

**Neuronale Grundlagen der musikalischen Improvisation:  
Zur Erlernbarkeit improvisatorischer Prozesse und dem Einfluss exekutiver Kontrolle**

Überblick aktueller Literatur

Simon Schaugg

Psychologisches Institut, Goethe-Universität Frankfurt

14. März 2024

## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Wintersemester 2023/24 im dritten Fachsemester des Bachelorstudiengangs Psychologie am Psychologischen Institut der Goethe-Universität Frankfurt, im Rahmen der Veranstaltung „Grundlagen Biologische Psychologie“ bei Prof. Dr. Christian Fiebach. Ursprünglicher Zweck war die schriftliche Auseinandersetzung mit einem selbstgewählten Thema der biologischen Psychologie – in diesem Fall mit den neuronalen Grundlagen musikalischer Improvisation, einem Thema, das sich aus meiner eigenen langjährigen Beschäftigung mit dem Jazzklavier ergab.

Für die vorliegende Ausgabe wurde der Text ausschließlich sprachlich, formal und typografisch überarbeitet. Grammatik, Zeichensetzung und Zitierweise wurden vereinheitlicht, stilistische Unebenheiten geglättet und das Layout neu gesetzt. Die wissenschaftliche Argumentation, die zugrunde gelegte Literatur und die Schlussfolgerungen entsprechen unverändert der ursprünglichen Fassung vom März 2024.

Die Veröffentlichung dieser Edition versteht sich als Teil eines persönlichen Archivs wissenschaftlicher und kreativer Arbeiten. Der Forschungsstand, den die Arbeit abbildet, entspricht dem Anfang des Jahres 2024 – die Improvisationsforschung hat sich seither weiterentwickelt, worauf im Nachwort genauer eingegangen wird. Der Text wird bewusst als das vorgelegt, was er ist: eine Seminararbeit aus dem dritten Semester, keine aktuelle Fachpublikation.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Einleitung.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Hauptteil.....</b>	<b>6</b>
2.1 Kognitives Modell musikalischer Improvisation.....	6
2.2 Musikalische Expertise im Improvisationskontext.....	9
2.2.1 Beteiligung präfrontaler Kontrollregionen.....	9
2.2.2 Befunde funktioneller Konnektivität .....	14
2.2.3 Zusammenhang mit allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und Persönlichkeit ...	15
<b>3. Diskussion.....</b>	<b>16</b>
3.1 Herausforderungen der Improvisationsforschung.....	16
3.2 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	17
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>20</b>
<b>Nachwort .....</b>	<b>26</b>
<b>Editionsnotiz.....</b>	<b>27</b>
<b>Über den Autor .....</b>	<b>28</b>

## **Zusammenfassung**

Diese Arbeit befasst sich mit den zugrundeliegenden neuronalen Mechanismen musikalischer Improvisation. Dabei wird die Frage erörtert, inwieweit musikalische Improvisation erlernbar ist, bzw. welche neuronalen Veränderungen improvisationserfahrene Musiker von Anfängern unterscheiden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf den Einfluss höherhierarchischer exekutiver Kontrollareale, wie dem dorsolateralen präfrontalen Kortex, gelegt, die im Kontext der „freien“ Improvisation interessante Fragen aufwerfen. Hierbei scheint ein charakteristisches Muster der Deaktivierung exekutiver Kontrollmechanismen, gepaart mit der Aktivierung von Arealen des Default Mode Network, ein entscheidendes Unterscheidungskriterium improvisationserfahrener Musiker darzustellen, was auf domänenspezifische Automatisierungsprozesse und erhöhte Verarbeitungseffizienz beteiligter Areale zurückgeführt werden könnte. Darüber hinaus scheinen generelle kognitive Fähigkeiten einen Einfluss auf die Improvisationsqualität zu haben, was interindividuelle Unterschiede in der Improvisationsfähigkeit vermuten lässt. Abschließend werden Herausforderungen der Improvisationsforschung erörtert, die für ein Verständnis der Ergebnisse notwendig sind, und es wird diskutiert, inwieweit hohe improvisatorische Qualität durch Training zu erreichen ist.

## 1. Einleitung

Musikalische Improvisation weckt Assoziationen zu Jazz, verrauchten Bars und Ikonen wie Charlie Parker oder Keith Jarrett, die mit spontanen Kompositionen das Publikum begeistern. Die Bandbreite an Genres und Stilen ist riesig und reicht von intimen Solo-Vorträgen über kleine Trio- und Quartett-Kombinationen bis hin zu großen Jazzorchestern. Wie genau jedoch dieses scheinbar mühelose spontane Spiel funktioniert, bleibt vielen Zuhörenden ein Rätsel. Während das Verständnis der allgemeinen zugrundeliegenden Mechanismen von Musik und deren Auswirkungen auf kognitive Leistungen schon lange ein Feld wissenschaftlicher Forschung ist (Review z. B. Benz et al., 2016), beschränkt sich dieses i. d. R. auf das Hören oder das „klassische“ Praktizieren und Komponieren von Musik, bei dem eine Phase des intensiven Übens eines Stücks dem musikalischen Vortrag vorausgeht. Im Unterschied dazu ist die Improvisation das spontane, unmittelbare Kreieren von Musik im Moment – Komposition und Vortrag finden also gleichzeitig statt (Sawyer, 1992). Diese Charakteristik des Improvisierens stellt besondere Anforderungen an den Musiker: Neue musikalische Ideen müssen erzeugt und mit der musikalischen Umgebung koordiniert werden. Außerdem soll der Vortrag flüssig ablaufen und ein ästhetisch ansprechendes Erlebnis für die Zuhörenden erzeugen. Da die kognitiven Ressourcen begrenzt sind, müssen diese beim Improvisieren, im Unterschied zur „klassischen“ musikalischen Praxis, besonders effizient eingesetzt werden, um all diesen Anforderungen gerecht zu werden (Pressing, 1988).

Diese prozedurale Komplexität des musikalischen Improvisierens, kombiniert mit seiner Echtzeitcharakteristik, macht es sowohl für die Kreativitätsforschung als auch die neurokognitive Forschung zu einem interessanten Forschungsfeld, bietet es doch die Möglichkeit, komplexe kreative Prozesse in „real time“ zu untersuchen (Beaty, 2015). Besonders die Entwicklung moderner Imaging-Methoden, wie der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRI), hat in den letzten Jahrzehnten die Erforschung der

zugrundeliegenden neuronalen Prozesse ermöglicht (Reviews: Beaty, 2015; Landau & Limb, 2017; Faber & McIntosh, 2020).

Welche kognitiven Prozesse liegen der musikalischen Improvisation also zugrunde? Was unterscheidet musikalische „Experten“ von weniger improvisationserfahrenen Musikern? Im Folgenden werde ich grundlegende Modelle der musikalischen Improvisation sowie deren neuronale Korrelate und potenzielle Einflüsse des Improvisationstrainings auf diese erläutern. Besonderes Augenmerk werde ich dabei auf den Einfluss höherhierarchischer exekutiver Kontrollmechanismen im Improvisationsgeschehen legen, da diese im Rahmen des „freien“ Improvisierens eine interessante Frage aufwerfen: Ist Improvisation durch erhöhte Kontrollansprüche aufgrund der Komplexität der Aufgabe oder aber gerade durch das „Loslassen“ von Kontrolle charakterisiert?

Anschließend werden Herausforderungen der Improvisationsforschung erläutert. Zusammenfassend wird die Frage diskutiert, inwieweit musikalische Improvisation erlernbar ist und ein jeder von uns die Voraussetzung für musikalische Expertise hat.

## **2. Hauptteil**

### **2.1 Kognitives Modell musikalischer Improvisation**

Improvisation allgemein ist häufig als die Generierung von Ideen definiert, die einerseits neu, andererseits nützlich für ein bestimmtes Ziel sind (Runco & Jaeger, 2012). Die musikalische Improvisation ist eine besonders komplexe Form dieses Vorgangs, schließlich müssen hierbei gleichzeitig musikalische Ideen generiert, motorisch koordiniert und ausgeführt sowie die eigene Performance überwacht und angepasst werden – alles mit dem übergeordneten Ziel eines ästhetisch ansprechenden Vortrags (Pressing, 1988). Die beteiligten kognitiven Prozesse, um diesen Anforderungen gerecht zu werden, laufen auf unterschiedlichen Hierarchieebenen ab und bedürfen eines Zusammenspiels von Bottom-Up- und Top-Down-Prozessen (Pressing, 1988; Faber & McIntosh, 2020). Schnelle sensorische

Bottom-Up-Netzwerke, wie der auditive Kortex, liefern sensorische Informationen, welche auf musikalische Syntax und Bedeutung analysiert werden (u. a. Gyrus frontalis inferior (IFG), Broca- und Wernicke-Areal sowie dorsaler prämotorischer Kortex (PMD)) (Faber & McIntosh, 2020). Hierarchisch höher stehen langsamere Top-Down-Prozesse, die den Zielzustand vorgeben, seine Erreichung koordinieren und die eigene Performance überwachen, wobei sie auf sensorische Informationen angewiesen sind – die Netzwerke stehen also im wechselseitigen Austausch (Pressing, 1988; Cohen & Miller, 2001; Faber & McIntosh, 2020). Das Netzwerk dieser höherhierarchischen Kontrollprozesse wird häufig als Executive Control Network (ECN) bezeichnet, das u. a. aus dem dorsolateralen präfrontalen Kortex (dlPFC), dem PMD und dem IFG besteht (Beaty, 2016; Rosen et al., 2020). Der präfrontale Kortex (PFC), und besonders der dlPFC, ist maßgeblich an der Ausführung zielorientierter Handlungen beteiligt, die ein großes Maß an aktiver, bewusster Kontrolle erfordern, z. B. wenn ungewohnte oder bei komplexen Handlungen verschiedene Prozesse gleichzeitig integriert werden müssen (Miller & Cohen, 2001). Der dlPFC ist eng mit den sensorischen Arealen (akustisch, optisch, somatosensorisch) sowie prämotorischen Arealen verschaltet und bildet eine zentrale Schnittstelle für den Einfluss des PFC auf die Koordination komplexen Verhaltens (Miller & Cohen, 2001). Prämotorische Areale, deren erhöhte Aktivität im Zusammenhang mit den komplexen motorischen Anforderungen musikalischer Improvisation konstant berichtet wird (Überblick: Beaty, 2015; Landau & Limb, 2019; Faber & McIntosh, 2020), koordinieren die motorische Exekution des Vortrags – unter ständiger Überwachung des (dl)PFC (Miller & Cohen, 2001).

Dieser Einfluss von Kontrollprozessen, besonders des dlPFC, wird im Kontext der „freien“ Improvisation kontrovers diskutiert (Reviews: Beaty, 2015; Beaty, 2016; Landau & Limb, 2017; Faber & McIntosh, 2020).

Dem ECN gegenüber steht das Default Mode Network (DMN), dessen Aktivität häufig bei internen, selbstgenerierten Prozessen berichtet wird, die nicht zielgerichtet und unabhängig von externen Stimuli sind, wie z. B. dem „Gedankenwandern“ („mind wandering“; Andrews-Hanna et al., 2014; Beaty, 2016), und somit wenig gezielte Kontrolle benötigen. Bei der Improvisation scheinen diese augenscheinlich antagonistischen Netzwerke, konsistent mit Pressings (1988) Modell von Generierung und Überwachung, zusammenzuarbeiten: Das DMN könnte an der Bottom-Up-Generierung kreativer Ideen beteiligt sein, die vom ECN auf ihre Passung zur jeweiligen Aufgabe überprüft werden, wobei zielführende „Vorschläge“ als Handlungsvorgabe weitergeleitet und nicht zielführende unterdrückt werden (Beaty, 2016; Loui, 2018; Dhakal et al., 2019; Rosen et al., 2020; Vergara et al., 2021).

Ein weiterer Begriff, der im Zusammenhang mit Improvisation erläutert werden sollte, ist der „Flow“, ein Geisteszustand besonderer Vertiefung in eine Tätigkeit, die scheinbar mühelos und „wie von selbst“ geschieht und der oft als angenehm oder ideal erlebt wird (Csikszentmihalyi, 1990; Sawyer, 1992; Hart & Di Blasi, 2015). Zentrale Charakteristika dieses Zustands sind u. a. eine starke Fokussierung auf die Tätigkeit, das Gefühl von Mühelosigkeit sowie der Verlust des Selbst- und Zeitgefühls während des Geschehens (Csikszentmihalyi, 1990; Dietrich, 2004; Hart & Di Blasi, 2015). Dieser „Flow“ wird häufig von geübten Musikern berichtet (Sawyer, 1992) und ähnelt in seinen qualitativen Merkmalen Zuständen im Zusammenhang mit dem DMN, was die geringere Beteiligung aktiver präfrontaler Kontrolle sowie den verstärkten Rückgriff auf automatisierte Prozesse vermuten lässt.

Aufgrund der Komplexität der Prozesse, die beim Improvisieren – mit begrenzten kognitiven Ressourcen – gleichzeitig stattfinden müssen, betont Pressing (1988) die Rolle von Automatisierungsprozessen, die durch intensives Training und zunehmende musikalische

Expertise erreicht werden. Hierbei werden domänenspezifisches Wissen und Prozesse, z. B. musikalische „Vokabeln“, harmonisches Verständnis und motorische Sequenzen, im Langzeitgedächtnis gespeichert, die bei Aktivierung automatisiert, ohne größeren Verarbeitungsaufwand durch PFC-gesteuerte Kontrolle, ablaufen (Pressing, 1988; Beaty, 2015). Musikalische „Experten“ können beim Improvisieren also auf ein breites Repertoire automatisierter musikalischer Abläufe zurückgreifen und somit kognitive Ressourcen für höherhierarchische Prozesse freigeben (Pressing, 1988). Der Grad an Automatisierung könnte also unter den zeitlichen Anforderungen des Improvisierens entscheidend für die Flüssigkeit und Qualität des musikalischen Vortrags sein (Pressing, 1988; Beaty, 2015). Die hier aufgeführten Grundlagen musikalischer improvisatorischer Aktivitäten bieten einen Anhaltspunkt für das Verständnis, wie sich domänenspezifische Expertise bei musikalischer Improvisation äußern könnte.

## **2.2 Musikalische Expertise im Improvisationskontext**

Wie bei nahezu allen Fähigkeiten ist auch in der Musik exzessives Training die Voraussetzung für verbesserte Performance bis hin zur „Meisterschaft“ (Pressing, 1988; Ericsson et al., 1993). Wenig überraschend führt deshalb höhere Improvisationserfahrung generell auch zu höherer musikalischer Qualität (Beaty et al., 2013; Pinho et al., 2014; Rosen et al., 2016; Rosen et al., 2020). Faber und McIntoshs (2020) Modell folgend, zeigt musikalisches Training Veränderungen in der Wahrnehmung akustisch bedeutsamer musikalischer Inhalte – so erhöht es beispielsweise die Sensitivität für leichte Tonunterschiede (Magne et al., 2006) und erleichtert die Wahrnehmung musikalischer Syntax, beispielsweise Abweichungen einer Akkordfolge (Novembre & Keller, 2011; Benz et al., 2016; Przynsinda et al., 2017). Derartige Trainingseffekte sind erster Ausdruck erhöhter domänenspezifischer Expertise, z. B. durch Automatisierung von Wahrnehmungsprozessen und musikalischer Syntax (Pressing, 1988), die unter den extremen Zeitbedingungen der

Improvisation besonders zum Tragen kommen. Sie allein bieten jedoch noch wenig Anhaltspunkte für die Unterscheidung improvisationserfahrener Musiker, sind sie doch eher Ausdruck genereller musikalischer Expertise. Ein vielversprechendes Kriterium, das diese Unterscheidung ermöglichen könnte, bietet das Ausmaß der Beteiligung präfrontaler Kontrollregionen.

### **2.2.1 Beteiligung präfrontaler Kontrollregionen**

Wie angesprochen, scheint der PFC grundsätzlich an der Koordinierung komplexer Vorgänge beteiligt zu sein und wird deshalb im Zusammenhang mit musikalischer Improvisation konstant berichtet (Reviews: Beaty, 2015; Landau & Limb, 2019; Faber & McIntosh, 2020). Verschiedene Studien zeigen jedoch unterschiedliche, teils widersprüchliche Ergebnisse – besonders bzgl. des Einflusses des dlPFC. Zeigen manche Studien verstärkte Aktivität präfrontaler Kontrollregionen wie dem dlPFC (z. B. Bengtsson et al., 2007; De Manzano & Ullén, 2012), zeigen andere weitreichende Deaktivierung dieser Regionen (z. B. Limb & Braun, 2008; Liu et al., 2012) beim Improvisieren. Diese divergierenden Befunde wirken auf den ersten Blick widersprüchlich, scheinen jedoch eine zentrale Rolle in der Unterscheidung musikalischer „Experten“ von Anfängern darzustellen.

Wie erwähnt, ist der dlPFC besonders für die bewusste Koordinierung komplexer zielorientierter Aufgaben verantwortlich. Unterschiedliche Aktivierungsmuster scheinen also unterschiedliche Maße aktiver kognitiver Kontrolle zu reflektieren, die für das Improvisieren benötigt werden (Miller & Cohen, 2001; Beaty, 2016). Viele Studien berichten von erhöhter Aktivität des dlPFC beim Improvisieren im Vergleich zu nicht-kreativen musikalischen Aufgaben (Bengtsson et al., 2007; De Manzano & Ullén, 2012; Tachibana et al., 2019) und führen dies auf die erhöhte Komplexität der Aufgabe durch Koordination und Selektion zielführender Prozesse, z. B. dem Generieren neuer musikalischer Ideen, zurück.

Dieser generelle Effekt zeigt sich auch durch den Einfluss situativer Faktoren auf präfrontale Aktivierungsmuster beim Improvisieren. Situationen, die ein erhöhtes Maß an Selbstkontrolle erfordern, z. B. wenn die eigene Improvisation für einen späteren Zeitpunkt gemerkt werden muss (Bengtsson et al., 2007) oder das eigene Spiel im interaktiven Austausch mit anderen Musikern koordiniert werden muss (Donnay et al., 2014), zeigen verstärkte Aktivierung des dlPFC. Auch altersbedingte Abnahme kognitiver Leistung führt zu kompensatorisch zunehmender Aktivität des dlPFC beim Improvisieren (Pinho et al., 2014).

Ein weiteres entscheidendes Kriterium für die Aktivität des dlPFC bildet jedoch das Ausmaß domänenspezifischer improvisatorischer Expertise. Während „klassisch“ ausgebildete Musiker starke Aktivierung des dlPFC und anderer Kontrollregionen des ECN bei Improvisationsaufgaben zeigen (Bengtsson et al., 2007; De Manzano & Ullén, 2012), scheint bei improvisationserfahrenen Musikern, wie z. B. Jazzmusikern, das Gegenteil der Fall zu sein: Diese zeigten eine weitreichende Deaktivierung von Regionen des ECN und besonders des dlPFC (lateraler orbitofrontaler Kortex und dlPFC: Limb & Braun, 2008; u. a. dlPFC und IFG: Liu et al., 2012; u. a. dlPFC und IFG: Pinho et al., 2014). Pressings (1988) Idee der Automatisierung folgend, könnte diese verringerte Aktivität exekutiver Kontrollareale ein Beleg für eine Automatisierung exekutiver Prozesse bei improvisationserfahrenen Musikern sein, wodurch weniger aktive Top-Down-Kontrolle notwendig ist, die ungeübte Musiker hingegen benötigen, um den ungewohnten Vorgang zu koordinieren (Beaty, 2015; Landau & Limb, 2017). Weiter gestützt wird diese These durch die Befunde von Rosen et al. (2016), wonach gezielte Stimulation des rechten dlPFC bei Improvisationsanfängern zu Leistungssteigerung, bei professionellen Jazzmusikern jedoch zu Leistungseinbußen beim musikalischen Improvisieren führt. Die Autoren schlussfolgern, dass Anfänger den ungewohnten Improvisationsvorgang eher bewusst koordinieren, während Experten vorwiegend mit automatisierten Prozessen arbeiten. Hierzu passen auch die

Befunde von Rosen, Kim, Mirman und Kounios (2017): Die gezielte Aufforderung, möglichst kreativ zu improvisieren, was zu verstärkter Beteiligung des dlPFC durch stärkere Zielorientierung führt, bewirkt bei Anfängern Leistungssteigerungen, bei improvisationserfahrenen Musikern hingegen nicht.

Kontrolle durch den PFC, und besonders den dlPFC, scheint also grundsätzlich wichtig, um den komplexen motorischen und generativen Anforderungen des Improvisierens gerecht zu werden, wobei ein persönlich optimales, ökonomisches Verhältnis von schnelleren automatisierten Prozessen und langsameren Top-Down-Kontrollmechanismen verwendet wird (Pressing, 1988). Das Ausmaß der dlPFC-Involvierung scheint hierbei mit zunehmender Passung der eigenen improvisatorischen Fähigkeiten zur gegebenen Aufgabe abzunehmen (Pressing, 1988; Limb & Braun, 2008; Liu et al., 2012; Pinho et al., 2014). Dies könnte im Zusammenspiel von generativen Bottom-Up- und selektierenden Top-Down-Prozessen bedeuten, dass durch höhere musikalische Erfahrung kreative Ideen erzeugt werden, die dem gewünschten musikalischen Zielzustand eher entsprechen und deshalb weniger Selektionsprozesse durch das ECN benötigen (Vergara et al., 2021). Zudem konnte die Deaktivierung des temporoparietalen Übergangs (rTPJ) bei der Improvisation geübter Musiker (Berkowitz & Ansari, 2010), bei gleichzeitig stärkerer Aktivierung bei ungeübten Musikern (Rosen et al., 2020), gezeigt werden – ein Areal, das als Teil des ventralen Aufmerksamkeitsnetzwerks für die Detektion externer relevanter Stimuli verantwortlich ist. Die Deaktivierung dieses Areals könnte einen Inhibitionsmechanismus nicht relevanter Informationen bei erfahrenen Musikern bedeuten, der mehr gezielte Fokussierung ermöglicht und so die geringere Verwendung kognitiver Ressourcen auf ablenkende Informationen unterstützt (Berkowitz & Ansari, 2010; Beaty, 2015).

Dieser Wechsel von dlPFC-kontrollierter aktiver Kontrolle des Improvisationsvorgangs hin zu größerer Automatisierung, gepaart mit effizienterer

Aufmerksamkeitsökonomie, scheint also weniger kontroll-induzierte kognitive Ressourcen zu beanspruchen und das Erreichen eines „Flow“-Zustandes zu erleichtern (Pinho et al., 2015; Landau & Limb, 2017).

Dennoch erfolgt der Prozess auch bei erfahrenen Musikern nicht gänzlich unkontrolliert, schließlich müssen die unterschiedlichen Prozesse weiterhin koordiniert und motorische Entscheidungen getroffen werden (Limb & Braun, 2008; Landau & Limb, 2017). Statt Kontrollverlust scheint musikalische Expertise einen Wechsel innerhalb der beteiligten Kontrollareale zu verursachen, hin zu Regionen, die weniger an bewusster Kontrolle beteiligt sind, was durch Aktivierung von Automatisierungsprozessen innerhalb des medialen frontalen Kortex (MFC) ermöglicht wird (Beaty, 2016; Landau & Limb, 2017).

Während geübte Musiker eine Aktivitätsabnahme des dlPFC zeigten, zeigten sie gleichzeitig erhöhte Aktivität des DMN und besonders des medialen PFC (mPFC) (Liu et al., 2012; Landau & Limb, 2017), der stärkere Verbindungen zu limbischen Strukturen aufweist, die mit der Generierung von Affekten verbunden sind (Miller & Cohen, 2001). So zeigt der mPFC bei erfahrenen Musikern stärkere Aktivierung beim improvisatorischen Ausdruck von Emotionen im Vergleich zu nichtemotionalem, restriktiverem Musizieren, das wiederum verstärkte Aktivität des dlPFC erzeugte (Pinho et al., 2015). Auch generelle erhöhte emotionale Ansprechbarkeit durch Musik scheint einen Zusammenhang mit Aktivität des mPFC und erhöhter Konnektivität dessen weißer Substanz mit auditorischen Arealen aufzuweisen, was den Einfluss des mPFC in der musikalischen Emotionsverarbeitung unterstreicht (Sachs et al., 2016). Bashwiner, Wertz, Flores und Jung (2016) konnten größere Oberfläche in Arealen des DMN, wie dem mPFC sowie beteiligten prämotorischen Arealen und emotionsbezogenen Regionen, bei musikalisch kreativeren Versuchspersonen zeigen. Zudem fanden Limb und Braun (2008) bei erfahrenen Musikern erhöhte Aktivität des rostralen präfrontalen Kortex (rPFC) beim freien Improvisieren, der ebenfalls mit der

Generierung internaler Prozesse sowie dem persönlichen autobiografischen Ausdruck in Verbindung steht (Landau & Limb, 2017). Die Abnahme bewusster Kontrolle durch den dlPFC, bei gleichzeitiger Aktivierung von Strukturen des DMN wie z. B. dem mPFC, scheint außerdem für die Empfindung des „Flow“-Zustands verantwortlich zu sein, der DMN-kontrollierten Ruhezuständen ähnelt (Limb & Braun, 2008; Landau & Limb, 2017) und mit höherqualitativen kreativen Ergebnissen in Verbindung gebracht wird (MacDonald et al., 2006; Landau & Limb, 2017).

Dieses Aktivierungsmuster abnehmender bewusster dorsolateral-präfrontaler Kontrolle des Vorgangs, vermutlich durch weitgehende Automatisierung exekutiver Prozesse, hin zu stärkerer Beteiligung interner kreativer Ressourcen wie dem DMN, scheint also ein Kerneffekt des Improvisationstrainings zu sein, der bei maximaler Passung eigener Fähigkeiten zur Improvisationssituation zum „Flow“-Zustand führen kann und erhöhten emotionalen Ausdruck ermöglicht. Dieser Mechanismus hypofrontaler ECN-Deaktivierung und DMN-Aktivierung wird von vielen Autoren im Zusammenhang mit Kreativität vertreten (Limb & Braun, 2008; Beaty, 2015; Landau & Limb, 2017; Rosen et al., 2020; Vergara et al., 2021).

### **2.2.2 Befunde funktioneller Konnektivität**

Neben diesen Aktivitätsunterschieden in Arealen des ECN und DMN zeigen sich auch Unterschiede der funktionellen Konnektivität auf motorischer wie auf meta-prozeduraler Ebene bei improvisationserfahrenen Musikern, die die aufgeführten Thesen stützen. De Manzano und Ullén (2012) zeigten erhöhte funktionelle Konnektivität zwischen beteiligten motorischen Arealen wie dem vorderen supplementär-motorischen Kortex (Pre-SMA) und dem Cerebellum beim Improvisieren im Vergleich zu einer nichtkreativen musikalischen Aufgabe, konsistent mit den Befunden einer anderen Studie, die erhöhte Konnektivität zwischen dem präfrontalen Kortex und prämotorischen sowie motorischen

Arealen (Pre-SMA und besonders rechter dorsaler prämotorischer Kortex (PMD)), als auch innerhalb dieser, zeigte (Pinho et al., 2014). Interessanterweise korrelierte das Ausmaß der funktionellen Konnektivität hierbei direkt mit dem Ausmaß der Improvisationserfahrung (Pinho et al., 2014). Improvisationserfahrene Musiker zeigten zudem erhöhte Konnektivität innerhalb der Areale des ECN, DMN und visueller Areale (Belden et al., 2020) im Vergleich zu Nicht-Musikern, was die Bedeutung dieser Areale im Improvisationsvorgang unterstreicht. Liu und Kollegen (2012) berichten bei geübten Musikern erhöhte Konnektivität u. a. zwischen dem mPFC und prämotorischen Arealen, bei gleichzeitig geringerer Konnektivität zwischen dem mPFC und dem dlPFC beim Improvisieren im Vergleich zu nichtkreativen Prozessen, was erhöhte Aktivität des DMN und geringere aktive Kontrolle bei geübten Musikern nahelegt. Vergara und Kollegen (2021) berichten ebenfalls erhöhte Konnektivität innerhalb des DMN und geringere Konnektivität des ECN mit diesem beim Improvisieren erfahrener Musiker. Diese Befunde deuten auf funktionelle Veränderungen der an Improvisation beteiligten motorischen sowie präfrontalen Areale hin und indizieren eine relativ stärkere Beteiligung des DMN durch abnehmenden Koordinationsbedarf. Dies könnte, konsistent mit Pressing (1988), weiterer Ausdruck der Automatisierung sowie effizienterer Verarbeitung dieser Prozesse sein, was besonders beim schnellen Improvisieren essenziell ist (Beaty, 2015).

### ***2.2.3 Zusammenhang mit allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und Persönlichkeit***

Neben diesen erfahrungsinduzierten Unterschieden improvisationsgeübter Musiker zu Anfängern liegt die Vermutung nahe, dass auch allgemeine kognitive Fähigkeiten einen Einfluss auf improvisatorische Leistung haben (Beaty, 2015; Faber & McIntosh, 2020). So scheinen beispielsweise allgemeine Kreativitätswerte, erhoben durch eine „divergent thinking task“, ein bedeutsamer Prädiktor für die Qualität musikalischer Improvisation zu sein (Beaty et al., 2013) – umgekehrt konnte 20-minütige musikalische Improvisation die Ergebnisse in

einer „divergent thinking task“ signifikant verbessern (Lewis & Lovatt, 2013). Weitere Studien zeigen bessere Ergebnisse improvisationserfahrener Musiker in divergentem Denken (Benedek et al., 2014; Kleinmintz et al., 2014; Przynsinda et al., 2017). Auch die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses scheint sich positiv auf die Improvisationsfähigkeit auszuwirken, was unter den hohen kognitiven Anforderungen bei gleichzeitig starker zeitlicher Restriktion zu erwarten ist (De Dreu et al., 2012; Beaty, 2015). Diese beispielhaften Befunde machen einen Zusammenhang der Improvisationsfähigkeit mit generellen kognitiven Fähigkeiten wahrscheinlich, die umgekehrt durch diese befördert zu werden scheinen, wobei die genaue Reihenfolge dieser Effekte weiterer Untersuchung bedarf. Unter den Voraussetzungen der Improvisation, die weniger Kontrolle als das „klassische“ Spiel ermöglicht und bei der keine nachträgliche Fehlerkorrektur möglich ist, scheinen außerdem Eigenschaften wie Risikobereitschaft und die Bereitschaft, Fehler zu machen, positive Effekte zu haben, bzw. das Ausmaß zu bestimmen, in dem Menschen sich überhaupt in improvisatorischen Tätigkeiten engagieren (Vuust et al., 2010; Rogers, 2013; Benedek et al., 2014). Diese generellen Eigenschaften scheinen also den Rahmen zu setzen, in dem kognitive Trainingseffekte zum Tragen kommen.

### **3. Diskussion**

#### **3.1 Herausforderungen der Improvisationsforschung**

Eine der größten Herausforderungen in der Erforschung der Improvisation ist das Wesen dieser per Definition neuen und unvorhergesehenen Prozesse selbst. Hierbei erschwert die pure Komplexität der Tätigkeit die funktionelle Eingrenzung einzelner neuronaler Korrelate – Musiker könnten beim Improvisieren auf unterschiedlichste kognitive Strategien zurückgreifen, was das Erforschen einzelner Prozesse erschwert (Loui, 2018). Versuche, die Komplexität und Freiheit der Improvisation z. B. durch Limitation der musikalischen Möglichkeiten einzuschränken und so die interne Validität des Experiments zu erhöhen,

bedrohen umgekehrt die externe Validität, schließlich haben restriktive Versuche unter Laborbedingungen nur noch wenig mit dem realen, bunten Geschehen eines Liveauftritts zu tun, das gerade von Spontaneität und Unvorhergesehenem lebt. Dieser Spagat aus experimenteller Ökonomie und größtmöglicher Realitätsnähe ist ein Kernproblem der Erforschung improvisatorischer Prozesse (Beaty, 2015; Faber & McIntosh, 2020).

Selbst innerhalb des Unterfelds musikalischer Improvisation ist es wahrscheinlich, dass die schiere Bandbreite an Ausdrucksformen, von Skatgesang über Trio-Spiel hin zu vertiefter Soloimprovisation, trotz eines gemeinsamen kreativen Charakters völlig unterschiedliche kognitive wie motorische Prozesse fordert. Diese Bandbreite musikalischer Improvisationsmöglichkeiten erzeugt ein großes Ausmaß möglicher Einflussfaktoren, wie die musikalische Expertise, die Situation des Vortrags (z. B. Einzel- vs. Gruppenimprovisation), das erforderliche Maß an Selbstkontrolle, verwendete Instrumente, Publikum etc. Diesen Einfluss von Kontext und situativen Faktoren spiegeln auch die unterschiedlichen und teilweise gegensätzlichen Aktivierungsmuster (z. B. des dlPFC) bei unterschiedlichen experimentellen Bedingungen, wie oben beschrieben, wider. Dies resultiert besonders aus dem relativen Vergleich dieser Bedingungen, was je nach gewähltem Kontrast unterschiedliche Aktivierungsergebnisse erzeugt. So könnte z. B. auch die erhöhte Involvierung des dlPFC in Erinnerungsprozesse bei nichtkreativen musikalischen Wiederholungsaufgaben ursächlich für das typische Muster der Hypofrontalität bei Improvisation sein, wenn diese Bedingungen verglichen werden (Rosen et al., 2020). Solche Effekte müssen bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt und durch Kontrastierung mit möglichst vielen unterschiedlichen Bedingungen minimiert werden. Trotzdem zeichnen sich im Überblick vieler Studien größere beteiligte Mechanismen ab, wie das oben beschriebene Zusammenspiel von Meta-Netzwerken. Das differenziertere Verständnis dieser funktionellen Zusammenhänge bleibt ein vielversprechendes Forschungsfeld.

### 3.2 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die spontane Improvisation musikalischer Zusammenhänge ist ein komplexer Vorgang, der die gleichzeitige Koordinierung vieler kognitiver Funktionen benötigt (Pressing, 1988), und gilt deshalb als eine der Königsklassen musikalischer Expertise. Während die zugrundeliegenden Prozesse gelungener Improvisation aufgrund der Komplexität des Geschehens anspruchsvoll zu erforschen sind, zeigt die aktuelle Literatur doch einige grundlegende Mechanismen auf, die hierfür entscheidend sind und erfahrene Musiker von weniger erfahrenen unterscheiden. Ein Zusammenspiel von kreativen Bottom-Up-Prozessen wie dem DMN und Top-Down-Kontrolle durch das ECN scheint grundlegend zu sein, wobei erhöhte musikalische Expertise einen Wechsel im Verhältnis dieser beiden zu erzeugen scheint – von aktiver, kontrollierter Koordinierung der Improvisation durch Regionen des ECN und besonders des dlPFC hin zu „freierem“ musikalischem Ausdruck durch verstärkte Aktivierung des DMN und emotionsassoziiierter Areale. Dies könnte auf domänenspezifische Trainings- und Automatisierungseffekte auf unterschiedlichen hierarchischen Ebenen zurückzuführen sein, wie eine Schärfung der auditiven Wahrnehmung, den Rückgriff auf breites musikalisches Verständnis sowie die Automatisierung motorischer Prozesse, was besonders unter den zeitlichen Bedingungen des Improvisierens von Relevanz zu sein scheint (Pressing, 1988). Diese Annahme zeigt sich im beschriebenen generellen Zusammenhang improvisatorischer Qualität mit Erfahrung sowie den spezifischen Aktivierungs- und Konnektivitätsmustern.

Diese Ergebnisse weisen also auf eine Erlernbarkeit von musikalischer Improvisation zumindest auf exekutiver Ebene hin. Geübte Musiker scheinen durch effizientere Verarbeitungsmuster und geringere aktive Kontrolle mehr kognitive Ressourcen für höherhierarchische interne Prozesse, wie emotionalen Ausdruck oder die Kreation eines ansprechenden musikalischen Narrativs, zur Verfügung zu haben, während Anfänger primär

mit der Koordination der Aufgabe selbst beschäftigt sind. Außerdem können die höhere Qualität und effizientere Verarbeitung zur Verfügung stehender musikalischer Fähigkeiten sowie geringere aktive Kontrolle beim Improvisieren wahrscheinlicher zum Zustand des „Flows“ führen. Dies deckt sich mit den Beobachtungen professioneller Musiker, bei denen das Improvisieren fast „wie von selbst“ zu geschehen scheint (Sawyer, 1992).

Die Ergebnisse lassen somit einen prinzipiell positiven Befund zur Trainierbarkeit improvisatorischer Vorgänge zu. Diese ist jedoch ausschließlich intraindividuell, also relativ zu den jeweiligen persönlichen Fähigkeiten, feststellbar. Was bleibt, ist die Frage, inwieweit sich die Fähigkeit zum Improvisieren interindividuell unterscheidet. Hierbei legt der enge Zusammenhang genereller kognitiver Fähigkeiten mit Improvisationsergebnissen nahe, dass, obwohl wechselseitige Trainingseffekte möglich sind, das Improvisieren manchen Menschen grundsätzlich leichter fällt als anderen. Dies wirft auch die Frage auf, ob Improvisationstraining wirklich die grundsätzlichen kreativen Prozesse verbessern kann oder nicht eher deren motorische Exekution durch Automatisierung erleichtert, und inwieweit eine solche Kombination automatisierter, gelernter Strukturen innerhalb fester Regeln überhaupt noch wirklich „neue“ Ideen erzeugt. Obwohl derartige Fragen zu den zugrundeliegenden generativen Prozessen auf die ästhetische Qualität kaum einen Einfluss haben sollten, bieten sie dennoch einen interessanten Ansatzpunkt für weitere Kreativitäts- und neurokognitive Forschung.

Zusammenfassend lässt sich schließen, dass Training die Improvisationsleistung durch Rückgriff auf automatisierte Prozesse und die daraus resultierende höhere kognitive Kapazität für höherhierarchische Prozesse, wie emotionalen Ausdruck, verbessern kann – diese Effekte jedoch, durch den engen Zusammenhang mit generellen kreativen und kognitiven Fähigkeiten, intraindividuell begrenzt sind. Somit ist es unwahrscheinlich, dass jeder von uns ausschließlich durch ausreichend Training zum Improvisations-Genie à la

Keith Jarrett und Co. werden kann. Dennoch ist die Beschäftigung mit der Musik allgemein und der Improvisation im Besonderen lohnend – sowohl auf kognitiver als auch auf persönlicher Ebene: Schließlich ist es einfach schön, Teil des spontanen Musizierens zu sein – ob als professioneller Musiker im „Flow“ vertieft, als Anfänger bei ersten Improvisationsversuchen oder einfach als Zuhörer im Jazzclub.

### Literaturverzeichnis

- Andrews-Hanna, J. R., Smallwood, J., & Spreng, R. N. (2014). The default network and self-generated thought: Component processes, dynamic control, and clinical relevance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1316*(1), 29–52.  
<https://doi.org/10.1111/nyas.12360>
- Bashwiner, D. M., Wertz, C. J., Flores, R. A., & Jung, R. E. (2016). Musical creativity „revealed“ in brain structure: Interplay between motor, default mode and limbic networks. *Scientific Reports*, *6*(1), 20482. <https://doi.org/10.1038/srep20482>
- Beaty, R. E., Smeeckens, B. A., Silvia, P. J., Hodges, D. A., & Kane, M. J. (2013). A first look at the role of domain-general cognitive and creative abilities in jazz improvisation. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, *23*(4), 262–268.  
<https://doi.org/10.1037/a0034968>
- Beaty, R. E. (2015). The neuroscience of musical improvisation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *51*, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.01.004>
- Beaty, R. E., Benedek, M., Silvia, P. J., & Schacter, D. L. (2016). Creative cognition and brain network dynamics. *Trends in Cognitive Sciences*, *20*(2), 87–95.  
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.10.004>
- Belden, A., Zeng, T., Przysinda, E., Anteraper, S. A., Whitfield-Gabrieli, S., & Loui, P. (2020). Improvising at rest: Differentiating jazz and classical music training with resting state functional connectivity. *NeuroImage*, *207*, 116384.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116384>
- Benedek, M., Borovnjak, B., Neubauer, A. C., & Kruse-Weber, S. (2014). Creativity and personality in classical, jazz and folk musicians. *Personality and Individual Differences*, *63*, 117–121. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.01.064>

- Bengtsson, S. L., Csikszentmihalyi, M., & Ullén, F. (2007). Cortical regions involved in the generation of musical structures during improvisation in pianists. *Journal of Cognitive Neuroscience, 19*(5), 830–842.
- Benz, S., Sellaro, R., Hommel, B., & Colzato, L. S. (2016). Music makes the world go round: The impact of musical training on non-musical cognitive functions — A review. *Frontiers in Psychology, 6*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.02023>
- Berkowitz, A. L., & Ansari, D. (2010). Expertise-related deactivation of the right temporoparietal junction during musical improvisation. *NeuroImage, 49*(1), 712–719. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.08.042>
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row.
- De Dreu, C. K. W., Nijstad, B. A., Baas, M., Wolsink, I., & Roskes, M. (2012). Working memory benefits creative insight, musical improvisation, and original ideation through maintained task-focused attention. *Personality and Social Psychology Bulletin, 38*(5), 656–669. <https://doi.org/10.1177/0146167211435795>
- De Manzano, Ö., & Ullén, F. (2012). Activation and connectivity patterns of the presupplementary and dorsal premotor areas during free improvisation of melodies and rhythms. *NeuroImage, 63*(1), 272–280. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.06.024>
- Dhakal, K., Norgaard, M., Adhikari, B. M., Yun, K. S., & Dhamala, M. (2019). Higher node activity with less functional connectivity during musical improvisation. *Brain Connectivity, 9*(3), 296–309. <https://doi.org/10.1089/brain.2017.0566>
- Dietrich, A. (2004). Neurocognitive mechanisms underlying the experience of flow. *Consciousness and Cognition, 13*(4), 746–761. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2004.07.002>

- Donnay, G. F., Rankin, S. K., Lopez-Gonzalez, M., Jiradejvong, P., & Limb, C. J. (2014). Neural substrates of interactive musical improvisation: An fMRI study of 'trading fours' in jazz. *PLoS ONE*, *9*(2), e88665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088665>
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, *100*(3), 363.
- Faber, S. E. M., & McIntosh, A. R. (2020). Towards a standard model of musical improvisation. *European Journal of Neuroscience*, *51*(3), 840–849. <https://doi.org/10.1111/ejn.14567>
- Hart, E., & Di Blasi, Z. (2015). Combined flow in musical jam sessions: A pilot qualitative study. *Psychology of Music*, *43*(2), 275–290. <https://doi.org/10.1177/0305735613502374>
- Kleinmintz, O. M., Goldstein, P., Mayseless, N., Abecasis, D., & Shamay-Tsoory, S. G. (2014). Expertise in musical improvisation and creativity: The mediation of idea evaluation. *PLoS ONE*, *9*(7), e101568. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101568>
- Landau, A. T., & Limb, C. J. (2017). The neuroscience of improvisation. *Music Educators Journal*, *103*(3), 27–33. <https://doi.org/10.1177/0027432116687373>
- Lewis, C., & Lovatt, P. J. (2013). Breaking away from set patterns of thinking: Improvisation and divergent thinking. *Thinking Skills and Creativity*, *9*, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2013.03.001>
- Limb, C. J., & Braun, A. R. (2008). Neural substrates of spontaneous musical performance: An fMRI study of jazz improvisation. *PLoS ONE*, *3*(2), e1679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001679>
- Liu, S., Chow, H. M., Xu, Y., Erkkinen, M. G., Swett, K. E., Eagle, M. W., Rizik-Baer, D. A., & Braun, A. R. (2012). Neural correlates of lyrical improvisation: An fMRI study of freestyle rap. *Scientific Reports*, *2*(1), 834. <https://doi.org/10.1038/srep00834>

- Loui, P. (2018). Rapid and flexible creativity in musical improvisation: Review and a model. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1423*(1), 138–145.  
<https://doi.org/10.1111/nyas.13628>
- MacDonald, R., Byrne, C., & Carlton, L. (2006). Creativity and flow in musical composition: An empirical investigation. *Psychology of Music*, *34*(3), 292–306.  
<https://doi.org/10.1177/0305735606064838>
- Magne, C., Schön, D., & Besson, M. (2006). Musician children detect pitch violations in both music and language better than nonmusician children: Behavioral and electrophysiological approaches. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*(2), 199–211.  
<https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.2.199>
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, *24*(1), 167–202.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Novembre, G., & Keller, P. E. (2011). A grammar of action generates predictions in skilled musicians. *Consciousness and Cognition*, *20*(4), 1232–1243.  
<https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.03.009>
- Pinho, A. L., De Manzano, Ö., Fransson, P., Eriksson, H., & Ullén, F. (2014). Connecting to create: Expertise in musical improvisation is associated with increased functional connectivity between premotor and prefrontal areas. *The Journal of Neuroscience*, *34*(18), 6156–6163. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4769-13.2014>
- Pinho, A. L., Ullén, F., Castelo-Branco, M., Fransson, P., & De Manzano, Ö. (2015). Addressing a paradox: Dual strategies for creative performance in introspective and extrospective networks. *Cerebral Cortex*, *26*(7), 3052–3063.  
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhv130>

- Pressing, J. (1988). Improvisation: Methods and models. In J. A. Sloboda (Ed.), *Generative processes in music: The psychology of performance, improvisation, and composition*. Clarendon Press / Oxford University Press.
- Przysinda, E., Zeng, T., Maves, K., Arkin, C., & Loui, P. (2017). Jazz musicians reveal role of expectancy in human creativity. *Brain and Cognition, 119*, 45–53.  
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2017.09.008>
- Rogers, S. E. (2013). Researching musical improvisation: Questions and challenges. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain, 23*(4), 269–272.  
<https://doi.org/10.1037/pmu0000027>
- Rosen, D. S., Erickson, B., Kim, Y. E., Mirman, D., Hamilton, R. H., & Kounios, J. (2016). Anodal tDCS to right dorsolateral prefrontal cortex facilitates performance for novice jazz improvisers but hinders experts. *Frontiers in Human Neuroscience, 10*.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00579>
- Rosen, D. S., Kim, Y. E., Mirman, D., & Kounios, J. (2017). All you need to do is ask? The exhortation to be creative improves creative performance more for nonexpert than expert jazz musicians. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 11*(4), 420–427. <https://doi.org/10.1037/aca0000087>
- Rosen, D. S., Oh, Y., Erickson, B., Zhang, F., Kim, Y. E., & Kounios, J. (2020). Dual-process contributions to creativity in jazz improvisations: An SPM-EEG study. *NeuroImage, 213*, 116632. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116632>
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal, 24*(1), 92–96. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092>
- Sachs, M. E., Ellis, R. J., Schlaug, G., & Loui, P. (2016). Brain connectivity reflects human aesthetic responses to music. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 11*(6), 884–891. <https://doi.org/10.1093/scan/nsw009>

- Sawyer, K. (1992). Improvisational creativity: An analysis of jazz performance. *Creativity Research Journal*, 5(3), 253–263. <https://doi.org/10.1080/10400419209534439>
- Tachibana, A., Noah, J. A., Ono, Y., Taguchi, D., & Ueda, S. (2019). Prefrontal activation related to spontaneous creativity with rock music improvisation: A functional near-infrared spectroscopy study. *Scientific Reports*, 9(1), 16044. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52348-6>
- Vergara, V. M., Norgaard, M., Miller, R., Beaty, R. E., Dhakal, K., Dhamala, M., & Calhoun, V. D. (2021). Functional network connectivity during jazz improvisation. *Scientific Reports*, 11(1), 19036. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98332-x>
- Vuust, P., Gebauer, L., Hansen, N. C., Jørgensen, S. R., Møller, A., & Linnet, J. (2010). Personality influences career choice: Sensation seeking in professional musicians. *Music Education Research*, 12(2), 219–230. <https://doi.org/10.1080/14613801003746584>

## Nachwort

Diese Arbeit bildet den Forschungsstand Anfang 2024 ab. Seitdem hat sich die Forschung zur musikalischen Improvisation in mehreren Bereichen weiterentwickelt – insbesondere in Bezug auf dynamische Netzwerkmodelle, funktionelle Konnektivität, EEG-basierte Ansätze, Predictive-Processing- und Active-Inference-Rahmenwerke sowie natürlichere experimentelle Paradigmen, die dem realen Geschehen musikalischer Improvisation näherkommen als klassische Laborbedingungen.

Diese Entwicklungen wurden bewusst nicht nachträglich in die Arbeit eingearbeitet. Der Text soll als zeitgebundene Darstellung des damaligen Forschungsstandes verstanden werden. Die zentrale Fragestellung der Arbeit – inwieweit musikalische Improvisation und der damit verbundene Wechsel im Verhältnis von exekutiver Kontrolle und Automatisierung erlernbar sind – besitzt jedoch weiterhin wissenschaftliche Relevanz. Eine zukünftige Aktualisierung würde diese neueren Entwicklungen integrieren.

## **Editionsnotiz**

Die folgende Übersicht dokumentiert die im Rahmen dieser Edition vorgenommenen Überarbeitungen. Es wurden ausschließlich sprachliche, formale und typografische Anpassungen vorgenommen. Inhaltliche Aussagen, die zitierte Literatur, die Argumentationsstruktur und die Schlussfolgerungen der ursprünglichen Arbeit wurden nicht verändert.

**Grammatik:** Vereinzelt Tippfehler und grammatikalische Unstimmigkeiten korrigiert (z. B. „maßgabelich“ → „maßgeblich“, „Gyrus frontalis inferiori“ → „Gyrus frontalis inferior“, fehlende Verbformen ergänzt).

**Zeichensetzung:** Kommasetzung, Bindestriche und Anführungszeichen vereinheitlicht; doppelte Leerzeichen entfernt.

**Konsistenz der Terminologie:** Schreibweisen wiederkehrender Fachbegriffe vereinheitlicht (z. B. „improvisationserfahren“, „präfrontal“, Bindestrichschreibung bei „Bottom-Up“/„Top-Down“).

**APA-Zitierweise:** Zitationsformate im Fließtext vereinheitlicht (z. B. „et al. 2016“ → „et al., 2016“); Literaturverzeichnis auf einheitliche DOI-Formatierung geprüft.

**Formatierung:** Dokument vollständig neu gesetzt: Deckblatt, Vorwort, automatisches Inhaltsverzeichnis, einheitliche Überschriftenhierarchie, Seitenzahlen, Blocksatz mit aktivierter Silbentrennung.

**Struktur:** Kapitelreihenfolge und -inhalte unverändert übernommen; Nachwort und Autorensseite als neue, redaktionelle Rahmung ergänzt.

## **Über den Autor**

Simon Schaugg studiert Psychologie an der Goethe-Universität Frankfurt. Seine Interessen liegen an der Schnittstelle von kognitiver Neurowissenschaft, Sozialpsychologie, Kreativitätsforschung und gesellschaftlicher Innovation. Neben wissenschaftlichen Arbeiten beschäftigt er sich mit Literatur, Musik und künstlerischen Ausdrucksformen.

Diese Veröffentlichung ist Teil eines persönlichen Archivs wissenschaftlicher und kreativer Arbeiten, das die Entwicklung eigener Fragestellungen und Denkprozesse dokumentiert.