

Mimik und Emotion

Facial expression and emotion



Autoren

Carsten M. Klingner^{1,2}, Orlando Guntinas-Lichius³

Institute

- 1 Hans Berger Department of Neurology, Jena University Hospital, Germany
- 2 Biomagnetic Center, Jena University Hospital, Germany
- 3 Clinic for Otorhinolaryngology, Jena University Hospital, Germany

Schlüsselwörter

Emotionen, Mimik, Fazialis, Mikroexpressionen, zerebrale Emotionsverarbeitung

Key words

emotion, facial expression, microexpression, cerebral emotion processing

Bibliografie

Laryngo-Rhino-Otol 2023; 102: S115–S125

DOI 10.1055/a-2003-5687

ISSN 0935-8943

© 2023. The Author(s).

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Carsten M. Klingner
Hans Berger Clinic for Neurology,
Jena University Hospital Friedrich Schiller University
Am Klinikum 1
07747 Jena
Deutschland
carsten.klingner@med.uni-jena.de

ZUSAMMENFASSUNG

Die menschliche Mimik ist einzigartig in ihrer Fähigkeit unseren Emotionen Ausdruck zu verleihen und diese anderen Menschen zu übermitteln. Die mimische Expression grundlegender Emotionen ist über verschiedene Kulturen hinweg sehr ähnlich und du weist auch Gemeinsamkeiten zu anderen Säugetieren auf. Dies deutet auf einen gemeinsamen genetischen Ursprung des

Zusammenhangs von Mimik und Emotion. Neuere Untersuchungen zeigen aber auch kulturelle Einflüsse und Unterschiede. Die Erkennung von Emotionen aus der Mimik und auch der Prozess des mimischen Ausdrucks der eigenen Emotionen erfolgt in einem äußerst komplexen zerebralen Netzwerk. Aufgrund der Komplexität des zerebralen Verarbeitungssystems gibt es eine Vielzahl von neurologischen und psychiatrischen Erkrankungen, welche die Kopplung von Mimik und Emotionen erheblich stören können. Auch durch das Tragen von Masken wird unsere Fähigkeit zur Übermittlung und zum Erkennen von Emotionen über die Mimik eingeschränkt. Durch die Mimik lassen sich aber nicht nur „echte“ Emotionen ausdrücken, sondern auch gespielte. Damit eröffnet die Mimik die Möglichkeit sozial erwünschten Ausdruck vorzuspielen und auch Emotionen bewusst vorzutäuschen. Diese Täuschungen sind jedoch zumeist nicht perfekt und können von kurzfristigen Gesichtsbewegungen begleitet sein, die auf die tatsächlich vorhandenen Emotionen hinweisen (Mikroexpressionen). Diese Mikroexpressionen sind von nur sehr kurzer Dauer und vom Menschen häufig kaum wahrnehmbar, jedoch das ideale Anwendungsgebiet für computergestützte Analysen. Diese automatische Identifikation von Mikroexpressionen hat in den letzten Jahren nicht nur wissenschaftliche Aufmerksamkeit erfahren, sondern ihr Einsatz wird auch in sicherheitsrelevanten Bereichen getestet. Der vorliegende Artikel fasst den aktuellen Wissensstand von Mimik und Emotionen zusammen.

ABSTRACT

Human facial expressions are unique in their ability to express our emotions and communicate them to others. The mimic expression of basic emotions is very similar across different cultures and has also many features in common with other mammals. This suggests a common genetic origin of the association between facial expressions and emotion. However, recent studies also show cultural influences and differences. The recognition of emotions from facial expressions, as well as the process of expressing one's emotions facially, occurs within an extremely complex cerebral network. Due to the complexity of the cerebral processing system, there are a variety of neurological and psychiatric disorders that can significantly disrupt the coupling of facial expressions and emotions. Wearing masks also limits our ability to convey and recognize emotions

through facial expressions. Through facial expressions, however, not only “real” emotions can be expressed, but also acted ones. Thus, facial expressions open up the possibility of faking socially desired expressions and also of consciously faking emotions. However, these pretenses are mostly imperfect and can be accompanied by short-term facial movements that indicate the emotions that are actually present (microexpressions).

These microexpressions are of very short duration and often barely perceptible by humans, but they are the ideal application area for computer-aided analysis. This automatic identification of microexpressions has not only received scientific attention in recent years, but its use is also being tested in security-related areas. This article summarizes the current state of knowledge of facial expressions and emotions.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	115	5. Einfluss von Erkrankungen auf Mimik und Emotionen	118
ABSTRACT	115	6. Mimik und Emotionen im Zeitalter von Masken	119
1. Einleitung	116	7. Mimik und Emotionen in anderen Spezies	119
2. Mimik, Kommunikation und Emotionen	116	8. Die zerebrale Verarbeitung von mimischer Emotionsperzeption	119
3. Willkürliche und unwillkürliche Mimik Einteilung von Mimik ... Mikroexpressionen	117	9. Interpretation von Emotionen aus Gesichtsausdrücken in ihrer Bedeutung in der Gesellschaft	121
4. Kulturelle Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Mimik und Emotion	117	10. Zusammenfassung	122
		Literatur	122

1. Einleitung

Der Mensch ist ein soziales Geschöpf, das auf sich allein gestellt kaum überlebensfähig ist. Der Alltag der meisten Menschen besteht aus einer Vielzahl an Interaktionen mit unseren Mitmenschen. Diese Interaktionen transferieren nicht nur Sachinformationen, sondern offenbaren auch Informationen über den Sendenden (Selbstoffenbarungsebene), die Beziehung der Interakteure (Beziehungsebene) und Informationen über das, was wir von unserem Kommunikationspartner zu erreichen suchen (Appellebene). Bis auf die Ebene der Sachinformation ist für eine erfolgreiche Kommunikation das Senden und Wahrnehmen von Emotionen entscheidend. Die Emotionswahrnehmung ist hilfreich für das kontextuelle Verständnis von Informationen, die Interpretation von Aktionen anderer und auch ihrer Absichten. Emotionen lassen sich in der menschlichen Kommunikation über vielfältige Wege übermitteln. So kann neben der Mimik auch Sprache oder Gesten eingesetzt werden. Die Mimik stellt jedoch die mit Abstand am häufigsten eingesetzte Form für die menschliche Kommunikation dar. Die korrekte Interpretation der Emotionen anderer Menschen aus ihrer Mimik kann daher zu erheblichen Vorteilen in der sozialen Interaktion führen [1, 2].

In den letzten 50 Jahren konnten große Fortschritte in unserem Verständnis der mimischen Emotionsübermittlung erzielt werden. Demgegenüber bleibt das Verständnis von Emotionen an sich weit zurück und sie bleiben eine der faszinierendsten und geheimnisvollsten Produkte der Hirnfunktion. Dies zeigt sich allein schon in der Schwierigkeit Emotionen zu definieren.

Wir werden uns in diesem Artikel zuerst der Definition von Mimik, Kommunikation und Emotion widmen, um dann die willkürlichen und unwillkürlichen Aspekte unseres mimischen Ausdrucks von Emotionen zu diskutieren. Wir werden auf den gesellschaftlichen Nutzen, den evolutionären Ursprung und die aktuel-

len Möglichkeiten der automatisierten Emotionserkennung eingehen.

2. Mimik, Kommunikation und Emotionen

Unter dem Wort Mimik verstehen wir sichtbare Bewegungen der Gesichtsoberfläche, welche durch ein spezifisches Muster von Muskelaktivität bedingt ist. Die Mimik kann von Menschen wahrgenommen und interpretiert werden. Sie ist ein zentrales Element des Ausdrucksverhaltens des Menschen und ist besonders geeignet Emotionen Ausdruck zu verleihen und diese nach außen zu kommunizieren. Die Interpretation von Emotionen aus der Mimik erfordert höhere zerebrale Verarbeitungsleistungen, welche neben der Auswertung des aktuellen visuellen Inputs auch stark von kontextuelle Informationen und der Verfügbarkeit von Gedächtnisinhalten abhängt [2]. Im Gegensatz zu Mimik und Kommunikation, ist der Begriff der Emotion nicht klar definiert und es gibt bis heute heftige Diskussionen um die Frage, was eine Emotion überhaupt ist und ob Bewusstsein eine Voraussetzung für Emotionen ist [3–8]. Einige Autoren sind der Ansicht, dass Emotionen bewusste Abstraktionen des eigenen inneren Zustandes sind, welche kognitiv zusammengesetzt werden. Nach dieser Definition erfordert eine Emotion ein Bewusstsein seines Selbst und damit wäre die Emotion als Begriff für viele andere Spezies nicht mehr anwendbar. Andere Autoren argumentieren, dass Bewusstsein lediglich eine Eigenschaft von Emotionen und deren Verarbeitung darstellt sich diese additiv zu den basalen Emotionseigenschaften gesellt [9–11].

Emotionen werden häufig durch Worte (glücklich, traurig, wütend) beschrieben. In der psychologischen Forschung haben sich als Möglichkeit der numerischen Beschreibung des Begriffs die Valenz und das Arousal durchgesetzt. Die Valenz beschreibt den affektiven Gehalt einer Emotion als Kontinuum von angenehm zu un-

angenehm bzw. gut zu schlecht, während das Arousal den Grad der inneren Aktivierung durch die Emotion beschreibt.

In dieser Arbeit werden wir letztere Definition nutzen und somit Emotionen als evolutionär konservierte funktionelle Zustände des Gehirns betrachten [7, 12, 13]. Nach dieser Sichtweise sind Emotionen aus evolutionären Prozessen hervorgegangen und somit können auch im Menschen primitive Formen als konservierte Merkmale noch vorhanden sein. Unstrittig ist jedoch, dass Emotionen bestimmte Reaktionen auf biochemischer, physiologischer und Verhaltens-Ebene auslösen [14].

Zur Interpretation einer Emotion aus dem Gesichtsausdruck eines Menschen benötigen wir nicht immer das ganze Gesicht, sondern es reichen häufig einzelne Teile aus (z. B. die traurigen Augen oder der fröhliche Mund) [15, 16]. Die Integration verschiedenster Einzelmerkmale über das gesamte Gesicht ist eine hochgradig integrative Leistung, die deutlich komplexer ist als nur eine Summation der Einzeleigenschaften [17, 18].

Die Bedeutung einzelner Gesichtszonen für die Entschlüsselung von Emotionen unterscheidet sich zwischen verschiedenen Emotionen. So sind die Augen besonders wichtig für die Wahrnehmung von Traurigkeit [19], Wut [20, 21] und Angst [22, 23]. Auch andere Gesichtspartien geben zwar Hinweise für diese Emotionen, jedoch konnte z. B. für die Angst gezeigt werden, dass die Emotionserkennung aus dem oberen Gesichtsteil präziser ist als aus dem unteren [24]. Demgegenüber fällt es Menschen leichter glückliche Gesichtsausdrücke anhand der unteren Gesichtshälfte zu erkennen [24]. Entsprechend fokussieren Beobachter von glücklichen Gesichtern länger die Mundpartie [22, 23, 25]. Für die Nasenregion konnte eine besondere Bedeutung bei der Entschlüsselung von Gesichtsausdrücken des Ekels nachgewiesen werden [19].

Neben der Interpretation von einzelnen Gesichtszonen wird der Gesichtsausdruck zusätzlich noch ganzheitlich verarbeitet und interpretiert, d. h. es existiert noch eine Verarbeitung des Gesichtsausdrucks, welche sich nicht aus den Einzelmerkmalen zusammensetzt und somit mehr als die Summe ihrer Teile ist [26]. Die Bedeutung dieser ganzheitlichen Gesichtszoneninterpretation für die Erkennung von Emotionen unterscheidet sich zwischen den Emotionen. Für alle Emotionen gilt jedoch, dass sich ihre Interpretation weder rein aus der Wahrnehmung und Verarbeitung einzelner Eigenschaften von Teilregionen des Gesichts noch ausschließlich aus dieser ganzheitlichen Gesichtszoneninterpretation zusammensetzt, sondern aus einer Kombination dieser beiden parallel ablaufenden Prozesse besteht [16, 27].

3. Willkürliche und unwillkürliche Mimik Einteilung von Mimik ... Mikroexpressionen

Der Mensch kann seine Mimik willkürlich steuern. Diese willkürliche Steuerung kann genutzt werden, um einen emotionalen Zustand vorzutäuschen. Diese Täuschung bezieht sich zumeist auf einen Kommunikationspartner, kann jedoch auch an sich selbst gerichtet sein. Die willkürliche Steuerung der Mimik hat einen Zielzustand, welcher einem internen Modell entspricht (das was wir ausdrücken wollen). Neben den willkürlichen Gesichtsbewegungen werden empfundene Emotionen aber in aller Regel unwillkürlich mimisch ausgedrückt und die entsprechenden Muskeln unwillkür-

lich angesteuert. Sie durchdringen unsere bewusste Steuerung und spiegeln sich in unserem Gesicht. Dieses emotionales Leakage muss dabei nicht immer mit großen Massenbewegungen von Muskeln einhergehen, sondern kann z.T. auch sehr dezent sein. Diese Bewegungen werden unter den Namen Mikroexpressionen zusammengefasst. Konkret verstehen wir unter Mikroexpressionen Gesichtsbewegungen die kurzfristig, unwillkürlich und automatisch ausgeführt werden. Bestimmte Muskelgruppen kontrahieren bzw. entspannen sich dabei in festen Mustern. Es wird weiterhin angenommen, dass diese Muster auf einer genetischen Grundlage basieren und eng mit dem emotionalen Zustand der Person gekoppelt sind. Die genetische Grundlage hat weiterhin zur Annahme geführt, dass es eine Reihe von basalen emotionalen Zustände gibt, die kulturübergreifend universell sind [28], obgleich diese Annahme bis heute weiter diskutiert wird [29]. Da diese Bewegungen unwillkürlich sind, wird angenommen, dass sie Rückschlüsse auf den tatsächlichen emotionalen Zustand einer Person zulassen.

Von besonderem Interesse ist das Zusammenspiel von willkürlichen und unwillkürlichen Gesichtsbewegungen. Eine willkürliche Gesichtsbewegung wird häufig eingesetzt, um die tatsächlich empfundene Emotion zu verbergen und damit den Kommunikationspartner zu täuschen. Es stellt sich hier die Frage, ob diese willkürlichen Gesichtsbewegungen schnell genug und vor allem vollständig genug sind, um unwillkürliche Mikroexpressionen, die einen Hinweis auf echte Emotionen geben, zu unterdrücken.

In einem klassischen Experiment filmten Paul Ekman und Wallace Friesen eine psychiatrische Patientin, welche versuchte den Therapeuten zu überzeugen, dass es ihr gut ginge und sie aus der Psychiatrie entlassen werden könne. Am Ende des Interviews brach die Patientin weinend zusammen und gestand, dass es ihr weiterhin schlecht geht. In der Phase des Vorspielens von Wohlbefinden konnten verschiedene kurzfristige Mikroexpressionen nachgewiesen werden, welche deutlich Hinweise auf die Täuschung gaben [30]. Es gab nachfolgend noch eine große Anzahl an Untersuchungen zu diesem Thema, die letztlich zum Schluss kommen, dass es dem Täuschenden nicht immer möglich ist, die Täuschung perfekt aufrecht zu erhalten und es häufig unwillentlich es zum Entweichen von Emotionen über die Mimik in Form von Mikroexpressionen kommt. Auf Grund der Unwillkürlichkeit dieser Mikroexpressionen wird weiterhin angenommen, dass sie Rückschlüsse auf den tatsächlichen emotionalen Zustand einer Person zulassen.

4. Kulturelle Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Mimik und Emotion

Die Dominanz der westlichen Welt in der Wissenschaft im vergangenen Jahrhundert führte dazu, dass ein Großteil von Studien zur Wahrnehmung von Mimik und Emotionen an kulturell westlich geprägten Kaukasiern durchgeführt wurden. Es gab im letzten Jahrhundert nur wenige Studien, welche den Zusammenhang von Mimik und Emotionen kultur- und völkerübergreifend untersucht haben. Die ersten wesentlichen Studien wurden durch den amerikanischen Psychologen Paul Ekman in den 60er und 70er Jahren durchgeführt und kamen zum Ergebnis, dass er mimische Ausdruck von Emotionen kulturübergreifend universell sei [28, 31]. Dies sollte zumindest für sechs Grundemotionen gelten [32]. Diese Sichtweise blieb lange Zeit unangefochten, doch legen neuere Studien

nun kulturelle Unterschiede nahe [29]. Dies gilt insbesondere, wenn der emotionale Ausdruck spezifisch nach kontextuellen und kulturellen Einflüssen hin untersucht wird. So zeigen beispielsweise Menschen westlicher und ostasiatischer Kultur gemeinsame Vorstellungen über Schmerzen, aber es konnten auch Unterschiede im mimischen Ausdruck von Freude festgestellt werden [29].

In unserem alltäglichen Leben und der Kommunikation mit anderen gehen wir aber wie selbstverständlich davon aus, dass unser Modell von Emotionen und Emotionswahrnehmung universell sei. Scheinbar konträr zu dieser Aussage existiert jedoch auch ein rassistischer Bias der das Wahrnehmen der mimisch ausgedrückten Gefühle von Personen anderer Kulturkreise beeinflusst [33].

5. Einfluss von Erkrankungen auf Mimik und Emotionen

Die Expression von Mimik – wie auch die Interpretation der Mimik anderer – kann durch verschiedene Erkrankungen verändert sein. Das klassische Beispiel für eine Störung des mimischen Ausdrucks von Emotionen stellt das Parkinson Syndrom dar. Hierbei handelt es sich um eine neurodegenerative Erkrankung die u. a. mit einer Verminderung von Gesichtsbewegungen einhergeht [34, 35]. In späteren Stadien ist die Fähigkeit zur Modulation des mimischen Ausdruck so stark eingeschränkt, dass man auch von einem „Maskengesicht“ spricht [35]. Die Betroffenen zeigen in diesem Stadium dann praktisch keinen emotional getriggerten mimischen Ausdruck mehr. Dieser verminderte oder z.T. nicht vorhandene mimische Ausdruck hat erhebliche Auswirkungen auf die Kommunikationsfähigkeit der Patienten und ihre Wahrnehmung durch andere [36–38]. So empfinden Beobachter die entsprechenden Patienten als weniger einfühlsam, gelangweilt, ängstlich und verschoben [36–38]. Dies führt zu einem geringeren Interesse an Beziehungen mit diesen Patienten [36]. Die Folgen sind die zunehmende Verschlechterung der sozialen Beziehungen auch mit nahestehenden Personen, eine zunehmende soziale Isolation und eine damit einhergehende Verschlechterung der empfundenen Lebensqualität [34, 35]. Diese erheblichen Auswirkungen machen die Bedeutung der Mimik für die soziale Interaktion deutlich.

Die reduzierte oder fehlende Mimik hat aber auch ganz direkte Auswirkungen auf das Kommunikationsverhalten. So kommt es z. B. im ärztlichen Gesprächskontext immer wieder zu ärztlichen Monologen, wo Krankheitsmodelle verdeutlicht oder die weiteren Therapieschritte erklärt werden. Obgleich in solchen Situationen oft nur eine Person spricht, erhält der Sprechende eine Vielzahl an mimischen Botschaften, welche z. B. den Grad des Verständnisses des Gesagten ausdrücken aber auch über den emotionalen Zustand des Gesprächspartners Auskunft geben. So der Sprecher dieser Botschaften gewahr wird, moduliert er dann den Inhalt entsprechend des erhaltenen Feedbacks. Das völlige Fehlen jeder mimischen Reaktion in solch einer Gesprächssituation ist ein eindrucksvolles Erlebnis, da es das Gefühl vermittelt das Gespräch ohne Orientierung zu führen. Der Sprechende hat keine Hinweise, ob das Gesagte verstanden wurde, und weiß nicht, ob der Gesprächspartner mit Verärgerung, Ablehnung oder Akzeptanz reagiert. Der Zustand führt zu Verunsicherung und Unwohlsein beim Sprecher. Es scheint sich hierbei um ein evolutionär determiniertes Bedürfnis nach einem

kommunikativen Feedback zu handeln. Dies legen zumindest die „still face“ Experimente mit Babys und Kleinkindern durch Edward Tronick nahe [39]. In diesen Experimenten stellt die Mutter plötzlich jeden mimischen Ausdruck ein. Kinder beginnen daraufhin mit verschiedenen Aktionen um die Interaktion wieder herzustellen. Sie zeigen in der Folge dann zunehmend Reaktionen des Unwohlseins bis das Kind in der Regel mit Weinen reagiert [39].

Diese Experimente, aber auch die Gefühle als Erwachsener in einer ähnlichen Situation, machen nicht nur die Bedeutung von Mimik für die Kommunikation deutlich, sondern zwingt auch zu einer Änderung des Kommunikationsverhaltens des Gesprächspartners. Längere Monologe sind nicht mehr möglich, da man auf eine verbale Rückkopplung zu dem Gesagten angewiesen ist. Es macht zudem auch deutlich, wie stark selbst „Monologe“ auf den ständigen nonverbalen Austausch von Informationen angewiesen sind.

Die am Beispiel des Parkinson-Syndroms beschriebene Wirkung einer verminderten oder aufgehobenen Mimik ist direkt übertragbar auf andere Erkrankungen die mit einer verminderten Fähigkeit zum mimischen Ausdruck von Emotionen einhergehen z. B. Muskeldystrophien, Myasthenia gravis oder die amyotrophe Lateralsklerose. Die negativen Auswirkungen auf die Kommunikation und die Wahrnehmung der Betroffenen findet sich aber auch bei einseitigen Störungen der Gesichtsmotorik wie z. B. der peripheren Fazialisparese [40].

Neben der verminderten Fähigkeit Emotionen mimisch auszudrücken leiden Parkinsonpatienten jedoch auch unter einer verminderten Fähigkeit mimische Ausdrücke anderer wahrzunehmen [41–43] und haben auch grundsätzliche Schwierigkeiten mit der Verarbeitung von emotionalen Inhalten [44–46]. Dies ist eine Eigenschaft vieler neurodegenerativer Erkrankungen. Als Ursache wird häufig auf die begleitenden zerebralen Veränderungen der Erkrankungen verwiesen. Allerdings wird seit einigen Jahren auch der Einfluss der eigenen eingeschränkten Mimik als Ursache für eine Einschränkung der Fähigkeit zur Interpretation des emotionalen Gehalts der Mimik anderer diskutiert. So finden sich Einschränkung in der Interpretation des emotionalen Gehalts der Mimik anderer auch bei Myasthenia gravis [47], myotoner Dystrophie [48], Duchenne Muskeldystrophie [49] und amyotropher Lateralsklerose [50]. All diese Erkrankungen betreffen zwar primär die Motorik der Patienten, haben jedoch auch zentrale Auswirkungen. Interessanterweise können allerdings auch Veränderungen der Interpretation von emotionalen Mimik anderer bei rein peripheren Störungen wie der peripheren Fazialisparese beobachtet werden [51, 52]. Dies unterstützt die Theorie, dass die Einschränkungen der eigenen rein motorischen Fähigkeit Emotionen mimisch auszudrücken einen negativen Effekt auf die Fähigkeit der Emotionsinterpretation in der Mimik anderer haben. Diese Theorie wird unterstützt durch die Befunde, dass z. B. bei der amyotrophen Lateralsklerose die mimische Emotionsdetektion auch dann vermindert ist, wenn andere kognitive Fähigkeiten noch erhalten waren [50]. Auch Parkinson Patienten wie auch Patienten mit M. Huntington zeigen eine direkte Korrelation zwischen der Fähigkeit sich mimisch ausdrücken zu können und der Fähigkeit die Emotionen anderer interpretieren zu können [53–55]. Zusammengefasst ist die wesentliche Gemeinsamkeit der peripheren Fazialisparese mit all diesen beschriebenen neurodegenerativen Erkrankungen die Verminderung der Fähig-

keit zur motorischen Steuerung der Mimik. Dennoch zeigen alle Erkrankungen gemeinsam Auswirkungen auf die Emotionserkennung und die zerebrale Verarbeitung von Emotionen. Dies deutet darauf hin, dass auch bei möglichen alternativen Ursachen für eine Verminderung der Emotionserkennung, die rein motorische Störung diese beeinträchtigen kann. Dieser Befund lässt sich auch gut mit der aktuell dominierenden Theorie des „embodied cognition“ in Einklang bringen. Diese besagt, dass ein wichtiger Mechanismus zur Wahrnehmung von Gesichtsemotionen deren sensomotorische Simulation im eigenen Gehirn ist. Dies bedarf einer mentalen Nachbildung des wahrgenommenen Gesichtsausdrucks. Da der eigene Gesichtsausdruck gestört ist, verändert dies jedoch auch die mentale Nachbildbarkeit, was letztlich die Fähigkeit zu Simulation und damit zur Erkennung von Gesichtsemotionen einschränkt [56, 57].

Neben diesen bisher beschriebenen Erkrankungen der peripheren und/oder zentralen Störungen gibt es jedoch auch viele zentrale Erkrankungen, welche die Emotionsdetektion der Mimik anderer stören. So finden sich Defiziten z. B. in Patienten mit Schizophrenie [58], chronischem Alkoholismus [59], Borderline Persönlichkeitsstörung [60] und Multipler Sklerose [61–63].

6. Mimik und Emotionen im Zeitalter von Masken

Das Tragen von Gesichtsmasken ist im Zeitalter der COVID Pandemie zu einem alltäglichen Begleiter geworden. Gesichtsmasken stellen die kosteneffektivste Schutzmaßnahme gegen den SARS-Cov2 Virus da und erlauben weiterhin persönliche soziale Kontakte zu pflegen [64]. Dennoch zeigten sich in vielen Ländern erhebliche Widerstände gegen das Tragen von Masken. Als mögliche Ursache wird vor allem das Gefühl der Einschränkung der persönlichen Freiheit diskutiert [65, 66]. Dass das Tragen einer Gesichtsmaske trotz der erheblichen Vorteile als so starke Einschränkung der persönlichen Freiheit empfunden wird, scheint mit der empfundenen starken Einschränkung der physischen und psychischen Freiheit durch die Gesichtsmaske zusammenzuhängen. Höchstwahrscheinlich wäre ein Stoff den man z. B. als Binde am Oberarm tragen müsste nicht mit dem gleichen Gefühl der Einschränkung der persönlichen Freiheit verbunden gewesen. Das Tragen einer Gesichtsmaske ist sicher eine Unannehmlichkeit und kann bei einzelnen Personen auch zu einer Verstärkung von Kopfschmerzen [67] oder Akne [68] führen. Diese Nebenwirkungen sind jedoch selten. Sehr viel wahrscheinlicher ist jedoch, dass das Gefühl der Freiheitsbeschränkung dadurch entsteht, dass die Maske den größten Teil genau der Körperregionen bedeckt, die uns zu kommunikativen und sozialen Lebewesen macht. Die eigene Akzeptanz des Tragens der Maske beeinflusst allerdings auch wieder unsere Wahrnehmung durch andere. So beeinträchtigen negative Gefühle beim Tragen der Maske auch die soziale Wahrnehmung durch andere Maskenträger [69]. Das Tragen von Masken stört natürlich auch das Erkennen von Emotionen aus der Mimik unserer Mitmenschen und erschwert somit soziale Interaktionen [70]. Da mimische Emotionserkennung nicht aus der Summe der Gesichtsteilbereiche zusammengesetzt ist, sondern auch einen starken holistischen Prozess beinhaltet, verschlechtert das Tragen von Masken diese Fähigkeit stärker als es aus den fehlenden Informationen der bedeckten Gesichtsbereiche zu vermuten wäre [71]. Es wird weiterhin argu-

mentiert, dass das die entstehenden Defizite in der nonverbalen Kommunikation Menschen ein Gefühl der Unsicherheit und der Entmutigung vermittelt und bei entsprechender Prädisposition auch das Entstehen psychischen Störungen befördern kann [72].

Die beschriebenen Auswirkungen reduzieren sich aktuell durch den zunehmenden Wegfall von der Pflicht eine Maske zu tragen. Im Gesundheitswesen ist es jedoch weiterhin verpflichtend und die besonderen Anforderungen an die Empathie und Gesprächsführung von Ärzten stellt diese vor besondere Herausforderungen. Hier ist es entscheidend sich den entstehenden Perzeptionsdefiziten von beiden Kommunikationspartnern bewusst zu sein und diese durch ein verändertes und vor allem stärker bidirektionales Kommunikationsverhalten zu kompensieren.

7. Mimik und Emotionen in anderen Spezies

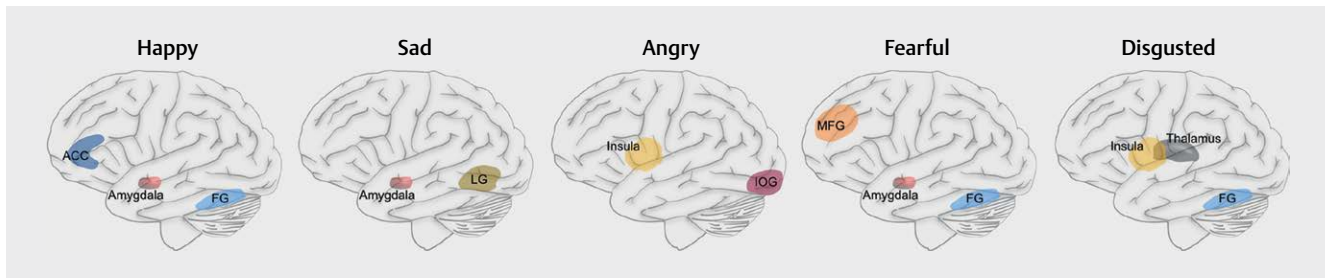
Die Expression von Emotionen spielt sich bei vielen Spezies auf biochemischer und physiologischer Ebene ähnlich zu den menschlichen Reaktionen ab. So sind die Reaktionen auf Angst mit einer beschleunigten Atmung, Änderung der Blutverteilung, Hormonfreisetzung und einer Pupillenerweiterung sehr ähnlich. In der Mimik finden sich deutlich stärkere Unterschiede zwischen Spezies, die allein schon durch die unterschiedliche Anzahl von Muskelgruppen im Gesicht sowie der Fähigkeit diese anzusteuern bedingt sind.

Bereits Darwin stellte fest, dass Tiere spezifische und an ihre Art angepasste Gesichtsausdrücke entwickeln können [73]. Das von Ekman und Friesen entwickelte „Facial Action Coding System“, das zur anatomiebasierten Klassifikation von Emotionen beim Menschen entwickelt wurde [74], konnte auch erfolgreich in sieben anderen Spezies einschließlich Schimpansen eingesetzt werden [75–77]. Selbst in Nagern konnten mimische Ausdrücke mit einem zumindest affektivem Inhalt nachgewiesen werden [78, 79].

Unstrittig ist jedoch, dass sich die Möglichkeiten der fazialen Ausdrucksmöglichkeiten mit niedrigerem Entwicklungsstand reduzieren [75]. In diesem Zusammenhang bleibt die Frage wie viel Selbstbewusstsein notwendig ist, um Emotionen mimisch auszudrücken und in anderen zu erkennen von großem Interesse.

8. Die zerebrale Verarbeitung von mimischer Emotionsperzeption

Funktionelle Bildgebungsstudien zeigen, dass die Verarbeitung von emotionalen Gesichtern mit erhöhter Aktivität in visuellen, limbischen, temporoparietalen, cerebellären sowie präfrontalen Arealen und dem Putamen verbunden sind [80] (► **Abb. 1**). Die optischen Informationen erreichen zuerst den visuellen Kortex. Hier erfolgt die Verarbeitung von emotionalen Gesichtern in mehreren Unterarealen (Gyrus occipitalis inferior, Gyrus lingualis, Gyrus fusiformis). Die Verarbeitung in diesen Regionen scheinen tief in der Verarbeitungshierarchie zu stehen und unabhängig von der verarbeiteten Emotion oder deren Valenz zu sein [81, 82]. Auch das Kleinhirn ist bei der Verarbeitung von Emotionen beteiligt. Obwohl die zerebellären Areale starke anatomische Verbindungen zum kortikalen Assoziationskortex und verschiedenen limbischen Strukturen besitzen [83], scheinen sie, ähnlich wie die visuellen Areale unabhängig von der zu verarbeitenden Emotion selbst zu sein [84–86].



► **Abb. 1** Regionen erhöhter neuronaler Aktivität als Reaktion auf glückliche, traurige, wütende, ängstliche und angewiderte menschliche Gesichter im Vergleich zu neutralen Gesichtern (FG fusiformer Gyrus, ACC anteriorer cingulärer Cortex, LG lingualer Gyrus, IOG inferiorer occipitaler Gyrus, MFG medialer frontaler Gyrus). [80].

Ängstliche Gesichter aktivieren den medialen frontalen Kortex, welcher eine Schlüsselrolle beim bewussten Erleben und der Regulation von Emotionserleben spielt.

Die Amygdala wird bei der Betrachtung von traurigen, ängstlichen oder auch glücklichen Gesichtern aktiviert, während wütende oder angewiderte Gesichter keine Aktivitätsveränderung der Amygdala bedingen. Für letztere zwei Emotionen fanden sich besonders starke Aktivierung in der Inselregion [80]. Diese erscheint auf angewiderte Gesichter stärker zu reagieren als auf wütende. Es wird vermutet, dass limbische Regionen wie die Amygdala und der Hippocampus verstärkt an der Verarbeitung von externen positiven emotionalen sensorischen Informationen beteiligt sind, während die Inselregion vor allem bei interozeptiven Stimuli und beruhigenden externen Reizen aktiviert wird [87]. Der cinguläre Kortex wird insbesondere durch die Wahrnehmung von glücklichen Gesichtern aktiviert [87].

Aus dieser Verteilung wird deutlich, dass die Verarbeitung des emotionalen Inhalts von Gesichtern in einem komplexen Netzwerk von Hirnregionen erfolgt. Die verschiedenen Emotionen involvieren verschiedene Hirnregionen unterschiedlich stark, jedoch sind viele Hirnregionen an der Verarbeitung der meisten Emotionen beteiligt.

Das zerebrale Aktivierungsmuster bei der Verarbeitung von emotionalen Gesichtern scheint neben der dargebotenen Emotion allerdings auch von der ihr zugewandten Aufmerksamkeit abzuhängen [88–90]. Allgemein besteht Konsens, dass die Gesichtsverarbeitung eine rechtshirnige Dominanz aufweist. Dies ist ein bereits lange bekannter Befund für die allgemeine Verarbeitung von Gesichtern sowohl für Identitätserkennung, Emotionen und Aufmerksamkeit [88–90]. Dies passt auch zu dem Befund, dass bei Patienten mit parietalen Läsionen rechtsseitige Läsionen zu stärkeren Neglectsymptomen führen im Vergleich zu linksseitigen [91]. Diese rechtsseitige Dominanz für die allgemeine Verarbeitung von Gesichtern scheint sich auch auf die Verarbeitung von emotionalen Gesichtern zu übertragen. So fand sich bei einer beidseitigen Präsentation von ängstlichen Gesichtern eine stärkere Aktivierung und Konnektivität von rechtem visuellen Kortex und rechter Amygdala im Vergleich zu neutralen Gesichtern [92]. Auch wenn Gesichtern wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird, findet sich eine rechts lateralisierte erhöhte Aktivität in der Amygdala und dem Temporalpol [93].

Diese bisher beschriebene Verarbeitung von emotionalen Gesichtern erfolgt explizit d. h. mit einem Bewusstsein für die Informationen. Demgegenüber steht die implizite d. h. unbewusste Verarbeitung von emotionalen Informationen aus Gesichtern. Experimentell lässt sich diese unbewusste Wahrnehmung z. B. durch zeitlich rückwirkende Maskierung mit anderen Stimuli oder durch interokuläre Suppression erzeugen. Interessant ist diese implizite Verarbeitung vor allem, da bereits frühzeitig gezeigt wurde, dass Patienten mit strukturellen Läsionen des primären visuellen Kortex spezifische Charakteristika dieser Reize unterscheiden konnten [94]. Nachfolgende Studien zeigten, dass sich diese Fähigkeit insbesondere auch auf das Wahrnehmen von emotionalen Gesichtern bezieht [95] – ein Phänomen, das affektive Blindheit genannt wurde. Betroffene Patienten zeigen die Fähigkeit die Emotionen aus Gesichtern mit einem überzufällig häufig korrekt zu identifizieren, obgleich sie diese nicht sehen können [96, 97]. Sie zeigen erhöhte Aktivität in der linken Amygdala, dem linken Striatum und dem rechten mittleren temporalen Gyrus [93]. Die Verarbeitung von unbewusst wahrgenommenen Gesichtern ist zudem abhängig von ausgedrückten Emotionen. Bei der Verarbeitung von unbewusst wahrgenommenen Gesichtern mit positiven Emotionen wird der temporale und der parietale Kortex stärker involviert als bei der unbewussten Verarbeitung von neutralen Gesichtern. Unbewusst wahrgenommene Gesichtsausdrücke mit negativem emotionalen Gehalt führen dagegen zu stärkeren Aktivitäten in subkortikalen Regionen [93].

Insgesamt wurde für die Verarbeitung von emotionalen Gesichtern das parallele Existieren eines subkortikalen Verarbeitungspfades zur rechten Amygdala über das Mittelhirn und den Thalamus vorgeschlagen, während hierzu parallel ein kortikaler Pfad für die bewusste Gesichtswahrnehmung existiert [93, 98–100]. Diese Ansicht ist jedoch umstritten, da einige Autoren argumentieren, dass auch die unbewusste Verarbeitung emotionaler Gesichter kortikal erfolgt [101–103]. Die Existenz eines subkortikalen parallelen Pfades wäre auch eine Erklärung für die Tatsache, dass basale Emotionen in Gesichtern in präfrontalen Arealen mit einer Geschwindigkeit von bis zu 120 ms perzeptiert werden können [104]. Dies ist erstaunlich schnell, wenn man bedenkt, dass bewegungsunabhängige foveale Informationen erst nach ca. 60 ms den occipitalen Kortex erreichen und die komplex zusammengesetzte P100 Komponente erst nach 100 ms messbar ist. Trotz dieser erheblichen Geschwindigkeit ist jedoch auch hier ein schneller kortikaler Pfad nicht

auszuschließen. Neben diesen schnellen Komponenten sind jedoch auch deutlich spätere Komponenten im präfrontalen Kortex messbar. Es erscheint, dass die Interpretation von Emotionen in einem zeitlich gestaffelten Prozess erfolgt. Der präfrontale Kortex ist in diesem Zusammenhang auch von besonderer Bedeutung, da er die visuelle Informationsverarbeitung in anderen Hirnregionen moduliert [104]. Dieser iterative Informationsverarbeitungsprozess erscheint insbesondere plausibel, da er starke Ähnlichkeiten zur parallelen Organisation in anderen sensorischen Systemen aufweist [105, 106]. Die Existenz von parallelen sehr schnellen Antworten deutet auch auf die erhebliche evolutionäre Bedeutung der Emotionserkennung hin, da dieser additive Verarbeitungsweg durch seine Geschwindigkeit einen evolutionären Vorteil erbracht haben muss.

9. Interpretation von Emotionen aus Gesichtsausdrücken in ihrer Bedeutung in der Gesellschaft

Es besteht Einigkeit, dass sie Emotionen in Gesichtern, die wir anschauen, einen Effekt auf uns haben. Obwohl wir das nette Lächeln der Hotelangestellten am Tresen kognitiv nicht als Zeichen der Freude über unseren Besuch einordnen würden, empfinden wir es zumeist doch als angenehm oder zumindest das Ausbleiben eines Lächelns als unangenehm. In den Rechtssystemen westlicher Demokratien wird die Interpretation von Emotionen durch Richter auch als für das Strafmaß beeinflussend angesehen. Dies setzt das Selbstverständnis voraus, das wir glauben Emotionen korrekt einordnen zu können. So wirkt sich das Darstellen von Trauer sowohl in Mimik aber auch im Wort häufig als strafmindernd aus. Dabei empfinden viele die Mimik als entscheidender unter der Annahme, dass diese einen stärkeren Einblick in die Emotionen zulässt als ein vorgelesenes Wort des Bedauerns. So schrieb z. B. ein Richter des obersten Gerichtshofes der USA (Anthony Kennedy) 1992, dass das Lesen der Gefühle des Angeklagten notwendig sei, um das Herz und den Verstand des Täters zu erkennen („know the heart and mind of the offender“).

Obgleich die Interpretation von Emotionen und deren Bewertung auf das Strafmaß in unserem Rechtssystem als fair angesehen wird, gilt dies nicht für eine Emotionsinterpretation in anderen Bereichen der Gesellschaft. So hat der amerikanische Psychologe Paul Ekman ein Schulungsprogramm für die US-Verkehrssicherheitsbehörde entwickelt und 2007 eingeführt, welches das Personal trainierte Passagiere auf verdächtige Anzeichen von Stress, Täuschung oder Angst zu beobachten. Das Programm basiert auf den Forschungen von Paul Ekman aus den späten 1970 Jahren, in denen Ekman mehrere Artikel publizierte zur Identifikation von Emotionen aus minimalen Veränderungen von Gesichtsausdrücken [107]. Es basiert weiterhin auf der Annahme, dass der Versuch Emotionen zu verbergen oder zu lügen, zum Durchsickern von Emotionen in Form von Mikroausdrücken in die Gesichtsmimik führe.

Die erhebliche Ungenauigkeit und rassistische Ausrichtung führten jedoch zu erheblicher Kritik durch Wissenschaftler, Mitgliedern des US-Kongresses und verschiedene Menschenrechtsorganisationen [108]. Unter Ausblendung von ethisch-moralischen Aspekten ist dieses Programm aus rein wissenschaftlicher Perspektive

hochinteressant, da es die Hypothese untersucht, dass man aus der reinen Beobachtung von Menschen feststellen kann, ob diese betrügen oder feindliche Handlungen planen. Einen Eindruck der Größe des Programms ergibt sich aus der Zahl von Mitarbeitern. Im Jahr 2015 wurden 2800 Mitarbeiter in diesem sogenannten SPOT-Programm beschäftigt und zwischen den Jahren 2007 und 2013 wurden 900 Millionen US Dollar investiert. Diese Größenordnung kann selbstverständlich keine akademisch getriebene Untersuchung erreichen. Die enorme Datengröße und die verschiedenen Technologieeinsätze machen dieses Programm besonders interessant.

Die genannte Hypothese hat viele Anhänger und so wurde auf dem Londoner Heathrow Airport Personal zur Verhaltensbeobachtung eingestellt und auch das US-Ministerium für Heimatschutz verfolgt ein Programm zur elektronischen Bewertung von nonverbalem Verhalten. Die Untersuchung der Mimik bildet hierbei einen besonders wichtigen Aspekt. Kritiker werfen ein, dass es keine wissenschaftlichen Belege für die Annahme gäbe, dass sich aus der Beobachtung Rückschlüsse auf Vorsatz oder zukünftiges Verhalten ableiten ließen [109]. Diese Einschätzung teilte auch eine Überprüfungscommission des Programms durch den US-Kongress. Als Reaktion auf diese Bedenken hat die Transportsicherheitsbehörde eine unabhängige Studie in Auftrag gegeben, deren Ergebnis aktuell noch aussteht.

Automatisierte Analyse und Kategorisierung von Emotionen Die automatisierte Analyse und Kategorisierung von Emotionen aus Gesichtern ist in den letzten 2 Jahrzehnten intensiv erforscht worden. Für statische Bilder können aktuelle Algorithmen Emotionen mit mehr als 90 % Korrektheit identifizieren. In den letzten 10 Jahren ist die Analyse von Bildern in der Forschung stark in den Hintergrund getreten, während zunehmend die Analyse von Emotionen aus Videosequenzen erforscht wird. Auch hier konnte durch die erhebliche Steigerung der Rechnerleistung sowie vor allem durch Fortschritte im Forschungsbereich Computer Vision erhebliche Erfolge in der automatisierten Analyse und Kategorisierung von Emotionen aus Gesichtern erzielt werden [110–112].

Die Analyse von Videos ist hierbei sehr viel komplexer als die Analyse von statischen Bildern. Bei der Analyse von Videos handelt es sich nicht um eine Analyse jedes einzelnen Bildes, sondern sind diese Emotionsanalysen abhängig von den Eigenschaften des Gesichts in der Vergangenheit und der Zukunft. Insbesondere können in Videos anders als in statischen Bildern willentliche und unwillentliche Gesichtsbewegungen unterschieden werden. Gerade das „Durchsickern“ von echten Emotionen durch eine vorgetäuschte Emotion kann analysiert werden. Gerade dieses Zusammenspiel aus willkürlichen und unwillkürlichen Bewegungen und die damit einhergehende Detektion von Mikroexpressionen sind Gegenstand sehr aktiver Forschung [113].

Das „Durchsickern“ von echten Emotionen durch einen gespielten Gesichtsausdruck dauert nur sehr kurze Zeit an und ist für das menschliche Auge oft nur schwer erkennbar. Die Dauer von Mikroexpressionen wird im Bereich von 40–200 ms angegeben [30, 114]. Eine weitere Eigenschaft von Mikroexpressionen, die sie für das menschliche Auge schwer detektierbar macht, ist, dass die häufig fragmentiert sind. Nur ein Teil der Muskelgruppen, die eine bestimmte Emotion ausdrücken, werden bei diesen Mikroexpressionen aktiviert [115].

Diese Eigenschaften der Mikroexpressionen machen sie zu einem idealen Anwendungsgebiet für rechnergestützte Bildanalysen. Es gibt vielfältige Anwendungsgebiete so z. B. in Geschäftsverhandlungen, in psychiatrischen Gesprächen und in der Forensik [108, 116]. Ein erster Ansatz wurde durch Paul Ekman im Jahr 2002 entwickelt. Er trainierte mithilfe eines Tools Menschen um 7 verschiedene Kategorien von Mikroexpressionen zu detektieren [117]. Die Ergebnisse waren jedoch ernüchternd, da gezeigt werden konnte, dass Studenten, die mit diesem Tool arbeiteten im Erkennen von Mikroexpressionen dem Personal der US Küstenwache, welche ohne Hilfestellung arbeiteten, unterlegen waren [118].

Bis heute wird die Entwicklung von Analysemethoden wesentlich durch die nur geringen vorhandenen Datensätze limitiert. Um Datensätze mit möglichst reichhaltigen Mikroexpressionen zu erstellen, werden Probanden angehalten Videos mit emotionalem Inhalt zu schauen und ihnen wird gleichzeitig Belohnung angeboten, wenn sie keine Emotionen zeigen. Das Labeln dieser Daten bleibt jedoch schwierig und resultiert in aktuell nur wenigen vorhandenen frei zugänglichen Datensätzen von begrenztem Umfang [113, 119].

Zusätzlich werden Analysen durch Bewegungen des Kopfes der aufgenommenen Person aber auch durch Gesichtsbewegungen ohne emotionalen Bezug (z. B. blinzeln) erschwert. Neben der Interpretation des emotionalen Gehalts einer Mikroexpression stellt vor allem die Identifikation der Phasen des Auftretens dieser Mikroexpression ein erhebliches Problem dar [120]. Für diese Teilprobleme gab es insbesondere in den letzten 12 Jahren eine zunehmende Anzahl an Untersuchungen und eine deutliche Verbesserung der Ergebnisqualität. Wenn die Anzahl der zu erkennenden Emotionen limitiert wird (z. B. auf positiv, negativ, überrascht und andere), können Ergebnisse mit einer Akkuratheit von um 70 % erzielt werden [121–123].

Aktuelle Ergebnisse zeigen auf einzelnen Datenbanken (keine Datenbankübergreifende Performance) eine Akkuratheit von 65 % bis über 70 % im Erkennen, wenn die zu Erkennenden Eigenschaften limitiert werden (z. B. positiv, negativ, überrascht, andere). Aktuelle Methoden setzen auch auf den Einsatz von sogenannten convolutional neural networks, welche mit unterschiedlichen Zusatzmethoden eine Akkuratheit von über 70 % erzielen können [124] und dies z.T. sogar über verschiedene Datensätze hinweg [125]. Trotz dieser deutlichen Fortschritte gibt es in der Emotionsdetektion aus Videos und auch in der Detektion und Interpretation von Mikroexpressionen nach Potential für Verbesserungen und eine aktuelle Ergebnisqualität, die den Einsatz in der Praxis deutlich limitiert.

10. Zusammenfassung

Das Zusammenspiel von Mimik und Emotionen ist ein wichtiger Teil in der täglichen sozialen Interaktion. Wissenschaftliche Forschungen der letzten 50 Jahre haben einen großen Wissenszuwachs erbringen können. So konnten insbesondere tiefere Einblicke in die evolutionären Ursprünge und die behavioralen Eigenschaften von Mimik und Emotion gewonnen werden. Auch die zerebrale Verarbeitung wurde intensiv erforscht und ist heute weitgehend anatomisch zuordenbar. Es mangelt aber bis heute an funktionellen Modellen über das Erkennen und den Ausdruck von Emotionen in der

Mimik, welche uns in unserem Verständnis über die zerebralen Verarbeitungsmechanismen deutlich voranbringen. In den nächsten Jahren wird das Erkennen von Emotionen in Videos und insbesondere das Erkennen von Mikroexpressionen ein wesentliches wissenschaftliches und zunehmend auch wirtschaftliches Thema darstellen.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Frank MG, Stennett J. The forced-choice paradigm and the perception of facial expressions of emotion. *J Pers Soc Psychol* 2001; 80: 75–85. doi:10.1037//0022-3514.80.1.75
- [2] Grossmann T, Johnson MH. The development of the social brain in human infancy. *Eur J Neurosci* 2007; 25: 909–919. doi:10.1111/j.1460-9568.2007.05379.x
- [3] Barrett LF. Functionalism cannot save the classical view of emotion. *Soc Cogn Affect Neurosci* 2017; 12: 34–36. doi:10.1093/scan/nsw156
- [4] Adolphs R, Mlodinow L, Barrett LF. What is an emotion? *Curr Biol* 2019; 29: R1060–R1064. doi:10.1016/j.cub.2019.09.008
- [5] LeDoux J. Rethinking the emotional brain. *Neuron* 2012; 73: 653–676. doi:10.1016/j.neuron.2012.02.004
- [6] Shackman AJ, Wager TD. The emotional brain: Fundamental questions and strategies for future research. *Neurosci Lett* 2019; 693: 68–74. doi:10.1016/j.neulet.2018.10.012
- [7] Anderson DJ, Adolphs R. A framework for studying emotions across species. *Cell* 2014; 157: 187–200. doi:10.1016/j.cell.2014.03.003
- [8] Panksepp J, Lane RD, Solms M, Smith R. Reconciling cognitive and affective neuroscience perspectives on the brain basis of emotional experience. *Neurosci Biobehav Rev* 2017; 76: 187–215. doi:10.1016/j.neubiorev.2016.09.010
- [9] Fanselow MS, Pennington ZT. A return to the psychiatric dark ages with a two-system framework for fear. *Behav Res Ther* 2018; 100: 24–29. doi:10.1016/j.brat.2017.10.012
- [10] Chikazoe J, Lee DH, Kriegeskorte N, Anderson AK. Population coding of affect across stimuli, modalities and individuals. *Nat Neurosci* 2014; 17: 1114–1122. doi:10.1038/nn.3749
- [11] Adolphs R. Emotion. *Curr Biol* 2010; 20: R549–552. doi:10.1016/j.cub.2010.05.046
- [12] Adolphs R. How should neuroscience study emotions? by distinguishing emotion states, concepts, and experiences. *Soc Cogn Affect Neurosci* 2017; 12: 24–31. doi:10.1093/scan/nsw153
- [13] Adolphs R, Anderson D. *The Neuroscience of Emotion: A New Synthesis*. Princeton University Press; 2018. doi:10.23943/9781400889914
- [14] Damasio A, Carvalho GB. The nature of feelings: evolutionary and neurobiological origins. *Nat Rev Neurosci* 2013; 14: 143–152. doi:10.1038/nrn3403
- [15] Ellison JW, Massaro DW. Featural evaluation, integration, and judgment of facial affect. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1997; 23: 213–226. doi:10.1037//0096-1523.23.1.213
- [16] Beaudry O, Roy-Charland A, Perron M, Cormier I, Tapp R. Featural processing in recognition of emotional facial expressions. *Cogn Emot* 2014; 28: 416–432. doi:10.1080/02699931.2013.833500

- [17] McKone E, Davies AA, Darke H, Crookes K, Wickramariyaratne T, Zappia S, Fiorentini C, Favelle S, Broughton M, Fernando D. Importance of the inverted control in measuring holistic face processing with the composite effect and part-whole effect. *Front Psychol* 2013; 4: 33. doi:10.3389/fpsyg.2013.00033
- [18] Tobin A, Favelle S, Palermo R. Dynamic facial expressions are processed holistically, but not more holistically than static facial expressions. *Cogn Emot* 2016; 30: 1208–1221. doi:10.1080/02699931.2015.1049936
- [19] Schurgin MW, Nelson J, Iida S, Ohira H, Chiao JY, Franconeri SL. Eye movements during emotion recognition in faces. *J Vis* 2014; 14: 14. doi:10.1167/14.13.14
- [20] Eisenbarth H., Alpers G.W. Happy mouth and sad eyes: Scanning emotional facial expressions. *Emotion* 2011; 11: 860–865. doi:10.1037/a0022758
- [21] Blais C, Fiset D, Roy C, Saumure Régimbald C, Gosselin F. Eye fixation patterns for categorizing static and dynamic facial expressions. *Emotion* 2017; 17: 1107–1119. doi:10.1037/emo0000283
- [22] Gillespie SM, Rotshtein P, Wells LJ, Beech AR, Mitchell IJ. Psychopathic traits are associated with reduced attention to the eyes of emotional faces among adult male non-offenders. *Front Hum Neurosci* 2015; 9: 552. doi:10.3389/fnhum.2015.00552
- [23] Wells LJ, Gillespie SM, Rotshtein P. Identification of Emotional Facial Expressions: Effects of Expression, Intensity, and Sex on Eye Gaze. *PLoS One* 2016; 11: e0168307. doi:10.1371/journal.pone.0168307
- [24] Calder AJ, Young AW, Keane J, Dean M. Configural information in facial expression perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 2000; 26: 527–551. doi:10.1037/0096-1523.26.2.527
- [25] Calvo MG, Nummenmaa L. Detection of emotional faces: salient physical features guide effective visual search. *J Exp Psychol Gen* 2008; 137: 471–494. doi:10.1037/a0012771
- [26] Tanaka JW, Simonyi D. The “Parts and Wholes” of Face Recognition: A Review of the Literature. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 2016; 69: 1876–1889. doi:10.1080/17470218.2016.1146780
- [27] Kilpeläinen M, Salmela V. Perceived emotional expressions of composite faces. *PLoS ONE* 2020; 15: e0230039. doi:10.1371/journal.pone.0230039
- [28] Ekman P, Friesen WV. Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology* 1971; 17: 124–129. doi:10.1037/h0030377
- [29] Chen Z, Whitney D. Tracking the affective state of unseen persons. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2019; 116: 7559–7564. doi:10.1073/pnas.1812250116
- [30] Ekman P, Friesen WV. Nonverbal leakage and clues to deception. *Psychiatry* 1969; 32: 88–106. doi:10.1080/00332747.1969.11023575
- [31] Ekman P, Sorenson ER, Friesen WV. Pan-Cultural Elements in Facial Displays of Emotion. *Science* 1969; 164: 86–88. doi:10.1126/science.164.3875.86
- [32] Ekman P. An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion* 1992; 6: 169–200. doi:10.1080/02699939208411068
- [33] Ruba AL, McMurty R, Gaither SE, Willbourn MP. How White American Children Develop Racial Biases in Emotion Reasoning. *Affect Sci* 2022; 3: 21–33. doi:10.1007/s42761-022-00111-y
- [34] Jankovic J. Parkinson’s disease: clinical features and diagnosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2008; 79: 368–376. doi:10.1136/jnnp.2007.131045
- [35] Bologna M, Fabbrini G, Marsili L, Defazio G, Thompson PD, Berardelli A. Facial bradykinesia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2013; 84: 681–685. doi:10.1136/jnnp-2012-303993
- [36] Hemmesch AR, Tickle-Degnen L, Zebrowitz LA. The influence of facial masking and sex on older adults’ impressions of individuals with Parkinson’s disease. *Psychol Aging* 2009; 24: 542–549. doi:10.1037/a0016105
- [37] Pentland B, Gray JM, Riddle WJ, Pitcairn TK. The effects of reduced non-verbal communication in Parkinson’s disease. *Br J Disord Commun* 1988; 23: 31–34. doi:10.3109/13682828809019874
- [38] Tickle-Degnen L, Lyons KD. Practitioners’ impressions of patients with Parkinson’s disease: the social ecology of the expressive mask. *Soc Sci Med* 2004; 58: 603–614. doi:10.1016/s0277-9536(03)00213-2
- [39] Tronick E. *The neurobehavioral and social-emotional development of infants and children*. 1st ed. W. W. Norton; Co: 2007
- [40] Dobel C, Miltner WHR, Witte OW, Volk GF, Guntinas-Lichius O. [Emotional impact of facial palsy]. *Laryngorhinotologie* 2013; 92: 9–23. doi:10.1055/s-0032-1327624
- [41] Herrera E, Cuetos F, Rodríguez-Ferreiro J. Emotion recognition impairment in Parkinson’s disease patients without dementia. *J Neurol Sci* 2011; 310: 237–240. doi:10.1016/j.jns.2011.06.034
- [42] Dujardin K, Blairy S, Defebvre L, Duhem S, Noël Y, Hess U, Destée A. Deficits in decoding emotional facial expressions in Parkinson’s disease. *Neuropsychologia* 2004; 42: 239–250. doi:10.1016/s0028-3932(03)00154-4
- [43] Ibarretxe-Bilbao N, Junque C, Tolosa E, Martí M-J, Valldeoriola F, Bargallo N, Zarei M. Neuroanatomical correlates of impaired decision-making and facial emotion recognition in early Parkinson’s disease. *Eur J Neurosci* 2009; 30: 1162–1171. doi:10.1111/j.1460-9568.2009.06892.x
- [44] Poewe W. Non-motor symptoms in Parkinson’s disease. *Eur J Neurol* 2008; 15: *Suppl 1* 14–20. doi:10.1111/j.1468-1331.2008.02056.x
- [45] Péron J, Dondaine T, Le Jeune F, Grandjean D, Vérin M. Emotional processing in Parkinson’s disease: a systematic review. *Mov Disord* 2012; 27: 186–199. doi:10.1002/mds.24025
- [46] Reijnders JSAM, Ehrt U, Weber WEJ, Aarsland D, Leentjens AFG. A systematic review of prevalence studies of depression in Parkinson’s disease. *Mov Disord* 2008; 23: 183–189. quiz 313. doi:10.1002/mds.21803
- [47] Lázaro E, Amayra I, López-Paz JF, Jometón A, Martín N, Caballero P, De Nicolás L, Hoffmann H, Kessler H, Ruiz B et al. Facial affect recognition in myasthenia gravis. *Span J Psychol* 2013; 16: E52. doi:10.1017/sjp.2013.59
- [48] Winblad S, Hellström P, Lindberg C, Hansen S. Facial emotion recognition in myotonic dystrophy type 1 correlates with CTG repeat expansion. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2006; 77: 219–223. doi:10.1136/jnnp.2005.070763
- [49] Hinton VJ, Fee RJ, De Vivo DC, Goldstein E. Poor facial affect recognition among boys with duchenne muscular dystrophy. *J Autism Dev Disord* 2007; 37: 1925–1933. doi:10.1007/s10803-006-0325-5
- [50] Sedda A. Disorders of emotional processing in amyotrophic lateral sclerosis. *Curr Opin Neurol* 2014; 27: 659–665. doi:10.1097/WCO.0000000000000147
- [51] Korb S, Wood A, Banks CA, Agoulnik D, Hadlock TA, Niedenthal PM. Asymmetry of Facial Mimicry and Emotion Perception in Patients With Unilateral Facial Paralysis. *JAMA Facial Plast Surg* 2016; 18: 222–227. doi:10.1001/jamafacial.2015.2347
- [52] Storbeck F, Schlegelmilch K, Streitberger K-J, Sommer W, Ploner CJ. Delayed recognition of emotional facial expressions in Bell’s palsy. *Cortex* 2019; 120: 524–531. doi:10.1016/j.cortex.2019.07.015
- [53] Wagenbreth C, Wattenberg L, Heinze H-J, Zaehle T. Implicit and explicit processing of emotional facial expressions in Parkinson’s disease. *Behav Brain Res* 2016; 303: 182–190. doi:10.1016/j.bbr.2016.01.059

- [54] Ricciardi L, Visco-Comandini F, Erro R, Morgante F, Bologna M, Fasano A, Ricciardi D, Edwards MJ, Kilner J. Facial Emotion Recognition and Expression in Parkinson's Disease: An Emotional Mirror Mechanism? *PLoS One* 2017; 12: e0169110. doi:10.1371/journal.pone.0169110
- [55] Trinkler I, Devigneville S, Achaïbou A, Ligneul RV, Brugières P, Cleret de Langavant L, De Gelder B, Scahill R, Schwartz S, Bachoud-Lévi A-C. Embodied emotion impairment in Huntington's Disease. *Cortex* 2017; 92: 44–56. doi:10.1016/j.cortex.2017.02.019
- [56] Wood A, Rychlowska M, Korb S, Niedenthal P. Fashioning the Face: Sensorimotor Simulation Contributes to Facial Expression Recognition. *Trends Cogn Sci* 2016; 20: 227–240. doi:10.1016/j.tics.2015.12.010
- [57] Price TF, Harmon-Jones E. Embodied emotion: the influence of manipulated facial and bodily states on emotive responses. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci* 2015; 6: 461–473. doi:10.1002/wcs.1370
- [58] Belge J-B, Maurage P, Manginckx C, Leleux D, Delatte B, Constant E. Facial decoding in schizophrenia is underpinned by basic visual processing impairments. *Psychiatry Res* 2017; 255: 167–172. doi:10.1016/j.psychres.2017.04.007
- [59] Maurage P, Campanella S, Philippot P, Martin S, de Timary P. Face processing in chronic alcoholism: a specific deficit for emotional features. *Alcohol Clin Exp Res* 2008; 32: 600–606. doi:10.1111/j.1530-0277.2007.00611.x
- [60] Domes G, Schulze L, Herpertz S.C. Emotion recognition in borderline personality disorder—a review of the literature. *J Pers Disord* 2009; 23: 6–19. doi:10.1521/pedi.2009.23.1.6
- [61] Parada-Fernández P, Oliva-Macías M, Amayra I, López-Paz JF, Lázaro E, Martínez Ó, Jometón A, Berrocoso S, García de Salazar H, Pérez M. Accuracy and reaction time in recognition of facial emotions in people with multiple sclerosis. *Rev Neurol* 2015; 61: 433–440
- [62] Berneiser J, Wendt J, Grothe M, Kessler C, Hamm AO, Dressel A. Impaired recognition of emotional facial expressions in patients with multiple sclerosis. *Mult Scler Relat Disord* 2014; 3: 482–488. doi:10.1016/j.msard.2014.02.001
- [63] Cecchetto C, Aiello M, D'Amico D, Cutuli D, Cargnelutti D, Eleopra R, Rumiati RI. Facial and bodily emotion recognition in multiple sclerosis: the role of alexithymia and other characteristics of the disease. *J Int Neuropsychol Soc* 2014; 20: 1004–1014. doi:10.1017/S155617714000939
- [64] Li T, Liu Y, Li M, Qian X, Dai SY. Mask or no mask for COVID-19: A public health and market study. *PLoS One* 2020; 15: e0237691. doi:10.1371/journal.pone.0237691
- [65] Kiefer B. Masque, Covid et liberté. *Rev Med Suisse* 2020; 16: 1780
- [66] Miller FG. Liberty and Protection of Society During a Pandemic: Revisiting John Stuart Mill. *Perspect Biol Med* 2021; 64: 200–210. doi:10.1353/pbm.2021.0016
- [67] Ong JY, Bharatendu C, Goh Y, Tang JZY, Sooi KWX, Tan YL, Tan BYQ, Teoh H, Ong ST, Allen DM et al. Headaches Associated With Personal Protective Equipment – A Cross-Sectional Study Among Frontline Healthcare Workers During COVID-19. *Headache: The Journal of Head and Face Pain* 2020; 60: 864–877. doi:10.1111/head.13811
- [68] Teo W. The “Maskne” microbiome – pathophysiology and therapeutics. *Int J Dermatology* 2021; 60: 799–809. doi:10.1111/ijd.15425
- [69] Biermann M, Schulze A, Unterseher F, Atanasova K, Watermann P, Krause-Utz A, Stahlberg D, Bohus M, Lis S. Trustworthiness appraisals of faces wearing a surgical mask during the Covid-19 pandemic in Germany: An experimental study. *PLoS ONE* 2021; 16: e0251393. doi:10.1371/journal.pone.0251393
- [70] Carbon C-C. Wearing Face Masks Strongly Confuses Counterparts in Reading Emotions. *Front. Psychol* 2020; 11: 566886. doi:10.3389/fpsyg.2020.566886
- [71] Ferrari GRA, Möbius M, van Opdorp A, Becker ES, Rinck M. Can't Look Away: An Eye-Tracking Based Attentional Disengagement Training for Depression. *Cogn Ther Res* 2016; 40: 672–686. doi:10.1007/s10608-016-9766-0
- [72] Matuschek C, Moll F, Fangerau H, Fischer JC, Zänker K, van Griensven M, Schneider M, Kindgen-Milles D, Knoefel WT, Lichtenberg A et al. Face masks: benefits and risks during the COVID-19 crisis. *Eur J Med Res* 2020; 25: 32. doi:10.1186/s40001-020-00430-5
- [73] Darwin C, Ekman P. The expression of the emotions in man and animals 4th ed., 200th anniversary ed. Oxford University Press; 2009
- [74] Ekman P, Friesen WV. Facial Action Coding System 2019. doi:10.1037/t27734-000
- [75] Zych AD, Gogolla N. Expressions of emotions across species. *Curr Opin Neurobiol* 2021; 68: 57–66. doi:10.1016/j.conb.2021.01.003
- [76] Parr LA, Waller BM, Vick SJ, Bard KA. Classifying chimpanzee facial expressions using muscle action. *Emotion* 2007; 7: 172–181. doi:10.1037/1528-3542.7.1.172
- [77] Parr LA, Waller BM, Burrows AM, Gothard KM, Vick SJ. Brief communication: MaqFACS: A muscle-based facial movement coding system for the rhesus macaque. *Am J Phys Anthropol* 2010; 143: 625–630. doi:10.1002/ajpa.21401
- [78] Grill HJ, Norgren R. The taste reactivity test. I. Mimetic responses to gustatory stimuli in neurologically normal rats. *Brain Res* 1978; 143: 263–279. doi:10.1016/0006-8993(78)90568-1
- [79] Grill HJ, Norgren R. Chronically decerebrate rats demonstrate satiation but not bait shyness. *Science* 1978; 201: 267–269. doi:10.1126/science.663655
- [80] Fusar-Poli P, Placentino A, Carletti F, Landi P, Allen P, Surguladze S, Benedetti F, Abbamonte M, Gasparotti R, Barale F et al. Functional atlas of emotional faces processing: a voxel-based meta-analysis of 105 functional magnetic resonance imaging studies. *J Psychiatry Neurosci* 2009; 34: 418–432
- [81] Adolphs R. Neural systems for recognizing emotion. *Curr Opin Neurobiol* 2002; 12: 169–177. doi:10.1016/s0959-4388(02)00301-x
- [82] Barton JJS. Face processing in the temporal lobe. *Handb Clin Neurol* 2022; 187: 191–210. doi:10.1016/B978-0-12-823493-8.00019-5
- [83] Baillieux H, De Smet HJ, Paquier PF, De Deyn PP, Mariën P. Cerebellar neurocognition: insights into the bottom of the brain. *Clin Neurol Neurosurg* 2008; 110: 763–773. doi:10.1016/j.clineuro.2008.05.013
- [84] Reiman EM, Lane RD, Ahern GL, Schwartz GE, Davidson RJ, Friston KJ, Yun LS, Chen K. Neuroanatomical correlates of externally and internally generated human emotion. *Am J Psychiatry* 1997; 154: 918–925. doi:10.1176/ajp.154.7.918
- [85] Sacchetti B, Baldi E, Lorenzini CA, Bucherelli C. 2002; Cerebellar role in fear-conditioning consolidation. *Proc Natl Acad Sci U S A* 99: 8406–8411. doi:10.1073/pnas.112660399
- [86] Turner BM, Paradiso S, Marvel CL, Pierson R, Boles Ponto LL, Hichwa RD, Robinson RG. The cerebellum and emotional experience. *Neuropsychologia* 2007; 45: 1331–1341. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.09.023
- [87] Husted DS, Shapira NA, Goodman WK. The neurocircuitry of obsessive-compulsive disorder and disgust. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2006; 30: 389–399. doi:10.1016/j.pnpbp.2005.11.024
- [88] Thiebaut de Schotten M, Dell'Acqua F, Forkel SJ, Simmons A, Vergani F, Murphy DGM, Catani M. A lateralized brain network for visuospatial attention. *Nat Neurosci* 2011; 14: 1245–1246. doi:10.1038/nn.2905
- [89] Ha D, De E, Ea Y, Dw H. Brain lateralization of emotional processing: historical roots and a future incorporating “dominance.”. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews* 2005; 4: 10.1177/1534582305276837

- [90] Vuilleumier P, Mohr C, Valenza N, Wetzel C, Landis T. Hyperfamiliarity for unknown faces after left lateral temporo-occipital venous infarction: a double dissociation with prosopagnosia. *Brain* 2003; 126: 889–907. doi:10.1093/brain/awg086
- [91] Parton A, Malhotra P, Husain M. Hemispatial neglect. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2004; 75: 13–21
- [92] T, N., J, D., Hj, H., and R, D. Asymmetrical activation in the human brain during processing of fearful faces. *Current biology : CB* 2005; 15:. doi:10.1016/j.cub.2004.12.075
- [93] Qiu Z, Lei X, Becker SI, Pegna AJ. Neural activities during the Processing of unattended and unseen emotional faces: a voxel-wise Meta-analysis. *Brain Imaging Behav* 2022; 16: 2426–2443. doi:10.1007/s11682-022-00697-8
- [94] Weiskrantz L, Warrington EK, Sanders MD, Marshall J. Visual capacity in the hemianopic field following a restricted occipital ablation. *Brain* 1974; 97: 709–728. doi:10.1093/brain/97.1.709
- [95] de Gelder B, Pourtois G, van Raamsdonk M, Vroomen J, Weiskrantz L. Unseen stimuli modulate conscious visual experience: evidence from inter-hemispheric summation. *Neuroreport* 2001; 12: 385–391. doi:10.1097/00001756-200102120-00040
- [96] de Gelder B, Vroomen J, Pourtois G, Weiskrantz L. Non-conscious recognition of affect in the absence of striate cortex. *Neuroreport* 1999; 10: 3759–3763. doi:10.1097/00001756-199912160-00007
- [97] Pegna AJ, Khateb A, Lazeyras F, Seghier ML. Discriminating emotional faces without primary visual cortices involves the right amygdala. *Nat Neurosci* 2005; 8: 24–25. doi:10.1038/nn1364
- [98] Méndez-Bértolo C, Moratti S, Toledano R, Lopez-Sosa F, Martínez-Alvarez R, Mah YH, Vuilleumier P, Gil-Nagel A, Strange BA. A fast pathway for fear in human amygdala. *Nat Neurosci* 2016; 19: 1041–1049. doi:10.1038/nn.4324
- [99] Morris JS, Ohman A, Dolan RJ. A subcortical pathway to the right amygdala mediating “unseen” fear. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1999; 96: 1680–1685. doi:10.1073/pnas.96.4.1680
- [100] Kragel PA, Čeko M, Theriault J, Chen D, Satpute AB, Wald LW, Lindquist MA, Feldman Barrett L, Wager TD. A human colliculus-pulvinar-amygdala pathway encodes negative emotion. *Neuron* 2021; 109: 2404–2412.e5. doi:10.1016/j.neuron.2021.06.001
- [101] Sanchez-Lopez J, Cardobi N, Pedersini CA, Savazzi S, Marzi CA. What cortical areas are responsible for blindsight in hemianopic patients? *Cortex* 2020; 132: 113–134. doi:10.1016/j.cortex.2020.08.007
- [102] Cauchoix M, Crouzet SM. How plausible is a subcortical account of rapid visual recognition? *Front Hum Neurosci* 2013; 7: 39. doi:10.3389/fnhum.2013.00039
- [103] Pessoa L, Adolphs R. Emotion processing and the amygdala: from a “low road” to “many roads” of evaluating biological significance. *Nat Rev Neurosci* 2010; 11: 773–783. doi:10.1038/nrn2920
- [104] Kawasaki H, Kaufman O, Damasio H, Damasio AR, Granner M, Bakken H, Hori T, Howard MA, Adolphs R. Single-neuron responses to emotional visual stimuli recorded in human ventral prefrontal cortex. *Nat Neurosci* 2001; 4: 15–16. doi:10.1038/82850
- [105] Klingner CM, Brodoehl S, Huonker R, Witte OW. The Processing of Somatosensory Information Shifts from an Early Parallel into a Serial Processing Mode: A Combined fMRI/MEG Study. *Frontiers in systems neuroscience* 2016; 10: 103. doi:10.3389/fnsys.2016.00103
- [106] Klingner CM, Brodoehl S, Huonker R, Gotz T, Baumann L, Witte OW. 2015; Parallel processing of somatosensory information: Evidence from dynamic causal modeling of MEG data. *Neuroimage* 118: 193–198. doi:10.1016/j.neuroimage.2015.06.028
- [107] Ekman P, Oster H. Facial expressions of emotion. *Annual Review of Psychology* 1979; 30: 527–554. doi:10.1146/annurev.ps.30.020179.002523
- [108] Weinberger S. Airport security: Intent to deceive? *Nature* 2010; 465: 412–415. doi:10.1038/465412a
- [109] Hontz CR, Hartwig M, Kleinman, and Meissner, CA. *Credibility Assessment at Portals. Portals Committee Report* 2009
- [110] Zeng Z, Pantic M, Roisman GI, Huang TS. A survey of affect recognition methods: audio, visual, and spontaneous expressions. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 2009; 31: 39–58. doi:10.1109/TPAMI.2008.52
- [111] Bettadapura V. *Face Expression Recognition and Analysis: The State of the Art* 2012. doi:10.48550/ARXIV.1203.6722
- [112] Sariyanidi E, Gunes H, Cavallaro A. *Automatic Analysis of Facial Affect: A Survey of Registration, Representation, and Recognition. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 2015; 37: 1113–1133. doi:10.1109/TPAMI.2014.2366127
- [113] Oh Y-H, See J, Le Ngo AC, Phan RC-W, Baskaran VM. A Survey of Automatic Facial Micro-Expression Analysis: Databases, Methods, and Challenges. *Front Psychol* 2018; 9: 1128. doi:10.3389/fpsyg.2018.01128
- [114] Ekman P. *Telling Lies: Clues to Deceit in the Marketplace, Politics, and Marriage* Reissue Edition. WW Norton; Co: 2009
- [115] Porter S, ten Brinke L. Reading between the lies: identifying concealed and falsified emotions in universal facial expressions. *Psychol Sci* 2008; 19: 508–514. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02116.x
- [116] Frank M, Herbasz M, Sinuk K, Keller A, Nolan C. I see how you feel: Training laypeople and professionals to recognize fleeting emotions. In 2009; pp. 1–35
- [117] Ekman P. *MicroExpression training tool (METT)* 2002
- [118] Seidenstat P, Splane FX. *Protecting airline passengers in the age of terrorism (ABC-CLIO)* 2009
- [119] Guerdeli H, Ferrari C, Barhoumi W, Ghazouani H, Berretti S. *Macro and Micro-Expressions Facial Datasets: A Survey. Sensors (Basel)* 2022; 22: 1524. doi:10.3390/s22041524
- [120] Davison AK, Lansley C, Costen N, Tan K, Yap MH. *SAMM: A Spontaneous Micro-Facial Movement Dataset. IEEE Trans. Affective Comput* 2018; 9: 116–129. doi:10.1109/TAFFC.2016.2573832
- [121] Zong Y, Huang X, Zheng W, Cui Z, Zhao G. Learning From Hierarchical Spatiotemporal Descriptors for Micro-Expression Recognition. *IEEE Transactions on Multimedia* 2018; 20: 3160–3172. doi:10.1109/TMM.2018.2820321
- [122] Zheng H. Micro-Expression Recognition based on 2D Gabor Filter and Sparse Representation. *J. Phys.: Conf. Ser* 2017; 787: 012013. doi:10.1088/1742-6596/787/1/012013
- [123] Kim DH, Baddar WJ, Ro YM. Micro-Expression Recognition with Expression-State Constrained Spatio-Temporal Feature Representations. In *Proceedings of the 24th ACM international conference on Multimedia MM '16. (Association for Computing Machinery)* 2016; pp. 382–386. doi:10.1145/2964284.2967247
- [124] Leong S-M, Noman F, Phan RC-W, Baskaran VM, Ting C-M. GraphEx: Facial Action Unit Graph for Micro-Expression Classification. In *2022 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) 2022*; 3296–3300. doi:10.1109/ICIP46576.2022.9897873
- [125] Song B, Zong Y, Li K., Zhu J, Shi J, Zhao L. Cross-Database Micro-Expression Recognition Based on a Dual-Stream Convolutional Neural Network. *IEEE Access* 2022; 10: 66227–66237. doi:10.1109/ACCESS.2022.3185132