

**Gesichtsverarbeitung im Vorschulalter:
Wiedererkennung neuer Gesichter in Abhängigkeit des
Emotionsausdrucks
und
neurophysiologische Korrelate des Erlernens neuer Gesichter**

**Inaugural-Dissertation zur Erlangung
des akademischen Grades Doctor rerum naturalium
- Dr. rer. nat. -**

**vorgelegt von Claudia Freitag
geboren in Hanau**

**Fachbereich Psychologie und Sportwissenschaften
Abteilung Entwicklungspsychologie
Justus-Liebig-Universität Gießen**

vorgelegt im Juli 2007

Zeitpunkt der Disputation: Oktober 2007

Erstgutachterin: Universitätsprofessorin Dr. Gudrun Schwarzer

Zweitgutachter: Privatdozent Dr. Gebhard Sammer

Inhaltsverzeichnis

I. Zusammenfassung	1
II. Theoretische Grundlagen	4
1. Einleitung: Gesichter als besondere Forschungsobjekte.....	4
2. Modelle der Gesichtsverarbeitung.....	6
2.1 Modell von Bruce und Young.....	6
2.2 Neuronales Modell der Gesichtsverarbeitung.....	9
3. Verarbeitung der Identität.....	11
3.1 Charakteristische Merkmale des menschlichen Gesichts	11
3.2 Verarbeitungsstile	12
3.2.1 Analytischer Verarbeitungsstil.....	12
3.2.2 Konfiguraler Verarbeitungsstil.....	13
3.2.3 Holistischer Verarbeitungsstil.....	14
3.2.4 Altersabhängige Entwicklung der Verarbeitungsstile.....	15
3.3 Interne Repräsentation und Speicherung von Gesichtern	16
3.4 Neurophysiologische Korrelate der Gesichtsverarbeitung.....	17
3.4.1 EKPs der frühen visuellen Enkodierung	18
3.4.1.1 Die N170 als Korrelat der frühen Gesichtsverarbeitung	18
3.4.1.2 Altersbedingte Entwicklung der N170-Komponente.....	19
3.4.2 EKPs der Gesichtserkennung.....	20
3.4.2.1 N400f und P600f als Korrelate der Gesichtserkennung.....	20
3.4.2.2 Altersbedingte Entwicklung der EKPs der Gesichtserkennung.....	20
3.5. Leistungskurve der Gesichtserkennung.....	21
3.5.1 Säuglingsalter.....	22
3.5.2 Kleinkind- und Vorschulalter.....	23
3.5.3 Schulalter bis zum Erwachsenenalter.....	25
3.6 Altersabhängige Entwicklung der Gesichtsverarbeitung.....	26
3.6.1 Annahmen zur Besonderheit der Entwicklung der Gesichtsverarbeitung	26
3.6.2 Kognitive Entwicklungsprozesse	27
3.7 Prozess des Erlernens neuer Gesichter	29
4. Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks	30
4.1 Relevanz des emotionalen Gesichtsausdrucks	30
4.2 Annahmen zur Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks.....	31

4.3 Entwicklungsverlauf der Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks.....	32
5. Einfluss des emotionalen Ausdrucks auf die Identitätsverarbeitung	33
6. Zielsetzung der Arbeit	35
III. Methoden- und Ergebnisteil	37
7. Experiment 1: Der Prozess des Erlernens und das langfristige Wiedererkennen neuer Gesichter	37
7.1 Versuchspersonen	37
7.2 Stimuli	37
7.3 Apparatur	38
7.4 Durchführung	38
7.5 Diskriminationsindex A' und Antworttendenz B''	40
7.6 Ergebnisse	42
7.6.1. Erlernen von neuen Gesichtern in konstantem emotionalen Ausdruck	42
7.6.1.1 Antworttendenz	42
7.6.1.2 Lerntempo	43
7.6.2. Analyse des Lernprozesses	44
7.6.2.1 Verlauf der Diskriminationsleistung.....	44
7.6.2.2 Antworttendenz	46
7.6.3. Wiedererkennung nach zehn Minuten und einer Woche unter konstantem neutralen Ausdruck	47
7.6.3.1 Antworttendenz	49
7.6.3.2 Analyse der ersten Testphase	50
7.6.4 Diskussion	50
8. Experiment 2: Neurophysiologische Potentiale der Verarbeitung von Gesichtern unterschiedlicher Bekanntheit	56
8.1 Stichprobe	56
8.2 Stimuli	56
8.3 Apparatur	57
8.4 Durchführung	58
8.5 Datenanalyse	59
8.6 Ergebnisse	59
8.6.1 Verhaltensdaten	60
8.6.2 Neuronale Verarbeitung der drei Gesichterkategorien	60
8.6.2.1 P1 und N170	60

8.6.2.2 Neuronale Aktivität zwischen 350 und 800 ms	63
8.6.2.3 Vergleich der ersten und letzten Target- und Distraktor-Darbietungen	67
8.6.3 Diskussion	72
9. Experiment 3: Wiedererkennung neutraler Gesichter in zwei neuen Emotionsausdrücken	79
9.1 Versuchspersonen	79
9.2 Stimuli.....	79
9.3 Apparatur	80
9.4 Durchführung	80
9.5 Ergebnisse	82
9.5.1 Unmittelbare Wiedererkennung in neutralem Gesichtsausdruck	82
9.5.2 Wiedererkennung nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks.....	83
9.5.2.1 Reaktionszeiten.....	84
9.5.2.2 Antworttendenz	85
9.5.3 Wiedererkennung differenziert nach Emotionsausdruck	86
9.5.3.1 Antworttendenz.....	89
9.5.3.2 Reaktionszeiten	89
9.5.4 Diskussion	90
10. Experiment 4: Wiedererkennung emotionaler Gesichter in zwei neuen Emotionsausdrücken	95
10.1 Versuchspersonen	95
10.2 Stimuli und Apparatur	95
10.3 Durchführung	96
10.4 Ergebnisse	97
10.4.1 Unmittelbare Wiedererkennung der neuen Gesichter	97
10.4.2 Wiedererkennung nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks.....	98
10.4.2.1 Reaktionszeiten	99
10.4.2.2 Antworttendenz	100
10.4.3 Wiedererkennung differenziert nach Emotionsausdruck	102
10.4.3.1 Wiedererkennung der Gesichter mit neutralem und emotionalem Ausdruck.....	101
10.4.3.2 Reaktionszeiten.....	103
10.4.4 Diskussion	104

11. Experiment 3 und Experiment 4: Vergleich zwischen neutralen und emotionalen Gesichtern beim Erlernen und Wiedererkennen.....	109
11.1 Die unmittelbare Wiedererkennung in Abhängigkeit des Emotionsausdrucks	109
11.2. Wiedererkennung neutral und emotional gelernter Gesichter in veränderten Emotionsausdrücken	110
11.3 Diskussion	111
IV. Gesamtdiskussion	113
12. Unmittelbare Wiedererkennung neuer Gesichter	113
12.1 Ergebnisse der Verhaltensbeobachtungen	113
12.2 Der Beitrag der EKP-Studie zur unmittelbaren Wiedererkennung.....	115
12.3 Beziehung zwischen den Verhaltensdaten und den EKP-Daten.....	118
13. Individuelle Unterschiede in der Gesichtserkennung	119
14. Der Prozess des Erlernens neuer Gesichter	121
14.1 Ergebnisse der Verhaltensbeobachtungen	121
14.2 Der Beitrag der EKP-Studie zum Prozess des Erlernens neuer Gesichter.....	122
15. Die Rolle des Emotionsausdrucks in der langfristigen Wiedererkennung	124
15.1 Wiedererkennung im identischen Emotionsausdruck	124
15.2 Wiedererkennung in verändertem Emotionsausdruck.....	125
16. Charakterisierung der Lernprozesse in der Gesichtserkennung	129
17. Die Reaktionszeit als weiteres Maß für die Entwicklung der Gesichtserkennung	130
18. Die Ergebnisse im Licht der Modelle der Gesichtsverarbeitung	131
18.1 Modell von Bruce und Young	131
18.2 Modell des multidimensionalen Gesichtsraums von Valentine	133
19. Ausblick	134
V. Literaturverzeichnis.....	135
VI. Anhang	149

I. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit setzt sich aus vier Experimenten zusammen, in denen der Prozess des Erlernens neuer Gesichter (Targets) sowie deren langfristige Wiedererkennung in Abhängigkeit des emotionalen Ausdrucks bei drei- und fünfjährigen Kindern untersucht wurde. In den drei Verhaltensexperimenten wurde die Aufgabenschwierigkeit durch eine Abstufung der Anzahl der Targetgesichter altersentsprechend variiert.

In Exp. 1 wurden Dreijährigen zwei und Fünfjährigen drei Targetgesichter mit neutralem Gesichtsausdruck präsentiert, die sie in einer Lernphase wiedererkennen sollten. Die Targets wurden hierfür mehrfach, gemischt mit der gleichen Anzahl von Distraktoren, dargeboten, bis sie sicher wiedererkannt werden konnten. Die Kinder erhielten zu jeder Beurteilung ein unmittelbares Feedback. Die Dauer der Lernphase wurde durch die wiederholte Überprüfung eines Lernkriteriums dem individuellen Lerntempo der Kinder angepasst. Die langfristige Wiedererkennung der neuen Gesichter wurde in den Testphasen nach zehn Minuten und nach einer Woche im neutralen Gesichtsausdruck überprüft, indem die Targets wiederum mehrfach, gemischt mit der gleichen Anzahl von Distraktoren, dargeboten wurden und wiedererkannt werden sollten. Sowohl der Lernprozess der neuen Gesichter im Verlauf der Lernphase als auch die langfristige Wiedererkennung wurden anhand des Diskriminationsindex berechnet.

In Exp. 2 wurden im Rahmen einer EKP-Studie fünfjährigen Kindern drei Targetgesichter präsentiert, die sie unmittelbar aus einem Pool von Distraktoren wiedererkennen sollten. Ziel war es hierbei, die hirnhysiologische Aktivität während der Wiedererkennung der Targets mit der Verarbeitung fremder Gesichter und eines hoch vertrauten Gesichts (eigene Mutter) zu vergleichen, sowie Veränderungen in der neuronalen Verarbeitung der Targets im Verlauf der wiederholten Darbietung zu erfassen.

In Exp. 3 und 4, die im Design Exp. 1 glichen, wurde der Einfluss des emotionalen Ausdrucks auf die unmittelbare und langfristige Wiedererkennung analysiert. Zusätzlich zur Genauigkeit der Wiedererkennung wurde die Reaktionszeit der Kinder in der Beurteilung der einzelnen Gesichter erfasst.

In Exp. 3 wurden die Targets und Distraktoren in der Lernphase in neutralem Ausdruck und in den Testphasen in den Emotionen Freude und Ärger dargeboten. In Exp. 4 sah eine Hälfte der Kinder die Gesichter in der Lernphase mit der Emotion Freude (Bed. 1) und die andere Hälfte mit der Emotion Ärger (Bed. 2). Die Wiedererkennung wurde in Bed. 1 in der Emotion Ärger und im neutralen Ausdruck und in Bed. 2 in der Emotion Freude und im neutralen Ausdruck überprüft.

Im Prozess des Erlernens der neuen Gesichter zeigte sich, dass beide Altersgruppen die Targets bereits nach der ersten Darbietung überzufällig wiedererkennen konnten und dass die Genauigkeit in der Wiedererkennung mit steigender Anzahl der Wiederholungen deutlich zunahm. Der Anstieg in der Gesichtserkennung war in beiden Altersgruppen durch eine verbesserte Beurteilung der Distraktoren im Verlauf der Darbietung bedingt.

Unabhängig vom Alter zeigte sich ein Unterschied in der Effizienz der Gesichtsverarbeitung. Diejenigen Kinder, die in der Lernphase weniger Wiederholungen benötigten als andere, um die Targets sicher wiederzuerkennen, zeigten auch langfristig eine bessere Wiedererkennung.

Die unmittelbare Wiedererkennung wurde nicht durch den Emotionsausdruck der Gesichter beeinflusst und gelang beiden Altersgruppen in allen Verhaltensexperimenten deutlich überzufällig. Die Drei- und Fünfjährigen konnten die Gesichter in identischem Emotionsausdruck nach zehn Minuten und nach einer Woche besser wiedererkennen als während der unmittelbaren Wiedererkennung.

Der Wechsel des Emotionsausdrucks führte bei den Gesichtern, die mit neutralem Ausdruck gelernt wurden (Exp. 3), nicht aber bei den Gesichtern, die mit den Emotionen Freude oder Ärger gelernt wurden (Exp. 4), zu einem Absinken in der Wiedererkennung. Etwa die Hälfte der Dreijährigen war nicht in der Lage, die Gesichter in zwei veränderten Emotionen wiederzuerkennen und zeigte in mindestens einer neuen Emotion ein stereotypes Antwortverhalten. Bei den Fünfjährigen zeigte sich diese Schwierigkeit bei etwa 30 Prozent der Kinder in Exp. 3 und bei 10 Prozent der Kinder in Exp. 4.

In der Gruppe der Kinder, die in beiden neuen Emotionen zwischen Targets und Distraktoren unterschieden, zeigten die Dreijährigen spezifische Schwierigkeiten in der Wiedererkennung der Gesichter mit Ärgerausdruck, die sie zuvor mit neutralem Ausdruck gelernt hatten. Die Fünfjährigen erzielten einen deutlichen Vorteil für die Wiedererkennung der Gesichter in neutralem Ausdruck, die sie zuvor mit Emotionsausdruck gelernt hatten.

Es zeigte sich kein Unterschied in der Verarbeitungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit des Emotionsausdrucks.

Der Alterszuwachs in der Gesichtserkennung zwischen dem dritten und fünften Lebensjahr wurde auf mehrfache Weise deutlich: Die Fünfjährigen erzielten trotz einer höheren Anzahl von Targetgesichtern eine bessere unmittelbare und langfristige Wiedererkennung. Darüber hinaus zeigten sie in der Bearbeitung der einzelnen Gesichter eine höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit und der Anteil der Kinder, die die Gesichter in zwei veränderten Emotionen wiedererkennen konnten, lag in der Gruppe der Fünfjährigen deutlich höher.

Die Gesichtserkennung wurde nicht durch das Geschlecht der Kinder beeinflusst.

In der neuronalen Verarbeitung wurde in den frühen Potentialen in der *N170* eine höhere Aktivierung durch die eigene Mutter im Vergleich zu den Targets und den Distraktoren deutlich. Zwischen allen drei Gesichter kategorien zeigten sich Aktivierungsunterschiede in frontalen, parietalen und okzipitalen Arealen zwischen 350 und 800 ms, wobei die fremderen Gesichter jeweils eine stärkere Aktivierung hervorriefen. Die neuronale Aktivierung während der Gesichtsverarbeitung konnte mit den Verhaltensdaten in Beziehung gesetzt und spezifische Potentialveränderungen als Korrelate der Wiedererkennung identifiziert werden. Der Prozess, in dem die Targets gelernt wurden, ging mit in einer geringeren mittleren Amplitude an der Elektrode P8 und mit einer Zunahme der Aktivität an P3 und Pz einher. Die Ergebnisse belegen, dass Drei- und Fünfjährige neue Gesichter bereits nach einer einmaligen Präsentation überzufällig wiedererkennen konnten und zu einer stabilen langfristigen Wiedererkennung in der Lage waren. Ein Wechsel des Emotionsausdrucks erschwerte die langfristige Wiedererkennung, führte jedoch nur bei den Gesichtern, die mit neutralem Ausdruck enkodiert wurden zu einem bedeutsamen Absinken in der Gesichtserkennung. Es ist gelungen, die kognitiven Prozesse während der Gesichtserkennung mit spezifischen neuronalen Potentialen in Verbindung zu bringen. Die Befunde zum Einfluss des emotionalen Ausdrucks auf die Gesichtserkennung werden im Rahmen des Modells zur Gesichtsverarbeitung von Bruce und Young (1986) sowie des Modells zur internen Speicherung von Gesichtern von Valentine (1991) diskutiert.

II. Theoretische Grundlagen

1. Einleitung: Gesichter als besondere Forschungsobjekte

Das menschliche Gesicht ist aus unterschiedlichen Gründen ein hoch interessantes Forschungsthema. Gesichter haben nicht nur die herausragende Eigenschaft, die Identität einer Person zu vermitteln, sondern transportieren eine Vielzahl von Informationen, die hohe soziale Relevanz besitzen.

Bereits nach einem einzigen Blick auf ein neues Gesicht sind Erwachsene in der Lage, das ungefähre Alter der Person sowie deren Stimmungslage einzuschätzen. Darüber hinaus werden auch komplexe Beurteilungen wie die Glaubwürdigkeit eines Menschen oder dessen Intelligenz durch die Betrachtung des Gesichts vorgenommen.

Diese Vielzahl von Informationen wird durch die gleichzeitige Präsenz von veränderbaren Merkmalen, wie Mimik und Blick, sowie durch invariante Merkmale eines Gesichts vermittelt.

Die invarianten Merkmale beschreiben die Charakteristika eines Gesichts, die sich nicht durch einen spezifischen Emotionsausdruck oder durch Sprechmimik ändern, wie z.B. der Abstand zwischen den Augen, die Form der Nase oder die Gesichtskontur. Diese beschriebenen „face traits“ (Freire & Lee, 2003) sind somit für die Wiedererkennung von Gesichtern wesentlich. Von den Invarianten können die sog. „face states“ abgegrenzt werden, die situative Ausprägungen wie Emotionsausdruck, Blickrichtung oder Sprechmimik umfassen und vor allem kommunikative Funktionen besitzen.

Durch diese angedeutete Komplexität sind Gesichter für Menschen wahrscheinlich die bedeutendste Quelle sozialer Informationen und dies über die gesamte Lebensspanne hinweg.

Es ist bekannt, dass Säuglinge von Geburt an eine Präferenz für menschliche Gesichter oder gesichtsähnliche Reize zeigen (Johnson, Dziurawiec, Ellis & Morton, 1991; Morton & Johnson, 1991). Ihre Fähigkeit, Gesichter zu unterscheiden, zeigt während der ersten sechs Lebensmonate eine erstaunliche Reifung (Pascalis, de Schonen, Morton, Deruelle & Fabre-Grenet, 1995; Sangrioli & de Schonen, 2004).

Ab der zweiten Hälfte des ersten Lebensjahres kommt, neben der wachsenden Fähigkeit Gesichter wieder zu erkennen, auch der Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks eine zentrale Rolle zu. Säuglinge sind nun in der Lage, verschiedene emotionale Gesichtsausdrücke zu unterscheiden. Sie zeigen nicht nur ein großes Interesse an dem Emotionsausdruck ihrer Bezugspersonen, sondern nutzen diesen bis zum Kleinkindalter als

wichtigste Informationsquelle, um unsichere Situationen einschätzen zu lernen (Phänomen des „social referencing“, Berk, 2005).

Während sich die Gesichtsverarbeitung über die gesamte Kindheit entwickelt und stark erfahrungsabhängig ist, sind Erwachsene Experten darin, Gesichter zu unterscheiden. Die hohe Effizienz Erwachsener in der Verarbeitung von Gesichtern basiert nicht nur auf der täglich wachsenden Erfahrung mit Gesichtern, sondern vermutlich auch darauf, dass im menschlichen Gehirn neuronale Strukturen existieren, die für die Verarbeitung von Gesichtern hoch spezialisiert sind (z.B. Bentin, Deouell & Soroker, 1999; Haxby, Gobbini, Furey, Ishai, Schouten, & Pietrini, 2001; Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2002; Maurer, O`Craven, Le Grand, Mondloch, Springer, Lewis & Grady, 2007). Die wahrscheinlich wichtigste neuronale Struktur für die Gesichtsverarbeitung, die sog. *fusiform face area*, ermöglicht speziell das Wiedererkennen bekannter Gesichter. Eine Schädigung in diesem Areal kann zu einer sog. *Prosopagnosie* (Gesichtsblindheit) führen, bei der bekannte Gesichter oder gar das eigene Gesicht nicht wiedererkannt werden können, obwohl die Wahrnehmung aller anderen Objekte ungestört ist (Kandel, 1995; Goldstein, 2002). Die besondere Bedeutung, die Gesichter für Menschen haben und die beschriebene Vielfalt der Informationen, die durch Gesichter vermittelt werden, haben zu einem breit gefächerten Forschungsinteresse an der Gesichtsverarbeitung geführt. Verschiedene psychologische Fachrichtungen haben sich u. a. mit der Erforschung der Prosopagnosie (z.B. Rossion, Caldara, Seghier, Schuller, Lazeyras & Mayer, 2003), der Glaubwürdigkeit von Augenzeugenaussagen zur Personenerkennung (z.B. Roebbers, 2003), den Urteilen über Attraktivität (z.B. Langlois & Roggmann, 1991), den neurophysiologischen Besonderheiten der Gesichtsverarbeitung (z.B. Bentin, Allison, Puce & McCarthy, 1996; Itier & Taylor, 2004a) oder der Modellierung der Gesichtserkennung (z.B. Burton, Miller, Bruce, Hancock & Henderson, 2001) beschäftigt.

In der Entwicklungspsychologie ist das Interesse an der Gesichtsverarbeitung in den letzten 30 Jahren stark angestiegen, was sich in einer Vielzahl von Publikationen widerspiegelt. Ein Schwerpunkt der Forschung stellt hierbei die Säuglingsforschung dar (z.B. Quinn, Yahr, Kuhn, Slater & Pascalis, 2002; Nelson, Parker & Guthrie, 2006; Pascalis, de Haan & Nelson, 2002; Pascalis & Slater, 2003). Darüber hinaus hat die Tatsache, dass sich die Gesichtserkennung innerhalb des ersten Lebensjahrzehnts stark entwickelt, zu einer Fülle von Untersuchungen über die zugrunde liegenden Veränderungen geführt (z.B. Diamond & Carey, 1977; Flin, 1985; Diamond & Carey, 1986; Tanaka, Kay, Grinnell, Stansfield & Szechter, 1998; Brace, Hole, Kemp, Pike, Van Duuren & Norgate, 2001; Taylor, Batty, & Itier, 2004; Chung & Thompson, 1995; Schwarzer, Zauner & Korell, 2003).

Erstaunlicherweise fand die Altersgruppe der zwei- bis fünfjährigen trotz dieses regen Forschungsinteresses an der Entwicklung der Gesichtserkennung hierbei fast keine

Beachtung, weshalb der Entwicklungsverlauf der Gesichtserkennung vom Kleinkindalter bis zum Beginn des Schulalters bisher nur vage beschrieben werden kann.

In den folgenden Kapiteln werden sowohl die kognitiven als auch die neurologischen und neuroanatomischen Grundlagen der Gesichtsverarbeitung unter besonderer Berücksichtigung der altersbedingten Veränderungen beschrieben.

In Kapitel zwei wird die Gesichtsverarbeitung allgemein, das heißt die Verarbeitung von Identität und von veränderbaren Aspekten des Gesichts behandelt. Kapitel drei widmet sich ausführlich der Beschreibung der Identitätsverarbeitung. In Kapitel vier schließt sich die Darstellung der Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks an und darauf aufbauend wird in Kapitel fünf beschrieben, wie die Identitätsverarbeitung vom emotionalen Ausdruck beeinflusst wird.

2. Modelle der Gesichtsverarbeitung

Die Gesichtsverarbeitung umfasst die Verarbeitung der Identität ebenso wie die Verarbeitung unterschiedlicher sozialer Informationen wie Geschlecht, Alter oder Emotion. Beachtlich ist dabei nicht nur die Menge an unterschiedlichen Informationen, die verarbeitet werden, sondern auch das hohe Verarbeitungstempo. Im Folgenden werden zwei Modelle zur Gesichtsverarbeitung vorgestellt. Das Modell von Bruce & Young (1986) stellt die kognitiven Prozesse, die während der Betrachtung eines Gesichts ablaufen, dar und beschreibt hierbei unterschiedliche Stufen und Module. Das Modell von Haxby, Hoffman und Gobbini (2000) gibt Aufschluss über die verschiedenen neuronalen Areale, die an der Gesichtsverarbeitung beteiligt sind.

2.1 Modell von Bruce und Young

Das bis heute einflussreichste heuristische Modell zum Verständnis der kognitiven Prozesse während der Verarbeitung von Gesichtern wurde 1986 von Bruce und Young publiziert.

Basierend auf einer Vielzahl empirischer und neurophysiologischer Befunde zur Gesichtsverarbeitung nehmen sie darin unterschiedliche Prozesse an, die parallel und hierarchisch-sequentiell ablaufen (siehe Abb.1). Laut Modell findet in der ersten Stufe der Verarbeitung die strukturelle Enkodierung eines Gesichts statt, die dazu führt, dass ein Gesicht als Gesicht wahrgenommen und klassifiziert wird.

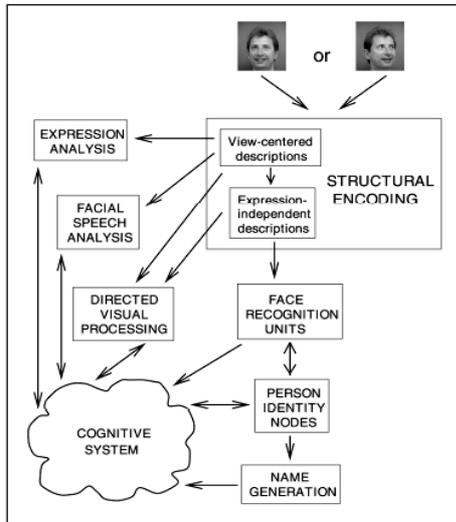


Abbildung 1. Modell der Gesichtsverarbeitung von Bruce und Young (1986)

Eine zentrale Annahme ist hierbei, dass in dieser Verarbeitungsstufe eine Trennung zwischen veränderbaren und invarianten Gesichtsmerkmalen vorgenommen wird, die als qualitativ verschieden eingestuft werden. Die veränderbaren Aspekte eines Gesichts (*face states*), also die Sprechmimik, der emotionale Ausdruck und visuell kodierte semantische Informationen wie z.B. Alter (linke Seite von Abb. 1), werden in diesem Modell als parallele Module charakterisiert, die alle auf einem Pfad verarbeitet werden. Die Invarianten eines Gesichts, also die individuellen unveränderbaren Charakteristika, werden dagegen auf einem separaten Pfad verarbeitet, der von

der Verarbeitung der veränderbaren Aspekte nach Ansicht der Autoren völlig unabhängig sein soll.

Die eigentliche Gesichtserkennung wird in der zweiten Stufe des Modells beschrieben, in der die Invarianten eines Gesichts mit vorhandenen „Face recognition units“ (FRUs) abgeglichen werden. Die FRUs können als abstrakte interne Repräsentation für jedes einzelne bekannte Gesicht verstanden werden, die im Langzeitgedächtnis gespeichert sind und die Wiedererkennung eines Gesichts unabhängig von der aktuellen Darbietung ermöglichen. Die dritte Stufe des Modells von Bruce und Young stellt die weitere semantische Aktivierung von Informationen dar, die mit einem identifizierten Gesicht assoziiert sind. Dies führt über die so genannten „person identity nodes“ zum Abruf von abstraktem Wissen über dieses Gesicht und die dazugehörige Person.

Zentrale Annahmen innerhalb des Modells von Bruce und Young (1986) sind somit (1) die parallele und unabhängige Verarbeitung der veränderbaren und der invarianten Merkmale eines Gesichts und (2) die hierarchische Anordnung der einzelnen Stufen, die zur Identifizierung und zum Abruf der semantischen Informationen und des Namens führen. Diese Annahmen wurden in der Vergangenheit vielfach untersucht (siehe Übersichtsartikel von Ellis & Shepherd, 1992). Die Überprüfung der angenommenen Unabhängigkeit der Verarbeitung von Identität und Emotion hat hierbei zu einer kontroversen Befundlage geführt. Schweinberger und Soukup (1998) haben mit dem Paradigma der „speeded sorting task“ von Garner (1974) die Unabhängigkeit der Identitäts- und Emotionsverarbeitung überprüft. In dem Paradigma von Garner gilt die Annahme, dass die Reaktionszeit in der Bearbeitung einer Dimension (z.B. Identität) bei gegebener Unabhängigkeit zweier Systeme nicht durch eine Variation in der zweiten Dimension (z.B. Emotionsausdruck) beeinflusst wird. Im Falle einer Beeinflussung der Reaktionszeit durch die zweite Dimension kann dagegen auf eine

Abhängigkeit der Systeme geschlossen werden. Schweinberger und Soukup (1998) fanden eine asymmetrische Abhängigkeit zwischen Identitäts- und Emotionsverarbeitung. Während die Identitätsverarbeitung von Variationen im emotionalen Ausdruck unbeeinflusst blieb, war die Verarbeitung des Emotionsausdrucks durch Variationen der Identität erschwert.

Ganel und Goshen-Gottstein (2004) fanden erstmals eine beidseitige Beeinflussbarkeit der Verarbeitung von Identität und Emotionsausdruck, die bei allen Gesichtern beobachtet wurde und bei bekannten Gesichtern stärker ausfiel als bei neuen Gesichtern. Die Autoren schließen auf eine Interferenz zwischen Identität und Emotionsausdruck, die ihrer Ansicht nach am besten durch die „structural-reference-hypothesis“ erklärt werden kann. Diese Hypothese besagt, dass die Struktur eines Gesichts, z.B. die Identität, als Referenz dient, um einen individuellen Emotionsausdruck zu verarbeiten. Ebenso kann der Emotionsausdruck als Referenz genutzt werden, um die Identität eines Gesichts zu bestimmen. So kann z.B. die Besonderheit eines individuellen Lächelns bei einem bekannten Gesicht die Wiedererkennung des Gesichts beschleunigen. Da bei bekannten Gesichtern intensivere Verbindungen zwischen den gespeicherten Informationen über Identität und Emotionsausdruck bestehen als bei neuen Gesichtern, führt dies bei bekannten Gesichtern zu einem effektiveren Austausch zwischen beiden Systemen.

Diese Ausführungen verdeutlichen, dass inzwischen nicht mehr von einer vollständigen Unabhängigkeit der Subsysteme innerhalb der Gesichtsverarbeitung ausgegangen werden kann, wie dies im Modell von Bruce und Young (1986) angenommen wurde.

Die erste Modifikation des Modells von 1986, die von Bruce selbst und Anderen vorgenommen wurde, behält die grundsätzliche Architektur des Modells mit zwei separaten parallelen Pfaden und einer hierarchischen Anordnung der einzelnen Stufen ausdrücklich bei (Burton, Bruce & Johnston, 1990). Die wesentliche Neuerung besteht darin, dass nun von interaktiven Verbindungen zwischen den Stufen der Identitätsverarbeitung ausgegangen wird, in dem Sinn, dass die so genannten FRUs und PINs sich gegenseitig aktivieren und hemmen können. Nach Ansicht der Autoren können durch diese Modifikation erfolgreicher als zuvor Phänomene des *Primings* erklärt werden. Die Effekte des *Primings* bestehen im Rahmen der Gesichtserkennung darin, dass Gesichter schneller wiedererkannt werden, wenn sie zuvor schon einmal gezeigt wurden oder wenn sie mit einem Gesicht, das zuvor gezeigt wurde, in einer semantischen Verbindung stehen, wie z.B. Prinz Charles und Lady Diana (z.B. Stevenage & Spreadbury, 2006). Nach Ansicht von Burton, Bruce und Johnston ist dies dadurch zu erklären, dass für diese Gesichter entweder die „eigene“ FRU bereits aktiviert wurde oder durch eine Vor-Aktivierung der PIN ein schnellerer Zugriff auf die FRU und somit eine schnellere Identifizierung möglich ist.

Die Ergebnisse von Schweinberger und Soukup (1998) sowie von Ganel und Goshen-Gottstein (2004) weisen jedoch darauf hin, dass solche interaktiven Verbindungen auch

zwischen den Pfaden der Identitätsverarbeitung und der Verarbeitung des Emotionsausdrucks bestehen. Allerdings wurde von keinem der genannten Autoren bisher eine Revision des Modells von Bruce und Young vorgenommen. Daher muss festgestellt werden, dass das ursprüngliche Modell von 1986 trotz der widersprüchlichen Befunde bisher nicht in seiner Bedeutung abgelöst wurde.

2.2 Neuronales Modell der Gesichtsverarbeitung

Die neuropsychologische Forschung hat in den letzten Jahren durch verschiedene Untersuchungsmethoden zum heutigen Wissen über die Lokalisation und funktionelle Organisation in der Verarbeitung von Gesichtern beigetragen. Beginnend mit Einzelzelleitungen bei Affen während der Betrachtung von Gesichtern, erweitert durch Patientenstudien und in den letzten Jahren durch eine Vielzahl von Studien mit bildgebenden Verfahren gilt inzwischen als belegt, dass es Regionen im menschlichen Gehirn gibt, die zwar nicht ausschließlich, aber doch hoch spezifisch auf Gesichter reagieren (Gross, 2005). Eine Fülle von Untersuchungen hat darüber hinaus in der Vergangenheit differenzierte Erkenntnisse über die interne Spezialisierung der unterschiedlichen neuronalen Strukturen der Gesichtsverarbeitung erbracht (für eine Übersicht siehe Posamentier & Abdi, 2003). Haxby et al. (2000, 2002) haben auf Grundlage vieler Einzelbefunde ein funktionales Modell der neuronalen Strukturen der Gesichtsverarbeitung beschrieben (siehe Abb. 2). Die Autoren unterscheiden dabei zwischen einem gesichtsverarbeitenden System im engeren Sinn (linke Seite der Abb. 2) und einem erweiterten System mit Beteiligung unterschiedlicher neuronaler Strukturen. Die visuelle Analyse der Gesichtsverarbeitung umfasst drei Regionen des okzipito-temporalen Kortex, denen unterschiedliche Funktionen zugeschrieben werden. Das Herzsystem der Gesichtserkennung bildet der Fusiforme Gyrus, der übereinstimmend als zentrale anatomische Struktur für die Verarbeitung von Gesichtern angesehen und daher auch, zurückgehend auf Kanwisher, McDermott und Chun (1997) als „fusiform face area“ (FFA) bezeichnet wird. Während im bilateralen FFA vor allem die Identität verarbeitet wird, werden veränderbare Aspekte oder einzelne Merkmale eines Gesichts in angrenzenden Regionen verarbeitet. Eine Schädigung des FFA kann demnach, wie bereits erwähnt, zu einer Prosopagnosie führen, bei der bekannte Gesichter nicht mehr identifiziert werden können, aber z.B. der Emotionsausdruck korrekt benannt werden kann (z.B. Kandel, 1995). Da Gesichter eine Vielzahl an Informationen beinhalten, ist es nahe liegend, dass weitere neuronale Strukturen an der Gesichtsverarbeitung beteiligt sind (rechter Teil der Abb. 2). Von der erweiterten Gesichtsverarbeitung soll hier exemplarisch die Emotionsverarbeitung genannt werden. Je nach Qualität des emotionalen Ausdrucks sind während der

Gesichtsverarbeitung in unterschiedlichem Ausmaß Amygdala (vorrangig bei Furcht), Insula (vorrangig bei Ekel) und Teile des Limbischen Systems beteiligt (siehe auch

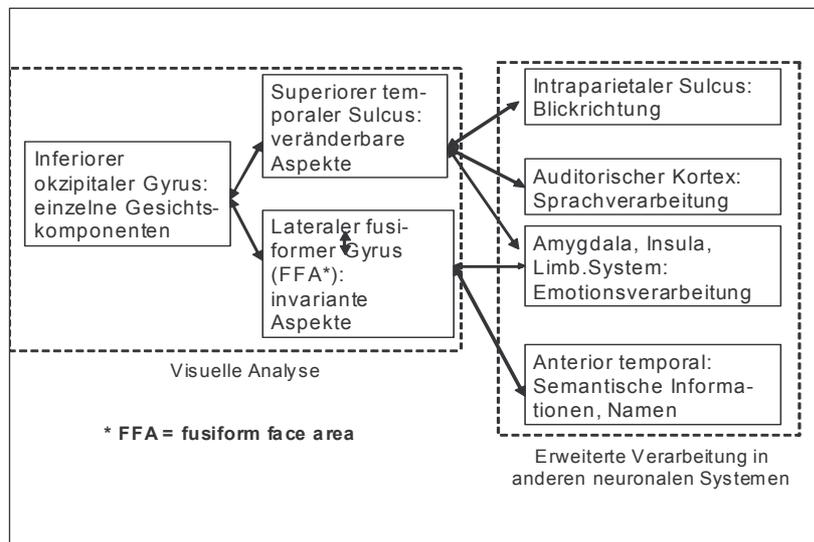


Abbildung 2: Modell der neuronalen Gesichtsverarbeitung (Haxby et al., 2000)

Übersichtsartikel von Phillips, Drevets, Rauch & Lane, 2003). Das dargestellte funktionelle System von Haxby et al. (2000, 2002) basiert ausschließlich auf Daten von Erwachsenen. Inzwischen liegen aber auch einige Befunde aus bildgebenden Verfahren zur

altersabhängigen Entwicklung der funktionalen Differenzierung neuronaler

Strukturen, die an der Gesichtsverarbeitung beteiligt sind, vor. So haben z.B. Lobaugh, Gibson & Taylor (2006) in einer fMRI-Studie gezeigt, dass bei Zehnjährigen während der Betrachtung von Gesichtern die gleichen Areale der FFA aktiviert waren wie bei Erwachsenen. Gathers, Bhatt, Corbly, Farley & Joseph (2004) fanden in einer Untersuchung, in der die Gesichtsverarbeitung von Fünf- bis Elfjährigen und Erwachsenen analysiert wurde, eine erwachsenenähnliche Aktivierung der FFA ab dem neunten Lebensjahr. Dagegen war bei den Fünf- bis Achtjährigen die gesichtsspezifische Aktivierung nicht in der FFA, sondern deutlich weiter posterior lokalisiert.

Ein weiteres Verfahren zur Untersuchung der funktionalen Differenzierung des Gehirns stellt die Quellenanalyse von EEG-Daten dar, bei der anhand der an der Kopfoberfläche gemessenen Gehirnströme auf zugrunde liegende Generatoren dieser Aktivierung geschlossen wird. Grossmann und Johnson (2007) sehen in den Ergebnissen einer solchen Quellenanalyse (Johnson, Griffin, Csibra, Halit, Farroni, de Haan, Baron-Cohen & Richards, 2005), gestützt durch Befunde aus einer PET-Studie an sechs zwei Monate alten Säuglingen (Tzourio-Mazoyer, de Schonen, Crivello, Reutter, Aujard & Mazoyer, 2002) Hinweise darauf, dass im Säuglingsalter bereits die gleichen zentralen neuronalen Strukturen bei der Gesichtsverarbeitung aktiviert werden wie bei Erwachsenen. Der Unterschied zu den Erwachsenen lag darin, dass bei den Säuglingen zusätzliche Areale durch die Gesichter aktiviert wurden, die bei Erwachsenen typischerweise während der Sprachverarbeitung aktiv sind.

3. Verarbeitung der Identität

3.1 Charakteristische Merkmale des menschlichen Gesichts

Im Folgenden werden einige wesentliche Charakteristika des menschlichen Gesichts beschrieben, die für das Verständnis der Identitätsverarbeitung von Bedeutung sind. Das menschliche Gesicht weist eine einheitliche globale Struktur auf, die für alle Gesichter gilt: die Nase ist oberhalb des Mundes, die Augen sind oberhalb der Nase angeordnet. Diese Grobstruktur, die es ermöglicht, ein Gesicht von anderen visuellen Objekten zu unterscheiden, wird als „first order relationship“ (Diamond & Carey, 1986) bezeichnet. Die Individualität jedes Gesichtes entsteht (1) durch das Aussehen der Einzelmerkmale und (2) durch die Anordnung der einzelnen Gesichtskomponenten zueinander. Diese räumlich-strukturellen Relationen werden als „second order relationships“ (Diamond & Carey, 1986) bezeichnet und beschreiben die in Abb. 3 angedeuteten individuellen Abstände zwischen Nase, Mund und Augen innerhalb der Gesichtskontur.

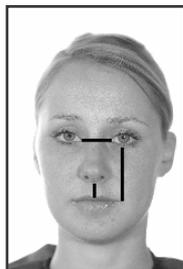


Abbildung 3. Gesicht mit angedeuteten second order relations

Eine Fülle von Studien hat sich mit der Frage beschäftigt, wie die „first und second order relations“ bei der Gesichtserkennung miteinander in Beziehung gesetzt werden. Dies wurde vor allem durch ein Paradigma untersucht, das in der Forschung zur Gesichtsverarbeitung weit verbreitet ist: die Invertierung von Gesichtern. Hierbei wird die gewohnte aufrechte Orientierung von Gesichtern durch eine Drehung um 180° (Invertierung) gestört.



Abbildung 4. aufrechtes und invertiertes Gesicht

Der dadurch verursachte *Inversionseffekt* besteht darin, dass Erwachsene (z.B. Carey, Diamond & Woods, 1980; Freire, Lee & Symons, 2000) und z.T. auch Kinder (z.B. Flin, 1985; Pascalis, Demont, de Haan & Campell, 2001) ein invertiertes Gesicht zwar noch als Gesicht erkennen, individuelle Unterschiede zwischen Gesichtern aber wesentlich schlechter als in der aufrechten Ansicht identifizieren können. Welche Schlussfolgerungen aus dem Inversionseffekt gezogen werden können, wird in den folgenden Abschnitten der einzelnen Verarbeitungsstile und deren Entwicklungsverlauf beschrieben.

3.2 Verarbeitungsstile

Unter einem *Verarbeitungsstil* versteht man in der Literatur zur Gesichtserkennung die spezifische Art und Weise, wie das Aussehen der Gesichtskomponenten und deren räumlich-strukturellen Anordnung wahrgenommen und zueinander in Beziehung gesetzt werden. In einer Fülle von Studien wurden übereinstimmend zwei bzw. drei qualitativ verschiedene Verarbeitungsstile unterschieden und deren Entwicklungsverlauf beschrieben (Carey, 1978; Diamond & Carey, 1977; Carey & Diamond, 1994; Baenninger, 1994; Tanaka & Farah, 1993; Cohen & Cashon, 2001; Mondloch, Le Grand & Maurer, 2002, Schwarzer et al., 2003; Leder, Schwarzer, Langton, 2003; Maurer et al., 2007). In den folgenden drei Abschnitten werden der analytische, der konfigurale und der holistische Verarbeitungsstil dargestellt. Daran anschließend wird in Punkt 3.2.4 diskutiert, welche altersbedingten Veränderungen in der Nutzung der Verarbeitungsstile beobachtet wurden.

3.2.1 Analytischer Verarbeitungsstil

Der analytische Verarbeitungsstil, der in der englischsprachigen Literatur neben „analytical“ auch „featural, componential oder piecemeal processing“ genannt wird, beschreibt die Wahrnehmung und Verarbeitung von Gesichtern, die allein auf dem Aussehen der Einzelkomponenten eines Gesichts beruht.

„Analytisch“ bedeutet hierbei, dass Augen, Nase und Mund einzeln betrachtet werden, ohne dass dabei die Gesamtkomposition des Gesichts beachtet wird. In einer Studie, in der die Blickbewegungen während der Betrachtung von Gesichtern untersucht wurde, konnten Schwarzer, Huber und Dümmler (2005) zeigen, dass bei der analytischen Verarbeitung die Augen, die Nase und der Mund einzeln mit dem Blick fixiert und jeweils ähnlich lange betrachtet wurden.

Ein verbreitetes Paradigma zur Untersuchung des Verarbeitungsstils, das vor allem im Säuglingsalter angewendet wurde, stellt das so genannte „switch-Gesicht“ dar (z.B. Cohen & Cashon, 2001). Hierbei werden Säuglinge mit zwei Gesichtern vertraut gemacht. In der Testphase wird ihnen neben einem dieser bekannten Gesichter und einem fremden Gesicht weiterhin ein „switch-Gesicht“ gezeigt, das eine Neukombination der Einzelmerkmale aus beiden bekannten Gesichtern enthält, also z.B. die Nase aus Gesicht A und die Augen und den Mund aus Gesicht B. Die Annahme dabei ist, dass im Fall einer analytischen Verarbeitung das „switch-Gesicht“ als bekannt erlebt wird, da alle Einzelmerkmale bekannt sind. Im Fall einer konfiguralen Verarbeitung, wenn also die Relationen der Einzelmerkmale beachtet werden, wird das „switch-Gesicht“ als fremd erlebt.

3.2.2 Konfiguraler Verarbeitungsstil

In der konfiguralen Verarbeitung eines Gesichts stehen im Unterschied zur analytischen Verarbeitung die räumlichen Abstände („second order relationships“, Diamond & Carey, 1986) zwischen den einzelnen Komponenten eines Gesichts im Vordergrund. Da diese räumlichen Informationen aber nicht verarbeitet werden können, ohne dass dabei die Einzelkomponenten beachtet werden, fassen Maurer, Le Grand und Mondloch (2002) den Begriff der konfiguralen Verarbeitung bewusst sehr weit. Die Autoren beschreiben die konfigurale Verarbeitung als eine Abfolge von drei Prozessen, die auf unterschiedlichen Informationen beruhen. Die „first order relations“ beinhalten die spezifische Konstellation, die allen Gesichtern gemeinsam ist und werden zur Kategorisierung eines Gesichts als Gesicht verwendet. In einer zweiten, als holistisch bezeichneten Komponente der konfiguralen Verarbeitung, werden alle Merkmale zu einer Gestalt integriert. Der dritte Prozess beschreibt schließlich die Verarbeitung der „second-order-relations“, die die bereits erläuterten räumlichen Abstände zwischen den Gesichtskomponenten beinhalten.

Der konfigurale Verarbeitungsstil wurde wie bereits beschrieben bei Säuglingen anhand der sog. „switch-Gesichter“ untersucht. In allen anderen Altersgruppen stellt der in Abschnitt 3.1 erläuterte Inversionseffekt das am häufigsten verwendete Paradigma dar. Freire et al. (2000) haben gezeigt, dass sich die Invertierung eines Gesichts wesentlich stärker auf die konfigurale als auf die analytische Verarbeitung auswirkte. Dies zeigte sich darin, dass Veränderungen der Einzelmerkmale wesentlich leichter erkannt wurden als Veränderung der räumlichen Anordnung. Aus der Größe des Inversionseffekts (d.h. wie stark die Gesichtserkennung im Vergleich zur aufrechten Darbietung gemindert ist), lassen sich demnach Rückschlüsse über den zugrunde liegenden Verarbeitungsstil ziehen.

Ein weiterer Beleg für eine Trennung zwischen dem analytischen und dem konfiguralen Verarbeitungsstil stammt aus einer neurokognitiven Studie, in der gezeigt werden konnte, dass beide Verarbeitungsstile mit einer Aktivierung in unterschiedlichen Hirnarealen einhergingen. Während die Verarbeitung der Einzelmerkmale der Gesichter eine Aktivierung in linksfrontalen Arealen auslöste, aktivierten die konfiguralen Informationen bei den gleichen Personen Regionen im FFA und in rechtsfrontalen Arealen (Maurer et al., 2007).

3.2.3 Holistischer Verarbeitungsstil

Von einigen Forschern wird die bereits erwähnte holistische Verarbeitung der Gesichter nicht als Unterform der konfiguralen Verarbeitung, sondern als eigenständiger Verarbeitungsstil angesehen (z.B. Tanaka & Farah, 1993; Goffaux & Rossion, 2006; de Heering, Houthuys & Rossion, 2007; Carbon & Leder, 2006). Im Unterschied zu der konfiguralen Verarbeitung wird hierbei angenommen, dass ein Gesicht ähnlich den Prinzipien der Gestaltwahrnehmung in einem automatisierten Prozess als Gesamtkomposition wahrgenommen wird.

Die holistische Verarbeitung wurde anhand von zwei Paradigmen untersucht. Im „composite face paradigm“ (Young, Hellawell & Hay, 1987) werden zwei bekannte Gesichter horizontal in der Hälfte geteilt. Anschließend wird die obere Hälfte des einen bekannten Gesichts mit der unteren Hälfte des anderen bekannten Gesichts so zusammengefügt, dass die Nahtstelle der beiden Gesichtshälften nicht mehr zu sehen ist. Die Autoren konnten zeigen, dass nach der Zusammenfügung der beiden nicht zusammengehörigen Hälften keines der beiden ursprünglich bekannten Gesichter mehr wiedererkannt wurde, sondern vielmehr der Eindruck eines gänzlich neuen Gesichts entstand. Dieser Effekt trat nicht auf, wenn die zweigeteilten Gesichter zwar zusammengesetzt, aber seitlich um einige Millimeter zueinander verschoben dargeboten wurden.

Im „whole-part paradigm“ (Davidoff & Donnelly, 1990) werden Probanden mit Gesichtern vertraut gemacht und im Anschluss daran wird das Wiedererkennen der einzelnen Gesichtskomponenten untersucht, die entweder im normalen Gesichtskontext oder isoliert dargeboten werden. Tanaka und Farah (1993) haben gezeigt, dass die Wiedererkennung im Gesichtskontext der isolierten Betrachtung deutlich überlegen war.

Schließlich konnte in einer Studie mit Kindern zwischen sechs und zehn Jahren und Erwachsenen gezeigt werden, dass der holistische und der analytische Verarbeitungsstil von Gesichtern mit spezifischen, unterscheidbaren Blickbewegungen einhergingen (Schwarzer et al., 2005). In einer Kategorisierungsaufgabe wurden hierbei zwei Bedingungen geschaffen, die entweder einen holistischen oder einen analytischen Verarbeitungsstil der Gesichter erforderten. Die Autoren konnten zeigen, dass die holistische Verarbeitung mit einer

kürzeren Betrachtungsdauer als die analytische Verarbeitung einherging und weiterhin durch wenige Blickfixierungen im Bereich der Augen und der Nase gekennzeichnet war.

3.2.4 Altersabhängige Entwicklung der Verarbeitungsstile

Die Frage, wie sich der Verarbeitungsstil von Gesichtern im Entwicklungsverlauf ändert, wurde vielfach untersucht.

Übereinstimmend wird die analytische Verarbeitung als die basalste und entwicklungspsychologisch früheste Form der Gesichtsverarbeitung angenommen (z.B. Schwarzer et al., 2003). Carey und Mitarbeiter nahmen an, dass Säuglinge und Kinder bis zum zehnten Lebensjahr Gesichter ausschließlich analytisch verarbeiten können (Carey et al., 1980; Carey, 1978; Diamond und Carey, 1977). Diese Annahme begründeten sie mit Beobachtungen, dass jüngere Kinder durch Hinzufügen eines Merkmals wie z.B. einem Hut, leicht in der Identitätsverarbeitung zu stören seien, was darauf hindeute, dass sie ihr Urteil vor allem auf Basis von markanten Einzelmerkmalen und nicht aufgrund der Gesamtkonfiguration eines Gesichts treffen würden. Ungefähr mit zehn Jahren würde ein Wechsel im Verarbeitungsstil hin zu einer konfiguralen Verarbeitung erfolgen, die nun durch die größere Erfahrung mit Gesichtern möglich sei.

Spätere Studien haben anhand unterschiedlicher Paradigmen nachgewiesen, dass sowohl jüngere Kinder als auch Säuglinge Gesichter konfigural oder holistisch verarbeiten können. So wurde in mehreren Studien ein Inversionseffekt, der auf konfigurale Verarbeitung schießen lässt, bei Siebenjährigen (Flin, 1985); bei Fünfjährigen (Pascalis et al., 2001; Brace et al., 2001) und bei sieben Monate alten Säuglingen (Cohen & Cashon, 2001) gefunden. Schwarzer et al. (2003) sowie Cohen und Cashon (2001) haben unter Verwendung von Switch-Gesichtern gezeigt, dass acht bzw. sieben Monate alte Säuglinge Gesichter konfigural verarbeiten konnten.

In weiteren Studien wurde anhand des „whole-part paradigms“ eine holistische Gesichtsverarbeitung bei Vierjährigen beschrieben (De Heering et al., 2007; Pellicano & Rhodes, 2003; Pellicano, Rhodes & Peters, 2006). Hierbei zeigte sich, dass die Vierjährigen einzelne Gesichtsmerkmale besser wiedererkennen konnten, wenn diese in der Testphase im Kontext des zugehörigen Gesichts statt isoliert dargeboten wurden. Allerdings gibt es auch Befunde, die darauf hinweisen, dass sich die konfigurale Verarbeitung erst in der späteren Kindheit entwickelt. In einer Studie, in der die Wiedererkennung von Gesichtern getestet wurde, die ausschließlich in den Relationen zweiter Ordnung verändert wurden,

indem z.B. der Abstand zwischen den Augen vergrößert wurde, fanden Mondloch, Leis & Maurer (2006), dass Vierjährige weder bei ihrem eigenen Gesicht, noch bei Gesichtern, die ihnen zuvor mehrfach präsentiert wurden, zwischen dem Original und dem in der konfiguralen Anordnung veränderten Gesicht unterscheiden konnten.

Wenngleich der altersbedingte Entwicklungsverlauf der konfiguralen Verarbeitung nicht von allen Autoren übereinstimmend beschrieben wurde, so scheint doch aufgrund der vielen Einzelbefunde gesichert, dass es keinen qualitativen Wechsel im Verarbeitungsstil gibt.

Vielmehr scheint sich im Verlauf der Kindheit eine quantitative Änderung in der Gesichtsverarbeitung zu vollziehen, in deren Verlauf der holistische/konfigurale Stil mit zunehmendem Alter dominanter (und effektiver) wird, die analytische Verarbeitung aber situativ auch angewendet werden kann (Schwarzer, 2002).

Mondloch, Geldart, Maurer und Le Grand (2003) sowie Mondloch et al (2002) argumentieren, dass die konfigurale Verarbeitung bei Kindern zwar schon zu beobachten, jedoch wesentlich fehleranfälliger sei als bei Erwachsenen. Sie sehen gerade in der langsamen Reifung dieser konfiguralen Verarbeitung, die ihrer Ansicht nach bis über das zehnte Lebensjahr hinaus andauert, eine der bedeutsamsten Quellen für die kindlichen Schwierigkeiten, neue Gesichter wieder zu erkennen.

3.3 Interne Repräsentation und Speicherung von Gesichtern

Im Modell von Bruce und Young (1986) werden sog. „face recognition units“ (FRUs) angenommen, die als abstrakte Repräsentationen jedes einzelnen bekannten Gesichts charakterisiert werden. Wie diese Repräsentationen im Langzeitgedächtnis gespeichert sind, wird von Bruce und Young nicht konkretisiert.

Valentine (1991; 2001) hat anhand einer Vielzahl empirischer Daten zur Gesichtserkennung die Theorie des multidimensionalen Gesichtsraums entwickelt, die zu beschreiben versucht, wie bekannte Gesichter gespeichert werden. Der Autor nimmt dabei einen Gesichtsraum an, der durch solche Dimensionen aufgespannt wird, die dazu geeignet sind, zwischen verschiedenen Gesichtern zu unterscheiden, wie z.B. die Form einzelner Gesichtsmarkmale. Das Zentrum dieses abstrakten Gesichtsraumes wird laut Valentine durch den Prototyp aller bisher gesehenen Gesichter gebildet. Jedes bekannte Gesicht ist als Vektor innerhalb dieses Gesichtsraums lokalisiert. Ähnliche Gesichter sind näher beieinander angeordnet, distinkte Gesichter weiter vom Prototyp entfernt.

Entwicklungspsychologisch wird dabei angenommen, dass sich der Gesichtsraum mit der zunehmenden Anzahl gesehener Gesichter aufbaut und differenziert. Ob dies durch die

Bildung zusätzlicher Dimensionen oder durch eine größere Dichte von Gesichtern innerhalb der gleichen Anzahl von Dimensionen geschieht, ist nicht bekannt.

Edelman und O'Toole (2001) versuchen, aufbauend auf dem Modell von Valentine (1991) zu beschreiben, wie unterschiedliche Ansichten eines Gesichts innerhalb dieses Gesichtsraumes gespeichert sind. Sie gehen davon aus, dass es für jede gespeicherte Ansicht eines Gesichts einen sog. „viewspace“ gibt, der aktiviert werden kann, wenn ein Gesicht in einer spezifischen Ansicht wahrgenommen wird. Ob die Wiedererkennung eines Gesichts in einer veränderten Ansicht gelingt, hängt nach Ansicht der Autoren davon ab, ob ein spezifischer „viewspace“ bereits existiert bzw. wie groß die Differenz zwischen den gespeicherten Repräsentationen des Gesichts und der neuen Ansicht ist. Die Verarbeitung einer neuen Ansicht eines neuen Gesichts basiert nach Ansicht von Edelman und O'Toole darauf, dass Ansichtsveränderungen von bekannten Gesichtern als Referenz genommen werden und auf dieser Basis zwischen der bekannten Ansicht des neuen Gesichts und der aktuellen Ansicht interpoliert wird.

Die Annahmen von Valentine (1991; 2001) bieten einen interessanten Zugang zum Verständnis verschiedener Phänomene der Gesichtserkennung. So können sie z.B. erfolgreich erklären, weshalb ähnliche Gesichter leichter verwechselt werden als distinkte Gesichter. Die Tatsache, dass das Modell von Valentine kaum Weiterentwicklungen erfahren hat, hängt sicherlich damit zusammen, dass zentrale Annahmen wie z.B. die Anzahl und Qualität der aufspannenden Dimensionen empirisch schwer zu überprüfen sind.

3.4 Neurophysiologische Korrelate der Gesichtsverarbeitung

Durch die Erfassung der elektrophysiologischen Hirnaktivität (Elektroenzephalogramm, EEG) ist es möglich, Rückschlüsse über die zugrunde liegenden neuronalen Prozesse des Gehirns zu ziehen. Hierbei werden elektrische Spannungsunterschiede an der Kopfhaut gemessen, die im Bereich von wenigen Mikrovolt liegen. Das EEG weist eine wellenförmige Aktivität auf, die durch ihre Frequenz (Schwingungszahl) und Amplitude (Auslenkung) bestimmt wird. Das EEG zeichnet sich als Verfahren durch eine sehr gute zeitliche Auflösung aus und ermöglicht die Analyse neuronaler Prozesse im Bereich von Millisekunden. Eine besondere Auswertungsmethode der EEG-Daten stellt die Analyse der ereigniskorrelierten Potentiale (EKPs oder im Englischen ERPs für „event related potentials“) dar, die hier kurz skizziert werden soll.

Während der Ableitung eines kontinuierlichen EEGs werden den Probanden mehrfach spezifische Ereignisse (Reize) dargeboten. Bei der Auswertung des EEGs werden dann ausschließlich die Aktivitäten analysiert, die zeitlich exakt mit der Verarbeitung der

Ereignisse auftreten (d.h. die ereigniskorreliert sind). Indem die EKPs über viele Darbietungen hinweg gemittelt werden, ist es möglich, die ereigniskorrelierten Potentiale von der weiteren Gehirnaktivität (Rauschen) zu isolieren und getrennt zu analysieren. EKPs sind definiert durch ihre Amplitude und durch die Latenz, gemessen von Beginn des Ereignisses bis zum Auftreten des EKPs. Die Bezeichnung einzelner EKPs erfolgt demnach in der Regel auch anhand dieser beiden Parameter, z.B. bezeichnet „P400“ ein Potential in Form einer Positivierung (der elektrischen Spannungsunterschiede), die 400 ms nach Beginn des Ereignisses auftritt. In einer Vielzahl von EKP-Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass während der Gesichtsverarbeitung mehrere charakteristische ereigniskorrelierte Potentiale beobachtet werden können, die als Korrelate der frühen visuellen oder der zeitlich späteren semantischen Verarbeitung von Gesichtern angesehen werden (Bentin et al., 1996; Eimer, 2000a,b; Taylor, Edmonds, McCarthy & Allison, 2001; Sato, Kochiyama, Yoshikawa & Matsumura, 2001; Itier, Latinus & Taylor, 2006).

3.4.1 EKPs der frühen visuellen Enkodierung

3.4.1.1 Die N170 als Korrelat der frühen Gesichtsverarbeitung

Ein wesentliches elektrophysiologisches Korrelat der Gesichtsverarbeitung stellt bei Erwachsenen die so genannte N170-Komponente dar. Hierbei handelt es sich um eine hirnhysiologische Aktivität in Form einer Negativierung, die etwa 170 ms nach Beginn der Präsentation eines Gesichts in posterior-temporalen Regionen auftritt, wobei die Aktivität in der rechten Gehirnhälfte stärker ausgeprägt ist (Rossion, Delvenne, Debatisse, Goffaux, Bruyer, Crommelinck & Guerit, 1999; Eimer, 2000b; Itier et al, 2006). Die N170-Komponente kann als spezifisch für die Gesichtsverarbeitung angesehen werden, da sie (1) bei Betrachtung anderer Objekte in der beschriebenen Form nicht ausgelöst wurde (Bentin, et al., 1996; Rossion, Gauthier, Tarr, Despland, Bruyer, Linotte & Crommelinck, 2000) und (2) bei einer untypischen Darbietung von Gesichtern (invertierte Gesichter) eine größere Latenz aufwies (Bentin et al., 1996; Rossion et al., 2000; Taylor et al., 2001; Itier & Taylor, 2004b). Die N170 wird übereinstimmend als spezifisch für die frühe visuelle Enkodierung von Gesichtern angesehen (Bentin et al., 1996; Eimer 2000a; Itier et al., 2006). Dieses Stadium in der Verarbeitung entspricht der ersten Stufe der Gesichtsverarbeitung im Modell von Bruce und Young (1986), in der das „gesichthafte“ eines Reizes registriert wird. Latinus und Taylor (2006) konnten zeigen, dass sich in der N170 ausschließlich Verarbeitungsprozesse der Relationen erster Ordnung, nicht aber zweiten Ordnung (Diamond & Carey, 1986)

widerspiegeln, was nochmals unterstreicht, dass zu diesem frühen Zeitpunkt der Verarbeitung keine Beurteilung der Identität vorgenommen werden kann.

Damit übereinstimmend ist die Beobachtung, dass sich die N170-Komponente bei Patienten mit Prosopagnosie nicht von Gesunden unterschied (Bentin et al., 1999; Rossion et al., 2003). Typisch für die Prosopagnosie ist, dass Gesichter noch als solche erkannt werden können, die Wiedererkennung bekannter Gesichter jedoch nicht oder nur sehr eingeschränkt gelingt.

3.4.1.2 Altersbedingte Entwicklung der N170-Komponente

Entwicklungspsychologisch ist ein charakteristischer Reifungsprozess der N170 zu verzeichnen. Beobachtet wurde sie frühestens ab dem vierten oder fünften Lebensjahr, wobei die Latenz bis zum Erwachsenenalter abnahm (Batty & Taylor, 2006) und die Amplitude mit zunehmendem Alter in der rechten Gehirnhälfte stärker wurde als in der linken (Taylor, McCarthy, Saliba & Degiovanni, 1999; Taylor et al., 2001). Interessanterweise löste die isolierte Betrachtung der Augen bei jüngeren Kindern eine stärkere Amplitude in der N170 aus als das gesamte Gesicht (Taylor et al., 1999). Ab dem 13./14. Lebensjahr wurde bei invertierten Gesichtern die gleiche Verzögerung in der N170-Komponente beobachtet wie bei Erwachsenen, was als Indiz für eine weitgehende Reifung dieses Potentials ab der Pubertät angesehen wird (Taylor et al., 2004).

Bei Kindern zwischen dem zweiten und vierten Lebensjahr konnte keine deutliche N170 während der Gesichtsverarbeitung beobachtet werden und es traten auch keine anderen markanten Peaks in diesem Zeitfenster auf (z.B. Carver, Dawson, Panagiotides, Meltzoff, McPortland, Gray & Munson, 2003). Im Säuglingsalter wurden ein bzw. zwei potentielle Vorläufer der N170-Komponente beschrieben. Halit, Csibra, Volein und Johnson (2004) interpretieren eine Negativierung, die etwa 290 ms (N290) nach Darbietung eines Gesichts auftritt, als potentiellen Vorläufer für die erwachsene N170. De Haan, Pascalis und Johnson (2002) und de Haan, Johnson und Halit (2003) beschreiben zusätzlich zur N290 eine zweite Komponente, eine Positivierung, die etwa 400 ms (P400) nach Beginn der Darbietung auftritt und ebenfalls spezifisch durch Gesichter ausgelöst wurde.

3.4.2 EKPs der Gesichtserkennung

3.4.2.1 N400f und P600f als Korrelate der Gesichtserkennung

In Abgrenzung zu den frühen Potentialen der rein visuellen Verarbeitung von Gesichtern wurden bei Erwachsenen zwei Marker beschrieben, die mit dem Prozess der Identitätsverarbeitung in Zusammenhang gebracht wurden. Im Unterschied zu unbekanntem Gesichtern zeigte sich bei der Wiedererkennung bekannter Gesichter eine stärkere Negativierung zwischen 300 und 500 ms (N400f) und eine stärkere Positivierung ab 600 ms (P600f) nach Beginn der Gesichtsdarbietung (Eimer, 2000a). Beide Aktivitätsunterschiede waren vor allem an zentro-parietalen Elektroden zu beobachten. Bentin und Deouell (2000) interpretieren die N400-Komponente als Korrelat der Aktivierung der „person identity nodes“ (Bruce & Young, 1986), also als Korrelat der Aktivierung von Gedächtnisprozessen.

3.4.2.2 Altersbedingte Entwicklung der EKPs der Gesichtserkennung

EKP-Studien im Säuglings- und Kleinkindalter weisen auf mehrere Komponenten hin, die möglicherweise mit der Wiedererkennung von Gesichtern in Zusammenhang stehen. Diskutiert werden dabei die so genannte „negative component“ (Nc), die „positive slow wave“ und die zuvor beschriebene P400.

Die Nc-Komponente tritt zwischen 400 und 800 ms nach Präsentationsbeginn vor allem an fronto-zentralen Elektroden auf (de Haan, Johnson & Halit, 2007). De Haan und Nelson (1999) konnten zeigen, dass die Betrachtung der eigenen Mutter bei sechs Monate alten Säuglingen eine stärkere Nc-Aktivität auslöste als die Betrachtung einer fremden Frau. Die Autoren gehen davon aus, dass sich in der Nc-Komponente sowohl aufmerksamskeitsbezogene Prozesse als auch die Aktivierung von Gedächtnisinhalten widerspiegeln.

Die positive slow wave ist bei Säuglingen ab dem dritten Lebensmonat zu beobachten und tritt etwa 800 ms nach Beginn der Präsentation auf. Dieses späte Potential wird ebenfalls mit der Aktivierung von Gedächtnisinhalten in Zusammenhang gebracht (de Haan et al., 2007). Darüber hinaus hat sich in einer Studie von Carver et al. (2003) die zuvor im Zusammenhang mit der N170 beschriebene P400 als sensitiv für die Bekanntheit von Gesichtern gezeigt. Carver et al. (2003) untersuchten Kinder im Alter von 18 Monaten bis viereinhalb Jahren und fanden deutliche altersbedingte Veränderungen in den EKP-Komponenten der Gesichtserkennung. Während bei den unter Zweijährigen sowohl die Nc als auch P400-

Komponente bei Betrachtung der Mutter im Vergleich zu einer Fremden stärker ausgeprägt war, zeigte sich das genau entgegengesetzte Muster bei den Kindern, die älter als drei dreiviertel Jahre alt waren. Nach Ansicht der Autoren könnte diese Umkehrung in der neuronalen Aktivität entwicklungsbedingte Veränderungen folgender Art widerspiegeln: Während die jüngeren Kinder (18-24 Monate) noch einen Großteil ihrer Aufmerksamkeit aufbringen, um das mütterliche Gesicht in all den möglichen Ausdrucksformen zu verstehen (und die Bindung an die Mutter eine zentrale Entwicklungsaufgabe darstellt), haben Kinder nach Vollendung des dritten Lebensjahres das mütterliche Gesicht so weit internalisiert, dass nun die Aufmerksamkeit stärker auf fremde Gesichter ausgerichtet werden kann.

In einer Studie, in der die neuronale Verarbeitung unterschiedlich bekannter Gesichter bei acht- bis 15jährigen Kindern untersucht wurde, zeigten sich in allen Altersgruppen in frontalen und parietalen Arealen Verarbeitungsunterschiede zwischen den fremden Gesichtern und den wiedererkannten Targets (Itier & Taylor, 2004c). Die Autorinnen interpretieren die frontalen Aktivierungsunterschiede, die zwischen 250 und 450 ms auftraten, im Sinne eines klassischen „Alt-neu-Effekts“, der besagt, dass die Wiederholung eines Reizes im Vergleich zur ersten Darbietung frontal zu einer geringeren Negativierung führt. Die parietalen Aktivierungsunterschiede, bedingt durch eine stärkere Positivierung infolge der wiedererkannten Gesichter, verstehen Itier und Taylor dagegen als Korrelat der eigentlichen Wiedererkennung. Nach Ansicht der Autorinnen beruht die erhöhte parietale Positivierung auf einer Aktivierung der internen Repräsentationen für die bekannten Gesichter.

Insgesamt ist festzustellen, dass der Entwicklungsverlauf der neurophysiologischen Aktivität während der Gesichtserkennung noch deutliche Forschungslücken aufweist. So ist die Altersgruppe der fünf- bis siebenjährigen Kinder bisher überhaupt nicht untersucht worden. Weiterhin wurde bislang kein Versuch unternommen, ein Entwicklungsmodell der neuronalen Gesichtsverarbeitung anhand der Befunde der einzelnen Altersgruppen zu erstellen.

3.5. Leistungskurve der Gesichtserkennung

Nachdem in den bisherigen Abschnitten kognitive und neurophysiologische Grundlagen zum Verständnis der Gesichtsverarbeitung dargestellt wurden, soll im Folgenden beschrieben werden, mit welcher Genauigkeit Kinder unterschiedlichen Alters in der Lage sind, Gesichter wieder zu erkennen.

Seit der ersten Veröffentlichung einer systematischen Untersuchung zur Entwicklung der Gesichtserkennung von Goldstein und Chance (1964) folgten viele Studien, die mit

unterschiedlichen Maßen die Fähigkeiten von Säuglingen, Kindern und Erwachsenen erfasst haben, Gesichter zu verarbeiten und wiederzuerkennen.

Die Schwerpunkte der Entwicklungsstudien zur Gesichtserkennung stellen das Säuglingsalter sowie der Zeitraum zwischen dem sechsten und elften Lebensjahr dar. Dagegen wird in mehreren Beiträgen kritisiert, dass für die Altersgruppe der zwei- bis fünfjährigen Kinder noch immer deutliche Forschungsdefizite in Bezug auf die Entwicklung der Gesichtserkennung bestehen (Chung & Thomson, 1995; Brace et al., 2001; Want, Pascalis, Coleman & Baldes, 2003).

In den nächsten Abschnitten wird ein Überblick über die Fertigkeiten in der Gesichtserkennung in den einzelnen Altersgruppen gegeben, wobei die Befunde zum Vorschulalter ausführlicher dargestellt werden.

3.5.1 Säuglingsalter

Das besondere Forschungsinteresse an der Gesichtserkennung im Säuglingsalter hat in den letzten Jahren eine beachtliche Anzahl von Untersuchungen hervorgebracht. Hierbei wurde ein breites Spektrum unterschiedlicher Leistungen der Gesichtsverarbeitung untersucht und deren Entwicklung zum Teil von den ersten Lebenstagen an beobachtet.

Die am meisten verbreitete Untersuchungsmethode im Säuglingsalter stellt das Präferenzparadigma dar. In diesem Paradigma werden Säuglinge mit einem Gesicht vertraut gemacht bis ihr Interesse, gemessen an der Blickdauer, deutlich nachlässt. In einer anschließenden Testphase wird das zuvor präsentierte Gesicht zusammen mit einem neuen Gesicht gezeigt. Da Säuglinge in der Regel Neues präferieren und länger betrachten, wird bei längerer Betrachtungsdauer des neuen Gesichts geschlossen, dass die Säuglinge das „alte“ Gesicht wiedererkannt haben (und deshalb das neue Gesicht bevorzugen).

Mehrfach konnte gezeigt werden, dass Säuglinge von Geburt an ein starkes Interesse an menschlichen Gesichtern und gesichtsähnlichen Reizen zeigen und diese bevorzugt betrachten (Johnson et al., 1991; Morton & Johnson, 1991).

Nelson, einer der führenden Wissenschaftler im Bereich der Gesichtserkennung im Säuglingsalter, schlussfolgert aufgrund einer Vielzahl vorliegender Befunde, dass die Fähigkeit, ein einzelnes neues Gesicht (in der identischen Ansicht und Emotion) wieder zu erkennen, bei Säuglingen mit sechs Monaten relativ robust entwickelt ist (Nelson, 2003).

Die genaue Entwicklung und Differenzierung der Gesichtserkennung innerhalb der ersten sechs Lebensmonate wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich bewertet, wobei die Ergebnisse aufgrund der Unterschiede im Forschungsdesign nur begrenzt vergleichbar sind.

Da die Gesichtserkennung in starkem Maß erfahrungsabhängig ist, wird die engste Bezugsperson am frühesten und am sichersten wiedererkannt. So haben z.B. Pascalis und Mitarbeiter (1995) in einer Studie beobachtet, dass Neugeborene im Alter von wenigen Tagen die eigene Mutter auf einem Foto wiedererkennen konnten.

Die Frage, ab welchem Alter Säuglinge ein neues Gesicht wiedererkennen können, wurde mehrfach untersucht. De Haan, Johnson, Maurer und Perrett (2001) haben gezeigt, dass Säuglinge im Alter von einem Monat in der Lage waren, neue Gesichter, die sie zuvor präsentiert bekamen, wiederzuerkennen. Wenn die Gesichtserkennung erschwert wurde, indem die Frisuren der Gesichter verdeckt wurden, waren Säuglinge etwa ab dem vierten Lebensmonat in der Lage, sowohl die eigene Mutter (de Schonen & Mathivet, 1990) als auch neue Gesichter wieder zu erkennen (Quinn et al., 2002). In einigen Studien wurde berichtet, dass schon Neugeborene in der Lage sind, neue Gesichter wiederzuerkennen (z.B. Pascalis & de Schonen, 1994; Turati, Cassia, Simion & Leo, 2006). Darüber hinaus haben Simion, Farroni, Macchi Cassia, Turati, und Dalla Barba, (2002) von einer noch erstaunlicheren Leistung berichtet, dass nämlich Neugeborene schematische Gesichter wiedererkennen konnten, die sich ausschließlich zwischen den inneren Merkmalen unterschieden.

3.5.2 Kleinkind- und Vorschulalter

Wie bereits erwähnt, gibt es wenige Studien, die sich mit der Entwicklung der Gesichtserkennung zwischen dem zweiten und fünften Lebensjahr beschäftigt haben. Dies ist auch deshalb verwunderlich, da Kinder in dieser Altersspanne durch den Eintritt in Kindergarten oder Vorschule erstmals mit einer deutlich größeren Anzahl fremder Gesichter konfrontiert werden. Da es unbestritten ist, dass die Gesichtserkennung in starkem Maße erfahrungsabhängig ist (siehe Abschnitt 3.6.1), bietet diese Altersgruppe eine gute Möglichkeit, den Einfluss einer veränderten sozialen Umwelt auf die Gesichtserkennung zu untersuchen.

Während Carey (1992) zwei- bis sechsjährige Kinder noch als „terrible in face recognition“ beschrieben hat, liegen inzwischen differenzierte Befunde vor, die belegen, dass die Gesichtserkennung von Vorschulkindern in Abhängigkeit des Untersuchungsdesigns und der Anzahl der zu lernenden Gesichter sehr unterschiedlich ausfällt.

Die Untersuchung von Brace et al. (2001) ist die einzige veröffentlichte Studie, in der die Gesichtserkennung bei zweijährigen Kindern untersucht wurde. Mit Hilfe eines Bilderbuchs wurden zwei- bis elfjährige Kinder mit einem neuen Gesicht (Targetgesicht) vertraut gemacht und sollten dieses Gesicht anschließend aus einer Gruppe von insgesamt acht fremden Gesichtern (Distraktoren) herausfinden und wiedererkennen. Erfasst wurden dabei sowohl

die Genauigkeit als auch die Reaktionszeit bei der Wiedererkennung in aufrechter und invertierter Darbietung. In der Gruppe der Zwei- bis Vierjährigen konnten etwa 65 Prozent der Kinder die Aufgabe bewältigen und erkannten das Targetgesicht mindestens einmal (von maximal drei möglichen Treffern). Unter den 35 Prozent der Kinder, die das Gesicht nicht wiedererkannten, waren zu gleichen Teilen Zwei-, Drei- und Vierjährige. Die Kinder, die die Aufgabe bewältigten, erzielten eine durchschnittliche Trefferquote von ca. 73 Prozent. Vom fünften Lebensjahr an lag die Trefferquote bei annähernd 100 Prozent und durch diesen Deckeneffekt konnte keine Veränderung in der Genauigkeit der Gesichtserkennung zwischen dem fünften und elften Lebensjahr aufgezeigt werden. Die Reaktionszeit dagegen nahm vom zweiten bis zum elften Lebensjahr kontinuierlich ab, was eine altersbedingte Beschleunigung in der Gesichtsverarbeitung widerspiegelt. Die Bedeutung dieser Studie liegt darin, dass sie (1) gezeigt hat, dass auch sehr junge Kinder bei altersgerechter Gestaltung der Aufgabe (nur ein Targetgesicht, Motivation durch farbiges Bilderbuch) zu einer stabilen Gesichtserkennung neuer Gesichter in der Lage waren und (2) durch die Erfassung der Reaktionszeit einen Entwicklungszuwachs vom zweiten bis zum elften Lebensjahr aufzeigen konnte.

Bruce, Campbell, Doherty-Sneddon, Import, Langton, McAuley, und Wright (2000) haben in einer ganzen Serie von Aufgaben die Gesichtserkennung von vier bis zehnjährigen Kindern untersucht. In einer „Matching-Aufgabe“ wurde ein Targetgesicht in der oberen Hälfte der Abbildung präsentiert, während gleichzeitig in der unteren Hälfte das Targetgesicht nochmals zusammen mit einem neuen Gesicht gezeigt wurde. Die untere Abbildung des Targetgesichts war entweder identisch mit der oberen oder unterschied sich in Ansicht und/oder Emotion. Bruce et al. (2000) berichten, dass die Vier- bis Fünfjährigen die Targetgesichter zu etwa 80 Prozent richtig erkannten (gemittelt über die unterschiedlichen Ansichten und Emotionen), wenn Target- und Distraktorgesicht relativ unähnlich waren. Da in dieser Studie nicht nur die identische Wiedererkennung, sondern auch die Wiedererkennung unter veränderter Ansicht und Emotion untersucht wurde, sind weitere Ergebnisse der Untersuchung in Abschnitt 4.2 dargestellt. Die besondere Bedeutung dieser Studie von Bruce et al. (2000) liegt sicherlich darin, dass neben der Gesichtserkennung zusätzlich in weiteren Aufgaben auch die Verarbeitung von Sprechmimik, Blick und Emotionsausdruck untersucht und miteinander in Beziehung gesetzt wurden (siehe Abschnitt 4.2).

3.5.3 Schulalter bis zum Erwachsenenalter

Die Untersuchung der Gesichtserkennung bei Kindern ab dem Schulalter unterscheidet sich von der Vorschulgruppe in der Anzahl der Target- und Distraktorgesichter sowie in der Länge der Betrachtungsdauer. Z.B. haben Carey et al. (1980) sechs- und zehnjährigen Kindern zehn Targetgesichter jeweils einmal für die Dauer von fünf Sekunden gezeigt. Sie fanden dabei einen Anstieg in der korrekten Wiedererkennung von 64 Prozent bei den Sechsjährigen auf 86 Prozent bei den Zehnjährigen. Wenn man die große Anzahl an Targets und somit die erforderliche Gedächtnisleistung in Betracht zieht, überrascht weder die relativ geringe Trefferquote der Sechsjährigen noch der deutliche Altersanstieg. Mondloch et al. (2002) haben die Gesichtserkennung von sechs- bis zehnjährigen Kindern und Erwachsenen mit einem Paradigma untersucht, in dem die erforderliche Gedächtniskapazität stark reduziert war. Hierbei wurde ein Gesicht für die Dauer von 200 ms gezeigt, unmittelbar gefolgt von einem zweiten Gesicht. Die Probanden sollten entscheiden, ob die beiden Gesichter identisch waren oder verschieden. In dieser Studie ergab sich ein wesentlich geringerer Anstieg der Trefferrate von 83 Prozent bei den Sechsjährigen auf 91 Prozent bei den Zehnjährigen. De Sonneville, Verschoor, Njokiktjien, Op het Veld, Toorenaar, und Vranken (2002) zeigten sieben- bis zehnjährigen Kindern ein Gesicht für jeweils 2,5 Sekunden. Im direkten Anschluss sahen die Kinder vier Gesichter gleichzeitig, aus denen sie das Targetgesicht herausfinden sollten. Die Autoren fanden in dieser Untersuchung keinen Anstieg in der Verarbeitungsgenauigkeit zwischen dem siebten und zehnten Lebensjahr, wohl aber einen massiven Anstieg im Verarbeitungstempo.

Die meisten Entwicklungsstudien stimmen darin überein, dass vom sechsten bis zum elften Lebensjahr ein geradliniger Anstieg in der Genauigkeit der Gesichtserkennung zu beobachten ist (Ellis, 1992; Carey et al., 1980; Flin, 1980; Brace et al., 2001). Der weitere Verlauf der Gesichtserkennung wird jedoch unterschiedlich beschrieben. In einigen Studien steigt die Verarbeitungsgenauigkeit weiterhin bis zum Erwachsenenalter an (Carey et al., 1980; Übersichtsartikel von Chung & Thompson, 1995). Daneben gibt es aber auch Befunde, die ein Plateau oder gar einen vorübergehenden Rückgang der Identitätsverarbeitung zwischen dem elften und zwölften Lebensjahr (Flin, 1980) oder aber zwischen dem elften und 16. Lebensjahr beschreiben (Carey et al., 1980). Die Ursache dieser vorübergehenden Einschränkung wird im Rahmen hormoneller Veränderungen und damit einhergehenden Umstrukturierungen kognitiver Prozesse diskutiert (Carey, 1992).

Bei der Beschreibung der Entwicklungsdaten ist deutlich geworden, wie stark sich die einzelnen Studien im Design sowie in der Anzahl der Targets und der Distraktoren unterschieden. Es ist daher nicht auszuschließen, dass ein Teil der unterschiedlichen

Ergebnisse zum Entwicklungsverlauf der Gesichtserkennung auf diese methodischen Unterschiede zurückzuführen ist.

3.6 Altersabhängige Entwicklung der Gesichtsverarbeitung

3.6.1 Annahmen zur Besonderheit der Entwicklung der Gesichtsverarbeitung

Die Frage, ob die Gesichtsverarbeitung innerhalb der visuellen Verarbeitung eine spezielle Fertigkeit darstellt, wurde in den zurückliegenden Jahren vielfach diskutiert. Als Hinweise darauf, dass die Gesichtserkennung eine ganz herausragende Fertigkeit darstellt, wurden z.B. die Präferenz, die Neugeborene für Gesichter oder gesichtsähnliche Reize zeigen (Morton & Johnson, 1991) oder die Existenz spezialisierter Hirnareale, die nach Kanwisher, McDermott und Chun (1997) ausschließlich durch die Gesichtsverarbeitung aktiviert werden, gedeutet. In diesem Kontext stellt sich ebenfalls die Frage, ob die Entwicklung der Gesichtsverarbeitung in der Kindheit einen anderen Verlauf nimmt als andere kognitive und visuell-räumliche Fähigkeiten. Want et al. (2003) beantworten die Frage, welche der beobachteten Veränderungen in der Gesichtserkennung im Übergang von der Kindheit zum Erwachsenenalter tatsächlich gesichtsspezifisch sind, sehr zurückhaltend. Sie argumentieren, dass wenig Evidenz dafür besteht, dass sich die Gesichtserkennung während der Kindheit stärker und dramatischer entwickelt als andere kognitive oder gedächtnisbasierte Leistungen. Möglicherweise könnte allein die Tatsache, dass die Kapazität des visuell-räumlichen Gedächtnisses ebenso wie des komplexen Arbeitsgedächtnisses zwischen dem zweiten und zwölften Lebensjahr steil ansteigen (Gathercole, 1999), die Entwicklung der Gesichtserkennung ausreichend erklären, ohne dass weitere „spezielle“ Entwicklungsverläufe angenommen werden müssen. Bisher ist es nicht gelungen, Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Gesichtserkennung und anderen mentalen Reifungsprozessen, wie z.B. der Lesefertigkeit aufzuzeigen (Flin und Dziurawiec (1989).

Ohne die Gesichtsspezifität exakt belegen zu können, soll im Folgenden dargelegt werden, welche kognitiven Entwicklungsprozesse vermutlich am altersbedingten Zuwachs der Gesichtserkennung beteiligt sind.

3.6.2 Kognitive Entwicklungsprozesse

Die langsame Entwicklung der Fähigkeit, Gesichter konfigural zu verarbeiten, d. h. auch feine Unterschiede in der relationalen Anordnung der Gesichtskomponenten zu erkennen (siehe Abschnitt 3.2.2), wird als eine der Ursachen für den kontinuierlichen Anstieg der Gesichtserkennung im Verlauf der Kindheit angesehen.

Eine weitere bedeutsame altersbedingte Veränderung in der Gesichtsverarbeitung besteht darin, dass Kinder vor dem zehnten Lebensjahr stärker die äußeren Gesichtsmarkmale beachten, wogegen nach dem zehnten Lebensjahr die inneren Gesichtsmarkmale stärker im Fokus stehen. Darüber hinaus können ältere Kinder die äußeren Gesichtsmarkmale effektiver als jüngere für die Wiedererkennung von Gesichtern nutzen (Campbell, Walker & Baron-Cohen, 1995). Dieser Verarbeitungsvorteil der inneren Gesichtsmarkmale kann als ein Hinweis für den Übergang von der kindlichen zu der erwachsenen Gesichtsverarbeitung angesehen werden.

Ein ähnlicher Entwicklungsverlauf zeigt sich in der Irritierbarkeit der Wiedererkennung durch Kontextmarkmale wie z.B. einer Brille oder eines fremden Kleidungsstücks. Was in dem Märchen „Rotkäppchen“ so tragisch geschildert wird, dass nämlich ein junges Kind (das Rotkäppchen) ein Gesicht verwechselt (den Wolf für die eigene Großmutter hält), weil die Person z.B. ein fremdes Kleidungsstück trägt, ist inzwischen mehrfach empirisch belegt (Young & Bruce, 1991). In mehreren Untersuchungen wurde beobachtet, dass sich Kinder im Alter von vier bis sieben Jahren durch das Vorhandensein eines Accessoires (z.B. eines Schals) in der Beurteilung der Identität wesentlich stärker als ältere Kinder irritieren ließen (z.B. Diamond & Carey, 1977; Freire & Lee, 2001).

Markham, Ellis und Ellis (1991) haben darüber hinaus gezeigt, dass allein die Veränderung des Bildhintergrundes bei Kindern (stärker als bei Erwachsenen) zu Fehlern in der Gesichtserkennung führte.

Die Tatsache, dass die Entwicklung der Gesichtserkennung erfahrungsabhängig ist, wurde anhand unterschiedlicher Phänomene nachgewiesen. So zeigten z.B. Carey et al. (1980), dass sich die Gesichtserkennung zwischen dem sechsten und zehnten Lebensjahr deutlich verbessert, wenn die Gesichter aufrecht, nicht aber wenn sie invertiert dargeboten werden. Die Autoren begründen diesen spezifischen Anstieg mit der steigenden Expertise für Gesichter.

Le Grand, Mondloch, Maurer und Brent (2001) haben bei einer Gruppe von Kindern nachgewiesen, dass ein fehlender visueller Input während der ersten vier Lebensmonate (bedingt durch einen beidseitigen Katarakt, der operativ korrigiert werden konnte) im Alter von neun Jahren mit einer eingeschränkten Fähigkeit, die konfiguralen Markmale von Gesichtern wahrzunehmen, einherging. Dies ist deshalb erstaunlich, weil die Kinder nach der

Operation ein normales Sehvermögen aufwiesen und in der Zwischenzeit neun Jahre lang Erfahrungen mit Gesichtsverarbeitung gemacht hatten.

Ein weiteres Phänomen innerhalb der Gesichtsverarbeitung, das den immensen Einfluss von Erfahrung verdeutlicht, ist der so genannte „other-race-effect“. Dieser beschreibt, dass die Gesichter der eigenen Ethnie deutlich besser wiedererkannt werden können als die Gesichter einer anderen Ethnie. Kelly, Quinn, Slater, Lee, Gibson, Smith, Ge und Pascalis (2005) haben in einer Studie gezeigt, dass bereits Säuglinge im Alter von drei Monaten, nicht aber Neugeborene diesen Verarbeitungsvorteil für Gesichter der eigenen Ethnie zeigten. Weiterhin ist vorstellbar, dass sich die steigende Erfahrung mit der Verarbeitung von Gesichtern auch auf den Gesichtsräume, in dem Gesichter intern gespeichert werden, auswirkt. Nach Ansicht von Valentine (1991) wird dieser Gesichtsräume mit der zunehmenden Anzahl gesehener Gesichter dichter besiedelt und differenzierter, was wiederum mit einer genaueren Wiedererkennung einhergeht.

Zusammengenommen gibt es starke Evidenz dafür, dass es vor allem die Strategien der Enkodierung von Gesichtern und weniger die des Abrufs aus dem Gedächtnis sind, die einer starken Entwicklungsveränderung unterliegen.

In vielen Studien zur Entwicklung der Gesichtserkennung wurde die Methode des „Matchens“ verwendet, d.h. die Wiedererkennung wurde getestet, indem das Targetgesicht in der Testphase gleichzeitig mit einem oder mehreren Distraktorgesichtern gezeigt wurde. Da in dieser Methode Erinnerungsprozesse kaum eine Rolle spielen, können die beobachteten Unterschiede in der Gesichtserkennung auf eine unterschiedlich erfolgreiche Enkodierung zurückgeführt werden.

Ellis und Flin (1990) haben Kinder neue Gesichter lernen lassen, die ihnen entweder mit einer längeren oder einer kürzeren Präsentationsdauer gezeigt wurden. Dabei hat sich gezeigt, dass die längere Präsentationszeit (sechs statt drei Sekunden) nur bei den zehnjährigen Kindern zu einer besseren Wiedererkennung führte, nicht aber bei den Siebenjährigen. Es ist plausibel anzunehmen, dass die höhere Leistung der Zehnjährigen durch effizientere Strategien in der semantischen Verarbeitung, wie z.B. einer erfolgreicherer Elaboration oder einer effizienteren Organisation der visuellen Informationen bedingt war.

Da eine steigende Enkodierfähigkeit in anderen Studien mit fünf bis neunjährigen Kindern auch bei Tiergesichtern (Pascalis, Demont, de Haan & Campbell, 2001) und bei Autos (Want & Pascalis, 2001) nachgewiesen wurde, kann angenommen werden, dass sich hier kognitive Reifungsprozesse auswirken, die nicht gesichtsspezifisch sind, sondern für die Verarbeitung unterschiedlicher Reize gelten.

Bis heute gibt es kaum Studien, die sich mit der langfristigen Wiedererkennung von Gesichtern beschäftigt haben und differenzierte Aussagen über die Reifung von Gedächtnisprozessen erlauben würden. Ellis und Flin (1990) haben die langfristige Wiedererkennung bei sieben- und zehnjährigen Kindern mit der sofortigen Wiedererkennung verglichen. Die Autoren berichten, dass nur bei den Zehnjährigen ein deutlicher Abfall in der Gesichtserkennung über die Zeit zu beobachten war, so dass die anfängliche Überlegenheit der Zehnjährigen in der Wiedererkennung nach einer Woche nicht mehr bestand. Weiterführende Aussagen über die Beteiligung von Gedächtnisprozessen in der Entwicklung der Gesichtserkennung scheinen jedoch aufgrund dieser einzelnen Studie nicht gerechtfertigt.

3.7 Prozess des Erlernens neuer Gesichter

In den meisten Studien zur Gesichtserkennung wurde untersucht, ob ein Gesicht wiedererkannt wird oder nicht. Sehr wenige Untersuchungen haben sich dagegen mit der Frage beschäftigt, wie ein neues Gesicht zu einem bekannten Gesicht wird und wie der Prozess des Erlernens eines neuen Gesichts beschrieben werden kann. Ellis und Shepherd (1992) sowie Bonner, Burton und Bruce (2003) haben Erwachsenen über mehrere Tage hinweg zuvor unbekannte Gesichter wiederholt präsentiert. Beide Untersuchungen ergaben, dass mit zunehmender Vertrautheit mit den Gesichtern die internen Gesichtsmerkmale stärker als zu Beginn berücksichtigt wurden. Diese Beobachtung passt zu einer Vielzahl von Befunden, die belegen, dass sich die Verarbeitung bekannter Gesichter von der Verarbeitung unbekannter Gesichter auch darin unterscheidet, dass bekannte Gesichter besser anhand der inneren Merkmale (vor allem anhand der Augen, O'Donnell & Bruce, 2001) wiedererkannt werden konnten, unbekannte Gesichter jedoch anhand der inneren und äußeren Merkmale ähnlich gut (z.B. Bruce, Henderson, Greenwood, Hancock, Burton, und Miller, 1999) oder gar besser anhand der äußeren Merkmale (Want et al. 2003).

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass für den Aufbau einer stabilen internen Repräsentation die Kodierung der internen Merkmale eine herausragende Rolle spielt und mit höherem Bekanntheitsgrad der Gesichter die Bedeutung der internen Merkmale für die Identitätsverarbeitung steigt.

Clutterbuck und Johnston (2005) haben diesen Verarbeitungsvorteil der inneren Gesichtsmerkmale genutzt, um den Prozess zu analysieren, in dem ein neues Gesicht zu einem bekannten Gesicht wird. Die Autoren haben den Probanden drei Gesichter in frontaler Ansicht entweder fünf Mal für die Dauer von vier Sekunden oder zehn Mal für die Dauer von

zwei Sekunden (das heißt mit der gleichen absoluten Darbietungsdauer von 20 Sekunden) präsentiert. In der Testphase wurde die Wiedererkennung dieser Gesichter mit der Wiedererkennung berühmter und fremder Gesichter verglichen. In einer Matching-Aufgabe sollten dabei die Gesichter zu den passenden inneren Gesichtsmerkmalen, die in der Dreiviertelansicht gezeigt wurden, zugeordnet werden. Hierbei zeigte sich eine Abstufung in der Genauigkeit und der Geschwindigkeit, mit der die Gesichter korrekt den inneren Merkmalen zugeordnet werden konnten. Am effektivsten gelang die Erkennung der berühmten Gesichter. Die neuen Gesichter, die zehnmal gezeigt wurden, wurden zwar weniger schnell und genau als die berühmten Gesichter, jedoch deutlich besser als die fremden Gesichter erkannt. Die Verarbeitung der neuen Gesichter, die zwar auch für 20 Sekunden, jedoch weniger oft gezeigt wurden, unterschied sich nicht von derjenigen der fremden Gesichter.

Clutterbuck und Johnston haben unter Berücksichtigung der Reaktionszeit und mithilfe der indirekten Testung der Bekanntheit gezeigt, dass der Prozess, in dem ein neues Gesicht zu einem bekannten Gesicht wird, erfasst werden kann. Eine Stärke der Studie liegt sicherlich darin, dass es gelungen ist, Abstufungen im Ausmaß der Bekanntheit abzubilden und einen Zusammenhang zwischen der Stärke der Bekanntheit und der Anzahl der Präsentationen aufzuzeigen.

Es bleibt jedoch offen, ob die Befunde ausschließlich für das „Matchen“ gelten oder auch für eine Gesichtserkennung, die auf dem Abruf der internen Repräsentation eines Gesichts beruht. Weiterhin ist fraglich, ob die (erzeugte) Bekanntheit auch langfristig zu einer besseren Wiedererkennung führt. Entwicklungspsychologisch stellt sich die Frage, in wie weit diese Ergebnisse auf die Gesichtserkennung bei Kindern übertragen werden können. Die Ergebnisse von Clutterbuck und Johnston ermöglichen erste Unterteilungen des Lernprozesses für neue Gesichter. Für die weitere Forschung stellt sich die Aufgabe, den Aufbau der internen Repräsentation noch detaillierter zu erfassen. Speziell die Veränderungen in der Verarbeitung während der ersten Darbietungen neuer Gesichter stellt dabei eine wesentliche Fragestellung dar.

4. Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks

4.1 Relevanz des emotionalen Gesichtsausdrucks

Für die sozial-emotionale und auch kognitive Entwicklung von Säuglingen und Kleinkindern hat die Wahrnehmung und Interpretation des emotionalen Gesichtsausdrucks eine immense Bedeutung. Beginnend mit der zweiten Hälfte des ersten Lebensjahres nutzen Säuglinge

den emotionalen Gesichtsausdruck ihrer Bezugsperson, um unsichere Situationen einzuschätzen und ihren eigenen Affektzustand zu regulieren („social referencing“, Berk, 2005).

Hoffner und Badzinski (1989) haben in ihrer untersuchten Stichprobe von Kindern zwischen drei und 12 Jahren gefunden, dass drei bis fünfjährige Kinder soziale Situationen vorrangig anhand des emotionalen Ausdrucks einer anwesenden Person beurteilten und erst ab dem sechsten Lebensjahr zunehmend auch situative Informationen nutzten. Unabhängig vom Alter spielt der emotionale Ausdruck eines Gesichts in der alltäglichen Kommunikation eine wesentliche Rolle und wird nicht nur als Ausdruck der inneren Befindlichkeit des Gegenübers gewertet, sondern auch als Hinweis potentieller Absichten interpretiert.

4.2 Annahmen zur Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks

Bruce und Young (1986, Young & Bruce 1991) postulieren in ihrem Modell zur Gesichtsverarbeitung, dass die Wahrnehmung und Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks von der Verarbeitung der Identität unabhängig sei (siehe auch Abschnitt 2.1 zur näheren Beschreibung des Modells).

Diese Theorie wird durch neuroanatomische Studien gestützt, die belegen, dass die Verarbeitung von Identität und Emotion sowohl bei Erwachsenen (z.B. Haxby et al, 2002, siehe hierzu auch Abschnitt 2.2) als auch bei Zehnjährigen (Lobaugh, et al., 2006) in unterschiedlichen Hirnarealen stattfindet.

Die einzelnen Prozesse, die an der Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks beteiligt sind, sind bisher noch wenig erforscht. Herba und Phillips (2004) schlussfolgern in ihrem Übersichtsartikel, dass es bislang kein anerkanntes theoretisches Modell gibt, das die Verarbeitung des Emotionsausdrucks beschreibt.

Trotz Fehlen eines solchen Modells gibt es inzwischen viele Einzelbefunde zur altersabhängigen Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks. So haben z.B. Durand, Gallay, Seigneuric, Robichon und Baudouin (2007) in einer Studie zum Verarbeitungsstil des emotionalen Ausdrucks gezeigt, dass Fünfjährige ebenso wie Erwachsene den Emotionsausdruck von Gesichtern konfigural verarbeitet haben und die analytische Verarbeitung für die Emotionsverarbeitung keine Rolle spielte.

Vicari, Schnitzer Reilly, Pasqualetti, Vizzotto. und Caltagirone, C. (2000) haben den Zusammenhang zwischen der Emotionsverarbeitung und verschiedenen kognitiven Faktoren untersucht. Die Autoren fanden dabei einen Zusammenhang zwischen der Emotionsverarbeitung und Fertigkeiten in der räumlich-visuellen Verarbeitung sowie einen Bezug zu semantisch-lexikalischem Wissen.

4.3 Entwicklungsverlauf der Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks

Die Fähigkeit, Emotionen wahrzunehmen und zu unterscheiden, entwickelt sich von Geburt an über die gesamte Kindheit. Nach Nelson et al. (2006) sind Säuglinge im Alter von sieben Monaten in der Lage, die Basisemotionen (Freude, Überraschung, Angst, Ärger, Ekel, Traurigkeit) voneinander zu unterscheiden und Gesichter anhand des Emotionsausdrucks zu kategorisieren, wobei sich zuvor eine charakteristische Abfolge der Reifung der einzelnen Emotionen zu zeigen scheint. Mit etwa drei Monaten konnten, einer Studie von Young-Browne, Rosenfeld und Horowitz (1977) zufolge, Freude und Überraschung unterschieden werden, ab dem fünften Monat gelang Säuglingen die Unterscheidung von Ärger, neutralem Ausdruck und Angst (siehe auch Nelson & de Haan, 1997).

Vier- bis fünfjährige Kinder konnten in einer Studie von Bruce et al. (2000) den Emotionsausdruck von Gesichtern zu 81 Prozent korrekt wiedererkennen (Matching-Aufgabe) oder richtig benennen, den Sechs- bis Siebenjährigen gelang dies zu 97 Prozent. In der gleichen Studie wurden weiterhin die Fähigkeiten untersucht, sowohl die Sprechmimik und die Blickrichtung als auch die Identität der Gesichter zu verarbeiten. Die Ergebnisse zeigen, dass die Fähigkeit, Emotionen korrekt wieder zu erkennen mit der Verarbeitung der Sprechmimik, also einem weiteren kommunikativen Aspekt des Gesichts hoch korrelierte, nicht aber mit der Identitätsverarbeitung. Dies kann darüber hinaus als Beleg für die von Bruce und Young angenommene unabhängige Verarbeitung der Invarianten und der veränderbaren Aspekte eines Gesichts interpretiert werden (Modell von Bruce und Young, 1986).

Trotz der sehr hohen Genauigkeit in der Wiedererkennung und Zuordnung der Emotionen in der Studie von Bruce scheint sich die Emotionsverarbeitung bis zum Erwachsenenalter weiterzuentwickeln, was De Sonneville et al. (2002) in einer Studie mit Reaktionszeitmessung bei sieben- bis zehnjährigen Kindern und Erwachsenen zeigen konnten. So waren Kinder bei der Zuordnung aller Emotionen langsamer als Erwachsene. Freude wurde in allen Altersgruppen genauer und schneller verarbeitet als alle anderen Emotionen. Traurigkeit und Ärger konnten in der Kindergruppe am schlechtesten voneinander unterschieden werden.

Nach Gross und Ballif (1991) wurde in unterschiedlichen Studien ein Verarbeitungsvorteil für Freude gefunden, in der Form, dass Freude im Vergleich zu allen anderen Emotionen schneller benannt oder genauer wiedererkannt wurde.

Die Frage, ob es einen Geschlechtsunterschied in der Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks gibt, wurde bisher kontrovers beantwortet. Während Gross und Ballif (1991) in ihrem Übersichtsartikel darlegen, dass es keinen Geschlechtsunterschied in der Wahrnehmung und Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks gibt, beschreibt McClure (2000) in einer Metaanalyse einen leichten aber robusten Vorteil der Mädchen gegenüber den Jungen in der Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks.

5. Einfluss des emotionalen Ausdrucks auf die Identitätsverarbeitung

In den bisherigen Kapiteln wurde die Verarbeitung von Identität und Emotion getrennt beschrieben. Dies entspricht weitgehend der bisherigen Forschungstradition, in der beide Stränge der Gesichtsverarbeitung separat untersucht wurden. Im Folgenden soll nun der Frage nachgegangen werden, wie sich ein wechselnder Emotionsausdruck auf die Wiedererkennung neuer Gesichter auswirkt.

Durch die Studien, die die Gesichtserkennung in Abhängigkeit der Ansicht untersucht haben, ist bekannt, dass die Wiedererkennung eines Gesichts in einer veränderten Darbietung fehleranfälliger ist als in der identischen. So haben z.B. Carbon und Leder (2006) gezeigt, dass Erwachsene Gesichter, die sie entweder in der frontalen Ansicht oder in der Dreiviertelansicht gelernt hatten, in der identischen Ansicht deutlich besser wiedererkannten als in der neuen Ansicht. Bruce (1982) hat in einer vergleichbaren Studie die Ansicht und/oder den Emotionsausdruck variiert und fand, dass die Wiedererkennung mit der steigenden Anzahl von Veränderungen abnahm.

Im Folgenden werden Studien vorgestellt, die den Einfluss des emotionalen Ausdrucks auf die Gesichtserkennung untersucht haben. In einer Reihe von Untersuchungen konnte anhand unterschiedlicher Parameter nachgewiesen werden, dass bei Erwachsenen die Identitätsverarbeitung durch eine Variation im emotionalen Ausdruck beeinflusst wurde. Berühmte Gesichter wurden z.B. lächelnd schneller wiedererkannt als mit neutralem Gesichtsausdruck (Gallegos & Tranel, 2005; Baudouin, Gilibert, Sansone & Tiberghien, 2000). In einer EKP-Studie zeigte sich, dass die frühe visuelle Verarbeitung von Gesichtern durch einen emotionalen Ausdruck im Vergleich zum neutralen Ausdruck beschleunigt wurde (Sato et al., 2001).

Ein genereller Befund aus Erwachsenenstudien ist nach Posamentier und Abi (2003), dass die Wiedererkennung vertrauter Gesichter relativ robust gegenüber Veränderungen in der

Ansicht oder des emotionalen Ausdrucks ist, wogegen die Wiedererkennung neuer Gesichter durch Änderungen in der Ansicht massiv beeinträchtigt wird. Die Autoren führen dies darauf zurück, dass für bekannte Gesichter eine abstrakte interne Repräsentation besteht, die eine (generalisierte) Wiedererkennung in verschiedenen *face states* ermöglicht. Neue Gesichter dagegen können ausschließlich in der zuvor dargebotenen Ansicht gespeichert sein, wodurch die interne Repräsentation weniger abstrakt ist und die Wiedererkennung bei abweichenden *face states* fehleranfälliger wird.

Bisherige Entwicklungsstudien zum Einfluss des Emotionsausdrucks auf die Gesichtserkennung zeigten kontroverse Ergebnisse. Norbeck (1981) untersuchte die Wiedererkennensleistung bei drei- und fünfjährigen Kindern in einer Matching-Aufgabe. Dabei wurde im oberen Teil einer Karte ein Gesicht in einer von vier Emotionen (Freude, Ärger, Traurigkeit oder Angst) gezeigt und im unteren Teil wurden gleichzeitig drei Gesichter mit unterschiedlichen Emotionen gezeigt, wovon ein Gesicht jeweils dem oberen Target (mit verändertem Emotionsausdruck) entsprach. Es zeigte sich dabei, dass die Dreijährigen ein Gesicht mit verändertem Emotionsausdruck überzufällig wiedererkennen konnten und dass die Genauigkeit in der Wiedererkennung bis zum fünften Lebensjahr signifikant anstieg. In einer Untersuchung von Ellis (1992) konnten Dreijährige neue Gesichter in verändertem Emotionsausdruck nur auf dem Zufallsniveau wiedererkennen, Fünfjährige erzielten dagegen bereits ca. 80 Prozent korrekte Wiedererkennung und die Gesichtserkennung der Acht- bis Elfjährigen wies einen deutlichen Deckeneffekt auf.

In einer Studie von Mondloch et al. (2003) lag die Fähigkeit von Sechsjährigen, Gesichter in einer veränderten Emotion wiederzuerkennen (Matching-Aufgabe) im Zufallsbereich und die Achtjährigen zeigten eine nur unwesentliche Steigerung in der Wiedererkennung. Erst ab dem zehnten Lebensjahr gelang die Gesichtserkennung in unterschiedlichen Emotionen überzufällig. Es muss jedoch kritisch angemerkt werden, dass die Gesichtserkennung in dieser Studie im Vergleich zu den anderen erwähnten Untersuchungen dadurch erschwert war, dass bei den verwendeten Gesichtern ausschließlich die inneren Gesichtsmerkmale zu sehen waren. In dieser Bedingung erzielten auch Erwachsene in der Wiedererkennung nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks nur eine Wiedererkennung von etwa 75 Prozent.

In der bereits mehrfach zitierten Studie von Bruce et al. (2000) wurde ebenfalls in einer Matching-Aufgabe der Einfluss des wechselnden Emotionsausdrucks auf die Wiedererkennung neuer Gesichter untersucht. Da jedoch innerhalb des gleichen Tests auch die Ansicht der Gesichter variiert wurde, können die Ergebnisse im Rahmen der Emotionsverarbeitung nur bedingt interpretiert werden. Die korrekte Wiedererkennung der

veränderten Gesichter gelang den Vier- bis Fünfjährigen in etwa 80 Prozent der Fälle, wenn die Distraktoren den Targets unähnlich waren und in etwa 60 Prozent der Fälle bei großer Ähnlichkeit zwischen Targets und Distraktoren. Die Fünf- bis Sechsjährigen erkannten die Gesichter unter den veränderten Bedingungen bei unähnlichen Distraktoren in etwa 91 Prozent der Fälle und bei ähnlichen Distraktoren in etwa 78 Prozent der Fälle. Es zeigte sich ein weiterer Anstieg auf 94 Prozent richtige Wiedererkennung bei den Neun- bis Zehnjährigen, die nur noch mit unähnlichen Distraktoren getestet wurden.

Trotz der unterschiedlichen Befunde leisten die dargestellten Studien einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Entwicklung der Gesichtserkennung im Kindesalter, weil sie berücksichtigen, dass Gesichter sich situativ verändern können. Die Stärke dieser Studien liegt somit darin, dass sie die Gesichtserkennung im eigentlichen Sinn untersucht haben, das heißt die Fähigkeit, ein Gesicht aufgrund seiner Invarianten wieder zuerkennen, statt einen bildbasierten Abgleich zweier identischer Gesichtsdarbietungen zu leisten.

Offen bleibt jedoch, ob diese Ergebnisse ausschließlich auf die Wiedererkennung durch „Matchen“ zutreffen oder auch auf ein Wiedererkennen, das allein auf dem Abruf der internen Repräsentation beruht. An die dargestellten Ergebnisse zum Einfluss des Emotionsausdrucks auf die Gesichtserkennung schließen sich verschiedene Fragen an. Zum Beispiel wurde in den erwähnten Studien nicht untersucht, ob sich einzelne Emotionsausdrücke unterschiedlich auf die Wiedererkennung auswirkten. So wäre es aufgrund des in Punkt 4.3 beschriebenen Verarbeitungsvorteils für Freude vorstellbar, dass positive Emotionen einen anderen Einfluss auf das Erlernen oder das Wiedererkennen von Gesichtern ausüben als ein negativer Emotionsausdruck. Es bleibt ebenfalls offen, ob ein Gesicht, das bereits mit einem spezifischen Emotionsausdruck gelernt wurde, in einer anderen Emotion leichter wiedererkannt werden kann als ein Gesicht, das mit neutralem Ausdruck gelernt wurde. Schließlich stellt sich die alltagsrelevante Frage, wie sich ein Wechsel im emotionalen Ausdruck auf die langfristige Gesichtserkennung auswirkt.

6. Zielsetzung der Arbeit

Die Fragestellungen der vorliegenden Arbeit resultieren aus den geschilderten offenen Fragen zur Entwicklung der Gesichtserkennung im Verlauf der Kindheit.

Die Untersuchung der Altersgruppen der Drei- und Fünfjährigen wurde gewählt, um der Forschungslücke in der Gesichtserkennung zwischen dem Ende der Säuglingszeit und dem Schulalter entgegenzuwirken.

In den ersten beiden Experimenten der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, wie Kinder im Vorschulalter neue Gesichter erlernen und langfristig wiedererkennen können. Hierbei lag

ein Schwerpunkt darauf, den Prozess des Erlernens eines neuen Gesichts von der ersten Darbietung bis zur sicheren Wiedererkennung zu analysieren. Neben den beobachtbaren Fertigkeiten in der Gesichtserkennung der Kinder wurden zusätzlich die neurophysiologischen Prozesse während der Betrachtung und Wiedererkennung der gelernten Gesichter erfasst. Zu diesem Zweck wurde eine analoge EEG-Studie zur Gesichtserkennung mit fünfjährigen Kindern durchgeführt.

Die beiden anschließenden Experimente beschäftigten sich mit der Frage, wie die Gesichtserkennung bei Kindern im Vorschulalter durch einen Wechsel im emotionalen Ausdruck beeinflusst wird. Hierzu wurde die Auftretensreihenfolge der Emotionen Freude und Ärger sowie neutraler Gesichtsausdruck variiert und ihr Einfluss auf die unmittelbare und langfristige Wiedererkennung analysiert.

Die bisherige Forschungstradition bestand darin, Identitätsverarbeitung und Emotionsverarbeitung getrennt zu untersuchen. Gesichtserkennung im eigentlichen Sinn bedeutet jedoch, ein Gesicht anhand seiner Invarianten zu erkennen und trotz wechselnder *face states* die Identität zu erfassen. Daher besitzt die Fragestellung, wie sich ein veränderter Emotionsausdruck auf das Wiedererkennen neuer Gesichter bei Kindern auswirkt, hohe Alltagsrelevanz und kann einen Beitrag dazu leisten, die kindliche Entwicklung in der Gesichtserkennung besser zu verstehen.

III. Methoden- und Ergebnisteil

7. Experiment 1: Der Prozess des Erlernens und das langfristige Wiedererkennen neuer Gesichter

In dem folgenden Experiment wurden das Erlernen und das langfristige Erinnern neuer Gesichter mit neutralem Emotionsausdruck untersucht. Der Schwerpunkt lag hierbei in der Frage, wie sich der Prozess, in dem ein neues Gesicht zu einem bekannten Gesicht wird, gestaltet.

7.1 Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen drei- und fünfjährige Kinder teil, die über sieben Giessener Kindertagesstätten angeworben wurden. Es handelte sich bei den Kindertagesstätten um städtische und kirchliche Einrichtungen, die über den gesamten Stadtbezirk verteilt waren und Kinder von drei bis sechs Jahren betreuten.

Die Gruppe der Dreijährigen, die an der Untersuchung teilnahm, bestand aus 25 Kindern (15 Mädchen) im Alter von 3,1 bis 3,10 Jahren (Median = 3,53). Sieben Dreijährige mussten im Vorfeld der Untersuchung ausgeschlossen werden, drei davon aufgrund mangelnder Deutschkenntnisse, drei Weitere wegen fehlender Motivation und ein Kind aufgrund eines Technikfehlers.

Die Gruppe der Fünfjährigen, die an der Untersuchung teilnahmen, setzte sich aus 35 Kindern (19 Mädchen) im Alter von 5,0 bis 5,11 Jahren (Median = 5,47) zusammen. Fünf Fünfjährige schieden im Vorfeld der Erhebung aus, da sie entweder zu unruhig waren (zwei Kinder), mangelnde Teilnahmebereitschaft zeigten (zwei Kinder) oder mit dem Tempo der Darbietung nicht zu recht kamen (ein Kind).

Keines der untersuchten Kinder war durch mangelndes Sprachverständnis oder aufgrund eines eingeschränkten Sehvermögens in der Bewältigung der Aufgabenstellung beeinträchtigt.

7.2 Stimuli

Als Reizmaterial wurden weibliche Gesichter aus der Arface-Gesichterdatenbank (Martinez & Benavente, 1998) verwendet. Drei Gesichter aus dieser Datenbank wurden als

Targetgesichter ausgewählt (siehe Anhang A), die die Kinder erlernen und wiedererkennen sollten. Von jedem Targetgesicht lagen unterschiedliche Aufnahmen vor, die mit Photoshop 6.0 zusätzlich so bearbeitet wurden, dass jede einzelne Aufnahme sich von den anderen Aufnahmen des gleichen Gesichts durch eine leicht veränderte Kopfstellung, durch eine unterschiedliche Belichtungsquelle bei gleicher Helligkeit oder durch geringfügige Veränderungen in der Frisur (z.B. Veränderung einer Haarsträhne) unterschied. Jede Aufnahme der Targets wurde nur einmal gezeigt. Weitere 36 Gesichter wurden als Distraktoren verwendet (siehe Anhang A). Die dargestellten Frauen waren alle zwischen 20 und 36 Jahre alt und jede Aufnahme stellte das Gesicht inklusive Frisur und Halsansatz dar. Sichtbarer Schmuck und auffällige Hautmaserungen wurden nachträglich mit Photoshop 6.0 entfernt. Die Gesichter wurden in frontaler Ansicht und mit neutralem Gesichtsausdruck als Schwarzweissaufnahmen (18 cm Höhe und 16 cm Breite) im Abstand von 60 cm auf einem Bildschirm mit grauem Hintergrund präsentiert.

7.3 Apparatur

Die Aufnahmen der Gesichter wurden auf einem 15'' Monitor eines Laptops in Form einer Powerpoint-Präsentation (PowerPoint 2003) dargeboten. Die zeitliche Abfolge der einzelnen Bilder war so programmiert, dass während der Untersuchung keine Tastatur benutzt werden musste und diese verdeckt war. Die Versuchsleiterin erfasste das Urteil der Kinder in einem Protokollbogen, der für die Kinder verdeckt unter dem Tisch angebracht war.

7.4 Durchführung

Die Studie wurde in den jeweiligen Kindertagesstätten während der Betreuungszeit am Vormittag im Zeitraum von Ende April 2005 bis Anfang Juli 2005 durchgeführt.

Die Untersuchung gliederte sich in eine Lernphase und zwei Testphasen, wobei eine nach zehn Minuten und eine weitere nach einer Woche stattfand.

Die Kinder, die von ihren Eltern die schriftliche Genehmigung zur Teilnahme hatten, wurden einzeln aus ihrer jeweiligen Gruppe abgeholt und in ein ruhiges Zimmer geführt, in dem die Untersuchung stattfand. Dort wurden sie mit dem Bildschirm des Notebooks vertraut gemacht, und es wurde ihnen ausreichend Zeit gegeben, sich an die neue Situation und die Versuchsleiterin zu gewöhnen.

Zu Beginn der Lernphase wurden den Dreijährigen zwei Targetgesichter, den Fünfjährigen drei Targetgesichter nacheinander je einmal für die Dauer von fünf Sekunden präsentiert

(siehe auch Tab.1). Durch die unterschiedliche Anzahl von Gesichtern sollten für beide Altersgruppen Aufgaben mit mittlerem Schwierigkeitsgrad erzielt werden, um mögliche Decken– oder Bodeneffekte zu vermeiden.

In der Instruktion (siehe Anhang B) wurde jedes Kind motiviert, die Targetgesichter genau zu betrachten, um diese später aus einer Menge anderer Gesichter wiedererkennen zu können.

Anzahl der dargebotenen Gesichter				
Alter	Anzahl der Targetgesichter	Lernphase	Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
3	2	1. Durchgang: 18 (9 T., 9 D.)	18	18
5	3	2. Durchgang: 9 (4 T., 5 D.)	(9 T., 9 D.)	(9 T., 9 D.)
		3. Durchgang: 9 (5 T., 4 D.)		

Tabelle 1. Anzahl der Darbietungen der Targets (T.) und Distraktoren (D.) in den drei Durchgängen der Lernphase und in den Testphasen

Im direkten Anschluss an diese erste Präsentation wurden im weiteren Verlauf der Lernphase die Targetgesichter im Wechsel mit fremden Gesichtern (Distraktoren) dargeboten, wobei alle Gesichter für je vier Sekunden gezeigt wurden. Zwischen den einzelnen Gesichtern wurde für je zwei Sekunden ein Fixationskreuz in der Bildschirmmitte gezeigt. Die Darbietungsreihenfolge war semi-randomisiert¹. Die Kinder sollten bei jedem gezeigten Gesicht beurteilen, ob sie dieses Gesicht kennen (Targetgesicht) oder ob es unbekannt ist (Distraktor). Nach jedem Urteil erhielten die Kinder unmittelbar Rückmeldung und wurden gegebenenfalls korrigiert. Die Lernphase bestand aus einem bis maximal drei Durchgängen (siehe Tab. 1), je nachdem, wie schnell ein Kind das festgelegte Lernkriterium (max. ein Fehler pro Durchgang) erreichte. Der erste Durchgang der Lernphase bestand aus insgesamt 18 Gesichtern, neun Darbietungen aus der Gruppe der Targets gemischt mit neun Distraktoren.

Der zweite und dritte Durchgang bestanden zusammen ebenfalls aus 18 Gesichtern, zur Hälfte Targets und Distraktoren.

In Abhängigkeit ihrer Lerngeschwindigkeit sahen die Kinder somit mindestens neun und höchstens 18 Darbietungen der Targetgesichter mit gleicher Anzahl immer neuer Distraktoren.

Durch die Verwendung des Lernkriteriums sollte (1) überprüft werden, wie sicher die Kinder die neuen Gesichter von den fremden unterscheiden konnten, und (2) vermieden werden, dass die Gesichter überlernt wurden.

Während der Lernphase waren jederzeit individuelle Pausen möglich. Die reine Durchführungsdauer betrug weniger als fünf Minuten.

Zwischen der Lernphase und der ersten Testphase lag eine standardisierte zehnmünütige Pause, in der mit den Kindern Gesellschaftsspiele ohne spezifische Lern- oder Gedächtnisstrategien gespielt wurden.

In den Testphasen nach zehn Minuten und nach einer Woche wurde die Wiedererkennung der Targetgesichter erfasst. Zu beiden Testzeitpunkten wurden die Targets insgesamt neun Mal gemischt mit neun Distraktoren in semi-randomisierter¹ Reihenfolge nacheinander für je vier Sekunden gezeigt. Nach jeder Darbietung eines Gesichters wurde wiederum für je zwei Sekunden ein Fixationskreuz in der Bildschirmmitte gezeigt. Die Kinder sollten bei jedem Gesicht beurteilen, ob sie dieses wiedererkennen oder ob es sich um ein fremdes Gesicht handelt. Im Unterschied zur Lernphase erhielten sie in der Testphase keine Rückmeldung. Die reine Durchführungsdauer der Testphasen betrug jeweils etwa zwei Minuten. Falls nötig konnten individuelle Pausen eingelegt werden. Am Ende der zweiten Testphase erhielt jedes Kind ein kleines Geschenk und eine Urkunde.

7.5 Diskriminationsindex A' und Antworttendenz B''

Die Bekanntheitsurteile der Kinder wurden in Anlehnung an die Signalentdeckungstheorie² ausgewertet. Das nonparametrische Maß A' wird als Diskriminationsindex bezeichnet und beschreibt die Fähigkeit zwischen bekannten und fremden Gesichtern zu unterscheiden. Das nonparametrische Maß B'' gilt als Schätzung für die Antworttendenz bzw. die Reaktionsneigung und beschreibt eine generelle Neigung zu Ja- oder Nein-Antworten. Die Fähigkeit, zwischen den bekannten und den fremden Gesichtern zu diskriminieren, wurde aus den vier Antwortmöglichkeiten berechnet:

a= Trefferrate: Anteil der richtig erkannten Targetgesichter

b= falscher Alarm: Anteil der fälschlich als bekannt angegebenen Distraktorgesichter

¹ Es galt die Einschränkung, dass das gleiche Targetgesicht max. zweimal in Reihe auftreten durfte.

² Die parametrischen Maße der Signalentdeckungstheorie erfordern mehrere Voraussetzungen, die im vorliegenden Fall nicht gegeben waren bzw. nicht vorausgesetzt werden konnten: eine optimale Anzahl von mindestens 500 Items pro Kategorie, die Normalverteilung der Daten, Gleichheit der Streuung und Gleichheit der Intensität des Bekanntheitseindrucks der Targets und Distraktoren (Velden, 1982). Aus diesem Grund wurden A' und B'' nach den Formeln von Grier (1971, zitiert nach Snodgrass und Corwin, 1988) berechnet.

c= Auslassung: Anteil der nicht erkannten Targetgesichter

d= korrekte Zurückweisung: Anteil der als nicht bekannt beurteilten Distraktorgesichter

Für den Fall, dass die Trefferrate größer oder gleich dem Anteil an falschem Alarm war, berechnete sich der Diskriminationskoeffizient über folgende Formel:

$$A' = 0.5 + \frac{(a - b) * (1 + a - b)}{4 * a * (1 - b)}$$

War hingegen die Trefferrate kleiner als der Anteil der falschen Alarme, galt folgende Formel:

$$A' = 0.5 - \frac{(b - a) * (1 + b - a)}{4 * b * (1 - a)}$$

Der Diskriminationsindex A' kann Werte von Null (keine Treffer oder korrekten Zurückweisungen) bis Eins (perfekte Diskrimination) annehmen. Ein Index von A' = ,5 bedeutet eine Unterscheidung auf Zufallsniveau.

Eine Konsequenz des Diskriminationsindex besteht darin, dass für den Fall einer stereotypen Antworttendenz, d.h. wenn (unabhängig vom Gesicht) konstant mit „Ja“ (kenne ich) oder „Nein“ (kenne ich nicht) geantwortet wird, kein A' berechnet werden kann.

Für den Fall, dass die Trefferrate größer bzw. gleich der Rate der Fehlalarme war, galt für die Schätzgröße des Antwortverhaltens B'' die folgende Formel:

$$B'' = \frac{a * (1 - a) - b * (1 - b)}{a * (1 - a) + b * (1 - b)}$$

War die Trefferrate jedoch geringer als die Anzahl der Fehlalarme, so galt für B'' folgende Berechnung:

$$B'' = \frac{b * (1 - b) - a * (1 - a)}{b * (1 - b) + a * (1 - a)}$$

B'' als Schätzgröße für die Antworttendenz kann zwischen $-1,00$ und $1,00$ streuen. Hierbei entspricht ein positiver Wert einem konservativen Antwortverhalten, d.h. einer Neigung zu Nein- Antworten. Die Kinder mit einer positiven Antworttendenz würden im Zweifelsfall ein Gesicht eher als unbekannt einstufen. Ein negativer Wert in B'' beschreibt die Tendenz zu Ja- Antworten, verbunden mit der Neigung ein Gesicht im Zweifelsfall eher als bekannt einzustufen. Eine ausgewogene Reaktionsneigung entspricht einem $B'' = 0$. Falls ein Kind ausschließlich mit Ja oder Nein antwortet, kann analog zum Diskriminationskoeffizienten A' keine Reaktionsneigung berechnet werden, das gleiche gilt bei fehlender oder perfekter Diskrimination.

7.6 Ergebnisse

7.6.1. Erlernen von neuen Gesichtern in konstantem emotionalen Ausdruck

Im Folgenden wurden die Wiedererkennung der Targetgesichter und die Antworttendenz innerhalb der Lernphase analysiert.

Von den 25 dreijährigen Kindern musste ein Kind aufgrund einer stereotypen Nein-Sage-Tendenz in der Beurteilung der Bekanntheit der Gesichter von der Berechnung des Diskriminationsindex ausgeschlossen werden (siehe Ausführungen zum Diskriminationsindex A'). In der Gruppe der Fünfjährigen zeigte kein Kind ein stereotypes Antwortverhalten und alle Kinder konnten in die Auswertung aufgenommen werden. Die Dreijährigen erreichten mit einem Diskriminationsindex A' von $,836$ ($SD = ,08$) eine Verarbeitungsgenauigkeit der neuen Gesichter, die hoch signifikant über dem Zufallsniveau lag ($T = 18,9$, $p < ,001$). Die Genauigkeit der Fünfjährigen in der Wiedererkennung lag mit $A' = ,866$ ($SD = ,08$) ebenfalls deutlich über dem Zufallsniveau ($T = 27,3$, $p < ,001$). In einer einfaktoriellen Varianzanalyse zeigte sich kein Unterschied in der Gesichtserkennung zwischen den beiden Altersgruppen ($F(1,58) = 1,784$, $p = ,187$).

7.6.1.1 Antworttendenz

Sowohl die Dreijährigen ($B'' = ,294$, $SD = ,61$) als auch die Fünfjährigen ($B'' = ,431$, $SD = ,41$) zeigten in der Lernphase eine konservativ geprägte Antworttendenz, beurteilten die Target- und Distraktorgesichter also im Zweifelsfall tendenziell als unbekannt. Anhand einer einfaktoriellen Varianzanalyse wurde der Einfluss des Alters auf das Antwortverhalten untersucht. Es zeigte sich, dass die Fünfjährigen in der Wiedererkennung zwar konservativer

als die Dreijährigen urteilten, der Unterschied zwischen den Altersgruppen jedoch nicht signifikant ausfiel ($F(1, 57) = 1,17, p = ,284$).

7.6.1.2 Lerntempo

Das Lerntempo beider Altersgruppen, gemessen an der Zahl der nötigen Durchgänge bis zum Erreichen des Lernkriteriums ist in Tabelle 2 dargestellt. In der Gruppe der schnellsten Lerner, die bereits nach einem Durchgang das Lernkriterium (n-1 richtige Urteile) erreichten, war der Anteil der Fünfjährigen mit 51% höher als der der Dreijährigen (44%). 40% aus beiden Altersgruppen benötigten einen zweiten oder dritten Lerndurchgang. Der Anteil der Kinder, die das Lernkriterium bis zum Ende der Lernphase nicht erreichten, lag bei den Dreijährigen prozentual fast doppelt so hoch wie bei den Fünfjährigen. Die Verteilungen des Lerntempos wich bei den Fünfjährigen durch den hohen Anteil der schnellen Lerner statistisch von der erwarteten Verteilung ab (Chi-Quadrat-Test (3,56)=15,17, $p = ,002$), bei den Dreijährigen entsprach sie der erwarteten Verteilung (Chi-Quadrat-Test (3,56)=4,92, $p = ,178$). Zwischen den beiden Altersgruppen unterschied sich die Verteilungen des Lerntempos nicht bedeutsam (Chi-Quadrat-Test (3,56)= 1,35, $p = ,718$).

Anzahl der Kinder (Prozent) pro Durchgang bis zum Erreichen des Lernkriteriums					
Alter	1. Durchgang	2. Durchgang	3. Durchgang	nicht erreicht	Gesamt
3	11 (44)	5 (20)	5 (20)	4 (16)	25
5	18 (51,4)	9 (25,7)	5 (14,3)	3 (8,6)	35

Tabelle 2. Lerntempo, gemessen an der Anzahl benötigter Durchgänge bis zum Erreichen des Lernkriteriums, getrennt nach Altersgruppen

In der Gruppe der Kinder, die das Lernkriterium nicht erreichte, lag der Diskriminationsindex A' der Dreijährigen statistisch noch eben im Bereich des Zufallsniveaus ($T(3)=4,07; p = ,055$). Den Fünfjährigen, die das Lernkriterium nicht erreichten, gelang die Gesichtserkennung dennoch deutlich überzufällig ($T(2)=4,81; p = ,040$), was bedeutet, das auch diese Kinder die Targetgesichter am Ende der Lernphase sicher wiedererkannten.

Im Weiteren wurde der Einfluss des Lerntempos auf die Verarbeitungsgenauigkeit und auf das Antwortverhalten in der Lernphase anhand einfaktorieller Varianzanalysen untersucht. Hierfür wurden die Kinder unabhängig vom Alter in schnelle Lerner, die nur einen Lerndurchgang benötigten, und langsame Lerner, die zwei und drei Lerndurchgänge benötigten, unterteilt.

In Tabelle 3 sind der Diskriminationsindex und die Antworttendenz für die schnellen und langsameren Lerner dargestellt.

Lerntempo	N	Diskriminationsindex A' (SD)	Antworttendenz B'' (SD)
schnell	24	,900 (,06)	,591 (,52)
langsam	35	,809 (,07)	,162 (,37)

Tabelle 3. Diskriminationsleistung A' und Antworttendenz B'' in der Lernphase in Abhängigkeit des Lerntempos

Es zeigte sich, dass die Kinder, die schnell lernten, die Targetgesichter von den fremden Gesichtern zu unterscheiden (d.h., die bereits im ersten Durchgang der Lernphase max. einen Fehler machten) auch in der Genauigkeit ihrer unmittelbaren Wiedererkennung der neuen Gesichter (Diskriminationsleistung) hoch signifikant über den langsameren Lernern lagen ($F(1,57) = 24,82; p < ,001$).

Die Antworttendenzen der schnellen und langsamen Lerner unterschieden sich ebenfalls signifikant ($F(1,57) = 13,25; p = ,001$), wobei die schnellen und erfolgreicheren Lerner eine konservativere Antworttendenz zeigten, d.h. ein neues Gesicht im Zweifelsfall eher als unbekannt einstufen. Aufgrund der Tatsache, dass diese Kinder die neuen Gesichter nicht nur schneller, sondern auch mit einer größeren Genauigkeit wiedererkannten, wird diese Gruppe im Folgenden als „effektive Lerner“ bezeichnet.

7.6.2. Analyse des Lernprozesses

7.6.2.1 Verlauf der Diskriminationsleistung

Über die Tatsache hinaus, dass die Kinder beider Altersgruppen die neuen Gesichter wiedererkennen konnten, war der Prozess, in dem ein neues Gesicht zu einem bekannten Gesicht wird, von besonderem Interesses. Für die Analyse des Lernprozesses wurde die Lernphase in drei gleiche Abschnitte unterteilt und der Verlauf der Diskriminationsleistung bestimmt. Die Berechnung beruhte ausschließlich auf den Daten des ersten Durchgangs der Lernphase (siehe Tab. 1), den alle Kinder unabhängig von ihrem Lerntempo durchlaufen haben. Der Verlauf der Diskriminationsleistung wurde anhand einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (drei Abschnitte der Lernphase) berechnet, in die Alter, Geschlecht und Lerneffizienz als Zwischensubjektfaktoren eingingen. Alle Signifikanzwerte wurden nach Greenhouse-Geisser korrigiert.

In Abbildung 5 ist der der Verlauf der Wiedererkennung für beide Altersgruppen dargestellt.

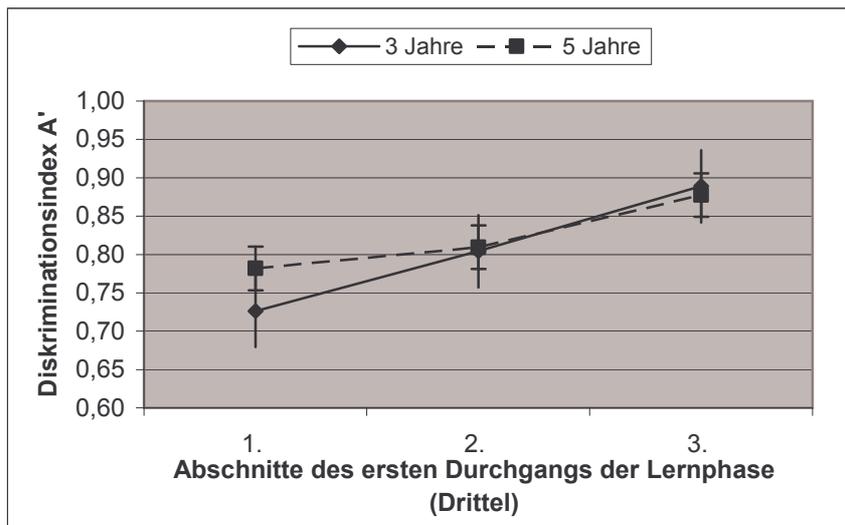


Abbildung 5. Verlauf der Diskriminationsleistung vom Beginn bis zum Ende des ersten Durchgangs der Lernphase, getrennt nach Alter

Die Unterteilung der Lernphase ergab für beide Altersgruppen einen kontinuierlichen Anstieg der Diskriminationsleistung über den Verlauf der wiederholten Präsentationen ($F(2, 58) = 10,92$; $p < ,001$). Anschließende Paarvergleiche (Bonferroni) ergaben einen signifikanten Unterschied in der Wiedererkennung zwischen dem ersten und letzten Drittel ($p < ,001$) sowie zwischen dem zweiten und letzten Drittel des ersten Durchgangs der Lernphase ($p = ,027$). Weder das Alter ($F(1,57) = 0,26$; $p = ,656$) der Kinder noch das Geschlecht ($F(1,57) = 1,33$; $p = ,216$) hatten einen bedeutsamen Einfluss auf den Verlauf des Diskriminationsindex und es zeigte sich auch keine signifikante Interaktion (beide $p > ,207$).

Wie zu erwarten war, hatte die Effizienz der Gesichtserkennung unabhängig vom Alter einen deutlichen Einfluss auf den Verlauf der Diskriminationsleistung (siehe Abb. 6). Die schnelleren und effizienteren Lerner erzielten über die gesamte Lernphase eine signifikant höhere Wiedererkennung der neuen Gesichter als die Kinder mit einer weniger effizienten Gesichtserkennung ($F(1,57) = 25,42$, $p < ,001$).

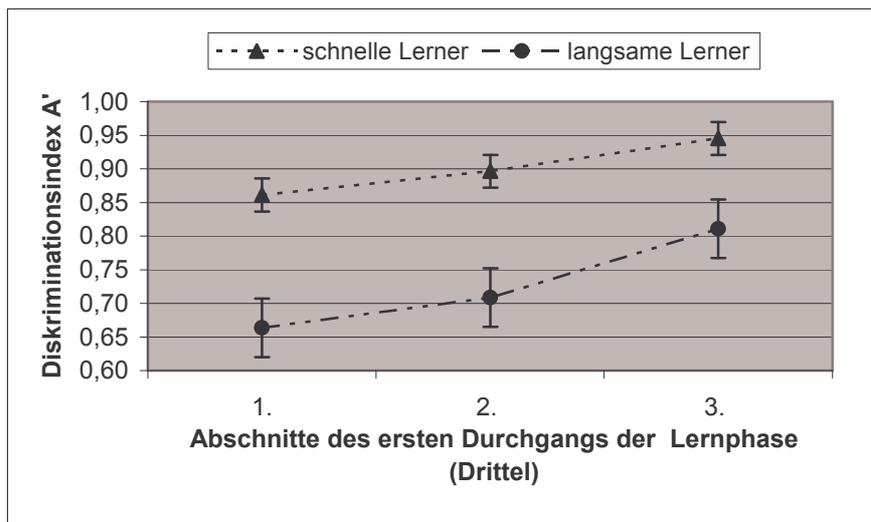


Abbildung 6. Verlauf der Diskriminationsleistung vom Beginn bis zum Ende des ersten Durchgangs der Lernphase, getrennt nach schnellen und langsamen Lernern

Unabhängig vom Lerntempo lag die Diskriminationsleistung für beide Altersgruppen bereits im ersten Drittel der Lernphase über dem Zufallsniveau (Dreijährige: $A' = ,726$, $T(23) = 3,73$, $p = ,001$; Fünffährige: $A' = ,782$, $T(34) = 7,71$, $p = ,000$). Aus diesem Grund wurde der Anfang der Lernphase noch weiter unterteilt und die Wiedererkennung der Gesichter bei der ersten Wiederholung jedes Targets berechnet. Auch hier zeigte sich bereits eine überzufällige Wiedererkennung für beide Altersgruppen. Die Dreijährigen konnten die zwei Targetgesichter mit einer Genauigkeit von $A' = ,737$ überzufällig wiedererkennen ($T(23) = 3,74$, $p = ,001$), wobei dies den schnellen ($A' = ,783$) und den langsamen Lernern ($A' = ,698$) gelang (beide $p < ,046$). In der Gruppe der Fünffährigen lag die Wiedererkennung der drei Targetgesichter nach der ersten Wiederholung mit einem $A' = ,782$ ebenfalls deutlich über den Zufallsbereich ($T(34) = 7,71$, $p < ,001$) und dies galt gleichermaßen für die schnellen ($A' = ,879$) und die langsamen ($A' = ,671$) Lerner (beide $p < ,015$).

7.6.2.2 Antworttendenz

In Abbildung 7 ist der Verlauf des Antwortverhaltens vom Beginn bis zum Ende der Lernphase dargestellt. In einer einfaktoriellem Varianzanalyse mit Messwiederholung wurde deutlich, dass das Antwortverhalten der Kinder beider Altersgruppen vom Beginn bis zum Ende der Lernphase deutlich konservativer wurde ($F(2,56) = 7,84$, $p = ,001$), verbunden mit der Neigung ein Gesicht im Zweifelsfall eher als fremd statt als bekannt einzustufen.

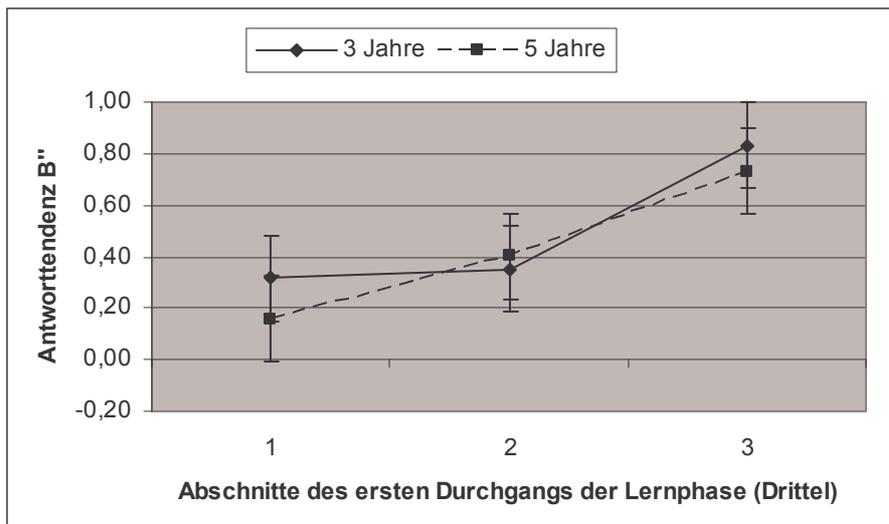


Abbildung 7. Verlauf der Antworttendenz der drei- und fünfjährigen Kinder vom Beginn bis zum Ende des ersten Durchgangs der Lernphase

Der Vergleich der einzelnen Antworttypen (Treffer, Auslasser, falscher Alarm und korrekte Zurückweisung) im Verlauf der Lernphase zeigte dementsprechend eine systematische Abnahme des falschen Alarms, d.h. dem Fehler, ein Distraktorgesicht als bekannt zu beurteilen ($F(2,56)=5,32$, $p=,007$). Der Anteil der richtigen Identifizierung der Targetgesichter blieb jedoch über den Verlauf der Lernphase konstant ($F(2,56)= 0,07$, $p=,930$). Weder das Alter ($F(1,57)= 1,56$, $p=,222$), noch das Lerntempo ($F(1,57)=4,15$, $p=,054$) noch das Geschlecht der Kinder ($F(1,57)= 1,57$, $p=,215$) beeinflussten den Verlauf der Antworttendenz bedeutsam.

7.6.3. Wiedererkennung nach zehn Minuten und einer Woche unter konstantem neutralen Ausdruck

Nachdem die unmittelbare Wiedererkennung der neuen Gesichter und der Verlauf des Diskriminationsindex vom Beginn bis zum Ende der Lernphase bestimmt wurden, soll im Folgenden die langfristige Wiedererkennung der Targets nach zehn Minuten und nach einer Woche überprüft werden.

In der Gruppe der Dreijährigen zeigten zwei Kinder in der ersten Testphase nach zehn Minuten ein stereotypes Antwortverhalten und mussten aus der weiteren Analyse ausgeschlossen werden (siehe Ausführungen zum Diskriminationsindex). In der Gruppe der Fünfjährigen antwortete kein Kind stereotyp und alle Kinder konnten in die Auswertung aufgenommen werden.

Der Verlauf der Gesichtserkennung vom unmittelbaren Wiedererkennen (gesamte Lernphase) bis zum Wiedererkennen nach einer Woche wurde anhand einer einfaktoriellen

Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet, in die das Alter, das Lerntempo und das Geschlecht als Zwischensubjektfaktoren eingingen.

In Tabelle 4 ist die Wiedererkennung der Zielgesichter in der Lernphase und in den beiden Testphasen nach zehn Minuten und nach einer Woche für beide Altersgruppen dargestellt. Der Diskriminationsindex stieg in beiden Altersgruppen von der Lernphase bis zur Testphase nach einer Woche kontinuierlich an, so dass sich trotz eines zahlenmäßig geringen Zuwachses des

Diskriminationsindex A'				
Alter	N	Lernphase	Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
3	24	,836 (,08)	,844 (,09)	,875 (,14)
5	35	,865 (,07)	,899 (,07)	,934 (,06)

Tabelle 4. Diskriminationsindex der Drei- und Fünfjährigen in der Lernphase und den Testphasen

Diskriminationsindex in der Gruppe der Dreijährigen ein signifikanter Anstieg in der Gesichtserkennung für beide Altersgruppen über die Zeit ergab ($F(2, 58)=12,02, p=,001$). Anschließende Paarvergleiche (Bonferroni) ergaben, dass sich die Wiedererkennung in der Lernphase nicht von der Testphase nach zehn Minuten ($p=,623$), aber von der Testphase nach einer Woche unterschied ($p<,001$).

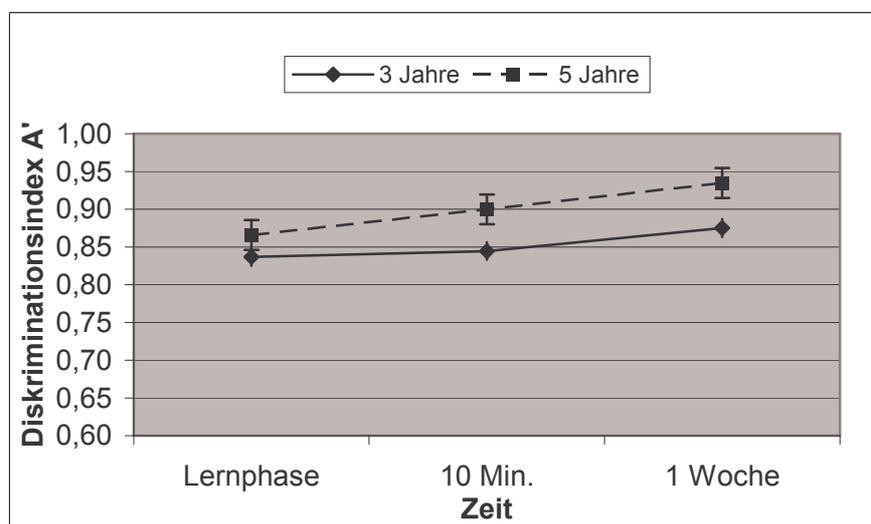


Abbildung 8. Wiedererkennung der Targets in der Lernphase und den Testphasen, getrennt nach Alter

Der Unterschied in der Wiedererkennung zwischen der ersten und der zweiten Testphase war ebenfalls signifikant ($p=,006$). Während das Geschlecht keinen Einfluss auf die Wiedererkennung der Gesichter hatte ($F(1,57)=1,82, p=,185$), zeigte sich ein deutlicher Effekt des Alters auf die langfristige Gesichtserkennung ($F(1,57)= 5,81, p=,021$) mit einer deutlich besseren Gesichtserkennung der Fünfjährigen (siehe Abb. 8).

Stärker noch als das Alter beeinflusste die Effizienz, mit der die Gesichter in der Lernphase gelernt wurden, die langfristige Wiedererkennung. Wie in Abbildung 9 zu sehen ist, erreichten die Kinder, die die neuen Gesichter in der Lernphase effizienter erlernt hatten auch langfristig eine bessere Wiedererkennung der Targetgesichter ($F(1,57)=10,19, p=,003$).

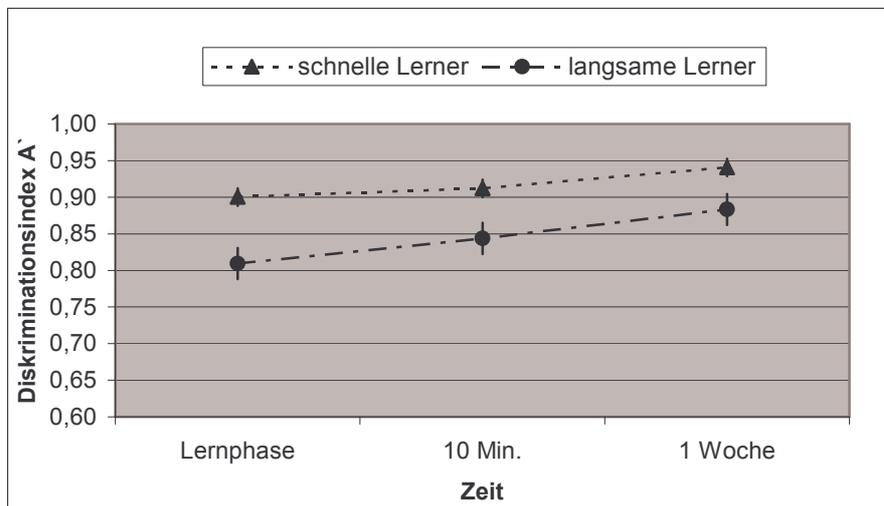


Abbildung 9. Wiedererkennung der Targets in der Lernphase und den Testphasen, getrennt nach Lerntempo

7.6.3.1 Antworttendenz

In Tabelle 5 ist die Antworttendenz der dreijährigen und fünfjährigen Kinder in der Lernphase und in den Testphasen dargestellt. Die Antworttendenz der Kinder änderte sich zwischen der Lernphase und den beiden Testphasen nicht bedeutsam ($F(2,56)=1,59, p=,213$).

Antworttendenz B''				
Alter	N	Lernphase	Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
3	24	,294 (.61)	,465 (.58)	,189 (.84)
5	35	,431 (.41)	,649 (.53)	,531 (.73)

Tabelle 5. Antworttendenz in der Lernphase und den Testphasen, getrennt nach Alter

Es zeigte sich jedoch ein deutlicher Effekt des Alters ($F(1,57)= 5,62, p= ,025$) mit einer stärker konservativ ausgeprägten Antworttendenz der Fünfjährigen. Darüber hinaus unterschieden sich auch die effektiveren Lerner von den weniger effektiven Lernern durch ein konservativeres Antwortverhalten ($F(1,57)= 9,41, p= ,005$). Es ergab sich kein bedeutsamer Interaktionseffekt (beide $p > ,298$). Das Geschlecht beeinflusste das Antwortverhalten der Kinder nicht ($F(1,57)= 0,01, p= ,920$).

7.6.3.2 Analyse der ersten Testphase

Aufgrund des Anstiegs des Diskriminationsindex A' zwischen der Wiedererkennung nach zehn Minuten und nach einer Woche stellte sich die Frage, ob während der ersten Testphase nochmals ein messbarer Lernprozess der Targetgesichter stattgefunden hat. Zur Überprüfung wurde die erste Testphase in drei Abschnitte unterteilt und der Verlauf des Diskriminationsindex vom Beginn bis zum Ende verglichen. Es zeigte sich für beide Altersgruppen kein Unterschied in der Wiedererkennung der Gesichter vom ersten Drittel bis zum letzten Drittel der ersten Testphase ($F(2,56) = 0,67, p = ,517$) und somit kein messbarer Anstieg in der Wiedererkennung.

7.6.4 Diskussion

Über 80 Prozent der Dreijährigen konnten zwei neue Gesichter in der unmittelbaren Wiedererkennung sicher von fremden Gesichtern unterscheiden. In der Gruppe der Fünfjährigen gelang dies allen Kindern bei drei neuen Gesichtern (auch die zehn Prozent der Fünfjährigen, die das Lernkriterium nicht erreichten, erkannten die Targets überzufällig wieder). Die Genauigkeit in der Wiedererkennung der neuen Gesichter lag bei den Dreijährigen ähnlich hoch wie bei den Fünfjährigen. Dies zeigt, dass es durch die Abstufung der Anzahl der Targetgesichter gelungen ist, eine ähnliche Aufgabenschwierigkeit für die Drei- und Fünfjährigen zu erzielen und einen Decken- oder Bodeneffekt in einer der Altersgruppen zu vermeiden. Darüber hinaus wird durch dieses Ergebnis eine absolut gesehen bessere Gesichtserkennung bei den Fünfjährigen im Vergleich zu den Dreijährigen deutlich. Erstens konnten im Unterschied zu den Dreijährigen alle Fünfjährigen die neuen Gesichter von den fremden Gesichtern unterscheiden und zweitens gelang ihnen dies mit der gleichen Genauigkeit wie den Dreijährigen, obwohl sie ein Gesicht mehr wiedererkennen mussten.

Die Ergebnisse sind mit den Befunden von Brace et al. (2001) vergleichbar, die einen Anstieg in der Gesichtserkennung zwischen dem zweiten und fünften (und weiterhin bis zum elften) Lebensjahr beschrieben haben. In der Studie von Brace und Mitarbeitern zeigte sich ebenfalls, dass bedeutend mehr Fünfjährige als Dreijährige in der Lage waren, ein neues Gesicht wiederzuerkennen. Im Unterschied zur vorliegenden Untersuchung sahen alle Altersgruppen jedoch ein einziges Targetgesicht und die Fünfjährigen erzielten eine höhere Genauigkeit in der Gesichtserkennung als die Dreijährigen. Es ist davon auszugehen, dass der Anstieg in der Genauigkeit der Gesichtserkennung bei den Fünfjährigen in der Studie von Brace und Mitarbeitern durch die größere Anzahl der Targets in der vorliegenden Untersuchung kompensiert wurde. Hierdurch wird deutlich, dass beide

Untersuchungsmethoden geeignet sind, einen altersbedingten Zuwachs in der Gesichtserkennung aufzuzeigen.

Mit der Verwendung eines Lernkriteriums für die neuen Gesichter wurde überprüft, ob die Kinder die neuen Gesichter sicher erlernt haben, wobei gleichzeitig ein Überlernen der Gesichter verhindert werden sollte. Es hat sich gezeigt, dass anhand des Lernkriteriums in der Gruppe der Dreijährigen erfolgreich zwischen den Kindern, die die neuen Gesichter von fremden Gesichtern diskriminieren konnten und solchen, denen dies bis zum Ende der Lernphase nur auf Zufallsniveau gelang, unterschieden werden konnte. Bei den Fünfjährigen allerdings hat sich das Lernkriterium in dieser Hinsicht als zu streng erwiesen, da auch die Kinder, die es bis zum Ende der Lernphase nicht erreichten, die neuen Gesichter überzufällig wiedererkennen konnten. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Teil der Fünfjährigen die Gesichter möglicherweise überlernt hat, bzw. dass auch weniger Wiederholungen der neuen Gesichter zu einer sicheren Wiedererkennung geführt hätten. Durch die Überprüfung des Lernkriteriums war es zudem möglich, für jedes Kind die Anzahl der nötigen Wiederholungen der neuen Gesichter bis zum Erreichen des Lernkriteriums zu bestimmen und somit individuelle Unterschiede im Lerntempo aufzudecken. Es wurde deutlich, dass die Kinder beider Altersgruppen, die die neuen Gesichter schneller als andere erlernten, diese auch unmittelbar mit einer größeren Genauigkeit wiedererkennen konnten. Bisher wurde in der Literatur nicht von individuellen Unterschieden in der Effizienz der Gesichtsverarbeitung berichtet. Vielmehr kamen Flin und Dziurawiec (1989) zu dem Schluss, dass es keinen Zusammenhang zwischen der Gesichtsverarbeitung und anderen mentalen Reifungsprozessen bei Kindern gibt. Anhand der vorliegenden Ergebnisse kann nicht beurteilt werden, ob die gefundenen Unterschiede gesichtsspezifisch sind oder eher auf allgemeine kognitive Fähigkeiten wie z.B. die visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit zurückzuführen sind. Es erscheint daher für zukünftige Studien zur Gesichtserkennung lohnenswert, unterschiedliche Komponenten der visuellen Verarbeitungskapazität zu untersuchen und mögliche Zusammenhänge mit der Gesichtsverarbeitung zu überprüfen.

Durch eine Unterteilung der Lernphase und die Analyse der Gesichtserkennung von der ersten Darbietung der neuen Gesichter bis zum Ende der Wiederholungen wurde es möglich, den Prozess des Erlernens neuer Gesichter bei Drei- und Fünfjährigen genauer zu verstehen. Es wurde deutlich, dass beide Altersgruppen ein neues Gesicht bereits nach einer einmaligen Präsentation überzufällig von fremden Gesichtern unterscheiden konnten. Diese Methode der einmaligen Präsentation der neuen Gesichter wurde in den meisten Studien zur Gesichtserkennung bei Kindern und Erwachsenen verwendet (z.B. Hay & Cox, 2000; Carey et al., 1980, Flin, 1985). Die Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit Brace et al.

(2001), die eine überzufällige Wiedererkennung neuer Gesichter bei zwei- bis elfjährigen Kindern gezeigt haben und Bruce et al. (2000), die vergleichbare Ergebnisse bei vier- bis zehnjährigen Kindern berichtet haben.

Die überzufällige Wiedererkennung der neuen Gesichter bei der ersten Wiederholung weist darauf hin, dass die Kinder - unabhängig von dem Ausmaß der Effizienz der Gesichtserkennung – bereits während der ersten Darbietung der neuen Gesichter eine funktionale interne Repräsentation aufgebaut haben, die ein Wiedererkennen ermöglichte. Der kognitive Prozess, der zur Wiedererkennung bei der ersten Wiederholung führte, kann durch Verhaltensbeobachtungen nicht weiter differenziert werden. An dieser Stelle bietet die Erfassung neurophysiologischer Parameter der Gesichtserkennung eine Möglichkeit, den Beginn des Aufbaus der internen Repräsentation neuer Gesichter genauer zu untersuchen. In Experiment 2 wurde daher die hirnelektrische Aktivität während der Verarbeitung der neuen Gesichter von der ersten Wiederholung bis zum Ende der Darbietungen analysiert und mit der Verarbeitung fremder Gesichter und hoch vertrauter Gesichter verglichen.

Der weitere Verlauf des Prozesses, in dem ein neues Gesicht zu einem bekannten Gesicht wurde, konnte jedoch anhand der Verhaltensbeobachtungen differenziert beschrieben werden. Es zeigte sich, dass die Genauigkeit in der Wiedererkennung der neuen Gesichter mit der steigenden Anzahl von Wiederholungen deutlich zunahm.

Während der Aufbau der internen Repräsentation neuer Gesichter bisher bei Kindern nicht untersucht wurde, haben Clutterbuck und Johnston (2005) bei Erwachsenen indirekt belegt, dass die Wiedererkennung neuer Gesichter mit einer kritischen Anzahl von Wiederholungen schneller und genauer wurde. Die Autoren haben hierzu die Wiedererkennung in einer veränderten Ansicht, in der ausschließlich die internen Gesichtsmerkmale gezeigt wurden, überprüft.

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass bei Kindern im Vorschulalter der Prozess, in dem ein neues Gesicht zu einem bekannten Gesicht wird, mit einem kontinuierlichen Anstieg in der Genauigkeit der Gesichtserkennung einherging.

Durch die Analyse der Antworttendenz und der Urteilsfehler wurde deutlich, dass die steigende Genauigkeit in der Gesichtserkennung durch die verbesserte Beurteilung der Distraktoren bedingt war. Während die Beurteilung der Bekanntheit der Gesichter bei beiden Altersgruppen anfangs durch eine Tendenz zur Übergeneralisierung charakterisiert war, d.h. auch fremde Gesichter fälschlich als bekannt eingestuft wurden, nahm diese fehlerhafte Beurteilung der fremden Gesichter im Verlauf der Wiederholungen der neuen Gesichter ab. Bisher wurde zwar berichtet, dass die falsche Beurteilung der Distraktoren bei jüngeren Kindern die häufigere Fehlerart ist (Johnston und Ellis, 1995), die Antworttendenz wurde

jedoch noch nie zur Beschreibung des Lernprozesses für neue Gesichter im Kindesalter verwendet.

Aufgrund des beschriebenen Zugewinns an Erkenntnissen, die durch die Verwendung des Diskriminationsindex und der Antworttendenz möglich wurden, ist der Diskriminationsindex aus methodischen Gesichtspunkten in entwicklungspsychologischen Studien zur Gesichtserkennung der Verwendung der Prozentzahl richtiger Urteile vorzuziehen.

Die langfristige Wiedererkennung der neuen Gesichter gelang den Drei- und Fünfjährigen über den Zeitraum von einer Woche mit einer hohen Genauigkeit. Beide Altersgruppen, in stärkerem Maß die Fünfjährigen, zeigten einen Anstieg in der Gesichtserkennung von der Lernphase über die erste Testphase nach zehn Minuten bis zum Wiedererkennen nach einer Woche. Sowohl die Drei- als auch die Fünfjährigen erzielten nach einer Woche eine exaktere Wiedererkennung als nach zehn Minuten.

Dies deutet (1) auf eine sehr stabile Repräsentation der neuen Gesichter hin und wirft (2) die Frage auf, wieso die Wiedererkennung nach einer Woche besser gelang als nach zehn Minuten.

Innerhalb der ersten Testphase zeigte sich zwischen Beginn und Ende der Wiederholungen der neuen Gesichter kein signifikanter Anstieg in der Wiedererkennung und somit kein Hinweis auf einen messbaren Lernprozess, der zu einer Konsolidierung der neuen Gesichter führte. Dies ist auch deshalb erwartungskonform, da die Kinder in der Testphase keine Rückmeldung über ihr Urteil erhielten. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass zum ersten Testzeitpunkt Ermüdungserscheinungen bei den Kindern auftraten, die eine Minderung in der Gesichtserkennung verursacht haben. Allerdings hatten die Kinder direkt vor der Testung eine zehnminütige Pause und wirkten subjektiv nicht angestrengt.

Bei Erwachsenen konnte gezeigt werden, dass bereits eine einmalige Präsentation neuer Gesichter zu einer stabilen langfristigen Wiedererkennung führen kann (z.B. Shepherd, Ellis und Davis, 1982).

In einer der wenigen Studien, in der die langfristige Wiedererkennung neuer Gesichter bei Kindern untersucht wurde, zeigte sich bei Siebenjährigen, nicht aber bei Zehnjährigen eine stabile Wiedererkennung nach einer Woche. Ellis und Flin (1990) fanden in ihrer Studie, dass bei Siebenjährigen die Wiedererkennung über eine Woche stabil blieb, während bei Zehnjährigen die anfängliche Überlegenheit durch ein deutliches Absinken in der Gesichtserkennung nach einer Woche verloren ging. Die Autoren argumentieren, dass die Zehnjährigen im Vergleich zu den Jüngeren möglicherweise eine größere Menge gesichtsrelevanter Informationen enkodiert haben, die zusätzlich zu den Invarianten auch transiente Merkmale der Gesichter (*face states*) wie z.B. den Emotionsausdruck enthielten. Dies könnte dazu geführt haben, dass diese zusätzlichen Informationen zwar positiv für die

unmittelbare Wiedererkennung genutzt werden konnten, die langfristige Speicherung jedoch durch eine Konfundierung der Invarianten und der veränderbaren Merkmale erschwert wurde, wodurch die Wiedererkennung bei den Zehnjährigen nach einer Woche weniger exakt war. Die Siebenjährigen dagegen haben nach Ansicht der Autoren während der Darbietung der neuen Gesichter ausschließlich die Invarianten der Gesichter enkodiert, die gleichermaßen in der unmittelbaren und in der langfristigen Wiedererkennung genutzt werden konnten. Die Betrachtung der Daten aus der Studie von Ellis und Flin (1990) zeigt jedoch, dass die Wiedererkennung der Siebenjährigen von Beginn an nur knapp über dem Zufallsbereich lag. Daher ist es fraglich, ob der unterschiedliche Zeitverlauf der Gesichtserkennung zwischen den Altersgruppen nicht auch durch einen Bodeneffekt bei den Ergebnissen der Siebenjährigen bedingt war.

Unabhängig von einer möglichen Verzerrung der Ergebnisse der Studie von Ellis und Flin (1990) ist ein Vergleich mit den Befunden der vorliegenden Untersuchung nur bedingt möglich, da bei Ellis und Flin beide Altersgruppen zehn Targets wiedererkennen sollten, die zuvor ein einziges Mal präsentiert wurden. Der Vergleich der beiden Untersuchungen macht jedoch deutlich, dass die Anzahl der Targets und die Anzahl der Darbietungen der neuen Gesichter ganz entscheidende Kriterien sind, die die Gesichtserkennung bei Kindern wesentlich beeinflussen. In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass bereits Dreijährige in einer altersangepassten Aufgabe zu einer sehr stabilen langfristigen Wiedererkennung fähig waren.

Es soll an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen werden, dass die Kinder in den Testphasen im Unterschied zur Lernphase keine Rückmeldung mehr über ihr Urteil erhalten haben. Daher ist die hohe Genauigkeit der Wiedererkennung und der Anstieg in der Gesichtserkennung zwischen den beiden Testphasen beachtlich und ein Ausdruck dafür, dass beide Altersgruppen die (bloße) Wiederholung der Gesichter zur Verbesserung ihrer Wiedererkennung nutzen konnten.

Analog zur unmittelbaren Wiedererkennung der neuen Gesichter konnten auch in der langfristigen Gesichtserkennung die Kinder, die die neuen Gesichter schneller erlernt hatten, diese exakter wiedererkennen. Dies deutet darauf hin, dass eine Unterscheidung zwischen Kindern mit unterschiedlich effizienter Gesichtsverarbeitung gerechtfertigt ist, und darüber hinaus die Analyse möglicher Ursachen für diese differentiellen Unterschiede eine bedeutsame zukünftige Forschungsfrage darstellt.

Die Fünfjährigen erzielten in der langfristigen Gesichtserkennung eine deutlich höhere Genauigkeit als die Dreijährigen, während in der unmittelbaren Wiedererkennung kein Altersunterschied zu beobachten war. Im Unterschied zu den Dreijährigen zeigten sie eine konservativere Antworttendenz und machten weniger Fehler in der Beurteilung der fremden Gesichter. Somit wurde insgesamt zwischen dem dritten und fünften Lebensjahr ein

Alterszuwachs in der Gesichtserkennung auf zweifache Weise deutlich: die Fünfjährigen konnten ein Gesicht mehr als die Dreijährigen mit gleicher Genauigkeit kurzfristig wiedererkennen und waren zudem langfristig in der Wiedererkennung dieser Gesichter exakter.

Abschließend soll darauf hingewiesen werden, dass die dargestellten Ergebnisse für die Gesichtserkennung in konstantem neutralem Ausdruck gelten.

Darauf aufbauend stellt sich die Frage, wie sich diese grundlegende Fähigkeit verändert, wenn die neuen Gesichter in unterschiedlichen Emotionsausdrücken wiedererkannt werden sollen. Dies ist deshalb von Interesse, da Gesichtserkennung im eigentlichen (und alltäglichen) Sinn darauf beruht, die Invarianten eines Gesichts aus den unterschiedlichen *face states*, die durch verschiedene Ansichten, Emotionen oder Sprechmimik bedingt sind, herauszuselektieren und für die Wiedererkennung zu nutzen.

In Experiment 3 und 4 wurde daher untersucht, wie sich ein Wechsel des emotionalen Ausdrucks auf die Gesichtsverarbeitung und Wiedererkennung bei Drei- und Fünfjährigen auswirkt.

Zunächst wurden jedoch in Experiment 2 anhand einer EKP-Studie die neurophysiologischen Prozesse, die während der Verarbeitung unterschiedlich bekannter Gesichter ablaufen und die der Wiedererkennung bekannter Gesichter zugrunde liegen, untersucht und mit den Verhaltensbeobachtungen in Zusammenhang gebracht.

8. Experiment 2: Neurophysiologische Potentiale der Verarbeitung von Gesichtern unterschiedlicher Bekanntheit

In der vorliegenden EKP-Studie wurde die neuronale Verarbeitung von wiederholt dargebotenen Targetgesichtern mit der Verarbeitung von fremden Gesichtern und eines hoch vertrauten Gesichts verglichen. Darüber hinaus wurde der Prozess des Erlernens der neuen Gesichter genauer analysiert, indem die neuronale Aktivität im Verlauf der wiederholten Darbietungen untersucht wurde.

8.1 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen insgesamt 21 Kinder (neun Mädchen) im Alter von 5,1 bis 5,11 Jahren (Median= 5,63) teil. Alle Probanden waren Geschwister von Kindern, die bereits an einer anderen Untersuchung in der Abteilung Entwicklungspsychologie teilgenommen hatten. Keines der Kinder hat an Experiment 1, 3 oder 4 teilgenommen. Alle Kinder waren rechtshändig und es bestand nach Auskunft der Eltern keine bekannte Einschränkung der Sehfähigkeit.

8.2 Stimuli

Als Stimuli wurden insgesamt 54 weibliche Gesichter verwendet.

Da für die Experimente 2 bis 4 eine große Anzahl unterschiedlicher Gesichter in den Emotionen Freude, Ärger und neutraler Ausdruck benötigt wurden und zudem von jeder Emotion mehrere verschiedene Aufnahmen verwendet werden sollten, wurde die Erstellung einer eigenen Gesichterdatenbank notwendig.

Hierfür wurden 42 Frauen im Alter von 23 bis 38 Jahren in frontaler Ansicht mit neutralem Gesichtsausdruck, sowie mit den Emotionen Freude und Ärger fotografiert. Die Aufnahmen umfassten den gesamten Kopf inklusive Halsansatz und wurden unter konstanten Belichtungsbedingungen vor einem weißen Hintergrund angefertigt. Keine der Frauen trug Schmuck oder eine Brille und die persönliche Kleidung war durch einen Umhang verdeckt. Von jeder Person wurde eine große Anzahl von Aufnahmen erstellt. Jede einzelne Aufnahme unterschied sich von den anderen durch eine leicht veränderte Neigung des Kopfes.

Hierdurch sollte erreicht werden, dass die Wiedererkennung der Gesichter nicht auf einer rein bildbasierten Verarbeitung beruhen konnte.

Die Aufnahmen wurden nachträglich in Photoshop 6.0 bearbeitet. Falls notwendig, wurden extrem auffällige Hautmaserungen nachbearbeitet.

Drei Gesichter wurden für Experiment 2 als Targetgesichter ausgewählt (siehe Anhang C), die restlichen Gesichter wurden als Distraktoren verwendet. Zusätzlich zu den eigenen Gesichtern wurden für die EKP-Studie zwölf der in Experiment 1 verwendeten Gesichter aus der Arface Gesichterdatenbank (Martinez & Benavente, 1998) verwendet.

Die Gesichter wurden als Schwarzweiss-Fotographien in der Größe von 12 cm (Höhe) auf 8 cm (Breite) im Abstand von 60 cm auf einem Computerbildschirm mit grauem Hintergrund präsentiert.

8.3 Apparatur

Die Apparatur bestand aus einem Präsentationsrechner mit zwei Bildschirmen und einem EEG-Rechner zur Aufzeichnung und späteren Auswertung der EEG-Daten. Die Aufnahmen der Gesichter wurden mit dem Präsentationsrechner und der Software Presentation Version 9.90 parallel auf zwei Computerbildschirmen dargeboten. Auf einem Bildschirm konnte eine Versuchsleiterin die Abfolge der dargebotenen Stimuli kontrollieren. Der zweite Bildschirm war an der Frontseite einer Kabine eingelassen, die nach vorn und zu den Seiten Blick geschützt war.

Die Kinder konnten mit dem Daumen der rechten Hand einen Druckknopf betätigen, der am oberen Ende eines Stabes (7 cm Länge und 1,5 cm Durchmesser) angebracht war und gedrückt werden sollte, sobald ein Gesicht wiedererkannt wurde. Die Antworten wurden von Presentation in einem Verhaltensprotokoll gespeichert und vom EEG-Rechner mit der Software Vision Recorder 1.03 der Firma Brain Products erfasst und den Stimuli zeitgenau zugeordnet.

Das EEG wurde nach dem internationalen 10/20 System mit 25 Kanälen abgeleitet, wobei zusätzlich zu den 19 festgelegten Kanälen noch FT9, FT10, TP9 und Tp10 sowie zwei Augenkanäle erfasst wurden. Die Elektroden waren in sog. Easy Cap-Hauben der Firma EasyCap eingesetzt. Als Referenz diente die Elektrode Cz. Die horizontalen Augenbewegungen wurden mit einer Elektrode unterhalb des rechten Auges, die vertikalen Augenbewegungen mit einer Elektrode seitlich des rechten Auges erfasst und beide Augenelektroden wurden gegen Cz abgeleitet.

Während der Untersuchung waren zwei Versuchsleiterinnen anwesend. Eine Versuchsleiterin bediente die beiden Computer, eine zweite Person befand sich seitlich hinter den Kindern, um deren Verhalten zu beobachten und bei zu großer motorischer Unruhe oder fehlender Betrachtung der Stimuli individuelle Pausen zu veranlassen. Die Aufzeichnung des EEGs erfolgte mit dem Vision Recorder 1.03 der Firma Brain Products. Die Auswertung der EKP-Daten erfolgte anhand der Software Vision Analyzer 1.05, ebenfalls von Brain Products.

8.4 Durchführung

Zu Beginn des Untersuchungstermins wurde die Mutter jedes Kindes fotografiert, wobei die gleichen Kriterien wie bei der Erstellung der eigenen Gesichterdatenbank angelegt wurden (siehe Beschreibung der Stimuli in Abschnitt 2.2). Während dieser Zeit und auch während der Anpassung der EEG-Hauben konnten die Kinder malen oder ein Buch anschauen.

Vor der eigentlichen Aufzeichnung der EEG-Daten wurden drei Probedurchgänge durchgeführt, in denen die Kinder Häuser dargeboten bekamen und diese wiedererkennen sollten. Ziel dieser Übung war es, die kurze Bilddauer von 500 ms einzuführen und den Umgang mit dem Druckknopf bei wiedererkannten Stimuli zu üben.

Die Kinder wurden instruiert, sich während der EEG-Aufzeichnung nicht zu bewegen und nicht zu sprechen. Zu Beginn der eigentlichen Untersuchung wurden den Kindern drei Targetgesichter einmalig für die Dauer von fünf Sekunden nacheinander dargeboten. Die Kinder wurden über eine Coverstory motiviert (siehe Anhang B), diese Gesichter genau zu betrachten, um sie später wiedererkennen zu können und bei jedem wiedererkannten Targetgesicht den Knopf zu drücken, den sie in der rechten Hand hielten.

Direkt anschließend wurden diese Targetgesichter 51 Mal (drei Targets a 17 Wiederholungen) gemischt mit 51 Distraktorgesichtern und 51 Darbietungen der eigenen Mutter in einer semi-randomisierten Reihenfolge¹ gezeigt. Alle Gesichter wurden in der frontalen Ansicht mit neutralem Emotionsausdruck dargeboten. Jede Aufnahme der Targetgesichter wurde nur einmal gezeigt, damit die Wiedererkennung der Gesichter nicht rein bildbasiert sein konnte. In der Testphase betrug die Darbietungsdauer der Gesichter 500

¹ Die Zufallsreihenfolge war insofern eingeschränkt, als ein identisches Targetgesicht oder die Mutter maximal zweimal in Reihe erscheinen durften.

ms mit einem Interstimulusintervall von 900 bis 1350 ms, in dem ein Fixationskreuz in der Mitte des Bildschirms vor grauem Hintergrund präsentiert wurde.

Der Raum wurde während der Untersuchung abgedunkelt. Die Mütter waren die gesamte Zeit über anwesend und hielten sich hinter den Kindern auf. Individuelle Pausen wurden entweder von den Kindern selbst oder von der Versuchsleiterin veranlasst. Die reine Präsentationsdauer der Gesichter betrug insgesamt ca. fünf Minuten. Wenn ein Kind nicht mehr zur Fortsetzung zu motivieren war, konnte die Untersuchung vorzeitig abgebrochen werden. Am Ende der EEG-Sitzung wurde jedes Kind mit der EEG-Haube fotografiert und bekam eine Urkunde und ein kleines Geschenk.

8.5 Datenanalyse

Die Aufnahmezeit betrug 500 Hz. Die Daten wurden ohne Filter aufgenommen und nachträglich mit einem Bandpassfilter von 0,1 -30 Hz gefiltert und zusätzlich wurde 50Hz-Aktivität herausgefiltert. Die Daten, die mit Cz als Referenz aufgenommen wurden, wurden zum Mittelwert aller Elektroden re-referenziert. Horizontale und vertikale Augenbewegungen wurden nach der Methode von Gratton, Coles & Donchin (1983) korrigiert. Durchgänge, in denen die Amplitude 150 Mikrovolt überstieg wurden als Artefakt behaftet ausgeschlossen. Die Daten wurden Baseline korrigiert (-100 ms bis 0 ms) und für den Zeitraum von 0 ms bis 850 ms gemittelt. Alle Widerstände lagen unterhalb von 30 kOhm.

Für die Analyse der frühen Potentiale wurden die beiden Elektroden P7 und P8 ausgewertet, da an diesen posterior temporalen Elektroden sowohl in Erwachsenenstudien (z.B. Eimer, 2000a) als auch bei Kindern (z.B. Taylor et al., 1999) die deutlichsten Effekte in der Gesichtsverarbeitung gefunden wurden.

Für die Analyse der späteren Potentiale wurden angelehnt an Itier und Taylor (2004c) frontale, temporale, parietale und okzipitale Elektroden einbezogen.

8.6 Ergebnisse

Vorraussetzung für die Aufnahme in die Auswertung waren mindestens 20 artefaktfreie Durchgänge pro Gesichter-kategorie (Distraktor, Target und Mutter).

Bei drei von 21 Kindern musste die Untersuchung wegen zu starker motorischer Unruhe und Unkonzentriertheit abgebrochen werden.

Drei weitere Kinder mussten aufgrund zu vieler Artefakte ausgeschlossen werden.

Die verbleibenden 15 Kinder (fünf Mädchen), die in die Auswertung eingingen, sahen im Mittel 44 Darbietungen der Distraktoren (SD= 6,9), 45 Target-Darbietungen (SD= 6,5) und 44 Darbietungen der Mutter (SD= 7,1).

Nach Artefaktkorrektur waren im Mittel 37 Darbietungen der Distraktoren (SD= 9,6), 37 Präsentationen der Targets (SD= 9,3) und 36 Darbietungen der Mutter (SD= 8,9) auswertbar.

Die Anzahl der verwertbaren Darbietungen, in denen die Kinder ein Targetgesicht per Knopfdruck als bekannt eingestuft hatten, lag mit 18,5 (SD= 11,6) bei ca. 50% aller auswertbaren Präsentationen der Targets.

8.6.1 Verhaltensdaten

Die Analyse der Verhaltensdaten ergab, dass die Prozentzahl der wiedererkannten Targets mit 63,3% nicht signifikant vom Zufall verschieden war ($T(14)= 2,05$ $p=,062$). Zwischen den einzelnen Targetgesichtern zeigten sich Unterschiede in der Genauigkeit der Wiedererkennung (78,7%, 48,5% und 62,7%), die statistisch knapp nicht signifikant wurden ($F(2,15)= 3,70$, $p= ,057$). Die mittlere Reaktionszeit der Kinder bis zur Beurteilung der Gesichter betrug ca. 1154 Millisekunden (SD= 3779).

Zusätzlich zu der gemeinsamen Analyse aller Target-Darbietungen wurde die Wiedererkennung während der ersten fünf Wiederholungen der Targets und während der letzten fünf Wiederholungen der Targets getrennt analysiert. Es zeigte sich, dass die ersten fünf Darbietungen der Targets im Mittel zu 53,8% (SD= 42,7) und somit nicht überzufällig korrekt ($T(14)= 0,33$, $p=,751$) wiedererkannt wurden. Die letzten fünf Präsentationen der Targets wurden im Durchschnitt mit 67,6% (SD= 30,0) richtig erkannt und es zeigte sich ein Trend zur überzufälligen Wiedererkennung ($T(14)= 2,12$, $p= ,055$). Der Unterschied zwischen Beginn und Ende der wiederholten Darbietungen war statistisch nicht signifikant ($F(1,12) = 1,83$, $p= ,201$).

8.6.2 Neuronale Verarbeitung der drei Gesicherkategorien

8.6.2.1 P1 und N170

Im Folgenden wurde anhand einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (drei Gesicherkategorien, zwei Elektroden-Orte) untersucht, ob sich die neuronale Verarbeitung

der drei Gesichterkategorien in den Potentialen P1 (definiert als positives Maximum zwischen 50 und 200 ms, siehe Abb.1b) und N170 (definiert als negatives Maximum zwischen 140 und 300 ms, siehe Abb.1b) unterschied. In diese Analyse wurden alle Darbietungen der Targets, unabhängig davon, ob sie als bekannt beurteilt wurden, einbezogen.

In Tabelle 6 sind die Latenzen und die mittleren Amplituden an den Elektroden P7 und P8 dargestellt.

In Abbildung 10 wird der Verlauf der neuronalen Aktivität an sechs Elektroden im Zeitfenster bis 1000 ms gezeigt.

In P1 wurde weder in der Latenz ($F(2,12)= 0,84, p=,434$) noch in der Amplitude ($F(2,12)= 1,47, p= ,247$) ein Unterschied in der Verarbeitung der Distraktoren, Targets oder Mütter deutlich. Während die Latenzen in P1 an den Elektroden P7 und P8 vergleichbar waren ($F(1,13)= 1,06, p= ,321$), zeigte sich rechtsseitig eine deutlich größere Amplitude ($F(1,13)= 7,29, p=,017$). Es zeigte sich keine Interaktion zwischen Elektroden-Ort und Latenz oder Amplitude (beide $F(2,12) < 2,53$ und beide $p > ,101$).

Potential	Elektrode	Distraktoren		Targets		Mutter	
		Latenz (SD)	Amplitude (SD)	Latenz (SD)	Amplitude (SD)	Latenz (SD)	Amplitude (SD)
P1	P7	147,33 (40,71)	6,59 (3,84)	145,60 (25,54)	5,33 (3,61)	136,80 (49,90)	6,47 (3,76)
	P8	155,60 (22,71)	11,77 (6,45)	144,53 (29,52)	10,07 (4,70)	147,87 (23,91)	9,93 (7,95)
N170	P7	253,06 (38,11)	-8,02 (6,54)	248,80 (39,05)	-7,94 (4,87)	263,46 (28,28)	-10,20 (6,32)
	P8	240,40 (39,79)	-8,42 (8,98)	254,53 (24,77)	-9,01 (6,82)	249,33 (31,46)	-13,85 (11,56)

Tabelle 6. Potentiale P1 und N170: Latenz in Millisekunden und Amplitude in Mikrovolt an den Elektroden P7 und P8, N=15

Die Latenz in der N170-Komponente unterschied sich nicht zwischen den Distraktoren, Targets und den Müttern ($F(2,15)= 1,72, p=,197$). Dagegen zeigte sich ein deutlicher Amplitudenunterschied in der N170 ($F(2,15) = 6,37, p=,009$) in Abhängigkeit der Gesichterkategorien. Anschließende Paarvergleiche (Bonferroni) ergaben eine stärkere Negativierung ausgelöst durch die Mütter im Vergleich zu den Distraktoren ($p= ,002$), während zwischen den Mutter-Darbietungen und den Target-Darbietung ($p=,064$), sowie

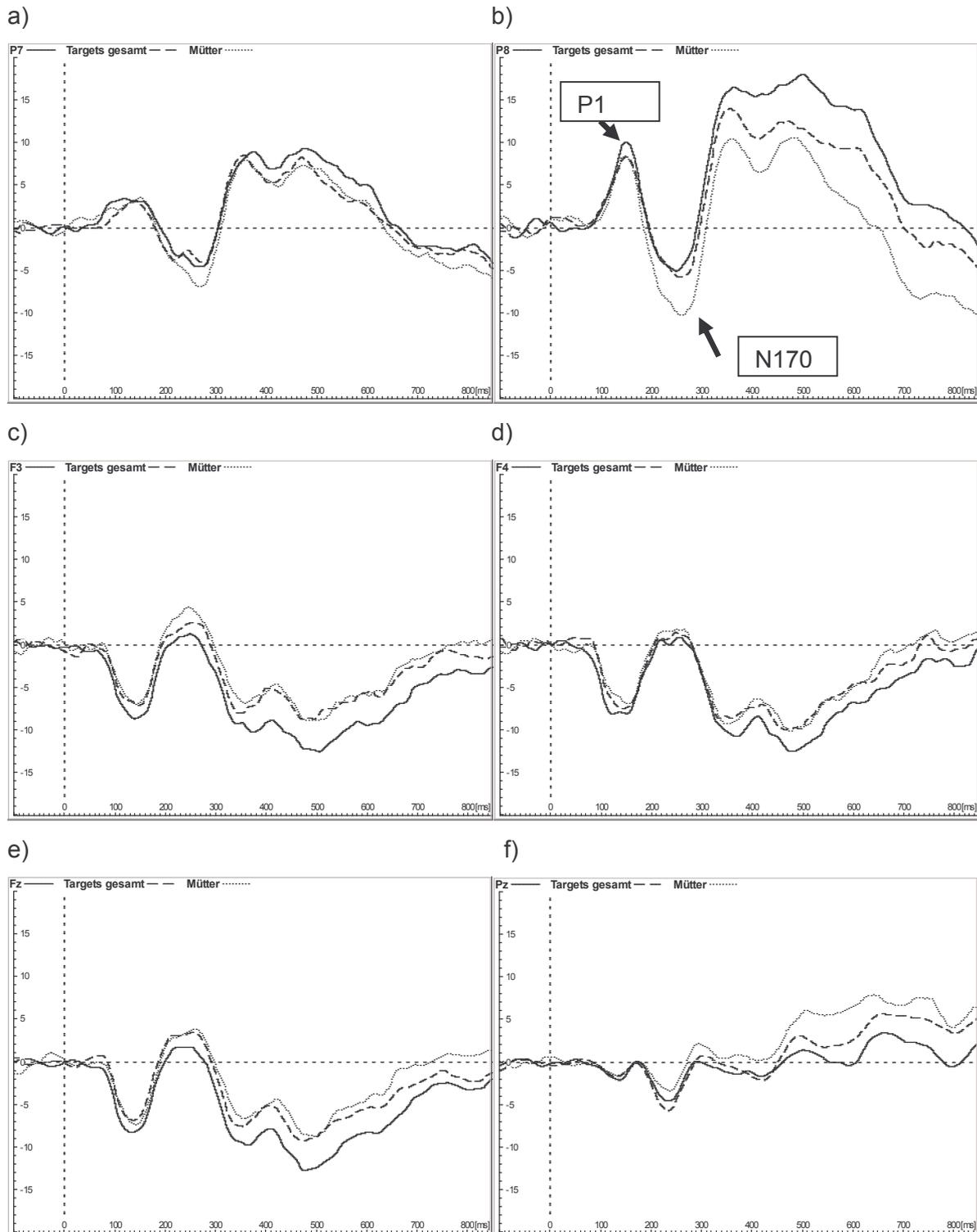


Abbildung 10 a-f. Parietale Elektroden P7 (a), P8 (b) und Pz (f) und frontale Elektroden F3 (c), F4 (d) und Fz (e): Grand Average ERPs in Reaktion auf Distraktoren (durchgezogene Linie), Targets (gestrichelte Linie) und Mütter (gepunktete Linie), Pfeile in (b) markieren die Potentiale P1 und N170

zwischen Distraktoren und Targets ($p= 1,00$) kein signifikanter Aktivierungsunterschied gefunden wurde. Der Elektroden-Ort hatte in der N170 keinen signifikanten Einfluss auf die

Latenz ($F(1,13)= 0,67, p=,428$) oder auf die Amplitude ($F(1,13)=1,26, p=,280$) und es zeigte sich keine bedeutsame Interaktion mit der Gesichter-kategorie ($F(2,13)< 2,54, p>,099$).

8.6.2.2 Neuronale Aktivität zwischen 350 und 800 ms

Die weitere neuronale Verarbeitung der Distraktoren, Targets und der eigenen Mutter wurde im Zeitraum zwischen 350 ms und 800 ms untersucht. Da in diesem Zeitfenster keine deutlichen Peaks auftraten, wurde die mittlere Aktivität an den Elektroden Fz, F3, F4, T8, Pz, P3, P4, P7, P8, O1 und O2 in neun Zeitfenstern von 50 ms Dauer berechnet. In Abbildung 11 ist der Verlauf der mittleren Aktivität an sechs Elektroden dargestellt.

Für jedes Zeitfenster wurde eine separate einfaktorielle Varianzanalyse gerechnet. In Tabelle 7 sind die Haupteffekte der drei Gesichter-kategorien in den untersuchten Zeitfenstern dargestellt. Die hochgestellten Ziffern beschreiben die gefundenen Unterschiede im anschließenden Paarvergleich der Gesichter-kategorien.

An den frontalen Elektroden zeigte sich rechtsseitig an F4 ein Aktivierungsunterschied zwischen den Gesichtern unterschiedlicher Bekanntheit, jedoch im Paarvergleich kein signifikanter Unterschied. An Fz und F3 lösten die fremden Gesichter zwischen 350 ms und 700 ms eine deutlich stärkere Negativierung aus als die Mütter. Zusätzlich wurde an beiden Elektroden auch ein Aktivierungsunterschied zwischen den Distraktoren und den wiederholt dargebotenen Targets deutlich, der ab 450 ms zu beobachten war.

Parietal fiel v.a. der über den gesamten untersuchten Zeitraum bestehende Aktivierungsunterschied an der Elektrode P8 auf, bedingt durch eine erhöhte Positivierung durch die fremden Gesichter und durch die Targets im Vergleich zu den Müttern. Die Elektrode P8 war die einzige Elektrode, an der sich Verarbeitungsunterschiede zwischen allen drei Gesichter-kategorien zeigten, wobei die Unterschiede zwischen Targets und Müttern erst zwischen 500 ms und 800 ms auftraten. Während bei den räumlich benachbarten Elektroden an T8 kein bedeutsamer Unterschied zu beobachten war, zeigten sich an P4 und an O2 bedeutsame Aktivierungsunterschiede.

An P3, P4, P7 und Pz traten die Aktivierungsunterschiede später als an P8 auf. Linksseitig (P3) wurde ein Unterschied in der Verarbeitung der fremden Gesichter zu den beiden anderen Gesichter-kategorien deutlich. Rechtsparietal (P4) zeigte sich ein Aktivierungsunterschied zwischen den Targets und der Mutter.

An den okzipitalen Elektroden O1 und O2 zeigten sich bilateral Unterschiede in der Verarbeitung der fremden Gesichter und der Mütter. Darüber wurden linksseitig (O1)

Unterschiede zwischen den Targets und den Müttern und rechtsseitig (O2) Unterschiede zwischen den fremden Gesichtern und den Targets deutlich.

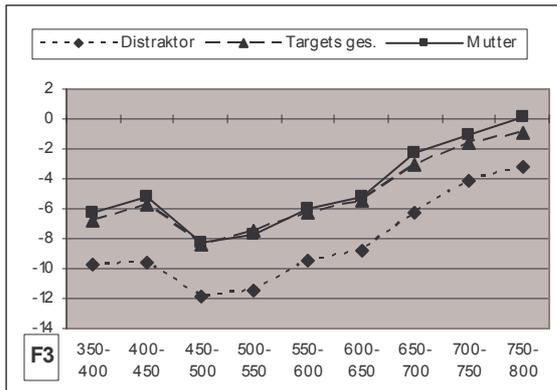
E.		350-400 ms	400-450 ms	450-500 ms	500-550 ms	550-600 ms	600-650 ms	650-700 ms	700-750 ms	750-800 ms
Fz	F	4,19	5,05	7,05	6,67	4,69	6,25	4,69	2,67	3,68
	p	<u>,029⁽¹⁾</u>	<u>,016⁽¹⁾</u>	<u>,008^(1,2)</u>	<u>,010^(1,2)</u>	<u>,023⁽¹⁾</u>	<u>,006⁽¹⁾</u>	<u>,026⁽¹⁾</u>	,102	,052
F3	F	7,42	10,10	9,98	11,61	6,53	6,96	5,53	3,01	3,64
	p	<u>,005^(1,2)</u>	<u>,001^(1,2)</u>	<u>,003^(1,2)</u>	<u>,002^(1,2)</u>	<u>,014^(1,2)</u>	<u>,011^(1,2)</u>	<u>,017⁽¹⁾</u>	,079	<u>,047⁽¹⁾</u>
F4	F	1,14	1,78	4,18	4,03	1,51	2,46	4,99	4,04	2,82
	p	,247	,188	<u>,027</u>	<u>,035</u>	,243	,109	<u>,022</u>	<u>,035</u>	,089
T8	F	,369	,504	,112	,750	,706	,365	,948	1,21	3,23
	p	,695	,610	,879	,482	,502	,643	,397	,313	,059
Pz	F	1,71	1,77	5,03	9,55	13,19	8,79	3,38	7,26	7,20
	p	,202	,197	<u>,024</u>	<u>,002</u>	<u>,000</u>	<u>,002⁽¹⁾</u>	,063	<u>,005⁽¹⁾</u>	<u>,012^(1,2)</u>
P3	F	,088	,113	1,16	,596	1,36	6,40	3,57	9,22 ¹	7,11
	p	,916	,894	,328	,558	,273	<u>,005⁽¹⁾</u>	,055	<u>,002⁽¹⁾</u>	<u>,011^(1,2)</u>
P4	F	3,26	2,77	2,50	2,43	3,80	2,82	4,12	3,77	4,78 ¹
	p	,053	,080	,121	,106	<u>,047⁽³⁾</u>	,080	<u>,032</u>	<u>,046⁽³⁾</u>	<u>,025⁽³⁾</u>
P7	F	,818	1,70	1,73	3,24	3,37	1,59	,876	,533	1,63
	p	,441	,203	,197	,057	<u>,049</u>	,223	,426	,577	,216
P8	F	10,22	13,34	12,96	19,71	25,09	26,16	20,45	24,15	24,49
	p	<u>,001^(1,2)</u>	<u>,000^(1,2)</u>	<u>,000^(1,2)</u>	<u>,000^(1,2,3)</u>	<u>,000^(1,2,3)</u>	<u>,000^(1,2,3)</u>	<u>,000^(1,3)</u>	<u>,000^(1,2,3)</u>	<u>,000^(1,2,3)</u>
O1	F	,761	3,34	3,89	3,05	2,97	4,02	7,91	6,04	8,57
	p	,476	,051	<u>,034⁽²⁾</u>	,073	,077	<u>,031</u>	<u>,003^(1,3)</u>	<u>,010^(1,3)</u>	<u>,002^(1,3)</u>
O2	F	2,38	8,22	8,56	5,65	4,72	6,73	11,74	8,39	10,62
	p	,111	<u>,002⁽²⁾</u>	<u>,001^(1,2)</u>	<u>,021^(1,2)</u>	<u>,027</u>	<u>,005⁽¹⁾</u>	<u>,000^(2,3)</u>	<u>,002^(2,3)</u>	<u>,001^(2,3)</u>

Tabelle 7. Frontale (Fz, F3, F4), parietale (Pz, P3, P4, P7, P8), temporale (T8) und okzipitale (O1, O2) Elektroden (E.): Haupteffekte für die Gesichter Kategorien Distraktoren, Targets und Mütter in neun Zeitfenstern von 350 bis 800 ms, für alle F-Werte gilt: F(2,12), unterstrichen und fett bedeutet signifikant bei $p \leq ,05$, ⁽¹⁾ = sign. Unterschied zwischen Distraktoren und Müttern, ⁽²⁾ = sign. Unterschied zwischen Distraktoren und Targets, ⁽³⁾ = sign. Unterschied zwischen Mütter und Targets

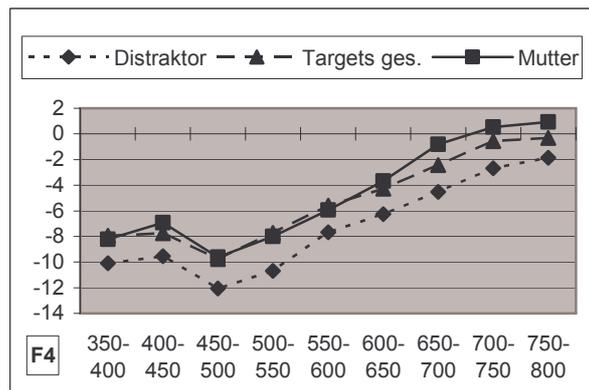
Insgesamt zeigten sich im Vergleich aller Haupteffekte die meisten Unterschiede zwischen den fremden Gesichtern und den hoch vertrauten Müttern. Der extreme Bekanntheitsunterschied zwischen diesen beiden Gesichter Kategorien ging mit Verarbeitungsunterschieden an fast allen Elektroden einher. Aktivierungsunterschiede zwischen den fremden Gesichtern und den wiederholt dargebotenen Targets wurden an F3, Pz, P3, P8 und an O2 deutlich.

An den frontalen Elektroden zeigten sich keine Aktivitätsunterschiede zwischen Targets und Müttern, parietal (P4 und P8) und an O1 traten dagegen bedeutsame Unterschiede auf. Alle Aktivierungsunterschiede zeigten das gleiche Muster: Die jeweils fremderen Gesichter lösten eine stärkere Aktivierung aus als die stärker vertrauten Gesichter (siehe Abb. 10 und 11).

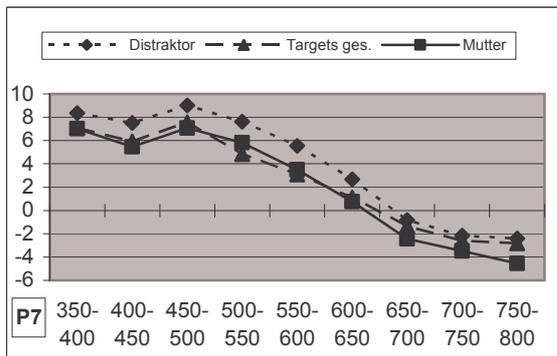
a)



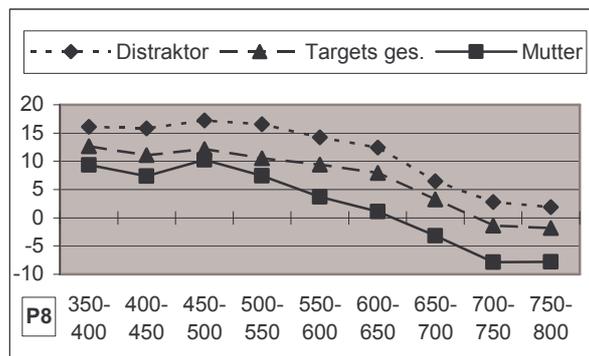
b)



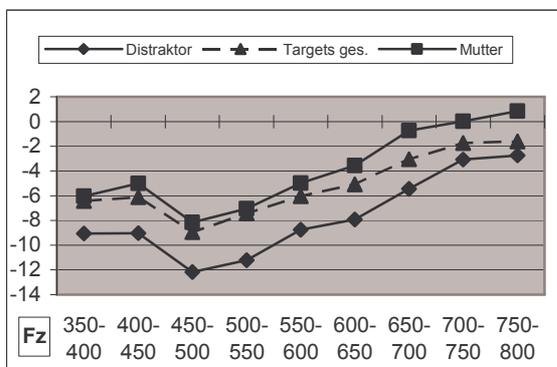
c)



d)



e)



f)

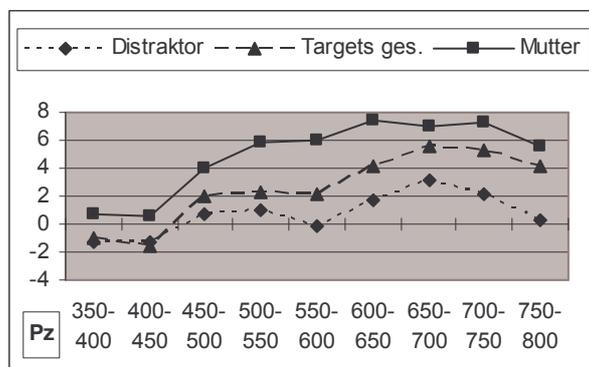
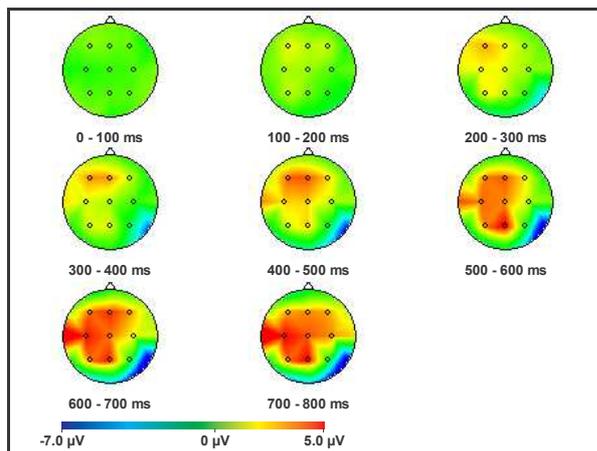


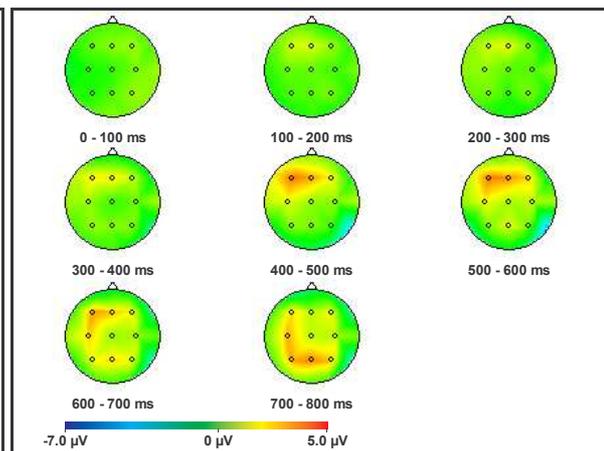
Abbildung 11 a-f. Frontale Elektroden F3 (a), F4 (b) und Fz (e) und parietale Elektroden P7 (c), P8 (d) und Pz (f): mittlere Aktivierung in neun Zeitfenstern zwischen 350 und 800 ms ausgelöst durch die drei Gesichter kategorien Distraktoren, Targets und Mütter

In Abbildung 12 sind die Differenzen der neuronalen Verarbeitung zwischen je zwei Gesichterkategorien als topographische Karte dargestellt. Die topographische Karte veranschaulicht die Spannungsverteilung auf der Kopfoberfläche und erlaubt somit Aussagen über die Verteilung der Aktivität in Abhängigkeit der Stimuli.

a) Differenz Mütter-Distraktoren



b) Differenz Targets-Distraktoren



c) Differenz Mütter-Targets

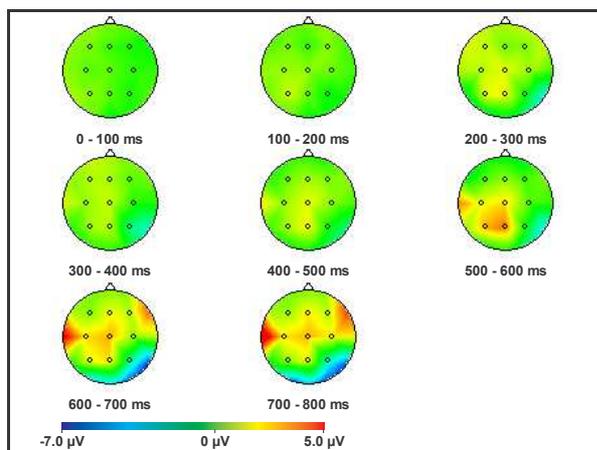


Abbildung 12. Topographische Karten der neuronalen Aktivitätsdifferenzen zwischen je zwei Gesichterkategorien (a) Differenz Mütter-Distraktoren, (b) Differenz Targets-Distraktoren und (c) Differenz Mütter-Targets

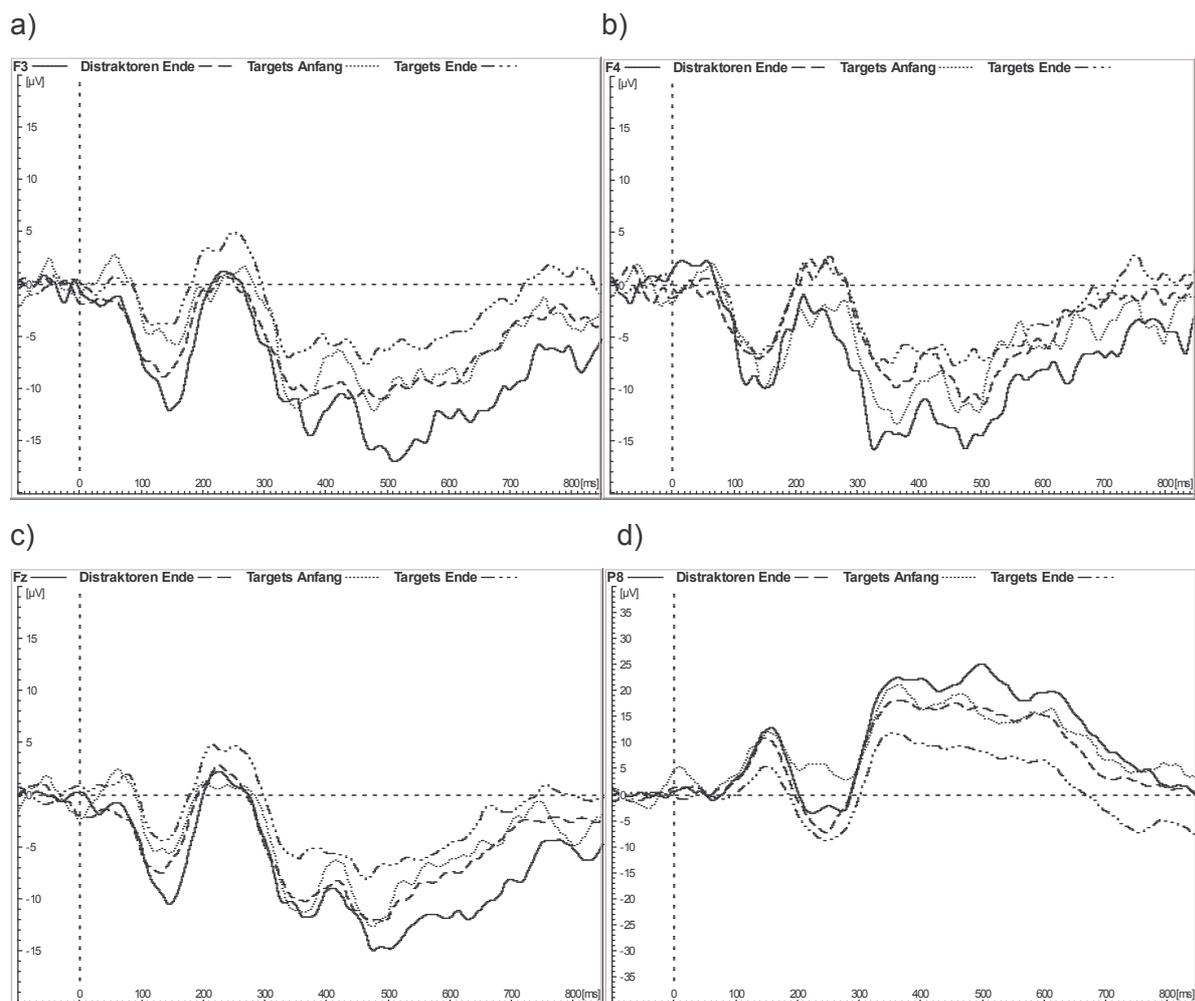
Hierbei wird nochmals deutlich, dass die Verarbeitungsunterschiede zwischen den Müttern und den fremden Gesichtern, wie bereits beschrieben, die größten Differenzen in der Stärke der Aktivierung aufwiesen. Die topographische Karte (Abb. 12a) zeigt, wie sich die Unterschiede in der neuronalen Verarbeitung zwischen den Müttern und den fremden Gesichtern mit der Zeit von frontal nach parietal ausbreiteten und ab 500 ms große Areale von frontal bis parietal einschlossen. Die Verarbeitungsunterschiede zwischen den Targets und den Distraktoren (Abb. 12b) umfassten ebenfalls frontale und parietale Areale, die

jedoch deutlich kleinere Flächen einschlossen und weniger stark ausgeprägt waren. Die Unterschiede in der neuronalen Verteilung zwischen den Müttern und den Targets waren ebenfalls auf kleine Areale begrenzt und zeigten deutlich weniger Beteiligung der frontalen Areale.

8.6.2.3 Vergleich der ersten und letzten Target- und Distraktor-Darbietungen

Im Folgenden wurde die Frage untersucht, ob sich die Verarbeitung der Targets zwischen den ersten und den letzten Darbietungen veränderte und somit neurophysiologische Korrelate des Prozesses, in dem die interne Repräsentation eines neuen Gesichts aufgebaut wird, gefunden werden konnten.

Hierfür wurden die ersten fünf und die letzten fünf Darbietungen der Targetgesichter mit der gleichen Auswahl der Distraktoren verglichen (siehe Abb. 13).



e)

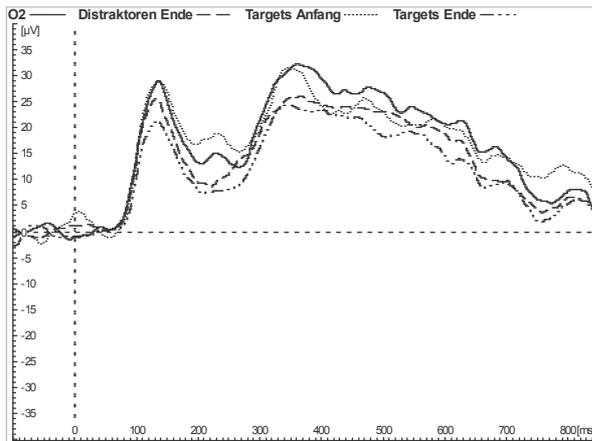


Abbildung 13. Frontale Elektroden F3 (a), F4 (b) und Fz (c), parietale Elektrode P8 (d) und okzipitale Elektrode O2 (e): Grand Average ERPs in Reaktion auf die ersten 5 Darbietungen der Distraktoren (durchgezogene Linie) und der Targets (gestrichelt und gepunktet) sowie die letzten 5 Darbietungen der Distraktoren (gestrichelt) und der Targets (gepunktet)

Die Darbietungen der Mutter wurden in diese Analyse nicht einbezogen, da nicht bekannt ist, wie sich die Wiederholung eines hoch vertrauten Gesichts auf die neuronale Verarbeitung auswirkt.

Da jeweils nur fünf Darbietungen in die Berechnung der EKPs einfließen, wurden diesmal Zeitfenster von 100 ms Dauer gebildet. Für jedes Zeitfenster wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse (zwei Gesichter kategorien, zwei Zeitpunkte) mit Messwiederholung (korrigiert nach Greenhouse-Geisser) durchgeführt. Die einzelnen Mittelwertsvergleiche wurden nicht nach Bonferroni korrigiert, da zu erwarten war, dass aufgrund dieser konservativen Korrekturminderung schwache Effekte nicht mehr beobachtbar sind.

In Tabelle 8 sind die Haupteffekte für den Vergleich zwischen der mittleren Aktivität bei der Verarbeitung der Distraktoren und Targets abgebildet.

Unabhängig, ob die ersten oder letzten Darbietungen der Gesichter betrachtet wurden, zeigten sich v.a. an den frontalen Elektroden Aktivierungsunterschiede zwischen den fremden Gesichtern und den wiederholt dargebotenen Targets. Bereits im ersten untersuchten Zeitfenster ab 350 ms löste die Betrachtung der fremden Gesichter an Fz, F3 und F7 und ab 450 ms auch an F4 eine stärkere Negativierung aus.

Parietal wurde einzig an P8 ein Aktivierungsunterschied mit einer stärkeren Positivierung durch die Distraktoren beobachtet, der fast den gesamten untersuchten Zeitraum andauerte. Okzipital führten die fremden Gesichter rechtsseitig (O2) zu einer stärkeren Positivierung als die Targets. In allen Aktivierungsunterschieden wurde deutlich, dass die fremden Gesichter im Vergleich zu den wiederholt dargebotenen Targets eine stärkere Aktivierung auslösten.

Elektrode		350-450 ms	450-550 ms	550-650 ms	650-750 ms	750-850 ms
Fz	F	4,92	13,13	8,91	3,87	,134
	p	<u>,044</u>	<u>,003</u>	<u>,010</u>	,069	,720
F3	F	7,97	18,77	10,17	10,78	1,76
	p	<u>,014</u>	<u>,001</u>	<u>,007</u>	<u>,005</u>	,205
F4	F	2,07	9,74	5,03	2,54	1,04
	p	,173	<u>,008</u>	<u>,042</u>	,133	,325
F7	F	5,92	6,86	1,30	2,01	,748
	p	<u>,029</u>	<u>,020</u>	,272	,178	,402
F8	F	,964	,380	,012	3,88	2,68
	p	,343	,547	,916	,069	,123
T8	F	,347	,218	,156	,613	,402
	p	,565	,647	,699	,447	,536
Pz	F	,000	,171	,281	,052	,129
	p	,990	,686	,604	,823	,725
P3	F	,131	,019	2,13	,875	2,22
	p	,722	,892	,166	,365	,159
P4	F	1,05	2,78	,386	,092	,562
	p	,323	,121	,545	,767	,466
P8	F	14,24	21,73	13,06	9,41	4,39
	p	<u>,002</u>	<u>,000</u>	<u>,003</u>	<u>,008</u>	,055
O1	F	2,57	2,48	,892	,048	1,06
	p	,131	,137	,361	,830	,320
O2	F	7,01	7,12	3,39	,522	,178
	p	<u>,019</u>	<u>,018</u>	,087	,482	,679

Tabelle 8. Frontale (Fz, F3, F4, F7, F8), temporale (T8), parietale (Pz, P3, P4, P8) und okzipitale (O1, O2) Elektroden: Haupteffekte der Gesichter kategorien Targets und Distraktoren, für alle F-Werte gilt: F(2,12), unterstrichen und fett bedeutet signifikant bei $p \leq ,05$

In Tabelle 9 sind die Haupteffekte für die Darbietungsphase, also die Unterschiede zwischen den ersten und letzten fünf Wiederholungen der Gesichter dargestellt. Unabhängig, ob es sich um Distraktoren oder Targets handelte unterschied sich die Aktivierung wiederum v.a. in den frontalen Arealen. An F3 bestand der Aktivierungsunterschied über den gesamten erfassten Zeitraum, an Fz und F7 in jeweils zwei Zeitfenstern.

An den parietalen Elektroden zeigte sich wiederum ausschließlich an P8 ein Unterschied, der über den gesamten untersuchten Zeitraum bestand. An der räumlich benachbarten Elektrode T8 wirkte sich der Zeitpunkt der Darbietung zwischen 350 ms und 550 ms sowie zwischen 750 ms und 850 ms aus.

Elektrode		350-450 ms	450-550 ms	550-650 ms	650-750 ms	750-850 ms
Fz	F	5,55	3,37	2,63	3,93	5,14
	p	<u>,034</u>	,088	,127	,067	<u>,040</u>
F3	F	5,45	5,55	7,88	18,71	15,93
	p	<u>,035</u>	<u>,034</u>	<u>,014</u>	<u>,001</u>	<u>,001</u>
F4	F	3,55	,654	,132	1,42	3,22
	p	,080	,432	,722	,253	,094
F7	F	1,84	7,69	6,53	3,27	1,48
	p	,196	<u>,015</u>	<u>,023</u>	,092	,245
F8	F	,170	1,08	,001	,069	,131
	p	,686	,315	,978	,797	,723
T8	F	16,72	5,05	2,52	1,48	8,39
	p	<u>,001</u>	<u>,041</u>	,134	,243	<u>,012</u>
Pz	F	,002	,071	,034	,303	,296
	p	,966	,794	,857	,591	,595
P3	F	,170	,294	2,85	4,07	1,87
	p	,686	,597	,113	,063	,193
P4	F	,216	,341	1,39	,715	,975
	p	,649	,569	,258	,412	,340
P8	F	14,79	12,08	10,79	13,38	5,65
	p	<u>,002</u>	<u>,004</u>	<u>,005</u>	<u>,003</u>	<u>,032</u>
O1	F	1,13	1,07	,547	3,61	1,64
	p	,305	,319	,472	,078	,220
O2	F	2,74	3,07	3,92	8,78	11,59
	p	,120	,102	,068	<u>,010</u>	<u>,004</u>

Tabelle 9. Frontale (Fz, F3, F4, F7, F8), temporale (T8), parietale (Pz, P3, P4, P8) und okzipitale (O1, O2) Elektroden: Haupteffekte Darbietungsphase (die ersten und letzten 5 Darbietungen), für alle F-Werte gilt: $F(2,12)$, unterstrichen und fett bedeutet signifikant bei $p \leq ,05$

Okzipital zeigten sich an O2 zwischen 650 ms und 850 ms Verarbeitungsunterschiede zwischen den ersten und letzten fünf Darbietungen der Gesichter.

Mit einer Ausnahme beruhten alle gefundenen Aktivierungsunterschiede zwischen den ersten und letzten fünf Wiederholungen darauf, dass die ersten Präsentationen im Vergleich zu den letzten eine stärkere Aktivierung auslösten. Einzig an der Elektrode F4 lösten die letzten fünf Distraktor-Darbietungen im Vergleich zu den ersten eine stärkere Negativierung aus.

In Tabelle 10 ist für jedes Zeitfenster die Interaktion zwischen der Gesichter-kategorie und dem Zeitpunkt der Präsentation (Anfangsphase oder Endphase) dargestellt. An den

frontalen, temporalen und okzipitalen Elektroden fanden sich keine bedeutsamen Interaktionen zwischen der Gesichter-kategorie und der Darbietungsphase.

Elektrode		350-450 ms	450-550 ms	550-650 ms	650-750 ms	750-850 ms
Fz	F	1,27	1,25	,264	,038	,150
	p	,279	,282	,616	,848	,705
F3	F	,567	,487	,585	,300	,049
	p	,464	,497	,457	,592	,828
F4	F	,049	,183	,200	,035	,373
	p	,828	,676	,662	,853	,551
F7	F	,496	,948	,398	,131	,129
	p	,493	,347	,538	,723	,725
F8	F	1,99	1,16	,832	,061	,116
	p	,182	,300	,377	,809	,738
T8	F	1,98	,732	,882	3,92	3,41
	p	,181	,402	,363	,068	,086
Pz	F	1,12	1,98	4,02	10,73	4,17
	p	,308	,181	,065	,006	0,60
P3	F	,791	1,82	4,73	2,88	4,04
	p	,389	,189	,047	,112	,064
P4	F	,011	,362	,200	1,80	,017
	p	,916	,557	,661	,200	,897
P8	F	1,90	1,56	2,62,	4,39	6,51
	p	,189	,232	,127	,055	,023
O1	F	,006	,146	,025	,363	,028
	p	,937	,709	,877	,557	,870
O2	F	,713	1,03	1,04	,795	1,46
	p	,413	,328	,325	,388	,246

Tabelle 10. Frontale (Fz, F3, F4, F7, F8), temporale (T8), parietale (Pz, P3, P4, P8) und okzipitale (O1, O2) Elektroden: Interaktionseffekte zwischen Gesichter-kategorie und Darbietungsphase, für alle F-Werte gilt: F(2,12), unterstrichen und fett bedeutet signifikant bei $p \leq ,05$

An den parietalen Elektroden Pz, P3 und P8 wirkte sich die Darbietungsphase in jeweils einem Zeitfenster unterschiedlich auf Distraktoren und Targets aus, wobei die beobachteten Interaktionseffekte frühestens nach 550 ms auftraten. An P8, wo sich zuvor auch ein Unterschied in der Gesichter-kategorie und in der Darbietungsphase gezeigt hatte, führte die Dauer der Darbietungsphase bei den Targets zu einem deutlich stärkeren Aktivierungsabfall als bei den Distraktoren. An P3 und Pz zeigte sich ein abweichendes Muster: Während an P3 die Verarbeitung der Distraktoren über die Zeit konstant blieb, stieg die mittlere Aktivität

für die Targets in den letzten fünf Präsentationen an. An Pz sank die mittlere Aktivität für die Distraktoren mit der Darbietungsdauer und Aktivität für die Targets stieg an.

8.6.3 Diskussion

Die Ergebnisse der Verhaltensdaten ergaben, dass die Targets nicht überzufällig wiedererkannt wurden. Dies steht im deutlichen Gegensatz zu den Ergebnissen aus Experiment 1, in dem die Fünfjährigen die drei Targetgesichter zu allen untersuchten Zeitpunkten und sogar bereits nach der ersten Wiederholung sicher wiedererkennen konnten. Im Unterschied zu Experiment 1 wurden die Targets in der EKP-Studie nach der ersten Präsentation für je 500 ms statt für vier Sekunden gezeigt, dafür jedoch häufiger als in Experiment 1. Ein weiterer Unterschied bestand darin, dass die Kinder in Experiment 1 die Bekanntheit der Gesichter verbal beurteilten, während sie in dem vorliegenden EKP-Experiment einen Knopf drücken mussten. Es stellt sich die Frage, ob die Kinder die Targets aufgrund der kurzen Darbietungsdauer tatsächlich nicht sicher wiedererkennen konnten, oder ob sie es im Interstimulusintervall (900 ms bis 1350 ms) versäumt haben, ihre Antwort abzugeben. Die mittlere Reaktionszeit von 1154 ms belegt, dass die Kinder, die ihr Urteil abgegeben haben, etwa in der Mitte des Interstimulusintervalls reagiert haben. Da während der EKP-Studie nur die Antworten bei den Targets erfasst wurden, nicht aber bei den Distraktoren (um die Kinder nicht durch einen zweiten Antwortknopf zu überfordern) kann nicht abschließend beurteilt werden, ob die niedrige Trefferrate durch versäumte Antworten oder durch eine fehlende Diskriminierung zwischen Targets und Distraktoren bedingt war. Diese Problematik wird zu einem späteren Zeitpunkt nochmals im Zusammenhang mit spezifischen EKPs der Wiedererkennung diskutiert.

Für die Auswertung und Interpretation der neurophysiologischen Potentiale der einzelnen Gesicherkategorien stellt sich die Frage, ob die Tatsache, dass nur bei den Targets eine (motorische) Reaktion erfolgen sollte, nicht aber bei den bei den Müttern und den Distraktoren, die Ergebnisse beeinflusst haben könnte. Da die Kinder die Reihenfolge, in der die Gesichter auftraten nicht kannten, kann davon ausgegangen werden, dass sie bei allen Gesichtern zu Beginn der Präsentation in einer ähnlichen (motorischen) Reaktionsbereitschaft waren und dies daher die frühen Potentiale der einzelnen Gesicherkategorien nicht bedeutsam beeinflusst haben kann. Die Auswertung der EKPs umfasst das Zeitfenster bis 850 ms. Da die Planung und die Ausführung der motorischen Reaktion deutlich später erfolgte, ist es plausibel anzunehmen, dass die beobachteten

Potentiale nicht wesentlich durch die motorische Reaktion beeinflusst sind und als Korrelate der kognitiven Verarbeitung angesehen werden können.

Die Analyse der frühen Potentiale der Gesichtserkennung ergab in der P1-Komponente keinen Aktivierungsunterschied zwischen den Gesichter kategorien, wobei die Amplitude für alle Gesichter rechtsseitig im Vergleich zu P7 stärker ausgeprägt war.

Bisher wurde bei Kindern ab acht Jahren und bei Erwachsenen eine symmetrische Aktivierung in der P1-Komponente während der Gesichtsverarbeitung berichtet (z.B. Itier & Taylor, 2004b). Da die P1-Komponente in der Gesichtserkennung bei jüngeren Kindern bislang nicht untersucht wurde, bleibt es daher offen, ob die hier gefundenen Asymmetrien altersspezifisch sind oder mit den untersuchten Gesichter kategorien in Zusammenhang stehen.

In der N170 erzeugte die Betrachtung der Mutter eine deutlich stärkere Negativierung als die fremden Gesichter. Die N170 wird klassischerweise mit der frühen strukturellen Enkodierung von Gesichtern in Zusammenhang gebracht (z.B. Bentin, et al., 1996; Rossion et al., 2000). Die Befunde zur Beeinflussbarkeit der N170 durch die Bekanntheit von Gesichtern belegen altersbedingte Unterschiede.

Während Eimer (2000a) bei Erwachsenen keinen Einfluss der Bekanntheit auf die N170 berichtet, fanden Itier und Taylor (2004c) in einer Studie mit acht- bis 15jährigen Kindern und Erwachsenen, dass wiederholt dargebotene Targets im Vergleich zu fremden Gesichtern nur bei den Kindern eine stärkere Negativierung in der N170 auslösten.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die Amplitude der N170 bei Fünfjährigen durch extreme Unterschiede in der Bekanntheit (eigene Mutter und fremdes Gesicht) beeinflusst wurde, geringere Abstufungen sich jedoch nicht auf die Stärke der N170 ausgewirkt haben. Da die Mütter für die Fünfjährigen nicht nur hoch vertraut sind, sondern auch persönliche Bedeutung besitzen, kann geschlossen werden, dass die Verarbeitungsunterschiede in der N170 sowohl durch gesichtsspezifische Prozesse als auch durch Aufmerksamkeitsprozesse bedingt waren. Effekte der semantischen Verarbeitung kommen dagegen als Ursache dieser frühen Aktivierungsunterschiede nicht in Betracht, da sie zeitlich deutlich später einsetzen.

In den neurophysiologischen Potentialen zwischen 350 ms und 800 ms zeigten sich an frontalen, parietalen und okzipitalen Elektroden Aktivierungsunterschiede während der Verarbeitung der wiederholt dargebotenen Targets, der fremden Gesichter und der Mütter. Da die Beurteilung der Targets per Knopfdruck im Durchschnitt nach 1154 ms erfolgte und somit erst über 300 ms nach dem Ende der Auswertung der neuronalen Aktivität auftrat, können die Verarbeitungsunterschiede nicht auf eine motorische Reaktion oder deren

Planung zurückgeführt werden. Aus diesem Grund ist es berechtigt, die Aktivierungsunterschiede als Korrelat der Wiedererkennung der unterschiedlich bekannten Gesichter zu interpretieren.

Im Paarvergleich der drei Gesichter kategorien zeigten sich die häufigsten Unterschiede zwischen der Verarbeitung der fremden Gesichter und der hoch vertrauten Mütter, die an allen untersuchten Elektroden außer an F4, T8, P4 und P7 auftraten.

In den frontalen Arealen lösten die fremden Gesichter zentral und linksseitig im Zeitraum zwischen 350 ms und 700 ms eine stärkere Negativierung aus als die Mütter. Darüber hinaus wurde an F3 zwischen 350 ms und 650 ms eine stärkere Negativierung durch die fremden Gesichter im Vergleich zu den wiederholt dargebotenen Targets deutlich.

Die Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit den Befunden von Itier und Taylor (2004c), die bei Acht- bis 15-Jährigen und bei Erwachsenen in den frontalen Arealen ebenfalls eine stärkere Positivierung für bekannte Gesichter gefunden haben. Die Autorinnen interpretieren diesen Aktivierungsunterschied als klassischen „Alt- neu- Effekt“, der mit einer erhöhten frontalen Positivierung bei wiederholt dargebotenen Stimuli im Vergleich zur ersten Darbietung einhergeht.

In parietalen und okzipitalen Arealen zeigten sich in der vorliegenden EKP-Studie rechts- und linksseitige Unterschiede in der neuronalen Gesichtsverarbeitung, die durch Unterschiede zwischen allen drei Gesichter kategorien bedingt waren, am häufigsten jedoch wiederum durch Unterschiede zwischen den Müttern und den fremden Gesichtern ausgelöst wurden.

Am deutlichsten traten die Aktivierungsunterschiede an P8 auf, wo sich die mittlere Aktivität zwischen allen drei Gesichter kategorien über den gesamten untersuchten Zeitraum unterschied.

Mit Ausnahme von P8 traten alle Unterschiede an den parietalen Elektroden mindestens 150 ms später auf als an den frontalen Elektroden, wodurch die zeitliche Verschiebung der neuronalen Aktivität von frontal nach parietal und okzipital deutlich wurde.

Die Aktivierungsunterschiede zwischen den fremden Gesichtern und den wiederholt dargebotenen Targets traten an P3, P8 und O2 auf.

Die Aktivierungsunterschiede zwischen den Targets und den Müttern zeigten sich an P4, P8 und O1 und traten deutlich später auf als die Unterschiede zwischen den fremden Gesichtern und den beiden anderen Gesichter kategorien.

Die verzögerte Unterscheidung zwischen den Targets und den Müttern könnte darauf beruhen, dass beide zuerst als bekannt eingestuft wurden und zeitlich anschließend ein Abgleich mit den internen Repräsentationen zur Wiedererkennung führte. Der Grund für die zeitlich früher auftretenden Aktivitätsunterschiede zwischen den fremden Gesichtern und

beiden anderen Gesichtskategorien könnte analog dazu darauf beruhen, dass für die fremden Gesichter keine Bekanntheit festgestellt wurde und daher keine internen Repräsentationen aktiviert wurden.

Auffallend war, dass alle Aktivitätsunterschiede darauf beruhten, dass die jeweils fremderen Gesichter eine stärkere Aktivierung auslösten als die stärker vertrauten.

Bisher existieren zwei veröffentlichte Studien mit einer ähnlichen Fragestellung wie in der vorliegenden Untersuchung. Übereinstimmend mit den hier berichteten Ergebnissen fanden Carver und Mitarbeiter (2003) in einer Studie, in der die Gesichtsverarbeitung bei Kleinkindern untersucht wurde, dass fremde Gesichter im Vergleich zu den Müttern bei Kindern zwischen drei $\frac{3}{4}$ Jahren und viereinhalb Jahren eine stärkere Aktivierung an den zentralen Elektroden zwischen 300 ms und 600 ms verursachten. In der gleichen Studie wurde bei Kindern, die jünger als zwei Jahre alt waren, das umgekehrte Aktivierungsmuster gefunden, während in den dazwischen liegenden Lebensmonaten (24. bis 45. Lebensmonat) kein neuronaler Verarbeitungsunterschied zwischen den Müttern und den fremden Gesichtern gefunden werden konnte. Die Autoren interpretieren die altersbedingt unterschiedlichen Aktivierungsmuster derart, dass die Kinder bis zum Ende des zweiten Lebensjahres ihre (kognitiven) Ressourcen vorwiegend für die Betrachtung des mütterlichen Gesichts aufwenden und erst nachdem dieses (hinreichend) internalisiert wurde nach einer Übergangszeit beginnen, fremde Gesichter intensiver als das mütterliche Gesicht zu erforschen.

Itier und Taylor (2004c) fanden bei Kindern ab dem achten Lebensjahr während der Verarbeitung unterschiedlich bekannter Gesichter ebenfalls neuronale Unterschiede in den parietalen Arealen im Zeitraum zwischen 400 ms und 600 ms. Im Gegensatz zur vorliegenden Untersuchung gingen diese jedoch mit einer stärkeren Positivierung durch die wiederholt dargebotenen Targets im Vergleich zu fremden Gesichtern einher. Die Autorinnen interpretieren diese verstärkte parietale Aktivierung durch die wiederholt dargebotenen Gesichter als Korrelat der eigentlichen Wiedererkennung, die darauf beruhe, dass für die bekannten Gesichter interne Repräsentationen aktiviert werden.

In der vorliegenden EKP-Studie zeigte sich bei den Fünfjährigen in den parietalen Arealen (ebenso wie in den frontalen und in den okzipitalen Arealen) eine stärkere Aktivierung durch die fremderen Gesichter. Dies kann als Korrelat einer stärker automatisierten Verarbeitung der bekannten Gesichter und somit auch als Ausdruck der Wiedererkennung interpretiert werden.

Zusammenfassend konnten sowohl in der N170-Komponente als auch in den Potentialen

zwischen 350 und 800 ms Unterschiede in der neurophysiologischen Verarbeitung zwischen den wiederholt dargebotenen Targets, den fremden Gesichtern und den Müttern nachgewiesen werden. Es wurde deutlich, dass die größte Differenz in der Bekanntheit (fremde Gesichter und Mütter) mit der größten Anzahl der gefundenen Unterschiede in der neuronalen Verarbeitung einherging. Darüber hinaus trat der Unterschied in der neuronalen Verarbeitung zwischen den fremden Gesichtern und den wiederholt gezeigten Targets zahlenmäßig an mehr Elektroden und in mehr Zeitfenstern auf als der Unterschied zwischen den Targets und den Müttern.

Die topographischen Karten der Aktivierungsunterschiede zwischen den Gesichter kategorien veranschaulichen nochmals die zuvor beschriebenen Verarbeitungsunterschiede. Die im Verhältnis stärksten Differenzen zwischen der Verarbeitung der Mütter und der fremden Gesichter zeigten sich sowohl in der Stärke der Aktivierung als auch in der Größe der beteiligten Areale. Die Verarbeitungsunterschiede zwischen (1) den Targets und den Distraktoren und (2) den Targets und den Müttern traten in deutlich kleineren Arealen auf und gingen mit geringeren Amplitudendifferenzen einher.

Wie bereits erwähnt, konnte aus den Verhaltensdaten der EKP-Studie nicht abschließend beurteilt werden, ob die geringe Trefferrate tatsächlich auf eine fehlende Unterscheidung zwischen Targets und Distraktoren zurückging oder durch versäumte Antworten bedingt war. Die gefundenen Unterschiede in den EKPs der Verarbeitung der Gesichter kategorien können aufgrund der experimentellen Kontrolle eindeutig auf die Bekanntheit der Gesichter zurückgeführt werden. Es wird somit deutlich, dass es gelungen ist, anhand der neuronalen Verarbeitung Unterschiede aufzuzeigen, die durch Verhaltensdaten nicht eindeutig belegt werden konnten.

Um den Prozess des Erlernens der neuen Gesichter genauer zu untersuchen, wurde die neurophysiologische Aktivität während der ersten fünf und der letzten fünf Darbietungen der Targets und der Distraktoren miteinander verglichen.

Es wurde deutlich, dass die Targets bereits innerhalb der ersten Wiederholungen eine neuronale Aktivierung auslösten, die sich von der Verarbeitung der fremden Gesichter unterschied, und dass diese Aktivierungsunterschiede bis zu den letzten Darbietungen bestehen blieben. Dieses Ergebnis passt zu den Verhaltensdaten, da (1) in Experiment 1 bereits die ersten Wiederholungen der Targets zu einer sicheren Wiedererkennung führten und (2) in der EKP-Studie der Anteil der Treffer sich vom Beginn der Präsentation (53,8% Treffer) bis zum Ende (67,6% Treffer) nicht bedeutsam änderte.

Bei allen Gesichtern zeigte sich unabhängig von ihrer Bekanntheit zu Beginn der

Untersuchung eine stärkere frontale und parietale Aktivierung als gegen Ende der Darbietungsphase. Es ist plausibel anzunehmen, dass diese Aktivierungsunterschiede im Verlauf der Untersuchung durch Übungseffekte bedingt waren, einhergehend mit einem Rückgang des neuronalen Aufwands in der Gesichtsverarbeitung aufgrund der steigenden Anzahl der gesehenen Gesichter.

Neben diesen allgemeinen Übungseffekten zeigten sich spezifische Effekte der Wiederholung der Targets, die dazu führten, dass sich die neuronale Aktivität in den letzten fünf Darbietungen deutlich von den ersten fünf Darbietungen unterschied.

Rechtsparietal (P8) ging die Verarbeitung der letzten fünf Darbietungen der Targets im Zeitfenster zwischen 750 und 850 ms mit einer deutlich geringeren Aktivierung einher als während der ersten fünf Darbietungen. Dieser Effekt passt zu dem mehrfach beobachteten Muster, dass die bekannteren Gesichter im Vergleich zu den fremden Gesichtern eine geringere Aktivierung auslösten, und er kann als Ausdruck für einen geringeren neuronalen Aufwand und eine stärkere Automatisierung in der Verarbeitung im Vergleich zu den ersten Darbietungen angesehen werden.

An P3 (zwischen 550-650 ms) und Pz (zwischen 650-750 ms) wurde im Gegenteil erstmals ein Anstieg in der mittleren Aktivität der Targets im Verlauf der Wiederholungen beobachtet, während die Aktivierung für die Distraktoren weitgehend gleich blieb oder leicht abfiel. Ausgehend von der Annahme, dass die Wiedererkennung eines Gesichts auf dem Abruf der sog. *face recognition units* (Bruce & Young, 1986) beruht, ist es vorstellbar, dass die hier beobachtete erhöhte Aktivität in der Verarbeitung der häufig dargebotenen Targets die Aktivierung dieser internen Repräsentationen (der neu gelernten Gesichter) widerspiegelt. In diesem Sinn könnten die gefundenen Aktivitätsunterschiede, bedingt durch die Wiederholungen der Targets, als neurophysiologisches Korrelat für den Prozess, in dem ein fremdes Gesicht zu einem bekannten Gesicht wird, verstanden werden. Dieser Prozess beruhte gleichzeitig auf einer vermehrt automatisierten Verarbeitung der wiedererkannten Gesichter, einhergehend mit einer geringeren neuronalen Aktivität bei den Targets im Vergleich zu den fremden Gesichtern (an P8) sowie auf einer erhöhten neuronalen Aktivierung aufgrund des Abrufs der internen Repräsentation der wiedererkannten Gesichter (an P3 und Pz).

Zusammenfassend liefern die vorliegenden Ergebnisse einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis der neuronalen Prozesse der Gesichtserkennung bei Fünfjährigen, die bisher wenig untersucht wurden. Es konnte gezeigt werden, dass das Ausmaß der Bekanntheit der Gesichter die neuronale Verarbeitung während der Wiedererkennung beeinflusste und Aktivitätsunterschiede im Zeitraum bis 800 ms bedingte. Hierbei konnten Unterschiede

zwischen bekannten und fremden Gesichtern sowie zwischen einem persönlich bekannten Gesicht und wiedererkannten neuen Gesichtern aufgezeigt werden. Darüber hinaus wurde deutlich, wie sich die neuronale Aktivität im Prozess des Erlernens neuer Gesichter veränderte. Die EKPs zeigten eine wesentliche Übereinstimmung mit den Verhaltensdaten aus Experiment 1 und aus der EKP-Studie und konnten darüber hinaus einen Verarbeitungsunterschied zwischen Targets und Distraktoren belegen, der durch die Verhaltensdaten aus der EKP-Studie nicht eindeutig aufgezeigt werden konnte.

9. Experiment 3: Wiedererkennung neutraler Gesichter in zwei neuen Emotionsausdrücken

In dem folgenden Experiment wurde (analog zu Experiment 1) das Erlernen neuer Gesichter in neutralem Gesichtsausdruck bei Drei- und Fünfjährigen untersucht und darüber hinaus analysiert, wie sich ein Wechsel des emotionalen Ausdrucks auf die langfristige Wiedererkennung auswirkte.

9.1 Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen drei- und fünfjährige Kinder teil, die über sieben Kindertagesstätten der Stadt Gießen angeworben wurden. Keines der Kinder hatte an Experiment 1 oder 2 teilgenommen.

Die Gruppe der Dreijährigen, die an der Untersuchung teilnahm, bestand aus 26 Kindern (neun Mädchen) im Alter von 3,0 bis 3,11 Jahren (Median = 3,64). Vier Dreijährige mussten im Vorfeld der Untersuchung entweder aufgrund mangelnder Deutschkenntnisse (zwei Kinder) oder fehlendem Durchhaltevermögen (zwei Kinder) ausgeschlossen werden.

Die Gruppe der Fünfjährigen, die an der Untersuchung teilnahm, setzte sich aus 25 Kindern (11 Mädchen) im Alter von 5,0 bis 5,11 Jahren (Median = 5,51) zusammen. Kein Kind musste im Vorfeld ausgeschlossen werden.

Keines der untersuchten Kinder war durch mangelndes Sprachverständnis oder aufgrund eines eingeschränkten Sehvermögens in der Aufgabenstellung beeinträchtigt.

9.2 Stimuli

Als Stimuli wurden weibliche Gesichter aus einer eigenen Gesichterdatenbank verwendet, die bereits in Experiment 2 beschrieben wurden. Vier Gesichter aus dieser Datenbank wurden als Targetgesichter ausgewählt, wobei den Fünfjährigen alle vier Targets präsentiert wurden und die Dreijährigen eine Untergruppe von zwei Targets dargeboten bekamen (siehe Anhang D). Die Gruppe der Distraktoren wurde so ausgewählt, dass sie im Vergleich zu den Targets in Hinsicht auf die äußeren Gesichtsmerkmale (Frisur, Haarfarbe und Gesichtsform) und die inneren Gesichtsmerkmale sowohl ähnliche als auch unähnliche Gesichter enthielt. In der Lernphase wurden alle Gesichter in neutralem Gesichtsausdruck gezeigt, in den

Testphasen wurden die Gesichter in den Emotionsausdrücken Freude und Ärger präsentiert. Die Gesichter wurden als Schwarzweiß-Fotographien in der Größe von 12 cm (Höhe) auf 8 cm (Breite) im Abstand von 60 cm vor grauem Hintergrund auf dem Bildschirm eines Notebooks präsentiert

9.3 Apparatur

Die Gesichter wurden auf einem 15''-Monitor eines Notebooks mit der Software Presentation Version 9.90 präsentiert. Mit Hilfe dieses Präsentationsprogramms wurden die zeitliche Abfolge der Gesichter und die Zufallsreihenfolgen der Target- und Distraktorgesichter programmiert. Darüber hinaus wurden die Antworten der Kinder direkt per Mausclick in das Programm eingegeben, so dass neben der Richtigkeit der Antwort auch die Reaktionszeit erfasst werden konnte.

9.4 Durchführung

Die Durchführung fand im Zeitraum von Mitte Januar 2006 bis Mitte März 2006 in den jeweiligen Kindertagesstätten während der Betreuungszeit am Vormittag statt.

Die Untersuchung gliederte sich – analog zu Experiment 1 - in eine Lernphase und zwei Testphasen nach zehn Minuten und einer Woche.

Die Kinder wurden einzeln aus ihrer Gruppe abgeholt. Im Untersuchungszimmer wurden sie mit dem Bildschirm des Notebooks vertraut gemacht und hatten ausreichend Zeit, sich an die neue Situation und die Versuchsleiterin zu gewöhnen.

In der Lernphase wurden alle Gesichter in neutralem Gesichtsausdruck präsentiert. Zu Beginn der Lernphase wurden den Dreijährigen zwei Targetgesichter, den Fünfjährigen vier Targetgesichter¹ nacheinander je einmal für die Dauer von fünf Sekunden präsentiert. Durch die unterschiedliche Anzahl von Gesichtern sollten für beide Altersgruppen Aufgaben mit

¹ Die Abweichung zu Experiment 1, in dem die Fünfjährigen drei Targetgesichter wiedererkennen sollten, wurde aufgrund der hohen Diskriminationsleistung der Fünfjährigen in Experiment 1 vorgenommen. Durch die Hinzunahme eines weiteren Targetgesichts wurde angestrebt, die Gesichtserkennung zu erschweren und mögliche Deckeneffekte zu vermeiden.

mittlerem Schwierigkeitsgrad erzielt werden, um mögliche Decken- oder Bodeneffekte zu vermeiden.

In der Instruktion (siehe Anhang B) wurde jedes Kind motiviert, die Targetgesichter genau zu betrachten, um diese später aus einer Menge anderer Gesichter wiedererkennen zu können. Im direkten Anschluss an diese erste Präsentation wurden die Targetgesichter abwechselnd mit fremden Gesichtern (Distraktoren) für je vier Sekunden wiederholt dargeboten. Zwischen den einzelnen Gesichtern wurde für je zwei Sekunden ein Fixationskreuz in der Bildschirmmitte gezeigt. Die Darbietungsreihenfolge war semi-randomisiert². Die Kinder sollten zu jedem gezeigten Gesicht ein Urteil abgeben, ob sie dieses Gesicht kennen (Targetgesicht) oder ob es unbekannt ist (Distraktor). Nach jedem Urteil erhielten die Kinder unmittelbar Rückmeldung und wurden gegebenenfalls korrigiert. Die Lernphase bestand aus einem bis maximal drei Durchgängen, je nachdem, wie schnell ein Kind das festgelegte Lernkriterium (maximal ein Fehler) erreichte. In jedem Durchgang wurde das Targetgesicht zweimal gezeigt gemischt mit der gleichen Anzahl an Distraktoren.

Der erste Durchgang der Lernphase bestand somit für die Fünfjährigen aus acht Targetdarbietungen und acht Distraktoren, für die Dreijährigen aus vier Targetdarbietungen und vier Distraktoren.

Im zweiten und dritten Durchgang wurden die Targets insgesamt zweimal gezeigt, gemischt mit der gleichen Anzahl Distraktoren. Je nach Lerngeschwindigkeit sahen die Kinder somit jedes Target mindestens zweimal und höchstens viermal. Durch die Verwendung des Lernkriteriums (max. ein Fehler) sollte (1) überprüft werden, wie sicher die Kinder die neuen Gesichter von den fremden unterscheiden können und (2) vermieden werden, dass die Gesichter überlernt werden.

Während der Lernphase waren jederzeit individuelle Pausen möglich. Die reine Durchführungsdauer betrug weniger als fünf Minuten.

Zwischen der Lernphase und der ersten Testphase lag eine standardisierte zehnmütige Pause, in der Gesellschaftsspiele ohne spezifische Lern- oder Gedächtnisstrategien gespielt wurden.

Vor Beginn der Testphase wurde den Kindern mitgeteilt, dass die Gesichter in den folgenden Darbietungen andere Emotionen als zuvor zeigen würden, dies aber für die Aufgabe der Wiedererkennung keine Rolle spielen sollte.

² Es galt die Einschränkung, dass das gleiche Targetgesicht max. zweimal in Reihe auftreten durfte.

Zu beiden Testzeitpunkten nach zehn Minuten und nach einer Woche wurden die Targets und Distraktoren mit den Emotionen Freude und Ärger gezeigt, wobei beide Emotionsausdrücke gleich häufig vorkamen. Die Targets wurden wiederum zweimal gezeigt und die Darbietung wurde mit der gleichen Menge an Distraktoren gemischt. Die Reihenfolge war wie in der Lernphase semi-randomisiert und alle Gesichter wurden für vier Sekunden präsentiert. Zwischen den Gesichtern wurde wiederum für je zwei Sekunden ein Fixationskreuz in der Bildschirmmitte gezeigt. Die Kinder sollten bei jedem Gesicht beurteilen, ob sie es wiedererkennen oder ob es ein fremdes Gesicht ist. Im Unterschied zur Lernphase erhielten sie in den Testphasen keine Rückmeldung. Die reine Durchführungsdauer der Testphasen betrug jeweils etwa zwei Minuten. Falls nötig konnten Individuelle Pausen eingelegt werden. Am Ende der zweiten Testphase erhielt jedes Kind ein kleines Geschenk und eine Urkunde.

9.5 Ergebnisse

9.5.1 Unmittelbare Wiedererkennung in neutralem Gesichtsausdruck

Alle Fünfjährigen waren in der Lage, die Aufgabe in der Lernphase zu bewältigen, in der Gruppe der Dreijährigen musste ein Kind wegen stereotypen Antwortverhaltens ausgeschlossen werden (siehe Diskriminationsindex).

Das Tempo, in dem die Kinder die neuen Gesichter erlernten, gemessen an der Anzahl benötigter Lerndurchgänge zum Erreichen des Lernkriteriums ($n-1$ richtige Urteile) war in beiden Altersgruppen ähnlich verteilt (Chi-Quadrat-Test(3,46)= 1,07, $p=,785$) und wich in keiner der Altersgruppen bedeutsam von der erwarteten Verteilung ab (beide Chi-Quadrat-Tests(3,46)< 6,31 und beide $p>,097$). Ein Drittel der Dreijährigen und ca. ein Viertel der Fünfjährigen benötigten nur einen Lerndurchgang, um die neuen Gesichter sicher wiederzuerkennen. Nach dem zweiten oder dritten Durchgang erkannten 64% der Dreijährigen und 72% der Fünfjährigen die neuen Gesichter überzufällig wieder. Ein dreijähriges Kind und zwei Fünfjährige erreichten das Lernkriterium nicht, lagen in ihrer Wiedererkennung aber über dem Zufallsniveau ($T(2)=6,68$, $p=,022$).

Beide Altersgruppen waren in der Lage, die neuen Gesichter, die in neutralem Ausdruck präsentiert wurden, unmittelbar wiederzuerkennen. Die unmittelbare Wiedererkennung der Dreijährigen lag mit einem Diskriminationsindex von $A'=,826$ ($SD=,13$) signifikant über dem Zufallsniveau ($T(23)=14,54$, $p<,001$). Die Fünfjährigen erzielten mit einem Diskriminationsindex von $A'=,886$ ($SD=,08$) ebenfalls eine deutlich überzufällige

Wiedererkennung der neuen Gesichter ($T(24)=24,63$, $p<,001$), die sich statistisch nicht bedeutsam von den Dreijährigen unterschied ($F(1,48)= 3,33$, $p= ,741$).

9.5.2 Wiedererkennung nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks

Die Wiedererkennung der neuen Gesichter in den Emotionen Freude und Ärger wurde zum einen untersucht, indem die Gesichtserkennung für beide neuen Emotionen gemeinsam erfasst wurde und zum anderen, indem analysiert wurde, ob sich die einzelnen Emotionen unterschiedlich auf die Wiedererkennung ausgewirkt haben. Im folgenden Abschnitt ist die Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen gemeinsam dargestellt.

In einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (korrigiert nach Greenhouse-Geisser) wurde die Wiedererkennung in der Lernphase und in den beiden neuen Emotionsausdrücken in den Testphasen verglichen. Als Zwischensubjektfaktoren gingen das Alter, das Geschlecht und das Lerntempo der Kinder ein.

In Tabelle 11 ist die Wiedererkennung in der Lernphase und in beiden Testphasen dargestellt.

In der ersten Testphase reagierte ein dreijähriges Kind mit einem stereotypen Antwortverhalten und musste aus der weiteren Analyse ausgeschlossen werden. Aus der Gruppe der Fünfjährigen konnten alle Kinder die Aufgabe in den Testphasen bewältigen. Der Vergleich zwischen der Lernphase und den Testphasen ergab einen signifikanten Unterschied in der Wiedererkennung ($F(2, 46)= 3,38$, $p= ,040$) der Targetgesichter (siehe Abb. 14).

Diskriminationsindex A'				
N	Alter	Lernphase	Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
24	3	,826 (,13)	,777 (,14)	,767 (,16)
25	5	,886 (,08)	,861 (,13)	,867 (,11)

Tabelle 11. Wiedererkennung in der Lernphase (neutraler Ausdruck) und im veränderten Emotionsausdruck (Freude und Ärger) in den Testphasen

Ein post-hoc Vergleich ergab, dass die Wiedererkennung in den beiden neuen Emotionsausdrücken in den Testphasen deutlich geringer ausfiel als in der Lernphase (beide $p<, 043$) und dass die erste und die zweite Testphase sich nicht signifikant unterschieden ($p=,937$).

Das Tempo, in dem die neuen Gesichter gelernt wurden, hatte einen signifikanten Einfluss auf die Gesichtserkennung zu allen drei Zeitpunkten ($F(1,47)= 8,47$, $p= ,006$). Analog zu

Experiment 1 erzielten die schnellen Lerner sowohl in der unmittelbaren Gesichtserkennung ($A' = ,916$) eine höhere Leistung als die langsameren Lerner ($A' = ,825$) als auch in der langfristigen Wiedererkennung (schnelle Lerner: nach zehn Minuten $A' = ,878$, nach einer Woche $A' = ,881$; langsame Lerner: nach zehn Minuten $A' = ,788$, nach einer Woche $A' = ,783$). Das Alter beeinflusste die Gesichtserkennung ebenfalls (siehe Abb. 14), und es zeigte sich eine deutlich bessere kurz- und langfristige Wiedererkennung der Fünfjährigen ($F(1,47) = 7,41$, $p = ,009$). Das Geschlecht der Kinder wirkte sich nicht auf die Güte der Gesichtserkennung aus ($p = ,314$).

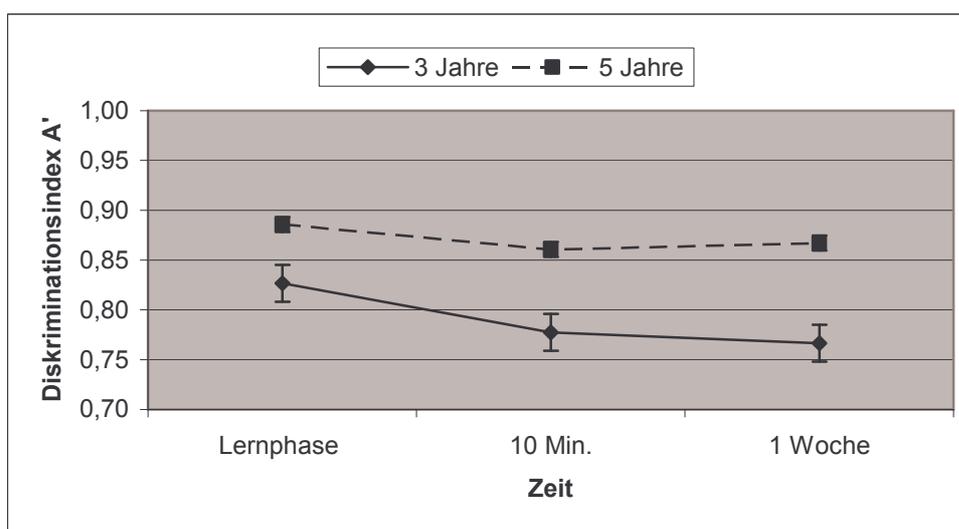


Abbildung 14. Wiedererkennung in der Lernphase (neutraler Ausdruck) und im veränderten Emotionsausdruck (Freude und Ärger) in den Testphasen

9.5.2.1 Reaktionszeiten

In Tabelle 12 sind die Reaktionszeiten der Kinder bei der Beurteilung der Gesichter in der Lernphase und in beiden Testphasen dargestellt. In die Berechnung gingen ausschließlich die richtigen Antworten der Kinder ein. In beiden Altersgruppen nahm die Reaktionszeit von der Lernphase bis zur zweiten Testphase kontinuierlich ab ($F(2,47) = 19,38$, $p = ,000$).

Reaktionszeiten in Millisekunden				
N	Alter	Lernphase	Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
24	3	2768	2514	2328
25	5	2317	2294	2080

Tabelle 12. Reaktionszeiten (Millisekunden) in der Wiedererkennung der einzelnen Gesichter in der Lernphase (neutraler Ausdruck) und den Testphasen (Emotionen Freude und Ärger)

Anschließende Paarvergleiche (Bonferroni) ergaben signifikante Unterschiede in der Verarbeitungsgeschwindigkeit zwischen der Lernphase und der zweiten Testphase ($p < ,001$) sowie zwischen der ersten und zweiten Testphase ($p < ,001$), aber keinen bedeutsamen Unterschied zwischen der Lernphase und der ersten Testphase ($p = ,872$).

Die Fünfjährigen beurteilten die einzelnen Gesichter deutlich schneller als die Dreijährigen ($F(1,48) = 11,86, p = ,001$) und es zeigte sich wiederum ein positiver Einfluss des Lerntempos und Lernniveaus ($F(1,48) = 6,54, p = ,014$). Die Kinder, die am schnellsten das Lernkriterium erreichten, reagierten auch auf jedes einzelne Gesicht am schnellsten. In beiden Altersgruppen zeigte sich kein Unterschied in der Bearbeitungsgeschwindigkeit der lächelnden und der ärgerlichen Gesichter in den Testphasen ($F(1,48) = 0,02, p = ,904$). Das Geschlecht der Kinder beeinflusste die Beurteilungsgeschwindigkeit der Gesichter nicht ($F(1,48) = 2,81, p = ,102$). Weder Alter, noch Lerntempo noch Geschlecht zeigten eine bedeutsame Interaktion mit dem Verlauf des Diskriminationsindex.

9.5.2.2 Antworttendenz

In Tabelle 13 ist die Antworttendenz der Drei- und Fünfjährigen in der Lernphase und den beiden Testphasen dargestellt.

Es zeigte sich hierbei eine deutliche Veränderung der Antworttendenz über die Zeit ($F(2,45) = 8,35, p = ,001$). Wie post-hoc Tests zeigten, war das Antwortverhalten in beiden Testphasen deutlich konservativer als in der Lernphase (beide $p < ,003$), während sich die Antworttendenz zwischen den beiden Testphasen nicht unterschied ($p = 1,00$). Das Alter hatte einen signifikanten Einfluss auf das Antwortverhalten der Kinder ($F(1,46) = 4,97, p = ,032$), wobei die älteren Kinder konservativer urteilten, d.h. weniger Fehler bei der Beurteilung der fremden Gesichter machten als die Dreijährigen. Weder das Lerntempo ($F(1,46) = 3,06, p = ,091$) noch das Geschlecht ($F(1,46) = 0,61, p = ,443$) der Kinder beeinflussten deren Antworttendenz und es zeigte sich keine Interaktion zwischen Alter, Lerntempo und Geschlecht mit dem Verlauf der Antworttendenz.

Antworttendenz B'' (SD)				
Alter	N	Lernphase	Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
3	23	-,072 (,60)	,233 (,64)	,163 (,79)
5	25	,265 (,53)	,601 (,51)	,654 (,55)

Tabelle 13. Antworttendenz der Drei- und Fünfjährigen in der Lernphase (neutraler Ausdruck) und in beiden Testphasen (Emotionen Freude und Ärger)

9.5.3 Wiedererkennung differenziert nach Emotionsausdruck

In Ergänzung zu der gemeinsamen Betrachtung der Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen (Abschnitt 3.5.2) wurde in einem zweiten Schritt untersucht, ob sich die Wiedererkennung der neuen Gesichter nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks zwischen den Emotionen Freude und Ärger unterschied.

Bei der separaten Analyse der Wiedererkennung in beiden neuen Emotionsausdrücken ergab sich für beide Altersgruppen in beiden Emotionen ein wesentlich höherer Anteil an stereotypen Antworten, als dies in der gemeinsamen Betrachtung beider Emotionen der Fall war³. Erst in dieser getrennten Berechnung der Diskriminationsindizes für beide neuen Emotionen zeigte sich, dass ein bedeutsamer Anteil der Kinder bei mindestens einer der beiden Emotionen nach zehn Minuten oder nach einer Woche ein stereotypes Antwortverhalten zeigte und somit in keiner Weise mehr zwischen Targets und Distraktoren diskriminierte.

In Tabelle 14 ist der Anteil der Kinder, die nicht zwischen Targets und Distraktoren unterschieden haben, dargestellt. In der ersten Testphase antworteten fast 27% der Dreijährigen bei den ärgerlichen Gesichtern stereotyp mit „Nein“ (kenne ich nicht), während nur ca. 8% die Gesichter mit Freude stereotyp beurteilten. Nach einer Woche zeigten 23% der Dreijährigen bei den lächelnden Gesichtern bzw. 27% bei den Gesichtern mit Ärgerausdruck ein stereotypes Antwortverhalten.

In der Gruppe der Fünfjährigen misslang die Wiedererkennung der neuen Gesichter ebenfalls in der Emotion Ärger häufiger als in der Emotion Freude. Insgesamt antworteten fast 54% der Dreijährigen zu einem oder beiden Testzeitpunkte stereotyp, in der Gruppe der Fünfjährigen waren es 32%. Zwischen den Altersgruppen unterschied sich ausschließlich der Anteil der Kinder, die bei den lächelnden Gesichter nach einer Woche nicht zwischen den Targets und den Distraktoren diskriminierten ($\text{Chi-Quadrat}(1,48)=3,92, p=,048$), wobei der Anteil der Dreijährigen hier wesentlich höher lag.

³ Während in der gemeinsamen Analyse der Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen eine fehlende Diskriminierung in einer der beiden Emotionen durch eine Diskriminierung der Gesichter in der zweiten Emotion kompensiert werden konnte und somit rechnerisch nicht auffiel, führte die fehlende Unterscheidung in einer der beiden Emotionen in der separaten Analyse dazu, dass für diese Emotion kein Diskriminationsindex berechnet werden konnte.

Abhängig von der Qualität der Emotion zeigte sich in beiden Altersgruppen ein starker Antwortbias, bedingt durch eine „Ja-Sage-Tendenz“ bei den lächelnden und eine „Nein-Sage-Tendenz“ bei den ärgerlichen Gesichtern.

Anzahl fehlender Diskriminationswerte in den Testphasen (%)					
Alter	Test nach 10 Min.		Test nach 1 Woche		gesamt
	lächelnd	ärgerlich	lächelnd	ärgerlich	
3	2 (7,7)	7 (26,9)	6 (23)	7 (26,9)	14 (53,8)
5	1 (4)	3 (12)	1 (4)	6 (24)	8 (32)

Tabelle 14. Anteil der fehlenden Diskriminationswerte aufgrund stereotypen Antwortverhaltens (Prozent) für beide Altersgruppen. Beachte: Da einige Kinder entweder in beiden Emotionen oder in beiden Testphasen stereotyp antworteten, ist der Gesamtanteil nicht gleich der Summe der einzelnen Zellen.

Für den verbleibenden Teil der Kinder (12 Dreijährige und 18 Fünfjährige), die zu beiden Zeitpunkten und über beide Emotionen zwischen Targets und Distraktoren unterschieden haben, wurde im Folgenden die Wiedererkennung in den Emotionen Freude und Ärger untersucht.

Die Berechnung erfolgte anhand einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (zwei Emotionen, zwei Testzeitpunkte), wobei Alter, Geschlecht und Lerntempo als Zwischensubjektfaktoren berücksichtigt wurden. Alle Signifikanzwerte wurden nach Greenhouse-Geisser korrigiert.

Emotion	Alter	N	Diskriminationsindex A' (SD)	
			Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
Freude	3	12	,855 (,13)	,890 (,11)
	5	18	,876 (,18)	,910 (,08)
Ärger	3	12	,723 (,26)	,725 (,31)
	5	18	,901 (,06)	,908 (,07)

Tabelle 15. Wiedererkennung nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks, getrennt für die Emotionen Freude und Ärger (reduzierte Gruppe der Kinder, die in beiden Emotionen zu beiden Zeiten diskriminieren konnten)

Tabelle 15 stellt die Wiedererkennung der Drei- und Fünfjährigen getrennt für die Gesichter mit Freude und Ärger zu beiden Testzeitpunkten dar. In Abbildung 15 ist der Verlauf der Wiedererkennung von der Lernphase bis zur zweiten Testphase für die Emotionen Freude und Ärger getrennt dargestellt.

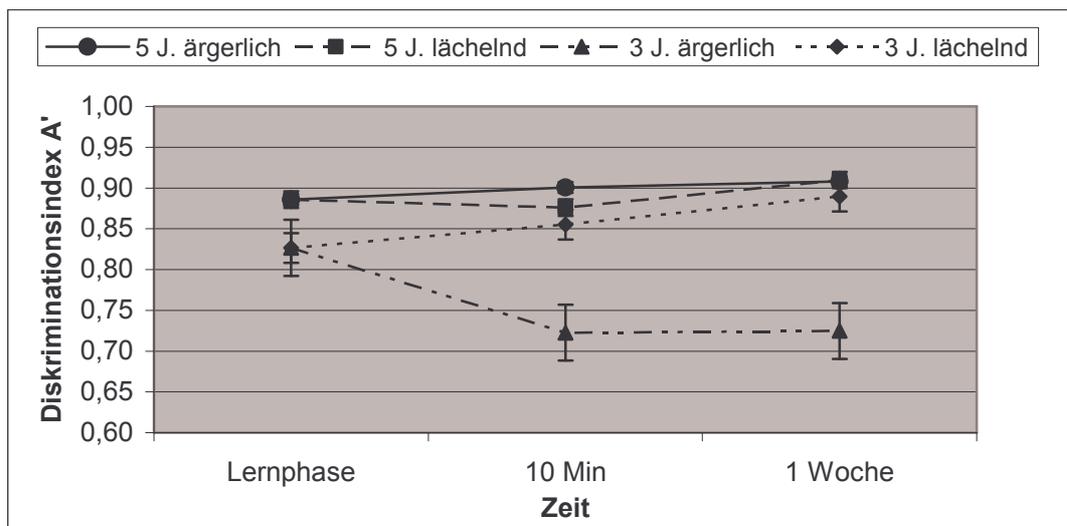


Abbildung 15. Wiedererkennung in der Lernphase und in verändertem Emotionsausdruck in den Testphasen, getrennt für die Emotionen Freude und Ärger (nur die Kinder, die in beiden Emotionen diskriminiert haben, 3-Jährige: N=12; 5-Jährige N= 18)

Der Testzeitpunkt beeinflusste die Wiedererkennung der neuen Gesichter im veränderten Emotionsausdruck nicht ($F(1,28)= 0,09, p=, 769$). Dagegen hatte der Emotionsausdruck einen signifikanten Einfluss auf die Gesichtserkennung in beiden Testphasen ($F(1,28)= 6,75, p= ,016$). Darüber hinaus zeigte sich eine Interaktion zwischen dem emotionalen Ausdruck und dem Alter ($F(1,28)= 4,32, p=,050$), die darin zum Ausdruck kam, dass nur die Dreijährigen bei den Gesichtern mit Ärgerausdruck einen deutlichen Einbruch in der Wiedererkennung zeigten, während die Fünfjährigen die Gesichter unabhängig vom Emotionsausdruck auf ähnlichem Niveau wiedererkannten (siehe Abb. 16).

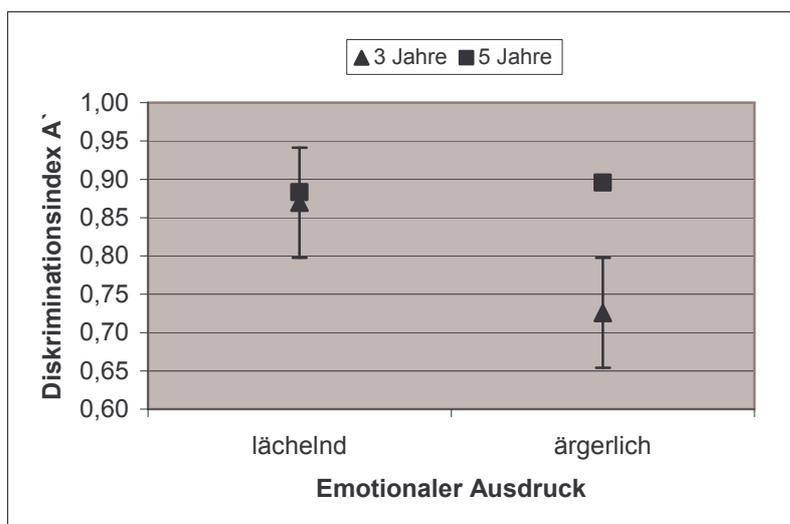


Abbildung 16. Wiedererkennung über beide Testzeitpunkte gemittelt (nur die Kinder, die in beiden Emotionen diskriminiert haben, 3-Jährige: N=12; 5-Jährige N= 18)

Die bereits beschriebene Überlegenheit der Fünfjährigen in der Wiedererkennung der neuen Gesichter zeigte sich auch bei der getrennten Betrachtung der beiden Emotionen ($F(1,28)=14,05, p=,001$).

9.5.3.1 Antworttendenz

Die Analyse der Antworttendenz konnte ebenfalls nur in der reduzierten Gruppe der Kinder durchgeführt werden, die in den Testphasen in beiden neuen Emotionsausdrücken zwischen den Targets und Distraktoren diskriminierten, also kein stereotypes Antwortverhalten zeigten (Dreijährige $N=12$; Fünfjährige $N=18$).

Die Antworttendenz unterschied sich weder zwischen den Testzeitpunkten ($F(1,28) = 1,60, p=,274$) noch zwischen den Gesichtern mit den beiden Emotionen Freude und Ärger ($F(1,28) = 2,20, p=,212$). Weiterhin hatten weder das Alter ($F(1,28)= 8,03, p=,061$), noch das Lerntempo ($F(1,28)= 0,56, p=,661$) oder das Geschlecht einen Einfluss auf das Antwortverhalten ($F(1,28)= 0,63, p=,485$).

9.5.3.2 Reaktionszeiten

Zusätzlich zur Verarbeitungsgenauigkeit wurden wiederum die Reaktionszeiten der Kinder als weiteres Maß für die Gesichtsverarbeitung erhoben. In die Berechnung gingen ausschließlich die richtigen Antworten der Kinder ein. In einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (zwei Emotionsausdrücke, zwei Testzeitpunkte) mit Messwiederholung wurde berechnet, ob sich die Reaktionszeit in Abhängigkeit des Emotionsausdrucks oder des Testzeitpunktes unterschied. Das Alter, das Lerntempo aus der Lernphase und das Geschlecht wurden als Zwischensubjektfaktoren berücksichtigt.

Tabelle 16 zeigt die Reaktionszeiten der Drei- und Fünfjährigen für die Wiedererkennung in beiden Testphasen und beiden neuen Emotionsausdrücken. Es zeigte sich ein hoch signifikanter Einfluss des Testzeitpunkts ($F(1,49)= 18,54, p<,001$), mit einer deutlich schnelleren Wiedererkennung der Gesichter nach einer Woche. Die Reaktionszeit zwischen den Emotionsausdrücken Freude und Ärger unterschied sich nicht ($F(1,49)= 0,02, p=,904$). Die fünfjährigen Kinder urteilten bedeutsam schneller als die Dreijährigen ($F(1,49)= 8,27, p=,006$), das Lerntempo aus der Lernphase hatte keine Auswirkung darauf, wie schnell die einzelnen Gesichter beurteilt wurden ($F(1,49)=3,04, p=,089$).

emotionaler Ausdruck	Alter	N	Reaktionszeiten in Millisekunden	
			Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
Freude	3	26	2548	2306
	5	25	2312	2039
Ärger	3	26	2531	2354
	5	25	2276	2122

Tabelle 16. Verarbeitungsgeschwindigkeit der einzelnen Gesichter in den Testphasen, getrennt für die Emotionen Freude und Ärger

9.5.4 Diskussion

Beide Altersgruppen waren in der Lage, die neuen Gesichter in der Lernphase sicher wiederzuerkennen und von den fremden Gesichtern zu unterscheiden, wodurch das Ergebnis aus Experiment 1 repliziert werden konnte. Obwohl die Fünfjährigen diesmal mit vier Gesichtern ein Targetgesicht mehr erlernen und wiedererkennen sollten, erzielten sie eine ähnliche Genauigkeit in der Wiedererkennung wie in Experiment 1. Ebenso zeigten sich wiederum die in Experiment 1 beschriebenen Unterschiede in der Effizienz der Gesichtserkennung zwischen schnellen und langsamen Lernern.

Bei der gemeinsamen Betrachtung der Wiedererkennung in beiden neuen Emotionsausdrücken sank die Gesichtserkennung bei den Drei- und Fünfjährigen nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks zwischen der Lernphase und der ersten Testphase nach zehn Minuten bedeutsam ab, wobei sie noch immer überzufällig war. Da in Experiment 1 dagegen ein Anstieg in der Wiedererkennung zwischen der Lernphase und der ersten Testphase zu beobachten war, kann daraus geschlossen werden, dass der Wechsel des emotionalen Ausdrucks die Wiedererkennung deutlich erschwert hat. Nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks blieb die Gesichtserkennung zwischen zehn Minuten und einer Woche in beiden Altersgruppen stabil.

Die Fünfjährigen erzielten sowohl in der unmittelbaren als auch in der langfristigen Wiedererkennung eine höhere Genauigkeit in der Gesichtserkennung als die Dreijährigen, obwohl sie zwei Gesichter mehr als die Jüngeren wiedererkennen mussten. Somit wurde der in Experiment 1 beschriebene altersbedingte Zuwachs in der Gesichtserkennung bei den Fünfjährigen repliziert.

Die Analyse der Antworttendenz ergab ebenfalls eine altersbedingte Veränderung in der Gesichtserkennung und einen Einfluss des Emotionswechsels. Die Antworttendenz der

Fünffährigen war deutlich konservativer als die der Dreijährigen. Zudem wurde in beiden Altersgruppen das Antwortverhalten beim Wechsel des emotionalen Ausdrucks zwischen der Lernphase und der ersten Testphase deutlich konservativer. Zusammen mit der Beobachtung, dass sich die Antworttendenz bei gleich bleibender Emotion in Experiment 1 nicht veränderte, kann dies als weiterer Beleg dafür angesehen werden, dass der Emotionsausdruck für die Wiedererkennung der neuen Gesichter eine bedeutsame Rolle spielte.

An dieser Stelle ist kritisch anzumerken, dass die Ergebnisse der gemeinsamen Betrachtung der Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen Einschränkungen unterliegen. Wie bei der separaten Auswertung der Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen deutlich wurde, konnte die Hälfte der Dreijährigen und etwa 30 Prozent der Fünffährigen in einer der beiden Emotionen nicht zwischen den Targets und den fremden Gesichtern unterscheiden. Aus diesem Grund spiegeln die Ergebnisse zur Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen nur für die Hälfte der Dreijährigen und etwa 70 Prozent der Fünffährigen tatsächlich die Fähigkeit wider, Gesichter in zwei neuen Emotionen wiederzuerkennen, wogegen sie für die übrigen Kinder ausschließlich die Wiedererkennung in einer der beiden Emotionen beschreiben. Da die fehlende Diskriminierung sowohl bei den Gesichtern mit Freudeausdruck als auch mit Ärgerausdruck auftrat, kann das Ergebnis trotz dieser Einschränkung als Ausdruck für die Fähigkeit, Gesichter in neuen Emotionen wiederzuerkennen, interpretiert werden.

Bisher wurde ein Absinken in der Wiedererkennung neuer Gesichter in einer veränderten Emotion nur bei Erwachsenen nachgewiesen (z.B. Bruce, 1982; Sansone & Tiberghien, 1994). Ein direkter Vergleich der Gesichtserkennung in identischer und veränderter Emotion wurde bei Kindern bislang nicht vorgenommen. In zwei Entwicklungsstudien wurde bisher berichtet, dass Drei- und Fünffährige (Norbeck, 1981) und Vier- bis Sechsjährige (Bruce et al., 2000) in der Lage waren, neue Gesichter nach einem Wechsel im Emotionsausdruck überzufällig wiederzuerkennen. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen diese Befunde nicht nur, sondern ergänzen sie (zusammen mit den Resultaten aus Exp. 1) um einen differenzierten Vergleich zwischen der Wiedererkennung in der identischen Emotion und in veränderten Emotionsausdrücken.

In den bisherigen entwicklungspsychologischen Studien zum Einfluss des emotionalen Ausdrucks auf die Gesichtserkennung im Vorschulalter wurde die Wiedererkennung immer in mehreren neuen Emotionen gemeinsam getestet (Mondloch et al., 2003; Bruce et al., 2000; Norbeck, 1981). Die Ergebnisse aus diesen Studien ermöglichen Aussagen über die Fähigkeit von Kindern, die Identität neuer Gesichter über verschiedene Emotionen zu generalisieren. Daneben scheint aber auch die Frage von Bedeutung, ob sich die einzelnen Emotionen möglicherweise unterschiedlich auf die Wiedererkennung auswirken. Diese

Überlegung ist u.a. durch den mehrfach beschriebenen Verarbeitungsvorteil für Gesichter mit Freudeausdruck im Vergleich zu anderen Emotionen (z.B. Gross & Ballif, 1991, De Sonneville et al., 2002) motiviert.

Wie bei der separaten Analyse der Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen offensichtlich wurde, konnte die Hälfte der Dreijährigen und etwa ein Drittel der Fünfjährigen in einer der beiden Emotionen nicht zwischen den Targets und den neuen Gesichtern unterscheiden.

In dieser Gruppe der Kinder fiel ein starker Antwortbias in der Beurteilung der Gesichter in der Art auf, dass die ärgerlichen Gesichter weitgehend mit „nein“ (erkenne ich nicht wieder) und die lächelnden Gesichter weitgehend mit „ja“ (erkenne ich wieder) beantwortet wurden. Die Diskriminationswerte aus den Testphasen legen nahe, dass diese Kinder die Gesichter in den Testphasen nicht mehr nach Identität, sondern nach Emotionsausdruck beurteilt haben. Offensichtlich war der neue Emotionsausdruck, obwohl die Kinder angewiesen waren, diesen in ihrem Urteil über die Identität der Gesichter nicht zu beachten, für sie so salient, dass er das bestimmende Kriterium für ihr Urteil wurde. Möglicherweise wurden die lächelnden Gesichter bevorzugt als bekannt angegeben, weil sie sympathischer wirkten als die Gesichter mit Ärgerausdruck, die tendenziell als nicht bekannt beurteilt wurden.

Dieses Phänomen der fehlenden Unterscheidung zwischen den Targets und den fremden Gesichtern, das bei der Wiedererkennung im identischen Emotionsausdruck nicht auftrat, ist ein deutlicher Beleg dafür, dass der Wechsel des Emotionsausdrucks die Gesichtserkennung für die Kinder deutlich erschwerte und für einige Kinder nicht leistbar war.

Der Vergleich zwischen den Altersgruppen zeigte einen deutlichen Zugewinn bei den Fünfjährigen in der Art, dass deutlich mehr Fünf- als Dreijährige die Gesichter in beiden neuen Emotionsausdrücken wiedererkennen konnten. Darüber hinaus waren die Fünfjährigen in der Beurteilung der einzelnen Gesichter mit Freude und mit Ärgerausdruck bedeutsam schneller als die Dreijährigen.

Die Kinder beider Altersgruppen, die die Gesichter in beiden neuen Emotionsausdrücken langfristig wiedererkennen konnten, zeigten interessanterweise keinen Antwortbias für die lächelnden und ärgerlichen Gesichter. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit unterschied sich ebenfalls nicht zwischen den Gesichtern mit Freude- und mit Ärgerausdruck.

Die Ursachen für den Unterschied zwischen den Kindern, die in beiden Emotionen zwischen Targets und Distraktoren diskriminierten und denen, die dies nicht taten, können anhand der Daten nicht ermittelt werden. Eine mögliche Erklärung, die nicht auf gesichtsspezifischen Entwicklungsprozessen beruht, ist, dass sich die Kinder in der Fähigkeit unterschieden, ihre selektive Aufmerksamkeit in Abhängigkeit der Aufgabenstellung auszurichten. In diesem

Sinn wäre es Ausdruck einer größeren Leistung, den Emotionsausdruck (als irrelevantes Kriterium) zugunsten der Identitätsverarbeitung zu vernachlässigen. Allerdings sind Faktoren, die spezifisch mit der Gesichtsverarbeitung in Zusammenhang stehen, als Ursache für die unterschiedliche Gesichtserkennung nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks vorstellbar. Saltz und Sigl (1967) begründen die Schwierigkeiten von Kindern, Gesichter in einer veränderten Emotion wiederzuerkennen, damit, dass deren Konzept von Identität sehr enge Grenzen aufweise und keine Veränderungen (durch *face states*) tolerieren würde. Daraus resultiert nach Ansicht der Autoren eine „Überdiskriminierung“ in der Art, dass zuvor gelernte Gesichter in einem veränderten Emotionsausdruck nicht wiedererkannt werden.

Bezogen auf die vorliegenden Ergebnisse würde dies bedeuten, dass die Kinder, die die neuen Gesichter nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks erkannten, über ein abstrakteres Konzept von Identität verfügen und somit einen wesentlichen Entwicklungsschritt in der Gesichtserkennung vollzogen haben.

Die Theorie von Saltz und Sigl kann in der vorliegenden Studie allerdings nicht befriedigend erklären, weshalb bei der Wiedererkennung in zwei neuen Emotionsausdrücken die lächelnden Gesichter tendenziell als bekannt und die ärgerlichen Gesichter als unbekannt eingestuft wurden. Möglicherweise ergänzen sich jedoch beide Erklärungsansätze. Die Annahme, dass das Konzept von Identität in den ersten Lebensjahren mit zunehmendem Alter abstrakter wird, könnte erklären, warum es nicht allen Kindern gelang, die neuen Gesichter in einer veränderten Emotion wiederzuerkennen. In dieser Gruppe, deren Konzept von Identität aufgrund enger Grenzen keine Veränderungen durch abweichende *face states* zuließ, könnte das Auftreten der neuen Emotionsausdrücke zu einer Irritation geführt haben, verbunden mit der Suche nach einem „hilfreichen“ Kriterium zur Unterscheidung zwischen den Gesichtern, wodurch der Emotionsausdruck zum bestimmenden Kriterium für das Urteil der Kinder wurde. Die empirische Untersuchung dieser Annahme über unterschiedliche Grenzen innerhalb des Konzepts von Identität könnte in zukünftigen Studien einen Beitrag dazu liefern, den Aufbau des Gesichtsraumes bei Kindern genauer zu verstehen.

In der reduzierten Gruppe der Kinder, die in beiden neuen Emotionsausdrücken zwischen den Targets und den fremden Gesichtern unterschieden haben, zeigte sich, dass die Dreijährigen mit der Wiedererkennung der ärgerlichen Gesichter deutlich größere Schwierigkeiten hatten als mit den lächelnden Gesichtern. Die Gesichter mit Ärgerausdruck wurden deutlich schlechter, aber auch überzufällig wiedererkannt. Somit zeigten alle Dreijährigen Schwierigkeiten in der Wiedererkennung der Gesichter mit Ärgerausdruck, die sich entweder in Form stereotyper Antworten oder durch eine schlechtere Wiedererkennung der neuen Gesichter im Ärgerausdruck äußerten.

In der Gruppe der Fünfjährigen zeigte sich kein wesentlicher Unterschied in der Wiedererkennung der lächelnden und ärgerlichen Gesichter.

Die Tatsache, dass die Dreijährigen, nicht aber die Fünfjährigen die ärgerlichen Gesichter schlechter wiedererkannten als die Gesichter mit Freudeausdruck hat vermutlich mehrere Ursachen. Zuvor wurde bereits die Vermutung aufgestellt, dass die Gesichter mit Freudeausdruck möglicherweise sympathischer erlebt wurden und dies das Urteil der Kinder beeinflusst haben könnte. Pollak und Sinha (2002) haben gezeigt, dass die Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks bei Kindern (im Alter zwischen acht und zehn Jahren) deutlich erfahrungsabhängig war. Es ist davon auszugehen, dass auch Drei- und Fünfjährige über ein unterschiedliches Erfahrungswissen mit emotionalen Gesichtern verfügen. Erstens ist es allgemein üblicher, auf Fotos lächelnde statt ärgerliche Gesichter zu sehen. Zweitens ist es plausibel anzunehmen, dass Fünfjährige über mehr Erfahrung in der Interaktion mit ärgerlichen Gesichtern verfügen. Weiterhin ist es möglich, dass die Dreijährigen durch den Ärgerausdruck emotional stärker betroffen waren als die Fünfjährigen, weil sie den Emotionsausdruck auf die eigene Person bezogen haben und dies ihre Fähigkeit, die Gesichter wiederzuerkennen, negativ beeinflusst haben könnte. Es ist daher anzunehmen, dass die Ursachen für die Altersunterschiede in der Verarbeitung der Gesichter mit Ärgerausdruck gesichtsspezifische, kognitive und sozial-emotionale Faktoren umfassen. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit der einzelnen Gesichter stieg für beide Altersgruppen von der Lernphase bis zur zweiten Testphase nach einer Woche an. Dies steht im Gegensatz zur abfallenden Genauigkeit der Gesichtserkennung und scheint eher eine Gewöhnung an die Aufgabe widerzuspiegeln. Darüber hinaus zeigte sich jedoch in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Brace et al. (2001) und De Sonnevile et al. (2002) ein altersbedingter Zuwachs in der Geschwindigkeit der Wiedererkennung.

Nachdem gezeigt werden konnte wie sich der Wechsel des Emotionsausdrucks auf die Wiedererkennung von Gesichtern ausgewirkt hat, die zuvor mit neutralem Ausdruck gelernt wurden, wurde in dem folgenden Experiment 4 untersucht, wie sich der Wechsel des Emotionsausdrucks bei Gesichtern auswirkte, die zu Beginn mit Emotionsausdruck gelernt wurden.

10. Experiment 4: Wiedererkennung emotionaler Gesichter in zwei neuen Emotionsausdrücken

Im folgenden Experiment 4 wurde die unmittelbare Wiedererkennung neuer Gesichter überprüft, die mit den Emotionsausdrücken Ärger oder Freude enkodiert wurden und darüber hinaus analysiert, wie sich ein Wechsel des Emotionsausdrucks auf die langfristige Wiedererkennung auswirkte.

10.1 Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen drei- und fünfjährigen Kinder teil, die in vier verschiedenen Kindertagesstätten der Stadt Gießen angeworben wurden. Keines der Kinder hat an den Experimenten 1 bis 3 teilgenommen.

Die Gruppe der Dreijährigen, die an der Untersuchung teilnahm, bestand aus 33 Kindern (17 Mädchen) im Alter von 3,0 bis 3,11 Jahren (Median = 3,69). Zwei Dreijährige mussten zu Beginn der Untersuchung wegen mangelnden Durchhaltevermögens ausgeschlossen werden.

Die Gruppe der Fünfjährigen, die an der Untersuchung teilnahm, setzte sich aus 38 Kindern (15 Mädchen) im Alter von 5,0 bis 5,11 Jahren (Median = 5,45) zusammen. Die Daten eines Fünfjährigen konnten aufgrund eines Technikfehlers nicht ausgewertet werden.

Keines der untersuchten Kinder war durch mangelndes Sprachverständnis oder aufgrund eines eingeschränkten Sehvermögens in der Aufgabenstellung beeinträchtigt.

10.2 Stimuli und Apparatur

Als Stimuli wurden weibliche Gesichter aus einer eigenen Gesichterdatenbank verwendet, die bereits in Experiment 2 beschrieben wurden. Die gleichen vier Gesichter wie in Experiment 3 wurden als Targetgesichter verwendet und den Fünfjährigen wurden wiederum alle vier Gesichter präsentiert, während die Dreijährigen zwei Targets dargeboten bekamen (siehe Anhang E). Die Gruppe der Distraktoren wurde so ausgewählt, dass sie im Vergleich zu den Targets in Hinsicht auf die äußeren Gesichtsmerkmale (Frisur, Haarfarbe und Gesichtsform) und die inneren Gesichtsmerkmale sowohl ähnliche als auch unähnliche Gesichter enthielt. In der Lernphase wurden in Bedingung 1 alle Gesichter in dem

Emotionsausdruck Freude gezeigt und in Bedingung 2 in dem Emotionsausdruck Ärger. In den Testphasen wurden sowohl Gesichter mit neutralem Ausdruck, als auch mit Freude und mit Ärger gezeigt.

Die Gesichter wurden als Schwarzweiß-Fotographien in der Größe von 12 cm (Höhe) auf 8 cm (Breite) im Abstand von 60 cm vor grauem Hintergrund auf dem Bildschirm eines Notebooks präsentiert.

Die Apparatur war identisch mit Experiment 3 und wurde dort beschrieben.

10.3 Durchführung

Die Durchführung von Experiment 4 war größtenteils mit der Durchführung von Experiment 3 identisch und wird daher an dieser Stelle nur in den abweichenden Punkten beschrieben.

Die Datenerhebung fand im Zeitraum von Ende März 2006 bis Ende Mai 2006 statt.

Im Unterschied zu Experiment drei wurden die Versuchspersonen beider Altersgruppen per Zufall auf zwei experimentelle Bedingungen aufgeteilt, die sich in der Reihenfolge des Auftretens der einzelnen Emotionsausdrücke unterschieden (siehe Tab. 17).

In Bedingung 1 wurden alle Gesichter (Targets und Distraktoren) in der Lernphase mit dem Emotionsausdruck Freude präsentiert. Die Wiedererkennung wurde in den beiden Testphasen in neutralem Ausdruck und Ärgerausdruck überprüft.

In Bedingung 2 wurden alle Gesichter in der Lernphase mit ärgerlichem Gesichtsausdruck dargeboten und die Wiedererkennung wurde in beiden Testphasen mit neutralem Ausdruck sowie mit der Emotion Freude erfasst.

	Lernphase	Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche	N
Bedingung 1	lächelnd	neutral und ärgerlich	neutral und ärgerlich	3 Jahre: 15 5 Jahre: 17
Bedingung 2	ärgerlich	neutral und lächelnd	neutral und lächelnd	3 Jahre: 18 5 Jahre: 21

Tabelle 17. Aufteilung der Versuchspersonen auf zwei Bedingungen mit unterschiedlichen Emotionsausdrücken in Lern- und Testphasen

10.4 Ergebnisse

10.4.1 Unmittelbare Wiedererkennung der neuen Gesichter

Alle Kinder waren in der Lage, die Aufgabe in der Lernphase zu bewältigen, das heißt kein Kind musste aufgrund eines stereotypen Antwortverhaltens ausgeschlossen werden. Es zeigte sich analog zu Experiment 1 und 3, dass die Kinder die neuen Gesichter unterschiedlich schnell lernten, das heißt das Lernkriterium ($n-1$ richtige Urteile) unterschiedlich schnell erreichten. In beiden Altersgruppen konnten ca. 40% der Kinder die Targetgesichter bereits nach dem ersten Lerndurchgang überzufällig wiedererkennen. Weitere 42% (Dreijährige) bzw. 50% (Fünfjährige) konnten dies nach dem zweiten oder dritten Durchgang. Der Anteil der Kinder, die die Targets bis zum Ende der Lernphase nicht sicher wiedererkannten, betrug für beide Altersgruppen ca. 12%. Es zeigte sich kein statistisch bedeutsamer Unterschied in der Verteilung des Lerntempos zwischen den Altersgruppen (Chi-Quadrat-Test(3,67)= 2,07, $p= ,558$)

Diese Verteilungen der Altersgruppen veränderten sich, wenn das Lerntempo separat für beide Emotionsausdrücke der Lernphase betrachtet wurde. In der Gruppe der Fünfjährigen konnten nach spätestens zwei Lerndurchgängen 62% der Kinder die Gesichter mit Freude und 72% der Kinder die Gesichter mit Ärgerausdruck sicher wiedererkennen. In der Gruppe der Dreijährigen konnten nach zwei Lerndurchgängen 93% der Kinder die Gesichter mit Freude, aber nur 27% die Gesichter mit Ärgerausdruck sicher wiedererkennen. Allerdings ergab sich wiederum kein statistischer Unterschied zwischen den Altersgruppen in der Verteilung des Lerntempos in Abhängigkeit der Emotion (beide Chi-Quadrat-Tests(3,67)< 2,07 und beide $p>,081$).

Die Dreijährigen ($n= 33$) erzielten bei den Gesichtern mit Freudeausdruck eine unmittelbare Wiedererkennung von $A'=.841$ ($SD= ,12$) und bei den Gesichtern mit Ärgerausdruck ein $A'=.803$ ($SD= ,18$). Die Fünfjährigen erkannten die Gesichter mit Freudeausdruck mit einer Genauigkeit von $A'=.906$ ($SD= ,07$) und die Gesichter mit Ärgerausdruck mit $A'=.908$ ($SD=.07$) unmittelbar wieder.

In einer univariaten Varianzanalyse wurden der Einfluss des Alters und der Einfluss des emotionalen Ausdrucks der Gesichter auf die unmittelbare Wiedererkennung überprüft. Dabei zeigte sich, dass die Fünfjährigen eine deutlich höhere Genauigkeit in der Wiedererkennung der neuen Gesichter erzielten ($F(1,69)= 9,25$, $p= ,002$). Die Wiedererkennung unterschied sich nicht zwischen den beiden Emotionsausdrücken Freude und Ärger ($F(1,69)= 0,42$, $p= ,520$) und es ergab sich keine bedeutsame Interaktion zwischen Alter und Emotionsausdruck ($p> ,468$).

10.4.2 Wiedererkennung nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks

In der folgenden Analyse wurde berechnet, wie sich der Wechsel des Emotionsausdrucks auf die langfristige Wiedererkennung der neuen Gesichter, die mit den Emotionsausdrücken Freude (Bedingung 1) oder Ärger (Bedingung 2) gelernt wurden, auswirkte. Analog zu Experiment 3 wurde in einem ersten Schritt die Wiedererkennung in den beiden neuen Emotionen (neutraler Ausdruck und Ärger in Bedingung 1, bzw. neutraler Ausdruck und Freude in Bedingung 2) gemeinsam analysiert, wogegen in Abschnitt 4.4.3 die Wiedererkennung beider Emotionen separat betrachtet wurde.

In der ersten Testphase mussten in der gemeinsamen Auswertung der Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen drei dreijährige Kinder und ein fünfjähriges Kind aufgrund ihres stereotypen Antwortverhaltens (verbunden mit fehlenden Werten im Diskriminationsindex) aus der Analyse ausgeschlossen werden.

In einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (Lernphase und zwei Testphasen) wurde die unmittelbare Gesichtserkennung (Lernphase) mit der langfristigen Wiedererkennung der neuen Gesichter in den beiden neuen Emotionsausdrücken (Testphasen) verglichen. Als Zwischensubjektfaktoren wurden die Emotion in der Lernphase (Freude und Ärger), das Alter der Kinder, das Lerntempo und das Geschlecht einbezogen. Alle Signifikanzwerte wurden nach Greenhouse-Geisser korrigiert.

In Tabelle 18 sind die Diskriminationswerte aus der Lernphase und aus beiden Testphasen für die Drei- und Fünfjährigen dargestellt. Es zeigte sich in beiden Altersgruppen kein bedeutsamer Unterschied zwischen der unmittelbaren und der langfristigen Wiedererkennung ($F(2,64) = 0,75, p = ,477$). Das bedeutet, dass die neuen Gesichter trotz des Wechsels des Emotionsausdrucks in den Testphasen ähnlich gut wiedererkannt wurden. Die Fünfjährigen erzielten eine bedeutsam exaktere Wiedererkennung der neuen Gesichter als die Dreijährigen ($F(1,65) = 4,01, p = ,051$).

Diskriminationsindex A' (SD)				
Alter	N	Lernphase	Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
3	30	,821 (,14)	,817 (,10)	,833 (,17)
5	37	,908 (,07)	,873 (,09)	,901 (,07)

Tabelle 18. Gesichtserkennung emotional gelernter Gesichter unter veränderten Emotionen

Der Emotionsausdruck der Gesichter in der Lernphase beeinflusste die langfristige Wiedererkennung der neuen Gesichter weder bei den Drei- noch bei den Fünfjährigen ($F(1,65) = 0,01, p = ,944$). Somit konnten die Gesichter, die mit dem Emotionsausdruck Freude

und die Gesichter, die mit dem Emotionsausdruck Ärger gelernt wurden, nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks ähnlich gut und über den Zeitraum von einer Woche sicher wiedererkannt werden (siehe Abb. 17).

Analog zu den Ergebnissen aus Experiment 1 und 3 erzielten die effizienteren Lerner im Vergleich zu den weniger effizienten Lernern die höhere Genauigkeit in der Wiedererkennung ($F(1,65)= 6,27, p= ,015$).

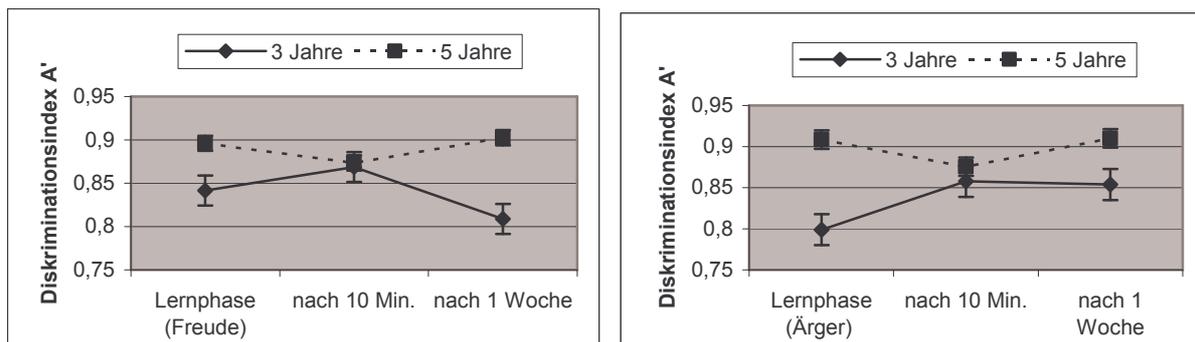


Abbildung 17. Wiedererkennung neuer Gesichter nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks, links: Gesichter, die mit Emotionsausdruck Freude gelernt wurden, rechts Gesichter, die mit Ärgerausdruck gelernt wurden

10.4.2.1 Reaktionszeiten

Als weiteres Maß für die Verarbeitung der Identität der Gesichter wurde die Reaktionszeit in der Bearbeitung der einzelnen Gesichter erhoben (siehe Tab. 19).

In einer Varianzanalyse mit Messwiederholung (korrigiert nach Greenhouse-Geisser) wurde die Verarbeitungsgeschwindigkeit in der Lernphase und in den Testphasen miteinander verglichen, wobei das Alter, die Emotion in der Lernphase, das Lerntempo und das Geschlecht als Zwischensubjektfaktoren in die Berechnung eingingen.

Reaktionszeiten in Millisekunden				
Alter	N	Lernphase	Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
3	30	2512	2329	2226
5	37	2305	2200	2003

Tabelle 19. Reaktionszeit (Millisekunden) der Identitätsverarbeitung in Lern- und Testphasen

Es zeigte sich analog zu Experiment 3, dass die Verarbeitungsgeschwindigkeit für die einzelnen Gesichter in beiden Altersgruppen im Verlauf von der Lernphase bis zur zweiten

Testphase kontinuierlich zunahm ($F(2, 64) = 18,45, p = <,001$). Anschließende Paarvergleiche (Bonferroni) zeigten für beide Altersgruppen einen signifikanten Anstieg im Bearbeitungstempo zwischen der Lernphase und der zweiten Testphase sowie zwischen beiden Testphasen (beide $p < ,018$).

Die Fünfjährigen beurteilten die einzelnen Gesichter deutlich schneller als die Dreijährigen ($F(1, 65) = 10,29, p = ,002$). Die Emotion in der Lernphase hatte keinen bedeutsamen Einfluss auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit ($F(1, 65) = 2,55, p = ,115$). Weiterhin hatte die Effizienz im Erlernen der neuen Gesichter keinen Einfluss auf das Bearbeitungstempo der einzelnen Gesichter ($F(1,65) = 2,53, p = ,116$). Es zeigten sich keine bedeutsamen Interaktionen zwischen Alter, Lerntempo, Emotion in der Lernphase und der Verarbeitungsgeschwindigkeit (alle $p > ,272$)

10.4.2.2 Antworttendenz

Als weiteres Maß für die Wiedererkennung der neuen Gesichter in beiden neuen Emotionen wurde das Antwortverhalten der Kinder analysiert. In einer Varianzanalyse mit Messwiederholung wurde die Antworttendenz der Kinder in der unmittelbaren und langfristigen Wiedererkennung (Lernphase und zwei Testphasen) verglichen. Als Zwischensubjektfaktoren wurde das Alter, das Lerntempo, die Emotion in der Lernphase und das Geschlecht der Kinder berücksichtigt. Alle Signifikanzwerte wurden nach Greenhouse-Geisser korrigiert. Es zeigte sich in keiner der Altergruppen ein Unterschied in der Antworttendenz zwischen der Lernphase und den Testphasen ($F(2,64) = 0,17, p = ,848$), woraus zu schließen ist, dass der Wechsel im Emotionsausdruck das Antwortverhalten nicht beeinflusst hat. Die Antworttendenz wurde weder vom Alter, noch von der Emotion in der Lernphase, dem Lerntempo oder dem Geschlecht bedeutsam beeinflusst (alle $F(1,65) < 1,91$ und alle $p > ,178$) und es ergaben sich keine signifikanten Interaktionen (alle $p > ,112$).

10.4.3 Wiedererkennung differenziert nach Emotionsausdruck

10.4.3.1 Wiedererkennung der Gesichter mit neutralem und emotionalem Ausdruck

Analog zu Experiment 3 wurde in einem zweiten Schritt die Wiedererkennung der Targetgesichter in den Testphasen getrennt für die beiden neuen Emotionen (Bedingung 1: neutraler Ausdruck und Ärger, Bedingung 2: neutraler Ausdruck und Freude) überprüft.

Wie in Experiment 3 zeigte sich bei der separaten Auswertung der beiden neuen Emotionen, dass ein bedeutsamer Teil der Kinder bei der Beurteilung der Gesichter in mindestens einer der beiden neuen Emotionen ein stereotypes Antwortverhalten zeigte⁴, was zuvor in der gemeinsamen Betrachtung der Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen nicht deutlich wurde.

Insgesamt konnte annähernd die Hälfte aller dreijährigen Kinder zu einem der beiden Testzeitpunkte in wenigstens einer neuen Emotion nicht mehr zwischen Targets und

Prozentsatz fehlender Diskriminationswerte in den Testphasen						
Alter	Emotionsausdruck in der Lernphase	Wiedererkennung in neutralem Gesichtsausdruck		Wiedererkennung in emotionalem Gesichtsausdruck		
		nach 10 Min.	nach 1 Woche	nach 10 Min.	nach 1 Woche	gesamt
		3	lächelnd	6,7	0	26,6
ärgerlich	22,2		16,7	11,1	22,8	
5	lächelnd	5,8	0	11,6	11,6	13
	ärgerlich	9,5	0	4,75	9,5	

Tabelle 20. Prozentsatz fehlender Diskriminationswerte aufgrund stereotypen Antwortverhaltens. Beachte: Da einige Kinder mehrere Unteraufgaben nicht lösen konnten, fällt die Gesamtzahl niedriger aus als die Summe der einzelnen Bedingungen.

Distraktoren unterscheiden (obwohl sie dies in der Lernphase konnten) und musste aufgrund eines stereotypen Antwortverhaltens ausgeschlossen werden (siehe Tab. 20). Es zeigte sich dabei, dass der Anteil der „Nicht-Diskriminierer“ in der Gruppe der Dreijährigen bei der Wiedererkennung der Gesichter mit Emotionsausdruck etwa doppelt so hoch lag wie bei den Gesichtern mit neutralem Ausdruck.

⁴ Während in der gemeinsamen Analyse der Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen eine fehlende Diskriminierung in einer der beiden Emotionen durch eine Diskriminierung der Gesichter in der zweiten Emotion kompensiert werden konnte und somit rechnerisch nicht auffiel, führte die fehlende Unterscheidung in einer der beiden Emotionen in der separaten Analyse dazu, dass für diese Emotion kein Diskriminationsindex berechnet werden konnte.

In der Gruppe der Fünfjährigen lag die Quote der „Nicht-Diskriminierer“ mit insgesamt etwa 13% deutlich geringer als bei den Dreijährigen. Statistisch ergab sich zwischen den Altersgruppen ein Unterschied im Antwortverhalten bei der Wiedererkennung der emotionalen Gesichter nach einer Woche, in der Art, dass deutlich mehr Drei- als Fünfjährige Schwierigkeiten hatten, zwischen den Gesichtern zu unterscheiden (Chi-Quadrat-Test(1,65)=8,86, $p=,003$).

In der Wiedererkennung der Gesichter mit neutralem Ausdruck hatten nach einer Woche tendenziell wiederum mehr Dreijährige als Fünfjährige Probleme, die Gesichter zu unterscheiden (Chi-Quadrat-Test(1,65)= 3,61, $p= ,058$). In der Wiedererkennung nach zehn Minuten unterschied sich der Anteil der „Nicht-Diskriminierer“ nicht zwischen den Altersgruppen (beide $p>,193$).

In der reduzierten Stichprobe der Kinder (Dreijährige $N=18$; Fünfjährige $N=33$), die in beiden neuen Emotionen zwischen Targets und Distraktoren unterschieden haben, wurde die Wiedererkennung separat für die Gesichter mit neutralem und mit emotionalem Ausdruck untersucht. Aufgrund der unterschiedlichen verbleibenden Stichprobengröße wurde ausschließlich der Einfluss des Alters auf die Wiedererkennung in den Testphasen in einer einfaktoriellen Varianzanalyse über beide Altersgruppen berechnet. Es ergab sich hierbei kein Altersunterschied in der Wiedererkennung ($F(1,49)= 0,83$, $p=,370$).

Alle weiteren Analysen wurden aufgrund der erwähnten unterschiedlichen Stichprobengröße für beide die Altersgruppen anhand getrennter Varianzanalysen mit Messwiederholung (zwei Emotionen, zwei Testzeitpunkte) berechnet, in die das Lerntempo und das Geschlecht als Zwischensubjektfaktoren eingingen. Alle Signifikanzwerte wurden nach Greenhouse-Geisser korrigiert.

In Tabelle 21 ist der Diskriminationsindex für beide Altersgruppen für die Wiedererkennung in neutralem und emotionalem Ausdruck dargestellt.

In der Gruppe der Dreijährigen unterschied sich die Wiedererkennung statistisch nicht zwischen den neutralen und den emotionalen Gesichtern ($F(1,16)= 0,29$, $p=,599$). Ebenso zeigte sich bei ihnen kein Unterschied in der Wiedererkennung zwischen den beiden Testphasen ($F(1,16)= 2,92$, $p= ,118$). Trotz eines substantiellen zahlenmäßigen Anstiegs des Diskriminationsindex A' in der Gruppe der Dreijährigen bei den emotionalen Gesichtern fiel die Interaktion zwischen dem Gesichtsausdruck und den Testphasen nicht signifikant aus ($F(1,16)= 0,01$, $p=,981$).

In der Gruppe der Fünfjährigen zeigte sich ebenfalls eine stabile Wiedererkennung zwischen den Testphasen ($F(1,31)= 0,47$, $p= ,497$). Die Gesichtserkennung der Fünfjährigen unterschied sich jedoch in Abhängigkeit der Emotion ($F(1,31)= 4,67$, $p=,041$) und die

Fünffährigen erzielten bei den Gesichtern mit neutralem Ausdruck in beiden Testphasen, vor allem jedoch nach einer Woche, eine deutlich höhere Genauigkeit in der Wiedererkennung. Dies war die einzige Situation, in der die Wiedererkennung nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks höher lag als in der ursprünglichen Emotion. Es zeigte sich keine bedeutsame Interaktion zwischen Gesichtsausdruck und Testphase ($F(1,31)= 1,20, p= ,281$). Weder bei den Dreijährigen noch bei den Fünffährigen zeigte sich ein deutlicher Effekt des Lerntempos oder des Geschlechts auf die Wiedererkennung, und es zeigten sich keine signifikanten Interaktionen (alle $p > ,265$).

Alter	N	Emotion	Diskriminationsindex A' (SD)	
			Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
3	18	neutral	,844 (.22)	,856 (.19)
		emotional	,791 (.24)	,893 (.07)
5	33	neutral	,887 (.11)	,932 (.06)
		emotional	,888 (.09)	,875 (.11)

Tabelle 21. Wiedererkennung emotionaler Gesichter (reduzierte Gruppe der Kinder, die über beide Emotionen generalisieren konnten)

10.4.3.2 Reaktionszeiten

Als ergänzendes Maß zur Wiedererkennung der Gesichter wurde die Bearbeitungsgeschwindigkeit in den Testphasen analysiert. In einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (zwei Testzeitpunkte, zwei Emotionen) mit den Zwischensubjektfaktoren Alter, Geschlecht, Lerntempo und Emotion in der Lernphase wurde die Reaktionszeit für die Gesichter mit neutralem Ausdruck und mit Emotionsausdruck in

emotionaler Ausdruck	Alter	N	Reaktionszeiten in Millisekunden	
			Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
neutral emotional	3	30	2265	2278
			2393	2174
neutral emotional	5	37	2197	1985
			2204	2021

Tabelle 22. Reaktionszeiten in der Beurteilung der Identität bei Drei- und Fünffährigen, getrennt für Gesichter mit neutralem und emotionalem Ausdruck

beiden Testphasen verglichen. In die Berechnung gingen ausschließlich die richtigen Antworten der Kinder ein. In Tabelle 22 sind die Reaktionszeiten der Kinder in den Testphasen getrennt für beide Emotionen dargestellt. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit der einzelnen Gesichter unterschied sich in beiden Altersgruppen nicht zwischen den Gesichtern mit neutralem Ausdruck und Emotionsausdruck ($F(1,65) = 2,11, p = ,151$). Analog zur vorherigen Berechnung zeigte sich wiederum ein Anstieg in der Verarbeitungsgeschwindigkeit von der ersten zur zweiten Testphase ($F(1,65) = 9,47, p = ,003$). Die Fünfjährigen waren deutlich schneller in ihrer Beurteilung der einzelnen Gesichter ($F(1,65) = 6,02, p = ,017$). Weder die Emotion in der Lernphase, noch das Lerntempo oder das Geschlecht hatten einen Einfluss auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit und es ergab sich keine bedeutsame Interaktion (alle $F(1,65) < 2,20$ und alle $p > ,150$).

10.4.4 Diskussion

Beiden Altersgruppen gelang die unmittelbare Wiedererkennung der neuen Gesichter, die in den Emotionsausdrücken Freude oder Ärger präsentiert wurden, deutlich überzufällig. Dieses Ergebnis ist analog zu der unmittelbaren Wiedererkennung der Gesichter mit neutralem Ausdruck in Experiment 1 und 3 und bedeutet, dass der Emotionsausdruck nicht die Fähigkeit beeinflusste, ein neues Gesicht unmittelbar in der gleichen Emotion wiederzuerkennen. Ebenfalls analog zu Experiment 1 und 3 erzielten die effizienten Lerner unabhängig vom Alter neben einem schnelleren Tempo beim Erlernen der emotionalen Gesichter auch eine höhere Genauigkeit in der langfristigen Wiedererkennung, wodurch sich die Unterschiede in der Effizienz der Gesichtsverarbeitung als hoch reliabel erwiesen. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit der einzelnen Gesichter steigerte sich in beiden Altersgruppen analog zu Experiment 3 von der Lernphase bis zur zweiten Testphase, was als Gewöhnungs- und Übungseffekt interpretiert werden kann. Weder bei den Dreijährigen noch bei den Fünfjährigen zeigte sich ein Unterschied im Verarbeitungstempo zwischen den Gesichtern mit Freude und mit Ärgerausdruck.

Im Unterschied zum Verarbeitungstempo der einzelnen Gesichter zeigte sich beim Lerntempo (Anzahl nötiger Wiederholungen bis zum Erreichen des Lernkriteriums), dass die Dreijährigen bei den Gesichtern mit Ärgerausdruck deutlich mehr Wiederholungen benötigten als bei den Gesichtern mit Freude, um diese sicher wiederzuerkennen. In der Gruppe der Fünfjährigen wirkte sich der Emotionsausdruck der Gesichter nicht auf das Lerntempo für die neuen Gesichter aus. An dieser Stelle wird deutlich, dass das Lerntempo

neben der Genauigkeit in der Wiedererkennung ein weiteres sensibles Maß für den Einfluss des emotionalen Ausdrucks auf die Gesichtsverarbeitung darstellt.

Betrachtet man die Wiedererkennung in beiden neuen Ausdrücken (Freude bzw. Ärger und neutraler Ausdruck) gemeinsam, so ergab sich für beide Altersgruppen nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks kein Absinken in der Wiedererkennung der neuen Gesichter. Die Antworttendenz änderte sich ebenfalls nicht zwischen der Lernphase und den Testphasen. Analog zu Experiment 3 wurde das Ergebnis zur gemeinsamen Auswertung der Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen durch den Anteil der Kinder, die in einer der beiden Emotionen nicht zwischen den Targets und den fremden Gesichtern unterschieden haben (die Hälfte der Dreijährigen und etwa zehn Prozent der Fünfjährigen), eingeschränkt. Da die fehlende Unterscheidung in beiden neuen Gesichtsausdrücken vorkam, besitzen die Ergebnisse dennoch Aussagekraft für die Fertigkeit der Kinder, Gesichter in veränderten Gesichtsausdrücken wiederzuerkennen.

Die stabile Wiedererkennung in beiden neuen Gesichtsausdrücken und die unveränderte Antworttendenz nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks stellen bedeutsame Unterschiede zu den Ergebnissen in Experiment 3 dar, in dem nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks in den Testphasen sowohl ein deutliches Absinken in der Gesichtserkennung als auch eine konservativere Antworttendenz beobachtet wurden. Experiment 3 und 4 unterscheiden sich einzig in der Reihenfolge des Auftretens der drei Emotionsausdrücke. Während in Experiment 3 alle Gesichter mit neutralem Ausdruck gelernt wurden, und die Emotionen Freude und Ärger erst in den Testphasen vorkamen, wurde die Reihenfolge in Experiment 4 getauscht, und alle Gesichter wurden in einer der beiden Emotionsausdrücke (Freude oder Ärger) gelernt und sollten mit neutralem Ausdruck und in der zweiten abweichenden Emotion (Ärger oder Freude) wiedererkannt werden. Ausschließlich bei den Gesichtern, die zuvor mit neutralem Ausdruck gelernt wurden (Exp. 3), führte der Wechsel des emotionalen Ausdrucks zu einem Absinken in der Wiedererkennung.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Qualität des Emotionsausdrucks während der Enkodierung der neuen Gesichter einen Einfluss auf die langfristige Wiedererkennung in einer veränderten Emotion hatte. Diese These, dass ein Emotionsausdruck während der Enkodierung neuer Gesichter im Vergleich zu dem neutralen Ausdruck möglicherweise die Wiedererkennung in einer veränderten Emotion stärker begünstigt, wird nach einem direkten Vergleich der Ergebnisse aus Experiment 3 und 4 in Abschnitt 5.3 genauer diskutiert.

Durch die separate Auswertung der Wiedererkennung in neutralem Ausdruck und in dem zweiten Emotionsausdruck (Freude oder Ärger) wurde analysiert, ob sich die

Gesichtserkennung im neutralen Ausdruck und in dem neuen Emotionsausdruck unterschied.

Die getrennte Analyse der Wiedererkennung der neuen Gesichter in neutralem und emotionalem Gesichtsausdruck zeigte wie erwähnt, dass die Hälfte der Dreijährigen nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks in mindestens einem neuen Gesichtsausdruck nicht zwischen den Targets und den fremden Gesichtern unterschieden hat. Dies entspricht den Auswirkungen, die der Emotionswechsel auf die Gesichtserkennung der neutralen Gesichter (Exp. 3) bei den Dreijährigen hatte. In der Gruppe der Fünfjährigen lag der Anteil der „Nicht-Diskriminierer“ in den neuen Emotionsausdrücken mit 13 Prozent deutlich niedriger als bei den Dreijährigen und auch niedriger als in Experiment 3 (32%).

Die möglichen Ursachen für die fehlende Wiedererkennung in einer der beiden neuen Emotionen und die Annahmen über spezifische Fortschritte in der Gesichtserkennung in der Gruppe der Kinder, die die Identität über beide neuen Emotionen generalisieren konnten, wurden bereits in Abschnitt 3.5.4 ausführlich diskutiert. Zusammenfassend können sie als Interaktion zwischen unterschiedlich engen Grenzen innerhalb des Konzepts von Identität und Vorgängen der Aufmerksamkeitssteuerung charakterisiert werden.

Der Alterszuwachs in der Gesichtserkennung zwischen dem dritten und fünften Lebensjahr zeigte sich - ähnlich wie in Experiment 3 – auf mehrfache Weise. Die Wiedererkennung der neuen Gesichter gelang den Fünfjährigen kurz- und langfristig exakter als den Dreijährigen, obwohl sie zwei Gesichter mehr als die Jüngeren wiedererkennen mussten. Ihre Bearbeitungsgeschwindigkeit der einzelnen Gesichter war deutlich schneller als die der Dreijährigen. Darüber hinaus benötigten die Fünfjährigen bei den Gesichtern mit Ärgerausdruck deutlich weniger Wiederholungen als die Dreijährigen, um diese unmittelbar zu erinnern. Schließlich konnte ein wesentlich größerer Anteil der Fünfjährigen im Vergleich zu den Dreijährigen die neuen Gesichter in beiden neuen Emotionsausdrücken wiedererkennen. Während dies nur 50 Prozent der Dreijährigen gelang, stieg der Anteil in der Gruppe der Fünfjährigen auf 90 Prozent an.

In beiden Altersgruppen zeigte sich kein Unterschied in der Verarbeitungsgeschwindigkeit der Gesichter mit neutralem und mit emotionalem Gesichtsausdruck.

Die Hälfte der Dreijährigen, die die Gesichter in beiden neuen Gesichtsausdrücken wiedererkennen konnte, zeigte keinen Unterschied in der Gesichtserkennung zwischen den Gesichtern mit neutralem Ausdruck und mit Emotionsausdruck.

In der Gruppe der Fünfjährigen wurden die Gesichter mit dem neuen Emotionsausdruck (Freude bzw. Ärger) in den Testphasen ebenfalls ähnlich gut wiedererkannt wie zuvor bei der unmittelbaren Wiedererkennung.

Hervorzuheben ist, dass den Fünfjährigen die Wiedererkennung in neutralem Gesichtsausdruck in beiden Testphasen, vor allem aber nach einer Woche, mit einer deutlich höheren Genauigkeit gelang als dies in der unmittelbaren Wiedererkennung der Fall war. Diese Situation, dass die Gesichter mit einer Emotion enkodiert wurden und später in neutralem Ausdruck wiedererkannt werden sollten, war die einzige Konstellation, in der der Wechsel des Emotionsausdrucks zu einer verbesserten Wiedererkennung im Vergleich zum ursprünglichen Emotionsausdruck führte.

Möglicherweise spiegelt sich hier ein wesentlicher, altersbedingter Zuwachs in der Fähigkeit wider, die Invarianten eines Gesichts zu speichern und zur Gesichtserkennung zu nutzen. Nach dem Modell von Bruce und Young (1986) ist die Identität eines Gesichts in so genannten *face recognition units* (FRUs) gespeichert, die als abstrakte interne Repräsentationen die Wiedererkennung in unterschiedlichen *face states* ermöglichen. Diese FRUs enthalten die invarianten Aspekte eines Gesichts, während der emotionale Ausdruck in einem separaten Pfad und nach dem neuronalen Modell von Haxby et al. (2000) auch in abweichenden neuronalen Strukturen verarbeitet wird.

Im vorliegenden Fall war die Wiedererkennung der Fünfjährigen in der neutralen Ansicht besser, obwohl die Kinder diese Ansicht bei den neuen Gesichtern vorher noch nie gesehen hatten. Dieser Leistung muss zugrunde liegen, dass die Kinder die Invarianten der neuen Gesichter selektiert und auf einen anderen Emotionsausdruck generalisiert haben. Die Tatsache, dass dies bei den Gesichtern mit neutralem Ausdruck besser gelang als bei Gesichtern mit einem neuen emotionalen Ausdruck (Freude oder Ärger) deutet darauf hin, dass die Kinder den emotionalen Ausdruck bei der Speicherung der Gesichter aus der bildhaften Information herausgezogen haben. Dies kann als ein Beleg für die von Bruce und Young (1986) angenommene unabhängige Verarbeitung von Identität und Emotionsausdruck angesehen werden.

Als weitere Schlussfolgerung kann der quantitative Vorteil in der Wiedererkennung der Gesichter mit neutralem Ausdruck im Vergleich zur Wiedererkennung mit einem Emotionsausdruck als ein Hinweis auf die Gestalt der internen Repräsentation angesehen werden. Die bessere Wiedererkennung der Gesichter mit neutralem Ausdruck könnte auf eine größere Übereinstimmung zwischen dem visuell verarbeiteten Gesicht und der internen Repräsentation dieses Gesichts hindeuten, als dies für die Gesichter mit Emotionsausdruck zutrifft.

Diese Schlussfolgerung ist deshalb von Bedeutung, da die Vorstellungen darüber, wie der emotionale Ausdruck innerhalb der internen Repräsentation von Gesichtern gespeichert ist, noch immer relativ vage sind. So wird z.B. diskutiert, ob für jede einzelne Ansicht/Emotion eine eigene Repräsentation aufgebaut wird oder ob verschiedene Ansichten eines Gesichts

in einer einzigen Repräsentation gespeichert sind (für eine weiterführende Diskussion der Theorien siehe Valentine, 2001).

Die Annahme einer einzigen Repräsentation für jedes Gesicht wirft die Frage auf, wie die unterschiedlichen *face states* darin gespeichert sind. Die bessere Wiedererkennung der neutralen Gesichter bei den Fünfjährigen unterstützt die Annahme, dass die interne Repräsentation von Gesichtern auf einer Speicherung ohne Emotionsausdruck, also auf Basis des neutralen Gesichtsausdrucks beruht. Dies ist in Übereinstimmung mit der Annahme der parallelen Verarbeitung der Invarianten und der *face states* eines Gesichts (Bruce & Young, 1986). Über die Speicherung der spezifischen Emotionsausdrücke kann anhand der Verhaltensbeobachtungen keine Aussage gemacht werden. Denkbar ist, dass sie durch zusätzliche Informationseinheiten kodiert sind, die an die FRUs angegliedert werden.

Im Sinne dieser Ausführungen stellt der Alterszuwachs in der Wiedererkennung der Gesichter mit neutralem Ausdruck bei den Fünfjährigen einen bedeutsamen Entwicklungsschritt innerhalb der Gesichtserkennung im Vorschulalter dar.

Zusammenfassend konnte in Experiment 3 und 4 gezeigt werden, dass sich der Wechsel des Emotionsausdrucks sehr differenziert auf die langfristige Wiedererkennung der neuen Gesichter auswirkte. Während Dreijährige beim Wechsel des Emotionsausdrucks von neutral zu ärgerlich bedeutsame Schwierigkeiten in der Wiedererkennung der neuen Gesichter zeigten, führte bei den Fünfjährigen ein Wechsel von einem emotionalem Ausdruck zu einem neutralem Ausdruck in der Wiedererkennung zu einem Vorteil in der Gesichtserkennung. In den folgenden Abschnitten soll die These überprüft werden, dass der emotionale Ausdruck während der Lernphase einen bedeutsamen Einfluss darauf hatte, wie die Gesichter langfristig in einer veränderten Emotion wiedererkannt werden konnten.

11. Experiment 3 und Experiment 4: Vergleich zwischen neutralen und emotionalen Gesichtern beim Erlernen und Wiedererkennen

Bisher wurde dargestellt, dass bei Gesichtern mit neutralem Ausdruck die Wiedererkennung nach einem Wechsel des emotionalen Ausdrucks deutlich absank (Exp. 3). Gesichter, die zu Beginn mit einem Emotionsausdruck gelernt wurden (Exp. 4), konnten jedoch nach einem Wechsel des Emotionsausdrucks ohne ein Absinken in der Genauigkeit wiedererkannt werden. Da diese Befunde auf Einzelergebnissen der Experimente 3 und 4 beruhen, soll im Folgenden der direkte Vergleich der beiden Experimente mit den daraus resultierenden Schlussfolgerungen dargestellt werden.

11.1 Die unmittelbare Wiedererkennung in Abhängigkeit des Emotionsausdrucks

In einem Vergleich der Ergebnisse von Experiment 3 und Experiment 4 wurde untersucht, ob sich der emotionale Ausdruck in der Lernphase auf die unmittelbare Wiedererkennung der neuen Gesichter in der Lernphase auswirkte. In einer univariaten Varianzanalyse wurde die Gesichtserkennung der neutral erlernten Gesichter aus Experiment 3 mit der Verarbeitung der emotional gelernten aus Experiment 4 verglichen. In Tabelle 23 ist der Diskriminationsindex für die Drei- und Fünfjährigen in der Lernphase dargestellt.

Diskriminationsindex A' (SD)				
Emotionsausdruck in der Lernphase				
Alter	neutral		Freude/Ärger	
3	N=25	,827 (,14)	N=30	,820 (,15)
5	N=25	,886 (,09)	N=37	,903 (,07)

Tabelle 23. Gesichtserkennung in der Lernphase getrennt nach Emotionsausdruck

Es wurde deutlich, dass sich der Emotionsausdruck nicht bedeutsam auf die Genauigkeit der unmittelbaren Wiedererkennung auswirkte ($F(1,115)= 0,02, p=,673$), und dass die Gesichter mit neutralem Ausdruck und den Emotionsausdrücken Freude und Ärger ähnlich gut erinnert werden konnten. Die Fünfjährigen waren den Dreijährigen in der unmittelbaren Wiedererkennung deutlich überlegen ($F(1,115)= 7,12, p= ,009$). Die Kinder, die die neuen Gesichter schneller erlernten als andere, erkannten diese mit einer deutlich höheren

Genauigkeit wieder ($F(1,115)=12,42$, $p=,001$). Das Geschlecht hatte keinen Einfluss auf die unmittelbare Wiedererkennung der neuen Gesichter ($F(1,115)= 1,14$, $p=,228$).

11.2. Wiedererkennung neutral und emotional gelernter Gesichter in veränderten Emotionsausdrücken

Nachdem gezeigt werden konnte, dass der emotionale Ausdruck keine bedeutsame Auswirkung auf die Güte der kurzfristigen Wiedererkennung (in der Lernphase) hatte, wurde in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (korrigiert nach Greenhouse-Geisser) die langfristige Wiedererkennung der neuen Gesichter überprüft. Hierfür wurden die mit neutralem Ausdruck gelernten Gesichter aus Experiment 3 mit den Gesichtern aus Experiment 4 (Emotionsausdruck Freude und Ärger) in der langfristigen Wiedererkennung verglichen.

In Tabelle 24 sind die Diskriminationswerte der Drei- und Fünfjährigen in der Lernphase für die Gesichter mit neutralem Ausdruck und mit Emotionsausdruck, sowie die Wiedererkennung in den Testphasen unter verändertem Emotionsausdruck dargestellt.

Diskriminationsindex A' (SD)					
Alter	Emotionsausdruck	N	Lernphase	Test nach 10 Min.	Test nach 1 Woche
3	neutral	25	,827 (.13)	,791 (.14)	,763 (.16)
	emotional	30	,853(.14)	,880 (.10)	,834 (.16)
5	neutral	25	,875 (.09)	,861 (.13)	,859 (.11)
	emotional	37	,903 (.07)	,875 (.09)	,907 (.07)

Tabelle 24. Kurz- und langfristige Wiedererkennung der Gesichter, die mit neutralem oder emotionalem Emotionsausdruck gelernt wurden

Der Unterschied zwischen der unmittelbaren und der langfristigen Wiedererkennung erwies sich als knapp nicht signifikant ($F(2,114)= 2,99$, $p=,053$). Das Alter beeinflusste die Gesichtserkennung wie erwartet wiederum bedeutsam und ging mit einer höheren Genauigkeit in der Wiedererkennung bei den Fünfjährigen einher ($F(1,115)= 12,03$, $p=,001$). Ebenso bestätigte sich wiederum der Einfluss der Effizienz der Gesichtserkennung verbunden mit einer exakteren Wiedererkennung bei den Kindern, die die neuen Gesichter schneller als andere erlernt hatten ($F(1,115)= 10,78$, $p=,001$).

Der Emotionsausdruck in der Lernphase hatte einen bedeutsamen Einfluss auf die langfristige Wiedererkennung der neuen Gesichter in einer veränderten Emotion

($F(1,115)=4,47, p=,037$). Es wurde deutlich, dass der Wechsel des Emotionsausdrucks nur bei den Gesichtern, die während der Lernphase mit einem neutralen Gesichtsausdruck enkodiert wurden, nicht aber bei den Gesichtern, die zu Beginn mit einem emotionalen Ausdruck enkodiert wurden, zu einem bedeutsamen Absinken in der Wiedererkennung führte.

11.3 Diskussion

Der Vergleich der Ergebnisse aus Experiment 3 und 4 macht deutlich, dass es für die Genauigkeit der unmittelbaren Wiedererkennung der neuen Gesichter nicht entscheidend war, ob ein Gesicht mit neutralem Ausdruck oder mit einem Emotionsausdruck gelernt wurde. Unabhängig von der Qualität der Emotion konnten alle Gesichter mit einer ähnlichen Genauigkeit von fremden Gesichtern unterschieden werden. Es soll an dieser Stelle jedoch nochmals daran erinnert werden, dass die Dreijährigen zur sicheren Wiedererkennung der Gesichter mit Ärgerausdruck mehr Wiederholungen benötigten als für die Gesichter mit Freudeausdruck, wodurch der Emotionsausdruck für diese Altersgruppe einen Einfluss auf das unmittelbare Erinnern der Gesichter hatte.

Die langfristige Wiedererkennung in verändertem Emotionsausdruck gelang beiden Altersgruppen besser, wenn die Gesichter zu Beginn mit einer Emotion gelernt wurden, wobei es für die Wiedererkennung ohne Bedeutung war, ob dies Freude oder Ärger war. Dies spricht dafür, dass die Enkodierung eines Gesichts mit Emotionsausdruck die spätere Wiedererkennung in einem neuen Emotionsausdruck begünstigte, während dies bei Gesichtern mit neutralem Ausdruck nicht zutraf. Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung kommen Sansone und Tieberghien (1994), die bei Erwachsenen zeigen konnten, dass Gesichter in einem neuen Emotionsausdruck besser wiedererkannt wurden, wenn sie zuvor mit zwei verschiedenen statt mit einem Emotionsausdruck enkodiert wurden. Nach Haxby et al. (2000) aktiviert der emotionale Ausdruck eines Gesichts zusätzliche neuronale Areale, die nicht an der Verarbeitung von Gesichtern mit neutralem Ausdruck beteiligt sind. Es kann angenommen werden, dass die gleichzeitige Aktivierung unterschiedlicher funktionaler Gehirnstrukturen zu einer tieferen oder stärker vernetzten Verarbeitung der neuen Gesichter führte, die wiederum die Wiedererkennung in einer veränderten Emotion begünstigte. Der beobachtete langfristige Verarbeitungsvorteil der Gesichter, die anfangs mit einem emotionalen Ausdruck enkodiert wurden, unterstützt indirekt auch die in Abschnitt 4.4.4 erläuterte Annahme, dass die interne Repräsentation neuer Gesichter durch einen neutralen Gesichtsausdrucks charakterisiert ist, und der Emotionsausdruck in Form zusätzlicher

Informationseinheiten gespeichert wird. In diesem Sinn würde der Emotionsausdruck während der Enkodierung zu einer stärker angereicherten internen Repräsentation führen, die neben den Invarianten zusätzlich eine Repräsentation eines Emotionsausdrucks enthält, die wiederum eine Generalisierung der Identität über andere Emotionsausdrücke begünstigt, während die Enkodierung in neutralem Ausdruck dies nicht ermöglicht.

Insgesamt konnte durch die systematische Variation des Emotionsausdrucks in der Phase der Enkodierung und in der langfristigen Wiedererkennung gezeigt werden, dass der Emotionsausdruck eine bedeutsame Rolle in der Gesichtserkennung bei Kindern im Vorschulalter spielt.

Die Beobachtung, dass das Vorhandensein eines Emotionsausdrucks während der Enkodierung eines neuen Gesichts die Wiedererkennung in einer veränderten Emotion begünstigte, lässt Rückschlüsse auf seinen Einfluss auf die Bildung der internen Repräsentation neuer Gesichter zu. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass der Emotionsausdruck (im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck) die interne Repräsentation eines neuen Gesichts bei Drei- und Fünfjährigen qualitativ verändert und in der Art angereichert hat, dass eine größere Flexibilität gegenüber neuen Emotionen bestand.

IV. Gesamtdiskussion

Im Folgenden werden die Ergebnisse der vier Experimente diskutiert und ihr Beitrag zum Verständnis der Entwicklung der Gesichtserkennung im Vorschulalter dargelegt.

Die Einzelergebnisse wurden bereits im Rahmen der jeweiligen Studie diskutiert. In der Gesamtdiskussion werden nun die übergreifenden Schlussfolgerungen aus den vier Untersuchungen, soweit möglich, zueinander in Verbindung gesetzt und im Rahmen der Modelle zur Gesichtsverarbeitung erörtert.

12. Unmittelbare Wiedererkennung neuer Gesichter

12.1 Ergebnisse der Verhaltensbeobachtungen

Die unmittelbare Wiedererkennung neuer Gesichter wurde in den drei Verhaltensexperimenten (Exp. 1, 3 und 4) überprüft, indem die Kinder die Gesichter nach einer einmaligen Präsentation mehrfach aus einem Pool von Distraktoren wiedererkennen sollten. In allen Experimenten war die Aufgabenschwierigkeit durch die Anzahl der Targetgesichter für beide Altersgruppen abgestuft, um einen mittleren Schwierigkeitsgrad zu erzielen und Decken- oder Bodeneffekte zu vermeiden. In Experiment 1 und 3 wurden alle Gesichter in der Lernphase mit neutralem Ausdruck dargeboten, in Experiment 4 mit den Emotionen Freude oder Ärger.

Die unmittelbare Wiedererkennung der neuen Gesichter gelang beiden Altersgruppen in den drei Experimenten deutlich überzufällig. Die Dreijährigen erzielten einen Diskriminationsindex zwischen $A' = ,803$ und $A' = ,827$, die Fünfjährigen einen Diskriminationsindex zwischen $A' = ,865$ und $A' = ,908$. Der Emotionsausdruck der Gesichter spielte für die Genauigkeit der unmittelbaren Wiedererkennung keine bedeutende Rolle, d.h. die Gesichter mit neutralem Ausdruck konnten ähnlichen exakt wiedererkannt werden wie die Gesichter mit den Emotionen Freude oder Ärger. Allerdings benötigten die Dreijährigen bei den Gesichtern mit Ärgerausdruck mehr Wiederholungen, um diese sicher wiederzuerkennen als bei Gesichtern mit neutralem Ausdruck oder der Emotion Freude. Die spezifische Schwierigkeit in der Verarbeitung des Ärgerausdrucks wird darauf zurückgeführt, dass die Dreijährigen weniger Erfahrung mit Fotos und Abbildungen haben, auf denen Personen mit einem ärgerlichen

Gesichtsausdruck gezeigt werden als mit Fotos, auf denen lächelnde Gesichter oder Gesichter ohne Emotionsausdruck dargestellt sind. Darüber hinaus legen Hoffner und Badzinski (1989) dar, dass Kinder im Vorschulalter bei einem negativen Emotionsausdruck Anderer stärker nach Erklärungen für diese Emotion suchten als bei positiven Emotionen, was zur Folge haben kann, dass die Aufmerksamkeit von der eigentlichen Aufgabe der Identitätsverarbeitung abgelenkt wird.

Ein Alterszuwachs zwischen dem dritten und fünften Lebensjahr in der unmittelbaren Gesichtserkennung wurde auf mehrfache Weise deutlich. In Experiment 1 stieg der Anteil der Kinder, die die neuen Gesichter sicher wiedererkennen konnten von 80 Prozent bei den Dreijährigen auf 90 Prozent bei den Fünfjährigen an. Die Fünfjährigen erzielten trotz einer größeren Anzahl von Targetgesichtern in den Experimenten 1 und 3 eine mit den Dreijährigen vergleichbare Genauigkeit in der unmittelbaren Wiedererkennung und in Experiment 4 sogar eine höhere Wiedererkennungsleistung. Darüber hinaus erzielten die Fünfjährigen in den Experimenten 3 und 4, in denen die Reaktionszeit erfasst wurde, eine deutlich höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit der einzelnen Gesichter als die Dreijährigen. Die Ergebnisse zur unmittelbaren Wiedererkennung sind mit den Befunden von Bruce et al. (2000) und Bruce et al. (2001) vergleichbar. Bruce und Mitarbeiter haben die unmittelbare Wiedererkennung neuer Gesichter bei vier- bis zehnjährigen Kindern untersucht. Sie fanden, dass Vier- und Fünfjährige fähig waren, neue Gesichter deutlich überzufällig wiederzuerkennen und der Prozentsatz der richtig wiedererkannten Gesichter entsprach den vorliegenden Ergebnissen.

Bruce und Mitarbeiter (2001) haben die Genauigkeit und Geschwindigkeit in der Gesichtserkennung bei zwei- bis elfjährigen Kindern untersucht, indem alle Altersgruppen ein einziges neues Gesicht wiedererkennen sollten. Übereinstimmend mit den vorliegenden Ergebnissen berichten die Autoren, dass zum einen die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Gesichter mit dem Alter der Kinder kontinuierlich zunahm und zum anderen der Anteil der Kinder, die die Gesichter sicher wiedererkannten, vom zweiten bis zum fünften Lebensjahr bedeutsam anstieg. Insgesamt lag der Anteil der Kinder, denen die Wiedererkennung gelang, in der Studie von Bruce und Mitarbeitern bei den Drei- bis Fünfjährigen mit 65 bis 73 Prozent deutlich niedriger als in der vorliegenden Untersuchung. Die niedrigere Gesamtleistung in der Studie von Bruce et al. wird auf mehrere Ursachen zurückgeführt. Zum einen wurde den Kindern das Targetgesicht in der Bruce'schen Untersuchung vor der Testphase einmal in drei unterschiedlichen Ansichten präsentiert, wogegen die Targetgesichter in der vorliegenden Arbeit immer in der gleichen, frontalen Ansicht dargeboten wurden. Zum anderen beruhte die Wiedererkennung in der Studie von Bruce und Mitarbeitern auf einer einmaligen Testung des Targetgesichts, in der aktuellen Studie dagegen wurde die Wiedererkennung der Targetgesichter mehrmals überprüft und die

Kinder erhielten ein direktes Feedback, das sie für jede weitere Beurteilung der Bekanntheit nutzen konnten.

Der wesentliche Beitrag der Untersuchung von Brace und Mitarbeitern ist darin zu sehen, dass erstmals die Gesichtserkennung von Zweijährigen untersucht wurde, wodurch der bestehenden Forschungslücke in der Entwicklung der Gesichtserkennung zwischen dem Ende des Säuglingsalters und dem Beginn des Schulalters entgegen gewirkt wurde.

Der Beitrag der vorliegenden Untersuchung beruht darauf, dass durch die altersangepasste Aufgabenstellung präzisiert werden konnte, wie viele neue Gesichter im jeweiligen Alter wiedererkannt werden konnten. Dies ist auch deshalb ein wichtiges Ergebnis, da die Erforschung der Gesichtserkennung in der Vergangenheit (neben methodischen Unterschieden) durch eine extreme Variation in der Anzahl der Targetgesichter geprägt war, was sich wiederum auf die resultierenden Aussagen zur Entwicklung der Gesichtserkennung im Kindesalter ausgewirkt hat. Die Folge war, dass einerseits Säuglingen (z.B. Pascalis, de Haan, Nelson, & de Schonen, 1998) und auch schon Neugeborenen (z.B. Simion, Farroni, Cassia, Turati, & Barba, 2002) beachtliche Fähigkeit in der Gesichtserkennung zugeschrieben wurden und andererseits z.B. Carey (1992) Kinder bis zum zehnten Lebensjahr als „terrible at face recognition“ bezeichnete, weil diese nicht in der Lage waren, zehn neue Gesichter nach einer einmaligen Präsentation sicher wieder zu erkennen. Chung und Thompson (1995) sowie Want et al. (2003) weisen darauf hin, dass die Anzahl der Targetgesichter sowie die Häufigkeit deren Darbietung ganz entscheidende Faktoren für die Leistung in der Gesichtserkennung darstellen, und aufgrund der methodischen Diversität ein Vergleich der Befunde aus den unterschiedlichen Studien nur bedingt möglich ist.

Durch die Untersuchungen von Bruce et al. (2000), Brace et al. (2001) und auch durch die vorliegende Arbeit kann inzwischen als gesichert gelten, dass Kinder ab dem zweiten Lebensjahr unter Berücksichtigung ihrer altersbedingten Verarbeitungskapazität zu einer überzufälligen unmittelbaren Wiedererkennung neuer Gesichter in der Lage sind.

12.2 Der Beitrag der EKP-Studie zur unmittelbaren Wiedererkennung

In Ergänzung zu den Verhaltensdaten wurde in Experiment 2 die hirnpfysiologische Aktivität während der Gesichtsverarbeitung bei Fünfjährigen untersucht. Analog zu Experiment 1 wurden ebenfalls drei Targetgesichter wiederholt dargeboten, ergänzt durch 51 fremde Gesichter. Mit dem Ziel, die Verarbeitung der Targets und der Distraktoren sowohl miteinander als auch mit der Verarbeitung eines hoch vertrauten Gesichts vergleichen zu können, wurde jedem Kind darüber hinaus die eigene Mutter mehrfach präsentiert. In der

Auswertung der EKPs wurden sowohl frühe Potentiale der Gesichtsverarbeitung als auch spätere Potentiale bis 850 ms berücksichtigt.

Es wurde deutlich, dass sich die Verarbeitung des hoch vertrauten Gesichts (eigene Mutter) schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt, in der so genannten N170-Komponente (ca. 250 ms nach Beginn der Gesichtsdarbietung) von den fremden Gesichtern und den Targets unterschied. Die Betrachtung der Mütter führte rechts- und linksseitig zu einer stärkeren parietalen Aktivierung in der N170. Dieser frühe Aktivierungsunterschied kann nicht als Korrelat der semantischen Verarbeitung interpretiert werden, da diese zeitlich später einsetzt. Die N170 wird klassischerweise mit der frühen strukturellen Enkodierung von Gesichtern in Zusammenhang gebracht (z.B. Bentin et al., 1996; Rossion et al., 2000), was der ersten Verarbeitungsstufe des Modells von Bruce und Young (1986) entspricht. Nach Latinus und Taylor (2006) spiegeln sich in der N170 ausschließlich Verarbeitungsprozesse der Relationen erster Ordnung (Diamond & Carey, 1986) wider, was bedeutet, dass ein Gesicht als solches erkannt wird, ohne dass die Identität beurteilt wird.

Die Befunde zur Beeinflussbarkeit der N170 durch die Bekanntheit eines Gesichts sind bei Erwachsenen nicht eindeutig. Während Eimer (2000a) bei Erwachsenen keinen Einfluss der Bekanntheit auf die N170 berichtete, fanden Herzmann, Schweinberger, Sommer und Jentzsch (2004) eine leicht erhöhte Amplitude in der N170 bei bekannten Gesichtern.

In einer Studie mit acht- bis 15-jährigen Kindern und Erwachsenen haben Itier und Taylor (2004c) gezeigt, dass wiederholt dargebotene Targets im Vergleich zu fremden Gesichtern ausschließlich bei Kindern (aller untersuchten Altersgruppen) eine stärkere Amplitude in der N170 auslösten. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass sich extreme Differenzen in der Bekanntheit der Gesichter (Mutter versus fremdes Gesicht) bei Fünfjährigen auf die Amplitude der N170 ausgewirkten, während geringere Abstufungen in der Bekanntheit (Targets versus Distraktoren) die N170 nicht beeinflussten. Da die Mütter für die Fünfjährigen nicht nur hoch vertraut, sondern auch persönlich wichtig sind, wird geschlussfolgert, dass die stärkere Aktivierung in der N170-Komponente, ausgelöst durch die Mütter, gleichermaßen gesichtsspezifische als auch aufmerksamkeitsbezogene Prozesse widerspiegelt.

In den späteren kortikalen Potentialen traten zwischen 350 ms und 800 ms in frontalen, parietalen und okzipitalen Arealen Verarbeitungsunterschiede in Abhängigkeit der Bekanntheit der Gesichter auf. Die Paarvergleiche der Gesichterkategorien ergaben, dass die häufigsten Aktivierungsunterschiede zwischen den beiden Extremen in der Bekanntheit - der eigenen Mutter und den fremden Gesichtern - zu beobachten waren.

Alle gefundenen Aktivierungsunterschiede in der neuronalen Verarbeitung beruhten darauf, dass die fremderen Gesichter eine stärkere Aktivierung im Vergleich zu den bekannteren

Gesichtern auslösten. Dementsprechend riefen die Distraktoren die stärkste Aktivierung hervor, gefolgt von den Targets und von den Abbildungen der Mütter.

Die Ergebnisse zu den frontalen und parietalen Aktivierungsunterschieden stimmen mit Carver und Mitarbeitern (2003) überein, die berichten, dass bei Kindern ab drei dreiviertel Jahren (nicht aber bei jüngeren Kindern) fremde Gesichter im Vergleich zu den Müttern eine stärkere Aktivierung (an Fz, Cz und Pz) zwischen 300 ms und 600 ms verursachten.

Ebenfalls übereinstimmend mit den vorliegenden Befunden berichten Itier und Taylor (2004c) von vergleichbaren frontalen Aktivierungsunterschieden bei acht- bis 15-jährigen Kindern in Abhängigkeit der Bekanntheit der Gesichter. Die Autorinnen interpretieren die stärkere frontale Aktivierung durch die fremden Gesichter als klassischen „Alt-neu-Effekt“. Dieser Effekt, der nicht gesichtsspezifisch ist, besagt, dass die erste Darbietung eines Stimulus im Vergleich zu einer späteren Wiederholung eine stärkere frontale Negativierung auslöst. In den parietalen Arealen traten in beiden Hemisphären und zentral (an Pz) neuronale Aktivierungsunterschiede zwischen den drei Gesichterkategorien auf, die rechtsseitig während des gesamten untersuchten Zeitraums bestanden. Mit Ausnahme von P8 traten alle Aktivierungsunterschiede an den parietalen Elektroden mindestens 150 ms später auf als an den frontalen Elektroden, was zeigt, wie sich die neuronale Verarbeitung zeitlich von frontal nach parietal und okzipital verschob.

Itier und Taylor (2004c) fanden ebenfalls parietale Aktivierungsunterschiede zwischen wiederholt dargebotenen Gesichtern und fremden Gesichtern bei Acht- bis 15-Jährigen, allerdings in einem umgekehrten Aktivierungsmuster, also einer stärkeren Aktivierung durch die Targets im Vergleich zu den fremden Gesichtern.

Da bisher keine Untersuchungen zur neurophysiologischen Aktivität während der Verarbeitung von Targets und Distraktoren bei Fünfjährigen existieren, kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich hier altersbedingte Unterschiede in der Verarbeitung unterschiedlich bekannter Gesichter auswirkten.

Neben den Verarbeitungsunterschieden zwischen den fremden Gesichtern und den Müttern traten neuronale Aktivierungsunterschiede zwischen den fremden Gesichtern und den wiederholt dargebotenen Targets an mehreren parietalen Elektroden und an O2 auf.

Die Aktivierungsunterschiede zwischen den Targets und den Müttern zeigten sich ebenfalls an parietalen Elektroden und an O1, wobei sie deutlich später einsetzten als die Unterschiede zwischen den fremden Gesichtern und den beiden anderen Gesichterkategorien.

Itier und Taylor (2004c) interpretieren die parietalen Verarbeitungsunterschiede als Korrelat der eigentlichen Wiedererkennung, wobei sie davon ausgehen, dass die erhöhte Aktivität bei der Betrachtung der bekannten Gesichter durch die Aktivierung der internen Repräsentationen für diese Gesichter ausgelöst wird. Diese Interpretation kann auf die

parietalen Aktivierungsunterschiede zwischen den drei Gesichter kategorien nicht sinnvoll angewandt werden. Im vorliegenden Fall trat bei den bekannten Gesichtern eine geringere Aktivierung auf als bei den fremden Gesichtern. Im Sinne der Interpretation von Itier und Taylor würde dies bedeuten, dass für die fremden Gesichter interne Repräsentationen aktiviert würden, was nicht möglich ist. Vielmehr kann die geringere parietale Aktivierung durch die bekannten Gesichter in diesem Fall als Ausdruck für eine stärker automatisierte Verarbeitung angesehen werden und somit auch als ein Korrelat der Wiedererkennung interpretiert werden.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass bei Fünfjährigen die größten Unterschiede im Grad der Bekanntheit (fremde Gesichter versus Mütter) mit der größten Anzahl der gefundenen Unterschiede in der neuronalen Verarbeitung einhergingen. Die Beobachtung, dass die neuronale Aktivierung frontal, parietal und okzipital mit der Vertrautheit der Gesichter abnahm, lässt sich als Ausdruck steigender Automatisierung der Gesichtsverarbeitung in Abhängigkeit der Bekanntheit interpretieren. Analog dazu zeigte die topografische Verteilung der Differenzen der neuronalen Aktivität eine deutlich kleinere Aktivierungsfläche bei den Targets und den Müttern im Vergleich zu den fremden Gesichtern. Die stark automatisierte Verarbeitung der Müttergesichter zeigte sich auch darin, dass die Betrachtung der Mütter im Vergleich zu den anderen Gesichtern deutlich weniger frontale Aktivierungen auslöste.

12.3 Beziehung zwischen den Verhaltensdaten und den EKP-Daten

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit war, die neurophysiologische Aktivität mit den Verhaltensbeobachtungen in Beziehung zu setzen. Es zeigte sich, dass die Verhaltensdaten aus der EKP-Studie deutlich von den Verhaltensdaten aus Experiment 1 abwichen und nahelegten, dass die Wiedererkennung der neuen Gesichter bis zum Ende der Darbietungen nicht überzufällig gelang. Es ist fraglich, ob die geringe Trefferrate in Experiment 2 tatsächlich durch eine fehlende Unterscheidung zwischen Targets und Distraktoren bedingt war oder darauf beruhte, dass die Kinder versäumt hatten, ihr Urteil per Knopfdruck abzugeben. Da in der EKP-Studie ausschließlich die Treffer erfasst wurden, nicht aber die Beurteilung der Distraktoren, konnte anhand der Verhaltensdaten hierzu keine abschließende Aussage getroffen werden. Die neurophysiologischen Auswertungen belegten jedoch eindeutig eine unterschiedliche Verarbeitung der Targets und der Distraktoren. Diese konnte nicht auf eine motorische Reaktion (Knopfdruck) zurückgeführt werden, da diese erst nach etwa 1150 ms erfolgte und die Verarbeitungsunterschiede im Zeitraum von 350 bis 800 ms auftraten. Auf Grund der experimentellen Kontrolle konnten die neuronalen Verarbeitungsunterschiede somit eindeutig auf die unterschiedliche Bekanntheit

der Gesichter zurückgeführt werden und stimmen mit den Befunden aus Experiment 1 überein, in dem die Verarbeitungsunterschiede zwischen den Targets und den Distraktoren durch den Diskriminationsindex eindeutig belegt wurden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es gelungen ist, eine Beziehung zwischen den Verhaltensdaten und der hirnelektrischen Aktivität während der Gesichtsverarbeitung herzustellen. Zum einen konnten spezifische neuronale Aktivierungsunterschiede identifiziert werden, die mit der Verarbeitung unterschiedlich bekannter Gesichter in Zusammenhang stehen. Zum anderen konnte anhand der neurophysiologischen Daten eindeutig eine unterschiedliche Verarbeitung der Targets und der Distraktoren nachgewiesen werden, die sich in den Verhaltensdaten des EKP-Experiments in dieser Deutlichkeit nicht zeigte.

13. Individuelle Unterschiede in der Gesichtserkennung

In allen drei Verhaltensexperimenten wurde deutlich, dass sich die Kinder beider Altersgruppen in dem Tempo, in dem sie die neuen Gesichter erlernten, deutlich unterschieden. Der Verlauf des Erlernens der neuen Gesichter wurde erfasst, indem nach jedem einzelnen Durchgang der Lernphase ein Lernkriterium überprüft wurde. Falls die Kinder maximal einen Fehler in der Beurteilung der neuen und der fremden Gesichter machten, wurde die Lernphase beendet, andernfalls sahen die Kinder einen weiteren Durchgang mit Wiederholungen der neuen Gesichter und der gleichen Anzahl von Distraktoren. Somit wurde die Lernphase dem individuellen Lerntempo der Kinder angepasst und ein Überlernen der neuen Gesichter durch die Kontrolle des Lernkriteriums verhindert. Die Kinder, die nur einen Lerndurchgang benötigten, um die neuen Gesichter sicher wiederzuerkennen, wurden als schnelle Lerner eingestuft. Die Kinder, die zwei oder drei Durchgänge benötigten, galten als langsame Lerner. In den Experimenten, in denen die Gesichter mit neutralem Ausdruck gezeigt wurden, variierte der Anteil der schnellen Lerner in der Gruppe der Dreijährigen von 33 bis 40 Prozent und in der Gruppe der Fünfjährigen von 25 bis 40 Prozent. In Experiment 4, in dem die Gesichter mit der Emotion Freude oder Ärger gezeigt wurden, lag der Anteil der schnellen Lerner bei den Dreijährigen bei 40 Prozent und bei den Fünfjährigen bei 51 Prozent. Neben der unterschiedlichen Quote der schnellen und langsamen Lerner in den einzelnen Experimenten, zeigte sich konsistent in allen Verhaltensexperimenten, dass die schnellen Lerner langfristig eine deutlich bessere Wiedererkennung erzielten als die langsamen Lerner.

Die höhere Leistung in der unmittelbaren und der langfristigen Gesichtserkennung ist somit Ausdruck für eine unterschiedlich effiziente Gesichtsverarbeitung, die vom Lebensalter unabhängig auftrat.

Bisher wurde in der Literatur nicht von individuellen Unterschieden in der Effizienz der Gesichtsverarbeitung berichtet. Vielmehr kamen Flin und Dziurawiec (1989) zu dem Schluss, dass es keinen Zusammenhang zwischen der Leistung in der Gesichtsverarbeitung und anderen mentalen Reifungsprozessen bei Kindern gibt.

Die konsistenten Unterschiede in der Effizienz der Gesichtserkennung in den vorliegenden Untersuchungen lassen es jedoch sinnvoll erscheinen, die Ursachen für diese Leistungsunterschiede genauer zu untersuchen. Ein potentieller Faktor, der die unmittelbare und langfristige Wiedererkennung beeinflusst haben kann, ist die visuelle Verarbeitungskapazität oder –geschwindigkeit. Da die schnellen Lerner jedoch bei der Bearbeitung der einzelnen Gesichter in den Experimenten 3 und 4 kein schnelleres Verarbeitungstempo zeigten als die langsamen Lerner, ist ein Unterschied in der Verarbeitungsgeschwindigkeit eher auszuschließen. Somit ist es wahrscheinlicher, dass die schnellen Lerner in der gleichen Zeit eine größere Menge visueller Informationen derart enkodiert haben, dass sie diese auch langfristig nutzen konnten. Die Verarbeitungskapazität gilt z.B. in dem Intelligenzkonzept von Cattell als wesentliche Komponente der fluiden Intelligenz, also der Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge zu erkennen und Probleme zu lösen (Zimbardo & Gerrig, 2004).

Die höhere Leistung der schnellen Lerner in der langfristigen Wiedererkennung legt nahe, dass neben der Verarbeitungskapazität auch Strategien der Informationsverarbeitung, wie z.B. die Elaboration des Wissens sowie die Entwicklung des komplexen Arbeitsgedächtnisses (Gathercole, 1999) zu den individuellen Unterschieden beigetragen haben können. Für die weitere Untersuchung der differentiellen Leistung in der Gesichtsverarbeitung erscheint sowohl die Erhebung der allgemeinen Intelligenz durch einen sprachfreien Intelligenztest als auch eine differenzierte Erfassung der komplexen Fähigkeiten, die der visuell-räumlichen Wahrnehmung zugrunde liegen, sinnvoll. In zukünftigen Entwicklungsstudien zur Gesichtserkennung könnte die parallele Erhebung der Intelligenz und der visuellen Wahrnehmung dazu beitragen, die grundlegenden Fähigkeiten der Gesichtserkennung zu präzisieren.

14. Der Prozess des Erlernens neuer Gesichter

14.1 Ergebnisse der Verhaltensbeobachtungen

In den Studien zur Gesichtserkennung im Kindesalter wurde fast ausschließlich die unmittelbare Wiedererkennung neuer Gesichter untersucht (z.B. Fin, 1985; Bruce et al., 2001; Bruce et al., 2000; Carey et al., 1980; Hay & Cox, 2000). Dagegen fanden die kognitiven Prozesse, die zu einer sicheren Wiedererkennung der neuen Gesichter führen, im Kindesalter bisher keine Beachtung.

Um den Verlauf, in dem ein fremdes Gesicht zu einem bekannten Gesicht wird, genauer zu verstehen, wurde in Experiment 1 die Wiedererkennung der neuen Gesichter von der ersten Darbietung über die Abfolge mehrerer Wiederholungen analysiert. Ergänzend wurden in Experiment 2 die hirnpfysiologischen Prozesse während der Verarbeitung unterschiedlich bekannter Gesichter ausgewertet und mit den Verhaltensdaten aus Experiment 1 in Beziehung gesetzt.

Während unter Abschnitt 12.1 die Gesamtleistung in der unmittelbaren Wiedererkennung betrachtet wurde, wurde die Lernphase für die folgende Auswertung in Abschnitte unterteilt und analysiert, wie sich die Wiedererkennung in Abhängigkeit der Anzahl der Wiederholungen veränderte. Hierbei konnte repliziert werden, dass die Kinder beider Altersgruppen im Durchschnitt bereits nach einer einmaligen Präsentation der neuen Gesichter in der Lage waren, diese überzufällig wiederzuerkennen. Dies ist in Übereinstimmung mit der Untersuchung von Bruce et al. (2000), die eine deutlich überzufällige unmittelbare Wiedererkennung nach einer einzigen Präsentation bei Vier- und Fünfjährigen beschrieben haben.

Als neu und ergänzend zu den bisherigen Studien wurde der Prozess des Erlernens neuer Gesichter jenseits der ersten Darbietung analysiert.

Clutterbuck und Johnston (2005) haben bei Erwachsenen gezeigt, dass eine kritische Anzahl von Wiederholungen der neuen Gesichter dazu führte, dass diese besser anhand der inneren Gesichtsmerkmale als anhand der äußeren Merkmale wiedererkannt werden konnten. Da eine bessere Wiedererkennung durch die inneren Gesichtsmerkmale bei bekannten Gesichtern zu beobachten ist, konnte somit gezeigt werden, dass sich die Verarbeitung neuer Gesichter mit der Anzahl der Wiederholungen qualitativ veränderte und der Verarbeitung bekannter Gesichter ähnlicher wurde.

In der vorliegenden Studie wurde im Verlauf der wiederholten Darbietungen für beide Altersgruppen eine quantitative Verbesserung der Wiedererkennung beobachtet. Die Ursache für den Anstieg in der Gesichtserkennung konnte durch eine Analyse der Antworttendenz und der Urteilsfehler ermittelt werden. Es wurde deutlich, dass die steigende Genauigkeit in der Gesichtserkennung durch die verbesserte Beurteilung der Distraktoren bedingt war, während die Beurteilung der Targets sich im Verlauf nicht veränderte. Mit der steigenden Anzahl von Wiederholungen der neuen Gesichter verringerte sich die anfängliche Übergeneralisierung, in der auch fremde Gesichter als bekannt eingestuft wurden, wodurch die Anzahl der richtigen Beurteilungen insgesamt anstieg. Dieser Rückgang der Übergeneralisierung im Verlauf des Lernprozesses ist nicht allein als gesichtsspezifisch anzusehen, sondern charakterisiert den Erwerb neuer Konzepte bei Kindern im allgemeinen (Keil, 1987). Zwar wurde in einer früheren Studie bereits berichtet, dass die falsche Beurteilung der Distraktoren bei jüngeren Kindern die häufigere Fehlerart ist (Johnston und Ellis, 1995), die Antworttendenz wurde jedoch bislang nicht zur Beschreibung des Lernprozesses für neue Gesichter im Kindesalter verwendet.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Aussage zu dem Verlauf des Lernprozesses methodisch erst durch die Verwendung des Diskriminationsindexes möglich wurde. Eine Auswertung allein anhand der Prozentzahl richtiger Antworten, wie sie in vielen Studien zur Gesichtserkennung vorgenommen wurde (z.B. bei Bruce et al., 2000; Carey et al., 1980; Flin, 1985), ermöglicht keine Rückschlüsse auf die Ursachen der beobachteten Veränderungen. Aus diesem Grund bietet der Diskriminationsindex gerade für Entwicklungsstudien zur Gesichtserkennung gegenüber der prozentualen Auswertung deutliche Vorteile.

Zusammenfassend zeigten die Verhaltensdaten, dass die Drei- und Fünfjährigen nach einer einmaligen Präsentation zu einer überzufälligen Wiedererkennung der neuen Gesichter in der Lage waren und dass die Genauigkeit der unmittelbaren Wiedererkennung mit der steigenden Anzahl der Darbietungen bedeutsam zunahm.

14.2 Der Beitrag der EKP-Studie zum Prozess des Erlernens neuer Gesichter

Der Prozess selbst, der zu einer überzufälligen Wiedererkennung nach einer einzigen Darbietung führte, kann durch Verhaltensbeobachtungen nicht weiter untersucht werden. An dieser Stelle bietet die Analyse der neurophysiologischen Verarbeitung eine sinnvolle Ergänzung zu den Verhaltensdaten, da sie einen Vergleich der Verarbeitung der Gesichter während der ersten Darbietung und während späterer Darbietungen ermöglicht. In Experiment 2 wurde daher die hirnpfysiologische Aktivität während der ersten

Präsentationen der Targets und der Distraktoren mit der Aktivierung während der letzten Darbietungen verglichen.

Das Ziel war hierbei, differenzierte Aussagen über die neuronale Aktivität im Verlauf des Erlernens der neuen Gesichter treffen zu können und diese von unspezifischen Effekten, bedingt durch die Dauer der Darbietungsphase, zu unterscheiden.

Allgemein zeigte sich, dass zu Beginn der Darbietungsphase im Vergleich zu den späteren Präsentationen bei allen Gesichtern eine stärkere neuronale Aktivierung auftrat. Dieser Effekt, der unabhängig davon zu beobachten war, ob ein Gesicht nur einmal oder wiederholt dargeboten wurde, kann als Übungseffekt interpretiert werden, einhergehend mit einem geringeren neuronalen Aufwand im Verlauf der zunehmenden Darbietungen.

Darüber hinaus wurde deutlich, dass die Targets im Vergleich zu den Distraktoren von der ersten Wiederholung an eine geringere Aktivierung in frontalen und parietalen Arealen (im Zeitfenster von 350 bis 750 ms) auslösten, die bis zum Ende der Darbietungen konstant blieb.

Dies ist in Übereinstimmung mit den Verhaltensdaten aus Experiment 1, die belegen, dass die Fünfjährigen die Targets bereits nach der ersten Wiederholung mit einer Genauigkeit von etwa 80 Prozent wiedererkennen konnten, was wiederum die unterschiedliche kognitive Verarbeitung von Targets und Distraktoren nach der ersten Darbietung verdeutlicht.

Die neuronale Verarbeitung der Targets zeigte im Verlauf der Wiederholungen darüber hinaus spezifische Veränderungen. Parietal führte die wiederholte Darbietung der Targets in der rechten Hemisphäre (P8) zu einem deutlichen Absinken der neuronalen Aktivität. Dies kann wiederum im Sinne einer steigenden Automatisierung interpretiert werden und passt somit in das bisher beobachtete Muster der sinkenden neuronalen Aktivierung mit zunehmender Anzahl der Darbietungen. In der linken Hemisphäre (P3) und zentral (Pz) nahm die neuronale Aktivität im Verlauf der Darbietungen der neuen Gesichter zu, was innerhalb dieser EKP-Untersuchung eine Abweichung vom bisherigen Muster darstellt. Die erhöhte Aktivierung, ausgelöst durch die bekannten Gesichter, kann im Sinne der bereits erwähnten Interpretation von Itier und Taylor (2004c) verstanden werden, die davon ausgeht, dass die erhöhte parietale Aktivität durch eine Aktivierung der internen Repräsentation der bekannten Gesichter bedingt ist.

Die gefundenen Aktivitätsunterschiede im Verlauf der wiederholten Darbietungen der Targets können somit als neurophysiologische Korrelate für die Stärke der internen Repräsentation bzw. den Prozess, in dem ein zuvor bereits wiedererkanntes Gesicht vertrauter wird, verstanden werden. Die Wiederholung der neuen Gesichter führte dabei in den parietalen Arealen einerseits zu einer vermehrt automatisierten Verarbeitung der wiedererkannten Gesichter, einhergehend mit einer geringeren neuronalen Aktivierung durch die Targets im Vergleich zu den fremden Gesichtern, sowie andererseits zu einer mit der Anzahl der

Wiederholungen steigenden Aktivierung aufgrund des Abrufs der internen Repräsentation der wiedererkannten Gesichter.

15. Die Rolle des Emotionsausdrucks in der langfristigen Wiedererkennung

In dem folgenden Abschnitt werden zwei Aspekte der Gesichtserkennung diskutiert, die in der bisherigen Forschung relativ wenig berücksichtigt wurden. Zum einen wurde in den Experimenten 3 und 4 der Einfluss des emotionalen Ausdrucks auf die Wiedererkennung neuer Gesichter untersucht. Zum anderen wurde in allen drei Verhaltensexperimenten neben der unmittelbaren Wiedererkennung auch die langfristige Gesichtserkennung nach zehn Minuten und nach einer Woche analysiert. Beide Aspekte besitzen Alltagsrelevanz, da Gesichter in ganz unterschiedlichen *face states* wiedererkannt werden müssen und zwischen der ersten Begegnung und einem Wiedererkennen oft eine längere Zeitspanne vergeht.

15.1 Wiedererkennung im identischen Emotionsausdruck

Bei gleich bleibendem Emotionsausdruck zeigten beide Altersgruppen eine stabile Wiedererkennung der Gesichter über den Zeitraum von einer Woche. Die Genauigkeit in der Wiedererkennung der neuen Gesichter stieg vom unmittelbaren Erinnern über die Testphase nach zehn Minuten zur Testphase nach einer Woche kontinuierlich an. Dies belegt eine sehr stabile Repräsentation der neuen Gesichter. Darüber hinaus stellt sich die Frage, wieso die Wiedererkennung der neuen Gesichter nach einer Woche besser gelang als in der ersten Testphase nach zehn Minuten. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Ermüdungserscheinungen zu einer Leistungsminderung während der ersten Testphase führten, obwohl die Kinder direkt zuvor eine zehnmünütige Pause hatten. Eine weitere plausible Erklärung für den Leistungsanstieg nach einer Woche liegt darin, dass durch die wiederholte Auseinandersetzung mit den neuen Gesichtern während der ersten Testphase die internen Repräsentationen gefestigt wurden und dies den Anstieg in der Gesichtserkennung nach einer Woche ermöglichte. Da innerhalb der ersten Testphase zwischen Beginn und Ende der Darbietungen der neuen Gesichter kein messbarer Anstieg in der Wiedererkennung festgestellt werden konnte, wird angenommen, dass sich diese Konsolidierung der internen Repräsentationen erst in der zweiten Testphase nach einer Woche deutlich auswirkte.

Da die langfristige Gesichtserkennung bisher im Vorschulalter nicht untersucht wurde, können die Ergebnisse nur mit den Befunden von älteren Kindern verglichen werden. Ellis und Flin (1990) haben die langfristige Gesichtserkennung bei sieben- und zehnjährigen Kindern analysiert und nach einer Woche nur bei den Siebenjährigen eine stabile Wiedererkennung gefunden. Die Autoren erklären die Altersunterschiede in der langfristigen Gesichtserkennung damit, dass die älteren Kinder nicht nur die Invarianten der Gesichter, sondern auch Informationen über *face states* enkodiert hätten, die die langfristige Speicherung der neuen Gesichter bzw. den Abruf der internen Repräsentationen gestört haben können. Es muss jedoch kritisch angemerkt werden, dass die Wiedererkennung der Siebenjährigen in der Untersuchung von Ellis und Flin (1990) von Beginn an nur knapp über dem Zufallsniveau lag und daher der Zeitverlauf in der Wiedererkennung möglicherweise durch einen Bodeneffekt verzerrt wurde. Ebenso wie die bereits erwähnte Studie von Carey (1992) zeichnet sich auch die Untersuchung von Ellis und Flin (1990) durch eine sehr hohe Aufgabenschwierigkeit aus, die darin bestand, dass beide Altersgruppen zehn Targetgesichter wiedererkennen sollten, die sie zuvor einmal gesehen hatten. Es ist daher fraglich, wie gut die Ergebnisse von Ellis und Flin (1990) die tatsächliche Fähigkeit von Sieben- und Zehnjährigen, neue Gesichter langfristig wiederzuerkennen, abbilden können oder ob sie nicht eher Aussagen über die oberen Leistungsgrenzen in der langfristigen Gesichtserkennung von Kindern ermöglichen.

Unabhängig von einem unmittelbaren Vergleich mit der Studie von Ellis und Flin (1990) können die Ergebnisse aus Experiment 1 derart interpretiert werden, dass beide Altersgruppen die gesichtsrelevanten Informationen gleichermaßen für die unmittelbare und die langfristige Wiedererkennung nutzen konnten. Darüber hinaus zeigte sich, dass die Genauigkeit in der Wiedererkennung sowohl bei den Dreijährigen, aber in stärkerem Ausmaß bei den Fünfjährigen mit der Anzahl der Wiederholungen der neuen Gesichter über den Zeitraum von einer Woche zunahm.

15.2 Wiedererkennung in verändertem Emotionsausdruck

In Experiment 3 wurde untersucht, wie die neuen Gesichter, die zuvor in neutralem Ausdruck gelernt wurden, in den Emotionsausdrücken Freude und Ärger langfristig wiedererkannt werden konnten.

Der Einfluss des emotionalen Ausdrucks auf die Gesichtserkennung wurde untersucht, indem die Wiedererkennung in den beiden neuen Emotionsausdrücken Freude und Ärger gemeinsam überprüft wurde. Darüber hinaus wurde in einer separaten Analyse die Wiedererkennung in den Emotionen Freude und Ärger miteinander verglichen. Hierbei hat

sich gezeigt, dass den Drei- und Fünfjährigen die Wiedererkennung nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks in zwei neuen Emotionen zwar überzufällig, aber deutlich schlechter gelang als in der unmittelbaren Wiedererkennung in neutralem Ausdruck. Zwischen den beiden Altersgruppen zeigte sich ein wesentlicher Zugewinn in der Gesichtserkennung bei den Fünfjährigen, bedingt durch eine deutlich bessere Wiedererkennung nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks.

Diese Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit den Befunden aus zwei entwicklungspsychologischen Studien, in denen der Einfluss des Emotionswechsels auf die Wiedererkennung analysiert wurde. In einer Studie, in der die Fähigkeit von Drei- und Fünfjährigen untersucht wurde, Gesichter in mehreren neuen Emotionen (Ärger, Freude, Traurigkeit und Angst) wiederzuerkennen, fand Norbeck (1981), dass Dreijährige Gesichter nach einem Wechsel des Emotionsausdrucks überzufällig wiedererkennen konnten und dass die Genauigkeit in der Gesichtserkennung zwischen dem dritten und fünften Lebensjahr bedeutsam anstieg.

Bruce und Mitarbeiter (2000) fanden in der bereits zitierten Studie, dass bereits die jüngsten der von ihnen untersuchten Kinder, die Vierjährigen, zu einer überzufälligen Wiedererkennung der neuen Gesichter nach einem Wechsel des Emotionsausdrucks in der Lage waren.

Um der Frage nachzugehen, ob sich die beiden neuen Emotionen unterschiedlich auf die Gesichtserkennung ausgewirkt haben, wurde die Wiedererkennung zusätzlich separat für die Emotionen Freude und Ärger ausgewertet. Diese getrennte Analyse der Wiedererkennung ergab, dass etwa die Hälfte der Dreijährigen und ein Drittel der Fünfjährigen in einer der beiden neuen Emotionen ein stereotypes Antwortverhalten zeigten und somit nicht zwischen den Targets und den fremden Gesichtern unterschied.

Dieses Ergebnis macht einerseits deutlich, dass ein bedeutender Teil der Kinder nicht in der Lage war, die neuen Gesichter in zwei veränderten Emotionen wiederzuerkennen.

Andererseits bedeutet es, dass die Ergebnisse zur Wiedererkennung in beiden neuen Emotionen nur für einen Teil der Kinder tatsächlich die Fähigkeit widerspiegeln, die neuen Gesichter in zwei veränderten Emotionen wiederzuerkennen und für die verbleibenden Kinder nur die Gesichtserkennung in einer der beiden neuen Emotion beschreiben. Da die fehlende Wiedererkennung gleichermaßen in beiden neuen Emotionen auftrat und insgesamt die Mehrheit der Kinder fähig war, die Gesichter in beiden neuen Emotionen wiederzuerkennen, scheint es dennoch gerechtfertigt, die Ergebnisse der gemeinsamen Auswertung als Ausdruck für die Fähigkeit der Kinder zu interpretieren, neue Gesichter in veränderten Emotionen wiederzuerkennen.

Als Ursache für die fehlende Wiedererkennung der neuen Gesichter nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks bei der Hälfte der Dreijährigen und einem Drittel der Fünfjährigen

kommen gleichermaßen Faktoren der Gesichtsverarbeitung als auch Unterschiede in der Steuerung der Aufmerksamkeit in Betracht. Nach Saltz und Sigl (1967) beruhen die kindlichen Schwierigkeiten, Gesichter in unterschiedlichen Emotionsausdrücken wiederzuerkennen darauf, dass deren Konzept von Identität in den ersten Lebensjahren enge Grenzen aufweist, die Abweichungen durch unterschiedliche *face states* nicht tolerieren. Dieser gesichtsspezifische Faktor kann erklären, weshalb der Wechsel des Emotionsausdrucks die Wiedererkennung für einen Teil der Kinder in einer der beiden Emotionen unmöglich machte. Der starke Antwortbias in dieser Gruppe der Kinder in der Art, dass die Gesichter mit Freude tendenziell als bekannt und die Gesichter mit Ärgerausdruck als unbekannt eingestuft wurden, deutet darauf hin, dass die Aufmerksamkeit von der Identität auf den Emotionsausdruck gelenkt wurde und dieser als Unterscheidungskriterium für die Gesichter verwendet wurde.

In der Gruppe der Kinder, denen die Wiedererkennung nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks in beiden neuen Emotionen gelang, zeigten die Dreijährigen, nicht aber die Fünfjährigen, spezifische Schwierigkeiten mit der Wiedererkennung der Gesichter im Ärgerausdruck. Beide Altersgruppen konnten die Gesichter mit Freudeausdruck ähnlich gut wiedererkennen wie zuvor in neutralem Ausdruck.

Die spezifische Schwierigkeit der Dreijährigen in der Wiedererkennung der Gesichter mit Ärgerausdruck wurde bereits in Abschnitt 12.1.1 diskutiert und kann darauf zurückgeführt werden, dass sie vergleichsweise wenig Erfahrung mit der Betrachtung von Fotos mit ärgerlichen Gesichtern haben. Darüber hinaus wird angenommen, dass der Ärgerausdruck ihre Aufmerksamkeit von der eigentlichen Aufgabe der Identitätsverarbeitung ablenkte.

In Experiment 4 wurde die Reihenfolge des Auftretens der Emotionsausdrücke im Vergleich zu Experiment 3 verändert. Die Hälfte der Kinder aus jeder Altersgruppe erlernte die neuen Gesichter in der Lernphase mit der Emotion Freude (Bedingung 1), die andere Hälfte mit der Emotion Ärger (Bedingung 2). In den Testphasen sollten die Kinder die Gesichter in Bedingung 1 in den Emotionen Ärger und neutraler Ausdruck und in Bedingung 2 in den Emotionen Freude und neutraler Ausdruck wiedererkennen.

Die gemeinsame Auswertung der Wiedererkennung im neutralen Ausdruck und im neuen Emotionsausdruck (Ärger oder Freude) ergab, dass die Gesichter nach dem Wechsel der Emotionen ähnlich gut wiedererkannt werden konnten wie zuvor in der unmittelbaren Wiedererkennung.

Das bedeutet, dass sich der Wechsel der Emotion bei den Gesichtern, die mit Emotionsausdruck enkodiert wurden im Gegensatz zu den Gesichtern, die mit neutralem Ausdruck gelernt wurden (Exp. 3) nicht bedeutsam auf die langfristige Wiedererkennung auswirkte.

Die separate Auswertung der Wiedererkennung im neutralen Ausdruck und in Freude bzw. Ärger ergab bei den Dreijährigen, dass wiederum etwa die Hälfte der Kinder in einer der beiden neuen Gesichtsausdrücke stereotyp geantwortet und somit nicht zwischen den Targets und den fremden Gesichtern unterschieden hat.

In der Gruppe der Fünfjährigen lag der Anteil der „Nicht-Diskriminierer“ mit etwa zehn Prozent deutlich niedriger und auch niedriger als in Experiment 3.

Wie zuvor in Experiment 3 beschrieben, können die Ergebnisse der Wiedererkennung in beiden neuen Gesichtsausdrücken trotz der Anzahl der Kinder mit stereotypen Antworten als Fähigkeit interpretiert werden, neue Gesichter in veränderten Emotionen wiederzuerkennen. Für jene Kinder, die die neuen Gesichter in beiden neuen Gesichtsausdrücken wiedererkennen konnten, wurde überprüft, ob sich die Emotionen in der Testphase unterschiedlich auf die Wiedererkennung auswirkten. Die Dreijährigen, die die neuen Gesichter in beiden neuen Ausdrücken wiedererkennen konnten, zeigten keinen Unterschied in der Wiedererkennung zwischen den Gesichtern mit neutralem Ausdruck und mit dem neuen Emotionsausdruck.

Die Fünfjährigen erkannten ebenfalls die Gesichter mit dem neuen Emotionsausdruck (Freude bzw. Ärger) ähnlich gut wieder wie in der unmittelbaren Wiedererkennung. Im Unterschied zu den Dreijährigen erzielten sie bei den Gesichtern, die im neutralen Ausdruck wiedererkannt werden sollten, jedoch eine Genauigkeit, die die unmittelbare Wiedererkennung in der ursprünglichen Emotion deutlich übertraf. Der Wechsel von der Emotion Freude bzw. Ärger zum neutralen Ausdruck war demnach die einzige Konstellation, in der der Wechsel des Emotionsausdrucks zu einer Wiedererkennung führte, die höher lag als in der ursprünglichen Emotion.

Die quantitativ höhere Wiedererkennung der Gesichter mit neutralem Ausdruck wird als Ausdruck eines bedeutenden Zugewinns in der Enkodierung und Wiedererkennung neuer Gesichter in der Gruppe der Fünfjährigen interpretiert. Nach dem Modell von Bruce und Young (1986) werden die Invarianten eines Gesichts und der Emotionsausdruck separat verarbeitet. Die Identifizierung eines Gesichts beruht hiernach allein auf den Invarianten, die, da sie keinen Emotionsausdruck enthalten, größere Übereinstimmung mit dem Anblick eines Gesichts mit neutralem Ausdruck aufweisen als mit einem Gesicht mit Emotionsausdruck. Die höhere Leistung in der Wiedererkennung der Gesichter mit neutralem Ausdruck spricht dafür, dass die Fünfjährigen die Informationen über den Emotionsausdruck erfolgreich von den Invarianten separieren und getrennt abspeichern konnten. Während dies den Dreijährigen ebenfalls zu einem gewissen Grad gelungen sein muss, da sie die Gesichter mit neutralem Ausdruck ohne Verlust wiedererkennen konnten, scheint die getrennte Speicherung von Invarianten und Emotionsausdruck den Fünfjährigen auf einem höheren Niveau gelungen zu sein.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Gesichter, die mit einer Emotion enkodiert wurden, langfristig in einer neuen Emotion besser wiedererkannt werden konnten als die Gesichter, die mit neutralem Ausdruck gelernt wurden. Dieses Ergebnis konnte nicht nur durch die Einzelergebnisse aus den Experimenten 3 und 4 abgeleitet werden, sondern wurde auch durch den direkten Vergleich der beiden Experimente bestätigt. Somit konnte gezeigt werden, dass der Emotionsausdruck während der Enkodierung der neuen Gesichter die Funktionalität der internen Repräsentation beeinflusst hat: Im Fall einer Enkodierung mit den Emotionen Freude oder Ärger führte dies im Vergleich zur Enkodierung mit neutralem Ausdruck zu einer besseren Wiedererkennung in einem neuen Emotionsausdruck.

Nach Haxby et al. (2000) führt die Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks zu einer Aktivierung zusätzlicher Hirnareale, die nicht per se an der Verarbeitung der Identität beteiligt sind. Es ist plausibel anzunehmen, dass diese stärkere neuronale Vernetzung während der Enkodierung der Gesichter mit Emotionsausdruck die erfolgreichere Wiedererkennung in einer neuen Emotion verursacht hat.

Nach dem Modell von Bruce und Young (1986) beruht die Gesichtserkennung auf einer parallelen Verarbeitung der Invarianten und des emotionalen Ausdrucks. Es kann angenommen werden, dass die interne Repräsentation durch die zusätzliche Enkodierung des emotionalen Ausdrucks derart angereichert und in ihren Grenzen flexibler wurde, dass eine Generalisierung der Identität über einen veränderten Emotionsausdruck besser gelang.

In Experiment 3 und 4 zeigte sich kein Einfluss des Geschlechts der Kinder auf die Wiedererkennung der neuen Gesichter. Dies steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Herba, Landau, Russell, Ecker und Philips (2006) sowie Gross und Balif (1991), die in ihrem Review schlussfolgern, dass es keinen Geschlechtsunterschied in der Wahrnehmung und Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks gibt. Im Unterschied dazu berichtete McClure (2000) in einer Metaanalyse von einem leichten aber robusten Vorteil der Mädchen gegenüber den Jungen in der Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks.

16. Charakterisierung der Lernprozesse in der Gesichtserkennung

Bei dem Versuch, die beobachteten Lernprozesse der Kinder in der Gesichtserkennung zu beschreiben, die in allen vier Experimenten sowohl individuell im Verlauf der wiederholten Darbietung der neuen Gesichter als auch zwischen den beiden Altersgruppen auftraten, wurden zwei gegenläufige Prozesse deutlich.

Unabhängig vom emotionalen Ausdruck zeigte sich bei den Kindern in der Beurteilung der Gesichter anfangs eine Übergeneralisierung in der Art, dass auch fremde Gesichter als

bekannt beurteilt wurden. Diese Übergeneralisierung nahm sowohl zwischen dem dritten und dem fünften Lebensjahr als auch individuell im Verlauf der wiederholten Präsentationen der neuen Gesichter ab.

Bei der Wiedererkennung der neuen Gesichter in einer veränderten Emotion war ein gegenteiliger Effekt zu beobachten. In einer Art Überdiskriminierung wurden die neuen Gesichter in einem veränderten Emotionsausdruck tendenziell nicht mehr der gleichen Identität wie zuvor zugeordnet und deshalb als fremd beurteilt.

Die Überdiskriminierung nahm zwischen dem dritten und fünften Lebensjahr deutlich ab.

17. Die Reaktionszeit als weiteres Maß für die Entwicklung der Gesichtserkennung

Neben der Genauigkeit in der Wiedererkennung, ausgewertet anhand des Diskriminationsindex, wurde in Experiment 3 und 4 zusätzlich die Reaktionszeit in der Bearbeitung der einzelnen Gesichter erfasst.

Es zeigte sich hierbei der erwartete Anstieg in der Bearbeitungsgeschwindigkeit der einzelnen Gesichter vom dritten zum fünften Lebensjahr. Dieser Anstieg ist jedoch nicht als gesichtsspezifisch anzusehen, sondern entspricht vielmehr einer allgemeinen Steigerung der kognitiven Verarbeitungskapazität und -geschwindigkeit in dieser Altersspanne. Darüber hinaus wurde in beiden Altersgruppen eine Zunahme der Bearbeitungsgeschwindigkeit von der Lernphase bis zur zweiten Testphase beobachtet, die als Übungseffekt gedeutet und ebenfalls nicht als gesichtsspezifisch angesehen wird.

Abgesehen von diesen beiden Effekten wurde kein Unterschied im Verarbeitungstempo der Gesichter in Abhängigkeit der unterschiedlichen Emotionen deutlich. Somit konnte der mehrfach berichtete und auf Reaktionszeitstudien beruhende Verarbeitungsvorteil für Gesichter mit Freudeausdruck (De Sonneville et al., 2002; Gross und Balif, 1991) nicht repliziert werden. Allerdings wurde in keiner der erwähnten Studien die Wiedererkennung der gleichen Gesichter in unterschiedlichen Emotionsausdrücken verglichen und zudem wurde in der Untersuchung von De Sonneville und Mitarbeitern (2002) eine Matching-Aufgabe im Unterschied zur vorliegenden Untersuchung verwendet.

Der hier gefundene fehlende Reaktionszeitunterschied zwischen den Gesichtern mit neutralem Ausdruck und mit Emotionsausdruck kann vielmehr als Unterstützung für die Theorie der parallelen Verarbeitung von Identität und Emotionsausdruck von Bruce und Young (1986) angesehen werden.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Ergebnisse der Reaktionszeitmessungen nur in Bezug auf den Leistungszuwachs zwischen dem dritten und fünften Lebensjahr mit den Befunden zur Diskriminationsfähigkeit übereinstimmten. Darüber hinaus lieferte die Erfassung der

Reaktionszeit in den vorliegenden Studien keinen wesentlichen eigenen Beitrag zum Verständnis der Entwicklung der Gesichtsverarbeitung oder der Verarbeitung des Emotionsausdrucks im Vorschulalter.

18. Die Ergebnisse im Licht der Modelle der Gesichtsverarbeitung

18.1 Modell von Bruce und Young

Die Ergebnisse der vorliegenden Studien zur Wiedererkennung neuer Gesichter in Abhängigkeit des emotionalen Ausdrucks ermöglichen die Überprüfung einer zentralen Annahme im Modell von Bruce und Young (1986), nach der die Verarbeitung von Identität und Emotionsausdruck separat und voneinander unabhängig verläuft.

Beim Erlernen und unmittelbaren Wiedererkennen in einer identischen Emotion zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Gesichtern mit neutralem Ausdruck und mit den Emotionen Freude oder Ärger. Die Ergebnisse der Reaktionszeitmessungen aus den Experimenten 3 und 4 belegen, dass es keine Unterschiede in der Verarbeitungszeit für jedes einzelne Gesicht in Abhängigkeit des Emotionsausdrucks gab. Diese Befunde stützen die Annahme der parallelen und unabhängigen Verarbeitung von Identität und Emotion, wie im Modell von Bruce und Young (1986) beschrieben.

Die Wiedererkennung in einer veränderten Emotion zeigte jedoch deutliche Unterschiede in Abhängigkeit des Emotionsausdrucks, in der die neuen Gesichter enkodiert wurden und in Abhängigkeit der Emotion während der Wiedererkennung.

Wie bereits geschildert, konnten zum einen die Gesichter, die mit einer Emotion enkodiert wurden, in einer veränderten Emotion deutlich besser wiedererkannt werden als die Gesichter, die mit neutralem Ausdruck enkodiert wurden. Zum anderen konnten die Fünfjährigen nach dem Wechsel des Emotionsausdrucks die Gesichter mit neutralem Ausdruck besser wiedererkennen als Gesichter mit Emotionsausdruck. Die Schwierigkeit der Dreijährigen in Experiment 3, die Gesichter nach einem Wechsel des Emotionsausdrucks von neutral zu ärgerlich wiederzuerkennen, soll in diesem Zusammenhang nicht diskutiert werden, da hierfür in erster Linie nicht gesichtsverarbeitungsspezifische Ursachen angenommen werden, sondern die geringe Erfahrung mit Fotos, auf denen Gesichter mit Ärgerausdruck dargestellt sind.

Die Befunde zum Einfluss des Emotionsausdrucks auf die Wiedererkennung scheinen im Widerspruch zu dem Modell der separaten Verarbeitung von Emotion und Identität zu

stehen. Bei einer absoluten Unabhängigkeit der Verarbeitung dürfte sich der Emotionsausdruck in keiner Weise auf die Wiedererkennung auswirken.

Im Folgenden soll dargelegt werden, dass die oben genannten Befunde trotz des scheinbaren Widerspruchs mit dem Modell von Bruce und Young (1986) vereinbar sind. Berücksichtigt man die getrennte Verarbeitung von Invarianten und Emotionsausdruck während der Enkodierung, kann angenommen werden, dass bei den Gesichtern mit neutralem Ausdruck einzig die Identität abgespeichert wurde. Bei den Gesichtern mit Emotionsausdruck (Exp. 4) führte die Enkodierung zu der Verarbeitung der Identität sowie zu einer gesonderten Speicherung des Emotionsausdrucks. Hierin ist die Ursache dafür zu sehen, dass die Gesichter, die mit Emotionsausdruck enkodiert wurden, besser in einer neuen Emotion wiedererkannt werden konnten als die Gesichter, die mit neutralem Ausdruck gelernt wurden (und für die keine Information über einen Emotionsausdruck gespeichert wurde). Die bessere Wiedererkennung der Fünfjährigen bei den Gesichtern mit neutralem Gesichtsausdruck kann analog dazu dadurch erklärt werden, dass die neutralen Gesichter eine größere Übereinstimmung mit den gespeicherten Invarianten (ohne Emotionsausdruck) aufwiesen als die emotionalen Gesichter. Die Befunde zum Einfluss des Emotionsausdrucks auf die Wiedererkennung stehen somit nicht in Widerspruch zu den Annahmen von Bruce und Young (1986), gleichzeitig kann das Modell nicht zufriedenstellend erklären, wie ein neues Gesicht in einem veränderten Emotionsausdruck wiedererkannt wird.

Schweinberger und Soukup (1998) haben in einer Studie gezeigt, dass der Emotionsausdruck die Identitätsverarbeitung beeinflusste und gehen daher von einer asymmetrischen Abhängigkeit der beiden Systeme aus. Ganel und Goshen-Gottstein (2004) nehmen aufgrund ihrer Untersuchungen eine beidseitige Beeinflussbarkeit beider Verarbeitungssysteme an. Zwar wurde in den vorliegenden Studien nicht die Verarbeitung des Emotionsausdrucks in Abhängigkeit der Identität überprüft, aufgrund der dargestellten Ergebnisse ist es jedoch als wahrscheinlich anzusehen, dass eine beidseitige Beeinflussung von Identitätsverarbeitung und Emotionsverarbeitung stattfindet. Aufbauend auf der These, dass die Gesichter, die mit Emotionsausdruck enkodiert wurden, deshalb besser in einer veränderten Emotion wiedererkannt werden konnten, weil es bereits eine interne Repräsentation eines Emotionsausdrucks gab, wird angenommen, dass der Austausch der Systeme in beide Richtungen stattfinden kann. Dementsprechend ist es wahrscheinlich, dass die Verarbeitung eines Emotionsausdrucks, vor allem bei bekannten Gesichtern, durch die Einbeziehung der Invarianten eines Gesichts, gefördert werden kann. Als Beispiel sei hier angeführt, dass das Wissen um die individuelle Form eines Mundes genutzt werden kann, um einen spezifischen Emotionsausdruck schneller oder sicherer zu erkennen als dies ohne Kenntnis der invarianten Struktur des Gesichts möglich wäre.

Zusammen genommen sprechen diese Annahmen für eine beidseitige Beeinflussbarkeit der Verarbeitung von Identität und Emotionsausdruck, wie sie von Ganel und Goshen-Gottstein (2004) beschrieben wurde. Demnach erscheint es sinnvoll, das Modell von Bruce und Young (1986) in der Grundstruktur der parallelen Verarbeitung von Identität und Emotionsausdruck beizubehalten und durch interaktive Verbindungen zwischen beiden Verarbeitungspfaden zu erweitern.

18.2 Modell des multidimensionalen Gesichtsraums von Valentine

Die Wiedererkennung der neuen Gesichter in einer veränderten Emotion kann Hinweise auf die Art der internen Repräsentation neuer Gesichter bei Kindern im Vorschulalter geben. Nach dem Modell von Valentine (1991) werden Gesichter im Langzeitgedächtnis in einem multidimensionalen Gesichtsraum gespeichert, dessen Zentrum durch den Prototyp aller gesehenen Gesichter gebildet wird. Der Gesichtsraum wird durch solche Dimensionen aufgespannt, die dazu geeignet sind, zwischen verschiedenen Gesichtern zu unterscheiden. Jedes bekannte Gesicht ist entlang der unterschiedlichen Dimensionen in Form von Vektoren gespeichert. Aufbauend auf den Annahmen von Valentine (1991) beschreiben Edelman und O'Toole (2001), wie ein Gesicht in einer veränderten Ansicht wiedererkannt werden kann. Sie gehen davon aus, dass jede zuvor gesehene Ansicht in einem so genannten „viewspace“ gespeichert ist. Für die Verarbeitung einer neuen Ansicht, die bisher nicht gespeichert wurde, wird nach Meinung der Autoren die Erfahrung der Ansichtsveränderungen bei bekannten Gesichtern herangezogen und auf dieser Grundlage wird zwischen der gespeicherten Ansicht und der neuen Ansicht interpoliert. Es bleibt offen, inwieweit diese Annahmen auch auf die Verarbeitung unterschiedlicher Emotionsausdrücke übertragen werden können.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse zur Wiedererkennung in Abhängigkeit des Emotionsausdrucks wird die These aufgestellt, dass es analog zu den *viewspace*s unterschiedliche „*emotionspaces*“, also Repräsentationen für verschiedene Emotionsausdrücke gibt, die an die interne Repräsentation der Invarianten eines Gesichts, die so genannten FRUs (Bruce & Young, 1986), angegliedert sind. Diese *emotionspaces* ermöglichen demnach bei bekannten Gesichtern die sichere Wiedererkennung in unterschiedlichen Emotionsausdrücken. Bei neuen Gesichtern wird angenommen, dass zum einen die vorhandene Erfahrung, wie sich Gesichter im Allgemeinen durch einen Wechsel des Emotionsausdrucks verändern, für die Wiedererkennung in einer neuen Emotion genutzt werden kann. Zum anderen wird postuliert, dass bei neuen Gesichtern die gespeicherte

Repräsentation eines Emotionsausdrucks die Generalisierung auf einen veränderten Emotionsausdruck erleichtern kann.

Bezogen auf die vorliegenden Ergebnisse erklärt die Annahme, dass die Verarbeitung der *emotionspaces* stark erfahrungsabhängig ist, weshalb die Fünfjährigen eine bessere Wiedererkennung in einer veränderten Emotion erzielten als die Dreijährigen und weshalb die Dreijährigen spezifische Schwierigkeiten in der Verarbeitung der neuen Gesichter im Ärgerausdruck zeigten.

Bedeutender erscheint jedoch, dass die These der *emotionspaces* erklären kann, warum die Speicherung eines Emotionsausdrucks während der Enkodierung (Exp. 4) die Generalisierung auf einen neuen Emotionsausdruck erleichtern und zu einer besseren Wiedererkennung in einem neuen Emotionsausdruck führen kann als bei den Gesichtern, die ohne Emotionsausdruck enkodiert wurden (Exp. 3).

19. Ausblick

Für die weitere Erforschung der Entwicklung der Gesichtserkennung wäre es wünschenswert, dass das Vorschulalter zukünftig ein größeres Forschungsinteresse erfährt, damit die noch immer bestehende Lücke im Verständnis der Gesichtserkennung zwischen dem Ende des Säuglingsalters und dem Schulalter enger geschlossen werden kann.

Besonders die Entwicklung der Gesichtserkennung im zweiten Lebensjahr stellt hierbei eine Herausforderung dar, da sie bisher nur in einer einzigen Studie untersucht wurde.

Die weitere Untersuchung des Einflusses der *face states* auf die Gesichtserkennung könnte dazu beitragen, die Entwicklung alltagsrelevanter Fertigkeiten in der Gesichtserkennung besser zu verstehen.

Die Verarbeitung von Emotionsausdruck und Identität, deren potentielle wechselseitige Beeinflussung und die Art der internen Speicherung von Gesichtern bieten weiterhin viele Forschungsfragen für zukünftige Untersuchungen. Gerade die These, dass unterschiedliche Emotionsausdrücke in eigenen *emotionspaces* gespeichert sind und die Frage, wie sich die interne Speicherung des Emotionsausdrucks im Entwicklungsverlauf verändert, stellen hierbei wichtige Forschungsfragen für die weitere Untersuchung der Gesichtserkennung dar. Die Analyse der neurophysiologischen Parameter bietet zweifelsfrei einen fruchtbaren Zugang zum Verständnis der kognitiven Prozesse der Gesichtsverarbeitung. Somit erscheint es vielversprechend, das Zusammenwirken in der Verarbeitung von Emotionsausdruck und Identität auch anhand neurophysiologischer Korrelate zu untersuchen und diese mit Verhaltensbeobachtungen in Beziehung zu setzen.

V. Literaturverzeichnis

- Baenninger, M. (1994). The development of face recognition: Featural or configural processing? *Journal of Experimental Child Psychology*, 57, 377-396.
- Batty, M. & Taylor, M.J. (2006). The development of emotional face processing during childhood. *Developmental Science*, 9(2), 207-220.
- Baudouin, J.-Y., Gilibert, D., Sansone, S. & Tiberghien, G. (2000). When the smile is a cue to familiarity. *Memory*, 8(5), 285-292.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A. & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perceptions in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8(6), 551-565.
- Bentin, S. & Deounell, L.Y. & Soroker, N. (1999). Selective visual streaming in face recognition: evidence from developmental prosopagnosia. *NeuroReport*, 10, 823-827.
- Bentin, S., Deounell, L.Y. (2000). Structural encoding and identification in face processing: ERP evidence for separate processes. *Cognitive Neuropsychology*, 17(1-3), 35-55.
- Berk, L.E. (2005). *Entwicklungspsychologie* (p. 239). München: Pearson Education Deutschland.
- Bonner, L., Burton, A.M. & Bruce, V. (2003). Getting to know you: How we learn new faces. *Visual Cognition*, 10(5), 527-536.
- Brace, N.A., Hole, G.J., Kemp, R. I., Pike, G. E., Van Duuren, M. & Norgate, L. (2001). Developmental changes in the effect of inversion: Using a picture book to investigate face recognition. *Perception* (30), 85-94.
- Bruce, V. (1982). Changing faces: visual and non-visual coding processes in face recognition. *British Journal of Psychology*, 73, 105-116.

Bruce, V., Campbell, R.N., Doherty-Sneddon, G., Import, A., Langton, S., McAuley, S. & Wright, R. (2000). Testing face processing skills in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 18, 319-333.

Bruce, V., Henderson, Z., Greenwood, K., Hancock, P., Burton, A. M. & Miller, P. (1999). Verification of face identities from images captured on video. *Journal of Experimental Psychology* 5(4), 339-360.

Bruce, V. & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77, 305-327.

Burton, A.M., Bruce, V. & Johnston, R.A. (1990). Understanding face recognition with an interactive activation model. *British Journal of Psychology*, 81(3), 361-380.

Burton, A.M., Miller, P., Bruce, V., Hancock, P.J.B. & Henderson, Z. (2001). Human and automatic face recognition: A comparison across image formats. *Vision Research*, 41, 3185-3195.

Campbell, R., Walker, J. & Baron-Cohen, S. (1995). The development of differential use of inner and outer face features in familiar face identification. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59, 196-210.

Carbon, C.-C. & Leder, H. (2006). When faces are heads: View-dependent recognition of faces altered relationally or componentially. *Swiss Journal of Psychology*. 65(4), 245-252.

Carey, S. (1978). A case study: Face recognition. In E. Walker (Ed.), *Explorations in the Biology of Language* (pp. 175-243). Montgomery: Bradford Books.

Carey, S. (1992). Becoming a face expert. *Philosophical transaction of the Royal Society of London*, 335 (no. 1273), 95-103.

Carey, S. & Diamond, R. (1994). Are faces perceived as configurations more by adults than by children? *Visual Cognition* 1, 253-274.

Carey, S., Diamond, R. & Woods, B. (1980). Development of face recognition - A maturational component? *Developmental Psychology*. 16(4), 257-269.

Carver, L.J., Dawson, G., Panagiotides, H., Meltzoff, A.N., McPortland, J., Gray, J. & Munson, J. (2003). Age-related differences in neural correlates of face recognition during the toddler and preschool years. *Developmental Psychobiology*, 42(2), 148-159.

Chung, M.-S. & Thomson, D. M. (1995). Development of face recognition. *British Journal of Psychology*, 86(1), 55-87.

Clutterbuck, R. & Johnston, R.A. (2005). Demonstrating how unfamiliar faces become familiar using a face matching task. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17(1), 97-116.

Cohen, L.B. & Cashon, C.H. (2001). Do 7-month-old infants process independent features or facial configurations? *Infant and Child Development*, 10, 83-92.

Davidoff, J. & Donnelly, N. (1990). Object superiority: A comparison of complete and part probes", *Acta Psychologica*, 73(3), 225-243.

de Haan, M., Johnson, M.H. & Halit, H. (2003). Development of face-sensitive event-related potentials during infancy: A review. *International Journal of Psychophysiology*, 51, 45-58.

de Haan, M., Johnson, M.H. & Halit, H. (2007). Development of face-sensitive event-related potentials during infancy. In M. de Haan (Ed.) *Infant EEG and event-related potentials*. Hove and New York: Psychology Press.

de Haan, M., Johnson, M.H., Maurer, D. & Perrett, D.I. (2001). Recognition of individual faces and average face prototypes by 1- and 3-month-old infants. *Cognitive Development*, 16, 659-678.

de Haan, M. & Nelson, C.A. (1999). Brain activity differentiates face and object processing in 6-month-old infants. *Developmental Psychology*, 35(4), 1113-1121.

de Haan, M., Pascalis, O. & Johnson, M.H. (2002). Specialization of neural mechanisms underlying face recognition in human infants. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 19-209.

de Heering, A., Houthuys, S. & Rossion, B. (2007). Holistic face processing is mature at 4 years of age: Evidence from the composite face effect. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(1), 57-70.

de Schonen, S. & Mathivet, E. (1990). Hemispheric asymmetry in a face discrimination task in infants. *Child Development*, *61*, 1192-1205.

De Sonneville, L.M.J., Verschoor, C.A., Njikiktijen, Op het Veld, V, Toorenaar, N. & Vranken, M. (2002). Facial identity and facial emotions: Speed, accuracy, and processing strategies in children and adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *24*(2), 200-213.

Diamond, R. & Carey, S. (1977). Developmental changes in the representation of faces. *Journal of Experimental Child Psychology*, *23*, 1-22.

Diamond, R. & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: An effect of expertise. *Journal of Experimental Psychology: General*, *115*, 107-117.

Durand, K., Gallay, M., Seigneuric, A., Robichon, F. & Baudouin, J.-Y. The development of facial emotion recognition: The role of configural information. *Journal of experimental child psychology* (2007), doi:10.1016/j.jecp.2006.12.001.

Edelman, S. & O'Toole, A.J. (2001). Viewpoint generalization in face recognition. The role of category-specific processes. In M.J. Wenger & J.T. Townsend (Eds.). *Computational, geometric, and progress perspectives on facial recognition: Contexts and challenges*. (pp. 397-428). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Eimer, M. (2000a). Event-related brain potentials distinguish processing stages involved in face perception and recognition. *Clinical Neurophysiology*, *111*(4), 694-705.

Eimer, M. (2000b). The face-specific N170 component reflects late stages in the structural encoding of faces. *NeuroReport* *11*, 2319-2324.

Ellis, H. D. (1992). The development of face processing skills. In V. Bruce, A. Cowey, A.W. Ellis, W. Andrew & D.I. Perrett (Eds). *Processing the facial image* (pp. 105-111). New York: Clarendon Press.

Ellis, H.D. & Flin, R.H. (1990). Encoding and storage effects in 7-year-olds' and 10-year-olds' memory for faces. *British Journal of Developmental Psychology*, *8*, 77-92.

Ellis, H. D. & Shepherd, J. W. (1992). Face memory - theory and practice. In M. Gruneberg & P.E. Morris (Eds). *Aspects of memory, Vol. 1: The practical aspects* (pp. 51-85). London: Roudledge.

Flin, R. H. (1980). Age effects in children's memory for unfamiliar faces. *Developmental Psychology, 16*(4), 373-374.

Flin, R.H. (1985). Development of face recognition: An encoding switch? *British Journal of Psychology, 76*(1), 123-134.

Flin, R. & Dziurawiec, S. (1989). Developmental factors in face processing. In A.W. Young & H.D. Ellis (Eds.). *Handbook of research in face processing*. Amsterdam: North-Holland.

Freire, A. & Lee, K. (2001). Face recognition in 4- to 7-year-olds: Processing of configural, featural, and paraphernalia information. *Journal of Experimental Child Psychology, 80*, 347-371.

Freire, A. & Lee, K. (2003). Person recognition by young children: Configural, featural, and paraphernalia processing. In O. Pascalis & A. Slater (Eds.). *The development of face processing in infancy and early childhood: Current perspectives* (pp.191-205). New York: Nova Science.

Freire, A., Lee, K. & Symons, L.A. (2000). The face-inversion effect as a deficit in the encoding of configural information: direct evidence. *Perception, 29*, 159-170.

Gallegos, D.R. & Tranel, D. (2005). Positive facial affect facilitates the identification of famous faces. *Brain and Language, 93*,338-348.

Ganel, T. & Goshen-Gottstein, Y. (2004). Effects of familiarity on the perceptual integrality of the identity and expression of faces: The parallel-route hypothesis revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 30*(3), 583-597.

Garner, W.R. (1974). *The processing of information and structure*. New York: Wiley.

Gathercole, S.E. (1999). Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends in Cognitive Science 3*(11), 410-419.

Gathers, A.D., Bhatt, R., Corbly, C.R., Farley, A.B. & Joseph, J.E. (2004). Developmental shifts in cortical loci for face and object recognition. *Neuroreport*, 15(10), 1549-1553.

Goffaux, V. & Rossion, B. (2006). Faces are "spatial" - Holistic face perception is supported by low spatial frequencies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(4), 1023-1039.

Goldstein, E.B. (2002). *Wahrnehmungspsychologie* (p.125). Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.

Gratton, G., Coles, M.G.H. & Donchin, E. (1983). A new method for off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology* 55(4), 468-484.

Gross, A.L. & Balif, B. (1991). Children's understanding of emotion from facial expression and situations: A review. *Developmental Review*, 11, 368-398.

Gross, C.G. (2005). Processing the facial image: A brief history. *The American Psychologist*, 60(8), 755-763.

Grossmann, T. & Johnson, M.H. (2007). The development of the social brain in human infancy. *European Journal of Neuroscience*, 25, 909-919.

Halit, H., Csibra, G., Volein, A. & Johnson, M.H. (2004). Face-sensitive cortical processing in early infancy. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(7), 1228-1234.

Haxby, J. V., Gobbini, M. I., Furey, M. L., Ishai, A., Schouten, J. L., & Pietrini, P. (2001). Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex. *Science*, 293(5539), 2425-2430.

Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face processing. *Trends in Cognitive Science*, 4(6), 223-223.

Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Biological Psychiatry*, 51(1), 59-67.

Hay, D.C. & Cox, R. (2000). Developmental changes in the recognition of faces and facial features. *Infant and Child Development*, 9(4), 199-212.

Herba, C. & Phillips, M. (2004). Annotation: Development of facial expression recognition from childhood to adolescence: behavioural and neurological perspectives. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(7), 1185-1198.

Herzmann, G., Schweinberger, S.R., Sommer, W. & Jentsch, I. (2004). What's special about personally familiar faces? A multimodal approach. *Psychophysiology*, 41, 688-701.

Hoffner, C. & Badzinski, D. (1989). Children's integration of facial and situational cues to emotion. *Child Development*, 60(2), 411-422.

Itier, R., Latinus, M. & Taylor, M.J. (2006). Face, eye and object early processing: What is face specificity? *NeuroImage*, 29, 667-676.

Itier, R. J. & Taylor, M. J. (2004a). N170 or N1? Spatiotemporal differences between object and face processing using ERPs. *Cerebral Cortex* 14, 132-142.

Itier, R. J. & Taylor, M. J. (2004b). Face inversion and contrast-reversal effects across development: in contrast to the expertise theory. *Developmental Science*, 7(2), 246-260.

Itier, R.J. & Taylor, M.J. (2004c). Effects of repetition and configural changes on the development of face recognition processes. *Developmental Science*, 7(4), 469-487.

Johnson, M.H., Dziurawiec, S., Ellis, H & Morton, J. (1991). Newborn's preferential tracking of face-like stimuli and its subsequent decline. *Cognition*, 40, 1-19.

Johnson, M.H., Griffin, R., Csibra, G., Halit, H., Farroni, T., de Haan, M., Baron-Cohen, S. & Richards, J. (2005). The emergence of the social brain network: Evidence from typical and atypical development. *Developmental Psychopathology*, 17, 599-619.

Johnston, R.A, Ellis, H.D. (1995). Age effects in the processing of typical and distinctive faces. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 48A (2), 447-465.

Kandel, E.R., Schwartz, J.H. & Jessell, T.M. (Eds.). (1995). *Neurowissenschaften* (p. 405). Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.

- Kanwisher, N., McDermott, J. & Chun, M.M. (1997). The fusiform face area: A module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *The Journal of Neuroscience*, 17(11), 4302-4311.
- Keil, F.C. (1987). Conceptual development and category structure. In U. Neisser (Ed.). *Concepts and conceptual development: Ecological and intellectual factors in categorization*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kelly, D.J., Quinn, P.C., Slater, A.M., Lee, K., Gibson, A., Smith, M., Ge, L. & Pascalis, O. (2005). Three-month-olds, but not newborns, prefer own-race faces. *Developmental Science*, 8(6), 31-36.
- Langlois, J.H. & Roggmann, L.A. (1991). Attractive faces are only average. *Psychological Science*, 1, 15-121.
- Latinus, M. & Taylor, M.J. (2006). Face processing stages: impact of difficulty and the separation of effects. *Brain Research*, 1123, 179-187.
- Leder, H., Schwarzer, G. & Langton, S. (2003). Development of face processing in early adolescence. In G. Schwarzer & Leder, H. (Eds.). *The development of face processing* (pp. 69-79). Göttingen: Hogrefe & Huber.
- Le Grand, R., Mondloch, C.J., Maurer, D. & Brent, H.P. (2001). Early visual experience and face processing. *Nature*, 410, 890.
- Lobaugh, N.J., Gibson, E. & Taylor, M.J. (2006). Children recruit distinct neural systems for implicit emotional face processing. *NeuroReport*, 17(2), 215-219.
- Markham, R., Ellis, D. & Ellis, H. (1991). The effect of context change on children's recognition of unfamiliar faces. *British Journal of Developmental Psychology*, 9, 513-520.
- Martinez A.M. & Benavente, R. (1998). *The AR Face Database*. CVC Technical Report 24. Available: http://cobweb.ecn.purdue.edu/~aleix/aleix_face_DB.html.
- Maurer, D., Le Grand, R. & Mondloch, C.J. (2002). The many faces of configural processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(6), 255-260.

Maurer, D., O'Craven, K.M., Le Grand, R.L., Mondloch, C.J., Springer, M.V., Lewis, T.L. & Grady, C.L. (2007). Neural correlates of processing facial identity based on features versus their spacing. *Neuropsychologia* 45, 1438-1451.

McClure, E.B. (2000). A meta-analytic review of sex differences in facial expression processing and their development in infants, children, and adolescents. *Psychological Bulletin* 126(3), 424-453.

Mondloch, C., J., Geldart, S., Maurer, D. & Le Grand R. (2003). Developmental changes in face processing skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 86, 67-84.

Mondloch, C.J., Le Grand, R. & Maurer, D. (2002). Configural face processing develops more slowly than featural face processing. *Perception*, 31, 553-566.

Mondloch, C.J., Leis, A. & Maurer, D. (2006). Recognizing the face of Johnny, Suzy, and me: Insensitivity to the spacing among features at 4 years of age. *Child Development*, 77(1), 234-243.

Morton, J. & Johnson, M.H. (1991). CONSPEC and CONLERN: A two-process theory of infant face recognition. *Psychological Review*. 98(2), 164-181.

Nelson, C.A. (2003). The development of face recognition reflects an experience-expectant and activity-dependent process. In O. Pascalis & A. Slater (Eds.). *The development of face processing in infancy and early childhood: Current perspectives* (pp. 79-97). New York: Nova Science Publishers.

Nelson, C.A. & de Haan, M. (1997). A neurobehavioral approach to the recognition of facial expression in infancy. In J. A. Russell & J.M. Fernandez-Dols (Eds.). *The psychology of emotional expression*. New York: Cambridge University Press.

Nelson, C.A., Parker, S. & Guthrie, D. (2006). The discrimination of facial expressions by typically developing infants and toddlers and those experiencing institutional care. *Infant Behaviour and Development*, 29, 210-219.

Norbeck, J.S. (1981). Young children's ability to conserve facial identity when facial emotion varies. *Nursing Research*, 30(6), 329-333.

O'Donnell, C. & Bruce, V. (2001). Familiarisation with faces selectively enhances sensitivity to changes made to the eyes. *Perception*, 30, 755-764.

Pascalis, O., de Haan, M. & Nelson, C.A. (2002). Is face processing species-specific during the first year of life? *Science*, 296, 1321-1323.

Pascalis, O., Demont, E., deHaan, M., & Campbell, R. (2001). Recognition of faces of different species: A developmental study between 5 and 8 years of age. *Infant and Child Development*, 10, 39-45.

Pascalis, O. & de Schonen, S. (1994). Recognition memory in 3-to 4-day old human neonates. *NeuroReport*, 5, 1721-1724.

Pascalis, O., de Schonen, S., Morton, J, Deruelle, C. & Fabre-Grenet, M. (1995). Mother's face recognition by neonates: A replication and extension. *Infant Behavior and Development*, 18(1), 79-85.

Pascalis, O. & Slater, A. (2003). *The development of face processing in infancy and early childhood: Current Perspectives*. New York: Nova Science.

Pellicano, E. & Rhodes, G. (2003). Holistic processing of faces in preschool children and adults. *Psychological Science*, 14(6), 618-622.

Pellicano, E., Rhodes, G. & Peters, M. (2006). Are preschoolers sensitive to configural information in faces? *Developmental Science*, 9(3), 270-277.

Phillips, M.L., Drevets, W.C., Rauch, S.L. & Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception I: The neural basis of normal emotion perception. *Biological Psychiatry*, 54(5), 504-514.

Pollak, S.D. & Sinha, P. (2002). Effects of early experience on children's recognition of facial displays of emotion. *Developmental Psychology*, 38(5), 784-791.

Posamentier, M.T. & Abdi, H. (2003). Processing faces and facial expression. *Neuropsychology Review* 13(3), 113-143.

Quinn, P., Yahr, J., Kuhn, A., Slater, A. & Pascalis, O. (2002). Representation of the gender of human faces by infants: a preference for female. *Perception*, 31, 1109-1121.

Roebbers, C.M. (2003). Remembering faces in social contexts. In G. Schwarzer & Leder, H. (Eds.), *The development of face processing* (pp. 135-148). Göttingen: Hogrefe & Huber.

Rossion, B., Caldara, R., Seghier, M., Schuller, A.-M., Lazeyras, F. & Mayer, E. (2003). A network of occipito-temporal face-sensitive areas besides the right middle fusiform gyrus is necessary for normal face processing. *Brain* 126, 1-15.

Rossion, B., Delvenne, J.F., Debatisse, D., Goffaux, V., Bruyer, R., Crommelinck, M. & Guerit, J.M. (1999). Spatio-temporal localization of the face inversion effect: an event-related potentials study. *Biological Psychology*, 50, 173-189.

Rossion, B., Gauthier, I., Tarr, M.J., Despland, P., Bruyer, R., Linotte, S. & Crommelinck, M. (2000). The N170 occipito-temporal component is delayed and enhanced to inverted faces but not to inverted objects: an electrophysiological account of face-specific processes in the human brain. *NeuroReport* 11, 69-74.

Saltz, E. & Sigel, I.E. (1967). Concept overdiscrimination in children. *Journal of Experimental Psychology* 73(1), 1-8.

Sangrioli, S. & de Schonen, S. (2004). Recognition of own-race and other-race faces by three-month-old infants. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 45(7), 1219-1227.

Sansone, S. & Tiberghien, G. (1994). Traitement de l'expression faciale et reconnaissance des visages: Indépendance ou interaction? [Facial expression coding and face recognition: Independent or interactive processes?] *Psychologie Française* 39(4), 327-343.

Sato, W., Kochiyama, T., Yoshikawa, S. & Matsumura, M. (2001). Emotional expression boosts early visual processing of the face: ERP recording and its decomposition by independent component analysis. *NeuroReport*, 12, 709-714.

Schwarzer, G. (2002). Processing of facial and non-facial visual stimuli in 2-5-year-old children, *Infant and Child Development*, 11(3), 253-269.

- Schwarzer, G., Huber, S. & Dümmler, T. (2005). Gaze behavior in analytic and holistic face processing. *Memory & Cognition*, 33(2), 344-354.
- Schwarzer, G., Zauner, N. & Korell, M. (2003). Face processing during the first decade of life. In G. Schwarzer & Leder, H. (Eds.), *The development of face processing* (pp. 55-67). Göttingen: Hogrefe & Huber.
- Schweinberger, S.R. & Soukup, G.R. (1998). Asymmetric relationships among perceptions of facial identity, emotion, and facial speech. *Journal of Experimental Psychology*, 24(6), 1748-1765.
- Shepherd, J.W., Ellis, H.D. & Davies, G.M. (1982). *Identification evidence: A psychological evaluation*. Aberdeen: Aberdeen University Press.
- Simion, F., Farroni, T., Cassia, V. M., Turati, C. & Barba, B.D. (2002). Newborns' local processing in schematic facelike configurations. *British Journal of Developmental Psychology*, 20(4), 465-478.
- Snodgrass, J.G. & Corwin, J. (1988). Pragmatics of measuring recognition memory: Applications to dementia and amnesia. *Journal of Experimental Psychology*, 117(1), 34-50.
- Stevenage, S.V., Spreadbury, J.H. (2006). Haven't we met before? The effect of facial familiarity on repetition priming. *British Journal of Psychology*. 97(1), 79-94.
- Tanaka, J.W. & Farah, M.J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A(2), 225-245.
- Tanaka, J. W., Kay, J. B., Grinnell, E., Stansfield, B. & Szechter, L. (1998). Face recognition in young children: When the whole is more than the sum of its parts. *Visual Cognition*, 5(4), 479-496.
- Taylor, M.J., Batty, M. & Itier, R.J. (2004). The faces of development: A review of early face processing over childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 1426-1442.
- Taylor, M.J., Edmonds, G.E., McCarthy, G. & Allison, T. (2001). Eyes first! Eye processing develops before face processing in children. *NeuroReport*, 12, 1671-1676.

- Taylor, M.J., McCarthy, G., Saliba, E. & Degiovanni, E. (1999). ERP evidence of developmental changes in processing of faces. *Clinical Neurophysiology*, 110, 910-915.
- Turati, C., Cassia, V. M., Simion, F. & Leo, I. (2006). Newborns' Face Recognition: Role of Inner and Outer Facial Features. *Child Development*, 77(2), 297-311.
- Tzourio-Mazoyer, N., de Schonen, S., Crivello, F., Reutter, B., Aujard, Y. & Mazoyer, B. (2002). Neural correlates of woman face processing by 2-month-old infants. *Neuroimage*, 15, 454-461.
- Valentine, T. (1991). A unified account of the effects of distinctiveness, inversion, and race in face recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43A (2), 161-204.
- Valentine, T. (2001). Face-space models of face recognition. In M.J. Wenger & J.T. Townsend (Eds.). *Computational, geometric, and progress perspectives on facial recognition: Contexts and challenges*. (pp. 83-113). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Velden, M. (1982). *Die Signalentdeckungstheorie in der Psychologie* (p. 11). Stuttgart: Kohlhammer.
- Vicari, S., Schnitzer Reilly, J., Pasqualetti, P., Vizzotto, A. & Caltagirone, C. (2000). Recognition of facial expressions of emotions in school-age children: the intersection of perceptual and semantic categories. *Acta Paediatrica*, 89, 836-845.
- Want, S.C. & Pascalis, O. (2001). Configural face processing: Does it develop? British Psychological Centenary Conference, Glasgow, Mach 2001.
- Want, S. C., Pascalis, O., Coleman, M. & Baldes, M. (2003). Face Facts: Is the development of face recognition in early and middle childhood really so special? In O. Pascalis & A. Slater (Eds.), *The development of face processing in infancy and early childhood: Current perspectives* (pp. 207-221). New York: Nova Science Publishers: New York, 207-221.
- Young, A. W. & Bruce, V. (1991). Perceptual categories and the computation of "grandmother". *European Journal of Cognitive Psychology*, 3(1), 5-49.

Young, A. W. Hellowell & Hay, D. C. (1987). Configural information in face perception. *Perception, 16*, 747-759.

Young-Browne, G., Rosenfeld, H.M. & Horowitz, F.D. (1977). Infant discrimination of facial expressions. *Child Development, 48*, 555-562.

Zimbardo, P.G. & Gerrig, R.J. (2004). Psychologie (16. neu bearbeitete Aufl., p. 413). München: Pearson Studium.

VI. Anhang

Anhang A: Stimuli aus Experiment 1

Anhang B: Instruktionen

Anhang C: Stimuli aus Experiment 2

Anhang D: Stimuli aus Experiment 3

Anhang E: Stimuli aus Experiment 4

ANHANG A

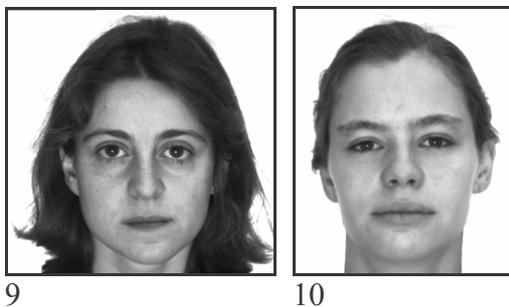
Stimuli aus Experiment 1

Gesichter aus der Arface-Datenbank (Martinez & Benavente, 1998)

Targets für die Fünfjährigen: Bild Nr. 1-3

Targets für die Dreijährigen: Bild Nr. 1 und 2

Distraktoren: beispielhaft Bild Nr. 4-10



ANHANG B

Instruktionen

Experiment 1

Beginn der Lernphase, vor der ersten Target-Präsentation:

Ich möchte mit Dir gleich ein Rätsel machen, das hier im Computer drin ist. Dafür brauche ich Deine Hilfe. Machst Du mit? Das Rätsel geht so: Wir wollen im Spiel drei (für die Dreijährigen: zwei) Frauen vom Bus abholen. Ich zeige Dir gleich wie die Frauen aussehen. Du sollst Dir die Bilder genau anschauen und Dir merken, wie die Frauen aussehen. In dem Bus sind nämlich viele verschiedene Frauen und wir wollen diese Frauen, die ich Dir jetzt zeige, wiederfinden. Bist Du bereit?

Lernphase, nach der ersten Präsentation der Targets:

So sehen die Frauen aus, die wir abholen. Nun zeige ich Dir verschiedene Frauen aus dem Bus und Du sagst bei jedem Bild, ob dies eine Frau ist, die wir abholen oder nicht.

Vor beiden Testphasen:

Ich möchte jetzt sehen, ob du Dich noch an die Frauen erinnerst, die wir vom Bus abholen wollten. Gleich zeige ich Dir wieder verschiedene Frauen aus dem Bus und Du sagst mir bei jeder Frau, ob wir diese vom Bus abholen oder nicht.

Experiment 2

Vor der ersten Präsentation der Targets:

Ich möchte mit Dir jetzt eine Rätselaufgabe machen. Wir wollen im Spiel drei Frauen vom Bus abholen. Ich werde Dir gleich ein Bild von jeder Frau zeigen. Du sollst Dir jedes Bild genau anschauen und Dir merken, wie die Frauen aussehen. In dem Bus sind nämlich viele verschiedene Frauen und wir wollen diese drei Frauen wiederfinden. Bist Du bereit?

Testphase:

Jetzt zeige ich Dir ganz viele verschiedene Frauen aus dem Bus. Wenn Du eine Frau siehst, die wir vom Bus abholen, drückst Du den Knopf, den Du in der Hand hältst. Bei den anderen Frauen drückst Du den Knopf nicht, auch nicht wenn Du ein Foto von Deiner Mama siehst. Es

ist wichtig, dass Du während des Rätsels nicht sprichst und Dich nicht bewegst. Wenn Du eine Pause machen möchtest, kannst Du Dich zu mir umdrehen.

Experiment 3

Beginn der Lernphase, vor der ersten Target-Präsentation:

Ich möchte mit Dir gleich ein Rätsel machen, das hier im Computer drin ist. Dafür brauche ich Deine Hilfe. Machst Du mit? Das Rätsel geht so: Wir wollen im Spiel vier (für die Dreijährigen: zwei) Frauen vom Bus abholen. Ich zeige Dir gleich wie die Frauen aussehen. Du sollst Dir die Bilder genau anschauen und Dir merken, wie die Frauen aussehen. In dem Bus sind nämlich viele verschiedene Frauen und wir wollen diese Frauen, die ich Dir jetzt zeige, wiederfinden. Bist Du bereit?

Lernphase, nach der ersten Präsentation der Targets:

So sehen die Frauen aus, die wir abholen. Nun zeige ich Dir verschiedene Frauen aus dem Bus und Du sagst bei jedem Bild, ob dies eine Frau ist, die wir abholen oder nicht.

Vor beiden Testphasen:

Ich möchte jetzt sehen, ob du Dich noch an die Frauen erinnerst, die wir vom Bus abholen wollten. Gleich zeige ich Dir wieder verschiedene Frauen aus dem Bus. Diesmal sehen manche Frauen fröhlich aus und andere sehen ärgerlich aus. Das ist aber nicht wichtig für uns. Du sollst mir bei jedem Bild einfach sagen, ob wir diese Frau vom Bus abholen oder nicht.

Experiment 4

Beginn der Lernphase, vor der ersten Target-Präsentation:

Ich möchte mit Dir gleich ein Rätsel machen, das hier im Computer drin ist. Dafür brauche ich Deine Hilfe. Machst Du mit? Das Rätsel geht so: Wir wollen im Spiel vier (für die Dreijährigen: zwei) Frauen vom Bus abholen. Ich zeige Dir gleich wie die Frauen aussehen. (Für Bedingung 1: Die Frauen sehen alle fröhlich aus. Für Bedingung 2: Die Frauen sehen alle ärgerlich aus, das hat aber nichts mit uns zu tun und ist uns egal.) Du sollst Dir die Bilder genau anschauen und Dir merken, wie die Frauen aussehen. In dem Bus sind nämlich viele verschiedene Frauen und wir wollen diese Frauen, die ich Dir jetzt zeige, wiederfinden. Bist Du bereit?

Lernphase, nach der ersten Präsentation der Targets:

So sehen die Frauen aus, die wir abholen. Nun zeige ich Dir verschiedene Frauen aus dem Bus und Du sagst bei jedem Bild, ob dies eine Frau ist, die wir abholen oder nicht.

Vor beiden Testphasen:

Ich möchte jetzt sehen, ob du Dich noch an die Frauen erinnerst, die wir vom Bus abholen wollten. Gleich zeige ich Dir wieder verschiedene Frauen aus dem Bus. (Für Bedingung 1: Diesmal gucken manche Frauen ganz normal und manche gucken ärgerlich, das ist uns aber egal. Für Bedingung 2: Diesmal gucken manche Frauen ganz normal und manche gucken fröhlich, das ist aber nicht wichtig.) Du sollst mir bei jedem Bild einfach sagen, ob wir diese Frau vom Bus abholen oder nicht.

ANHANG C

Stimuli aus Experiment 2

Gesichter aus der selbst erstellten Gesichterdatenbank im neutralen Gesichtsausdruck

Targets: Bild-Nr.: 1-3

Distraktoren: beispielhaft Bild-Nr.: 4-10 und zusätzlich Gesichter aus der Arface Gesichterdatenbank



1

2

3

4

5



6

7

8

9

10

ANHANG D

Experiment 3

Targets für die Fünfjährigen: Lernphase: Bild-Nr. 1-4; Testphasen: Bild-Nr.: 5-12

Targets für die Dreijährigen: Lernphase: Bild-Nr. 1,2; Testphasen: Bild-Nr.: 5-8

Distraktoren: beispielhaft Bild-Nr.: 13-22



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16



17



18



19



20



21



22

ANHANG E

Stimuli Experiment 4

Targets für die Fünffährigen:

Lernphase: Bedingung 1: Bild-Nr.: 1,3,5,7; Bedingung 2: Bild-Nr.: 2,4,6,8

Testphasen: Bedingung 1: Bild-Nr.: 2,4,6,8; Bedingung 2: Bild-Nr.: 1,3,5,7

Targets für die Dreijährigen:

Lernphase: Bedingung 1: Bild-Nr.: 1,3; Bedingung 2: Bild-Nr.: 2,4,

Testphasen: Bedingung 1: Bild-Nr.: 2,4; Bedingung 2: Bild-Nr.: 1,3

Distraktoren: beispielhaft Bild-Nr.: 9-20





15



16



17



18



19



20