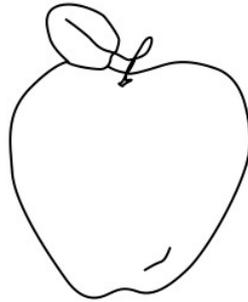
- Scott, R. M. & Wilshire, C. E. (2010). Lexical competition for production in a case of nonfluent aphasia: converging evidence from four different tasks. *Cognitive Neuropsychology*, 27(6), 505–538. <https://doi.org/10.1080/02643294.2011.598853>
- Starreveld, P. A. & La Heij, W. (1996). Time-Course Analysis of Semantic and Orthographic Context Effects in Picture Naming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22(4), 896-918.
- Stroop, R. J. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662.
- Van Scherpenberg, C., Abdel Rahman, R. & Obrig, H. (2020). A novel multi-word paradigm for investigating semantic context effects in language production. *PLOS ONE*, 15(4), e0230439. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230439>
- Vuong, L. C. & Martin, R. C. (2011). LIFG-based attentional control and the resolution of lexical ambiguities in sentence context. *Brain and Language*, 116(1), 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2010.09.012>
- Warrington, E. K. & McCarthy, R. A. (1983). Category specific access dysphasia. *Brain : a Journal of Neurology*, 106 (Pt 4), 859–878. <https://doi.org/10.1093/brain/106.4.859>
- Wilshire, C. E., Keall, L. M., Stuart, E. J. & O'Donnell, D. J. (2007). Exploring the dynamics of aphasic word production using the picture-word interference task: a case study. *Neuropsychologia*, 45(5), 939–953. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.08.026>
- Wilshire, C. E. & McCarthy, R. A. (2002). Evidence for a context-sensitive word retrieval disorder in a case of nonfluent aphasia. *Cognitive Neuropsychology*, 19(2), 165–186. <https://doi.org/10.1080/02643290143000169>
- Wirth, M., Rahman, R. A., Kuenecke, J., Koenig, T., Horn, H., Sommer, W. et al. (2011). Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on behaviour and electrophysiology of language production. *Neuropsychologia*, 49(14), 3989–3998. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.10.015>

Anhang A

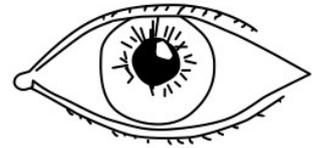
Zielbilder des Bild-Wort Interferenz Paradigmas



Affe



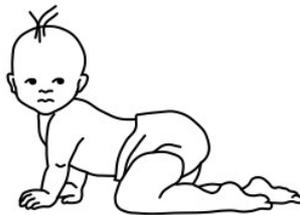
Apfel



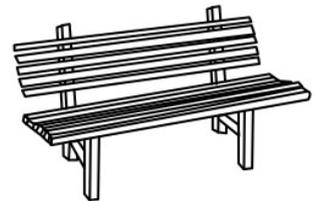
Auge



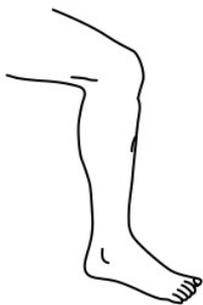
Auto



Baby



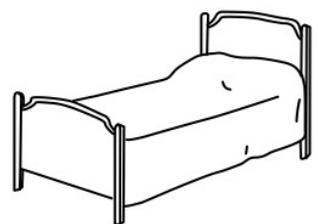
Bank



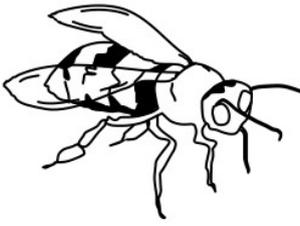
Bein



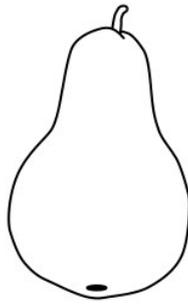
Besen



Bett



Biene



Birne



Blitz



Bogen



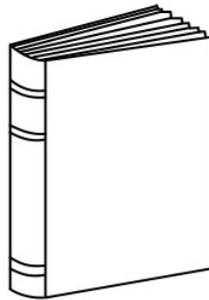
Boot



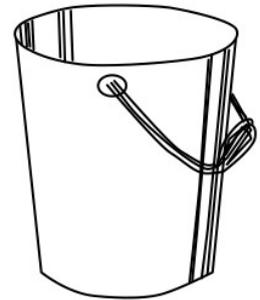
Brille



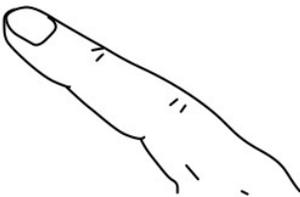
Brot



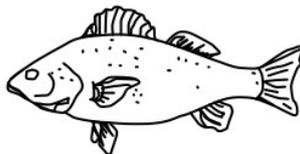
Buch



Eimer



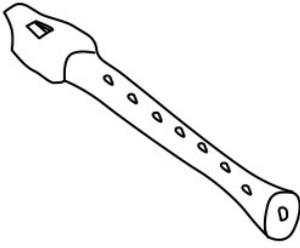
Finger



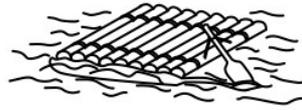
Fisch



Flasche



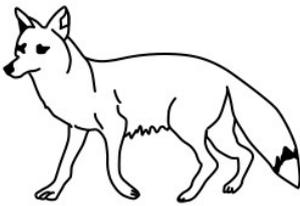
Flöte



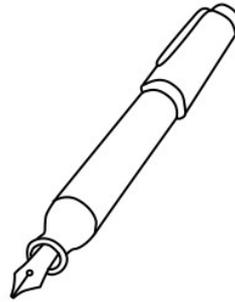
Floß



Frosch



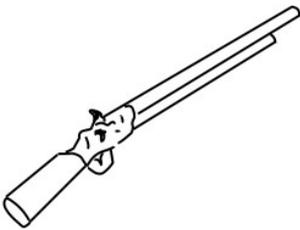
Fuchs



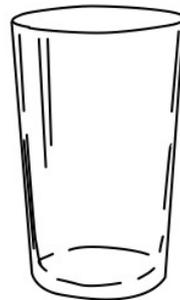
Füller



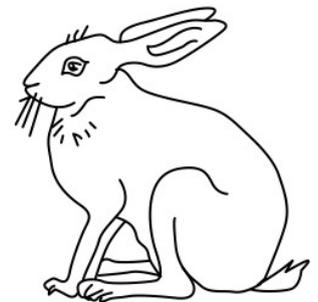
Fuß



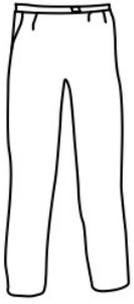
Gewehr



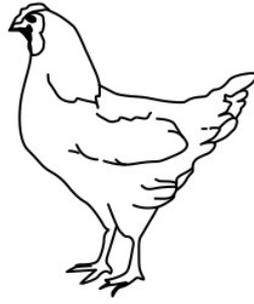
Glas



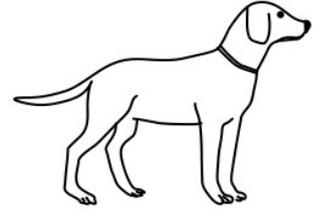
Hase



Hose



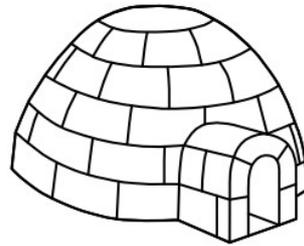
Huhn



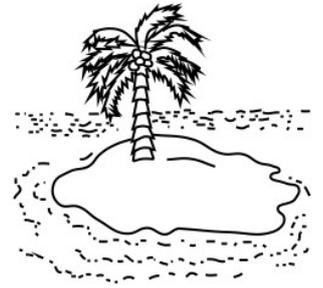
Hund



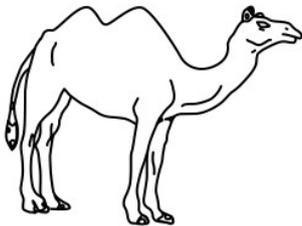
Hut



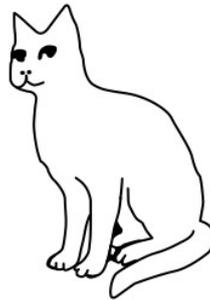
Iglu



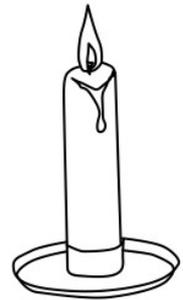
Insel



Kamel



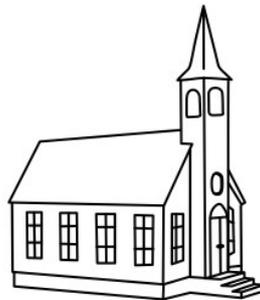
Katze



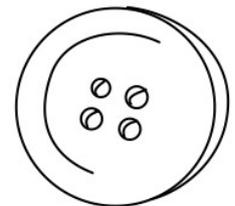
Kerze



Kind



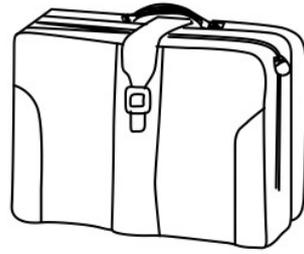
Kirche



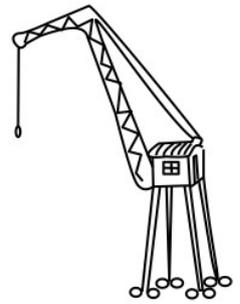
Knopf



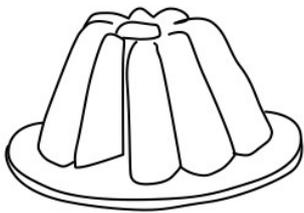
König



Koffer



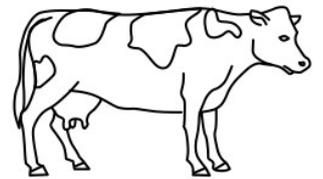
Kran



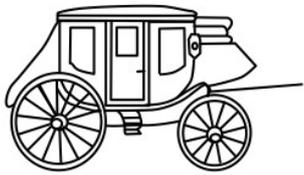
Kuchen



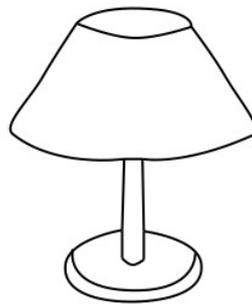
Kürbis



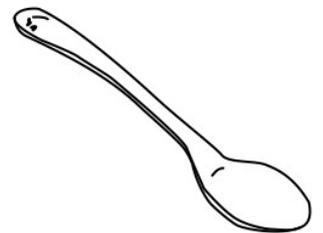
Kuh



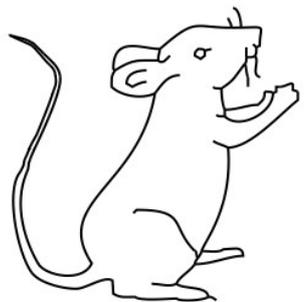
Kutsche



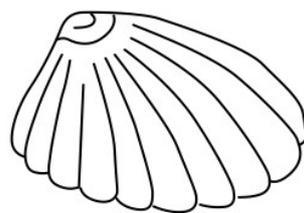
Lampe



Löffel



Maus



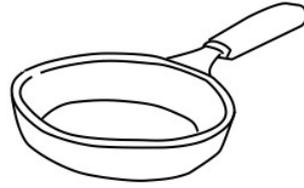
Muschel



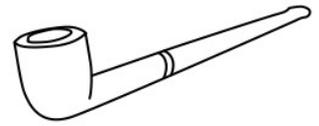
Nagel



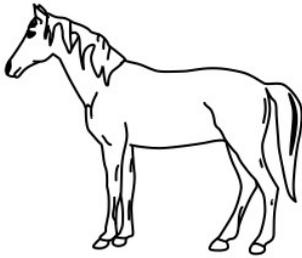
Ohr



Pfanne



Pfeife



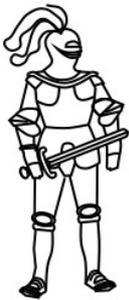
Pferd



Pullover



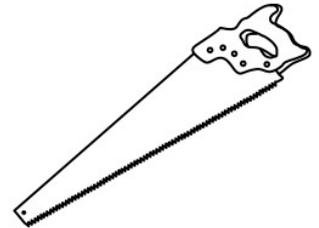
Raupe



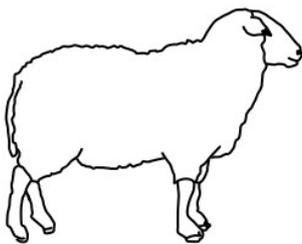
Ritter



Rutsche



Säge



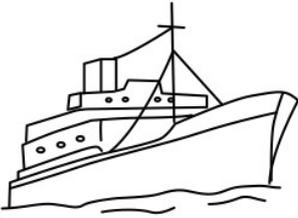
Schaf



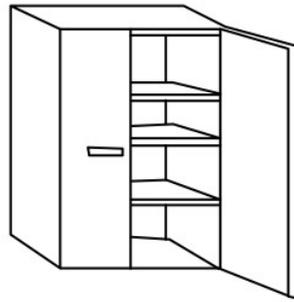
Schaufel



Schere



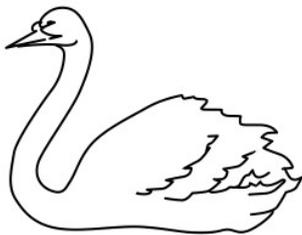
Schiff



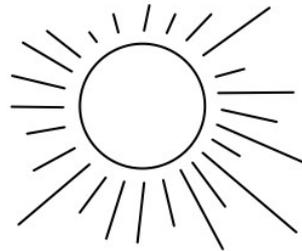
Schrank



Schuh



Schwan



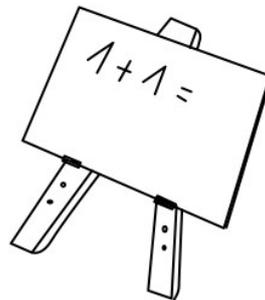
Sonne



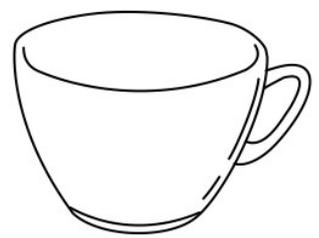
Spinne



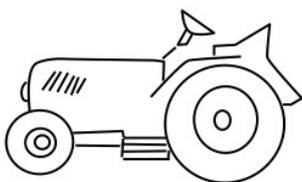
Stein



Tafel



Tasse



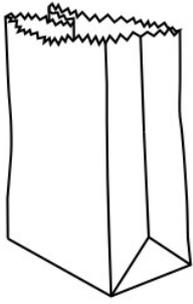
Traktor



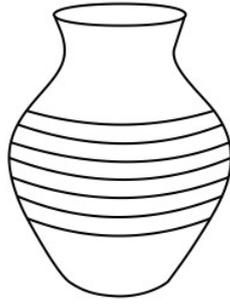
Trommel



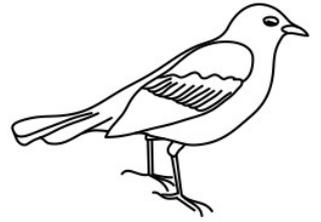
Truhe



Tüte



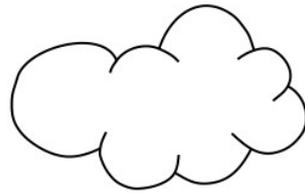
Vase



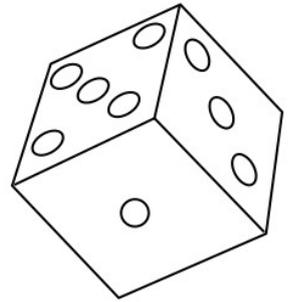
Vogel



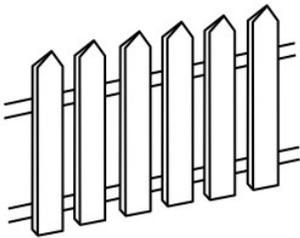
Weste



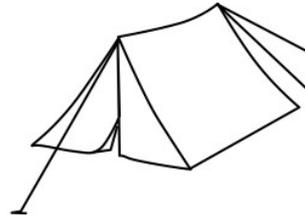
Wolke



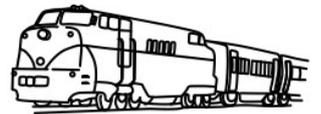
Würfel



Zaun



Zelt



Zug



Zwiebel

Anhang B

Zielitems mit den jeweiligen relatierten und unrelatierten Ablenkern

Assoziatives Itemset

Zielbild	relatiert	unrelatiert			
Affe	<i>Banane</i>	<i>Trichter</i>	Gewehr	<i>Jäger</i>	<i>Bäcker</i>
Baby	<i>Schnuller</i>	<i>Kreide</i>	Hose	<i>Gürtel</i>	<i>Wachs</i>
Biene	<i>Honig</i>	<i>Tabak</i>	Hund	<i>Knochen</i>	<i>Reiter</i>
Bogen	<i>Pfeil</i>	<i>Mehl</i>	Insel	<i>Meer</i>	<i>Bauer</i>
Brot	<i>Mehl</i>	<i>Netz</i>	Kerze	<i>Wachs</i>	<i>Hammer</i>
Flasche	<i>Trichter</i>	<i>Schaukel</i>	Kirche	<i>Glocke</i>	<i>Jäger</i>
Hase	<i>Möhre</i>	<i>Eskimo</i>	Kuchen	<i>Bäcker</i>	<i>Paddel</i>
Huhn	<i>Ei</i>	<i>Wüste</i>	Löffel	<i>Suppe</i>	<i>Palme</i>
Iglu	<i>Eskimo</i>	<i>Schnuller</i>	Nagel	<i>Hammer</i>	<i>Hexe</i>
Kamel	<i>Wüste</i>	<i>Honig</i>	Pferd	<i>Reiter</i>	<i>Mauer</i>
Kind	<i>Schaukel</i>	<i>Banane</i>	Schaf	<i>Wolle</i>	<i>Donner</i>
Knopf	<i>Hemd</i>	<i>Hafen</i>	Sonne	<i>Palme</i>	<i>Angel</i>
Kuh	<i>Milch</i>	<i>Strand</i>	Stein	<i>Mauer</i>	<i>Knochen</i>
Muschel	<i>Strand</i>	<i>Pfeil</i>	Traktor	<i>Bauer</i>	<i>Himmel</i>
Pfeife	<i>Tabak</i>	<i>Nest</i>	Wolke	<i>Himmel</i>	<i>Straße</i>
Säge	<i>Holz</i>	<i>Ei</i>			
Schiff	<i>Hafen</i>	<i>Milch</i>			
Spinne	<i>Netz</i>	<i>Hemd</i>			
Tafel	<i>Kreide</i>	<i>Möhre</i>			
Vogel	<i>Nest</i>	<i>Holz</i>			
Auto	<i>Straße</i>	<i>Meer</i>			
Besen	<i>Hexe</i>	<i>Wolle</i>			
Blitz	<i>Donner</i>	<i>Suppe</i>			
Boot	<i>Paddel</i>	<i>Gürtel</i>			
Fisch	<i>Angel</i>	<i>Glocke</i>			

Kategorielles Itemset

Zielbild	relatiert	unrelatiert			
Apfel	<i>Kirsche</i>	<i>Wippe</i>	Fuß	<i>Knie</i>	<i>Mantel</i>
Bank	<i>Stuhl</i>	<i>Mund</i>	Zaun	<i>Hecke</i>	<i>Beutel</i>
Bett	<i>Liege</i>	<i>Urne</i>	Koffer	<i>Tasche</i>	<i>Nase</i>
Eimer	<i>Schüssel</i>	<i>Fackel</i>	Kran	<i>Bagger</i>	<i>Pauke</i>
Floß	<i>Kanu</i>	<i>Kirsche</i>	Maus	<i>Ratte</i>	<i>Harke</i>
Frosch	<i>Kröte</i>	<i>Zange</i>	Pullover	<i>Jacke</i>	<i>Hecke</i>
Füller	<i>Pinsel</i>	<i>Kanu</i>	Ritter	<i>Soldat</i>	<i>Zeitung</i>
Katze	<i>Hamster</i>	<i>Pinsel</i>	Schaufel	<i>Harke</i>	<i>Wolf</i>
König	<i>Bischof</i>	<i>Wagen</i>	Schrank	<i>Regal</i>	<i>Pflaume</i>
Kürbis	<i>Melone</i>	<i>Hamster</i>	Trommel	<i>Pauke</i>	<i>Ratte</i>
Kutsche	<i>Wagen</i>	<i>Melone</i>	Tüte	<i>Beutel</i>	<i>Bagger</i>
Lampe	<i>Fackel</i>	<i>Schüssel</i>	Weste	<i>Mantel</i>	<i>Hand</i>
Ohr	<i>Mund</i>	<i>Stuhl</i>	Zwiebel	<i>Tomate</i>	<i>Soldat</i>
Raupe	<i>Wurm</i>	<i>Bus</i>			
Rutsche	<i>Wippe</i>	<i>Bischof</i>			
Schere	<i>Zange</i>	<i>Liege</i>			
Schwan	<i>Gans</i>	<i>Kiste</i>			
Truhe	<i>Kiste</i>	<i>Gans</i>			
Vase	<i>Urne</i>	<i>Kröte</i>			
Zug	<i>Bus</i>	<i>Wurm</i>			
Auge	<i>Nase</i>	<i>Jacke</i>			
Bein	<i>Hand</i>	<i>Tuba</i>			
Birne	<i>Pflaume</i>	<i>Regal</i>			
Buch	<i>Zeitung</i>	<i>Tomate</i>			
Finger	<i>Zeh</i>	<i>Tasche</i>			
Flöte	<i>Tuba</i>	<i>Zeh</i>			
Fuchs	<i>Wolf</i>	<i>Knie</i>			

Übungsitems

Zielbild	<i>unrelatiert 1</i>	<i>unrelatiert 2</i>
Brille	<i>Feder</i>	<i>Garten</i>
Glas	<i>Igel</i>	<i>Stock</i>
Hut	<i>Garten</i>	<i>Kissen</i>
Pfanne	<i>Stock</i>	<i>Sack</i>
Schuh	<i>Tiger</i>	<i>Feder</i>
Tasse	<i>Dusche</i>	<i>Igel</i>
Würfel	<i>Sack</i>	<i>Tiger</i>
Zelt	<i>Kissen</i>	<i>Dusche</i>

Anhang C

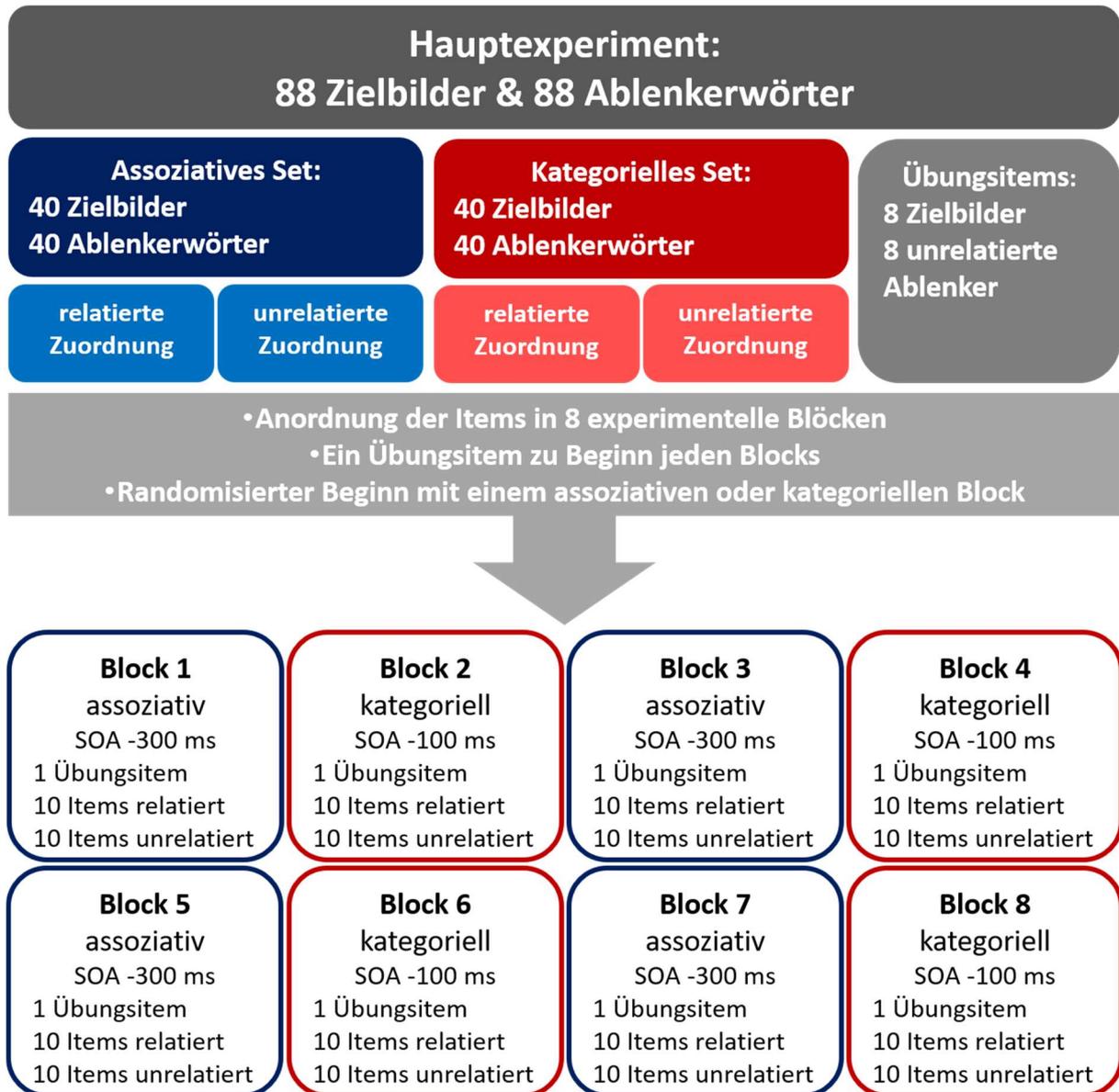


Abbildung A1. Struktur des Itemsets im Hauptexperiment mit beispielhaftem Beginn mit einem assoziativen Block.

Anhang D

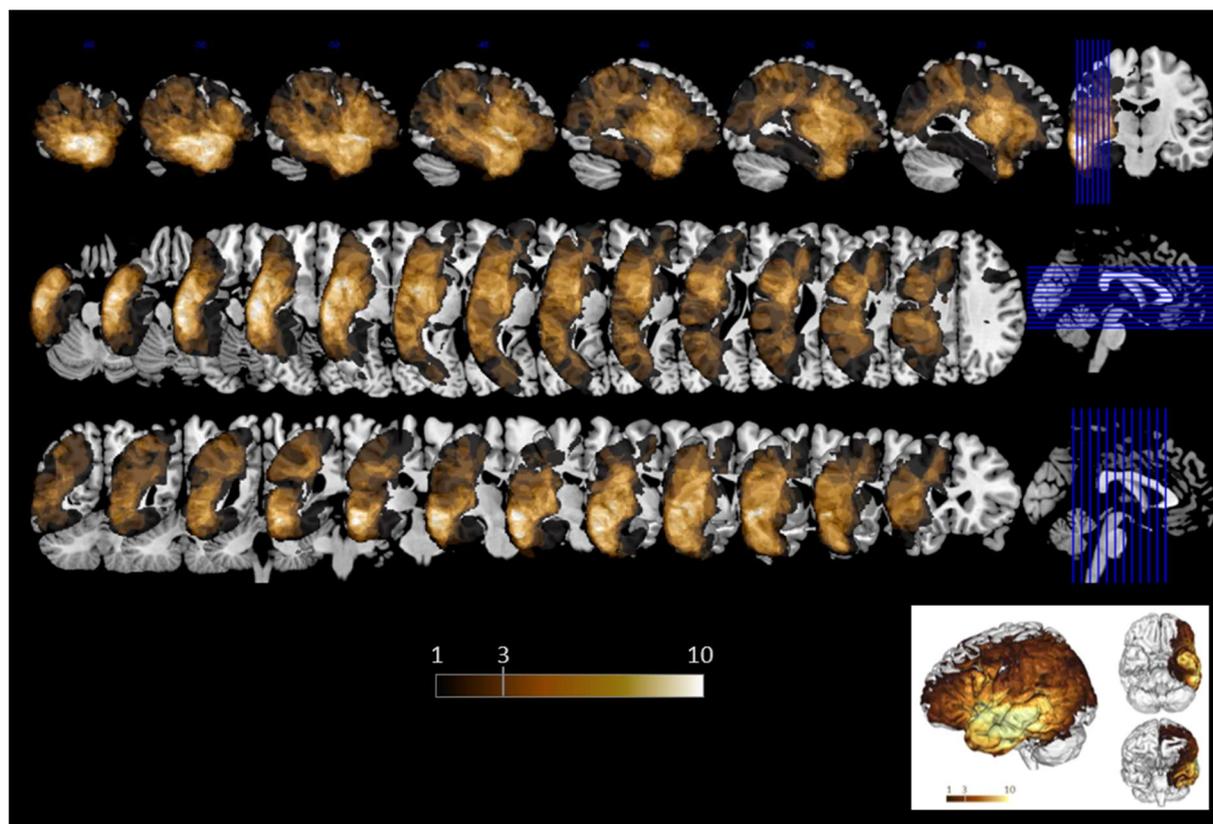


Abbildung A2. Tomographische Darstellung des Umfangs der läsierten Areale inklusive der maximalen Überlappung.

Anhang E

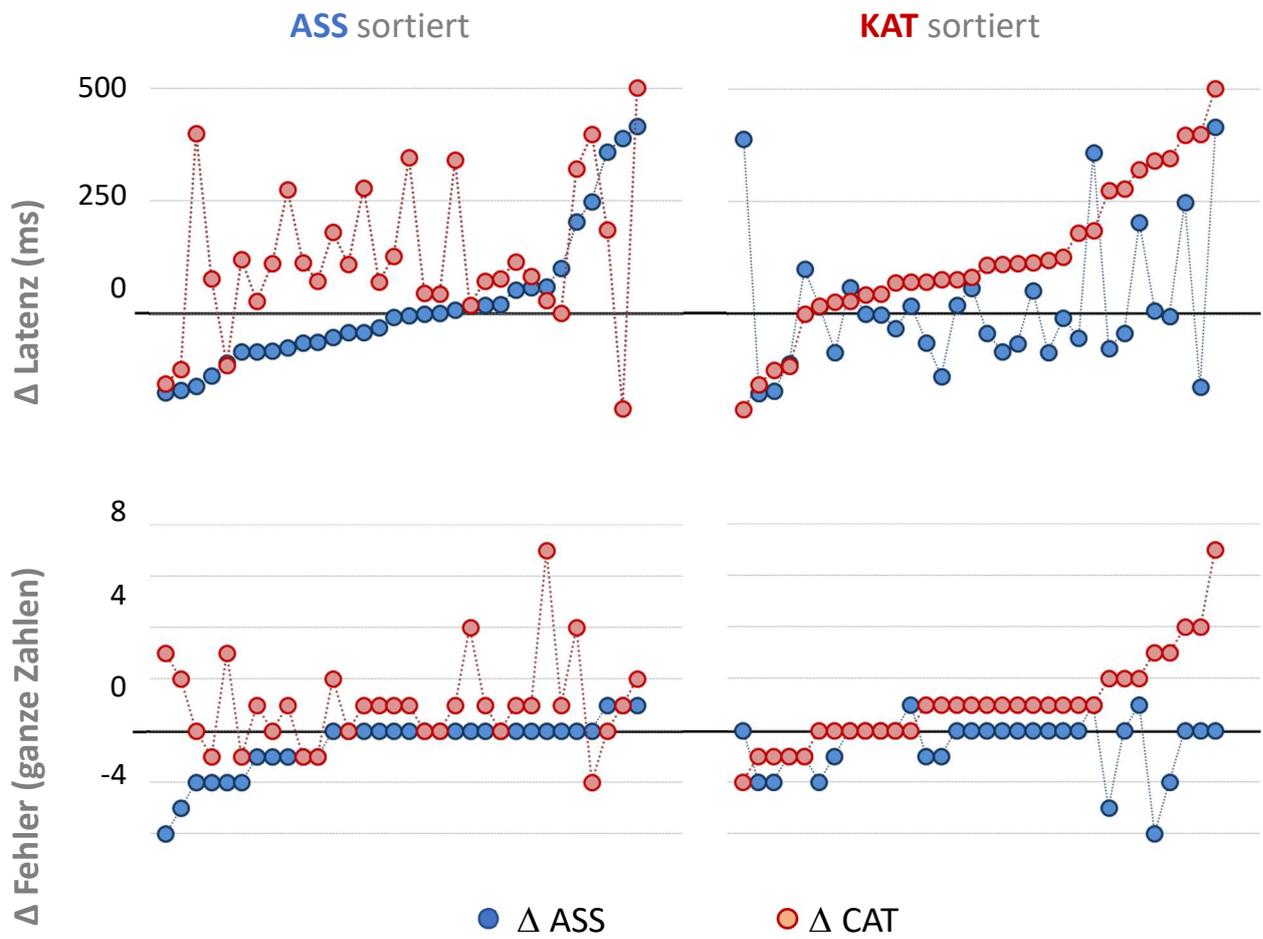


Abbildung A3. Varianz in der Differenz zwischen relativer und unrelativer Bedingung für Benennlatenz (in ms) und Fehlerzahl (in ganzen Zahlen) in der assoziativen (blau) und kategoriellen Bedingung (rot) über die gesamte Patientengruppe hinweg, jeweils in chronologischer Abfolge der getesteten Patienten und in sortierter Form.

Anhang F

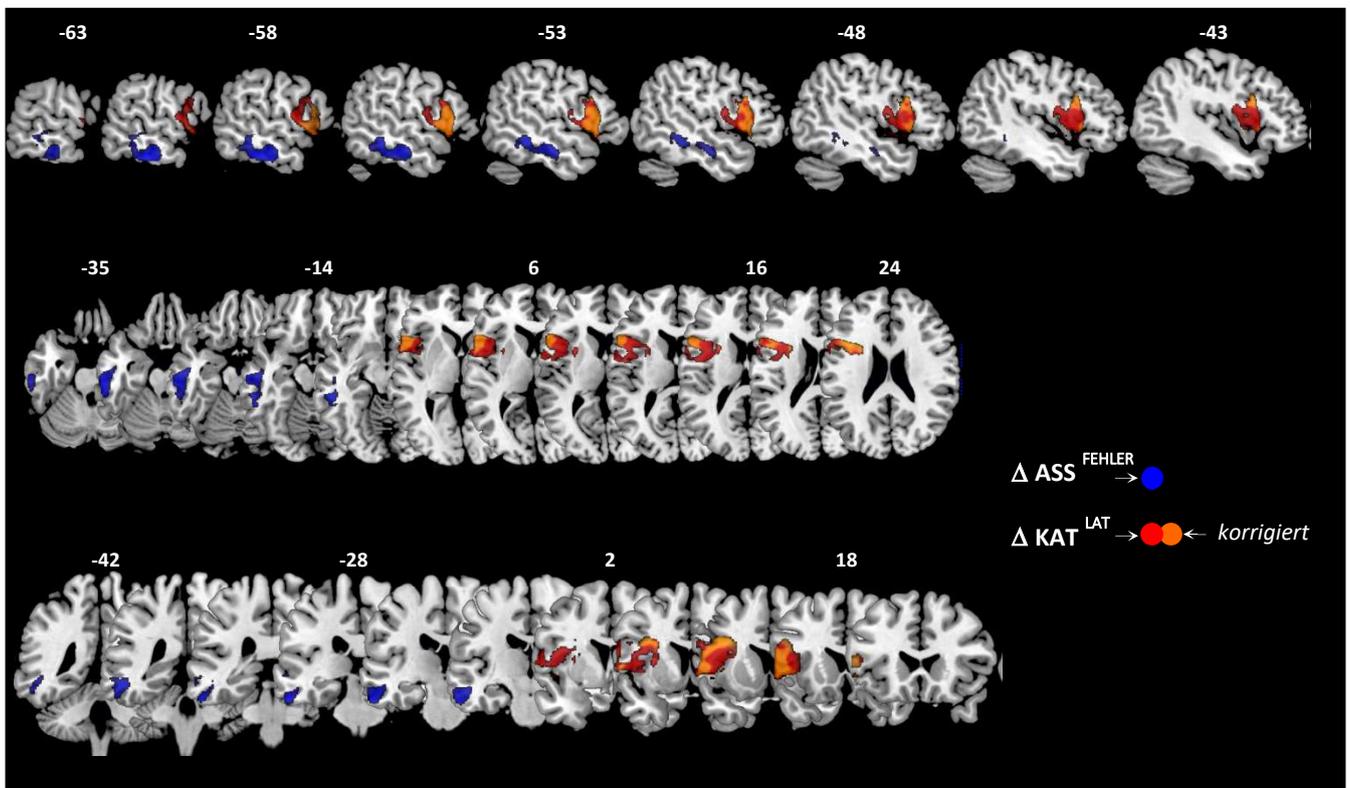
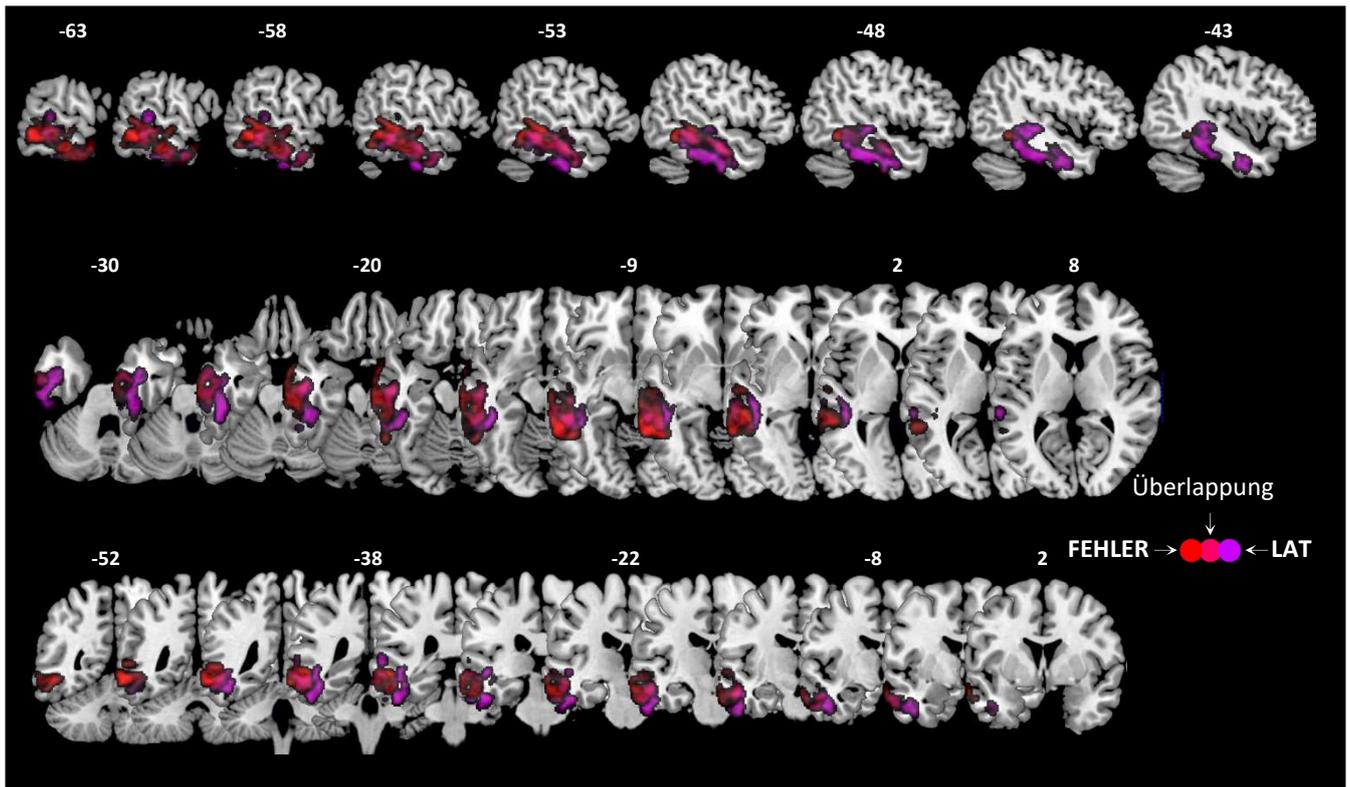


Abbildung A4. Tomographische Darstellung der dargestellten Cluster in Abbildung 15 des Fließtextes. LAT: Benennlatenz; $\Delta \text{ASS}^{\text{FEHLER}}$: Differenz der Fehlerzahl zwischen assoziativ relatierter und unrelatierter Bedingung; $\Delta \text{KAT}^{\text{LAT}}$: Differenz in der Benennlatenz zwischen kategoriell relatierter und unrelatierter Bedingung.

Erklärung über die eigenständige Abfassung der Arbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar eine Vergütung oder geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Die aktuellen gesetzlichen Vorgaben in Bezug auf die Zulassung der klinischen Studien, die Bestimmungen des Tierschutzgesetzes, die Bestimmungen des Gentechnikgesetzes und die allgemeinen Datenschutzbestimmungen wurden eingehalten. Ich versichere, dass ich die Regelungen der Satzung der Universität Leipzig zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis kenne und eingehalten habe.

16.02.2021

.....

Datum

D. Pino

.....

Unterschrift

Publikationen

- Pino, D.,** Mädebach, A., Jescheniak, J. D., Regenbrecht, F. & Obrig, H. (2021). BONEs not CATs attract DOGs: Semantic context effects for picture naming in the lesioned language network. In: *NeuroImage* (246)
- Lorenz, A., Döring, A. L., van Scherpenberg, C., **Pino, D.,** Rahman, R. A., & Obrig, H. (2021). *On the Relation of Semantic Context Effects in Picture Naming and Semantic Categorization: Evidence from Aphasia* (No. 6649). EasyChair.
- Lorenz, A., **Pino, D.,** Jescheniak, J. D., & Obrig, H. (2021). On the lexical representation of compound nouns: Evidence from a picture-naming task with compound targets and gender-marked determiner primes in aphasia. *Cortex*.
- Martins, M. J., Krause, C., Neville, D. A., **Pino, D.,** Villringer, A., & Obrig, H. (2019). Recursive hierarchical embedding in vision is impaired by posterior middle temporal gyrus lesions. *Brain*, 142(10), 3217-3229.
- Regenbrecht, F., **Pino, D.,** Hartwig, S., Marschhauser, A., Pfüller, G., & Schroeter, M. L. (2021). Semantische Demenz: Sprache und Kommunikation in einem Fallbeispiel. *Sprache· Stimme· Gehör*, 45(04), 179-184.
- Staiger, A., Schroeter, M. L., Müller-Sarnowski, F., **Pino, D.,** Regenbrecht, F., Rieger, T., ... & Diehl-Schmid, J. (2021). *Subtype Classification in Primary Progressive Aphasia Using Operationalized Criteria* (No. 6525). EasyChair.

Vorträge & Präsentationen

Leipzig Research Festival for Life Sciences, 2020

Medizinische Fakultät & Fakultät für Lebenswissenschaften, Universität Leipzig

Posterpräsentation und Preisträgerin Fachbereich Psychologie & Kognition

„Semantic context effects for picture naming in the lesioned language network“

19. Jahrestagung der Gesellschaft für Aphasieforschung und -behandlung e.V., 2019

Leipzig Deutschland

Posterpräsentation

„Semantische Kontexteffekte im Bildbenennen nach Läsionen des Sprachnetzwerks“

17. Jahrestagung der Gesellschaft für Aphasieforschung und -behandlung e.V., 2017

Berlin, Deutschland

Vortrag und Preisträgerin des Forschungsförderpreis in der Kategorie Masterarbeit

„Bild-Wort-Interferenz Effekte und deren Einfluss auf die Benennleistung von Menschen mit erworbener Hirnläsion“

16. Jahrestagung der Gesellschaft für Aphasieforschung und -behandlung e.V., 2016

Osnabrück, Deutschland

Vortrag

„Bild-Wort-Interferenz Effekte und deren Einfluss auf die Benennleistung von Menschen mit erworbener Hirnläsion“

14. Jahrestagung der Gesellschaft für Aphasieforschung und -behandlung e.V., 2014

Freiburg, Deutschland

Posterpräsentation

„Einfluss von Benennkontext und Präsentationsrate auf die Benennleistung von zwei Menschen mit Aphasie“

Danksagung

An aller erster Stelle möchte ich mich bei allen Patientinnen und Patienten bedanken, die an dieser Untersuchung hoch motiviert und anstrengungsbereit teilgenommen haben. Ohne sie wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Mein Dank gilt ihnen auch insbesondere dafür, dass sie mich stets dazu motivieren, Energie, Freude und Zeit in die Aphasieforschung und -behandlung zu investieren.

Danken möchte ich Prof. Hellmuth Obrig für die Erstbetreuung dieser Arbeit, wodurch mir meine Doktorandenzeit in wunderschöner Erinnerung bleiben wird. Danke für deine Unterstützung, dein Lob, deine immer konstruktive Kritik und deine wunderbar pragmatische Sicht sowie deine inspirierenden Perspektiven. Ebenso gilt mein Dank Frank Regenbrecht für seine jahrlange umfangreiche Unterstützung als Kollege und Mentor. Danke dafür, dass du mir einen wunderbaren Einstieg in die Wissenschaft und die sprachtherapeutische Arbeit ermöglicht hast und dass du mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stehst. Durch deinen gleichberechtigten und freundschaftlich-kollegialen Umgang, ohne hierarchische Schranken, konnte ich mich zu der Therapeutin und Wissenschaftlerin entwickeln, die ich jetzt bin. Danke Hellmuth und Frank, dass ihr immer an mich glaubt.

Weiterhin möchte ich mich bei Prof. Jörg Jescheniak als Zweitbetreuer und Andreas Mädebach für die geleistete Vorarbeit, die große methodische Unterstützung, eure Anregungen und die stets bereichernde Zusammenarbeit bedanken.

Mein Dank gilt außerdem der Tagesklinik für kognitive Neurologie und der Abteilung Neurologie des Max-Planck-Instituts für Kognitions- und Neurowissenschaften unter der Leitung von Prof. Arno Villringer für die finanzielle, fachliche und kollegiale Unterstützung, die Ausstattung, das Labor und die Räumlichkeiten. Im Besonderen möchte ich mich bei Maria Paerisch und Anne-Kathrin Franz für all eure organisatorische Hilfe bedanken. Ebenso bedanke ich mich bei Cornelia van Scherpenberg und Carina Krause für den freundschaftlichen und fachlichen Austausch.

Danken möchte ich außerdem meinen Eltern Irmtraud und Ralph und ebenso Harald, dafür, dass ihr mich zu jeder Zeit und auf unterschiedlichste Art und Weise dabei unterstützt habt, meinen persönlichen Weg zu finden und diesen zu beschreiten. Danke Mama auch für dein fleißiges Korrekturlesen. Außerdem möchte ich mich bei Kirsten und Florus für ihre Unterstützung, das deutsche und englische Korrekturlesen, all die gegebene Motivation sowie die schönen Stunden abseits dieser Arbeit bedanken. Dank gilt auch Tabea, Sarah, Laura,

Andrea und Laura für eure Unterstützung im Alltag und all die gemeinsame Zeit zum Krafttanken und Entspannen. Bedanken möchte ich mich außerdem bei Isabelle, Katrin, Cristina und Stefanie, die nie müde wurden, mich zu meinem akademischen Weg zu ermutigen.