

Aus der Klinik für Neurologie
der Universität zu Lübeck
Direktor: Prof. Dr. Thomas Münte

**Kann die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch Training
verbessert werden? Untersuchungen zur Rolle von unüberwachtem
perzeptuellem Lernen und schlafabhängiger Konsolidierung**

Inauguraldissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck
- Aus der Sektion Medizin -

vorgelegt von
Katja Broer
aus Malchin

Lübeck 2019

1. Berichterstatterin: Prof. Dr. rer. nat. Silke Anders

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Klaus Junghans

Tag der mündlichen Prüfung: 15.07.2020

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 15.07.2020

Promotionskommission der Sektion Medizin

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
1 Einleitung	6
1.1 Hintergrund	7
1.1.1 Welche Rolle spielen Lernprozesse in der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke?	7
1.1.2 Unüberwachtes perzeptuelles Lernen	8
1.1.3 Schlafabhängige Konsolidierung perzeptueller Gedächtnisspuren	11
1.2 Zielsetzung dieser Arbeit	12
1.2.1 Hypothesen	14
2 Studie I	16
2.1 Methoden Studie I	16
2.1.1 Teilnehmer	16
2.1.2 Experimentelle Gruppen	16
2.1.3 Stimulussets	17
2.1.4 Ablauf	17
2.1.5 Fragebögen	18
2.1.6 Auswertung	19
2.2 Ergebnisse Studie I	20
2.3 Diskussion Studie I	23
3 Studie II	27
3.1 Methoden Studie II	27
3.1.1 Vorbereitung der Videostimuli für Studie II	27
3.1.1.1 Aufnahme der Videostimuli	27
3.1.1.2 Evaluation der Videos durch unabhängige Beobachter	29
3.1.1.3 Ergebnisse der Videoevaluation	31
3.1.2 Durchführung Studie II	32
3.1.2.1 Teilnehmer	32
3.1.2.2 Experimentelle Gruppen	32
3.1.2.3 Stimulussets	33

3.1.2.4 Ablauf	34
3.1.2.5 Fragebögen	34
3.1.2.6 Auswertung	35
3.2 Ergebnisse Studie II	36
3.3 Diskussion Studie II	40
4 Zusammenfassende Diskussion	44
5 Zusammenfassung der Arbeit	53
6 Literaturverzeichnis	55
Anhang	61
Danksagung	69
Lebenslauf	70

Abkürzungsverzeichnis

df	<i>Degrees of freedom</i> , Freiheitsgrade
EEG	Elektroenzephalographie
fMRT	Funktionelle Magnetresonanztomographie
K.B.	Katja Broer
M	Mittelwert
ΔM	Mittelwertdifferenz
$\Delta\Delta M$	Differenz von Mittelwertdifferenzen
N	Stichprobenumfang
N.D.	Nadine Dewies, Medizinstudentin
n.s.	Nicht signifikant
PC	<i>Personal Computer</i>
REM sleep	<i>Rapid eye movement sleep</i>
SD	Standardabweichung
SFFT	<i>Serial finger tapping task</i> , serielle Fingertippaufgabe
SRTT	<i>Serial reaction time task</i> , serielle Reaktionszeitaufgabe
SWS	<i>Slow wave sleep</i> , Tiefschlaf
TDT	<i>Texture discrimination task</i> , Textur-Diskriminationsaufgabe

1 Einleitung

„Der Körper ist der Übersetzer der Seele ins Sichtbare“, sagte einst Christian Morgenstern. Die Beobachtung, dass unser Gemütszustand durch willkürliches und unwillkürliches Ausdrucksverhalten für unsere Mitmenschen sichtbar wird, könnte ihn zu diesem Ausspruch bewegt haben. Die Fähigkeit, Gefühle anderer anhand ihres Ausdrucksverhaltens erkennen zu können, ist von großer Bedeutung für erfolgreiche soziale Interaktion. In aktuellen Studien rückt die Frage danach, wie die Wahrnehmung der emotionalen Zustände anderer durch Erfahrung beeinflusst wird, zunehmend ins Zentrum der Aufmerksamkeit (z.B. Stewart und Singh, 1995; Elfenbein und Ambady, 2003; Elfenbein, 2006; Blanch-Hartigan, 2012; Hurley, 2012; Huelle et al., 2014).

Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind 2 Studien, die untersuchen, ob die Wahrnehmung von Emotionen in Gesichtsausdrücken durch experimentelle Exposition verbessert werden kann und welche Rolle Schlaf bei der Konsolidierung eines möglichen Lerneffektes spielt. Hierfür baten wir Teilnehmerinnen in 2 experimentellen Sitzungen eine Emotionserkennungsaufgabe am PC zu lösen. Während dieser Aufgabe sahen die Teilnehmerinnen Videoaufnahmen von emotionalen Gesichtsausdrücken und entschieden nach jedem Video, welche von 4 möglichen Emotionen sie gesehen hatten. Die Teilnehmerinnen erhielten zu keinem Zeitpunkt eine Rückmeldung über die Richtigkeit ihrer Antwort. Die erste experimentelle Sitzung (Training) diente dazu, zu untersuchen, ob sich die Emotionswahrnehmung der Teilnehmerinnen im Laufe des Trainings verbessert. Nach einer Retentionsphase von 2 Tagen wurde die Emotionserkennungsaufgabe in einer zweiten Sitzung (Test) erneut bearbeitet. Durch Vergleich der Ergebnisse beider Sitzungen konnte eingeschätzt werden, ob ein möglicher Lerneffekt nach einer Retentionsphase erhalten bleibt, ob er also konsolidiert. Um zu untersuchen, ob Schlaf einen Einfluss auf die Konsolidierung des Lerneffektes hat, wurden die Teilnehmerinnen in beiden Studien jeweils einer von 2 experimentellen Gruppen zugeordnet. Die eine Hälfte der Teilnehmerinnen setzte Zuhause ihren gewohnten Schlafrhythmus fort (Schlafgruppe), während die andere Hälfte der Teilnehmerinnen die auf das Training folgende Nacht durchwachte (Wachgruppe).

1.1 Hintergrund

1.1.1 Welche Rolle spielen Lernprozesse in der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke?

Charles Darwin (1809 – 1882) war einer der ersten Naturwissenschaftler, der das emotionale Ausdrucksverhalten des Menschen systematisch untersuchte. In seinem 1876 veröffentlichten Werk „*Der Ausdruck der Gemütsbewegungen beim Menschen und den Tieren*“ schrieb er, dass sich der mimische Ausdruck von Emotionen über verschiedene Kulturkreise hinweg gleichförmig zeigt. Dies führte ihn zu der Annahme, dass die Art und Weise, wie wir unsere Gefühle ausdrücken und auch erkennen, in unserem genetischen Erbe verankert ist (Universalitätshypothese).

In den 60er und 70er Jahren wurde Darwins Universalitätshypothese des mimischen Ausdrucks aufgegriffen und erweitert. Ausgehend von empirischen Beobachtungen wurde die These entwickelt, dass eine begrenzte Anzahl von Emotionen unabhängig vom Kulturkreis mit typischen physiologischen Veränderungen sowie einem charakteristischen Ausdruck assoziiert sind und kulturübergreifend erkannt werden (Tomkins und McCarter, 1964; Ekman und Friesen, 1971; Ekman, 1992; Izard, 2007). Nach Ekman (1992) können zu diesen sogenannten Basisemotionen Furcht, Ärger, Ekel, Freude, Trauer und Überraschung gezählt werden. Gleichzeitig konnten in Studien aber auch interkulturelle Unterschiede im emotionalen Ausdrucksverhalten gezeigt werden (z.B. Ekman et al., 1969; Ekman et al., 1972; Matsumoto, 1993; Marsh et al., 2003). Daraus wurde geschlossen, dass das emotionale Ausdrucksverhalten kulturspezifischen Darbietungsregeln (*display rules*) unterliegt, die bestimmen, in welchem Kontext eine bestimmte Emotion wie intensiv gezeigt werden darf. Diese Annahme wird durch Studien gestützt, die zeigen, dass ähnliches emotionales Ausdrucksverhalten in unterschiedlichen Kulturkreisen leicht unterschiedlich wahrgenommen wird (Matsumoto, 1989, 1992; Efenbein und Ambady, 2002, 2003; Efenbein, 2013). Efenbein und Ambady kamen in einer Meta-Analyse (2002) zu dem Schluss, dass Menschen emotionale Gesichtsausdrücke der eigenen kulturellen Gruppe signifikant besser erkennen können als emotionale Gesichtsausdrücke anderer kultureller Gruppen. Emotionales Ausdrucksverhalten und dessen Interpretation scheint also nicht vollständig genetisch determiniert zu sein, sondern durch kulturelle Prägung moduliert zu werden.

Wenig untersucht ist bisher, ob die Wahrnehmung und Interpretation kulturell gefärbten Ausdrucksverhaltens durch interkulturelle Exposition modifiziert werden kann. Einige Untersuchungen deuten drauf hin, dass dies möglich ist (Elfenbein und Ambady, 2002, 2003; Marsh et al., 2003; Elfenbein, 2006; Matsumoto und Hwang, 2011). So zeigten Elfenbein und Ambady (2003) beispielsweise, dass Versuchspersonen emotionale Gesichtsausdrücke einer anderen kulturellen Gruppe umso besser erkennen, je mehr Kontakt sie zu dieser Gruppe haben. Verglichen wurden 2 Gruppen von chinesischen Studenten, von denen die eine Gruppe in den USA studierte, die andere in China. Emotionale Gesichtsausdrücke von Chinesen wurden von beiden Gruppen gleich gut erkannt. Emotionale Gesichtsausdrücke von US-Amerikanern dagegen wurden von chinesischen Studenten, die in den USA studierten, besser erkannt als von chinesischen Studenten, die in China studierten. Dies lässt vermuten, dass sich die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke anderer Kulturen durch Exposition verbessern kann (Elfenbein und Ambady, 2003; Elfenbein, 2013). Die vorliegende Arbeit untersucht die Frage, ob die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke auch durch experimentelle Exposition verbessert werden kann, und welche Lernprozesse einer solchen Verbesserung zugrunde liegen könnten.

1.1.2 Unüberwachtes perzeptuelles Lernen

Lernen bezeichnet ganz allgemein den Erwerb von Kenntnissen und Fähigkeiten, die eine Veränderung des Verhaltens und damit eine Anpassung an die Umwelt ermöglichen. *Explizites Lernen* ist die aktive, bewusste Aufnahme von Informationen, welche später auch bewusst und aktiv abgerufen werden können. *Implizites Lernen* hingegen bezeichnet das unwillkürliche Lernen von Sachverhalten, Regeln oder Fähigkeiten (Hoffmann, 1993). Eine Form des impliziten Lernens ist das perzeptuelle Lernen, die Verbesserung perzeptueller Fähigkeiten durch Übung.

Umfassend untersucht wurde perzeptuelles Lernen mittels einfacher visueller Diskriminationsaufgaben. In diesen Aufgaben lernen Probanden, Unterschiede zwischen visuellen Stimuli, zum Beispiel geometrischen Mustern oder Formen, nach wiederholter Darbietung schneller oder präziser zu detektieren. In der von Karni und Sagi (1991) entwickelten visuellen Textur-Diskriminationsaufgabe (*texture discrimination task*, TDT),

die später in einer Reihe weiterer Studien zum perzeptuellen Lernen genutzt wurde, lernen TeilnehmerInnen beispielsweise anders ausgerichtete Linien in einem Set gleichgeordneter Linien zu detektieren. Dabei sehen die TeilnehmerInnen in jedem Durchgang wenige Millisekunden lang ein Feld aus gleichartig (z.B. horizontal) ausgerichteten kurzen Linien. Den Zielreiz stellen 3 neben- oder untereinanderliegender Linien, die anders ausgerichtet sind als die übrigen Linien (z.B. diagonal), dar. Nach einem variablen Zeitintervall von wenigen hundert Millisekunden wird eine Maske gezeigt, die Nachbilder auf der Netzhaut auslöschen soll. Das Zeitintervall zwischen Stimulus und Maske wird während des Experimentes schrittweise reduziert. Nach jedem Durchgang werden die TeilnehmerInnen gebeten, mittels Tastendruckes anzugeben, welche Ausrichtung der Zielreiz hatte. Obwohl die TeilnehmerInnen während der Durchführung der Aufgabe kein Feedback über die Richtigkeit ihrer Antwort erhielten, lernten sie im Laufe des Experimentes den Zielreiz schneller zu identifizieren (Karni und Sagi, 1991). Dieser Befund konnte in einer Reihe von Studien repliziert werden (Karni und Sagi, 1993; Gais et al., 2000; Stickgold et al., 2000, Mednick et al., 2002, 2003), auch mit anderen visuellen Stimuli als den von Karni und Sagi (1991, 1993) verwendeten Texturen (z.B. Lu et al., 2010). Diese Form des perzeptuellen Lernens wird als unüberwachtes perzeptuelles Lernen bezeichnet.

Die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke unterscheidet sich von den in der Sehforschung untersuchten einfachen visuellen Diskriminationsaufgaben vor allem dadurch, dass emotionale Gesichtsausdrücke eine Bedeutung haben. Dennoch deuten Studien daraufhin, dass sich die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke unter experimentellen Bedingungen nicht nur durch ein Training mit Feedback (z.B. Stewart und Singh, 1995; Elfenbein, 2006; Matsumoto und Hwang, 2011; Hurley, 2012), sondern auch durch ein Training ohne Feedback verbessern lässt. Mehrere experimentelle Studien, in denen Teilnehmer ein Training mit Feedback erhielten, berichten eine signifikante Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke auch in den Kontrollgruppen, die ein Training ohne Feedback erhielten (Blanch-Hartigan, 2012; Hurley, 2012). Gezielt untersucht wurde dieser Effekt in einer Studie unserer Arbeitsgruppe. In dieser Studie sahen die Teilnehmerinnen wiederholt Videoaufnahmen von emotionalen Gesichtsausdrücken und sollten jeweils entscheiden, welche von 4 möglichen Emotionen sie gesehen hatten. Obwohl die Teilnehmerinnen kein Feedback über die Richtigkeit ihrer Antwort erhielten, verbesserte sich ihre Wahrnehmung der emotionalen

Gesichtsausdrücke im Laufe des Experiments (Huelle et al., 2014). Auch in natürlich ablaufender Kommunikation erhalten Beobachter emotionaler Gesichtsausdrücke häufig keine Rückmeldung darüber, wie gut sie das Kommunikationssignal verstanden haben. Dennoch zeigten die Studien von Effenbein und Ambady (2002, 2003), dass die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke anderer Kulturen durch Exposition verbessert werden kann. Diese Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke könnte auf einer Form des unüberwachten perzeptuellen Lernens beruhen, die der in visuellen Diskriminationsaufgaben untersuchten Lernform ähnelt.

Die Verbesserung perzeptueller Fähigkeiten in der von Karni und Sagi (1991) entwickelten TDT schien zunächst spezifisch sowohl für die im Training genutzten Stimuli als auch für das jeweils trainierte Auge zu sein. Obwohl die Beobachtung, dass sich nach monokularem Training nur die Wahrnehmung des trainierten Auges, nicht aber die Wahrnehmung des untrainierten Auges verbesserte, von Schoups et al. (1996) nicht repliziert werden konnte, wurde lange davon ausgegangen, dass das perzeptuelle Lernen auf neuronaler Ebene durch Plastizität in einem frühen Teil der Sehbahn ermöglicht wird, in welchem die Reizverarbeitung noch monokular erfolgt, dem primären visuellen Kortex (Karni und Sagi, 1991). Erkenntnisse aus fMRT-Studien, in denen die neuronalen Grundlagen des perzeptuellen Lernens untersucht wurden, deuten allerdings darauf hin, dass eine Verbesserung visueller perzeptueller Fähigkeiten, wahrscheinlich aufgabenabhängig, auch mit Veränderungen in höheren visuellen und fronto-parietalen Arealen assoziiert sein kann (Zhang et al., 2010; Kahnt et al., 2011) und dass Veränderungen in höheren kortikalen Arealen mit weniger spezifischen Lerneffekten einhergehen (Nahum et al., 2009; Sasaki et al., 2010). Wie spezifisch die auf Exposition beruhende Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke ist und welche neuronalen Prozesse zu einer Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch Exposition führen, ist bisher unklar. In der vorliegenden Arbeit sollte daher untersucht werden, wie spezifisch die Lernprozesse sind, die der Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch Exposition zugrunde liegen.

1.1.3 Schlafabhängige Konsolidierung perzeptueller Gedächtnisspuren

Jeder Lernprozess beginnt mit der Akquisition, der Aufnahme neuer Informationen, bei der zunächst eine instabile „neuronal Spur“ entsteht, die während des anschließenden Konsolidierungsprozesses in eine stabilere, gegenüber interferierenden Einflüssen weniger anfällige Form umgewandelt wird (Müller und Pilzecker, 1900). Während der Hippocampus als wesentliche Struktur für die Aufnahme und Konsolidierung expliziter Lerninhalte identifiziert werden konnte (Buzsaki, 1996; Squire und Zola, 1996; Dudai, 2004), scheinen an der Konsolidierung impliziter Lerninhalte eine Reihe verschiedener subkortikaler und kortikaler Strukturen beteiligt zu sein.

Eine große Anzahl an Studien konnte zeigen, dass Schlaf die Konsolidierung sowohl expliziter als auch impliziter Lerninhalte positiv beeinflusst (Maquet, 2001; Walker und Stickgold, 2004; Born und Wilhelm, 2012). Bereits 1924 entdeckten Jenkins und Dallenbach, dass sich Versuchspersonen, die nach dem Lernen von Wortpaaren 8 Stunden geschlafen hatten, besser an das zuvor Gelernte erinnern konnten als Versuchspersonen, die nach dem Lernen gewacht hatten (Jenkins und Dallenbach, 1924). Der positive Einfluss von Schlaf konnte auch für die Konsolidierung perzeptueller Gedächtnisspuren, insbesondere für die oben beschriebene TDT nachgewiesen werden (Karni et al., 1994; Gais et al., 2000; Stickgold et al., 2000). TeilnehmerInnen, die nach einem TDT-Training ihren gewohnten Schlafrhythmus fortsetzten, zeigten eine maximale Leistungsverbesserung 24 bis 72 Stunden nach dem Training. TeilnehmerInnen jedoch, die mindestens 30 Stunden nach dem Training wach blieben, zeigten auch nach 2 Erholungs Nächten keine Verbesserung der visuellen Wahrnehmung (Stickgold et al., 2000). Schlaf in der Nacht nach dem Training scheint also eine Voraussetzung für eine nachhaltige Verbesserung in der TDT zu sein. Auch kürzere Tagschlafphasen nach dem Training scheinen einen positiven Einfluss auf die Konsolidierung des Lerneffektes in der TDT zu haben. TeilnehmerInnen, die morgens die TDT trainierten und nachmittags eine Stunde schliefen, zeigten am Abend desselben Tages eine Leistungsverbesserung, während TeilnehmerInnen, die nach dem Training nicht schliefen, am Abend keine Leistungsverbesserung zeigten (Mednick et al., 2002). Aber auch komplexer perzeptuelle Fähigkeiten wie das Erkennen von synthetischer Sprache zeigten eine positive Beeinflussung der Konsolidierung durch Schlaf (Fenn et al., 2003).

Darüber hinaus scheint Schlaf auch den Transfer von impliziten in explizite Lerninhalte zu begünstigen (Willingham und Goedert-Eschmann, 1999; Willingham, 2001; Wagner et al., 2004; Fischer et al., 2006). Untersuchungen zu seriellen Reaktionszeitaufgaben (*serial reaction time tasks*, SRTTs) zeigten, dass TeilnehmerInnen, die in der Nacht nach dem Training geschlafen hatten, implizit Gelerntes später besser explizit abrufen konnten als TeilnehmerInnen, die gewacht hatten (Fischer et al., 2006; Harrer, 2007).

Die vorliegende Arbeit geht der Frage nach, ob Schlaf auch einen positiven Einfluss auf die Konsolidierung perzeptueller Gedächtnisspuren bei der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke hat und darüber hinaus möglicherweise auch den Transfer von zugrunde liegendem implizitem Wissen in explizites Wissen begünstigt.

1.2 Zielsetzung dieser Arbeit

In der vorliegenden Arbeit sollten in Anlehnung an Studien zum visuellen Diskriminationslernen und in Fortsetzung früherer Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe (Huelle et al., 2014) die Lernprozesse untersucht werden, die der Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch experimentelle Exposition zugrunde liegen könnten. Ziel dieser Arbeit war es, (i) unseren früheren Befund, dass sich die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch experimentelle Exposition verbessert (Huelle et al., 2014) zu replizieren, (ii) zu untersuchen, ob ein möglicher Lerneffekt in einer Retentionsphase schlafabhängig konsolidiert und (iii) zu prüfen, ob es einen schlafabhängigen Transfer impliziter in explizite Lerninhalte gibt. Darüber hinaus sollte in Studie II untersucht werden, wie stimuluspezifisch ein möglicher Lerneffekt ist. Die Arbeit umfasst 2 Studien, die jeweils aus 2 experimentellen Sitzungen (Training und Test) und einer dazwischenliegenden zweitägigen Retentionsphase bestanden. In beiden Studien sahen die Teilnehmerinnen in Training und Test Videoaufnahmen von emotionalen Gesichtsausdrücken verschiedener Personen (Modelle) und sollten nach jedem Video entscheiden, welche von 4 möglichen Emotionen sie gesehen hatten. Die erste experimentelle Sitzung (Training) diente dazu, zu untersuchen, ob sich die Emotionswahrnehmung der Teilnehmerinnen durch wiederholte Exposition innerhalb der Trainingssitzung verbessert, auch wenn sie keine Rückmeldung über die Richtigkeit ihrer Antwort erhalten. Nach der Retentionsphase wurde die Emotionserkennungsaufgabe in

einer zweiten Sitzung (Test) erneut bearbeitet. Um zu untersuchen, ob Schlaf einen Einfluss auf die Konsolidierung eines möglichen Lerneffektes hat, wurden die Probanden in beiden Studien nach der ersten Sitzung jeweils einer von 2 experimentellen Gruppen zugeordnet. Die eine Hälfte der Probanden setzte Zuhause ihren gewohnten Schlafrythmus fort (Schlafgruppe), während die andere Hälfte der Probanden die auf das Training folgende Nacht durchwachte (Wachgruppe). Durch Vergleich der Ergebnisse beider Sitzungen in beiden Gruppen konnte eingeschätzt werden, ob ein möglicher Lerneffekt schlafabhängig konsolidiert.

Um zu untersuchen, ob Schlaf den Transfer impliziter in explizite Lerninhalte auch bei der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke begünstigt, baten wir die Teilnehmerinnen im Anschluss an die zweite Sitzung (Test) alle emotionsspezifischen Merkmale zu nennen, an denen sie glaubten, eine bestimmte Emotion erkannt zu haben.

In Studie I verwendeten wir ein begrenztes Set von Videostimuli (Videoaufnahmen von 4 verschiedenen emotionalen Gesichtsausdrücken von 5 verschiedenen Modellen (Huelle et al., 2014). Daher wurden in Studie I in Training und Test dieselben Videos gezeigt. In Studie I blieb daher, wie auch in unserer vorangegangenen Studie (Huelle et al., 2014) offen, ob ein eventuell zu beobachtender Lerneffekt spezifisch für die gezeigten Gesichtsausdrücke sein würde oder ob er auf während des Trainings nicht gezeigte Gesichtsausdrücke generalisieren würde. Um diese Frage untersuchen zu können, erstellten wir für Studie II ein umfangreicheres Videostimulusset (Videoaufnahmen von 4 verschiedenen emotionalen Gesichtsausdrücken von 24 verschiedenen Modellen) und zeigten den Teilnehmerinnen in Training und Test Videoaufnahmen unterschiedlicher Modelle.

Um geschlechtsabhängige Varianz zwischen den Probanden zu minimieren (Hoffmann et al., 2010), wurden ausschließlich weibliche Probanden untersucht. Das Forschungsvorhaben wurde von der Ethik-Kommission der Universität zu Lübeck positiv begutachtet.

1.2.1 Hypothesen

Hypothese 1: Die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke kann durch experimentelle Exposition verbessert werden.

Wir erwarteten, dass die Teilnehmerinnen die gezeigten emotionalen Gesichtsausdrücke im Verlauf des Trainings besser erkennen würden, d.h. dass die relative Anzahl korrekter Antworten (Trefferquote) in den letzten Blöcken des Trainings größer sein würde als in den ersten Blöcken des Trainings.

Hypothese 2: Schlaf begünstigt die Konsolidierung des Lerneffektes.

In Studie I konnte aufgrund des begrenzten Stimulussets eine mögliche schlafabhängige Konsolidierung des Lerneffektes nur für die bereits im Training verwendeten Videostimuli untersucht werden (*stimuluspezifischer Lerneffekt*). In Studie II konnten den Teilnehmerinnen aufgrund des umfangreicheren Stimulussets im Test sowohl neue Videoaufnahmen von Modellen gezeigt werden, die sie im Training bereits gesehen hatten („trainierte Modelle“, als auch Videoaufnahmen von Modellen, die sie im Training nicht gesehen hatten („untrainierte Modelle“). Eine mögliche schlafabhängige Konsolidierung des Lerneffektes konnte daher sowohl für neue Videoaufnahmen der trainierten Modelle (*stimulusunabhängiger modellspezifischer Lerneffekt*) als auch für untrainierte Modelle (*modellunabhängiger genereller Lerneffekt*) untersucht werden. Hypothese 2 gliedert sich daher in 3 Subhypothesen.

Hypothese 2a (Studie I): Schlaf begünstigt die Konsolidierung des stimuluspezifischen Lerneffektes

Wir erwarteten, dass Schlaf einen günstigen Einfluss auf die Konsolidierung eines stimuluspezifischen Lerneffektes haben würde, d.h. dass die Zunahme der Trefferquote von Beginn des Trainings zu Beginn des Tests in der Schlafgruppe größer sein würde als in der Wachgruppe.

Hypothese 2b (Studie II): Schlaf begünstigt die Konsolidierung eines stimulusunabhängigen modellspezifischen Lerneffektes.

Wir erwarteten, dass Schlaf einen günstigen Einfluss auf die Konsolidierung eines möglichen modellspezifischen Lerneffektes haben würde, d.h. dass die Zunahme der Trefferquote für trainierte Modelle von Beginn des Trainings zu Beginn des Tests in der Schlafgruppe größer sein würde als in der Wachgruppe.

Hypothese 2c (Studie II): Schlaf begünstigt die Konsolidierung eines modellunabhängigen generellen Lerneffektes.

Wir erwarteten, dass Schlaf einen günstigen Einfluss auf die Konsolidierung eines möglichen modellunabhängigen generellen Lerneffektes haben würde, d.h. dass die Zunahme der Trefferquoten für untrainierte Modelle zu Beginn des Tests relativ zu den Trefferquoten für trainierte Modellen zu Beginn des Trainings in der Schlafgruppe größer sein würde als in der Wachgruppe.

Hypothese 3: Schlaf begünstigt den Transfer von impliziten in explizite Lerninhalte.

Wir erwarteten, dass Schlaf den Transfer impliziter in explizite Lerninhalte begünstigen würde, d.h. dass Teilnehmerinnen der Schlafgruppe mehr emotionsspezifische Merkmale nennen würden als Teilnehmerinnen der Wachgruppe.

2 Studie I

2.1 Methoden Studie I

2.1.1 Teilnehmer

Für Studie I wurden 46 Frauen (Alter 20 bis 28 Jahre; Durchschnittsalter 23,5 Jahre) über Aushänge und E-Mail-Verteiler an der Universität zu Lübeck sowie der Fachhochschule Lübeck rekrutiert. Die Muttersprache aller Teilnehmerinnen war Deutsch. Alle Teilnehmerinnen gaben an, weder an Schlafstörungen noch an neurologischen oder psychiatrischen Erkrankungen zu leiden. Vor der Teilnahme an der Studie unterzeichnete jede Teilnehmerin eine Einwilligungserklärung.

2.1.2 Experimentelle Gruppen

Um zu untersuchen, ob Schlaf einen Einfluss auf die Konsolidierung eines möglichen Lerneffektes hat, bildeten wir 2 experimentelle Gruppen. Dazu wurden Paare von jeweils 2 Teilnehmerinnen gleichen Alters gebildet. Nach der ersten experimentellen Sitzung (Training) wurde per Los jeweils eine der beiden Teilnehmerinnen eines Paares der Schlafgruppe zugeordnet, die andere der Wachgruppe. Die Teilnehmerinnen der Schlafgruppe wurden gebeten, Zuhause ihren gewohnten Schlafrhythmus fortzusetzen. Die Teilnehmerinnen der Wachgruppe blieben nach dem Training bis zum nächsten Morgen im Labor. In Gruppen von jeweils 4 Probandinnen durchwachten sie im Beisein der Versuchsleiterin die Nacht. Die Nacht verbrachten die Teilnehmerinnen mit Brettspielen, Musikhören sowie einfachen Bastel- oder Handarbeiten. Lesen, Lernen oder Filme anschauen war den Probandinnen nicht erlaubt. Außerdem durften sie weder Alkohol noch Kaffee zu sich nehmen. Die Schlafgruppe umfasst auf Grund von 2 Krankheitsfällen 22 Teilnehmerinnen (Alter 20 bis 28 Jahre; Durchschnittsalter 23,4 Jahre). Die Daten von 20 dieser Teilnehmerinnen sind als Daten der Probandinnen mit kurzem Retentionsintervall in die Studie von Huelle et al. (2014) eingeflossen. Die Wachgruppe umfasste 24 Teilnehmerinnen (Alter 20 bis 28 Jahre; Durchschnittsalter 23,6 Jahre). Diese Daten sind zum Zeitpunkt der Einreichung der vorliegenden Arbeit in keine weitere Publikation eingeflossen.

2.1.3 Stimulussets

In Studie I verwendeten wir das gleiche Stimulusset wie in der Studie von Huelle und Kollegen (2014). Als Stimuli dienten Videos, die im Rahmen einer fMRT-Studie (Anders et al., 2011) aufgezeichnet worden waren. In dieser Studie wurden Teilnehmerinnen (Modelle) gebeten, sich in eine emotionale Situation zu versetzen und ihre Emotion ihrem Beziehungspartner, von dem die Teilnehmerinnen glaubten, dass dieser sie über eine Videokamera beobachtete, mimisch zu zeigen.

Für das Stimulusset von Studie I wurden jeweils 4 Videos von 5 Modellen genutzt, in denen diese sich in Ärger, Ekel, Furcht und Trauer versetzten (1 Video pro Emotion und Modell). Um die Untersuchung möglicher Effekte der Stimuluslänge auf die Wahrnehmung der Emotionen zu erlauben, wurden die Videos in 5 verschiedenen Längen (2s, 4s, 6s, 8s, 10s) präsentiert. Diese Untersuchung ist nicht Gegenstand dieser Dissertation und wurde an anderer Stelle publiziert (Huelle et al., 2014).

Die 100 Videostimuli wurden auf 5 Stimulussets aufgeteilt (**Tabelle 1**, siehe Anhang I). Jedes Stimulusset umfasste 20 Videos und zeigte alle 4 Emotionen (Ärger, Ekel, Furcht, Trauer) jedes Modells genau einmal (4 Emotionen x 5 Modelle = 20 Videos). Innerhalb eines Stimulussets wurde jede Emotion genau einmal in jeder Videolänge gezeigt, wobei jede Videolänge von einem anderen Modell gezeigt wurde. Die Erstellung der Stimulussets wird detailliert in der Studie von Huelle et al. (2014) beschrieben. In dieser Studie betrug die mittlere Trefferquote über alle Videos 52%. Dies zeigt, dass die Emotionen in den Videos überzufällig häufig (Zufallsniveau 25%) erkannt wurden. Weiterhin zeigte die Auswertung der Trefferquoten, dass die Videos im Hinblick auf die Erkennungsschwierigkeit der gezeigten Emotion gleichmäßig auf die Stimulussets verteilt waren (Huelle et al., 2014).

2.1.4 Ablauf

Training und Test wurden jeweils zwischen 17.00 Uhr und 20.00 Uhr durchgeführt. Die Retentionsphase zwischen beiden Sitzungen betrug 2 Tage.

Training und Test unterteilten sich jeweils in 5 Blöcke mit einer Dauer von jeweils ca. 5 Minuten, wobei in jedem Block ein Stimulusset mit 20 Videos gezeigt wurde. Die Stimulussets in Training und Test waren identisch, wurden aber in unterschiedlichen

Reihenfolgen präsentiert (**Tabelle 2**, siehe Anhang I). Zwischen 2 Blöcken lag jeweils eine Pause von ca. 3 Minuten, sodass Training und Test jeweils ca. 40 Minuten in Anspruch nahmen. Die Videos wurden den Teilnehmerinnen auf einem Bildschirm mit einer Diagonale von 390 mm gezeigt, welcher sich in einem Abstand von ca. 0,5 m von den Teilnehmerinnen entfernt befand.

Die Probandinnen wurden gebeten, nach jedem Video durch Tastendruck so schnell wie möglich zu entscheiden, welche der 4 Emotionen *Ärger*, *Ekel*, *Furcht* oder *Trauer* im zuvor gesehenen Video gezeigt wurde. Hierzu waren auf der Tastatur die Buchstaben D, G, J und L mit Aufklebern versehen worden, auf denen die Emotionsbegriffe zu lesen waren. Zusätzlich erschienen die 4 Emotionsbegriffe nach jedem Video in der gleichen Reihenfolge wie auf der Tastatur nebeneinander angeordnet auf dem Bildschirm. Für die Reihenfolge der Emotionsbegriffe nutzten wir 5 Varianten, wobei jede Variante in Schlaf- und Wachgruppe annähernd gleich häufig gezeigt wurde (**Tabelle 2**). Die Reihenfolge der Emotionsbegriffe im Test unterschied sich stets von der Reihenfolge der Emotionsbegriffe im Training. Zwischen Eingabe der Antworten und Beginn des nächsten Videos sahen die Teilnehmerinnen 3 Sekunden lang einen schwarzen Bildschirm. Weder in dieser Zeit noch zu einem anderen Zeitpunkt des Versuchs erhielten die Teilnehmerinnen eine Rückmeldung (Feedback) über die Richtigkeit ihrer Antwort. Im Anschluss an das Training wurden die Teilnehmerinnen einer der beiden experimentellen Gruppen zugeordnet und verbrachten die Nacht wie unter 2.1.2 beschrieben.

Bevor die Teilnehmerinnen der Wachgruppe morgens ihren normalen Alltagsgeschäften nachgingen, wurde ihnen ein Armband zur Bewegungsmessung angelegt (Actiwatches, Typ AW7, Hersteller: med-NATIC, München). Die Teilnehmerinnen wurden gebeten, dieses bis 19.00 Uhr desselben Tages zu tragen. Durch visuelle Inspektion der aufgezeichneten Daten konnte sichergestellt werden, dass die Probandinnen auch am Tag nach der durchwachten Nacht nicht schliefen. Teilnehmerinnen beider Gruppen wurden gebeten, in der zweiten Nacht nach dem Training ihren Schlafrhythmus Zuhause wie gewohnt fortzusetzen.

2.1.5 Fragebögen

Um zu testen, ob Schlaf den Transfer impliziter Lerninhalte in explizite Lerninhalte auch bei der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke begünstigt, baten wir die

Teilnehmerinnen, nach der zweiten Sitzung auf einem von uns erstellten Fragebogen zur expliziten Emotionserkennung (siehe Anhang III) für jede der 4 Emotionen alle emotionsspezifischen Merkmale zu nennen, an denen sie glaubten eine Emotion jeweils erkannt zu haben.

2.1.6 Auswertung

Als abhängige Variable wurde die Trefferquote (Anzahl korrekter Antworten/Anzahl aller Antworten) für jeden der 5 Blöcke in Training und Test bzw. die Anzahl der pro Emotion genannten Merkmale für jede Teilnehmerin ermittelt. Für alle statistischen Tests (Lerneffekte in der Schlaf- und Wachgruppe, Gruppenunterschiede und Korrelationen) wurden Student's t-Statistiken für einseitige Hypothesen (gepaarte t-Test für Lerneffekte innerhalb der Gruppen, ungepaarte t-Test für Gruppenunterschiede) verwendet, sofern nicht anders angegeben.

2.2 Ergebnisse Studie I

Hypothese 1: Lerneffekt während des Trainings

Wie erwartet erkannten Teilnehmerinnen beider Gruppen die emotionalen Gesichtsausdrücke in den letzten Blöcken des Trainings (Block 4+5) signifikant besser als in den ersten Blöcken des Trainings (Block 1+2) (Schlafgruppe, Block 4+5 minus Block 1+2 $\Delta M = 3,5\%$, Cohen's $d = 0,38$; $T[df = 21] = 1,8$; $p = 0,04$; Wachgruppe, Block 4+5 minus Block 1+2 $\Delta M = 6,6\%$; Cohen's $d = 0,71$; $T[df = 23] = 3,5$; $p < 0,01$; **Abbildung 1**). Teilnehmerinnen beider Gruppen zeigten also einen signifikanten Lerneffekt, der zwar in der Schlafgruppe schwächer war als in der Wachgruppe, sich aber wie erwartet statistisch nicht signifikant zwischen Schlaf- und Wachgruppe unterschied (Schlafgruppe [Block 4+5 minus Block 1+2] minus Wachgruppe [Block 4+5 minus Block 1+2] $\Delta\Delta M = -3,1\%$; Cohen's $d = -0,34$; $T[df = 44] = -1,2$; $p = 0,24$; zweiseitig).

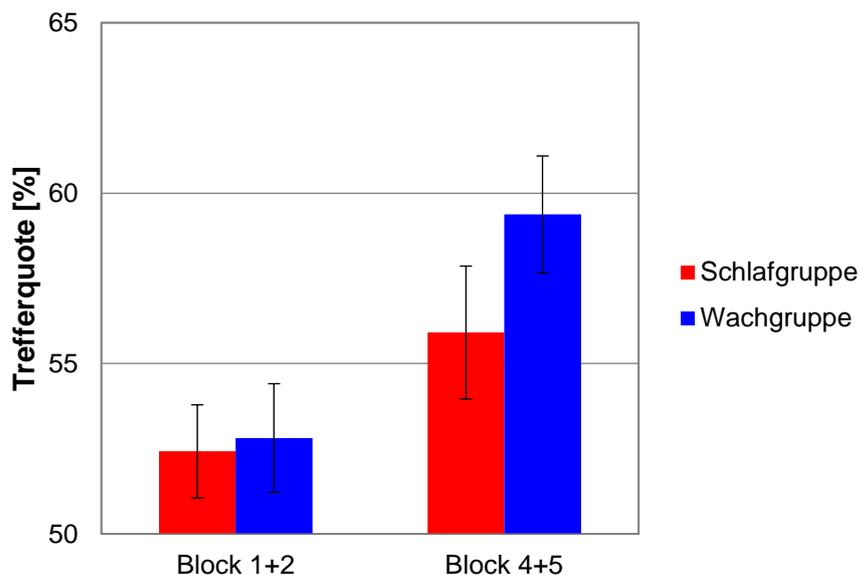


Abbildung 1. Studie I: Lerneffekt während des Trainings.

Dargestellt sind die mittleren Trefferquoten der Schlafgruppe (Teilnehmerinnen haben in der Nacht nach dem Training geschlafen) sowie der Wachgruppe (Teilnehmerinnen haben in der Nacht nach dem Training gewacht) in der ersten Sitzung (Training), in welcher 5 Blöcke à 20 Videos gezeigt wurden. Die Trefferquoten des ersten und zweiten Blockes (insgesamt 40 Videos) sowie des vierten und fünften Blockes (insgesamt 40 Videos) wurden gemittelt. Beide Gruppen zeigten eine signifikante Verbesserung während des Trainings (Schlafgruppe, Block 4+5 minus Block 1+2, $\Delta M = 3,5\%$; Cohen's $d = 0,38$; $T[df = 21] = 1,8$; $p = 0,04$; Wachgruppe, Block 4+5 minus Block 1+2, $\Delta M = 6,6\%$; Cohen's $d = 0,71$; $T[df = 23] = 3,5$; $p < 0,01$). Dieser Lerneffekt war in der Schlafgruppe geringfügig und statistisch nicht signifikant schwächer als in der Wachgruppe (Schlafgruppe [Block 4+5 minus Block 1+2] minus Wachgruppe [Block 4+5 minus Block 1+2] $\Delta\Delta M = -3,1\%$; Cohen's $d = -$

0,34; $T[df = 44] = -1,2$; $p = 0,24$; zweiseitig). Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler des Gruppenmittelwertes.

Hypothese 2a: Schlafabhängige Konsolidierung des stimuluspezifischen Lerneffektes

Wie erwartet erkannten Teilnehmerinnen der Schlafgruppe die emotionalen Gesichtsausdrücke zu Beginn des Tests signifikant besser als zu Beginn des Trainings (Schlafgruppe, Test Block 1+2 minus Training Block 1+2 $\Delta M = 3,7\%$; Cohen's $d = 0,47$; $T[df = 21] = 2,2$; $p = 0,02$). Das zeigt, dass der Lerneffekt in der Schlafgruppe konsolidierte. Teilnehmerinnen der Wachgruppe hingegen erkannten die emotionalen Gesichtsausdrücke zu Beginn des Tests nicht signifikant besser als zu Beginn des Trainings (Wachgruppe, Test Block 1+2 minus Training Block 1+2 $\Delta M = 1,9\%$; Cohen's $d = 0,18$; $T[df = 23] = 0,9$; $p = 0,20$). Das zeigt, dass der Lerneffekt in der Wachgruppe nicht konsolidierte. Der direkte Vergleich von Schlaf- und Wachgruppe zeigt allerdings, dass der Gruppenunterschied schwach und entgegen unserer Hypothese statistisch nicht signifikant war (Schlafgruppe [Test Block 1+2 minus Training Block 1+2] minus Wachgruppe [Test Block 1+2 minus Training Block 1+2] $\Delta\Delta M = 1,8\%$; Cohen's $d = 0,20$; $T[df = 44] = 0,7$; $p = 0,25$; **Abbildung 2**).

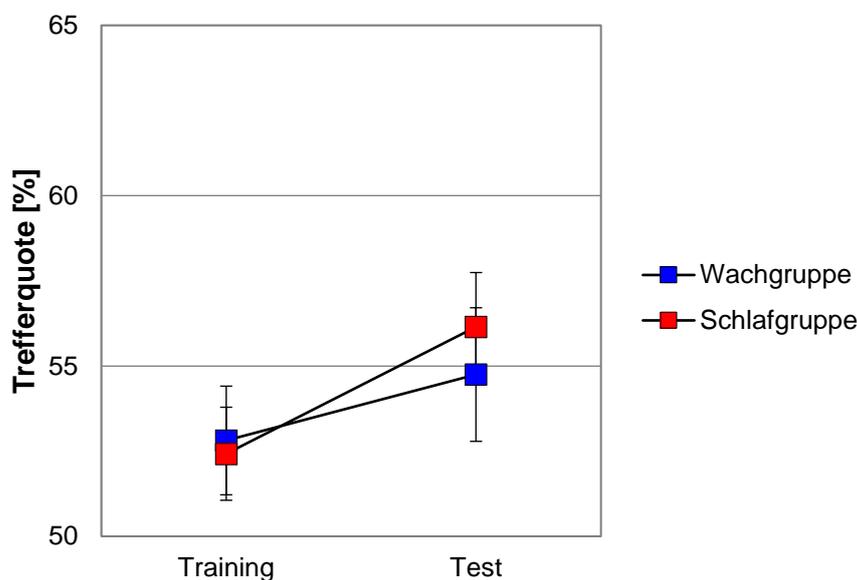


Abbildung 2. Studie I: Konsolidierung des stimuluspezifischen Lerneffektes.

Dargestellt ist die mittlere Trefferquote der Schlafgruppe (Teilnehmerinnen haben in der Nacht nach dem Training geschlafen) sowie der Wachgruppe (Teilnehmerinnen haben in der Nacht nach dem Training gewacht) im ersten und zweiten Block des Trainings (40 Videos) und im ersten und zweiten Block des Tests (40 Videos). Der Test erfolgte 2 Tage nach dem Training. Die Schlafgruppe zeigte im Gegensatz zur Wachgruppe eine signifikante Konsolidierung des Lerneffektes (Schlafgruppe, Test

Block 1+2 minus Training Block 1+2 $\Delta M = 3,7\%$; Cohen's $d = 0,47$; $T[df = 21] = 2,2$; $p = 0,02$; Wachgruppe Test Block 1+2 minus Training Block 1+2 $\Delta M = 1,9\%$; Cohen's $d = 0,18$; $T[df = 23] = 0,9$; $p = 0,20$). Dieser Gruppenunterschied war allerdings im direkten Vergleich statistisch nicht signifikant (Schlafgruppe [Test Block 1+2 minus Training Block 1+2] minus Wachgruppe [Test Block 1+2 minus Training Block 1+2] $\Delta\Delta M = 1,8\%$; Cohen's $d = 0,20$; $T[df = 44] = 0,7$; $p = 0,25$). Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler des Gruppenmittelwertes.

Hypothese 3: Schlafabhängiger Transfer von impliziten in explizite Lerninhalte

Teilnehmerinnen, die nach dem Training geschlafen hatten, konnten erwartungsgemäß nach dem Test tendenziell mehr emotionsspezifische Merkmale nennen als Teilnehmerinnen, die gewacht hatten (Schlafgruppe minus Wachgruppe $\Delta M = 0,3$ Merkmale; Cohen's $d = 0,44$; $T[df = 44] = 1,5$; $p = 0,07$; **Abbildung 3**). Weder in der Schlaf- noch in der Wachgruppe korrelierte die Anzahl der genannten emotionsspezifischen Merkmale jedoch signifikant positiv mit der Konsolidierung des Lerneffektes (d.h. der Zunahme der Trefferquote von Beginn des Trainings (Block 1+2) zu Beginn des Tests (Block1+2) (Schlafgruppe $r = -0,14$; $T[df = 20] = -0,6$; n.s.; Wachgruppe $r = -0,30$; $T[df = 22] = -1,4$; n.s.) oder mit der Gesamtleistung im Test (d.h. der mittleren Trefferquote über alle Testblöcke) (Schlafgruppe $r = -0,02$; $T[df = 20] = -0,1$; n.s.; Wachgruppe $r = -0,02$; $T[df = 22] = -0,1$; n.s.).

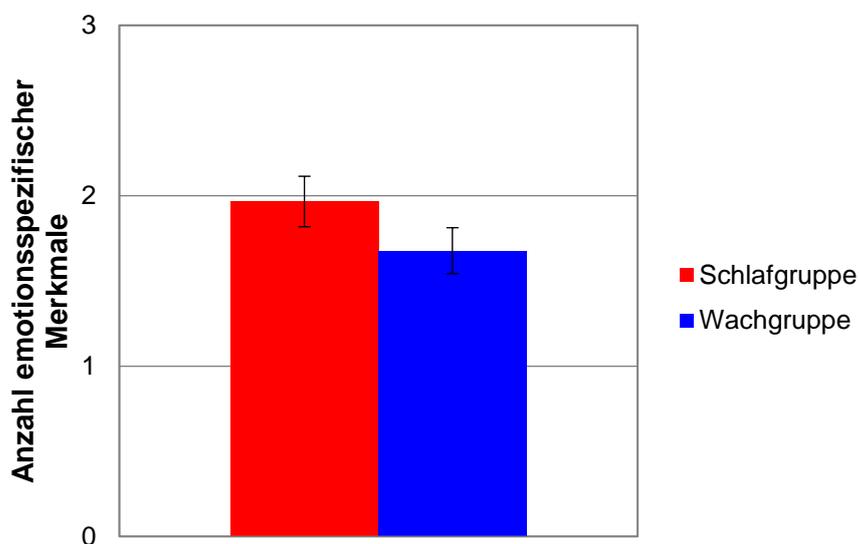


Abbildung 3. Studie I: Explizite Lerninhalte nach der Konsolidierung.

Teilnehmerinnen, die in der Nacht nach dem Training geschlafen haben, nannten nach dem Test tendenziell mehr emotionsspezifische Merkmale, an denen sie glaubten eine Emotion erkannt zu

haben als Teilnehmerinnen, die in der Nacht nach dem Training gewacht haben ($\Delta M = 0,3$ Merkmale; Cohen's $d = 0,44$; $T[df = 44] = 1,5$; $p = 0,07$). Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler.

2.3 Diskussion Studie I

In Studie I untersuchten wir, (i) ob die Wahrnehmung von Emotionen in Gesichtsausdrücken durch experimentelle Exposition verbessert werden kann (Hypothese 1), (ii) ob ein möglicher stimulusspezifischer Lerneffekt in einer Retentionsphase schlafabhängig konsolidiert wird (Hypothese 2a) und (iii) ob Schlaf den Transfer von impliziten Lerninhalten in explizite Lerninhalte begünstigt (Hypothese 3).

Hypothese 1 entsprechend zeigten Teilnehmerinnen beider Gruppen eine signifikante Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke während der ersten Sitzung (Training). Hypothese 2a entsprechend zeigten Teilnehmerinnen der Schlafgruppe eine signifikante Verbesserung der Wahrnehmung der emotionalen Gesichtsausdrücke von Beginn der ersten zu Beginn der zweiten Sitzung (Test), während Teilnehmerinnen der Wachgruppe diesen Effekt nicht zeigten. Das deutet darauf hin, dass der Lerneffekt in der Retentionsphase zwischen erster und zweiter Sitzung in der Schlafgruppe konsolidierte, nicht jedoch in der Wachgruppe. Der Unterschied zwischen Schlaf- und Wachgruppe war allerdings schwach und statistisch nicht signifikant. Hypothese 3 entsprechend konnten Teilnehmerinnen der Schlafgruppe nach der Retentionsphase tendenziell mehr emotionsspezifische Merkmale nennen, an denen sie glaubten, die jeweilige Emotion erkannt zu haben, als Teilnehmerinnen der Wachgruppe. Dies deutet darauf hin, dass bei Teilnehmerinnen der Schlafgruppe möglicherweise ein stärkerer Transfer, der während des Trainings implizit erworbenen Lerninhalte in explizite Lerninhalte stattgefunden hat, als in der Wachgruppe.

Hypothese 1: Verbesserung der Emotionserkennung im Training – tatsächlich perzeptuelles Lernen?

Eine signifikante Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke während eines Trainings ohne Feedback wurde von uns bereits in einer großen Stichprobe ($N = 40$) beschrieben, die Daten von 20 der hier untersuchten Teilnehmerinnen der Schlafgruppe einschloss (Huelle et al., 2014). In Studie I wurde die signifikante

Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke während eines Trainings in einer unabhängigen Stichprobe, der Wachgruppe, repliziert. Dieser Effekt war bereits während der 30-minütigen Trainingssitzung mit 100 Durchgängen zu beobachten. Schnelle Lerneffekte in einfachen perzeptuellen Diskriminationsaufgaben wurden häufig auf ein unspezifisches prozedurales Lernen zurückgeführt (z.B. Wright und Fitzgerald, 2001). Hawkey et al. (2004) zeigten in einer Studie zum auditorischen perzeptuellen Lernen allerdings, dass eine Verbesserung spezifischer perzeptueller Fähigkeiten, die nicht auf prozedurales Lernen zurückgeführt werden kann, bereits nach einem 10-minütigen Training zu beobachten sein kann. Dennoch muss die Frage gestellt werden, ob die in Studie I beobachtete Zunahme der Trefferquote tatsächlich auf eine Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke, also perzeptuelles Lernen, zurückzuführen ist oder ob dieser Effekt auf andere Formen des Lernens zurückzuführen ist. Beispielsweise könnte wiederholtes Selektieren und Drücken von Tasten in einem *forced-choice* Paradigma dazu führen, dass bestimmte Gesichtsausdrücke mit bestimmten Tasten assoziiert werden und so eine Leistungsverbesserung bewirken. Auch das Lernen von Verteilungen und Wahrscheinlichkeiten, wann welche Stimuli gezeigt werden, kann zu einer Leistungsverbesserung führen (Scherer und Scherer, 2011). Um ein Lernen von Stimulus-Antworttasten Assoziationen auszuschließen, wurden in Studie I die 4 verschiedenen Emotionen in Training und Test jeweils durch unterschiedliche Tasten der Tastatur kodiert. Da in Studie I ein begrenztes Stimulusset verwendet wurde, ist allerdings nicht auszuschließen, dass die Teilnehmerinnen im Laufe des Trainings implizit Wissen darüber erworben haben, mit welcher Häufigkeit Emotionen und Modelle gezeigt wurden. Es kann also nicht ausgeschlossen werden, dass die beobachtete Verbesserung während des Trainings auf (implizites oder explizites) Lernen von Wahrscheinlichkeiten zurückzuführen ist, statt auf perzeptuelles Lernen. Um einen solchen Effekt ausschließen zu können, sollte für Studie II ein umfangreicheres Stimulusset erstellt werden und außerdem eine Anzahl zufällig ausgewählter Videos zu zufällig ausgewählten Zeitpunkten während jedes Trainings- und Testblocks gezeigt werden. Diese zusätzlichen Videos sollten verhindern, dass Teilnehmerinnen Wissen über die Häufigkeit der Stimuli in einem Block erlangten.

Hypothese 2a: Schlafabhängige Konsolidierung stimuluspezifischer perzeptueller Lerninhalte – ist der Effekt nicht vorhanden oder nur verdeckt?

Eine schlafabhängige Konsolidierung des beobachteten stimuluspezifischen Lerneffektes konnte in Studie I nicht nachgewiesen werden. Zwar beobachteten wir, dass ausschließlich Teilnehmerinnen der Schlafgruppe die emotionalen Gesichtsausdrücke zu Beginn des Tests besser erkannten als zu Beginn des Trainings, der Unterschied zwischen Schlaf- und Wachgruppe war jedoch klein (Cohen's $d = 0,20$) und statistisch nicht signifikant. Andererseits konnte die Hypothese, dass Schlaf die Konsolidierung des beobachteten Lerneffektes begünstigt, aufgrund der geringen Teststärke nicht zuverlässig verworfen werden (bei einer akzeptierten Irrtumswahrscheinlichkeit für Fehler erster Ordnung von $\alpha = 0,05$ [einseitig] beträgt die Wahrscheinlichkeit, einen Effekt der Stärke Cohen's $d \leq 0,20$ mit einem Stichprobenumfang von $N = 46$ zufällig nicht zu entdecken [Fehler zweiter Ordnung] $\beta = 83\%$). Um für einen Effekt der Stärke Cohen's $d = 0,20$ die wünschenswerte Teststärke von $1-\beta = 0,80$ zu erreichen, müsste der Stichprobenumfang um etwa Faktor 10 erhöht werden, was im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war. Ein Grund für den beobachteten schwachen Effekt von $0,20$ könnte das begrenzte Stimulusset (je 4 Emotionen von 5 Modellen, 20 Durchgänge pro Block) gewesen sein, das zu einer ungenauen Schätzung der tatsächlichen Trefferquote und damit zu einer hohen Varianz zwischen den Probanden geführt haben könnte. Um eine bessere Schätzung der tatsächlichen Trefferquoten der einzelnen Teilnehmerinnen zu erreichen, erstellten wir für Studie II ein umfangreicheres Stimulusset (je 2 Videos von 4 Emotionen von 24 Modellen) und erhöhten zusätzlich den Stichprobenumfang auf $N = 120$. Die wünschenswerte Teststärke von $1-\beta = 0,80$ würde mit $\alpha = 0,05$ [einseitig] und einem Stichprobenumfang von $N = 120$ für eine Effektstärke von Cohen's $d \geq 0,46$ erreicht.

Da Belohnungsreize einen Einfluss auf Lernprozesse haben können (Huston et al., 1972; Schultz, 2006; Fischer und Born, 2009) und ein solcher Effekt mit möglichen schlafabhängigen Effekten interferieren könnte, erfassten wir in Studie II außerdem, als wie belohnend die Teilnehmerinnen den Losentscheid, dass sie in der folgenden Nacht schlafen beziehungsweise wach bleiben sollten, jeweils empfanden und untersuchten, ob die Konsolidierung des Lerneffektes mit dem selbstberichteten Belohnungsempfinden der Teilnehmerinnen über den Losentscheid korrelierte.

Hypothese 3: Transfer von impliziten in explizite Lerninhalte

Unserer dritten Hypothese entsprechend nannten Teilnehmerinnen der Schlafgruppe im Anschluss an den Test tendenziell mehr emotionsspezifische Merkmale, an denen sie glaubten, eine bestimmte Emotion erkannt zu haben, als Teilnehmerinnen der Wachgruppe. Dies könnte auf einen schlafabhängigen Transfer impliziter in explizite Lerninhalte deuten. Da dieser Effekt in Studie I jedoch statistisch nicht signifikant war, sollte er in Studie II weiter untersucht werden.

Zielsetzung für Studie II

In Studie II sollte (i) der in Studie I beobachtete Lerneffekt, (ii) die mögliche schlafabhängige Konsolidierung des Lerneffektes, sowie (iii) der mögliche schlafabhängige Transfer impliziter in explizite Lerninhalte an einer größeren Stichprobe, mit einem umfangreicheren Stimulusset und unter Einbeziehung weiterer Kontrollvariablen untersucht und statistisch abgesichert werden. Zudem sollte in Studie II untersucht werden, ob der in Studie I beobachtete Lerneffekt stimuluspezifisch ist oder ob er auf nicht trainierte Stimuli und Modelle generalisiert.

3 Studie II

3.1 Methoden Studie II

3.1.1 Vorbereitung der Videostimuli für Studie II

Zur Vorbereitung von Studie II wurden neue Videostimuli aufgenommen und evaluiert.

3.1.1.1 Aufnahme der Videostimuli

Modelle

Zur Aufnahme der neuen Videos stellten sich 28 Studentinnen (Alter 20 bis 30 Jahre; Durchschnittsalter 24,4 Jahre) der Universität zu Lübeck als Modelle zur Verfügung. Von jedem Modell wurden insgesamt 24 Videos (6 Videos pro Emotion) aufgenommen. Dies nahm jeweils ungefähr 60 Minuten in Anspruch.

Alle Modelle willigten schriftlich ein, dass die Videoaufnahmen in pseudonymisierter Form für wissenschaftliche Studien unserer Arbeitsgruppe verwendet werden dürfen.

Ablauf

In Studie II ersetzen wir die Emotion *Ekel* durch die Emotion *Verachtung*, da *Ekel* in Studie I leichter erkannt wurde als alle anderen Emotionen (Huelle et al., 2014) und dies zu Verzerrungen der Ergebnisse führen könnte. Zusätzlich ersetzten wir die Emotion *Ärger* durch die Emotion *Wut*, da wir davon ausgingen, dass die Diskrimination von *Wut* und *Verachtung* sowohl für Modelle als auch für Teilnehmerinnen besser möglich ist als die Diskrimination von *Ärger* und *Verachtung*. Schließlich wurde der Emotionsbegriff *Furcht* durch *Angst* ersetzt, da *Angst* im deutschen Sprachgebrauch häufiger und daher für Modelle und Teilnehmerinnen begreiflicher ist.

Die Stimuli sollten die Emotionen der Modelle möglichst naturgetreu wiedergeben. Daher wurden die Modelle gebeten, sich an jeweils 2 Situationen zu erinnern, in denen sie die Emotionen *Angst*, *Trauer*, *Verachtung* und *Wut* empfunden hatten. Mit Hilfe der Erinnerung sollten sich die Modelle während der Aufnahme 20 Sekunden lang so intensiv wie möglich in die jeweilige Emotion versetzen. Beginn und Ende der Aufnahmeperiode (20

s) wurden durch ein akustisches Signal angezeigt, wobei der Startzeitpunkt mittels eines Mausklicks von den Modellen selbst gewählt wurde.

Pro Emotion wurden 6 Videos aufgenommen, wobei wir die Modelle bitten, sich während der Aufnahme der ersten 3 Videos jeweils in eine andere Situation zu versetzen als während der Aufnahme der letzten 3 Videos. Das jeweils erste zu einer emotionalen Situation gehörende Video wurde im Beisein der Versuchsleiterin aufgenommen. Damit die Modelle nicht durch die Anwesenheit der Versuchsleiterin beeinflusst wurden und sich ungestört in die emotionale Situation versetzen konnten, befanden sich die Modelle während der 2 folgenden Aufnahmen allein im Raum. Zwischen zweiter und dritter sowie zwischen fünfter und sechster Aufnahme wurden die Modelle gebeten, der Versuchsleiterin zu schildern, woran sie während der vergangenen 20 Sekunden gedacht hatten.

Alle Videos (1920 x 1080 Pixel; Einzelbildrate 25/s) wurden im MTS-Dateiformat vor einem grünen Hintergrund aufgezeichnet. Die Videokamera (Sony HDR-CX560VE, Japan) befand sich ca. 1 m von den Modellen entfernt.

Verarbeitung der Videos

Zunächst wurde das entstandene Aufnahmematerial von der Autorin und einer Mitarbeiterin der Arbeitsgruppe (N.D. und K.B.) gesichtet und beurteilt. Die Videos wurden nach Intensität der gezeigten Emotionen bewertet, wobei *nicht vorhanden* durch 0 kodiert wurde und *sehr intensiv* durch 9. Wir gingen davon aus, dass Videos mit geringer Intensität (0 bis 1) nicht erkannt werden, Videos mit hoher Intensität (7 bis 9) dagegen zu leicht erkannt werden und auf diese Weise Lerneffekte verdecken könnten. Daher wählten wir für jedes Modell 3 Videos für jede Emotion aus, die jeweils eine Intensität zwischen 2 und 6 aufwies, sodass sich eine Videoanzahl von 336 (28 Modelle x 4 Emotionen x 3 Videos) ergab. Aus den ausgewählten Videos (20 s) wurde anschließend jeweils ein Abschnitt mit einer Länge von 8 Sekunden herausgeschnitten, in dem zur Emotion passende mimische Bewegungen im Gesicht des Modells zu sehen waren. Die geschnittenen Videos (720 x 576 Pixel; Einzelbildrate 25/s) wurden mit einem grauen Hintergrund versehen und im AVI-Dateiformat gespeichert. Für Schnitt und Bearbeitung verwendeten wir das Videobearbeitungsprogramm Adobe Premiere Pro CS6.

3.1.1.2 Evaluation der Videos durch unabhängige Beobachter

In der anschließenden Videoevaluation untersuchten wir, wie gut die Emotionen in den einzelnen geschnittenen und bearbeiteten Videos durch unabhängige BeobachterInnen erkannt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollten es uns ermöglichen, balancierte Stimulussets für Studie II zu erstellen.

Zusätzlich erhofften wir uns, in der Videoevaluation Kenntnisse darüber zu erlangen, ob Exposition bereits innerhalb einer experimentellen Sitzung zu einem modellunabhängigen Lerneffekt führen kann, d.h. ob sich eine Zunahme der Trefferquote innerhalb einer Sitzung nicht nur für eine begrenzte Anzahl sich wiederholender Videos zeigt (wie in Studie I), sondern auch dann, wenn in der zweiten Hälfte der experimentellen Sitzung Gesichtsausdrücke von anderen Modellen gezeigt werden als in der ersten Hälfte.

Beobachter

Wir gingen davon aus, dass eine Bekanntschaft zwischen Betrachter und Modell die Bewertung der Videos beeinflusst. Um Bekanntschaften zwischen den unabhängigen Beobachtern und den Modellen auszuschließen, führten wir die Videoevaluation in Kooperation mit Prof. Martin Lotze an der Universität Greifswald durch. 84 BeobachterInnen (52 Frauen, Alter 19 bis 34 Jahre, Durchschnittsalter 24,3 Jahre; 32 Männer, Alter 21 bis 34 Jahre, Durchschnittsalter 26,3 Jahre) wurden über Aushänge und E-Mail-Verteiler an der Universität Greifswald rekrutiert.

Stimulussets

Zunächst wurden die 336 Videos (4 Emotionen x 28 Modelle, 3 Videos pro Emotion) so auf 3 Stimulussets A, B und C verteilt, dass jedes Stimulusset 1 der 3 Videos von jeder der 4 Emotionen der 28 Modelle enthielt (112 Videos pro Stimulusset) (**Tabelle 3**, siehe Anhang II). Jedes der 3 Stimulussets wurde von 26 bis 30 BeobachterInnen beurteilt (**Tabelle 4**, siehe Anhang II).

Da wir uns erhofften, in der Videoevaluation Kenntnisse darüber zu erlangen, ob es einen modellunabhängigen Lerneffekt gibt, unterteilten wir jedes Stimulusset in 2 Subsets (A1 - A2, B1 - B2, C1 - C2). Jedes Subset enthielt alle 4 Videos (1 Video pro Emotion) von jeweils

14 verschiedenen Modellen (56 Videos pro Subset). Bei der Videoevaluation wurde jeweils ein Subset eines Stimulussets in der ersten Hälfte (Block 1) der Videoevaluation gezeigt, das andere in der zweiten Hälfte (Block 2) der Videoevaluation, sodass die BeobachterInnen in der ersten und zweiten Hälfte der Videoevaluation vollständig verschiedene Modelle sahen. Die Reihenfolge der Videos innerhalb eines Blockes wurde per Zufallszahlen festgelegt und anschließend per Hand so verändert, dass kein Modell und keine Emotion häufiger als zweimal nacheinander zu sehen war. Diese Reihenfolge wurde von der Hälfte der BeobachterInnen gesehen. Die andere Hälfte der BeobachterInnen sah das jeweilige Stimulusset in entgegengesetzter Reihenfolge.

Ablauf

Die Evaluation eines kompletten Stimulussets (112 Videos) dauerte ca. 20 Minuten. Zwischen beiden Blöcken lag eine Pause von 5 Minuten, sodass die Videoevaluation ca. 25 Minuten in Anspruch nahm. Die Videos wurden mit Hilfe des Computerprogramms *Presentation 17.1 (NeuroBehavioral Systems, San Francisco, USA)* auf einem Bildschirm mit einer Diagonale von 600 mm gezeigt, welcher sich in einem Abstand von ca. 1,0 m von den BeobachterInnen befand.

Jeweils 3 bis 6 BeobachterInnen sahen die Videos eines Stimulussets gemeinsam, d.h. zur selben Zeit im selben Raum. Die BeobachterInnen wurden gebeten, sich jedes Video konzentriert bis zum Ende anzusehen und anschließend zu entscheiden, welcher der Emotionsbegriffe *Angst, Trauer, Verachtung* und *Wut* die Emotion im zuvor gesehen Video am besten beschreibt. Nach jedem Video erschienen die 4 Emotionsbegriffe auf dem Bildschirm alphabetisch geordnet in weißer Schrift auf schwarzem Hintergrund. Die BeobachterInnen vermerkten die Antwort nach jedem Video handschriftlich in einer Tabelle. Anschließend signalisierten die BeobachterInnen der Versuchsleiterin durch den Blick auf den Bildschirm ihre Aufnahmebereitschaft für das nächste Video, welches von der Versuchsleiterin manuell gestartet wurde. Über die Richtigkeit ihrer Antwort erhielten die BeobachterInnen keine Rückmeldung (Feedback).

3.1.1.3 Ergebnisse der Videoevaluation

Um zu testen, ob die BeobachterInnen in der Videoevaluation einen modellunabhängigen Lerneffekt zeigten, berechneten wir die Differenz der Trefferquote der beiden Blöcke der Videoevaluation (Block 2 minus Block 1). Es zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Emotionswahrnehmung von Block 1 zu Block 2 (Block 2 minus Block 1 $\Delta M = 5,1\%$; Cohen's $d = 0,43$; $T[df = 83] = 4,0$; $p < 0,01$; **Abbildung 4**). Dies deutet darauf hin, dass experimentelle Exposition zu einem modellunabhängigen Lerneffekt in der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke führen kann.

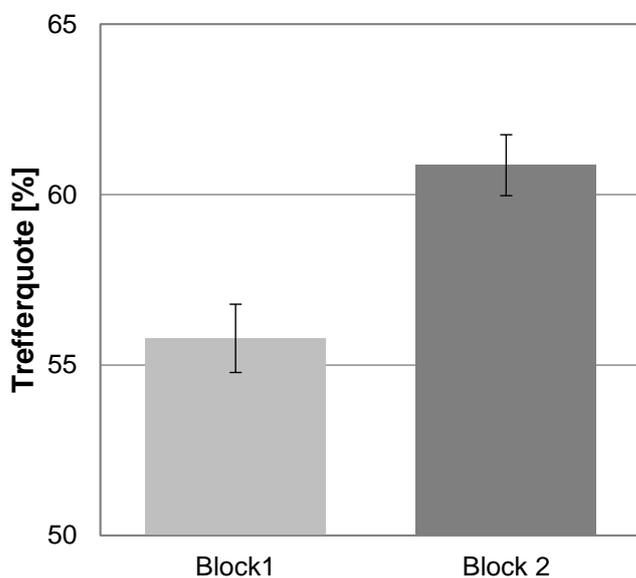


Abbildung 4. Studie II: Trefferquote in den beiden Blöcken der Videoevaluation.

Die BeobachterInnen sahen alle 4 Emotionen von jeweils 14 Modellen in Block 1 (56 Videos) und alle 4 Emotionen von den jeweils übrigen 14 Modellen in Block 2 (56 Videos). Die BeobachterInnen erzielten in Block 2 signifikant höhere Trefferquoten als in Block 1 (Block 2 minus Block 1 $\Delta M = 5,1\%$; Cohen's $d = 0,43$; $T[df = 83] = 4,0$; $p < 0,01$). Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler des Mittelwertes.

Das eigentliche Ziel der Videoevaluation war es, mittlere Trefferquoten für die einzelnen Videos zu erhalten, um balancierte Stimulussets für Studie II erstellen zu können. Da jedes Video gleich häufig im ersten und zweiten Block der Videoevaluation beurteilt wurde (siehe 3.1.1.2), wurden die Trefferquoten für jedes Video über beide Blöcke gemittelt. Die mittlere Trefferquote über alle Videos war 58,4% (SD = 24,8; Spanne 0 bis 100). Da wir davon ausgingen, dass Videos mit einer Trefferquote von unter 25% nicht erkannt und Videos mit Trefferquoten von über 80% auf Grund von Deckeneffekten Lerneffekte verdecken

könnten (siehe 3.1.1.1), nutzten wir für Studie II Videos mit Trefferquoten zwischen 25% und 80%. Videos von 4 Modellen wiesen sowohl Trefferquoten von über 95% als auch von unter 25% auf. Diese 4 Modelle wurden nicht für Studie II genutzt. Von den übrigen 24 Modellen wurden jeweils die 2 Videos für jede Emotion in Studie II genutzt, deren Trefferquoten am dichtesten beieinander lagen (siehe 3.1.2.3).

3.1.2 Durchführung Studie II

3.1.2.1 Teilnehmer

Für Studie II wurden 128 Frauen (Alter 18 bis 30 Jahre; Durchschnittsalter 21,5 Jahre) über Aushänge und E-Mail-Verteiler an der Universität zu Lübeck sowie an der Fachhochschule Lübeck rekrutiert. 6 Teilnehmerinnen gaben an, dass sie bereits mit einem der Modelle gesprochen hatten. Da wir davon ausgingen, dass eine Bekanntschaft zwischen Modell und Betrachter das Erkennen der Emotionen und damit auch den Lernprozess der Emotionswahrnehmung für dieses Modell beeinflussen könnte, wurden die Daten dieser Teilnehmerinnen verworfen. Eine der Teilnehmerinnen erschien nicht zum zweiten Termin und bei 2 weiteren Teilnehmerinnen wurde im Nachhinein festgestellt, dass sie bereits an einer anderen Studie unserer Arbeitsgruppe teilgenommen hatten, in der ebenfalls mit Videos gearbeitet wurde, sodass nicht auszuschließen war, dass diese Teilnehmerinnen bereits gelernt hatten. Die Daten dieser Teilnehmerinnen wurden ebenfalls nicht berücksichtigt. Insgesamt wurden die Daten von 119 Teilnehmerinnen (Alter 18 bis 30 Jahre; Durchschnittsalter 21,5 Jahre) ausgewertet.

Die Muttersprache aller Teilnehmerinnen war Deutsch. Alle Teilnehmerinnen gaben an, weder an Schlafstörungen noch an neurologischen oder psychiatrischen Erkrankungen zu leiden. Vor der Teilnahme an der Studie unterzeichnete jede Teilnehmerin eine Einwilligungserklärung.

3.1.2.2 Experimentelle Gruppen

Wie unter 2.1.2 beschrieben, wurden die Teilnehmerinnen nach der ersten experimentellen Sitzung (Training) per Los jeweils einer der beiden experimentellen Gruppen (Schlaf- und Wachgruppe) zugeteilt. Wie in Studie I wurden die Teilnehmerinnen

der Schlafgruppe gebeten, Zuhause ihren gewohnten Schlafrhythmus fortzusetzen, während die Teilnehmerinnen der Wachgruppe in Gruppen von jeweils 6 Probandinnen die Nacht im Beisein der Versuchsleiterin durchwachten. Die Schlafgruppe umfasste 60 Teilnehmerinnen (Alter 18 bis 30 Jahre; Durchschnittsalter 21,5 Jahre) und die Wachgruppe 59 Teilnehmerinnen (Alter 18 bis 27 Jahre; Durchschnittsalter 21,4 Jahre).

3.1.2.3 Stimulussets

In Studie II nutzten wir die unter 3.1.1 beschriebenen Videos (2 Videos x 4 Emotionen x 24 Modelle = 192 Videos). Aus diesen 192 Videos wurden zunächst 3 Stimulussets P, Q und R mit jeweils 8 unterschiedlichen Modellen erstellt, die hinsichtlich der Erkennungsschwierigkeit möglichst ähnlich sein sollten (2 Videos x 4 Emotionen x 8 Modelle = 64 Videos pro Stimulusset) (**Tabelle 5**, siehe Anhang II). Dafür suchten wir Dreiergruppen von Modellen, die bei der Videoevaluation ähnliche mittlere Trefferquoten für jede Emotion erzielt hatten. Die Modelle einer Dreiergruppe wurden dann so auf die 3 Stimulussets verteilt, dass die mittleren Trefferquoten für jede Emotion in jedem Stimulusset möglichst ähnlich waren (**Tabelle 6**, siehe Anhang II). Die beiden Videos pro Emotion und Modell in jedem Set wurden anschließend so auf 2 Subsets (P1 - P2, Q1 - Q2, R1 - R2) verteilt, dass die mittleren Trefferquoten für jede Emotion auch in jedem Subset möglichst ähnlich waren (4 Emotionen x 8 Modelle = 32 Videos pro Subset).

Jede Teilnehmerin sah in Training und Test insgesamt 4 der 6 Subsets, wobei 2 Subsets (1 im Training und 1 im Test) aus demselben Stimulusset stammten und die beiden übrigen (1 im Training und 1 im Test) aus den beiden übrigen Stimulussets (z. B. P1 und Q2 im Training und P2 und R1 im Test). Jede Teilnehmerin sah also im Test 8 Modelle, die sie bereits im Training gesehen hatte (Videos desselben Stimulussets, *trainierte Modelle*) und 8 Modelle, die sie nicht im Training gesehen hatte (Videos unterschiedlicher Stimulussets, *untrainierte Modelle*). Training und Test bestanden jeweils aus 2 identischen Blöcken (Block 1 und Block 2), in denen jeweils alle Videos der beiden Subsets gezeigt wurden (2 x 32 Videos = 64 Videos pro Block). Es wurden 12 verschiedene Kombinationen aus den 6 Subsets erstellt. Jede Kombination wurde gleich häufig in jeder Gruppe verwendet (**Tabelle 7**, siehe Anhang II). Die Reihenfolge der Videos innerhalb der Subsetkombination wurde per Zufallszahlen

festgelegt und anschließend per Hand so verändert, dass kein Modell und keine Emotion häufiger als zweimal nacheinander zu sehen war.

Um zu verhindern, dass Teilnehmerinnen im Laufe des Trainings implizit Wissen über die Verteilung der Stimuli innerhalb eines Blockes erlangten (siehe 2.3), zeigten wir in jedem Trainings- und Testblock 12 zusätzliche Videos. Diese zusätzlichen Videos wurden zufällig aus den beiden zum jeweiligen Training bzw. Test gehörenden Stimulussubsets gewählt. Die Zeitpunkte, zu denen die Videos gezeigt wurden, waren ebenfalls zufällig. In der Auswertung wurden die Antworten der Teilnehmerinnen auf diese Zufallsvideos nicht berücksichtigt.

3.1.2.4 Ablauf

Der Ablauf von Studie II entsprach im Wesentlichen dem Ablauf von Studie I (siehe 2.1.4). Training und Test wurden zwischen 15.30 Uhr und 20.30 Uhr durchgeführt. Die Retentionsphase zwischen beiden Sitzungen betrug 2 Tage.

Training und Test umfassten jeweils 2 identische Blöcke (siehe 3.1.2.3) mit einer Dauer von jeweils ca. 10 Minuten. Zwischen 2 Blöcken lag jeweils eine Pause von 5 Minuten, sodass Training und Test jeweils ca. 25 Minuten in Anspruch nahmen. Die Videos wurden den Teilnehmerinnen auf einem Bildschirm mit einer Diagonale von 390 mm gezeigt, welcher sich in einem Abstand von ca. 0,5 m von den Teilnehmerinnen entfernt befand. Wie in Studie I wurden die Teilnehmerinnen gebeten, nach jedem Video durch Tastendruck so schnell wie möglich zu entscheiden, welche der 4 möglichen Emotionen (*Angst, Trauer, Verachtung, Wut*) im zuvor gesehenen Video gezeigt wurde. Wie in Studie I erhielten die Teilnehmerinnen keine Rückmeldung (Feedback) über die Richtigkeit ihrer Antwort (siehe 2.1.4).

3.1.2.5 Fragebögen

Wie in Studie I baten wir die Teilnehmerinnen, nach der zweiten Sitzung für jede der 4 Emotionen alle emotionsspezifischen Merkmale zu nennen, an denen sie glaubten, die jeweilige Emotion erkannt zu haben (siehe 2.1.5).

Zusätzlich baten wir die Teilnehmerinnen in Studie II nach der zweiten Sitzung auf einer Ordinalskala anzugeben, als wie belohnend sie den jeweiligen Losentscheid über die Gruppenzuteilung empfunden hatten (Skala von -7 bis 7, „Als ich erfuhr, dass ich die Nacht wach bleiben [bzw. schlafen werde], war ich sehr enttäuscht (-7)“ bis „Als ich erfuhr, dass ich die Nacht wach bleiben [bzw. schlafen werde], habe ich mich sehr gefreut (7)“, siehe Anhang IV).

3.1.2.6 Auswertung

Als abhängige Variable wurde wie in Studie I die Trefferquote (Anzahl korrekter Antworten/Anzahl aller Antworten) für jeden der 2 Blöcke in Training und Test sowie Anzahl der pro Emotion genannten Merkmale für jede Teilnehmerin ermittelt. Für alle statistischen Tests (Lerneffekte in der Schlaf- und Wachgruppe, Gruppenunterschiede und Korrelationen) wurden Student's t-Statistiken für einseitige Hypothesen (gepaarte t-Test für Lerneffekte innerhalb der Gruppen, ungepaarte t-Test für Gruppenunterschiede) verwendet, sofern nicht anders angegeben.

3.2 Ergebnisse Studie II

Hypothese 1: Lerneffekt während des Trainings

Wie erwartet zeigten beide Gruppen wie bereits in Studie I einen signifikanten Lerneffekt (Schlafgruppe, Training Block 2 minus Block 1 $\Delta M = 3,0\%$; Cohen's $d = 0,28$; $T[df = 59] = 2,2$; $p = 0,02$; Wachgruppe, Training Block 2 minus Block 1 $\Delta M = 3,1\%$; Cohen's $d = 0,34$; $T[df = 58] = 2,6$; $p < 0,01$; **Abbildung 5**), welcher sich nicht signifikant zwischen Schlaf- und Wachgruppe unterschied (Schlafgruppe [Training Block 2 minus Block 1] minus Wachgruppe [Training Block 2 minus Block 1] $\Delta\Delta M = -0,1\%$; Cohen's $d = 0,02$; $T[df = 117] = 0,1$; $p = 0,47$, zweiseitig).

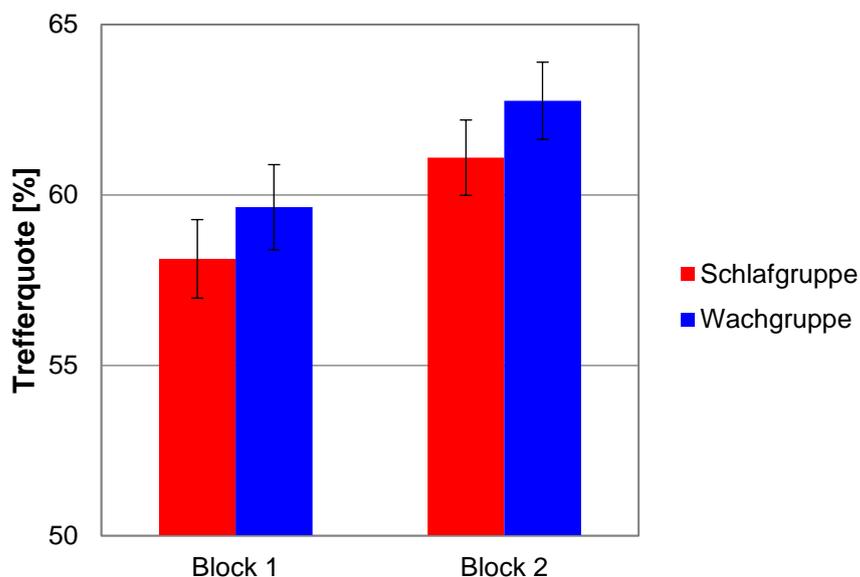


Abbildung 5. Studie II: Lerneffekt während des Trainings.

Dargestellt sind die mittleren Trefferquoten der Schlafgruppe (Teilnehmerinnen haben in der Nacht nach dem Training geschlafen) sowie der Wachgruppe (Teilnehmerinnen haben in der Nacht nach dem Training gewacht) in der ersten Sitzung (Training), in welcher 2 identische Blöcke à 64 Videos gezeigt wurden. Beide Gruppen verbesserten sich während des Trainings signifikant, wobei die Wachgruppe stärker lernte als die Schlafgruppe (Schlafgruppe, Training Block 2 minus Block 1 $\Delta M = 3,0\%$; Cohen's $d = 0,28$; $T[df = 59] = 2,2$; $p = 0,02$; Wachgruppe Training Block 2 minus Block 1 $\Delta M = 3,1\%$; Cohen's $d = 0,34$; $T[df = 58] = 2,6$; $p < 0,01$). Dieser Gruppenunterschied war statistisch nicht signifikant (Schlafgruppe [Training Block 2 minus Block 1] minus Wachgruppe [Training Block 2 minus Block 1] $\Delta\Delta M = -0,1\%$; Cohen's $d = 0,02$; $T[df = 117] = 0,1$; $p = 0,47$, zweiseitig). Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler des Gruppenmittelwertes.

Hypothese 2b: Schlafabhängige Konsolidierung eines stimulusunabhängigen, modellspezifischen Lerneffektes

Wie erwartet erkannten Teilnehmerinnen der Schlafgruppe die emotionalen Gesichtsausdrücke der im Training gezeigten Modelle (trainierte Modelle) zu Beginn des Tests signifikant besser als zu Beginn des Trainings (Schlafgruppe, Test Block 1 minus Training Block 1 $\Delta M = 2,2\%$; Cohen's $d = 0,25$; $T[df = 59] = 1,9$; $p = 0,03$). Teilnehmerinnen der Wachgruppe hingegen erkannten die emotionalen Gesichtsausdrücke der trainierten Modelle zu Beginn des Tests nicht signifikant besser als zu Beginn des Trainings (Wachgruppe, Test Block 1 minus Training Block 1 $\Delta M = 1,4\%$; Cohen's $d = 0,13$; $T[df = 58] = 1,0$; $p = 0,17$). Ein stimulusunabhängiger, modellspezifischer Lerneffekt war also nach der Retentionsphase in der Schlaf-, nicht aber in der Wachgruppe zu beobachten. Allerdings zeigte der direkte Vergleich von Schlaf- und Wachgruppe, dass der Gruppenunterschied entgegen unserer Erwartung gering und statistisch nicht signifikant war (Schlafgruppe [Test Block 1 minus Training Block 1] minus Wachgruppe [Test Block 1 minus Training Block 1] $\Delta\Delta M = 0,8\%$; Cohen's $d = 0,09$; $T[df = 117] = 0,5$; $p = 0,31$; **Abbildung 6**, oben).

Hypothese 2c: Schlafabhängige Konsolidierung eines modellunabhängigen, generellen Lerneffektes

Wie erwartet erkannten Teilnehmerinnen der Schlafgruppe auch die emotionalen Gesichtsausdrücke der nicht im Training gezeigten Modelle (untrainierte Modelle) zu Beginn des Tests tendenziell besser als zu Beginn des Trainings (Schlafgruppe, Test Block 1 minus Training Block 1 $\Delta M = 2,2\%$; Cohen's $d = 0,21$; $T[df = 59] = 1,6$; $p = 0,06$). Im Gegensatz dazu erkannten die Teilnehmerinnen der Wachgruppe die emotionalen Gesichtsausdrücke der untrainierten Modelle zu Beginn des Tests dagegen nicht besser als die emotionalen Gesichtsausdrücke der trainierten Modelle zu Beginn des Trainings (Wachgruppe, Test Block 1 minus Training Block 1 $\Delta M = 1,2\%$; Cohen's $d = 0,10$; $T[df = 58] = 0,8$; $p = 0,21$). Ein modellunabhängiger, genereller Lerneffekt war also nach der Retentionsphase in der Schlaf-, nicht aber in der Wachgruppe zu beobachten. Auch dieser Gruppenunterschied war gering und statistisch nicht signifikant (Schlafgruppe [Test Block 1 minus Training Block 1] minus Wachgruppe [Test Block 1 minus Training Block 1] $\Delta\Delta M = 1,0\%$; Cohen's $d = 0,09$; $T[df = 117] = 0,5$; $p = 0,31$; **Abbildung 6**, unten).

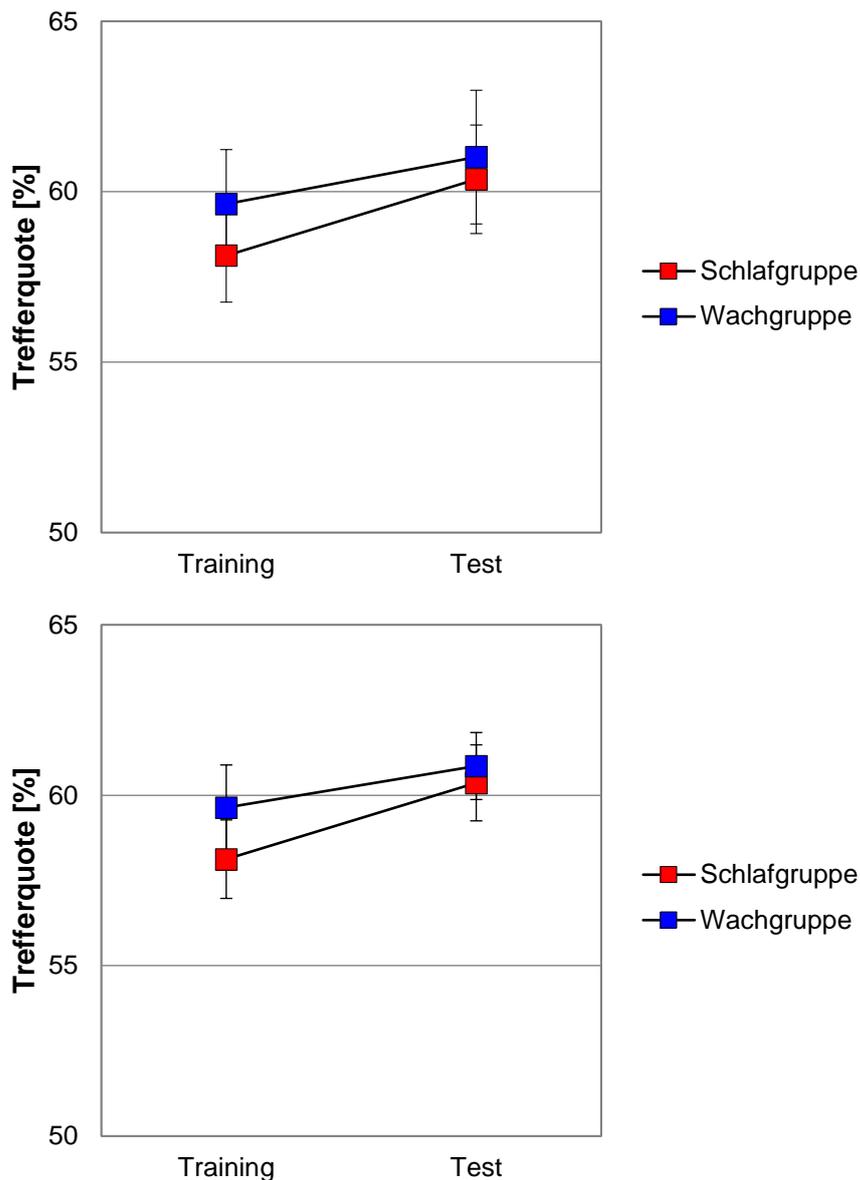


Abbildung 6. Studie II: Konsolidierung des Lerneffektes für trainierte Modelle (oben) und untrainierte Modelle (unten).

Dargestellt sind die mittleren Trefferquoten der Schlafgruppe (Teilnehmerinnen haben in der Nacht nach dem Training geschlafen) sowie der Wachgruppe (Teilnehmerinnen haben in der Nacht nach dem Training gewacht) im ersten Block des Trainings (32 Videos) und für trainierte (oben, Modelle wurden im Training gesehen) und untrainierte (unten, Modelle wurden im Training nicht gesehen) Modelle im ersten Block des Tests (je 32 Videos). Der Test erfolgte 2 Tage nach dem Training. Die Schlafgruppe zeigte im Gegensatz zur Wachgruppe eine signifikante Konsolidierung des Lerneffektes sowohl für Gesichtsausdrücke von trainierten Modellen und eine tendenzielle Konsolidierung für Gesichtsausdrücke von untrainierten Modellen (Schlafgruppe, trainierte Modelle, $\Delta M = 2,2\%$; Cohen's $d = 0,25$; $T[df = 59] = 1,9$; $p = 0,03$; untrainierte Modelle, $\Delta M = 2,2\%$; Cohen's $d = 0,21$; $T[df = 59] = 1,6$; $p = 0,06$; Wachgruppe, trainierte Modelle, $\Delta M = 1,4\%$; Cohen's $d = 0,13$; $T[df = 58] = 1,0$; $p = 0,17$; untrainierte Modelle, $\Delta M = 1,2\%$; Cohen's $d = 0,10$; $T[df = 58] = 0,8$; $p = 0,21$). Der Unterschied zwischen beiden Gruppen war weder für trainierte noch für untrainierte Modelle statistisch signifikant (Schlafgruppe minus Wachgruppe, trainierte Modelle, $\Delta\Delta M = 0,8\%$; Cohen's d

= 0,09; T[df = 117] = 0,5; p = 0,31; untrainierte Modelle, $\Delta\Delta M = 1,0\%$; Cohen's d = 0,09; T[df = 117] = 0,5; p = 0,31). Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler.

Hypothese 3: Schlafabhängiger Transfer von impliziten in explizite Lerninhalte

Anders als erwartet nannten Teilnehmerinnen, die in der Nacht nach dem Training geschlafen hatten, nach dem Test weniger emotionsspezifische Merkmale als Teilnehmerinnen, die gewacht hatten (Schlafgruppe minus Wachgruppe $\Delta M = -0,3$ Merkmale; Cohen's d = -0,33; T[df = 117] = -1,8; n.s.; **Abbildung 7**). Weder in der Schlaf- noch in der Wachgruppe korrelierte die Anzahl der genannten emotionsspezifischen Merkmale signifikant positiv mit der Konsolidierung des modellspezifischen oder modellunabhängigen Lerneffektes (d.h. der Zunahme der Trefferquote von Beginn des Trainings (Block 1) zu Beginn des Tests (Block 1) (trainierte Modelle, Schlafgruppe r = -0,17; T[df = 58] = -1,3; n.s.; Wachgruppe r = 0,03; T[df = 57] = 0,2; p = 0,42; untrainierte Modelle, Schlafgruppe r = -0,29; T[df = 58] = -2,3; n.s.; Wachgruppe r = 0,09; T[df = 57] = 0,7; p = 0,25) oder mit der Gesamtleistung im Test (d.h. der mittleren Trefferquote über beide Testblöcke) (trainierte Modelle, Schlafgruppe r = 0,07; T[df = 58] = 0,5; p = 0,31; Wachgruppe r = 0,17; T[df = 57] = 1,3; p = 0,10; untrainierte Modelle, Schlafgruppe r = -0,01; T[df = 58] = -0,1; n.s.; Wachgruppe r = 0,09; T[df = 57] = 0,7; p = 0,24).

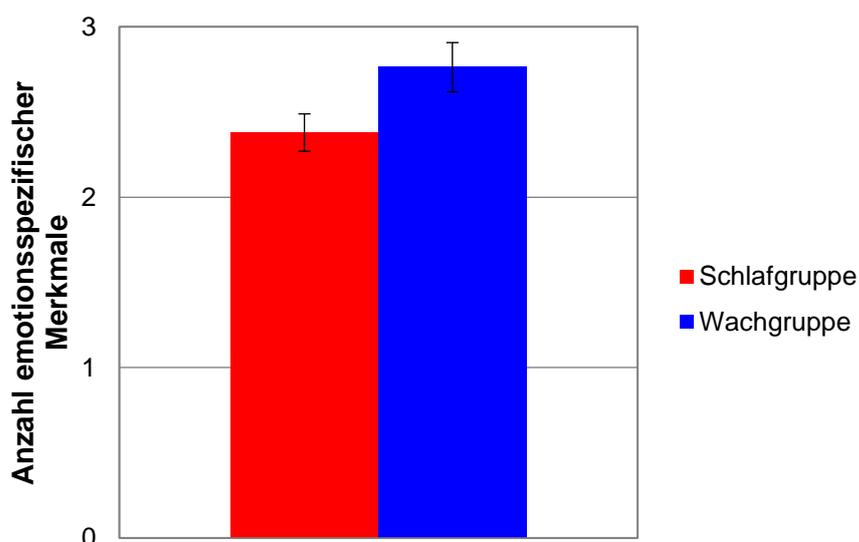


Abbildung 7. Studie II: Explizite Lerninhalte nach der Konsolidierung

Teilnehmerinnen, die in der Nacht nach dem Training gewacht haben, nannten nicht weniger sondern mehr emotionsspezifische Merkmale als Teilnehmerinnen, die in der Nacht nach dem

Training geschlafen haben ($\Delta M = -0,3$; Cohen's $d = -0,33$; $T[df = 117] = -1,8$; n.s.). Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler.

Zusammenhang zwischen dem Belohnungseffekt des Losentscheids und der Konsolidierung des Lerneffektes

Der Losentscheid, dass eine Teilnehmerin in der Nacht nach dem Training schlafen beziehungsweise wach bleiben sollte, wurde von der Wachgruppe, nicht jedoch von der Schlafgruppe, als Belohnung empfunden (Skala -7 bis 7; Schlafgruppe $M = -0,4$; Cohen's $d = 0,09$; $T[df = 59] = -0,7$; n.s.; Wachgruppe $M = 2,5$; Cohen's $d = 0,73$; $T[df = 58] = 5,6$; $p < 0,01$). Dieser Unterschied zwischen Schlaf- und Wachgruppe war statistisch signifikant (Schlafgruppe minus Wachgruppe $\Delta M = -2,9$; Cohen's $d = 0,73$; $T[df = 117] = -4,0$; $p < 0,01$; zweiseitig). Weder in der Wach- noch in der Schlafgruppe zeigte sich allerdings ein positiver Zusammenhang zwischen dem selbstberichteten Belohnungsempfinden der Teilnehmerinnen und der Konsolidierung des Lerneffektes (d.h. der Zunahme der Trefferquote von Beginn des Trainings (Block 1) zu Beginn des Tests (Block 1), gemittelt über trainierte und untrainierte Modelle) (Schlafgruppe $r = -0,15$; $T[df = 58] = -0,9$; n.s.; Wachgruppe $r = -0,25$; $T[df = 57] = -1,6$; n.s.).

3.3 Diskussion Studie II

In Studie II sollte (i) der in Studie I beobachtete Lerneffekt, (ii) die mögliche schlafabhängige Konsolidierung des Lerneffektes, sowie (iii) der mögliche schlafabhängige Transfer impliziter in explizite Lerninhalte an einer größeren Stichprobe, mit einem umfangreicheren Stimulusset und unter Einbeziehung weiterer Kontrollvariablen untersucht und statistisch abgesichert werden. Darüber hinaus sollte in Studie II untersucht werden, ob der in Studie I beobachtete Lerneffekt stimuluspezifisch ist oder ob er auf nicht trainierte Stimuli und Modelle generalisiert. Zusammenfassend konnte in Studie II sowohl die signifikante Verbesserung der Emotionswahrnehmung während der ersten Sitzung (Training) in Schlaf- und Wachgruppe als auch die signifikante Konsolidierung des Lerneffektes in der zweitägigen Retentionsphase zwischen erster (Training) und zweiter Sitzung (Test) in der Schlafgruppe repliziert werden. Anders als in Studie I sahen die Teilnehmerinnen in Studie II in Training und Test sowohl neue Videos jener Modelle, die sie

bereits im Training gesehen hatten (trainierte Modelle) als auch Videos von Modellen, die sie nicht im Training gesehen hatten (untrainierte Modelle). Teilnehmerinnen der Schlafgruppe zeigten für trainierte Modelle eine signifikante und für untrainierte Modelle eine tendenzielle Konsolidierung des Lerneffektes. Dies werten wir als Hinweis darauf, dass die Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch experimentelle Exposition nicht stimuluspezifisch ist, sondern auf Gesichtsausdrücke unbekannter Personen generalisiert. Teilnehmerinnen der Wachgruppe zeigten wie in Studie I keine signifikante Konsolidierung des Lerneffektes, weder für trainierte noch für untrainierte Modelle. Die Unterschiede zwischen Schlaf- und Wachgruppe waren jedoch wie bereits in Studie I statistisch nicht signifikant. Anders als in Studie I nannten Teilnehmerinnen der Schlafgruppe weniger emotionsspezifische Merkmale, an denen sie glaubten, die jeweilige Emotion erkannt zu haben, als Teilnehmerinnen der Wachgruppe.

Hypothese 1: Verbesserung der Emotionserkennung im Training – tatsächlich perzeptuelles Lernen?

In Studie I konnten wir nicht ausschließen, dass die beobachtete Zunahme der Trefferquote im Training möglicherweise auf das Lernen von Häufigkeiten, mit denen einzelne Gesichtsausdrücke gezeigt wurden, zurückzuführen ist, statt auf eine tatsächliche Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke. Um auszuschließen, dass Teilnehmerinnen im Laufe des Experimentes implizit Wissen darüber erhielten, mit welcher Häufigkeit Emotionen und Modelle gezeigt werden, zeigten wir in Studie II zusätzliche zufällig ausgewählte Videos zu ebenfalls zufällig ausgewählten Zeitpunkten. Auch nach dieser Maßnahme zur Kontrolle des Einflusses von Wahrscheinlichkeitslernen nahm die Trefferquote in Studie II während der ersten Sitzung signifikant zu. Dies deutet darauf hin, dass die beobachtete Zunahme der Trefferquote tatsächlich auf perzeptuelles Lernen zurückzuführen ist.

Hypothesen 2b+c: Schlafabhängige Konsolidierung modellspezifischer und modellunabhängiger perzeptueller Lerninhalte – ist der Effekt nicht vorhanden oder nur verdeckt?

Obwohl wir den Stichprobenumfang von Studie I zu Studie II von 46 Teilnehmerinnen auf 119 Teilnehmerinnen erhöhten, war der Unterschied zwischen Schlaf- und Wachgruppe auch in Studie II statistisch nicht signifikant, weder für trainierte noch für untrainierte Modelle. Anders als erwartet nahm die Effektstärke des Unterschiedes zwischen Schlaf- und Wachgruppe von Studie I zu Studie II sogar ab (Studie I Cohen's $d = 0,20$ Studie II Cohen's $d = 0,09$), wodurch auch die Teststärke von Studie I zu Studie II abnahm (Studie I, $1-\beta = 0,17$; Studie II, $1-\beta = 0,13$). Ein positiver Einfluss von Schlaf auf die Konsolidierung des Lerneffektes konnte also auch in Studie II weder abschließend gezeigt noch abschließend verworfen werden.

Lernprozesse können durch Belohnungsreize modifiziert werden (Huston et al., 1972; Schulz, 2006; Fischer und Born, 2009). In Studie I konnten wir nicht ausschließen, dass Teilnehmerinnen den Losentscheid, dass sie in der Nacht nach dem Training schlafen beziehungsweise wach bleiben sollten, als unterschiedlich belohnend empfanden und dies die Konsolidierung des Lerneffektes in den beiden Gruppen unterschiedlich beeinflusste. Daher baten wir die Teilnehmerinnen in Studie II nach dem Test anzugeben, als wie belohnend sie den jeweiligen Losentscheid empfunden hatten. Dies zeigte, dass Teilnehmerinnen der Wachgruppe den Losentscheid als belohnender empfanden als Teilnehmerinnen der Schlafgruppe. Das Belohnungsempfinden könnte eine Motivationssteigerung bei der Wachgruppe bewirkt haben und so möglicherweise zu einer Verkleinerung des Unterschiedes zwischen Schlaf- und Wachgruppe geführt haben. Eine Korrelation zwischen der Konsolidierung des Lerneffektes und dem selbstberichteten Belohnungsempfinden der Teilnehmerinnen über den Losentscheid zeigte sich jedoch weder in der Schlaf- noch in der Wachgruppe. Es erscheint daher unwahrscheinlich, dass der geringe Unterschied zwischen Schlaf- und Wachgruppe auf eine Beeinflussung der Konsolidierung durch Belohnungsempfinden zurückgeführt werden kann.

Transfer von impliziten in explizite Lerninhalte

In Studie I nannten Teilnehmerinnen der Schlafgruppe tendenziell mehr emotionsspezifische Merkmale, an denen sie glaubten, eine Emotion jeweils erkannt zu haben, als Teilnehmerinnen der Wachgruppe. Wir deuteten dies als einen möglichen Hinweis darauf, dass ein schlafabhängiger Transfer von impliziten in explizite Gedächtnissysteme stattgefunden haben könnte. In Studie II nannten Teilnehmerinnen der Schlafgruppe allerdings weniger emotionsspezifische Merkmale als Teilnehmerinnen der Wachgruppe. Der in Studie I gefundene Effekt konnte also in Studie II nicht repliziert werden.

4 Zusammenfassende Diskussion

Die Fähigkeit, emotionale Gesichtsausdrücke richtig wahrzunehmen, ist eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiche soziale Interaktion. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit deuten darauf hin, dass sich die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch unüberwachtes perzeptuelles Lernen während experimenteller Exposition nachhaltig verbessern kann.

In den beiden von uns durchgeführten Studien sahen weibliche junge gesunde erwachsene Teilnehmerinnen kurze Videos von emotionalen Gesichtsausdrücken. Nach jedem Video entschieden die Teilnehmerinnen, welche von 4 möglichen negativen Emotionen sie gesehen haben. Unserer Hypothese 1 entsprechend verbesserten die Teilnehmerinnen beider Studien ihre Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke bereits während der ersten experimentellen Sitzung (Training), obwohl sie zu keinem Zeitpunkt eine Rückmeldung (Feedback) über die Richtigkeit ihrer Entscheidung erhielten. Vorhergehende Studien zeigen, dass die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke unter experimentellen Bedingungen durch gezieltes Training mit Feedback verbessert werden kann (z.B. Stewart und Singh, 1995; Efenbein, 2006; Matsumoto und Hwang, 2011; Hurley, 2012). Da der Empfänger eines Kommunikationssignals in natürlich ablaufender Kommunikation aber häufig keine Rückmeldung darüber erhält, wie gut er ein Kommunikationssignal verstanden hat, ihm also kein Feedback als externes Lernsignal zur Verfügung steht, welches das Lernen steuern könnte, vermuteten wir, dass an der Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke eine Lernform beteiligt ist, die keines externen Lernsignals bedarf. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch experimentelle Exposition ohne Feedback verbessert werden kann und dass dieser Lerneffekt modellunabhängig ist, also auf Gesichtsausdrücke vorher nicht gesehener Personen generalisiert.

Die zweite wichtige Frage, die in der vorliegenden Arbeit untersucht werden sollte, war, ob die Konsolidierung eines möglichen Lerneffektes schlafabhängig ist, ob der Lerneffekt also nur dann über eine zweitägige Retentionsphase erhalten bleibt, wenn die Teilnehmerinnen in der auf das Training folgenden Nacht schlafen. Diese Frage kann aufgrund der vorliegenden Arbeit nicht abschließend beantwortet werden. Teilnehmerinnen, die in der

Nacht nach dem Training geschlafen hatten (Schlafgruppe), zeigten in beiden Studien zu Beginn des Tests eine bessere Emotionswahrnehmung als zu Beginn des Trainings. Teilnehmerinnen, die in der Nacht nach dem Training gewacht hatten (Wachgruppe), zeigten in keiner der beiden Studien zu Beginn des Tests eine bessere Emotionswahrnehmung als zu Beginn des Trainings. Der Unterschied zwischen Schlaf- und Wachgruppe war jedoch in beiden Studien gering und statistisch nicht signifikant.

Weiterhin sollte in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, ob Schlaf den Transfer impliziter in explizite Lerninhalte auch bei der Verbesserung der Wahrnehmung von emotionalen Gesichtsausdrücken begünstigt. Auch diese Frage kann aufgrund der vorliegenden Arbeit nicht abschließend beantwortet werden, denn anders als in Studie I nannten Teilnehmerinnen der Schlafgruppe in Studie II nicht mehr, sondern weniger emotionsspezifische Merkmale als Teilnehmerinnen der Wachgruppe.

Unüberwachtes Lernen in der Emotionswahrnehmung

Erkenntnisse aus fMRT-Studien, die unüberwachtes perzeptuelles Lernen mit Hilfe von einfachen visuellen Diskriminationsaufgaben untersuchten, deuten darauf hin, dass beim perzeptuellen Lernen die Selektion relevanter sensorischer Informationen durch Wichtung neuronaler Spuren verbessert wird (Rushworth et al., 2009). In diesem Prozess scheint das Belohnungssystem auch in Abwesenheit externer Feedbacksignale eine wichtige Rolle zu spielen (Daniel und Pollmann, 2012). Guggenmos et al. (2016) zeigten in einer fMRT-Studie, dass das Belohnungssystem der TeilnehmerInnen während der Durchführung einer perzeptuellen Aufgabe aktiviert war, obwohl während der Bearbeitung der Aufgabe kein externes Feedbacksignal zur Verfügung stand, welches als Belohnung hätte wirken können. Die Autoren vermuten, dass in Abwesenheit eines externen Feedbacks ein internes Feedback generiert wird, welches möglicherweise mit einer subjektiven Sicherheit, die richtige Antwort gegeben zu haben, einhergeht und dass dieses interne Belohnungssignal den Lernprozess lenkt. Eine Studie von Anders et al. (2016) lieferte Hinweise darauf, dass auch dem unüberwachten perzeptuellen Lernen in der Emotionswahrnehmung, welches vermutlich zur Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke in Studie I und II geführt hat, ein internes Belohnungssignal zu Grunde liegen könnte. In dieser Studie wurden TeilnehmerInnen gebeten, aus den emotionalen Gesichtsausdrücken derselben

Modelle wie in Studie I den affektiven Zustand des jeweiligen Modells zu folgern. Dabei ging die subjektive Überzeugung der TeilnehmerInnen darüber, den affektiven Zustand eines Modells richtig erkannt zu haben, mit einer Aktivität in 2 Hirnregionen einher, die Teil des Belohnungssystems sind, nämlich dem ventralen Striatum und dem medialen orbitofrontalen Cortex (mOFC). Ebenso könnte in Studie I und II eine Aktivierung des Belohnungssystems durch ein internes Belohnungssignal zu einer langfristigen Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke geführt haben.

Generalisierung perzeptueller Lerninhalte

Obwohl die Beobachtung von Karni und Sagi (1991), dass die Verbesserung perzeptueller Fähigkeiten in der von ihnen entwickelten Textur-Diskriminationsaufgabe (*texture discrimination task*, TDT) spezifisch für das trainierte Auge ist, nicht repliziert werden konnte (Schoups et al., 2002), wurde lange vermutet, dass visuelles perzeptuelles Lernen durch neuronale Plastizität in einem frühen Teil der Sehbahn ermöglicht wird, in welchem die Reizverarbeitung noch monokular erfolgt (Karni und Sagi, 1991). Erkenntnisse aus fMRT-Studien deuten jedoch darauf hin, dass eine Verbesserung visueller perzeptueller Fähigkeiten, möglicherweise aufgabenabhängig, auch mit Veränderungen in höheren visuellen und fronto-parietalen Arealen assoziiert sein kann (Zhang et al., 2010; Kahnt et al., 2011), und dass diese Veränderungen in höheren kortikalen Arealen mit weniger spezifischen Lerneffekten assoziiert sind (Nahum et al., 2009; Sasaki et al., 2010). Sowohl die Ergebnisse der Stimulusevaluation in Studie I als auch die Ergebnisse von Studie II legen nahe, dass die in der vorliegenden Arbeit beobachtete Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke wenig stimuluspezifisch ist und schnell auf Gesichtsausdrücke zuvor nicht gesehener Personen generalisiert.

Die Wahrnehmung von Emotionen in Gesichtsausdrücke unterscheidet sich von einfachen visuellen Diskriminationsaufgaben zum einen dadurch, dass die visuelle Analyse emotionaler Gesichtsausdrücke komplexere visuelle Prozesse erfordert als das Erkennen und Unterscheiden einfacher geometrischer Formen und zum anderen dadurch, dass emotionale Gesichtsausdrücke eine Bedeutung haben, die mit visuellen Informationen also mit (angeborenem oder erworbenem) konzeptuellem Wissen verknüpft ist (Adolphs et al., 2002; Calvo und Nummenmaa, 2015). Aufgrund von Computersimulationen vermuten

Calvo und Nummenmaa (2015), dass eine Verbesserung der Emotionswahrnehmung in Gesichtsausdrücken durch Exposition vor allem auf einer Modifikation der zugrundeliegenden visuellen Prozesse beruht. Aus Studien zum Spracherwerb im Kindesalter ist bekannt, dass Kinder multidimensionale Kategorien von Sprachlauten durch Exposition lernen. Ermöglicht wird dieses Lernen vermutlich durch neuronale Prozesse, die nicht auf einfachen physikalischen Dimensionen (z.B. Tonlänge, Tonintensität, einfache spektrale Information) arbeiten, sondern auf perzeptuellen Dimensionen höherer Ordnung (Goudbeck et al., 2009; Maye et al., 2002). Vergleichbare neuronale Prozesse in höheren visuellen Arealen könnten unüberwachtes perzeptuelles Lernen in der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke ermöglichen. Möglicherweise werden aber beim perzeptuellen Lernen in der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke auch jene neuronalen Prozesse modifiziert, die die visuellen Informationen mit somatomotorischen, affektiven und lexikalischen Informationen verknüpfen, die in multimodalen kortikalen Arealen repräsentiert sind. Dies könnte zu weniger spezifischen (generelleren) Lerneffekten führen als das in einfachen visuellen Diskriminationsaufgaben der Fall ist.

Ob die in Studie I und II beobachtete Verbesserung der Wahrnehmung von Emotionen in Gesichtsausdrücken vor allem auf einer Verbesserung visueller oder höherer, multimodaler Prozesse beruht, die den wahrgenommenen Gesichtsausdrücken eine Bedeutung zuordnen, kann anhand der vorliegenden Arbeit nicht beurteilt werden.

Sollte der Effekt vor allem auf Plastizität in höheren multimodalen kortikalen Arealen beruhen, könnten Lerneffekte möglicherweise auch auf andere Sinnesmodalitäten generalisieren. Eine sehr interessante Frage ist, ob Beobachter, die sich in der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke verbessert haben, gleichzeitig auch in der Wahrnehmung emotionaler Stimmfärbungen verbessern.

Schlafabhängige Konsolidierung perzeptueller Lerninhalte

Der positive Einfluss von Schlaf auf die Konsolidierung perzeptueller Lerninhalte konnte in vorhergehenden Studien mit großer Konsistenz gezeigt werden, vor allem für die von Karni und Sagi (1991, 1993) entwickelte TDT (Karni et al., 1994; Gais et al., 2000; Stickgold et al., 2000), aber auch für komplexere auditorisch-perzeptuelle Aufgaben wie die Wahrnehmung

von spektralen Unterschieden (Gaab et al., 2004) oder das Verstehen von synthetischer Sprache (Fenn et al., 2006).

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen den positiven Effekt von Schlaf dagegen nicht in der von uns erwarteten Deutlichkeit: Zwar verbesserte sich die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke jeweils nur bei den Teilnehmerinnen, die in der Nacht nach dem Training geschlafen hatten (Schlafgruppe) und nicht bei denjenigen, die in der Nacht nach dem Training gewacht hatten (Wachgruppe), doch war dieser Gruppenunterschied schwach und in keiner der beiden Studien statistisch signifikant. Als mögliche Erklärung hierfür muss in Betracht gezogen werden, dass die im Training erworbenen Lerninhalte nicht schlafabhängig konsolidiert werden.

Die Beobachtung, dass sich sowohl in Studie I als auch in Studie II eine Konsolidierung ausschließlich bei den Teilnehmerinnen der Schlafgruppe, nicht jedoch bei Teilnehmerinnen der Wachgruppe zeigte, könnte allerdings auch so interpretiert werden, dass die Konsolidierung der verbesserten Emotionswahrnehmung durch Schlaf verstärkt wird, die Ergebnisse der vorliegenden Studien dies allerdings nicht zeigten, weil der Effekt durch konfundierende Effekte verdeckt wurde. Beispielsweise könnte die Tatsache, dass nur die Wachgruppe die Nacht nach dem Training unter standardisierten Laborbedingungen verbrachte, die Teilnehmerinnen der Schlafgruppe hingegen Zuhause ihren gewohnten Schlafrhythmus fortsetzten, die Konsolidierung des Lerneffektes in der Schlafgruppe beeinträchtigt haben. Aktivitäten (z.B. Filme schauen, Lernen oder Lesen) der Teilnehmerinnen der Schlafgruppe vor dem Zubettgehen könnten interferierend auf die erlernten Gedächtnisinhalte gewirkt haben. Gedächtnissysteme konkurrieren und interferieren wechselseitig, solange sich das Gehirn im Wachzustand befindet (Brown und Robertson, 2007; Robertson, 2009). So wurde in einer Studie gezeigt, dass die Konsolidierung eines motorischen Lerninhaltes vermindert wird, wenn die TeilnehmerInnen direkt nach dem Training Wörter lernten (Brown und Robertson, 2007).

Möglicherweise spielt Schlaf im Prozess der Konsolidierung von perzeptuellen Lerninhalten in der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke auch eine andere Rolle als in einfachen visuellen Diskriminationsaufgaben. In einer Studie von Stickgold et al. (2000) konnten TeilnehmerInnen, die 30 Stunden nach einem Training der TDT wach blieben, auch nach 2 Erholungsnächten die Zielreize nicht schneller detektieren als vor dem Training.

TeilnehmerInnen jedoch, die in der ersten Nacht nach dem Training schliefen, zeigten 48 bis 96 Stunden nach dem Training eine maximale Leistungsverbesserung. Auch für Schlafphasen mit einer Dauer von einer Stunde wurde ein positiver Einfluss auf die Konsolidierung des Lerneffektes in der TDT gezeigt (Mednick et al., 2002). Ob es eine optimale Schlafdauer für die Konsolidierung neuer Lerninhalte gibt und wie lang diese ist, ist unbekannt (Diekelmann und Born, 2010). Denkbar ist, dass die Schlafdauer, die für eine messbare Konsolidierung erforderlich ist, von Lernform zu Lernform variiert. Interessanterweise zeigten Studien, dass vor allem die Konsolidierung prozeduraler Lerninhalte durch eine längere Schlafdauer positiv beeinflusst werden kann (Gais et al., 2000; Walker et al., 2003). In einer Studie von Walker et al. (2003) wurden TeilnehmerInnen gebeten, eine Zahlensequenz so schnell und korrekt wie möglich auf einer Tastatur zu tippen (*serial finger tapping task*; sFFT). Die Ergebnisse zeigten, dass nicht nur die erste, sondern auch weitere Nächte nach Bearbeitung der sFFT, in denen die Probanden ihren Schlafrhythmus wie gewohnt fortsetzen, eine deutliche Leistungsverbesserung bewirkten.

Möglicherweise findet auch bei perzeptuellen Lernprozessen, die zu einer Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke führen, eine schlafabhängige Konsolidierung über die erste Nacht hinaus oder erst in späteren Nächten statt. In den Studien der vorliegenden Arbeit wachten die TeilnehmerInnen der Wachgruppe nur in der ersten Nacht nach dem Training und setzten ihren Schlafrhythmus in der zweiten Nacht nach dem Training wie gewohnt fort. Es ist nicht ausgeschlossen, dass das im Training Erlernte in der Wachgruppe nicht vollständig vergessen wurde, sondern in der zweiten Nacht nach dem Training konsolidierte, so dass im Test kein signifikanter Unterschied zwischen Schlaf- und Wachgruppe beobachtet werden konnte. Diese Hypothese könnte mit einem experimentellen Design getestet werden, in dem die TeilnehmerInnen der Wachgruppe nach dem Training mehr als eine Nacht wach bleiben.

Sollte ein positiver Einfluss von Schlaf auf die Konsolidierung des Lerneffektes in der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke in zukünftigen Studien statistisch zuverlässig nachgewiesen werden, könnte in weiteren Studien untersucht werden, welchen Einfluss verschiedene Schlafphasen auf die Konsolidierung haben. In vorhergehenden Studien konnte der Einfluss bestimmter Schlafphasen auf die Konsolidierung einfacher visueller Lerninhalte bereits untersucht werden. Möglicherweise

korreliert die Konsolidierung des Trainingseffektes bei der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke mit dem Gehalt an *slow wave sleep* (SWS, ein Funktionszustand des Gehirns, der überwiegend in der ersten Nachthälfte auftritt und im Elektroenzephalogramm (EEG) durch das Auftreten niederfrequenter Delta-Wellen (*slow waves*) im Bereich von 0,5 bis 2,0 Hertz gekennzeichnet ist) in der ersten Nachthälfte, wie es für die von Karni und Sagi entwickelte visuelle Textur-Diskriminationsaufgabe (*texture discrimination task*, TDT) gezeigt wurde (Gais et al., 2000; Stickgold et al., 2000).

Transfer von impliziten in explizite Lerninhalte

In Untersuchungen zu seriellen Reaktionszeitaufgaben (*serial reaction time tasks*; SRTTs) wurde gezeigt, dass Schlaf einen positiven Einfluss auf den Transfer implizit erworbener Lerninhalte in explizite Lerninhalte haben kann (Fischer et al., 2006). In Übereinstimmung mit diesen Befunden nannten in Studie I Teilnehmerinnen, die in der Nacht nach der ersten Sitzung geschlafen haben (Schlafgruppe) tendenziell mehr emotionsspezifische Merkmale, an denen sie glaubten, eine Emotion jeweils erkannt zu haben, als Teilnehmerinnen der Wachgruppe. Wir deuteten dies als einen möglichen Hinweis darauf, dass ein schlafabhängiger Transfer impliziter in explizite Gedächtnissysteme stattgefunden haben könnte. Dieser Befund konnte in Studie II allerdings nicht repliziert werden. Beim Vergleich des Versuchsaufbaus in der vorliegenden Arbeit und den SRTTs fallen bedeutende Unterschiede auf. In jenen Studien wurden die TeilnehmerInnen im Gegensatz zu den Teilnehmerinnen unserer beiden Studien bereits vor der Konsolidierungsphase über das Vorhandensein einer Sequenzregel informiert und darüber in Kenntnis gesetzt, dass nach der Konsolidierungsphase eine Abfrage expliziten Wissens stattfinden würde (Fischer et al., 2006; Harrer, 2007). Möglicherweise wurde bei den TeilnehmerInnen auf diese Weise eine Erwartungshaltung kreiert, die auf den Konsolidierungsprozess Einfluss nimmt und den Transfer impliziter Lerninhalte ins explizite Gedächtnis durch Schlaf begünstigt (Fischer et al., 2006; Harrer, 2007). Durch Ankündigung der Abfrage emotionsspezifischer Merkmale vor dem Training würde möglicherweise eine Erwartungshaltung hervorgerufen werden, die einen relevanzabhängigen Transfer impliziter in explizite Lerninhalte auch in der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke begünstigt.

Interindividuelle Unterschiede

Den emotionalen Zustand einer anderen Person aus ihrem Gesichtsausdruck ablesen zu können ist eine wichtige soziale Fähigkeit, die möglicherweise von Beobachter zu Beobachter stark variiert. Um die Geschlechtszugehörigkeit als interferierende Varianzquelle in der vorliegenden Arbeit ausschließen zu können, führten wir die Untersuchungen ausschließlich mit weiblichen Beobachtern und Gesichtsausdrücken von weiblichen Modellen durch. Auch wenn wir davon ausgehen, dass sich die der Emotionswahrnehmung zugrundeliegenden neuronalen Mechanismen bei Frauen und Männern nicht grundsätzlich unterscheiden, sollten zukünftige Studien zur Rolle von perzeptuellen Lernen in der Emotionswahrnehmung auch die übrigen 3 Geschlechtskonstellationen (Frauen-Männer, Männer-Frauen, Männer-Männer) berücksichtigen.

Auch geschlechtsunabhängige interindividuelle Effekte können einen Einfluss darauf haben, wie gut eine Person den emotionalen Zustand einer anderen Person entschlüsseln kann. Anders et al. (2016) zeigten in der bereits oben beschriebenen Studie, in der TeilnehmerInnen gebeten wurden während einer fMRT-Untersuchung aus den emotionalen Gesichtsausdrücken derselben Modelle wie in Studie I den affektiven Zustand des jeweiligen Modells zu folgern, dass die TeilnehmerInnen sich umso mehr zu einem Modell hingezogen fühlten, je besser sie beziehungsweise er dieses zu verstehen glaubte. Die individuellen Veränderungen in der zwischenmenschlichen Anziehung korrelierten mit einer verstärkten Aktivität im Belohnungssystem (ventrales Striatum und medialer orbitofrontaler Cortex [mOFC]) des Beobachters. Diese Aktivität wiederum signalisiert, wie gut das „neuronale Vokabular“ eines Teilnehmers geeignet war, die emotionalen Gesichtsausdrücke eines Modells zu dekodieren. Diese Beobachtung legt nahe, dass auch die TeilnehmerInnen in der vorliegenden Arbeit mit unterschiedlichem „neuronalen Vokabular“ ausgestattet waren. Möglicherweise war also nicht jede Teilnehmerin gleich gut in der Lage, die Emotionen jedes einzelnen Modells zu erkennen und umgekehrt konnte nicht jedes Modell gleich gut von jeder Teilnehmerin erkannt werden. Solche interindividuellen Effekte könnten zu den (nicht signifikanten) Gruppenunterschieden zu Beginn des Trainings geführt haben und auch die geringen Gruppenunterschiede in der Konsolidierung erklären. Die Erkenntnis, dass eine starke Interaktion zwischen Modellen und TeilnehmerInnen existieren könnte, sollte bei der Versuchsplanung künftiger

Untersuchungen zur Rolle von perzeptuellem Lernen in der Emotionswahrnehmung berücksichtigt werden. Möglich wäre beispielsweise die Nutzung von Stimulussets, die deutlich mehr Modelle beinhalten als die Stimulussets in den vorliegenden beiden Studien (5 Modelle in Studie I und 24 Modelle in Studie II), da dies vermutlich zu einer ausgewogeneren Verteilung der Messwerte mit einer Verkleinerung der Varianz zwischen den Teilnehmerinnen einer Gruppe führen würde.

5 Zusammenfassung der Arbeit

Eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiche soziale Interaktion ist das Verstehen emotionaler Gesichtsausdrücke. Die Annahme, dass sich die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch Lernen verbessern kann, basiert auf Studien zu interkulturellen Unterschieden im emotionalen Ausdruck, die zeigen, dass Menschen emotionale Gesichtsausdrücke fremder kultureller Gruppen umso besser erkennen können, je mehr Kontakt zu dieser Gruppe besteht. Dies führte uns zu der Frage, welche Lernformen und neuronalen Mechanismen dieser Verbesserung zugrunde liegen. Da in natürlich ablaufender Kommunikation häufig kein externes Lernsignal zur Verfügung steht, vermuten wir, dass an der Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke eine Lernform beteiligt ist, die keines externen Lernsignals bedarf. Lernformen, die keines externen Lernsignals bedürfen (unüberwachtes Lernen) sind bereits gut untersucht. Die vorliegende Arbeit schließt an Studien zum unüberwachten perzeptuellen Lernen in einfachen visuellen Diskriminationsaufgaben an und untersucht, ob eine ähnliche Form des perzeptuellen Lernens, auch zu einer Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke führen kann. Hierfür zeigten wir Teilnehmerinnen Videos mit emotionalen Gesichtsausdrücken und baten sie, nach jedem Video zu entscheiden, welche von 4 möglichen Emotionen sie gesehen haben (Training). Dabei erhielten die Teilnehmerinnen keinerlei Feedback über die Richtigkeit ihrer Entscheidung. In einer zweiten Sitzung (Test) 2 Tage später beurteilten die Teilnehmerinnen die emotionalen Gesichtsausdrücke erneut. Während des Trainings zeigten die Teilnehmerinnen eine signifikante Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke. Dies deutet daraufhin, dass die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch unüberwachtes perzeptuelles Lernen verbessert werden kann. In zahlreichen Studien konnte der fördernde Einfluss von Schlaf auf die Konsolidierung neuer Lerninhalte nachgewiesen werden. Auch für das perzeptuelle Lernen konnte dieser Zusammenhang mit großer Konsistenz gezeigt werden. In der vorliegenden Arbeit untersuchten wir, ob Schlaf die Konsolidierung des Lerneffektes in der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke positiv beeinflusst. Teilnehmerinnen, die in der Nacht nach dem Training geschlafen hatten erkannten im Test nicht nur Videostimuli besser, die sie bereits im Training gesehen hatten (*stimulusspezifischer Lerneffekt*), sondern

auch neue Videos von Gesichtsausdrücken bereits im Training gesehener Modelle (trainierte Modelle, *stimulusunabhängiger, modellspezifischer Lerneffekt*) und sogar Gesichtsausdrücke von Modellen, die sie nicht im Training gesehen hatten (untrainierte Modelle, *modellunabhängiger, genereller Lerneffekt*). Dies werteten wir als Hinweis darauf, dass die Verbesserung der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch experimentelle Exposition auf Gesichtsausdrücke zuvor nicht gesehener Personen generalisiert. Teilnehmerinnen hingegen, die in der Nacht nach dem Training gewacht hatten (Wachgruppe), zeigten im Test keine Verbesserung, weder für bereits gesehene Videostimuli oder Modelle, noch für neue Modelle. Obwohl sich die Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke jeweils nur bei Teilnehmerinnen der Schlafgruppe und nicht bei Teilnehmerinnen der Wachgruppe verbesserte, zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit den fördernden Einfluss von Schlaf auf die Konsolidierung des perzeptuellen Lerneffektes nicht in der von uns erwarteten Deutlichkeit: Der Gruppenunterschied war jeweils gering und in keiner der beiden Studien statistisch signifikant.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen an zwei unabhängigen Stichproben weiblicher junger gesunder Erwachsener, dass die Fähigkeit zur Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke durch experimentelle Exposition verbessert werden kann, auch wenn kein externes Lernsignal (Feedback) zur Verfügung steht. Dies deutet darauf hin, dass diese Wahrnehmungsverbesserung auf einer Form des unüberwachten perzeptuellen Lernens beruht. Über eine mögliche schlafabhängige Konsolidierung dieses Lerneffektes kann aufgrund der in dieser Arbeit erhobenen Daten keine abschließende Aussage getroffen werden.

6 Literaturverzeichnis

- Adolphs R. (2002). Recognizing emotion from facial expressions: Psychological and neurological mechanisms. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 1, 21–62.
- Anders S, Heinzle J, Weiskopf N, Ethofer T, Haynes J. (2011). Flow of affective information between communicating brains. *NeuroImage*, 54, 439–446.
- Anders S, de Jong R, Beck C, Haynes JD, Ethofer T. (2016). A neural link between affective understanding and interpersonal attraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 2248–2257.
- Blanch-Hartigan D. (2012). Patient Education and Counseling. An effective training to increase accurate recognition of patient emotion cues. *Patient Education and Counseling*, 89, 274–280.
- Born J, Wilhelm I. (2012). System consolidation of memory during sleep. *Psychological research*, 76, 192–203.
- Brown RM, Robertson EM. (2007). Off-Line processing: reciprocal interactions between declarative and procedural memories. *Journal of Neuroscience*, 27, 10468–10475.
- Buck R, Miller R, Savin V, Caul W. (1972). Communication of affect through facial expressions in humans. *Journal of Personality and Social Psychology*, 23, 362–371.
- Buszaki G. (1998). Memory consolidation during sleep: a neurophysiological perspective. *Journal of Sleep Research*, 7, 17–23.
- Calvo M, Nummenmaa L. (2015). Perceptual and affective mechanisms in facial expression recognition: An integrative review. *Cognition and Emotion*, 30, 1081–1106.
- Collignon O, Girard S, Gosselin F, Saint-Amour D, Lepore F, Lassonde M. (2011). Women process multisensory emotion expressions more efficiently than men. *Neuropsychologia*, 30, 220–225.
- Daniel R, Pollmann S. (2012). Striatal activations signal prediction errors on confidence in the absence of external feedback. *NeuroImage*, 59, 3457–3467.
- Darwin C. (1876). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. Aufl.: Anniversary. Oxford University Press, London
- Dieckelmann S, Born J. (2010). The memory function of sleep. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 114–126.
- Dudai Y. (2004). The neurobiology of consolidation, or how stable is the engram? *Annual Review of Psychology*, 55, 51–86.

- Ekman P, Sorensen RE, Friesen WV. (1969) Pan-cultural elements in facial displays of emotion. *Science*, 164, 86–88.
- Ekman P, Friesen WV. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17, 124–129.
- Ekman P, Friesen WV, Ellsworth P. (1972). Emotion in the human face: Guidelines for research and an integration of findings. *Pergamin Press*, New York.
- Ekman P. (1992). Are there basic emotions? *Psychological Review*, 99, 550–553.
- Elfenbein HA. (2006). Learning in emotion judgments: Training and the cross-cultural understanding of facial expressions. *Journal of Nonverbal Behavior*, 30, 21–36.
- Elfenbein HA. (2013). Nonverbal dialects and accents in facial expressions of emotion. *Emotion Review*, 5, 90-96.
- Elfenbein HA, Ambady N. (2002). On the universality and cultural specificity of emotion recognition: a meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 128, 203–235.
- Elfenbein HA, Ambady N. (2003). When familiarity breeds accuracy: Cultural exposure and facial emotion recognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85, 276–290.
- Fenn KM, Nusbaum HC, Margoliash D. (2003). Consolidation during sleep of perceptual learning of spoken language. *Nature*, 425, 614–616.
- Fischer S, Drosopoulos S, Tsen J, Born J. (2006). Implicit learning – explicit knowing: A role for sleep in memory system interaction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 311–319.
- Fischer S, Born J. (2009). Anticipated reward enhances offline learning during sleep. *Journal of Experimental Psychology*, 35, 1586–1593.
- Gaab N, Paetzold M, Becker M, Walker M, Schlaug G. (2004). The influence of sleep on auditory learning: a behavioral study. *Sleep*, 15, 731–734.
- Gais S, Plihal W, Wagner U, Born J. (2000). Early sleep triggers memory for early visual discrimination skills. *Nature Neuroscience*, 3, 1335–1339.
- Goldstone RL. (1998). Perceptual learning. *Annual Review of Psychology*, 49, 585–612.
- Goudbeek M, Swingle D, Smits R. (2009). Supervised and unsupervised learning of multidimensional. *Journal of Experimental Psychology*, 35, 1913–1933.
- Guggenmos M, Wilbertz G, Hebart MN, Sterzer P. (2016). Mesolimbic confidence signals guide perceptual learning in the absence of external feedback. *eLife Science*, 5, 1–19.
- Hall J, Matsumoto D. (2004). Gender differences in judgments of multiple emotions from facial expressions. *Emotion*, 4, 201–206.

- Hampson E, van Anders S, Mullin L. (2006). A female advantage in the recognition of emotional facial expressions: test of an evolutionary hypothesis. *Evolution and Human Behavior*, 27, 401–416.
- Harrer D. (2007). Einfluss von Schlaf auf den Transfer im implizit-prozeduralem Gedächtnis zu explizit-prozeduralem Wissen. Med. Diss. Lübeck.
- Hawkey C, Amitay S, Moore DR. (2004). Early and rapid perceptual learning. *Nature Neuroscience*, 7, 1055–1056.
- Hoffmann J. (1993). Unbewußtes Lernen - eine besondere Lernform? *Psychologische Rundschau*, 44, 75–89.
- Hoffmann H, Kessler H, Eppel T, Rukavina S, Traue H. (2010). Expression intensity, gender and facial emotion recognition: Women recognize only subtle facial emotions better than men. *Acta Psychologica*, 135, 278-283.
- Huelle JO, Sack B, Broer K, Komlewa I, Anders S. (2014). Unsupervised learning of facial emotion decoding skills, *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1–10.
- Hurley CM. (2012). Do you see what I see? Learning to detect micro expressions of emotion. *Motivation and Emotion*, 36, 371–381.
- Huston JP, Mondadori C, Waser PG. (1972). Facilitation of learning by reward of post-trial memory processes. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 30, 1038–1040.
- Izard CF. (2007). Basic emotions, natural kinds, emotion schemas, and a new paradigm. *Perspectives on Psychological Science*, 3, 260–280.
- Jenkins JG, Dallenbach KM. (1924) Obliviscence during sleep and waking. *The American Journal of Psychology*, 35, 605–612.
- Kahnt T, Grueschow M, Speck O, Haynes J. (2011). Perceptual learning and decision-making in human medial frontal cortex. *Neuron*, 70, 549–559.
- Karni A, Sagi D. (1991). Where practice makes perfect in texture discrimination: evidence for primary visual cortex plasticity. *Proceedings of the National Academy of sciences*, 88, 4966–4970.
- Karni A, Sagi D. (1993). The time course of learning a visual skill. *Letters to Nature*, 365, 250–252.
- Karni A, Tanne D, Rubenstein BS, Askenasy JM, Sagi D. (1994). Dependence on REM sleep of overnight improvement of a perceptual skill. *Science*, 265, 679–682.
- Law C, Gold JJ. (2008). Neural correlates of perceptual learning in a sensory-motor, but not a sensory, cortical area. *Nature Neuroscience*, 11, 505–513

- Law C, Gold JI. (2009). Reinforcement learning can account for associative and perceptual learning on a visual-decision task. *Nature Neuroscience*, 12, 655–663.
- Lu Z-L, Liu J, Doshier BA. (2010). Modeling mechanisms of perceptual learning with augmented Hebbian reweighting. *Vision Research*, 50, 379–390.
- Maquet P. (2001). The role of sleep in learning and memory. *Science*, 294, 1048–1052.
- Marsh AA, Effenbein HA, Ambady N. (2003). Nonverbal “accents”: Cultural differences in facial expressions of emotion. *Psychological Science*, 14, 373–376.
- Matsumoto D. (1989). Cultural influences on the perception of emotion. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 20, 92–105.
- Matsumoto D. (1992). American-Japanese cultural differences in the recognition of universal facial expressions. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 23, 72–84.
- Matsumoto D. (1993). Ethnic differences in affect intensity, emotion judgements, display rule attitudes, and self-reported emotional expression in an american sample. *Motivation and Emotion*, 17, 107–123.
- Matsumoto D, Hwang HS. (2011). Evidence for training the ability to read microexpressions of emotion. *Motivation and Emotion*, 35, 181–191.
- Maye J, Werker J, Gerken L. (2002). Infant sensitivity to distributional information can affect phonetic discrimination. *Cognition*, 82, 101–111.
- McGaugh JL. (2000). Memory – a century of consolidation. *Science*, 14, 248–251.
- Mednick S, Ken Nakayama K, Jose L. Cantero J, Mercedes Atienza M, Alicia A. Levin A, Neha Pathak N, Robert Stickgold R. (2002). The restorative effect of naps on perceptual deterioration. *Nature Neuroscience*, 5, 677–681.
- Mednick S, Nakayama K, Stickgold R. (2003). Sleep-dependent learning: a nap is as good as a night. *Nature Neuroscience*, 6, 697–698.
- Müller GE, Pilzecker A. (1900). Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis. *Zeitschrift für Psychologie: Ergänzungsband 1*: 1–300.
- Nahum M, Nelken I, Ahissar M. (2009). Stimulus uncertainty and perceptual learning: Similar principles govern auditory and visual learning. *Vision Research*, 50, 391–401.
- Robertson EM. (2009). From creation to consolidation: A novel framework for memory processing. *PLOS Biology*, 7, 11–19.
- Rushworth MF, Mars RB, Summerfield C. (2009). General mechanisms for making decisions? *Current Opinion in Neurobiology*, 19, 75–83.

- Sabatelli M, Buck R, Dreyer A, (1980). Communication via facial cues in intimate dyads. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 6, 242-247.
- Sasaki Y, Nanez JE, Watanabe T. (2010). Advances in visual perceptual learning and plasticity. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 53–60.
- Schachter S, Singer J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, 69, 379-399.
- Scherer KR, Scherer U. (2011). Assessing the ability to recognize facial and vocal expressions of emotion: construction and validation of the emotion recognition index. *Journal of Nonverbal Behavior*, 35, 305–326.
- Schoups AA, Orban GA. (1996). Interocular transfer in perceptual learning of a pop-out discrimination task. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93, 7358–7362.
- Schultz W. (2006) Behavioral theories and the neurophysiology of reward. *Annual Review of Psychology*, 57, 87–115.
- Shimizu E, Tang YP, Rampon C, Tsien JZ. (2000). NMDA receptor-dependent synaptic reinforcement as a crucial process for memory consolidation. *Science*, 290, 1170–1174.
- Shors TJ, Miesegaes G, Beylin A, Zhao M, Rydel T, Gould E. (2001). Neurogenesis in the adult is involved in the formation of trace memories. *Nature* 410, 372–376.
- Smith C, MacNeill C. (1994). Impaired motor memory for a pursuit rotor task following stage 2 sleep loss in college students. *Journal of Sleep Research*, 3, 206–213.
- Squire L, Zola SM. (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory system, 93, 13515–13522.
- Stewart CA, Singh NN (1995). Enhancing the recognition and production of facial expressions of emotion by children with mental retardation. *Research in Developmental Disabilities*, 16, 365–382.
- Stickgold R, James L, Hobson JA. (2000). Visual discrimination learning requires sleep after training, *Nature Neuroscience*, 3, 1237–1238.
- Tomkins S, McCarter R. (1964) What are and where are the primary affects? Some evidents for a theory. *SAGE Publications*, 18, 119–158.
- Wagner U, Gais S, Haider H, Verleger R, Born J. (2004). Sleep inspires insight. *Nature*, 427, 352–355.
- Walker M, Brakefield T, Seidman J, Morgan A, Hobson A, Stickgold R. (2003). Sleep and the time course of motor skill learning. *Learning Memory*, 10, 275–284.

- Walker MP, Stickgold R, Avenue B. (2004). Sleep-dependent learning and memory consolidation. *Neuron*, 44, 121–133.
- Willingham DB, Goedert-Eschmann K. (1999). The relation between implicit and explicit learning: Evidence for parallel development. *Psychological Science*, 10, 531–534.
- Willingham DB. (2001). Becoming aware of a motor skill. *Trends in Cognitive Science*, 5, 181–182.
- Zhang J, Meeson A, Welchman AE, Kourtzi Z. (2010). Learning alters the tuning of functional magnetic resonance imaging patterns for visual forms. *The Journal of Neuroscience*, 30, 14127–14133.

Anhang

Anhang I: Tabellen Studie I

Stimuli				
5 Modelle 4 Emotionen (Ärger, Ekel, Furcht, Trauer) pro Modell 5 Videolängen (2s, 4s, 6s, 8s, 10s) pro Emotion insgesamt 5 Modelle x 4 Emotionen x 5 Videolängen = 100 Videos				
Stimulussets				
S1	S2	S3	S4	S5
5 Modelle pro Stimulusset jeweils 1 Video pro Emotion pro Modell pro Stimulusset insgesamt 5 Modelle x 4 Emotionen x 1 Video = 20 Videos pro Stimulusset				
Reihenfolge der Stimulussets				
A	B	C	D	E
B1-B2-B3-B4-B5	B1-B2-B3-B4-B5	B1-B2-B3-B4-B5	B1-B2-B3-B4-B5	B1-B2-B3-B4-B5
S1-S2-S3-S4-S5	S2-S3-S4-S5-S1	S3-S4-S5-S1-S2	S4-S5-S1-S2-S3	S5-S1-S2-S3-S4

Tabelle 1. Studie I: Stimulation.

Die Stimuli für Studie I wurden auf 5 Stimulussets verteilt. Jedes Stimulusset umfasste 20 Videos und zeigte alle 4 Emotionen jedes Modells, wobei alle zu einem Modell gehörenden Videos sich in ihren Videolängen unterschieden. Innerhalb eines Stimulussets wurde jede Emotion in allen 5 Videolängen gezeigt. B steht für Block und gibt den Zeitpunkt an, zu welchem ein Stimulusset innerhalb einer experimentellen Sitzung gezeigt wurde.

Reihenfolge		N Teilnehmerinnen		
Training	Test	Schlafgruppe	Wachgruppe	Gesamt
A	B	7	8	15
B	C	4	4	8
C	D	4	3	7
D	E	3	5	8
E	A	4	4	8
SUMME		22	24	46

Tabelle 2. Studie I: Verteilung der Teilnehmerinnen.

Die 5 Stimulussets wurden in 5 verschiedenen Reihenfolgen (A-E) gezeigt. Jeder Reihenfolge war eine bestimmte Reihenfolge der Emotionsbegriffe auf der Tastatur zugeordnet. Jeweils 2 Teilnehmerinnen gleichen Alters wurden gepaart. Nach der ersten Sitzung (Training) wurde jeweils durch Los entschieden, welche der beiden Teilnehmerinnen der Schlaf- und welche der Wachgruppe zugeordnet wurde. Die zweite Sitzung (Test) erfolgte 2 Tage nach dem Training. N bezeichnet die Anzahl der Teilnehmerinnen.

Anhang II: Tabellen Studie II

Stimuli					
28 Modelle 4 Emotionen (Angst, Trauer, Verachtung, Wut) pro Modell 3 Videos (8 s) pro Emotion insgesamt 28 Modelle x 4 Emotionen x 3 Videos = 336 Videos					
Stimulussets					
A		B		C	
28 Modelle pro Stimulusset jeweils 1 Video pro Emotion pro Modell pro Stimulusset insgesamt 28 Modelle x 4 Emotionen x 1 Video = 112 Videos pro Stimulusset					
Stimulussubsets					
A1	A2	B1	B2	C1	C2
14 Modelle pro Stimulussubset 1 Video pro Emotion pro Modell pro Stimulussubset insgesamt 14 Modelle x 4 Emotionen x 1 Video = 56 Videos pro Stimulussubset					
Reihenfolge der Stimuli in den Stimulussubsets					
Vorwärts					
A→ (A1- A2)		B→ (B1 - B2)		C→ (C1 - C2)	
Rückwärts					
A← (A2'- A1')		B← (B2'- B1')		C← (C2'- C1')	

Tabelle 3. Studie II: Stimulussets der Videoevaluation.

Für die Videoevaluation wurden 336 Videos auf 3 Stimulussets verteilt. Insgesamt gab es 3 Videos pro Emotion von 28 Modellen. Die 3 Videos wurden so aufgeteilt, dass jedes Stimulusset genau 1 Video pro Emotion pro Modell enthielt. Stimulussubsets mit gleichen Buchstaben beinhalteten jeweils 14 komplett unterschiedliche Modelle. Die Stimulussets wurden in 2 unterschiedlichen Reihenfolgen, nämlich vorwärts (→) und rückwärts (←) gezeigt.

Stimulus-set	Reihenfolge	Evaluationsgruppe	N der Evaluationsgruppe	N der Evaluations-subgruppe	N Frauen	N Männer	N Gesamt
A	→ (A1 - A2)	1	14	4/6/4	18	10	28
	← (A2' - A1')	2	14	5/5/4			
B	→ (B1 - B2)	3	15	4/6/5	18	12	30
	← (B2' - B1')	4	15	4/6/5			
C	→ (C1 - C2)	5	16	5/5/6	16	10	26
	← (C2' - C1')	6	10	3/4/3			
SUMME					52	32	84

Tabelle 4. Studie II: Verteilung der unabhängigen BeobachterInnen in der Videoevaluation.

Die BeobachterInnen in der Videoevaluation wurden in 6 Evaluationsgruppen eingeteilt, wobei BeobachterInnen einer Gruppe das gleiche Stimulusset in der gleichen Reihenfolge sahen. Eine Evaluationsgruppe setzte sich aus 3 Evaluations-subgruppen zusammen. BeobachterInnen, die zur selben Subgruppe gehörten, sahen dasselbe Stimulusset gemeinsam. N bezeichnet die Anzahl der BeobachterInnen.

Stimuli					
24 Modelle 4 Emotionen (Angst, Trauer, Verachtung, Wut) pro Modell 2 Videos (8 s) pro Emotion insgesamt 24 Modelle x 4 Emotionen x 2 Videos = 192 Videos					
Stimulussets					
P		Q		R	
8 Modelle pro Stimulusset 2 Videos pro Emotion pro Modell pro Stimulusset insgesamt 8 Modelle x 4 Emotionen x 2 Videos = 64 Videos pro Stimulusset					
Stimulussubsets					
P1	P2	Q1	Q2	R1	R2
Subsets mit gleichen Buchstaben enthalten gleiche Modelle 1 Video pro Emotion pro Modell insgesamt 8 Modelle x 4 Emotionen x 1 Video = 32 Videos pro Stimulussubset					
	TRAINING			TEST	
Subset-kombination	Block 1	Block 2		Block 1	Block 2
01	P1/Q2		R1/P2		
02	P2/Q1		R2/P1		
03	P1/Q2		R2/Q1		
04	P2/Q1		R1/Q2		
05	P1/R2		Q1/P2		
06	P2/R1		Q2/P1		
07	P1/R2		Q2/R1		
08	P2/R1		Q1/R2		
09	Q1/R2		P1/Q2		
10	Q2/R1		P2/Q1		
11	Q1/R2		P2/R1		
12	Q2/R1		P1/R2		

Tabelle 5. Studie II: Design der Stimulation.

Für die Stimulation in Studie II wurden 24 Modelle auf 3 Stimulussets verteilt. Anschließend wurden die beiden Videos pro Emotion und Modell auf jeweils 2 Stimulussubsets verteilt. Für Training und Test wurden jeweils 2 Stimulussubsets verwendet, die jeweils zu 2 der 3 unterschiedlichen Stimulussets gehörten. Die Stimulussubsets wurden so kombiniert, dass die Teilnehmerinnen im Test 8 der 16 Modelle sahen, die sie bereits im Training gesehen hatten (*trainierte Modelle*) und 8 Modelle, die sie im Training noch nicht gesehen hatten (*untrainierte Modelle*). Kursiv geschriebene Stimulussubsets enthalten untrainierte Modelle. Beide Blöcke im Training sowie beide Blöcke im Test waren jeweils identisch.

Stimulusset	P		Q		R	
	M	SD	M	SD	M	SD
Angst	53,4	19,7	54,4	18,6	57,2	21,3
Trauer	55,9	17,1	63,3	14,4	61,8	17,7
Verachtung	58,5	18,4	55,8	20,0	56,8	21,7
Wut	51,0	20,3	53,0	16,1	50,8	17,6
Alle Emotionen	54,7	19,1	56,6	17,9	56,0	20,1

Tabelle 6. Studie II: Trefferquoten der unabhängigen BeobachterInnen für die balancierten Stimulussets.

Die 24 Modelle wurden auf 3 Stimulussets P, Q und R aufgeteilt (8 Modelle pro Stimulusset). M bezeichnet die mittleren Trefferquoten in % und SD die Standardabweichungen.

Subsetkombination	N Teilnehmer	N Schlafgruppe	N Wachgruppe
01	11	6	5
02	9	4	5
03	10	5	5
04	10	5	5
05	10	5	5
06	10	5	5
07	10	5	5
08	10	5	5
09	10	5	5
10	9	4	5
11	10	5	5
12	10	5	5
SUMME	119	59	60

Tabelle 7. Studie II: Verteilung der Teilnehmerinnen.

Für die Stimulation in Studie II wurden 12 Subsetkombinationen erstellt, die sich in der Häufigkeit, mit der die Modelle im Experimentverlauf präsentiert wurden und in der Reihenfolge, in der die Modelle gezeigt wurden, unterschieden. Die Teilnehmerinnen wurden gepaart, wobei 2 Teilnehmerinnen gleichen Alters zur gleichen Zeit die gleiche Subsetkombination sahen. Nach der ersten Sitzung wurde jeweils durch Los entschieden, welche der beiden Teilnehmerinnen der Schlaf- und welche der Wachgruppe zugeordnet wird. Teilnehmerinnen derselben Subgruppe haben die gleiche Subsetkombination zum selben Zeitpunkt gesehen. N bezeichnet die Anzahl der Teilnehmerinnen.

Anhang III: Fragebogen zur expliziten Emotionserkennung



Probandencode:

Datum:

Woran haben Sie die Emotionen erkannt?

Angst: Kann ich nicht sagen.

Trauer: Kann ich nicht sagen.

Verachtung: Kann ich nicht sagen.

Wut: Kann ich nicht sagen.

Anmerkungen:

Anhang IV: Skala zum Belohnungsempfinden



Bitte kreuze an, was am ehesten zutrifft.

Als ich erfuhr, dass ich in der Nacht wach bleiben bzw. schlafen werde,.....

(Bitte nur ein Kreuz setzen.)

War ich sehr enttäuscht.

-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>														

Habe ich mich sehr gefreut.

Anhang V: Votum der Ethik-Kommission

Die Durchführung dieser Studie wurde durch die Ethik-Kommission der Universität zu Lübeck genehmigt. Aktenzeichen: 14-222. Antragsdatum 15.10.2014

Danksagung

Mein größter Dank gilt Frau Prof. Dr. Silke Anders. Sie ließ mich bei den SAILors mitsegeln, ermöglichte mir die Bearbeitung des Themas und stand mir darüber hinaus mit wertvollen Tipps, Anregungen und konstruktiver Kritik zur Seite wann immer es nötig war. Die Gespräche mit ihr waren nicht nur von nützlichen Ratschlägen geprägt, sondern lieferten stets auch neue Motivation und Mut.

Herrn Prof. Dr. Thomas Münte danke ich für die Möglichkeit meine Untersuchungen in der von ihm geleiteten Klinik für Neurologie durchführen zu dürfen.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Kollegen. Dr. Benjamin Sack half mir stets bei jeder Art von technischen Fragen und gab mir wertvolle Hinweise während der Anfertigung des Manuskripts. Irina Beck unterstützte mich bei der Vorbereitung beider Studien und setzte die Durchführung von Studie II fort. Bei Schnitt und Bearbeitung der Videostimuli sowie der Durchführung von Studie II stand mir Elin Klar helfend zur Seite.

Prof. Dr. Martin Lotze stellte die Räumlichkeiten des Baltic-Imaging-Centers der Universität Greifswald zur Verfügung, sodass die Videos außerhalb von Lübeck evaluiert werden konnten.

Die zahlreichen Probandinnen und Probanden machten mit ihrer engagierten Teilnahme die Datenerhebung zu einem interessanten und lehrreichen Unterfangen.

Meine Eltern, Martina und Frank Broer, ermöglichten mir Studium und Promotion. Ihre Unterstützung auch in schweren Phasen war und ist für mich von unschätzbarem Wert. Meine Geschwister, Kristin und Tobias Wolter, stehen mir stets bedingungslos zur Seite. Sie schenken mir viel von ihrer Zeit als sie das Manuskript auf Fehler durchsahen.

Und wenn die Arbeit an der Arbeit mir aufs Gemüt schlug, hat mein Freund Ruben Wagemans dies tapfer ertragen. Auf sehr besondere, ihm eigene Weise vermochte er mir stets Zuversicht zu geben.

Ihnen allen bin ich in Dank verbunden.

Lebenslauf

Name Katja Broer
Geburtsdatum 27.08.1989
Geburtsort Malchin



Schulbildung

2000 - 2008 Goethe-Gymnasium/Musikgymnasium Demmin

Studium

2008 - 2016 Studium der Humanmedizin
Universität zu Lübeck
03/2011 1. Staatsexamen
07/2016 2. Staatsexamen

Wissenschaftliche Tätigkeit

04/2012 - 12/2014 Studentische Hilfskraft in der AG Anders
04/2014 Beginn der Promotionsarbeit in der AG Anders

Publikation

2014 Hülle JO, Sack B, Broer K, Komlewa I, Anders S. Unsupervised learning of facial emotion decoding skills. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1-10.
2019 Sack B, Broer K, Anders S. Sleep deprivation selectively enhances interpersonal emotion recognition from dynamic facial expressions at long viewing times: an observational study. *Neuroscience letters*, 694, 225 - 230.

Klinische Tätigkeit

06/2017 – 01/2019 Assistenzärztin für Psychiatrie und Psychotherapie im LVR-Klinikum Düsseldorf
seit 02/2019 Assistenzärztin für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychotherapie und Psychosomatik im LVR-Klinikum Düsseldorf, Kliniken der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Düsseldorf, den 31.07.2020

*Der Kampf gegen Gipfel vermag ein Menschenherz auszufüllen.
Wir müssen uns Sisyphos als einen glücklichen Menschen vorstellen.*

[A. Camus]