



Universität Hamburg  
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

# Die Rolle der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit für die Entstehung von psychotischen Symptomen

**DISSERTATION**

zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

an der Universität Hamburg,

Fakultät Psychologie und Bewegungswissenschaft,

Institut für Psychologie

vorgelegt von

**Katrin Bahlinger**

Hamburg, 2022

**Tag der Disputation:** 30. Juni 2022

**Mitglieder des Promotionsprüfungsausschusses**

Vorsitzender: Prof. Dr. Lars Schwabe

Erstgutachterin: Prof. Dr. Tania Lincoln

Zweitgutachterin: Prof. Dr. Anja Riesel

Erste Disputationsgutachterin: Prof. Dr. Jenny Wagner

Zweite Disputationsgutachterin: Dr. habil. Sylvia Helbig-Lang

“Every success story is a tale of constant adaptation, revision and change.”

- *Richard Branson*

## DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich von Herzen bei allen bedanken, die mich bei der Arbeit an meiner Dissertation unterstützt haben. Allen voran danke ich den Personen, die an den Studien teilgenommen haben – ohne Sie wäre meine Forschung gar nicht möglich gewesen.

Besonders bedanke ich mich bei euch, Annika Clamor und Tania Lincoln, denn in meiner Promotionszeit habe ich unglaublich viel von euch lernen dürfen. Eure wertvollen Anregungen für meine Arbeit und euer hilfreiches Feedback zu den Manuskripten haben wesentlich dazu beigetragen, dass die Arbeit nun in dieser Form vorliegen kann. Annika, ich danke dir für deine Begleitung in dem Prozess, dafür, dass du immer ein offenes Ohr für mich hattest und bei allen meinen Schritten so mitgefiebert hast. Ich bedanke mich auch bei dem gesamten Team des Arbeitsbereichs und insbesondere bei der Emotionsregulations-Crew für allen Austausch, Denkanstöße und gemeinsame Pausen. Danke an Sandra, Rosalie und Ulrike – wie schön, dass ich gemeinsam mit euch durch die Zeit der Promotion und der Psychotherapieausbildung gehen durfte. Ihr habt mich inspiriert, ermutigt und mit mir Erfolge gefeiert.

Für die finanzielle Förderung des Projekts bedanke ich mich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Mein Dank gilt auch all den Studierenden, die in dem DFG-Projekt mitgearbeitet haben – danke an Felicitas Eckert, Annika Nee, Kristina Bien, Greta Meyer-Probst, Julian Baumbach, Carl Heine, Julia Homann, Sarah Below und Jennifer Schneider.

Ein großer Dank gilt meinen Freunden. Ich bedanke mich für Momente der Erholung bei gemeinsamen Abenden und Unternehmungen, für Hilfestellungen bei Neubewertung und Akzeptanz und auch für die ganz praktische Unterstützung, die von Statistikdiskussionen beim Abendessen über ausgeliehene Monitore reicht. Euer Glaube daran, dass ich einen Weg finden werde, beruflich die Dinge tun zu können, die mich begeistern, hat mir immer wieder neue Kraft geschenkt. Danke, dass ich Teil eurer vielseitigen Leben sein darf – das holt mich immer wieder aus meiner Welt der Wissenschaft und Psychotherapie und erweitert so meine Perspektive.

Ich bedanke mich auch bei Eve, Uli, Felix, Antje und Oma – ihr habt mir Vertrauen in meine Fähigkeiten geschenkt und mich viel Wichtiges gelehrt, was mich auch heute in meiner Arbeit prägt.

Schließlich möchte ich meine Dankbarkeit gegenüber meinem Mann ausdrücken: Tona, te agradezco muchísimo por estar a mi lado en este tiempo, por cuidarme y aguantarme cuando andaba estresada y totalmente enfocada en mi trabajo. Gracias por apoyarme en perseguir mis sueños profesionales, aunque sabías que me iban a atar por algunos años a Alemania. Es un gran regalo ser amada por ti.

# INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung .....	- 1 -
Abstract .....	- 3 -
1. Theoretischer Hintergrund .....	- 5 -
1.1. Psychotische Störungen und paranoide Gedanken .....	- 5 -
1.2. Die Rolle des Stresserlebens und des negativen Affekts für psychotische Symptome .....	- 7 -
1.3. Charakteristika der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit .....	- 8 -
1.3.1. Volitionale Emotionsregulation .....	- 8 -
1.3.2. Die resting-state Herzratenvariabilität als Indikator der psychophysiologischen Adaptivität .....	- 12 -
1.4. Die Erholung nach einem Stressor .....	- 14 -
2. Relevanz und Ziele der Dissertation .....	- 17 -
3. Zusammenfassung der Studien .....	- 20 -
3.1. Studie I – Psychophysiologische Regulationsfähigkeit, subjektiver Stress und das Auftreten von paranoiden Gedanken im Alltag .....	- 20 -
3.2. Studie II – Akute Zunahmen und Variabilität in Emotionsregulationsstrategien im Alltag: Zusammenhänge mit negativem Affekt und paranoiden Gedanken .....	- 24 -
3.3. Studie III – Autonome und subjektive Erholung nach einem Stressor bei Personen mit einer psychotischen Störung .....	- 28 -
4. Diskussion und Ausblick .....	- 33 -
4.1. Die Bedeutung der Regulationsfähigkeit für das Erleben von Stress und negativem Affekt .....	- 33 -
4.2. Die Verknüpfung der Regulationsfähigkeit mit psychotischen Symptomen .....	- 34 -
4.3. Schwierigkeiten in der Anpassung an Stressoren als Erklärungsmöglichkeit für hohe Stresslevels bei psychotischen Störungen? .....	- 37 -
4.4. Implikationen für die zukünftige Forschung .....	- 39 -
4.5. Limitationen der vorliegenden Arbeit .....	- 43 -
4.6. Klinische Implikationen und Ausblick .....	- 45 -
4.7. Fazit .....	- 49 -
5. Literatur .....	- 50 -

6. Anhang.....	- 69 -
6.1. Studie I.....	- 69 -
6.2. Studie II.....	- 77 -
6.3. Studie III.....	- 88 -

## Zusammenfassung

Hohe autonome und subjektive Stresslevel prädizieren paranoide Gedanken und spielen in vielen ätiologischen Modellen von psychotischen Symptomen eine zentrale Rolle. Daher erscheint eine günstige Regulation von negativem Affekt und autonomer Erregung essentiell, um das Auftreten von psychotischen Symptomen zu vermindern. Es besteht bereits Evidenz für eine verminderte psychophysiologische Regulationsfähigkeit in Form von einer niedrigen resting-state Herzratenvariabilität (HRV) und Schwierigkeiten in der volitionalen Emotionsregulation bei Personen mit psychotischen Störungen im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen. Diese Regulationsdefizite könnten die Erholung nach einem Stressor behindern. Um die Entstehung von psychotischen Symptomen besser zu verstehen, erscheint folglich die Untersuchung der Rolle der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit für hohe Ausprägungen des Stresserlebens und das Auftreten von paranoiden Gedanken erstrebenswert.

Zunächst wurden in einer Studie mit der experience sampling method querschnittliche Zusammenhänge zwischen der resting-state HRV, der volitionalen Emotionsregulation, dem subjektiven Stresserleben und paranoiden Gedanken im Alltag von Personen mit erhöhten Positivsymptomen betrachtet (Studie I). Anschließend wurde im selben Datensatz geprüft, ob Anstiege in Emotionsregulationsstrategien von einem bis zum nächsten Messzeitpunkt das Ausmaß des negativen Affekts und der paranoiden Gedanken prädizieren und ob ein variabler Einsatz zwischen und innerhalb von Strategien mit einem geringeren Ausmaß an negativem Affekt und paranoiden Gedanken einhergeht (Studie II). Drittens wurden in einer Laborstudie die autonome und subjektive Erholung nach einer Stressinduktion zwischen Personen mit einer psychotischen Störung und gesunden Kontrollpersonen verglichen und die resting-state HRV und die selbstberichteten Emotionsregulationsfertigkeiten als Prädiktoren der Erholung untersucht (Studie III).

Es zeigten sich querschnittliche Zusammenhänge der resting-state HRV und der volitionalen Emotionsregulation mit dem subjektiven Stresserleben im Alltag und Anstiege in der volitionalen Emotionsregulation prädizierten das Ausmaß des negativen Affekts. Weiterhin war die volitionale Emotionsregulation, jedoch nicht die resting-state HRV, auch direkt mit paranoiden Gedanken im Alltag assoziiert. Zusammenhänge der Variabilität im



Einsatz von Emotionsregulationsstrategien mit negativem Affekt und paranoiden Gedanken waren nicht signifikant. Personen mit einer psychotischen Störung und gesunde Kontrollpersonen unterschieden sich nicht in der autonomen Erholung nach einem Stressor, während sich in der subjektiven Erholung Verzögerungen in der klinischen Stichprobe zeigten. Die resting-state HRV und die selbstberichteten Emotionsregulationsfertigkeiten sagten die autonome, allerdings nicht die subjektive Erholung vorher.

Die Befunde stärken die Relevanz der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit für psychotische Symptome, dennoch lassen sie bezweifeln, dass hohe Ausprägungen des Stresserlebens bei Personen mit psychotischen Störungen vorrangig aus einer durch Regulationsschwierigkeiten hervorgerufene Verzögerung in der Erholung resultieren. Die Bedeutsamkeit der resting-state HRV und der volitionalen Emotionsregulation für das Erleben von Stress und negativem Affekt wird durch die vorliegenden Studien bekräftigt. Daher erscheinen Interventionen, die eine Verbesserung der Regulationsfähigkeit anstreben, vielversprechend, um die autonome Erholung zu verbessern, das Erleben von Stress zu reduzieren und somit zu einer Verminderung von psychotischen Symptomen beizutragen.

**Abstract**

High levels of autonomic and subjective stress predict paranoid thoughts and play a central role in many etiological models of psychotic symptoms. Hence, the regulation of negative affect and autonomic arousal appear essential to decrease the occurrence of psychotic symptoms. It was already found that individuals with psychotic disorders show reduced psychophysiological adaptability as compared to healthy controls, which is indexed by a low resting-state heart rate variability (HRV) and difficulties in volitional emotion regulation. These regulation deficits could hinder the recovery after a stressor. To gain a better understanding of the development of psychotic symptoms, research on the role psychophysiological adaptability for high levels of stress and the occurrence of paranoid thoughts seems worthwhile.

In a first study using the experience-sampling-method, cross-sectional associations between resting-state HRV, volitional emotion regulation, the subjective experience of stress and paranoid thoughts in daily life were examined in individuals with heightened positive symptoms. In a second study based on the same data set, it was investigated whether increases in the use of emotion regulation strategies predicted negative affect and paranoid thoughts and whether a variable use within and between strategies was associated with less negative affect and paranoid thoughts. In a third study, the autonomic and subjective recovery after a stress induction in the laboratory was compared between individuals with psychotic disorders and healthy controls and resting-state HRV and volitional emotion regulation were tested as predictors of recovery.

Resting-state HRV and volitional emotion regulation were cross-sectionally associated with subjective stress in daily life and increases of volitional emotion regulation predicted negative affect. Furthermore, volitional emotion regulation, but not resting-state HRV, was directly related to paranoid thoughts in daily life. No associations of the variable use of emotion regulation with negative affect and paranoid thoughts were found. The autonomic stress recovery did not differ between individuals with psychotic disorders and healthy controls. However, the subjective recovery was delayed in the clinical sample. Resting-state HRV and self-reported emotion regulation skills predicted autonomic but not subjective recovery.

The findings strengthen the relevance of psychophysiological adaptation for psychotic symptoms but raise doubts that high levels of stress can be attributed to a delayed stress recovery based on regulation deficits. The studies emphasize the significance of resting-state HRV and volitional emotion regulation for the experience of stress and negative affect. Therefore, interventions aiming at improving psychophysiological adaptation seem promising to support autonomic recovery, reduce the experience of stress and hence reduce psychotic symptoms.

## 1. Theoretischer Hintergrund

### 1.1. Psychotische Störungen und paranoide Gedanken

*„I perceive the universe itself as hating me. No one is on my side, so I hide how I feel from others lest they harm me.”* (Payne, 2012, p. 899)

Hört man wie Betroffene einer psychotischen Störung von ihren Erfahrungen berichten, wird es schnell nachvollziehbar, dass das Erleben von psychotischen Symptomen mit einer reduzierten Lebensqualität einhergeht (Watson et al., 2018). Einer Metaanalyse zur Folge erhalten im Laufe ihres Lebens 0.75 % der Menschen die Diagnose einer psychotischen Störung (Moreno-Küstner et al., 2018). Obwohl damit die Prävalenz niedriger liegt als bei anderen psychischen Erkrankungen, ist die Schizophrenie als eine der psychotischen Störungen die elfthäufigste Ursache für „Years Lived with Disability“ weltweit (Vos et al., 2015). Bei den psychotischen Störungen handelt es sich um eine Gruppe verschiedener Diagnosen mit sehr heterogenen Störungsbildern, weshalb es vorkommt, dass Personen trotz der gleichen Diagnose nur wenige spezifische Symptome miteinander teilen. Deshalb hat es sich in der Forschung oftmals als hilfreich erwiesen auf einzelne Symptome statt auf breite Diagnosekriterien zu fokussieren (z.B. Freeman et al., 2002).

Ein prominentes Positivsymptom ist der Wahn, wobei der Verfolgungswahn am häufigsten auftritt und von fast zwei Drittel der Betroffenen einer psychotischen Störung erlebt wird (Garety et al., 2013). Die klinische Relevanz wird auch dadurch deutlich, dass nahezu die Hälfte der Personen mit Verfolgungswahn von einem Niveau im psychologischen Wohlbefinden berichten, was zwei Standardabweichungen unterhalb dem der Allgemeinbevölkerung liegt (Freeman et al., 2014). Bei Verfolgungswahn handelt es sich um die feste Überzeugung angegriffen, schikaniert, betrogen oder verfolgt zu werden oder in eine Verschwörung verwickelt zu sein (American Psychiatric Association, 2013). Dabei ist ein zentrales Charakteristikum des Wahns, dass an der Überzeugung beharrlich festgehalten wird, auch wenn die Person mit gegenteiliger Evidenz konfrontiert wird. Jedoch ist es nicht so, dass paranoide Gedanken nur bei psychotischen Störungen auftreten, sondern sie sind auch in der Allgemeinbevölkerung verbreitet (Bebbington et al., 2013; Freeman et al., 2019).

Paranoiden Gedanken<sup>1</sup> beziehen sich darauf, dass Betroffene annehmen, dass ihnen absichtlich durch eine andere Person geschadet wird oder in der Zukunft Schaden zugefügt werden soll (Freeman & Garety, 2000). Paranoide Gedanken werden also am besten auf einem Kontinuum beschrieben, was von unumstößlichen Überzeugungen bis zu vorübergehend auftretenden Gedanken reicht (Linscott & Van Os, 2013). Die Phänomenologie und ätiologische Faktoren paranoider Gedanken gleichen sich dabei entlang des Kontinuums (Myin-Germeys, Krabbendam, et al., 2003; Stefanis et al., 2002; Van Os et al., 2009). Auch in der Allgemeinbevölkerung sind paranoide Gedanken mit einem geringeren Funktionsniveau, Leid und depressiven Symptomen (Armando et al., 2010) sowie einem allgemein schlechteren Gesundheitszustand (Nuevo et al., 2012) assoziiert. Außerdem sind stark misstrauische Überzeugungen mit einem erhöhten Risiko eine psychotische Störung zu entwickeln verbunden (Perkins et al., 2015) und eine Metanalyse zeigt, dass das Ausmaß der subklinischen Symptome bei Personen mit einem erhöhten Risiko den Übergang zu einer psychotischen Störung vorhersagt (Oliver et al., 2020). Deshalb erscheint neben einer effektiven Therapie zur Behandlung von Verfolgungswahn auch die Prävention von paranoiden Gedanken erstrebenswert, um die Manifestation von psychotischen Störungen zu verhindern.

Aktuell sind bestehende Behandlungsmöglichkeiten für psychotische Störungen jedoch noch verbesserungswürdig. Obwohl die S3-Leitlinie für Schizophrenie eine kognitive Verhaltenstherapie (KVT) empfiehlt (Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde e.V., 2019), zeigen sich für die KVT nur kleine bis moderate Effekte in Metaanalysen und es bleibt fraglich wie langanhaltend diese Effekte sind (Mehl et al., 2015; Turner et al., 2020; Van der Gaag et al., 2014). Auch die psychopharmakologische Behandlung mit Hilfe von Neuroleptika bringt einige Nachteile und Einschränkungen mit sich: viele Patienten leiden unter starken Nebenwirkungen (De Hert et al., 2012; Young et al., 2015) und die Adhärenz ist oftmals gering (Lacro et al., 2002). Außerdem stellt sich bei einem substantieller Anteil von Patienten keine Besserung der Symptomatik durch Neuroleptika ein (Haddad & Correll, 2018). Um die Therapie und Prävention von psychotischen Störungen zu verbessern, erscheint es deshalb essenziell zugrundeliegende

---

<sup>1</sup> In der vorliegenden Dissertation wird der Begriff psychotische Symptome genutzt, wenn keine spezifischen Annahmen über paranoide Gedanken getroffen werden bzw. keine spezifische Untersuchung dieser erfolgt. Ansonsten wird explizit von paranoiden Gedanken gesprochen.

Mechanismen der Entstehung und Aufrechterhaltung psychotischer Symptome besser zu verstehen. Durch ein tiefgreifendes Verständnis kausal verursachender Faktoren kann an diesen gezielt in therapeutischen Interventionen angesetzt werden, um das Auftreten psychotischer Symptome zu reduzieren (Freeman & Garety, 2014; Kendler & Campbell, 2009).

## **1.2. Die Rolle des Stresserlebens und des negativen Affekts für psychotische Symptome**

Mit den Vulnerabilitäts-Stress-Modellen besteht eine lange Tradition Abweichungen in der Stressreaktion mit der Entstehung von psychotischen Symptomen in Verbindung zu setzen (z.B. Nuechterlein & Dawson, 1984). Kernstück dieser Modelle ist die Annahme, dass überdauernde Vulnerabilitätscharakteristika dazu führen, dass bestimmte Menschen anfälliger für die Entwicklung von psychotischen Symptomen sind, wenn sie Stressoren in ihrer Umwelt ausgesetzt werden. Dabei wird angenommen, dass sich durch eine ungünstige Verarbeitung dieser Stressoren ein Hyperarousal aufbaut, was schließlich zum Auftreten von Symptomen führt. Tatsächlich besteht eine breite Evidenz dafür, dass Menschen mit einer psychotischen Störung im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen höhere Stresslevels, also ein Hyperarousal, aufweisen. Dies zeigt sich sowohl in subjektiven als auch in autonomen Stressindikatoren: Personen mit einer psychotischen Störung berichten von einem stärkeren Ausmaß des subjektiven Stressempfindens und des negativen Affekts sowohl im Alltag (Ludwig et al., 2020; Vaessen et al., 2019; Visser et al., 2018) als auch in Laborstudien (Lincoln et al., 2015; Livingstone et al., 2009; Van der Meer et al., 2014). Bei autonomen Parametern weisen Personen mit einer psychotischen Störung eine höhere Herzrate (Andersen et al., 2018; Lincoln et al., 2015; Moritz et al., 2011; Van Venrooij et al., 2012) sowie eine geringere Herzratenvariabilität (HRV; Bengtsson et al., 2020; Cella et al., 2018; Jáuregui et al., 2011) auf, was für ein erhöhtes Stresslevel spricht. Darüber hinaus zeigen Studien im Alltag, dass das Erleben von Stress und negativem Affekt das Auftreten von paranoiden Gedanken prädiziert: Ein Anstieg von negativem Affekt sagte nachfolgende paranoide Gedanken in klinischen Stichproben (Ben-Zeev et al., 2011; Klippel et al., 2017; Krkovic et al., 2020; Ludwig, Mehl, et al., 2019) und entlang des Paranoia-Kontinuums (Klippel et al., 2017; Kramer et al., 2014; Krkovic et al., 2020; Thewissen et al., 2011) vorher. Auch ein Anstieg der Herzrate (Krkovic et al., 2018) und ein Absinken der HRV (Schlier et al., 2019) prädizierten paranoide Gedanken im Alltag. Die Annahme, dass das Erleben von Stress ein Auftreten von paranoiden Gedanken begünstigen

kann, wird weiterhin durch experimentelle Studien gestützt: Diese fanden ein verstärktes Auftreten paranoider Gedanken nach einer Exposition mit experimentellen Stressoren in klinischen und nicht-klinischen Stichproben (Kesting et al., 2013; Krkovic et al., 2021; Lincoln et al., 2009; Moritz et al., 2011; Veling et al., 2016).

Insgesamt kann zusammengefasst werden, dass die Befunde in unterschiedlichen Studiendesigns und Stressindikatoren für hohe Stresslevels bei psychotischen Störungen sprechen und diese relevant für das Auftreten von paranoiden Gedanken erscheinen. Jedoch ist noch weitaus unklarer, wie sich diese hohen Stresslevels aufbauen und wie dies verhindert werden kann. Um die Prävention und Therapie von psychotischen Symptomen zu verbessern, ist es deshalb wichtig zu verstehen, wie eine günstige Verarbeitung von Stressoren erfolgen kann.

### **1.3. Charakteristika der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit**

Um bei der Konfrontation mit Stressoren ein adaptives Funktionieren aufrechtzuerhalten, ist es zentral den negativen Affekt und die autonome Erregung regulieren zu können. Als zwei wichtige Charakteristika, die die psychophysiologische Regulationsfähigkeit des Organismus beschreiben, werden in der vorliegenden Dissertation der Einsatz volitionaler Emotionsregulationsstrategien und die resting-state HRV näher beleuchtet.

#### **1.3.1. Volitionale Emotionsregulation**

Zur volitionalen Emotionsregulation zählen alle Prozesse, durch die ein Individuum zu beeinflussen versucht, welche Emotionen erfahren werden, wann und wie diese erlebt werden und wie sie ausgedrückt werden (vgl. Gross, 1998). Im Forschungsfeld der Emotionsregulation werden Strategien basierend auf ihren Zusammenhängen mit Maßen der psychischen Gesundheit häufig in funktionale und dysfunktionale Strategien unterteilt (Aldao et al., 2010). Dabei werden die Strategien Akzeptanz und Neubewertung meist als funktionale Strategien gezählt, was sich auch darin bestätigt findet, dass sie mit einem geringeren Ausmaß paranoider Gedanken in der Allgemeinbevölkerung verbunden sind (Osborne et al., 2017; Perchtold et al., 2019). Die Strategien Suppression und Rumination werden dagegen

typischerweise als dysfunktional eingeordnet, was sich auch in ihrem Zusammenhang mit paranoiden Gedanken zeigt (Grezellschak et al., 2017; Simpson et al., 2012).

Um der Frage nachzugehen, inwiefern die volitionale Emotionsregulation für das Auftreten von psychotischen Symptomen relevant ist, gibt es eine Reihe verschiedener Untersuchungsdesigns. Verbreitet sind Fragebogenstudien, bei denen Teilnehmende üblicherweise angeben sollen, wie häufig sie bestimmte Strategien gewohnheitsmäßig anwenden und dann der Zusammenhang mit psychotischen Symptomen hergestellt wird. Eine metanalytische Zusammenfassung dieser Studien kam zu dem Ergebnis, dass Personen mit psychotischen Störungen den Einsatz von mehr dysfunktionalen und weniger funktionalen Strategien im Vergleich zu Kontrollpersonen berichten und der Selbstbericht von dysfunktionalen Strategien direkt mit dem Ausmaß der Positivsymptomatik assoziiert ist (Ludwig, Werner, et al., 2019). Zudem moderierten selbstberichtete Emotionsregulationsstrategien den Zusammenhang von subjektivem Stressempfinden und negativem Affekt mit nachfolgenden paranoiden Gedanken im Alltag (Krkovic et al., 2018; Ludwig, Mehl, et al., 2019). Dies stützt die Annahme, dass volitionale Emotionsregulation entscheidend dafür ist, ob das Erleben von Stress und negativem Affekt in paranoiden Gedanken mündet. Dafür spricht auch eine Laborstudie, die fand, dass der gewohnheitsmäßige Einsatz von weniger funktionalen und mehr dysfunktionalen Emotionsregulationsstrategien in einer Hochrisikostichprobe deren stärkeren Anstieg an paranoiden Gedanken nach einem experimentell-induzierten sozialen Ausschluss im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen erklärte (Lincoln et al., 2018). Zusammenfassend legen also Studien, die volitionale Emotionsregulation als Trait erfassen, nahe, dass bei psychotischen Störungen Defizite in der Emotionsregulation vorhanden sind und diese begünstigen, dass das Erleben von Stress in paranoiden Gedanken mündet.

Jedoch können sich global-retrospektive Angaben, welche Strategien „im Allgemeinen“ (vgl. Cognitive Emotionregulation Questionnaire (CERQ), Loch et al., 2011) oder „in der letzten Woche“ (vgl. Fragebogen zur Selbsteinschätzung Emotionaler Kompetenzen (SEK-27), Berking & Znoj, 2008) eingesetzt werden, substantiell von Messungen, die sich auf eine konkrete momentane Situation beziehen, unterscheiden (Katz et al., 2017; Schwartz et al., 1999; Todd et al., 2004). Mögliche Gründe sind Gedächtnisverzerrungen (Phillips et al., 2007), aber auch



die Tatsache, dass die Auswahl einer Strategie vom Kontext beeinflusst wird (Aldao & Nolen-Hoeksema, 2012). Eine weitere Einschränkung von Fragebogenstudien ist, dass meist querschnittliche Zusammenhänge betrachtet werden, weshalb nicht untersucht werden kann, ob der Einsatz einer Strategie in einer Situation direkt nachfolgende Veränderungen im negativen Affekt und in paranoiden Gedanken zur Folge hat. Im Gegensatz dazu können bei experimentellen Studien Emotionen induziert und der Einsatz einer Strategie instruiert werden, um zu betrachten, ob dies eine direkte Auswirkung auf den negativen Affekt hat. In einer steigenden Anzahl experimenteller Studien finden sich keine Unterschiede darin, wie erfolgreich Personen mit einer psychotischen Störung im Vergleich zu Kontrollpersonen negativen Affekt regulieren (Clamor et al., 2020; Grezellschak et al., 2015; Opoka et al., 2020, 2021; Perry et al., 2012; Van der Meer et al., 2014). So scheinen sich Ergebnisse aus Fragebogenstudien und experimentellen Studien nicht zu decken, was zugleich auch daran liegen kann, dass sie einen unterschiedlichen Fokus setzen (Frequenz vs. Effektivität von Strategien) und Outcomes der Emotionsregulation auf verschiedenen Zeitskalen erfassen (lang- vs. kurzfristig; McRae, 2013). Obwohl experimentelle Studien sehr nützlich sind, um kausale Zusammenhänge näher zu beleuchten, weichen sie in der Art der Stimuli und durch die explizite Instruktion zur Regulation erheblich von typischen Alltagssituationen ab, was ihre ökologische Validität einschränkt. Studien, die die experience sampling method (ESM) nutzen, erfassen Gedanken, Emotionen und ihre Regulation direkt im Alltag der Teilnehmenden und haben damit den Vorteil relevante Variablen zum Zeitpunkt ihres Auftretens und in ihrem natürlichen Setting erfassen zu können. Des Weiteren eröffnet die ESM auch die Chance durch mehrmalige Messungen prädiktive Zusammenhänge zwischen den Variablen und Fragestellungen zur Frequenz und Effektivität auf der gleichen Zeitskala untersuchen zu können. Um genauer zu verstehen, welche Rolle die volitionale Emotionsregulation für das Auftreten von paranoiden Gedanken spielt, erscheint es deshalb vielversprechend die ESM mit einzubeziehen.

Bisherige ESM-Studien fanden, dass Personen mit einer psychotischen Störung insgesamt häufiger und mehr sowohl funktionale als auch dysfunktionale Emotionsregulationsstrategien einsetzen als Kontrollpersonen (Ludwig et al., 2020; Strauss et al., 2019; Visser et al., 2018). Da der Befund eines erhöhten negativen Affekts bei psychotischen

Störungen also nicht rein darauf zurückgeführt werden kann, dass Strategien zu selten eingesetzt oder zu wenige ausgewählt werden, liegt die Vermutung nahe, dass die Strategien weniger effektiv angewendet werden. Dafür ist die Ergebnislage jedoch in Bezug auf den negativen Affekt bislang gemischt (Ludwig et al., 2020; Strauss et al., 2019; Visser et al., 2018). ESM-Studien, die untersuchen, ob der Einsatz spezifischer Strategien direkt für nachfolgende paranoide Gedanken prädiktiv ist, zeigten, dass sowohl Suppression (Nittel et al., 2018) als auch Rumination (Hartley, Haddock, Vasconcelos E Sa, et al., 2014) nachfolgend mehr paranoide Gedanken in klinischen Stichproben vorhersagten. Bisher gibt es jedoch nur eine ESM-Studie, die auch funktionale Strategien als Prädiktor für paranoide Gedanken untersuchte, und diese fand keine signifikanten Zusammenhänge (Nittel et al., 2018). So ergibt sich, dass selbst ESM-Studien, die zwar viele Vorteile mit sich bringen, bislang noch nicht konsistent erkennen lassen, welche Strategien einem geringen Ausmaß des negativen Affekts und der paranoiden Gedanken vorangehen. Das kann mit daran liegen, dass bisherige Studien nur die Intensität, mit der eine Strategie zu einem bestimmten Zeitpunkt angewendet wurde, betrachten und dabei Veränderungen in der Intensität von Strategien über die Zeit außer Acht lassen.

In den letzten Jahren wurde verstärkt thematisiert, dass die Effektivität der Emotionsregulation nicht nur davon abhängt wie häufig und intensiv funktionale versus dysfunktionale Strategien eingesetzt werden, sondern dass auch ein rigides Regulationsmuster, in dem Intensitäten von Strategien nicht verändert werden, ungünstige Auswirkungen haben kann (Coleman & Oliveros, 2020; Kobylińska & Kusev, 2019). Dahinter steht die wachsende Befundlage, dass die Effektivität einzelner Strategien vom Kontext (Aldao & Nolen-Hoeksema, 2012; Arens et al., 2013; Bonanno & Burton, 2013; Gross, 2015) und den damit verbundenen Zielen (Eldesouky & English, 2019; English et al., 2017; Ma et al., 2018; Tamir & Ford, 2012; Wilms et al., 2020) abhängt. Damit erscheint es wichtig in Abhängigkeit vom Kontext zwischen Strategien wechseln und ihre Intensität verändern zu können (regulatorische Flexibilität, s. Aldao et al., 2015). Um dies zu ermöglichen, ist es nach dem Konzept von Aldao et al. (2015) eine notwendige Grundvoraussetzung Strategien variabel einsetzen zu können. Dabei wird zwischen der Variabilität zwischen verschiedenen Strategien zu einem Zeitpunkt, also einer Priorisierung einzelner Strategien gegenüber anderen, und der

Variabilität innerhalb einzelner Strategien über die Zeit unterschieden. In einer gemeinsamen Analyse verschiedener ESM-Datensätze aus nicht-klinischen Stichproben zeigte sich, dass eine höhere Variabilität zwischen und innerhalb von Strategien mit einem geringeren Ausmaß des negativen Affekts assoziiert ist (Blanke et al., 2020; Wenzel et al., 2021). Für die Erforschung psychotischer Symptome kann es also aufschlussreich sein, Veränderungen in der Intensität von Strategien, das Priorisieren einzelner Strategien und die Variation in der Intensität einzelner Strategien über die Zeit zu untersuchen, um ein klareres Bild davon zu erhalten, wie negativer Affekt und paranoide Gedanken effektiv reguliert werden können.

### ***1.3.2. Die resting-state Herzratenvariabilität als Indikator der psychophysiologischen Adaptivität***

Die volitionale Emotionsregulation beschreibt eine zentrale Facette der Regulationsfähigkeit, basiert dabei aber auf der Vorstellung, dass der Verlauf einer Emotion nur durch das gezielte Einsetzen von Strategien, welche bewusst selbst berichtet werden können, beeinflusst wird. Diese Form der Regulation beschreibt jedoch nur einen Aspekt, wie eine Adaptation erreicht werden kann. Emotionen sind an sich autoregulativ, das bedeutet sie vergehen auch ohne den Einsatz einer Strategie (Kappas, 2011). Dies basiert auf physiologischen Prozessen, die nach einer Anpassung der physiologischen Erregung an Veränderungen in der Umwelt wieder eine Rückkehr zur Homöostase bewirken (McEwen, 1998). Dabei unterscheiden sich Menschen darin wie schnell die physiologische Erregung angepasst werden kann. Als ein Trait Marker der psychophysiologischen Adaptivität gilt die die resting-state HRV, also die HRV im Ruhezustand (Thayer & Lane, 2000). Die Variabilität zwischen einzelnen Herzschlägen resultiert aus der Anpassung der Aktivität des autonomen Nervensystems an Veränderungen in den Umweltanforderungen, aber auch an Signale aus dem Körper wie zum Beispiel der Atmung (Ernst, 2017). Das Herz wird dual durch das sympathische und parasympathische Nervensystem innerviert, wobei sich Einflüsse des sympathischen Nervensystems langsamer auswirken als parasympathische Einflüsse (Levy, 1990). In Ruhe ist das Herz unter ständiger inhibitorischer Kontrolle des Nervus Vagus, dem primären Nerv des Parasympathikus (Shaffer et al., 2014). Dies ermöglicht durch das Lösen der „Bremse“ des Nervus Vagus eine rasche Erhöhung der Herzrate und durch das Wiedereinsetzen der Bremse auch eine anschließend rasche Wiederherstellung der

ursprünglichen Herzrate. Somit ist für eine schnelle Anpassung an die Umwelt eine hohe vagale Kontrolle der Herzrate günstig (Thayer & Lane, 2000). Die Regulation physiologischer, behavioraler, emotionaler und kognitiver Reaktionen durch den Nervus Vagus wird im neuroviszeralen Integrationsmodell (Thayer & Lane, 2000) genauer beschrieben. Laut des Modells sind inhibitorische Einflüsse des präfrontalen Cortex auf subkortikale Strukturen wie die Amygdala zentral dafür Emotionen, autonome Erregung und Aufmerksamkeit regulieren zu können. Die resting-state HRV dient als peripherer Index für die Funktionalität dieses neuronalen Netzwerks und kann somit auch mit der volitionalen Emotionsregulation in Verbindung gesetzt werden (Review: Appelhans & Luecken, 2006). Eine Vielzahl an Studien bestätigte eine Assoziation zwischen der resting-state HRV und der volitionalen Emotionsregulation (Metaanalyse: Holzman & Bridgett, 2017). Bisher gibt es nur eine Studie, die die Verknüpfungen zwischen der resting-state HRV, der volitionalen Emotionsregulation und dem subjektiven Stresserleben bei Personen mit einer psychotischen Störung untersuchte (Clamor, Schlier, et al., 2015). Diese Studie fand Assoziationen der volitionalen Emotionsregulation sowohl mit der resting-state HRV als auch mit dem subjektiven Stresserleben, was die Frage aufwirft, ob ein Zusammenhang zwischen einer niedrigen resting-state HRV und einem hohen subjektiven Stresserleben über Schwierigkeiten in der volitionalen Emotionsregulation vermittelt werden könnte.

In den letzten Jahren wird die resting-state HRV als möglicher Endophänotyp für psychotische Störungen diskutiert: Eine Metaanalyse fand einen signifikanten großen Effekt für eine geringere resting-state HRV bei Personen mit einer psychotischen Störung im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen (Clamor et al., 2016). Eine geringe resting-state HRV zeigte sich auch in Risikogruppen (Counotte et al., 2017), bei Verwandten ersten Grades (Bär et al., 2012; Voss et al., 2010) und unmedizierten Personen während einer ersten akuten psychotischen Episode (Valkonen-Korhonen et al., 2003). Dies spricht dafür, dass eine verringerte resting-state HRV nicht rein auf eine Medikation mit Neuroleptika zurückzuführen ist und ein Vulnerabilitätscharakteristikum für psychotische Störungen sein könnte. Dies wird weiterhin dadurch gestützt, dass eine theoretische Basis für die Annahme besteht, dass eine geringe resting-state HRV spezifisch für das Auftreten von paranoiden Gedanken relevant sein könnte: Eine geringe resting-state HRV weist auf einen Mangel von präfrontaler Inhibition auf

die Amygdala hin (vgl. NIM) und eine Hyperaktivierung der Amygdala kann in Schwierigkeiten in dem Erkennen von Sicherheitssignalen und einer kontinuierlich erhöhten Bedrohungswahrnehmung resultieren (Thayer et al., 2012). Tatsächlich wurde gezeigt, dass die resting-state HRV bei gesunden Personen mit dem Sicherheitslernen verknüpft ist: so war die resting-state HRV mit der Inhibition von konditionierten Angstreaktionen und der Angstextinktion assoziiert (Wendt et al., 2015) und Personen mit einer hohen resting-state HRV wiesen ein verbessertes Extinktionslernen im Vergleich zu Personen mit einer niedrigen resting-state HRV auf (Pappens et al., 2014). Zudem zeigten sich bei Personen mit einem paranoiden Wahn Abweichungen in der Aktivität des präfrontalen Cortex und der Amygdala mit einer zeitgleich erhöhten physiologischen Erregung während der Verarbeitung von ängstlichen Gesichtern (L. M. Williams et al., 2004). Dies kann auch gut mit dem kognitiven Modell für Verfolgungswahn (Freeman et al., 2002) in Verbindung gesetzt werden, welches paranoide Gedanken auf eine Fehlattribution ungewöhnlich internaler Erfahrungen, wie es eine erhöhte physiologische Erregung ohne subjektive Erklärung sein kann, zurückführt. Ob die resting-state HRV spezifisch mit paranoiden Gedanken zusammenhängt, muss jedoch noch überprüft werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sowohl die volitionale Emotionsregulation als auch die resting-state HRV wichtige Charakteristika für ein schnelles und adaptives Reagieren auf sich verändernde Umwelanforderungen darstellen, bisher aber noch nicht abschließend geklärt ist, ob die psychophysiologischen Regulationsfähigkeit hohe Ausprägungen des Stresserlebens, des negativen Affekts und der paranoiden Gedanken bei psychotischen Störungen erklären kann.

#### **1.4. Die Erholung nach einem Stressor**

Grundsätzlich kann es als adaptiv betrachtet werden, wenn subjektive und autonome Stressparameter nach der Exposition gegenüber einem Stressor schnell wieder auf das Baselinenniveau zurückkehren (Koval et al., 2015; Smith et al., 2020). Denn eine rasche und vollständige Erholung ist essentiell dafür, dass der Organismus angemessen auf zukünftige Anforderungen der Umwelt reagieren kann (Laborde et al., 2018). In gesunden Stichproben haben sich die resting-state HRV und die volitionale Emotionsregulation als relevant für die Erholungsfähigkeit herausgestellt: Bei Personen mit einer geringen resting-state HRV wurden

Defizite in der kardiovaskulären Erholung gefunden (Weber et al., 2010), während Personen mit einer hohen resting-state HRV eine schnelle Adaptation der emotionalen Erregung berichteten (Hildebrandt et al., 2016). Für die volitionale Emotionsregulation zeigte sich ein Zusammenhang der funktionalen Emotionsregulation mit einer verbesserten Erholung in autonomen Parametern, sodass bei Versuchspersonen, die funktionale Strategien verwendeten, ein schnellerer Wiederanstieg des temporären Zustands der HRV (state HRV; Jentsch & Wolf, 2020; Stange et al., 2017) und eine schnellere Reduktion der Herzrate (J. J. W. Liu et al., 2017) festgestellt wurde. Ein Zusammenhang von der funktionalen Emotionsregulationsstrategie Neubewertung zeigte sich auch mit dem subjektiven Stressempfinden (Shapiro, Stange, et al., 2019). Dagegen gingen Schwierigkeiten in der volitionalen Emotionsregulation und dysfunktionale Strategien mit einer verzögerten Erholung einher (Berna et al., 2014; Lewis et al., 2018; Raymond et al., 2019; Zoccola et al., 2010). Folglich liegt nahe, dass Defizite in der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit zu einer verzögerten Erholung bei psychotischen Störungen führen könnten.

Allerdings gibt es bislang nur wenige Studien, die die Erholung nach einem Stressor bei psychotischen Störungen untersucht haben. In einer ersten Studie mit einem mental-arithmetischen Stressor zeigten sich zunächst keine Unterschiede in der initialen Stressreaktion zwischen Versuchspersonen mit der Diagnose einer Schizophrenie und gesunden Kontrollpersonen, jedoch war die state HRV 7 min nach dem Stressor im Gegensatz zu der Kontrollgruppe bei der klinischen Gruppe noch nicht wieder zur Baseline zurückgekehrt (Castro et al., 2008). Das Forschungsteam fand dies ebenso bei Verwandten ersten Grades (Castro et al., 2009). Des Weiteren wurde auch bei Personen mit einem klinisch erhöhten Risiko für die Entwicklung einer psychotischen Störung beobachtet, dass die Herzrate auch nach Beendigung eines sozialen Stressors noch weiter ansteigt, was sich bei Personen mit einem geringen Risiko so nicht darstellte (Weintraub et al., 2019). Diese Studien deuten an, dass eine verzögerte autonome Erholung als ein Vulnerabilitätscharakteristikum für psychotische Störungen in Betracht kommen könnte. Auch für eine verzögerte Erholung im subjektiven Stressempfinden gibt es bereits erste Hinweise aus einer ESM-Studie mit Personen mit einer ersten psychotischen Episode oder einem klinisch erhöhten Risiko, jedoch zeigte sich dies nicht bei Personen mit chronischen Krankheitsverläufen (Vaessen et al., 2019).

Da die Messzeitpunkte 90 min Abstand voneinander hatten, ist jedoch keine detaillierte Aussage darüber möglich, wann die Stressparameter zur Baseline zurückkehrten und ob sich die Gruppen innerhalb der ersten 90 min in ihrer Erholung unterschieden.

Abschließend kann festgehalten werden, dass erste Studien auf eine weniger effektive Erholung bei psychotischen Störungen hindeuten, jedoch bislang nicht simultan verschiedene Ebenen der Stressreaktion betrachtet wurden. Da es nicht ungewöhnlich ist, dass keine Assoziation von subjektiven und physiologischen Stressparameter gefunden wird (Vaessen et al., 2021), ist eine zeitgleiche Erfassung jedoch wünschenswert, um ein komplettes Bild der Stressreaktion zu erhalten. Außerdem lassen bisherige Studien die Frage offen, ob die psychophysiologische Regulationsfähigkeit eine verzögerte Erholung erklären könnte. Die Klärung der Frage, welche Faktoren für die Erholung relevant sind, ist allerdings wichtig, um Ansatzpunkte für die Förderung einer verbesserten Erholung finden zu können.

## 2. Relevanz und Ziele der Dissertation

Der aktuelle Forschungsstand macht deutlich, dass bei psychotischen Störungen hohe Stresslevels vorhanden sind, aber noch nicht ausreichend geklärt ist, ob Schwierigkeiten in der Regulationsfähigkeit hohe Ausprägungen des Stresserlebens und das Auftreten von Symptomen erklären können. Das Ziel dieser Dissertation ist es daher die Bedeutung der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit für das Stresserleben und psychotische Symptome näher zu beleuchten. Dabei soll der Frage nachgegangen werden, inwiefern die volitionale Emotionsregulation und die resting-state HRV als Charakteristika der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit mit dem subjektiven und autonomen Stresserleben, dem negativen Affekt sowie paranoiden Gedanken verbunden sind und wie sich diese auf die Erholung nach einem Stressor auswirken. Bislang werden bei der Erforschung psychotischer Symptome subjektive und autonome Parameter selten simultan untersucht und auch die Forschungsbereiche der volitionalen Emotionsregulation und der resting-state HRV bleiben oftmals getrennt. Eine gemeinsame Betrachtung der Bereiche erscheint jedoch wichtig, da die subjektive und physiologische Ebene der Stressreaktion bei Personen mit einer psychotischen Störung substantiell voneinander abweichen können (Söder et al., 2018) und eine integrative Sichtweise der Regulationsfähigkeit für das Verständnis ihrer Bedeutung für die Psychopathologie förderlich sein kann (Nowak et al., 2021). Durch die Klärung der Rolle der Regulationsfähigkeit sollen Ansatzpunkte gefunden werden, wie eine günstige Regulation erfolgen kann und so hohe Stress- und Symptomlevels verhindert werden können.

Zur Untersuchung der Verknüpfung der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit mit dem Stresserleben und psychotischen Symptomen kommen in der vorliegenden Forschungsarbeit unterschiedliche Untersuchungsdesigns zum Einsatz. Zum einen werden querschnittliche und längsschnittliche Zusammenhänge im Alltag mit Hilfe einer ESM-Studie betrachtet (Studie I und II) und zum anderen werden die Erholung nach einer Stressinduktion zwischen Personen mit einer psychotischen Störung und gesunden Kontrollpersonen in einer Laborstudie verglichen und mögliche Prädiktoren für die Erholung untersucht (Studie III). Dadurch sollen bestehende Forschungslücken geschlossen werden: Erstens steht trotz der Evidenz für die HRV als Marker selbstregulatorischer Mechanismen noch die Überprüfung der



Zusammenhänge der resting-state HRV mit der volitionalen Emotionsregulation und dem Stresserleben im Alltag aus. Dabei ist auch noch unklar, ob die resting-state HRV mit paranoiden Gedanken assoziiert ist und Zusammenhänge spezifisch für diesen Symptombereich sind. Es erscheint vor allem der Vergleich zu depressivem Erleben relevant, da bei Personen mit einer depressiven Störung auch eine abweichende Verarbeitung von Stressoren (Myin-Germeys, Peeters, et al., 2003; Shapero, Farabaugh, et al., 2019) und eine reduzierte resting-state HRV (Hartmann et al., 2019; Kemp et al., 2010) gefunden wurden und Zusammenhänge von depressivem Erleben mit der volitionalen Emotionsregulation bestehen (Aldao et al., 2010; Aldao & Nolen-Hoeksema, 2010). Zweitens gibt es zwar reichliche Untersuchungen zur volitionaler Emotionsregulation bei psychotischen Störungen, diese fokussieren jedoch hauptsächlich auf die globale Frequenz und Intensität von Emotionsregulationsstrategien. Dies wird in dem Forschungsfeld der Emotionsregulation zunehmend in Frage gestellt, weshalb der Einbezug von Veränderungen in Strategien über die Zeit und der Variabilität von Strategien dabei helfen könnte ein klareres Bild der Rolle der volitionalen Emotionsregulation für paranoide Gedanken zu gewinnen. Drittens ist eine dysfunktionale Verarbeitung von Stressoren ein zentrales Element in vielen Modellen zur Entstehung von psychotischen Symptomen und empirische Studien weisen auf Schwierigkeiten in der Regulationsfähigkeit bei psychotischen Störungen hin. Trotzdem stehen Erholungsprozesse nach dem Auftreten eines Stressors im Gegensatz zur initialen Reaktivität bislang kaum im Fokus der Forschung und daher ist es noch nicht abschließend geklärt, ob Personen mit einer psychotischen Störung Verzögerungen in der Erholung aufweisen.

Mit der vorliegenden Dissertation sollen deshalb folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- (1) Wie hängen die resting-state HRV, die volitionale Emotionsregulation, das subjektive Stressempfinden und paranoide Gedanken im Alltag zusammen? Sind diese Zusammenhänge spezifisch für paranoide Gedanken?*

In einer siebentägigen ESM-Studie im Alltag von Versuchspersonen mit erhöhter subklinischer Positivsymptomatik sollen querschnittliche Zusammenhänge zwischen der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit und dem

momentanen Erleben von Stress und paranoiden Gedanken betrachtet werden. Es wird untersucht, ob die resting-state HRV mit der volitionalen Emotionsregulation im Alltag verbunden ist und eine Assoziation zwischen der resting-state HRV und dem Stresserleben über die volitionale Emotionsregulation vermittelt wird. Zur Überprüfung der Spezifität werden die Zusammenhänge auch für depressives Erleben getestet (Studie I).

*(2) Prädizieren Veränderungen in der Intensität des Einsatzes von Emotionsregulationsstrategien und der variable Gebrauch von Strategien negativen Affekt und paranoide Gedanken im Alltag?*

In demselben Datensatz, auf dem auch Studie I basiert, sollen Assoziationen zwischen einer akuten Zunahme im Einsatz einer Emotionsregulationsstrategie und dem anschließenden negativen Affekt und paranoiden Gedanken betrachtet werden. Außerdem werden Zusammenhänge der Variabilität im Einsatz zwischen verschiedenen Strategien und innerhalb einer Strategie mit negativem Affekt und paranoiden Gedanken untersucht (Studie II).

*(3) Besteht eine verzögerte Erholung nach der Exposition mit einem Stressor bei Personen mit einer psychotischen Störung im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen? Und sagt die psychophysiologische Regulationsfähigkeit eine rasche Erholung vorher?*

In einer Laborstudie werden die autonome und subjektive Erholung nach einem kombinierten physisch-kognitiven Stressor zwischen Personen mit einer psychotischen Störung und Personen ohne die Diagnose einer aktuellen psychischen Störung verglichen. Die selbstberichtete volitionale Emotionsregulationsfähigkeit und die resting-state HRV werden als Prädiktoren für die Erholung untersucht (Studie III).

### 3. Zusammenfassung der Studien

#### 3.1. Studie I – Psychophysiologische Regulationsfähigkeit, subjektiver Stress und das Auftreten von paranoiden Gedanken im Alltag

Bahlinger, K., Lincoln, T.M., Krkovic, K., & Clamor, A. (2020). Linking psychophysiological adaptation, emotion regulation, and subjective stress to the occurrence of paranoia in daily life. *Journal of Psychiatric Research*, 130, 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2020.07.021>.

#### Hintergrund und Hypothesen

Das Erleben von Stress spielt eine entscheidende Rolle für das Auftreten von paranoiden Gedanken (z.B. Krkovic et al., 2018; Lincoln et al., 2009), weshalb eine reduzierte psychophysiologische Regulationsfähigkeit (Clamor et al., 2016; Ludwig, Werner, et al., 2019) ein Vulnerabilitätsfaktor für die Entstehung von paranoiden Gedanken darstellen könnte. Zwei Charakteristika der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit, die resting-state HRV und die volitionale Emotionsregulation (Thayer & Lane, 2000), könnten daher für das Auftreten von subjektivem Stress und paranoiden Gedanken bedeutsam sein. Allerdings steht eine Überprüfung der Zusammenhänge der resting-state HRV mit der Emotionsregulation und dem Erleben von Stress und paranoiden Gedanken im Alltag noch aus und es bleibt bislang unklar, ob die Emotionsregulation einen Zusammenhang zwischen der resting-state HRV und dem Erleben von Stress und paranoiden Gedanken vermitteln könnte. Außerdem gibt es ebenso bei depressiven Störungen Hinweise auf eine reduzierte resting-state HRV (Hartmann et al., 2019) und Defizite in der Emotionsregulation (Aldao & Nolen-Hoeksema, 2010), weshalb die Spezifität der postulierten Zusammenhänge für paranoide Gedanken geprüft werden muss. In einer ESM-Studie mit einer einmaligen Erhebung der resting-state HRV sollen in einer Stichprobe mit erhöhter Positivsymptomatik demnach folgende Hypothesen untersucht werden:

- (I) Eine höhere resting-state HRV prädiziert sowohl mehr funktionale und weniger dysfunktionale Emotionsregulation als auch ein geringeres Erleben von subjektivem Stress und paranoiden Gedanken im Alltag.

- (II) Mehr funktionale und weniger dysfunktionale Emotionsregulation prädiziert ein zeitgleich geringeres Erleben von subjektivem Stress und paranoiden Gedanken.
- (III) Die Emotionsregulation mediiert Zusammenhänge zwischen der resting-state HRV und dem Erleben von subjektivem Stress und paranoiden Gedanken.

Außerdem soll die Spezifität der Zusammenhänge exploriert werden, indem diese ebenso für depressives Erleben im Alltag getestet werden.

### **Methode**

Zunächst absolvierten interessierte Personen ein Online-Prescreening, um mit Hilfe des Community Assessment for Psychic Experiences (Stefanis et al., 2002) sicherzustellen, dass Versuchspersonen ein Mindestmaß an psychotischen Erfahrungen in den letzten vier Wochen berichteten (Summenscore  $\geq 9$  auf der Subskala der Positivsymptome). Die Stichprobe für die ESM-Erhebung bestand aus  $n = 34$  Personen, wobei für Studie I aufgrund von einer fehlerhaften Aufzeichnung des Elektrokardiogramms (EKG) und der Einnahme von Medikamenten zwei Personen ausgeschlossen werden mussten. Also bestand die finale Stichprobe für Studie I aus  $n = 32$ . Von den Versuchspersonen gaben 53 % an, dass sie im Laufe ihres Lebens bereits eine Diagnose einer psychischen Erkrankung, jedoch keiner psychotischen Störung, gestellt bekommen zu haben. Vor der ESM-Erhebung fand ein erster Termin im Labor statt, bei dem die resting-state HRV erfasst wurde. Das EKG wurde mit einem NeXus Mark II unter der Verwendung der Software Biotrace mit einer Samplingrate von 256/s in einem Intervall von 5 min aufgezeichnet. Mit Hilfe von Kubios HRV Premium wurden Artefakte bei der R-Peak-Erkennung manuell korrigiert und schließlich zwei Indikatoren des vagalen Tonus berechnet, welche üblicherweise hoch miteinander korreliert sind: der Root Mean Square of Successive Differences (RMSSD) und die High-Frequency HRV (Laborde et al., 2017). Nach Erfassung der resting-state HRV wurden die Versuchspersonen in die ESM-Erhebung eingeführt, welche in den nachfolgenden sieben Tagen zwischen 9-22 Uhr erfolgte. Dabei wurden sie neunmal am Tag aufgefordert die Anwendung von Emotionsregulationsstrategien sowie das aktuelle Erleben von subjektivem Stress, paranoiden Gedanken und depressivem Erleben zu berichten. Funktionale und dysfunktionale Emotionsregulation wurden durch jeweils zwei Strategien erfasst: Neubewertung und Akzeptanz wurden als funktionale und Rumination und Suppression als dysfunktionale Strategien zusammengefasst. Zur Erfassung

der Strategien kamen jeweils drei state-adaptierte Items von verschiedenen Emotionsregulationsfragebögen zum Einsatz (Neubewertung und Rumination: Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (Loch et al., 2011), Akzeptanz: Fragebogen zur Selbsteinschätzung Emotionaler Kompetenzen (Berking & Znoj, 2008), Suppression: Emotion Regulation Questionnaire (Abler & Kessler, 2009)). Der subjektive Stress wurde durch vier Items zum Erleben von Stress, Hilflosigkeit, der Kontrollierbarkeit der Situation und Entspannung erfasst (vgl. Gaab et al., 2005). Für die Messung von momentanen Symptomen wurde die state-adaptierte Kurzversion der Paranoischecklist (Schlier et al., 2016) mit fünf Items und die Subskala Depression der Symptom-Checklist-14 (Harfst et al., 2002) mit sechs Items eingesetzt. Alle ESM-Items wurden auf einer siebenstufigen Likertskala eingeschätzt. In separaten hierarchisch linearen Modellen für die jeweiligen abhängigen Variablen wurden die Prädiktoren der resting-state HRV (I) sowie der Emotionsregulation (II) getestet. Die Mediation (III) wurde nach dem Vorgehen von Baron und Kenny (1986) geprüft.

## **Ergebnisse**

(I) Eine höhere resting-state HRV prädizierte mehr funktionale Emotionsregulation und geringere subjektive Stresslevels im Alltag, war jedoch nicht prädiktiv für dysfunktionale Emotionsregulation, paranoide Gedanken und depressives Erleben. (II) Darüber hinaus prädizierte mehr funktionale Emotionsregulation geringeren subjektiven Stress und paranoide Gedanken zum gleichen Messzeitpunkt, während mehr dysfunktionale Emotionsregulation ein höheres subjektives Stresserleben und mehr paranoide Gedanken prädizierte. Die Ergebnisse zeigten sich gleichförmig auch für depressives Erleben. (III) Wenn die resting-state HRV und die funktionale Emotionsregulation in einem Modell als Prädiktoren für das subjektive Stresserleben eingeschlossen wurden, war der Effekt der resting-state HRV auf das subjektive Stresserleben nicht länger signifikant.

## **Diskussion**

Studie I bekräftigt die Verknüpfung der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit mit dem Auftreten von subjektivem Stress und paranoiden Gedanken, aber auch von depressivem Erleben. Ein Zusammenhang zwischen der resting-state HRV und paranoiden Gedanken im Alltag wurde jedoch nicht bestätigt. Ein Grund dafür könnte sein, dass sich

Zusammenhänge nur in klinischen Stichproben mit noch stärker ausgeprägter Symptomatik manifestieren, da bereits gezeigt wurde, dass eine geringere resting-state HRV mit einer erhöhten Symptomschwere assoziiert ist (Montaquila et al., 2015). Weiterhin stützen die Ergebnisse die Verbindung zwischen der resting-state HRV und dem Einsatz funktionaler Emotionsregulationsstrategien und sprechen dafür, dass die resting-state HRV mit den Stresslevels durch die funktionale Emotionsregulation verknüpft ist. Die Studie untermauert dadurch mit einem Design mit hoher ökologischer Validität die Gültigkeit der Ergebnisse einer vorangegangenen Studie mit einer einmaligen und retrospektiven Erfassung der Emotionsregulation in einer klinischen Stichprobe (Clamor, Schlier, et al., 2015). Im Gegensatz zu der funktionalen Emotionsregulation zeigte sich keine Assoziation der resting-state HRV mit dysfunktionalen Strategien. Teilweise wurden in Vorgängerstudien Assoziationen einer geringen resting-state HRV mit einer höheren gewohnheitsmäßigen Anwendung von Rumination berichtet (Carnevali et al., 2018; Cropley et al., 2017; D. P. Williams et al., 2019), während eine andere Studie sogar positive Zusammenhänge der HRV und der Anwendung von Rumination in einem sicheren sozialen Umfeld fand (Gerteis & Schwerdtfeger, 2016). Zudem wurde vermutet, dass sich Assoziationen vor allem mit Strategien zeigen, die einen Bedrohungsstatus widerspiegeln (Aldao et al., 2013). Somit sollte zukünftig betrachtet werden, ob Zusammenhänge der resting-state HRV und dysfunktionalen Strategien von dem Erleben von Sicherheit und Bedrohung moderiert werden. Des Weiteren sprechen die Ergebnisse für die transdiagnostische Bedeutung der Regulationsfähigkeit. Aufbauend auf den Ergebnissen Studie sollte eine mögliche kausale Rolle der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit für das Erleben von Stress und paranoiden Gedanken näher beleuchtet werden. In Zukunft könnte der Einsatz von transdiagnostischen Interventionen, die auf die Erhöhung der resting-state HRV und die Verbesserung der Emotionsregulation abzielen, vielversprechend sein.

### 3.2. Studie II – Akute Zunahmen und Variabilität in Emotionsregulationsstrategien im Alltag: Zusammenhänge mit negativem Affekt und paranoiden Gedanken

Bahlinger, K., Lincoln, T.M. & Clamor, A. (2021). Are Acute Increases and Variability in Emotion Regulation Strategies Related to Negative Affect and Paranoid Thoughts in Daily Life? *Cognitive Therapy and Research*. <https://doi.org/10.1007/s10608-021-10253-1>.

#### Hintergrund und Hypothesen

Negativer Affekt prädiziert paranoide Gedanken (z.B. Kramer et al., 2014; Krkovic et al., 2020; Thewissen et al., 2011) und Studien weisen auf die Bedeutsamkeit der volitionalen Emotionsregulation für das Auftreten von paranoiden Gedanken hin (z.B. Ludwig, Mehl, et al., 2019). Bisher liegt der Fokus jedoch vor allem auf der Erforschung, wie häufig verschiedene Strategien eingesetzt werden und wie dies mit negativem Affekt und paranoiden Gedanken zusammenhängt. Selbst ESM-Studien, die den Vorteil haben prädiktive Zusammenhänge ökologisch valide untersuchen zu können, konnten noch nicht konsistent zeigen, welche Emotionsregulationsstrategien mit einem nachfolgend niedrigen negativen Affekt einhergehen (Ludwig et al., 2020; Strauss et al., 2019) und welche einen direkten Einfluss auf paranoide Gedanken aufweisen (Hartley, Haddock, Vasconcelos e Sa, et al., 2014; Nittel et al., 2018). Dies kann teilweise daran liegen, dass bisherige Studien nur die Intensität, mit der eine Strategie zu einem bestimmten Messzeitpunkt angewendet wurde, betrachten. Dabei wurde bislang nicht auf Veränderungen in der Intensität von Strategien über die Zeit und explizit auf den Beginn des Einsatzes einer Strategie fokussiert. Um effektiv regulieren zu können, ist es allerdings ausschlaggebend die Intensität von Strategien verändern zu können, einzelne Strategien zu priorisieren und über die Zeit zu variieren (z.B. Aldao et al., 2015; Blanke et al., 2020). Diese Charakteristika der Emotionsregulation wurden noch nicht im Kontext von Paranoia untersucht, könnten uns jedoch helfen besser zu verstehen, wie negativer Affekt und paranoide Gedanken effektiv reguliert werden können. Daher sollen in Studie II folgende Hypothesen untersucht werden:

- (I) Die akute Zunahme in der Intensität von Akzeptanz und Neubewertung von einem zum nächsten Messzeitpunkt sagt ein geringeres Ausmaß des negativen Affekts und der paranoiden Gedanken zum zweiten Messzeitpunkt vorher (Ia). Dagegen sagt eine

akute Zunahme in der Intensität von Suppression und Rumination ein höheres Ausmaß es negativen Affekts und der paranoiden Gedanken vorher (Ib).

- (II) Eine höhere Variabilität zwischen den Intensitäten verschiedener Emotionsregulationsstrategien zu einem Messzeitpunkt, also eine größere Priorisierung einzelner Strategien, prädiziert weniger negativen Affekt und paranoide Gedanken zum nachfolgenden Messzeitpunkt.
- (III) Eine höhere Variabilität innerhalb einer Strategie an einem Tag prädiziert ein geringeres Ausmaß des negativen Affekts und der paranoiden Gedanken an diesem Tag.

### **Methode**

Mit Hilfe der ESM wurde in einer Stichprobe mit erhöhter Positivsymptomatik ( $n = 34$ ) wiederholt der Einsatz von Emotionsregulationsstrategien und das Erleben von negativem Affekt und paranoiden Gedanken erfasst (s. Studie I). Der momentane negative Affekt wurde über das Erleben von Furcht, Ärger, Traurigkeit und Scham gemessen, wobei jede Emotion mit Hilfe von vier Adjektiven beschrieben wurde (s. Stemmler et al., 2001). Für die Definition von akuten Zunahmen in der Intensität von Strategien von einem bis zum nächsten Messzeitpunkt wurde ein Ansatz aus der Forschung zur affektiven Instabilität (Jahng et al., 2008) angepasst und als akute Zunahmen wurden sukzessive Differenzen definiert, die mehr als eine Standardabweichung vom Durchschnitt der Gesamtstichprobe entfernt waren. Für die Berechnung der Variabilität zwischen und innerhalb von Strategien orientierten wir uns an dem Vorschlag von Aldao et al. (2015), der so auch von Blanke et al. (2020) umgesetzt wurde. Die Variabilität zwischen den Strategien wird dabei durch die Standardabweichung aller Strategien zu einem Messzeitpunkt berechnet und zeigt somit an, ob manche Strategien mit einer hohen Intensität eingesetzt werden, während zeitgleich andere Strategien nur mit einer geringen Intensität angewendet werden. Die Variabilität innerhalb einer Strategie ist durch die Standardabweichung einer Strategie zu verschiedenen Messzeitpunkten im Laufe eines Tages definiert und drückt aus, ob eine spezifische Strategie über die Zeit unterschiedlich intensiv verwendet wird. Mit Hilfe von hierarchisch linearen Modellen wurden akute Zunahmen und die Variabilität in Emotionsregulationsstrategien als Prädiktoren für negativen Affekt und paranoide Gedanken getestet.

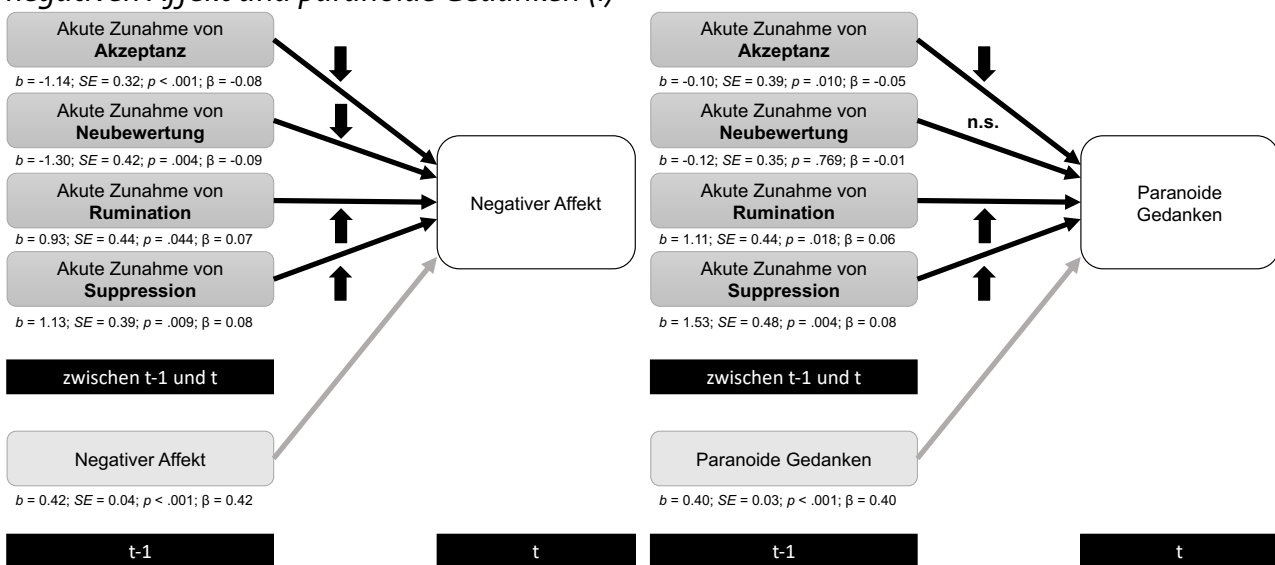


## Ergebnisse

(I) Akute Zunahmen von Akzeptanz und Neubewertung zwischen t-1 und t sagten geringeren negativen Affekt zu t vorher und akute Zunahmen von Akzeptanz zwischen t-1 und t, aber nicht von Neubewertung, sagten weniger paranoide Gedanken zu t vorher (s. Abbildung 1). Akute Zunahmen von Unterdrückung und Rumination zwischen t-1 und t sagten höheren negativen Affekt und mehr paranoide Gedanken zu t vorher. Dabei wurde jeweils für die abhängige Variable zu t-1 kontrolliert. (II) Die Variabilität zwischen verschiedenen Strategien zu einem Messzeitpunkt war kein signifikanter Prädiktor für negativen Affekt oder paranoide Gedanken zum darauffolgenden Messzeitpunkt. (III) Die Variabilität innerhalb einer spezifischen Strategie war kein signifikanter Prädiktor für negativen Affekt und paranoide Gedanken am selben Tag.

### Abbildung 1.

*Akute Zunahmen in der Intensität der Emotionsregulationsstrategien als Prädiktoren für negativen Affekt und paranoide Gedanken (I)*



*Anmerkung.* t = Zeitpunkt für welchen negativer Affekt und paranoide Gedanken vorhergesagt werden. t-1 = Zeitpunkt vor t. n.s. = nicht signifikant.  $\beta$  = standardisierter Koeffizient.

## Diskussion

Studie II zeigt, dass zeitliche Veränderungen in der Intensität von Emotionsregulationsstrategien mit negativem Affekt und paranoiden Gedanken zusammenhängen. Defizite in der schnellen Anpassung der Intensität von funktionalen Strategien könnten relevant sein, um den widersprüchlichen Befund, dass Personen mit einer psychotischen Störung zwar viele Strategien einsetzen, aber trotzdem ein hohes Ausmaß des

negativen Affekts berichten (z.B., Ludwig et al., 2020; Visser et al., 2018) zu erklären. Unsere Studie bestärkt weiter die Relevanz von Emotionsregulation für paranoide Gedanken. Dabei zeigte sich, dass nicht nur Intensitätszunahmen von dysfunktionalen Strategien mit einem höheren Ausmaß an paranoiden Gedanken, sondern auch Intensitätszunahmen von Akzeptanz mit einem geringen Ausmaß verbunden sind. Es erscheint daher vielversprechend in weiteren Studien zu untersuchen, ob die volitionale Emotionsregulation eine kausale Rolle in der Entstehung von paranoiden Gedanken spielt. Dabei kann der Einsatz von ecological momentary interventions (EMI) wertvoll sein, um zu betrachten, ob therapeutische Interventionen, die an der Emotionsregulation im Alltag ansetzen, das Auftreten von Symptomen langanhaltend verringern können. Erklärungsmöglichkeiten dafür, warum ein variabler Gebrauch von Strategien über die Zeit nicht mit einem geringeren Erleben von negativem Affekt und paranoiden Gedanken verbunden war, beziehen sich darauf, dass es von der Anpassung an Veränderungen im Kontext (Aldao et al., 2015) und der genauen zeitlichen Abfolge der spezifischen Strategien (Gross, 2015) abhängig sein könnte, ob ein variabler Gebrauch nützlich ist. In Zukunft sollte deshalb betrachtet werden, ob momentane Veränderungen in der Intensität einzelner Strategien mit zeitgleichen Veränderungen im Kontext einhergehen und in welcher Abfolge zwischen verschiedenen Strategien gewechselt wird. Da es nicht per se förderlich zu sein scheint einzelne Strategien intensiv einzusetzen, während andere nicht oder nur mit einer geringen Intensität verwendet werden, sollten zukünftig auch spezifische Kombinationen von Strategien in ihrer Effektivität zur Regulation von negativem Affekt und paranoiden Gedanken untersucht werden.

### 3.3. Studie III – Autonome und subjektive Erholung nach einem Stressor bei Personen mit einer psychotischen Störung

Bahlinger, K., Lincoln, T.M. & Clamor, A. (in press). Recovery after stress - autonomic and subjective arousal in individuals with psychosis compared to healthy controls. *Schizophrenia Bulletin*.

#### Hintergrund und Hypothesen

Personen mit psychotischen Störungen erleben hohe Stresslevels (z.B. Cella et al., 2018; Lincoln et al., 2015; Vaessen et al., 2019), welche mit dem Auftreten von psychotischen Symptomen verbunden sind (z.B. Klippel et al., 2017; Krkovic et al., 2018; Schlier et al., 2019). Um hohe Stresslevels zu verhindern, ist es entscheidend zu klären, wodurch diese zu Stande kommen. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass sie sich durch eine beeinträchtigte Erholung nach der Exposition mit einem Stressor aufbauen. Dies liegt nahe, da in der resting-state HRV und der volitionalen Emotionsregulation Defizite bei Personen mit einer psychotischen Störung gefunden wurden (Metanalysen: Clamor et al., 2016; Ludwig, Werner, et al., 2019) und diese sich in nicht-klinischen Stichproben als relevant für die Erholung herausgestellt haben (z.B. Jentsch & Wolf, 2020; Weber et al., 2010). So könnten Schwierigkeiten in der Regulationsfähigkeit die Erholung nach einem Stressor bei Personen mit psychotischen Störungen behindern. Erste Studien weisen bereits auf eine verzögerte Erholung hin (Castro et al., 2008; Y. Liu et al., 2021; Vaessen et al., 2019), was nun für die autonome und subjektive Erholung in einer Laborstudie mit einer Stressinduktion überprüft werden soll. Außerdem soll betrachtet werden, welche Charakteristika Unterschiede in der Erholung erklären können, um Ansatzpunkte zur Förderung der Erholung zu finden. In Studie III werden folgende Hypothesen untersucht:

- (I) Personen mit einer psychotischen Störung zeigen Verzögerungen in der autonomen Erholung (= Reduktion der Herzrate, Anstieg der state HRV) und in der subjektiven Erholung (= Reduktion des subjektiven Stresserlebens und des negativen Affekts) im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen. Dies zeigt sich in (a) der Gesamterholung innerhalb einer Stunde nach dem Stressor, (b) der initialen Erholung innerhalb der ersten 7min nach dem Stressor und (c) in einer späteren Rückkehr zur Baseline.

- (II) Eine höhere resting-state HRV (IIa) und funktionale Emotionsregulationsfertigkeiten (IIb) sagen eine schnellere Erholung vorher.

### **Methode**

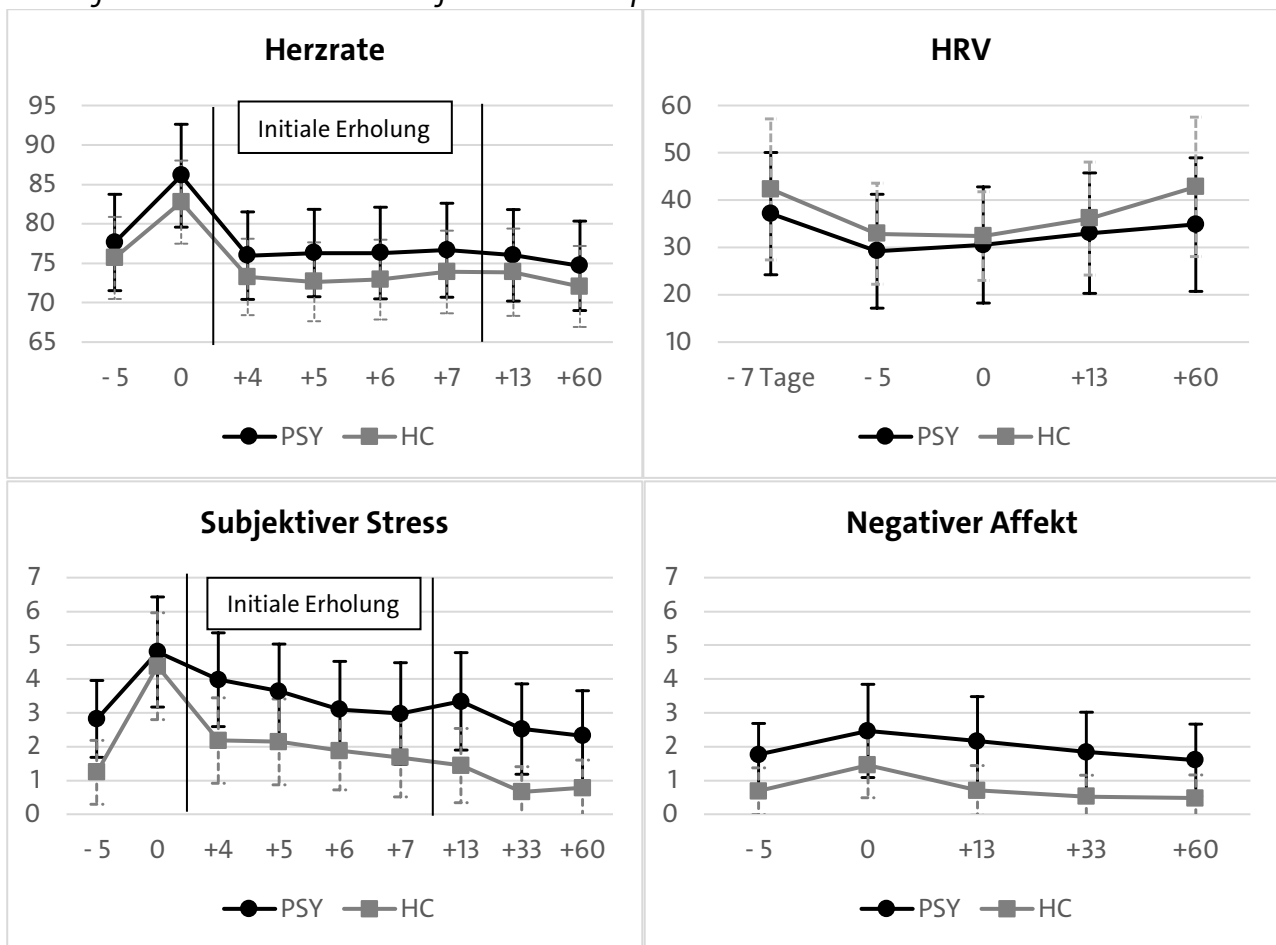
Zur Untersuchung der Hypothesen wurden Versuchspersonen mit einer Diagnose einer psychotischen Störung (PSY,  $n = 50$ ) sowie eine Kontrollgruppe (HC,  $n = 50$ ) rekrutiert, die nach Alter, Geschlecht und Bildungsgrad gematcht wurden. Für PSY waren weitere zentrale Einschlusskriterien das Vorliegen eines paranoiden Wahns entweder akut oder in der Vorgeschichte sowie die Einnahme von max. einem Neuroleptikum (für die Untersuchung weiterer Fragestellungen, die nicht Teil der Dissertation sind). Für HC wurden Personen eingeschlossen, die in den letzten sechs Monaten nicht die Kriterien einer psychischen Störung erfüllten und keine Verwandtschaft ersten Grades zu einer Person mit einer psychotischen Störung aufwiesen. Die Erhebung bestand aus drei Teilen: einem Telefonscreening zur Überprüfung erster Einschlusskriterien, einem Diagnostiktermin, bei dem unter anderen die Eignung für die Studie nochmals mit Hilfe des Strukturierten Klinischen Interviews für DSM (Beesdo-Baum et al., 2019) überprüft wurde, und der Stressinduktion, welche sieben Tage nach dem Diagnostiktermin am Nachmittag stattfand. Die Stressinduktion bestand aus einer Kombination des bilateralen Cold Pressor Tests der Füße, einem physischen Stressor, und dem Paced Auditory Addition Tests zur kognitiven Stressinduktion (Bachmann et al., 2019). Die Versuchspersonen wurden dabei aufgefordert ihre Füße für 3 min in 2-3°C kaltes Wasser zu halten und währenddessen und in den zwei nachfolgenden Minuten einstellige Zahlen, die ihnen auditiv präsentiert wurden, sukzessive zu addieren („7...4“ → „11“). Dabei musste stets die letzte Zahl im Arbeitsgedächtnis behalten werden („4“), um sie mit der darauffolgenden zu addieren („4...2“ → „6“). Während der Stressinduktion und der anschließenden 60-minütigen Erholungsphase wurde das EKG aufgezeichnet und wiederholt das momentane Erleben von subjektivem Stress und negativem Affekt der Versuchspersonen erfragt. Das momentane Stresserleben wurde über das Item „Ich fühle mich durch die Situation gestresst.“ (nach Gaab et al., 2005) und der negative Affekt wurde über das momentane Erleben von Furcht, Trauer, Ärger und Scham erfasst (Stemmler et al., 2001). Beide Parameter wurden auf einer 11-stufigen Likertskala bewertet. Die resting-state HRV und selbstberichtete Emotionsregulationsfertigkeiten (SEK-

27; Berking & Znoj, 2008) als Prädiktoren der Erholung wurden während des Diagnostiktermins erfasst. Mit Hilfe von ANOVAs wurde der Verlauf der Gesamterholung und der initialen Erholung analysiert. Die Rückkehr zur Baseline wurde durch gepaarte t-Tests mit Bonferroni-Holm-Korrektur getestet. Für die Analyse der Prädiktoren für die Erholung wurde die Erholungsrate als Wachstumsrate zwischen der Stressinduktion und dem Messzeitpunkt am Ende der Erholungsphase berechnet. Mit Hilfe linearer Regressionen wurden die resting-state HRV und die Emotionsregulationsfertigkeiten als Prädiktoren für die Erholungsrate analysiert.

### **Ergebnisse**

In Abbildung 2 ist der Verlauf der Stressparameter dargestellt. Interaktionseffekte zwischen Zeit × Gruppe waren nur für das subjektive Stresserleben signifikant. Post-Hoc-Tests zeigten, dass PSY erst später als HC das niedrigste Niveau des subjektiven Stresses erreichte und vom Stressor zum ersten Messzeitpunkt nach dem Stressor (+4min) noch keine signifikante Reduktion des subjektiven Stresserlebens aufwies, während dies bei HC der Fall war. Weiterhin zeigten sich Gruppenunterschiede in dem subjektiven Stresserleben und dem negativen Affekt insofern, dass PSY über alle Messzeitpunkte hinweg ein höheres Ausmaß als HC berichtete. Es bestanden keine Gruppenunterschiede in der Herzrate und der state HRV. Über die Gesamterholung nahm die Herzrate, das subjektive Stresserleben und der negative Affekt ab und die state HRV zu. Alle Parameter waren in beiden Gruppen zum ersten Messzeitpunkt nach dem Stressor wieder zur Baseline zurückgekehrt.

**Abbildung 2.**  
*Verlauf der autonomen und subjektiven Stressparameter*



*Anmerkung.* Fehlerbalken stellen die Standardabweichung dar. Herzrate = Schläge pro Minute. HRV = root mean square of successive differences. Subjektiver Stress und negativer Affekt können Werte zwischen 0-10 annehmen. X-Achse zeigt die Zeit in min in Relation zur Stressinduktion (0min) an.

Bei der Analyse der Prädiktoren für die Erholungsrate zeigte sich die resting-state HRV als ein signifikanter Prädiktor für die Erholungsrate der Herzrate,  $b = -0.01$ ,  $SE = .00$ ,  $p = .005$  ( $f = 0.28$ ), und die selbstberichteten Emotionsregulationsfertigkeiten für die Erholungsrate der HRV,  $b = 0.09$ ,  $SE = .04$ ,  $p = .021$  ( $f = 0.21$ ), nicht jedoch für die Erholungsraten anderer Parameter.

**Diskussion**

Studie III liefert keinen Hinweis auf allgemeine Defizite in der Erholung bei Personen mit einer psychotischen Störung, was die Bedeutung einer verlängerten Stressantwort als Erklärung für die erhöhten Stresslevels schmälert. Allerdings zeigte sich in Bezug auf den subjektiven Stress eine Verzögerung in der Erholung in der klinischen Gruppe und es sollte untersucht werden, ob dies zu den hohen subjektiven Stresslevels bei Personen mit einer

psychotischen Störung beiträgt und durch die Verbesserung der subjektiven Erholung verringert werden kann. Die subjektive Erholung wurde nicht durch die Emotionsregulation prädiziert, was dadurch erklärt werden könnte, dass die verwendete Stressinduktion zu keinem intensiven Erleben von negativem Affekt führte und daher der Einsatz von volitionaler Emotionsregulation zur Regulation von spezifischen Emotionen weniger zentral gewesen sein könnte. Daher sollte zukünftig untersucht werden, ob die Emotionsregulation bei Stressoren, die stärkeren negativen Affekt auslösen, eine Rolle spielt. Im Gegensatz dazu wurde die autonome Erholung sowohl durch eine höhere resting-state HRV als auch stärker ausgeprägte Emotionsregulationsfertigkeiten vorhergesagt. Da eine erhöhte autonome Erregung paranoiden Gedanken vorausgeht (Krkovic et al., 2018; Schlier et al., 2019), könnte es aussichtsreich sein zu betrachten, ob eine Verbesserung der autonomen Erholung über eine Modifikation der Regulationsfähigkeit das Auftreten von paranoiden Gedanken verringern kann.

## 4. Diskussion und Ausblick

Ziel der Dissertation war die Untersuchung der Bedeutsamkeit der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit für psychotische Symptome und für ihr Auftreten relevante Variablen wie das Erleben von Stress (z.B. Nuechterlein & Dawson, 1984). Dabei kamen verschiedene Forschungsmethoden zum Einsatz, um querschnittliche und längsschnittliche Zusammenhänge im Alltag von Personen mit erhöhten Positivsymptomen zu betrachten und die Anpassungsfähigkeit nach einem Stressor zwischen Personen mit einer psychotischen Störung und Kontrollpersonen zu vergleichen. Im Folgenden soll nun diskutiert werden, was die Ergebnisse über die Rolle der volitionalen Emotionsregulation und der resting-state HRV für das Auftreten von psychotischen Symptomen aussagen und welche Implikationen für das Forschungsfeld und die klinische Praxis abgeleitet werden können.

### 4.1. Die Bedeutung der Regulationsfähigkeit für das Erleben von Stress und negativem Affekt

Die Ergebnisse der Dissertation bestätigen die Relevanz der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit für das Erleben von Stress und negativem Affekt im Alltag (Studie I und II) und für die autonome Stressregulation nach einem Stressor (Studie III). Die Studien fanden konsistent, dass eine hohe resting-state HRV und der Einsatz von Neubewertung und Akzeptanz mit niedrigen Stresslevels einherging, während Rumination und Suppression mit hohen Stresslevels assoziiert waren. Durch die Studien wird betont, dass die resting-state HRV und die volitionale Emotionsregulation in der Stressregulation zusammenspielen und die resting-state HRV als ein physiologischer Marker der Regulationsfähigkeit betrachtet werden kann (Thayer & Lane, 2000). Die Verbindung zwischen der resting-state HRV und der volitionalen Emotionsregulation - wie wir sie auch in Studie I fanden - kann nach dem neuroviszeralen Integrationsmodell auf eine gemeinsame neuronale Basis zurückgeführt werden (Thayer & Lane, 2000). Dabei sollen inhibitorische Einflüsse des präfrontalen Cortex auf subkortikale limbische Strukturen sowohl die Regulation von Emotionen als auch von autonomer Erregung ermöglichen (Thayer & Siegle, 2002). Dies wird auch durch resting-state fMRT-Studien untermauert, die Assoziationen einer höheren resting-state HRV mit einer verstärkten Konnektivität des medialen präfrontalen Cortexes (Jennings et al., 2016) sowie der Amygdala (Sakaki et al., 2016) fanden; Regionen, die mit der Emotionsregulation in



Verbindung gebracht werden (Review: Etkin et al., 2015). Weiterführend sprechen unsere Ergebnisse dafür, dass die Emotionsregulation ein Verbindungsstück zwischen einer reduzierten resting-state HRV und hohen Stresslevels bei Personen mit erhöhten psychotischen Symptomen sein kann (s. auch Clamor, Schlier, et al., 2015). Demnach kann vermutet werden, dass eine geringe resting-state HRV einen Nährboden für Schwierigkeiten in der Emotionsregulation bietet und dadurch hohe Stresslevels begünstigt. Somit bekräftigen die Ergebnisse, dass die resting-state HRV und die volitionale Emotionsregulation gemeinsam eine wichtige Rolle für das Erleben von Stress und negativem Affekt spielen. Da diesen Faktoren eine hohe Bedeutsamkeit für die Entstehung und Aufrechterhaltung von paranoiden Gedanken zugeschrieben wird (z.B. Freeman et al., 2002; Preti & Cella, 2010), liegt ein direkter Zusammenhang der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit mit paranoiden Gedanken nahe.

#### **4.2. Die Verknüpfung der Regulationsfähigkeit mit psychotischen Symptomen**

Für die volitionale Emotionsregulation zeigten sich in der Tat Assoziationen mit dem Ausmaß der paranoiden Gedanken zum gleichen Zeitpunkt (Studie I). Dies bestätigt das Bild aus vorherigen querschnittlichen Fragebogenstudien für das Erleben im Alltag (z.B. Grezellschak et al., 2015; Osborne et al., 2017; Simpson et al., 2012). Zudem gingen Anstiege des Einsatzes von volitionalen Emotionsregulationsstrategien mit paranoiden Gedanken einher (Studie II): Für funktionale Strategien zeigte sich, dass eine Intensivierung von Akzeptanz ein geringes Ausmaß der paranoiden Gedanken prädizierte. Für positive Zusammenhänge von Akzeptanz und Lebensqualität gab es bereits durch die bisherige Forschung Anhaltspunkte (Villardaga et al., 2013), jedoch war bislang unklar, ob der Einsatz von funktionalen Strategien ein geringeres Ausmaß der paranoiden Gedanken vorhersagt. Dies wurde nun für Akzeptanz bestätigt, allerdings wurden keine Zusammenhänge zwischen Anstiegen an Neubewertung und paranoiden Gedanken gefunden. Neubewertung wird häufig als schwieriger und anstrengender empfunden als Akzeptanz (Troy et al., 2018; Wenzel et al., 2021) und gerade im Alltag kann der Einsatz von Neubewertung erfolglos bleiben (Ford et al., 2017). Im Vergleich zu Laborstudien zur Effektivität von Neubewertung (Metaanalyse: Webb et al., 2012) sind die Ergebnisse in ESM-Studien weitaus gemischter (z.B. Pavani et al., 2017; Wenzel et al., 2021). Dies könnte durch eine Abhängigkeit der Funktionalität von Neubewertung vom Kontext

erklärt werden (Ford & Troy, 2019, s. auch 4.4). Für dysfunktionale Strategien zeigte sich hingegen, dass Anstiege im Einsatz von Rumination und Suppression ein höheres Ausmaß der paranoiden Gedanken vorhersagten. Dies korrespondiert mit Ergebnissen aus time-lagged Analysen in klinischen Stichproben (Hartley, Haddock, Vasconcelos e Sa, et al., 2014; Nittel et al., 2018) und spricht dafür, dass Zusammenhänge entlang des Paranoiakontinuums auf eine ähnliche Art zum Ausdruck kommen (Van Os et al., 2009). Daher könnte es noch vor der Manifestation einer psychotischen Störung förderlich sein, Akzeptanz zu fördern und Suppression und Rumination zu unterbrechen.

Im Gegensatz zur volitionalen Emotionsregulation wurde keine Assoziation der resting-state HRV mit psychotischen Symptomen gefunden. Bisherige Evidenz spricht für eine geringe resting-state HRV bei psychotischen Störungen (Clamor et al., 2016), die mit einer Erhöhung der Bedrohungswahrnehmung in Verbindung gesetzt wird (Thayer et al., 2012). Wir fanden jedoch im Alltag von Personen mit erhöhten Positivsymptomen keinen Zusammenhang der resting-state HRV mit paranoiden Gedanken (Studie I). Vorherige Studien zeigten, dass die resting-state HRV mit der Schwere der Symptomatik assoziiert ist (Cella et al., 2018; Kim et al., 2011; Quintana et al., 2016). Deshalb war zunächst nicht auszuschließen, dass Zusammenhänge in der subklinischen Stichprobe zwar nicht gefunden werden konnten, sich jedoch in klinischen Stichproben mit stärker ausgeprägten Positivsymptomen zeigen. Allerdings fanden wir auch im Gruppenvergleich in Studie III keine geringere HRV bei Personen mit einer psychotischen Störung im Vergleich zu Kontrollpersonen. Es ist zu beachten, dass bei der Rekrutierung unserer Kontrollgruppe im Gegensatz zu Vorgängerstudien (z.B. Castro et al., 2008) keine Personen ausgeschlossen wurden, die vor mehr als sechs Monaten die Kriterien einer psychischen Störung erfüllten oder eine psychopharmakologische Behandlung erhielten. Da die HRV als transdiagnostischer Vulnerabilitätsmarker für die Psychopathogenese diskutiert wird (Beauchaine & Thayer, 2015), kann angenommen werden, dass auch bereits remittierte Personen weiterhin eine geringere HRV aufweisen als Personen, die keine psychische Erkrankung in der Vergangenheit berichten. Neben dem Vorliegen einer früheren psychischen Erkrankung kann auch die Einnahme von Antipsychotika die resting-state HRV beeinflussen (Huang et al., 2013). Zwar zeigt sich oftmals auch in unmedizierten Stichproben eine geringere resting-state HRV im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen

(Alvares et al., 2016; Clamor et al., 2016), jedoch werden Unterschiede im Vergleich zu nicht-klinischen Gruppen teilweise auch nur in medizierten Stichproben gefunden (Birkhofer et al., 2013). Zudem gibt es Hinweise darauf, dass die Unterschiede der resting-state HRV im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen in medizierten Stichproben noch größer ausfallen als in unmedizierten Stichproben (Mujica-Parodi et al., 2005). Um den Einfluss der Medikation in weitergehenden Studien zu untersuchen, wählten wir für unsere Studie für die klinische Stichprobe als Einschlusskriterium die Einnahme von höchstens einem Neuroleptikum. Dies entspricht Empfehlungen von Leitlinien für die Behandlung von Schizophrenie wie beispielsweise der S3-Leitlinie (Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde e.V., 2019). Die Lage im Versorgungsalltag weicht davon jedoch deutlich ab: Nur ca. ein Drittel der Personen, die bei einer psychotischen Störung Neuroleptika erhalten, nehmen lediglich ein Präparat ein (Faries et al., 2005) und die Tendenz zur Polypharmazie ist steigend (Heald et al., 2017). Studien zeigen, dass Personen, die eine neuroleptische Polypharmakotherapie erhalten, im Vergleich zu Personen mit einer Monopharmakotherapie eine geringere HRV (Clamor et al., 2019) und eine erhöhte Herzrate (Sarlon et al., 2015) aufweisen. Insgesamt lässt sich also sagen, dass die Entscheidungen, die wir in Bezug auf die Kriterien der Rekrutierung der beiden Gruppe getroffen haben, den Vorteil einer höheren Vergleichbarkeit zwischen den Gruppen haben, aber auch dazu geführt haben können, dass die Gruppenunterschiede in der HRV weniger groß ausfallen als in Vorgängerstudien. Damit relativieren die Ergebnisse sowohl die Eindeutigkeit von direkten Zusammenhängen der resting-state HRV mit paranoiden Gedanken als auch von prägnanten Unterschieden zwischen klinischen und nicht-klinischen Gruppen und verdeutlichen die Notwendigkeit eines genaueren Verständnisses von moderierenden Faktoren auf das Zusammenspiel zwischen der resting-state HRV und psychotischen Symptomen. So sollte zukünftig genauer untersucht werden wie sich Parameter der Medikation wie die Dosierung, die spezifischen Präparate und deren Kombination auf die resting-state HRV auswirken und welchen Anteil diese an den Unterschieden zwischen klinischen und nicht-klinischen Gruppen erklären.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Bedeutung der Emotionsregulation für das Auftreten von paranoiden Gedanken durch die Studien bekräftigt

wird. Aufbauend auf den Ergebnissen erscheint es nun wichtig, weiter zu klären, ob sich die Emotionsregulation kausal auf paranoide Gedanken auswirkt und beispielsweise Interventionen, die eine Steigerung der Akzeptanz anstreben (vgl. Vaessen et al., 2019; van Aubel et al., 2021), effektiv Symptome verringern können. Obwohl sich keine Assoziation der resting-state HRV mit paranoiden Gedanken fand, indizieren die Ergebnisse, dass die resting-state HRV sowohl für subjektive Stresslevels im Alltag als auch für die autonome Erholung nach einem Stressor im Labor Relevanz aufweist (s. 4.1). Da hohe Stresslevels paranoide Gedanken präzisieren und potenzieren (z.B. Krkovic et al., 2020, 2021; Lincoln et al., 2009; Ludwig, Mehl, et al., 2019; Moritz et al., 2011), erscheint es erstrebenswert zu prüfen, ob eine Erhöhung der resting-state HRV über eine verbesserte autonome Erholung und reduzierte Stresslevels auch eine Reduktion der Symptomatik bewirken kann.

#### **4.3. Schwierigkeiten in der Anpassung an Stressoren als Erklärungsmöglichkeit für hohe Stresslevels bei psychotischen Störungen?**

Die Zusammenhänge der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit mit dem Erleben von Stress ließen vermuten, dass hohe Stresslevels bei Personen mit psychotischen Störungen aus Schwierigkeiten in adaptiven Prozessen nach einem Stressor resultieren könnten. In der Tat fanden wir für das subjektive Stresserleben eine verzögerte Erholung in der klinischen Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dies deckt sich mit einer Untersuchung im Alltag, die Defizite in der subjektiven Erholung bei Personen mit einer ersten psychotischen Episode berichtete (Vaessen et al., 2019). Wir fanden Gruppenunterschiede in der initialen Erholung und der Gesamterholung, aber keine Verzögerung in der Erholung in Form einer späteren Rückkehr zur Baseline. Dies wirft die Frage auf, wie eine erfolgreiche Erholung definiert und operationalisiert werden sollte. Da die klinische Gruppe eine höhere Baseline als die Kontrollgruppe aufwies, kann bezweifelt werden, dass sich eine adaptive Erholung durch eine Rückkehr zu dieser erhöhten Baseline zeigt. Stattdessen muss angenommen werden, dass die Erholung erst ausreichend ist, wenn die Stressparameter unter das Niveau der Baseline sinken, sich dem Niveau der gesunden Kontrollgruppe angleichen und ein adaptives Reagieren auf weitere Stressoren ermöglicht wird (Koval et al., 2015; Laborde et al., 2018; Smith et al., 2020). Daher sollte anschließend an die Studie die Frage untersucht werden, welche Auswirkungen eine verzögerte subjektive Erholung auf den Umgang mit

nachfolgenden Stressoren hat. Da die subjektive Erholung nicht durch die resting-state HRV und die selbstberichteten Emotionsregulationsfertigkeiten vorhergesagt wurde, sollten auf der Suche nach möglichen Ansatzpunkten zur Verbesserung der subjektiven Erholungsfähigkeit zukünftig auch andere Regulationsmechanismen wie beispielweise die Fähigkeit der Aufmerksamkeitsloslösung von negativvalenten Stimuli (Sanchez et al., 2013) betrachtet werden.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen des subjektiven Stresserlebens zeigte sich in den autonomen Parametern keine verlängerte Erholung, was nicht im Einklang mit Befunden aus Vorgängerstudien steht (Castro et al., 2008; Y. Liu et al., 2021). Dabei ist zu bedenken, dass in einer der Studien vor der Erfassung der Erholung noch eine Atemübung eingesetzt wurde (Y. Liu et al., 2021), in beiden Vorgängerstudien Gruppenunterschiede im Bildungsniveau vorhanden waren und auch andere Rekrutierungsaspekte von unserer Studie abwichen (s. 4.1.2). Nun sollte geprüft werden, inwiefern sich der Befund einer intakten autonomen Erholung unmittelbar nach einem physisch-kognitiven Stressor im Labor auch auf andere Stressoren und auf das Erleben im Alltag übertragen lässt. Da paranoide Gedanken inhärent sozial sind, könnte sozialen Stressoren eine besondere Bedeutsamkeit zukommen. Zudem hat sich für den Alltag gezeigt, dass Personen mit einer psychotischen Störung Stressoren als weniger kontrollierbar und die eigene Fähigkeit mit diesen umgehen zu können als geringer einschätzen als gesunde Kontrollpersonen (Horan et al., 2005), was das Stresserleben verlängern könnte (Lazarus & Folkman, 1987). Falls sich die Ergebnisse auch in Bezug auf andere Stressoren bestätigen, würde das bedeuten, dass sich das autonome Hyperarousal, das typischerweise bei Personen mit psychotischen Störungen gefunden wird, nicht auf Defizite in der Erholung zurückzuführen lässt. Infolgedessen wird die Frage aufgeworfen, was abseits von einer verzögerten Erholung die Quelle der hohen autonomen Stresslevels bei psychotischen Störungen sein könnte. Eine Möglichkeit ist das Bestehen einer Prädisposition zu Hyperarousal, das mit psychotischen Symptomen in klinischen Stichproben (Dinzeo et al., 2004) und in der Allgemeinbevölkerung (Clamor, Warmuth, et al., 2015) assoziiert ist. Zudem findet sich in klinischen und auch in Risikogruppen eine größere emotionale, physiologische und symptomatische Stressantwort als bei gesunden Kontrollpersonen (z.B. Aiello et al., 2012; Lataster et al., 2009; Palmier-Claus et al., 2012; Reininghaus et al., 2016), was sowohl im Alltag

(z.B. Myin-Germeys et al., 2001; Myin-Germeys, Peeters, et al., 2003; Myin-Germeys & van Os, 2007) als auch bei soziale Stressoren gezeigt wurde (Andersen et al., 2018). Des Weiteren könnte sich ein Hyperarousal in Folge von intensiven Stressoren in der Kindheit herausbilden (Muscatello et al., 2020) und nicht zuletzt sollte auch bedacht werden, dass Personen mit einer psychotischen Störung häufig einem besonders widrigen Umfeld ausgesetzt sind (Van Os et al., 2010), was eine Häufung von intensiven Stressoren zur Folge haben kann. Damit wird deutlich, dass zukünftig weitere Faktoren neben der Erholung in den Fokus gerückt werden sollten, um die Ursachen des Hyperarousals bei psychotischen Störungen zu klären.

Folglich liefern die Ergebnisse Evidenz für Verzögerungen in der subjektiven jedoch nicht in der autonomen Erholung bei Personen mit psychotischen Störungen. Daher kann in Zweifel bezogen werden, dass allgemein hohe Stresslevels bei Personen mit psychotischen Störungen hauptsächlich auf eine geringe Erholungsfähigkeit, die auf einer niedrigen resting-state HRV und unzureichenden Emotionsregulationsfertigkeiten beruht, erklärt werden können. Aufbauend auf den Ergebnissen für den subjektiven Stress ist es nun entscheidend den in Vulnerabilitäts-Stress-Modellen postulierten Teufelskreis zur Entstehung von psychotischen Symptomen (z.B. Nuechterlein & Dawson, 1984) weiter zu prüfen. Dabei sollte untersucht werden, inwiefern eine verlängerte subjektive Stressantwort eine maladaptive Reaktion auf einen anschließenden Stressor bedingt und ob Defizite in der Erholung so langfristig zu überdauernd hohen subjektiven Stresslevels führen können.

#### **4.4. Implikationen für die zukünftige Forschung**

Für die weitere Untersuchung der Rolle der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit für psychotische Symptome sollen nun einige Empfehlungen und weiterführende Ideen dargelegt werden. Eine zentrale Besonderheit der Dissertation ist die gemeinsame Betrachtung verschiedener Ebenen der Regulationsfähigkeit, denn in der bisherigen Forschung zu psychotischen Störungen bleiben die Bereiche der resting-state HRV und der volitionalen Emotionsregulation meist voneinander isoliert. Die Studien der Dissertation sprechen dafür, dass die resting-state HRV und volitionale Emotionsregulationsfertigkeiten Hand in Hand gehen und somit zwei Seiten ein und derselben Münze darstellen. In Zukunft sollte bei empirischen Untersuchungen vermehrt eine Integration beider Bereiche angestrebt werden und das Zusammenspiel der resting-state HRV

und der volitionalen Emotionsregulation näher betrachtet werden. Zugrundeliegende Modelle der Regulationsfähigkeit sind bislang oft eher hinderlich für eine gemeinsame Betrachtungsweise, denn klassische Modelle der volitionalen Emotionsregulation (z.B. Gross, 2015) setzen die Bereiche erst gar nicht miteinander in Verbindung und Modelle der psychophysiologischen Adaptivität (z.B. Thayer & Lane, 2000) treffen kaum Annahmen zu der bewussten Auswahl von spezifischen Emotionsregulationsstrategien (vgl. Nowak et al., 2021). Auch daher bleiben bislang viele Punkte ungeklärt wie beispielsweise die genaue Spezifikation welche Strategien mit der resting-state HRV verknüpft sind und wie sich beide Bereiche genau beeinflussen. Aus diesem Grund ist es zu begrüßen, dass neuere theoretische Entwicklungen (Nowak et al., 2021) verschiedene Bereiche der Regulationsfähigkeit miteinander integrieren und somit die empirische Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen der resting-state HRV und der volitionalen Emotionsregulation weiter anregen.

Eine weitere Neuerung im Rahmen der Dissertation ist die Betrachtung von Veränderungen in Emotionsregulationsstrategien über die Zeit und der Variabilität von Strategien, um die Rolle der Emotionsregulation für psychotische Symptome zu untersuchen. Entgegen unseren Erwartungen fanden wir hierbei jedoch weder, dass Intensitätszunahmen der Neubewertung das Ausmaß an paranoiden Gedanken vorhersagten, noch dass Personen, die die gleiche Emotionsregulationsstrategie manchmal intensiv und manchmal nur wenig oder gar nicht einsetzten, ein geringeres Ausmaß an negativem Affekt und paranoiden Gedanken erlebten. Daher scheinen Intensitätssteigerungen in als funktional klassifizierten Strategien und eine hohe Variabilität an sich nicht ausreichend für ein geringes Ausmaß an negativem Affekt und paranoiden Gedanken zu sein. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass noch andere Faktoren die Effektivität der Emotionsregulation beeinflussen und regen Überlegungen dazu an wie zukünftige Forschung der Komplexität des Regulationsprozess noch besser gerecht werden kann. Im Folgenden sollen nun verschiedene mögliche Einflussfaktoren für die Effektivität der Emotionsregulation betrachtet werden.

Ein erster wichtiger Faktor ist der Zeitpunkt von Veränderungen in den Strategien (vgl. das erweiterte Prozessmodell der Emotionsregulation von Gross (2015)). Dieser fließt jedoch in die Variabilität innerhalb von Strategien nicht ein. Im Gegensatz dazu umfassen Parameter der Dynamik wie die Instabilität, Trägheit und Vorhersagbarkeit von Intensitätsabfolgen auch

zeitliche Informationen (vgl. Wenzel et al., 2021). Allerdings wird auch eine solche Erfassung zeitlicher Veränderungen allein nicht befriedigend die Frage nach adaptiven Veränderungen im Emotionsregulationsprozess beantworten können, da auch eine Anpassung des Strategieeinsatzes an Kontextfaktoren wie die Kontrollierbarkeit der Situation (Haines et al., 2016) und die emotionale Intensität (Scheibe et al., 2015; Shafir et al., 2016; Sheppes et al., 2014) günstig sein kann. Deshalb muss neben zeitlichen Abfolgen von Strategien auch der Zusammenhang mit Veränderungen im Kontext betrachtet werden (vgl. Aldao et al., 2015). Die intraindividuelle Kovariation zwischen dem Einsatz von Strategien und dem Kontext stellt eine Möglichkeit der Operationalisierung des Zusammenspiels beider Faktoren dar. Dabei wurde bereits gefunden, dass Personen, die eine höhere Assoziation zwischen Strategie und Kontext aufweisen, eine geringere Psychopathologie und ein höheres psychisches Wohlbefinden im Alltag berichten als Personen mit einer geringeren Assoziation (Pruessner et al., 2021). Bisherige Studien, die zeitliche Dynamiken und Verbindungen mit dem Kontext untersuchen, basieren jedoch auf rein querschnittlichen Designs und somit bleibt die Klärung von prospektiven Zusammenhängen und der kausalen Rolle einer flexiblen Emotionsregulation für das psychische Wohlbefinden und insbesondere für das Erleben von psychotischen Symptomen weiterhin offen.

Zweitens sollte der zeitgleiche Einsatz verschiedener Strategien stärker in den Fokus der Forschung gerückt werden (Polyregulation; Ford et al., 2019). Vorherige Studien, die Zusammenhänge des Priorisierens von Strategien, operationalisiert als Variabilität zwischen Strategien, mit einem geringeren negativen Affekt fanden (Blanke et al., 2020; Wenzel et al., 2021), basierten auf querschnittlichen Designs und können daher nicht ausschließen, dass Zusammenhänge eine Notwendigkeit des Einsatzes von mehreren Strategien in Momenten starken negativen Affekts widerspiegeln. Unsere Ergebnisse, die auf längsschnittlichen Analysen basieren, sprechen dagegen nicht dafür, dass es im Allgemeinen hilfreicher ist eine Strategie intensiv als mehrere Strategien gleichzeitig im selben Ausmaß einzusetzen. Andere Studien, die prädiktive Zusammenhänge betrachten, zeigen sogar, dass das gleichzeitige Einsetzen von Strategien nützlich sein kann: So ging ein Zusammenspiel aus dem Akzeptieren und Tolerieren von Emotionen mit dem Verstehen dieser Emotion einem geringeren Ausmaß der paranoiden Gedanken voran (Wittkamp et al., 2021) und der gleichzeitige Einsatz mehrerer



als hilfreich bewerteten Strategien hing mit der anschließenden Stimmung zusammen (Heiy & Cheavens, 2014). Um zu untersuchen, wann ein kombinierter Einsatz Veränderungen in negativem Affekt und paranoiden Gedanken bewirken kann, sollten folglich spezifische Kombinationen von Strategien genauer betrachtet werden.

Drittens werden in der Forschung häufig verschiedene Varianten einer Strategie zusammengefasst, wie beispielsweise die Akzeptanz der Emotion und der Situation (SEK-27 (Berking & Znoj, 2008) vs. CERQ (Loch et al., 2011)) oder die Suppression des emotionalen Ausdrucks und der emotionalen Erfahrung (Trennung erstmals im Heidelberg Form for Emotion Regulation Strategies (Izadpanah et al., 2019)). Zwischen diesen Varianten gibt es jedoch nicht nur augenscheinlich große inhaltliche Unterschiede, sondern sie zeigen auch differentielle Effekte auf den Erfolg der Regulation: Für Neubewertung besteht beispielsweise Evidenz dafür, dass eine Form der Neubewertung, bei der eine emotionale Distanzierung stattfindet, effektiver ist als eine, in der eine Fokussierung auf positive Aspekte erfolgt (Shiota & Levenson, 2012). Dies könnte auch erklären, wieso wir in unserer Studie, in der die ESM-Items eher eine Fokussierung auf positive Aspekte erfassten, keinen Zusammenhang zwischen Anstiegen in der Neubewertung und dem Ausmaß von paranoiden Gedanken fanden. Außerdem könnte Neubewertung, je nach Inhalt der alternativen Gedanken, paranoide Gedanken sogar noch verstärken, beispielsweise wenn alternative Gedanken die Form einer Selbstbeschuldigung annehmen (Westermann et al., 2013). So fanden Studien auch positive Assoziationen von Neubewertung mit paranoiden Gedanken (Kimhy et al., 2020; Westermann et al., 2012) und eine Verstärkung des negativen Affekts beim Einsatz von Neubewertung in Momenten, in denen psychotische Symptome erlebt wurden (Strauss et al., 2019). Für ein besseres Verständnis der Frage, welche Formen einzelner Strategien für den Umgang mit paranoiden Gedanken förderlich sind, sollten daher zukünftige Studien stärker den Inhalt der Gedanken betrachten (z.B. mit Hilfe von Thinking Aloud Protocols (s. Nook et al., 2020)) und zwischen verschiedenen Varianten von Strategien trennen.

Ergänzend wird auch die Beachtung der Regulationsziele wichtig sein, da diese die Auswahl von Strategien beeinflussen (Eldesouky & English, 2019; English et al., 2017; Tamir & Ford, 2012; Wilms et al., 2020) und über sie festgestellt werden kann, ob eine flexible Verwendung von Strategien letztendlich der Erreichung von persönlichen Zielen dient (vgl.

Aldao et al., 2015). Insgesamt kann somit festgehalten werden, dass die Beurteilung der Funktionalität von Prozessen der Emotionsregulation im Alltag in komplexer Weise von verschiedenen Einflussfaktoren bestimmt wird. Daher ist es zu begrüßen, dass in den letzten Jahren vermehrt Methoden wie die ESM eingesetzt werden, welche viele Chancen zur Untersuchung längsschnittlicher Zusammenhänge und dynamischer Prozesse bieten. Jedoch bleibt in der Forschung zu psychotischen Störungen trotzdem oftmals eine isolierte Betrachtungsweise einzelner Faktoren bestehen, weshalb sich zukünftige Forschung weiter hin zu einer Integration verschiedener Parameter bewegen sollte.

#### **4.5. Limitationen der vorliegenden Arbeit**

Bei der Interpretation der Ergebnisse sollten einige Limitationen der Studien berücksichtigt werden. Ein entscheidender Punkt ist, dass die Frage nach einer kausalen Rolle der Regulationsfähigkeit für die psychotischen Symptome durch die vorliegende Arbeit nicht beantwortet werden kann. Studie I liegt eine querschnittliche Betrachtungsweise zugrunde und in der Mediationsanalyse war keine zeitliche Präzedenz gegeben. Um zu beantworten, welche Faktoren eine anschließende Manifestation einer psychotischen Störung vorhersagen, können prospektive Designs in klinischen Risikopopulationen nützlich sein. Studie II prüfte zum Teil in längsschnittlichen Analysen, ob der angenommene Einflussfaktor der Regulationsfähigkeit negativem Affekt und paranoiden Gedanken vorangeht, und geht damit einen Schritt weiter als Studie I. Jedoch bleibt es weiterhin notwendig zu prüfen, welche Konsequenzen eine experimentelle Manipulation der Regulationsfähigkeit hat.

Eine weitere Limitation ist, dass die Emotionsregulation in allen drei Studien ausschließlich über den Selbstbericht erfasst wurde. Dies kann insofern einschränkend sein, als sich in klinischen Stichproben die eigene Einschätzung der Emotionsregulationsfertigkeiten von der tatsächlichen Fertigkeit unterscheiden kann (Aldao & Mennin, 2012) und Personen mit einer hohen Belastung durch Positivsymptome weniger davon überzeugt sind Emotionen effektiv regulieren zu können als weniger stark belastete Personen (Osborne et al., 2017). Gerade bei retrospektiven Berichten der eigenen Emotionsregulation wie in Studie III wird vermutet, dass stärker auf Informationen aus dem semantischen Gedächtnis wie generalisierte Überzeugungen zurückgegriffen wird, während bei einem State-Bericht mehr Informationen des aktuellen Erlebens einbezogen werden

(Robinson & Clore, 2002). Für die ESM-Items aus unseren Studien muss allerdings beachtet werden, dass diese zwar aus gut validierten und breit eingesetzten Emotionsregulationsfragebögen abgeleitet, aber vorher nicht in der State-Version validiert wurden. Weiterhin fokussieren sie auf vier zentrale Strategien und lassen weitere Regulationsfertigkeiten, wie Ablenkung und soziale Unterstützung, die im Umgang mit paranoiden Gedanken nützlich sein könnten (Ludwig et al., 2020; Martinelli et al., 2013; Nittel et al., 2018), außer Acht. Somit ist es bei der Interpretation wichtig zu bedenken, dass die erfasste Emotionsregulation, vor allem in Studie III, nicht nur das tatsächliche Emotionsregulationsverhalten, sondern auch eigene Erwartungen in Bezug auf die Regulation abbilden kann und die Studien nicht alle potentiell protektiven Strategien umfassen.

Weiterhin muss die Frage gestellt werden, inwiefern sich die Ergebnisse der Studien auf andere Populationen generalisieren lassen. Studie I und II basieren auf der gleichen Stichprobe mit erhöhter Positivsymptomatik, die ein ähnliches Ausmaß der paranoiden Gedanken wie klinische Gruppen berichtete (vgl. Krkovic et al., 2020) und ein hohes Ausmaß an psychischen Störungen angab. Dies ist nicht verwunderlich, da Personen, die vermehrt paranoide Gedanken erlebten, typischerweise eine höhere Prävalenz an psychischen Störungen als in der Allgemeinbevölkerung aufweisen (Fusar-Poli et al., 2014). Trotzdem handelt es sich bei der Stichprobe weder um eine Hochrisikogruppe für psychotische Störungen, noch wiesen die Personen eine psychotische Störung auf. Somit kann angenommen werden, dass sich die untersuchte Stichprobe in der Mitte des Paranoiakontinuums befindet. Obwohl sich gefundene Zusammenhänge entlang des Kontinuums nicht grundlegend unterscheiden (Van Os et al., 2009), variieren sie eventuell in ihrer Stärke, weshalb sie auch in anderen Populationen betrachtet werden sollten. Auch für Studie III ist es wünschenswert die Generalisierbarkeit auf andere Stichproben, besonders für Personen, die mehr als ein Neuroleptikum einnehmen, weiter zu prüfen. Da die resting-state HRV bei Personen mit einer neuroleptischen Polytherapie im Vergleich zu unserer Stichprobe geringer sein kann (Clamor et al., 2019), sollte getestet werden, ob auch bei dieser Gruppe keine Verzögerungen in der autonomen Erholung bestehen.

Zuletzt sind noch zwei Punkte in Bezug auf die Stressinduktion in Studie III zu beachten: Erstens war die Versuchsleitung darüber informiert, ob eine Versuchsperson der klinischen

oder nicht-klinischen Gruppe angehörte. Da die Stressinduktion standardisiert war und sich die Stressantwort zwischen den Gruppen nicht unterschied, ist ein Bias jedoch unwahrscheinlich. Zweitens fanden wir keine Reduktion der HRV durch die Stressinduktion und konnten somit keine Rückkehr zur Baseline für die HRV bestimmen. Da sich die HRV allerdings im Laufe der Erholungsphase erhöhte, war eine Analyse der Gesamterholung trotzdem möglich.

#### **4.6. Klinische Implikationen und Ausblick**

Trotz dieser Limitationen demonstrieren die vorliegenden Studien die Bedeutsamkeit der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit sowohl für das Erleben von Stress und negativem Affekt als auch für das Auftreten von paranoiden Gedanken. Für die Entwicklung neuer Behandlungsperspektiven erscheint es daher aussichtsreich der Frage nachzugehen, inwiefern eine Verbesserung der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit psychotische Symptome reduzieren kann. Erste Studien zu HRV-Biofeedbackinterventionen bei Personen mit erhöhten psychotischen Symptomen zeigten eine signifikante Verbesserung der Stimmung und der Stresstoleranz nach dem Training (McAusland & Addington, 2018) und bei erfolgreicher Umsetzung der Intervention auch eine signifikante Reduktion von paranoiden Gedanken im Vergleich zu einer Wartekontrollgruppe (Clamor, Koenig, et al., 2016). Zudem gibt es für das Hinzufügen von HRV-Biofeedback zur Standardbehandlung bei depressiven Symptomen und posttraumatischen Belastungssymptomen Evidenz für einen additiven Effekt auf die Symptomreduktion (Caldwell & Steffen, 2018; Polak et al., 2015; Tatschl et al., 2020). Zum Training von Emotionsregulationskompetenzen existieren mehrere Interventionsprogramme (vgl. Barnow, 2015; Berking, 2010), jedoch scheint die praktische Umsetzung einer erfolgreichen Modifikation von Emotionsregulation im Rahmen einer kognitiven Verhaltenstherapie für Psychosen nicht ganz einfach zu sein (vgl. Mehl et al., 2021). Insgesamt existieren bislang jedoch nur sehr wenige Studien, welche die Effektivität von fokussierten Programmen zur Verbesserung der Regulationsfähigkeit bei Personen mit psychotischen Störungen untersuchen und bisher wurden spezifische Interventionen zur Erhöhung der resting-state HRV und zur Verbesserung der volitionalen Emotionsregulationskompetenzen noch nicht miteinander verknüpft. Dies könnte allerdings sehr aufschlussreich sein, da dabei auch Wechselwirkungen zwischen den beiden Bereichen

betrachtet werden können. Auf theoretischer Ebene wurde bereits angenommen, dass eine höhere resting-state HRV über eine erhöhte Konnektivität von mit der Emotionsregulation assoziierten neuronalen Netzwerken das emotionale Wohlbefinden verbessern könnte (Mather & Thayer, 2018). Jedoch steht die Untersuchung, wie sich eine Erhöhung der resting-state HRV auf das volitionale Emotionsregulationsverhalten und dessen Effektivität auswirkt, noch aus. Für die praktische Umsetzung von solchen dualen Trainings der Regulationsfertigkeit erscheint der Einsatz von EMI (Myin-Germeys et al., 2016) nützlich, denn so können Interventionen direkt im Moment des Auftretens von Stressoren und negativem Affekt vermittelt und umgesetzt werden. Teilnehmende könnten beispielsweise dazu instruiert werden Neubewertung und Akzeptanz einzusetzen oder Atemübungen zur Beeinflussung der HRV zu nutzen. Zusätzlich könnte auch die Implementierung eines Monitorings von Rumination und Suppression günstig sein, bei dem Teilnehmende bei hohen Werten zu dem Gebrauch von alternativen Strategien, wie Atemübungen, Neubewertung oder Akzeptanz, ermutigt werden. Neben einer möglichen Verbesserung der Regulationsfertigkeiten bergen EMI auch die Chance die kausale Rolle der Regulationsfähigkeit für das Auftreten von psychotischen Symptomen näher zu beleuchten und zu betrachten, ob eine Modifikation der Regulationsfähigkeit auch langfristige Symptomveränderungen bewirken kann (Reininghaus, Depp, et al., 2016).

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu bedenken, dass sich die Zusammenhänge der Regulationsfähigkeit mit paranoiden Gedanken in Studie I gleichförmig auch für depressives Erleben zeigten. Somit stellen die Ergebnisse die Spezifität der Selbstregulation für paranoide Gedanken in Frage und deuten auf eine transdiagnostische Bedeutsamkeit hin. Da spezifische Vulnerabilitätsfaktoren häufig bei mehreren Störungen eine Rolle spielen und sich Personen innerhalb einer Diagnosegruppe oft stark in ätiologischen Faktoren unterscheiden, wird die Nützlichkeit von kategorialen diagnostischen Systemen für die Erforschung von psychopathologischen Mechanismen zunehmend kritisiert und dimensionale Systeme wie das der Research Domain Criteria (RDoC) gewinnen an Relevanz (z.B. Beauchaine & Thayer, 2015; Sanislow et al., 2010). Auch frühere Arbeiten verweisen auf die generelle Wichtigkeit der resting-state HRV (Beauchaine & Thayer, 2015) und der volitionalen Emotionsregulation (Aldao & Nolen-Hoeksema, 2010) für die Psychopathologie,

jedoch scheint die Stärke der Verknüpfung von einzelnen Störungsbildern sowohl mit der HRV (Clamor et al., 2014) als auch mit der volitionalen Emotionsregulation (Lukas et al., 2018) verschieden zu sein. Um Behandlungsentscheidungen in Bezug auf den Einsatz von Interventionen der Regulationsfähigkeit für einzelne Individuen zu treffen, könnte die HRV als Marker für Regulationsschwierigkeiten fungieren. Dies wird durch den Befund gestützt, dass die resting-state HRV bei Personen mit psychotischen Störungen den Nutzen von Neubewertung prädiziert (Clamor et al., 2020). So könnten individualisierte Ansätze genau auf diejenigen Personen ausgerichtet werden, bei denen ein Ansetzen an der Regulationsfähigkeit vielversprechend erscheint.

Bei der Ableitung von klinischen Implikationen sollte berücksichtigt werden, dass die vorliegende Dissertation die Frage nach Prädiktoren der Emotionsregulation unbeantwortet lässt und eine unidirektionale Sichtweise von der Regulationsfähigkeit auf den negativen Affekt und paranoide Gedanken impliziert. Jedoch könnte das Erleben von hohen Stresslevels und psychotischen Symptomen an sich eine erschwerte Regulationsbedingung darstellen und somit Schwierigkeiten in der Regulationsfähigkeit bei Personen mit psychotischen Störungen mitbedingen. Es wurde gefunden, dass auf paranoide Gedanken negativer Affekt folgt (Krkovic et al., 2020) und bei hohem negativem Affekt selbst in nicht-klinischen Stichproben nachfolgend vermehrt dysfunktionale Emotionsregulationsstrategien wie Rumination und Suppression eingesetzt werden (Blanke et al., 2021; Pavani et al., 2017). Somit können dysfunktionale Strategien nicht nur, wie hier betont, ein Auslöser von negativem Affekt und paranoiden Gedanken, sondern auch eine Antwort auf diese darstellen. Um hohe Ausprägungen des negativen Affekts und das Auftreten von psychotischen Symptomen nachhaltig zu reduzieren, erscheint es daher wichtig neben der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit zusätzlich auch andere Faktoren in der Therapie zu fokussieren. So könnten beispielsweise familienfokussierte Interventionen zur Verbesserung der Kommunikation und des gemeinsamen Problemlösens (O'Brien et al., 2014) oder soziale Kompetenztrainings (Turner et al., 2018) eingesetzt werden, um Stressoren im Alltag zu verringern. Mit dem Ziel der langfristigen Reduktion von negativem Affekt und erhöhter physiologischer Erregung kann auch die therapeutische Arbeit mit Ängsten und traumaassoziierten Belastungen, die bei psychotischen Störungen häufig komorbid auftreten

(Metaanalyse: Achim et al., 2011), hilfreich sein. So hat sich bei Personen, die neben einer posttraumatischen Belastungsstörung auch eine psychotische Störung aufweisen, die Traumaexposition nicht nur zur Reduktion von posttraumatischen Belastungssymptomen, sondern auch von paranoiden Gedanken als umsetzbar und wirksam gezeigt (De Bont et al., 2016; Van Den Berg et al., 2016). Dies deckt sich auch mit einer Übersichtsarbeit, welche einen Rückgang von wahnhaftem Erleben nach emotionsfokussierten Interventionen feststellte (Opoka et al., 2018). Abgesehen von hohen Stress- und Symptomlevels könnten sich zudem Überzeugungen, inwiefern Emotionen schädlich oder unveränderbar sind, auf die Emotionsregulation auswirken (Ford & Gross, 2019). So berichten Personen, die Emotionen als unveränderbar bewerten, einen selteneren Einsatz von Neubewertung (De Castella et al., 2013; Gutentag et al., 2017; Ortner & Pennekamp, 2020; Tamir et al., 2007) und einen häufigeren Einsatz von Rumination und Vermeidung (Kappes & Schikowski, 2013; Kneeland & Dovidio, 2020; Zimmermann et al., 2021). Auch im Alltag zeigt sich, dass auf eine Bewertung einer Emotion als schädlich und unveränderbar der Einsatz dysfunktionaler Strategien folgt (Wittkamp et al., 2022) und Studien, die Überzeugungen experimentell manipulierten, sprechen dafür, dass eine Veränderung von Überzeugungen eigene Emotionen verändern zu können die Emotionsregulation beeinflussen kann (Bigman et al., 2016; De Castella et al., 2018; Kneeland et al., 2016). Mit dem Ziel die Emotionsregulation zu verbessern, könnte daher auch der Einbezug von Disputationstechniken zur Modifikation dysfunktionaler Überzeugungen über Emotionen förderlich sein.

Im Gesamten bekräftigen die Ergebnisse der Dissertation die Sichtweise, dass für das Auftreten von psychotischen Symptomen normalpsychologische Phänomene wie der Umgang mit Stressoren von Bedeutung sind und psychotisches Erleben daher als dimensionales Konstrukt verstanden werden sollte. Dies gibt transdiagnostischen Interventions- und Präventionsprogrammen Aufwind und verdeutlicht, dass psychotherapeutische Behandlungsformen von psychotischen Störungen große Schnittmengen mit dem Vorgehen in der Therapie anderer Störungen aufweisen. Dies sollte niedergelassene Behandelnde, welche aktuell nicht selten eine Psychotherapie von Personen mit psychotischen Störungen kategorisch ablehnen (Schlier & Lincoln, 2016), dazu ermutigen mit dieser Patientengruppe zu arbeiten. Allerdings ist es heutzutage immer noch oftmals so,

dass in der Allgemeinbevölkerung aber auch unter Behandelnden stark biologische Erklärungsmodelle von psychotischen Störungen vorherrschen, was mit der Stigmatisierung von Betroffenen einhergeht (Angermeyer & Matschinger, 2005) und ein eindimensionales Ausrichten der Therapie auf die psychopharmakologische Behandlung forcieren kann (Magliano et al., 2013, 2020). Entgegen diesem Störungsverständnis verdeutlicht die Dissertation, dass biologische und psychologische Parameter zusammenwirken und eine losgelöste Betrachtungsweise des einen ohne des anderen zu kurz greift. Dies lässt es zielführend erscheinen die Bedingungen der Entstehung und Aufrechterhaltung von psychotischen Symptomen noch stärker an der interdisziplinären Schnittstelle zwischen der Psychologie, der Medizin und den Neurowissenschaften zu betrachten und eine integrative Behandlung zu verfolgen. Um dies wirksam umzusetzen, ist es entscheidend Behandelnde gründlicher über den aktuellen Wissenstand multipler ätiologischer Faktoren und möglicher Behandlungsformen von psychotischen Störungen aufzuklären.

#### **4.7. Fazit**

Die vorliegende Dissertation stärkt die Relevanz der psychophysiologischen Regulationsfähigkeit für das Erleben von Stress und psychotischen Symptomen. Nichtsdestotrotz kann auf Basis der Ergebnisse bezweifelt werden, dass persistierend hohe Stresslevels bei psychotischen Störungen in erster Linie darauf zurückzuführen sind, dass Defizite in der resting-state HRV und der volitionalen Emotionsregulation die Stresserholung verzögern. Obwohl sich eine direkte Verknüpfung mit psychotischen Symptomen nur für die volitionale Emotionsregulation und nicht für die resting-state HRV bestätigte, sprechen die Ergebnisse dafür, dass beide Parameter sowohl für subjektive Stresslevels im Alltag als auch für die autonome Erholung nach einem Stressor bedeutsam sind. Daher schenken die Befunde Hoffnung, dass eine Erhöhung der resting-state HRV sowie eine Verbesserung der Emotionsregulationsfertigkeiten die autonome Erholung unterstützen, das Erleben von Stress und negativem Affekt reduzieren und sich darüber auch günstig auf das Auftreten von psychotischen Symptomen auswirken kann.



## 5. Literatur

- Abler, B., & Kessler, H. (2009). Emotion Regulation Questionnaire - Eine deutschsprachige Fassung des ERQ von Gross und John. *Diagnostica*, *55*(3), 144–152. <https://doi.org/10.1026/0012-1924.55.3.144>
- Aiello, G., Horowitz, M., Heggul, N., Pariante, C. M., & Mondelli, V. (2012). Stress abnormalities in individuals at risk for psychosis: A review of studies in subjects with familial risk or with “ at risk” mental state. *Psychoneuroendocrinology*, *37*(10), 1600–1613. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2012.05.003>
- Aldao, A., & Mennin, D. S. (2012). Paradoxical cardiovascular effects of implementing adaptive emotion regulation strategies in generalized anxiety disorder. *Behaviour Research and Therapy*, *50*(2), 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2011.12.004>
- Aldao, A., Mennin, D. S., & McLaughlin, K. A. (2013). Differentiating worry and rumination: Evidence from heart rate variability during spontaneous regulation. *Cognitive Therapy and Research*, *37*(3), 613–619. <https://doi.org/10.1007/s10608-012-9485-0>
- Aldao, A., & Nolen-Hoeksema, S. (2010). Specificity of cognitive emotion regulation strategies: A transdiagnostic examination. *Behaviour Research and Therapy*, *48*(10), 974–983. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2010.06.002>
- Aldao, A., & Nolen-Hoeksema, S. (2012). The influence of context on the implementation of adaptive emotion regulation strategies. *Behaviour Research and Therapy*, *50*(7–8), 493–501. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2012.04.004>
- Aldao, A., Nolen-Hoeksema, S., & Schweizer, S. (2010). Emotion-regulation strategies across psychopathology: A meta-analytic review. *Clinical Psychology Review*, *30*(2), 217–237. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2009.11.004>
- Aldao, A., Sheppes, G., & Gross, J. J. (2015). Emotion Regulation Flexibility. *Cognitive Therapy and Research*, *39*(3), 263–278. <https://doi.org/10.1007/s10608-014-9662-4>
- Alvares, G. A., Quintana, D. S., Hickie, I. B., & Guastella, A. J. (2016). Autonomic nervous system dysfunction in psychiatric disorders and the impact of psychotropic medications: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, *41*(2), 89–104. <https://doi.org/10.1503/jpn.140217>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (5th ed.)*. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Andersen, E. H., Lewis, G. F., & Belger, A. (2018). Aberrant parasympathetic reactivity to acute psychosocial stress in male patients with schizophrenia spectrum disorders. *Psychiatry Research*, *265*, 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.04.009>
- Appelhans, B. M., & Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of General Psychology*, *10*(3), 229–240. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.10.3.229>

- Arens, E. A., Balkir, N., & Barnow, S. (2013). Ethnic Variation in Emotion Regulation. *Journal of Cross-Cultural Psychology, 44*(3), 335–351. <https://doi.org/10.1177/0022022112453314>
- Armando, M., Nelson, B., Yung, A. R., Ross, M., Birchwood, M., Girardi, P., & Nastro, P. F. (2010). Psychotic-like experiences and correlation with distress and depressive symptoms in a community sample of adolescents and young adults. *Schizophrenia Research, 119*(1–3), 258–265. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2010.03.001>
- Bachmann, P., Finke, J. B., Rebeck, D., Zhang, X., Larra, M. F., Koch, K. P., Turner, J. D., & Schächinger, H. (2019). Test-retest reproducibility of a combined physical and cognitive stressor. *Biological Psychology, 148*. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2019.107729>
- Bär, K. J., Rachow, T., Schulz, S., Bassarab, K., Haufe, S., Berger, S., Koch, K., & Voss, A. (2012). The phrenic component of acute schizophrenia - a name and its physiological reality. *PLoS ONE, 7*(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033459>
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations. *Journal of Personality and Social Psychology, 51*(6), 1173–1182. <https://doi.org/10.1007/BF02512353>
- Beauchaine, T. P., & Thayer, J. F. (2015). Heart rate variability as a transdiagnostic biomarker of psychopathology. *International Journal of Psychophysiology, 98*(2), 338–350. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.08.004>
- Bebbington, P. E., McBride, O., Steel, C., Kuipers, E., Radovanović, M., Brugha, T., Jenkins, R., Meltzer, H. I., & Freeman, D. (2013). The structure of paranoia in the general population. *British Journal of Psychiatry, 202*, 419–427. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.112.119032>
- Beesdo-Baum, K., Zaudig, M., & Wittchen, H.-U. (2019). *SCID-5-CV Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-5®-Störungen – Klinische Version*. Hogrefe.
- Ben-Zeev, D., Ellington, K., Swendsen, J., & Granholm, E. (2011). Examining a cognitive model of persecutory ideation in the daily life of people with schizophrenia: a computerized experience sampling study. *Schizophrenia Bulletin, 37*(6), 1248–1256. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbq041>
- Bengtsson, J., Bodén, R., Olsson, E. M. G., Mårtensson, J., Gingnell, M., & Persson, J. (2020). Autonomic modulation networks in schizophrenia: The relationship between heart rate variability and functional and structural connectivity in the brain. *Psychiatry Research - Neuroimaging, 300*. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2020.111079>
- Berking, M., & Znoj, H. (2008). Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur standardisierten Selbsteinschätzung emotionaler Kompetenzen (SEK-27). *Zeitschrift Für Psychiatrie, Psychologie Und Psychotherapie, 56*(2), 141–153. <https://doi.org/10.1024/1661-4747.56.2.141>
- Berna, G., Ott, L., & Nandrino, J. L. (2014). Effects of emotion regulation difficulties on the tonic and phasic cardiac autonomic response. *PLoS ONE, 9*(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102971>

- Birkhofer, A., Geissendoerfer, J., Alger, P., Mueller, A., Rentrop, M., Strubel, T., Leucht, S., Förstl, H., Bär, K. J., & Schmidt, G. (2013). The deceleration capacity - a new measure of heart rate variability evaluated in patients with schizophrenia and antipsychotic treatment. *European Psychiatry, 28*(2), 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2011.06.010>
- Blanke, E. S., Brose, A., Kalokerinos, E. K., Erbas, Y., Riediger, M., & Kuppens, P. (2020). Mix it to fix it: Emotion regulation variability in daily life. *Emotion, 20*(3), 473–485. <https://doi.org/10.1037/emo0000566>
- Bonanno, G. A., & Burton, C. L. (2013). Regulatory Flexibility: An Individual Differences Perspective on Coping and Emotion Regulation. *Perspectives on Psychological Science, 8*(6), 591–612. <https://doi.org/10.1177/1745691613504116>
- Carnevali, L., Thayer, J. F., Brosschot, J. F., & Ottaviani, C. (2018). Heart rate variability mediates the link between rumination and depressive symptoms: A longitudinal study. *International Journal of Psychophysiology, 131*, 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.11.002>
- Castro, M. N., Vigo, D. E., Chu, E. M., Fahrner, R. D., de Achával, D., Costanzo, E. Y., Leiguarda, R. C., Nogués, M., Cardinali, D. P., & Guinjoan, S. M. (2009). Heart rate variability response to mental arithmetic stress is abnormal in first-degree relatives of individuals with schizophrenia. *Schizophrenia Research, 109*(1–3), 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2008.12.026>
- Castro, M. N., Vigo, D. E., Weidema, H., Fahrner, R. D., Chu, E. M., de Achával, D., Nogués, M., Leiguarda, R. C., Cardinali, D. P., & Guinjoan, S. M. (2008). Heart rate variability response to mental arithmetic stress in patients with schizophrenia. Autonomic response to stress in schizophrenia. *Schizophrenia Research, 99*, 294–303. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2007.08.025>
- Cella, M., Okruszek, Ł., Lawrence, M., Zarlenga, V., He, Z., & Wykes, T. (2018). Using wearable technology to detect the autonomic signature of illness severity in schizophrenia. *Schizophrenia Research, 195*, 537–542. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2017.09.028>
- Clamor, A., Lincoln, T. M., Thayer, J. F., & Koenig, J. (2016). Resting vagal activity in schizophrenia: Meta-Analysis of heart rate variability as a potential endophenotype. *British Journal of Psychiatry, 208*(1), 9–16. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.114.160762>
- Clamor, A., Ludwig, L., & Lincoln, T. M. (2020). Heart rate variability as an index of emotion (dys)regulation in psychosis? *International Journal of Psychophysiology, 158*, 310–317. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.08.016>
- Clamor, A., Schlier, B., Köther, U., Hartmann, M. M., Moritz, S., & Lincoln, T. M. (2015). Bridging psychophysiological and phenomenological characteristics of psychosis - Preliminary evidence for the relevance of emotion regulation. *Schizophrenia Research, 169*(1–3), 346–350. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2015.10.035>
- Clamor, A., Sundag, J., & Lincoln, T. M. (2019). Specificity of resting-state heart rate variability in psychosis: A comparison with clinical high risk, anxiety, and healthy controls.

- Schizophrenia Research*, 206, 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.12.009>
- Clamor, A., Warmuth, A. M., & Lincoln, T. M. (2015). Arousal Predisposition as a Vulnerability Indicator for Psychosis: A General Population Online Stress Induction Study. *Schizophrenia Research and Treatment*, 2015, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2015/725136>
- Coleman, A., & Oliveros, A. D. (2020). Reconceptualization of emotion regulation: strategy use, flexibility, and emotionality. *Anxiety, Stress and Coping*, 33(1), 19–30. <https://doi.org/10.1080/10615806.2019.1655641>
- Counotte, J., Pot-Kolder, R., van Roon, A. M., Hoskam, O., van der Gaag, M., & Veling, W. (2017). High psychosis liability is associated with altered autonomic balance during exposure to Virtual Reality social stressors. *Schizophrenia Research*, 184, 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2016.11.025>
- Cropley, M., Plans, D., Morelli, D., Sütterlin, S., Inceoglu, I., Thomas, G., & Chu, C. (2017). The association between work-related rumination and heart rate variability: A field study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 1–6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00027>
- De Hert, M., Detraux, J., Van Winkel, R., Yu, W., & Correll, C. U. (2012). Metabolic and cardiovascular adverse effects associated with antipsychotic drugs. *Nature Reviews Endocrinology*, 8(2), 114–126. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2011.156>
- Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde e. V. (2019). *S3-Leitlinie Schizophrenie*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-59380-6>
- Dinzeo, T. J., Cohen, A. S., Nienow, T. M., & Docherty, N. M. (2004). Stress and arousability in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 71(1), 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2004.01.008>
- Eldesouky, L., & English, T. (2019). Regulating for a reason: Emotion regulation goals are linked to spontaneous strategy use. *Journal of Personality*, 87(5), 948–961. <https://doi.org/10.1111/jopy.12447>
- English, T., Lee, I. A., John, O. P., & Gross, J. J. (2017). Emotion regulation strategy selection in daily life: The role of social context and goals. *Motivation and Emotion*, 41(2), 230–242. <https://doi.org/10.1007/s11031-016-9597-z>
- Ernst, G. (2017). Heart-Rate Variability—More than Heart Beats? *Frontiers in Public Health*, 5, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00240>
- Etkin, A., Büchel, C., & Gross, J. J. (2015). The neural bases of emotion regulation. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(11), 693–700. <https://doi.org/10.1038/nrn4044>
- Faries, D. E., Ascher-Svanum, H., Zhu, B., Correll, C. U., & Kane, J. (2005). Antipsychotic monotherapy and polypharmacy in the naturalistic treatment of schizophrenia with atypical antipsychotics. *BMC Psychiatry*, 5(26). <https://doi.org/10.1186/1471-244X-5-26>
- Ford, B. Q., Gross, J. J., & Gruber, J. (2019). Broadening Our Field of View: The Role of Emotion

- Polyregulation. *Emotion Review*, 11(3), 197–208.  
<https://doi.org/10.1177/1754073919850314>
- Ford, B. Q., Karnilowicz, H. R., & Mauss, I. B. (2017). Understanding reappraisal as a multicomponent process: The psychological health benefits of attempting to use reappraisal depend on reappraisal success. *Emotion*, 17(6), 905–911.  
<https://doi.org/10.1037/emo0000310>
- Ford, B. Q., & Troy, A. S. (2019). Reappraisal Reconsidered: A Closer Look at the Costs of an Acclaimed Emotion-Regulation Strategy. *Current Directions in Psychological Science*, 28(2), 195–203. <https://doi.org/10.1177/0963721419827526>
- Freeman, D., & Garety, P. (2014). Advances in understanding and treating persecutory delusions: A review. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 49(8), 1179–1189.  
<https://doi.org/10.1007/s00127-014-0928-7>
- Freeman, D., & Garety, P. A. (2000). Comments on the content of persecutory delusions: Does the definition need clarification? *British Journal of Clinical Psychology*, 39(4), 407–414. <https://doi.org/10.1348/014466500163400>
- Freeman, D., Garety, P. A., Kuipers, E., Fowler, D., & Bebbington, P. E. (2002). A cognitive model of persecutory delusions. *British Journal of Clinical Psychology*, 41(4), 331–347.  
<https://doi.org/10.1348/014466502760387461>
- Freeman, D., Loe, B. S., Kingdon, D., Startup, H., Molodynski, A., Rosebrock, L., Brown, P., Sheaves, B., Waite, F., & Bird, J. C. (2019). The revised Green et al., Paranoid Thoughts Scale (R-GPTS): psychometric properties, severity ranges, and clinical cut-offs. *Psychological Medicine*, 1–10. <https://doi.org/10.1017/s0033291719003155>
- Freeman, D., Startup, H., Dunn, G., Wingham, G., Černis, E., Evans, N., Lister, R., Pugh, K., Cordwell, J., & Kingdon, D. (2014). Persecutory delusions and psychological well-being. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 49(7), 1045–1050.  
<https://doi.org/10.1007/s00127-013-0803-y>
- Fusar-Poli, P., Nelson, B., Valmaggia, L., Yung, A. R., & McGuire, P. K. (2014). Comorbid depressive and anxiety disorders in 509 individuals with an at-risk mental state: Impact on psychopathology and transition to psychosis. *Schizophrenia Bulletin*, 40(1), 120–131.  
<https://doi.org/10.1093/schbul/sbs136>
- Gaab, J., Rohleder, N., Nater, U. M., & Ehlert, U. (2005). Psychological determinants of the cortisol stress response: The role of anticipatory cognitive appraisal. *Psychoneuroendocrinology*, 30(6), 599–610.  
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2005.02.001>
- Garety, P. A., Gittins, M., Jolley, S., Bebbington, P., Dunn, G., Kuipers, E., Fowler, D., & Freeman, D. (2013). Differences in cognitive and emotional processes between persecutory and grandiose delusions. *Schizophrenia Bulletin*, 39(3), 629–639.  
<https://doi.org/10.1093/schbul/sbs059>
- Gerteis, A. K. S., & Schwerdtfeger, A. R. (2016). When rumination counts: Perceived social

- support and heart rate variability in daily life. *Psychophysiology*, 53(7), 1034–1043. <https://doi.org/10.1111/psyp.12652>
- Grezellschak, S., Jansen, A., & Westermann, S. (2017). Emotion regulation in patients with psychosis: A link between insomnia and paranoid ideation? *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 56, 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2016.08.001>
- Grezellschak, S., Lincoln, T. M., & Westermann, S. (2015). Cognitive emotion regulation in patients with schizophrenia: Evidence for effective reappraisal and distraction. *Psychiatry Research*, 229, 434–439. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.05.103>
- Gross, J. J. (1998). Antecedent- and Emotion Regulation : Divergent Consequences Experience , Expression , Physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(1), 224–237.
- Gross, J. J. (2015). Emotion Regulation: Current Status and Future Prospects. *Psychological Inquiry*, 26(1), 1–26. <https://doi.org/10.1080/1047840X.2014.940781>
- Haddad, P. M., & Correll, C. U. (2018). The acute efficacy of antipsychotics in schizophrenia: a review of recent meta-analyses. *Therapeutic Advances in Psychopharmacology*, 8(11), 303–318. <https://doi.org/10.1177/2045125318781475>
- Haines, S. J., Gleeson, J., Kuppens, P., Hollenstein, T., Ciarrochi, J., Labuschagne, I., Grace, C., & Koval, P. (2016). The Wisdom to Know the Difference: Strategy-Situation Fit in Emotion Regulation in Daily Life Is Associated With Well-Being. *Psychological Science*, 27(12), 1651–1659. <https://doi.org/10.1177/0956797616669086>
- Harfst, T., Koch, U., Kurtz von Aschoff, C., Nutzinger, D. O., Rüdell, H., & Schulz, H. (2002). Entwicklung und Validierung einer Kurzform der Symptom Checklist-90-R. *DRV-Schriften*, 33, 71–73.
- Hartley, S., Haddock, G., Vasconcelos e Sa, D., Emsley, R., & Barrowclough, C. (2014). An experience sampling study of worry and rumination in psychosis. *Psychological Medicine*, 44(8), 1605–1614. <https://doi.org/10.1017/S0033291713002080>
- Hartmann, R., Schmidt, F. M., Sander, C., & Hegerl, U. (2019). Heart Rate Variability as Indicator of Clinical State in Depression. *Frontiers in Psychiatry*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2018.00735>
- Heald, A., Livingston, M., Yung, A., & De Hert, M. A. (2017). Prescribing in schizophrenia and psychosis: Increasing polypharmacy over time. *Human Psychopharmacology*, 32(2), 1–4. <https://doi.org/10.1002/hup.2579>
- Heij, J. E., & Cheavens, J. S. (2014). Back to Basics: A Naturalistic Assessment of the Experience and Regulation of Emotion. *Emotion*, 14(5), 878–891. <https://doi.org/10.1037/a0037231>
- Hildebrandt, L. K., McCall, C., Engen, H. G., & Singer, T. (2016). Cognitive flexibility, heart rate variability, and resilience predict fine-grained regulation of arousal during prolonged threat. *Psychophysiology*, 53(6), 880–890. <https://doi.org/10.1111/psyp.12632>

- Holzman, J. B., & Bridgett, D. J. (2017). Heart rate variability indices as bio-markers of top-down self-regulatory mechanisms: A meta-analytic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *74*, 233–255. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.12.032>
- Horan, W. P., Ventura, J., Nuechterlein, K. H., Subotnik, K. L., Hwang, S. S., & Mintz, J. (2005). Stressful life events in recent-onset schizophrenia: Reduced frequencies and altered subjective appraisals. *Schizophrenia Research*, *75*, 363–374. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2004.07.019>
- Huang, W. L., Chang, L. R., Kuo, T. B. J., Lin, Y. H., Chen, Y. Z., & Yang, C. C. H. (2013). Impact of antipsychotics and anticholinergics on autonomic modulation in patients with schizophrenia. *Journal of Clinical Psychopharmacology*, *33*(2), 170–177. <https://doi.org/10.1097/JCP.0b013e3182839052>
- Izadpanah, S., Barnow, S., Neubauer, A. B., & Holl, J. (2019). Development and Validation of the Heidelberg Form for Emotion Regulation Strategies (HFERST): Factor Structure, Reliability, and Validity. *Assessment*, *26*(5), 880–906. <https://doi.org/10.1177/1073191117720283>
- Jahng, S., Wood, P. K., & Trull, T. J. (2008). Analysis of Affective Instability in Ecological Momentary Assessment: Indices Using Successive Difference and Group Comparison via Multilevel Modeling. *Psychological Methods*, *13*(4), 354–375. <https://doi.org/10.1037/a0014173>
- Jáuregui, O. I., Costanzo, E. Y., De Achával, D., Villarreal, M. F., Chu, E., Mora, M. C., Vigo, D. E., Castro, M. N., Leiguarda, R. C., Bär, K. J., & Guinjoan, S. M. (2011). Autonomic nervous system activation during social cognition tasks in patients with schizophrenia and their unaffected relatives. *Cognitive and Behavioral Neurology*, *24*(4), 194–203. <https://doi.org/10.1097/WNN.0b013e31824007e9>
- Jennings, J. R., Sheu, L. K., Kuan, D. C. H., Manuck, S. B., & Gianaros, P. J. (2016). Resting state connectivity of the medial prefrontal cortex covaries with individual differences in high-frequency heart rate variability. *Psychophysiology*, *53*(4), 444–454. <https://doi.org/10.1111/psyp.12586>
- Jentsch, V. L., & Wolf, O. T. (2020). The impact of emotion regulation on cardiovascular, neuroendocrine and psychological stress responses. *Biological Psychology*, *154*. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2020.107893>
- Kappas, A. (2011). Emotion and regulation are one! *Emotion Review*, *3*(1), 17–25. <https://doi.org/10.1177/1754073910380971>
- Katz, B. A., Lustig, N., Assis, Y., & Yovel, I. (2017). Measuring regulation in the here and now: The development and validation of the state emotion regulation inventory (SERI). *Psychological Assessment*, *29*(10), 1235–1248. <https://doi.org/10.1037/pas0000420>
- Kemp, A. H., Quintana, D. S., Gray, M. A., Felmingham, K. L., Brown, K., & Gatt, J. M. (2010). Impact of Depression and Antidepressant Treatment on Heart Rate Variability: A Review and Meta-Analysis. *Biological Psychiatry*, *67*(11), 1067–1074.

<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.12.012>

- Kendler, K. S., & Campbell, J. (2009). Interventionist causal models in psychiatry: Repositioning the mind-body problem. *Psychological Medicine*, 39(6), 881–887. <https://doi.org/10.1017/S0033291708004467>
- Kesting, M. L., Bredenpohl, M., Klenke, J., Westermann, S., & Lincoln, T. M. (2013). The impact of social stress on self-esteem and paranoid ideation. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 44(1), 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2012.07.010>
- Kim, J. H., Ann, J. H., & Lee, J. (2011). Relationship between heart rate variability and the severity of psychotic symptoms in schizophrenia. *Acta Neuropsychiatrica*, 23(4), 161–166. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5215.2011.00549.x>
- Kimhy, D., Lister, A., Liu, Y., Vakhrusheva, J., Delespaul, P., Malaspina, D., Ospina, L. H., Mittal, V. A., Gross, J. J., & Wang, Y. (2020). The impact of emotion awareness and regulation on psychotic symptoms during daily functioning. *Npj Schizophrenia*, 6(7). <https://doi.org/10.1038/s41537-020-0096-6>
- Klippel, A., Myin-Germeys, I., Chavez-Baldini, U. Y., Preacher, K. J., Kempton, M., Valmaggia, L., Calem, M., So, S., Beards, S., Hubbard, K., Gayer-Anderson, C., Onyejiaka, A., Wichers, M., McGuire, P., Murray, R., Garety, P., van Os, J., Wykes, T., Morgan, C., & Reininghaus, U. (2017). Modeling the Interplay Between Psychological Processes and Adverse, Stressful Contexts and Experiences in Pathways to Psychosis: An Experience Sampling Study. *Schizophrenia Bulletin*, 43(2), 302–315. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbw185>
- Kobylińska, D., & Kusev, P. (2019). Flexible emotion regulation: How situational demands and individual differences influence the effectiveness of regulatory strategies. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00072>
- Koval, P., Brose, A., Pe, M. L., Houben, M., Erbas, Y., Champagne, D., & Kuppens, P. (2015). Emotional inertia and external events: The roles of exposure, reactivity, and recovery. *Emotion*, 15(5), 625–636. <https://doi.org/10.1037/emo0000059>
- Kramer, I., Simons, C. J. P., Wigman, J. T. W., Collip, D., Jacobs, N., Derom, C., Thiery, E., Van Os, J., Myin-Germeys, I., & Wichers, M. (2014). Time-lagged moment-to-moment interplay between negative affect and paranoia: New insights in the affective pathway to psychosis. *Schizophrenia Bulletin*, 40(2), 278–286. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbs194>
- Krkovic, K., Clamor, A., Schlier, B., & Lincoln, T. M. (2020). Emotions and Persecutory Ideation in Daily Life: On the Trail of the “Chicken and Egg” Problem. *Journal of Abnormal Psychology*, 129(2), 215–223. <https://doi.org/10.1037/abn0000495>
- Krkovic, K., Krink, S., & Lincoln, T. M. (2018). Emotion regulation as a moderator of the interplay between self-reported and physiological stress and paranoia. *European Psychiatry*, 49, 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2017.12.002>
- Krkovic, K., Nowak, U., Kammerer, M. K., Bott, A., & Lincoln, T. M. (2021). Aberrant adapting of beliefs under stress: A mechanism relevant to the formation of paranoia? *Psychological Medicine*, 1-10. <https://doi.org/10.1017/S0033291721003524>



- Laborde, S., Mosley, E., & Mertgen, A. (2018). Vagal Tank theory: The three Rs of cardiac vagal control functioning - resting, reactivity, and recovery. *Frontiers in Neuroscience, 12*. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00458>
- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research - Recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in Psychology, 8*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>
- Lacro, J. P., Dunn, L. B., Dolder, C. R., Leckband, S. G., & Jeste, D. V. (2002). Prevalence of and risk factors for medication nonadherence in patients with schizophrenia: A comprehensive review of recent literature. *Journal of Clinical Psychiatry, 63*(10), 892–909. <https://doi.org/10.4088/JCP.v63n1007>
- Lataster, T., Wichers, M., Jacobs, N., Mengelers, R., Derom, C., Thiery, E., Van Os, J., & Myin-Germeys, I. (2009). Does reactivity to stress cosegregate with subclinical psychosis? A general population twin study. *Acta Psychiatrica Scandinavica, 119*(1), 45–53. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0447.2008.01263.x>
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1987). Transactional theory and research on emotions and coping. *European Journal of Personality, 1*(3), 141–169. <https://doi.org/10.1002/per.2410010304>
- Levy, M. N. (1990). Autonomic Interactions in Cardiac Control. *Annals of the New York Academy of Sciences, 601*(1), 209–221. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1990.tb37302.x>
- Lewis, E. J., Yoon, K. L., & Joormann, J. (2018). Emotion regulation and biological stress responding: associations with worry, rumination, and reappraisal. *Cognition and Emotion, 32*(7), 1487–1498. <https://doi.org/10.1080/02699931.2017.1310088>
- Lincoln, T. M., Peter, N., Schäfer, M., & Moritz, S. (2009). Impact of stress on paranoia: An experimental investigation of moderators and mediators. *Psychological Medicine, 39*(7), 1129–1139. <https://doi.org/10.1017/S0033291708004613>
- Lincoln, T. M., Köther, U., Hartmann, M., Kempkensteffen, J., & Moritz, S. (2015). Responses to stress in patients with psychotic disorders compared to persons with varying levels of vulnerability to psychosis, persons with depression and healthy controls. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, 47*, 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2014.11.011>
- Lincoln, T. M., Sundag, J., Schlier, B., & Karow, A. (2018). The Relevance of Emotion Regulation in Explaining Why Social Exclusion Triggers Paranoia in Individuals at Clinical High Risk of Psychosis. *Schizophrenia Bulletin, 44*(4), 757–767. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbx135>
- Linscott, R. J., & Van Os, J. (2013). An updated and conservative systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence on psychotic experiences in children and adults: On the pathway from proneness to persistence to dimensional expression across mental disorders. *Psychological Medicine, 43*(6), 1133–1149.

<https://doi.org/10.1017/S0033291712001626>

- Liu, J. J. W., Vickers, K., Reed, M., & Hadad, M. (2017). Re-conceptualizing stress: Shifting views on the consequences of stress and its effects on stress reactivity. *PLoS ONE*, *12*(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173188>
- Liu, Y., Huang, Y., Zhou, J., Li, G., Chen, J., Xiang, Z., Wu, F., & Wu, K. (2021). Altered Heart Rate Variability in Patients With Schizophrenia During an Autonomic Nervous Test. *Frontiers in Psychiatry*, *12*. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.626991>
- Livingstone, K., Gillanders, D., & Harper, S. (2009). An Exploration of Emotion Regulation in An Exploration of Emotion Regulation in Psychosis. *Clinical Psychology & Psychotherapy*, *16*, 418–430. <https://doi.org/10.1002/cpp.635>
- Loch, N., Hiller, W., & Witthöft, M. (2011). Der Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (CERQ): Erste teststatistische Überprüfung einer deutschen Adaption. *Zeitschrift Für Klinische Psychologie Und Psychotherapie*, *40*(2), 94–106. <https://doi.org/10.1026/1616-3443/a000079>
- Ludwig, L., Mehl, S., Krkovic, K., & Lincoln, T. M. (2020). Effectiveness of Emotion Regulation in Daily Life in Individuals With Psychosis and Nonclinical Controls-An Experience-Sampling Study. *Journal of Abnormal Psychology*, *129*(4), 408–421. <https://doi.org/10.1037/abn0000505>
- Ludwig, L., Mehl, S., Schlier, B., Krkovic, K., & Lincoln, T. M. (2019). Awareness and rumination moderate the affective pathway to paranoia in daily life. *Schizophrenia Research*, *216*, 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2019.12.007>
- Ludwig, L., Werner, D., & Lincoln, T. M. (2019). The relevance of cognitive emotion regulation to psychotic symptoms – A systematic review and meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, *72*. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2019.101746>
- Ma, X., Tamir, M., & Miyamoto, Y. (2018). A Socio-Cultural Instrumental Approach to Emotion Regulation: Culture and the Regulation of Positive Emotions. *Emotion*, *18*(1), 138–152. <https://doi.org/10.1037/emo0000315>
- Martinelli, C., Cavanagh, K., & Dudley, R. E. J. (2013). The Impact of Rumination on State Paranoid Ideation in a Nonclinical Sample. *Behavior Therapy*, *44*(3), 385–394. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2013.02.002>
- McEwen, B. S. (1998). Stress, Adaptation, and Disease - Allostasis and Allostatic Load. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *840*, 33–44. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1998.tb09546.x>
- McRae, K. (2013). Emotion Regulation Frequency and Success: Separating Constructs from Methods and Time Scale. *Social and Personality Psychology Compass*, *7*(5), 289–302. <https://doi.org/10.1111/spc3.12027>
- Mehl, S., Werner, D., & Lincoln, T. M. (2015). Does Cognitive Behavior Therapy for psychosis (CBTp) show a sustainable effect on delusions? A meta-analysis. *Frontiers in Psychology*,

6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01450>

Montaquila, J. M., Trachik, B. J., & Bedwell, J. S. (2015). Heart rate variability and vagal tone in schizophrenia: A review. *Journal of Psychiatric Research, 69*, 57–66.

<https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2015.07.025>

Moreno-Küstner, B., Martín, C., & Pastor, L. (2018). Incidence of psychotic disorders and its association with methodological issues. A systematic review and meta-analyses.

*Schizophrenia Research, 204*, 458–459. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.07.031>

Moritz, S., Burnette, P., Sperber, S., Köther, U., Hagemann-Goebel, M., Hartmann, M., & Lincoln, T. M. (2011). Elucidating the black box from stress to paranoia. *Schizophrenia Bulletin, 37*(6), 1311–1317.

<https://doi.org/10.1093/schbul/sbq055>

Mujica-Parodi, L. R., Yeragani, V., & Malaspina, D. (2005). Nonlinear complexity and spectral analyses of heart rate variability in medicated and unmedicated patients with schizophrenia. *Neuropsychobiology, 51*(1), 10–15. <https://doi.org/10.1159/000082850>

Muscatello, M. R. A., Rizzo, A., Celebre, L., Mento, C., Pandolfo, G., Cedro, C., Battaglia, F., Zoccali, R. A., & Bruno, A. (2020). The wounds of childhood: Early trauma subtypes, salience and hyperarousal in a sample of adult psychiatric patients. *International Journal of Social Psychiatry, 66*(1), 3–9. <https://doi.org/10.1177/0020764019872227>

Myin-Germeys, I., Krabbendam, L., & Van Os, J. (2003). Continuity of psychotic symptoms in the community. *Current Opinion in Psychiatry, 16*(4), 443–449.

<https://doi.org/10.1097/01.yco.0000079208.36371.cd>

Myin-Germeys, I., Peeters, F., Havermans, R., Nicolson, N. A., deVries, M. W., Delespaul, P., & van Os, J. (2003). Emotional reactivity to daily life stress in psychosis and affective disorder: An experience sampling study. *Acta Psychiatrica Scandinavica, 107*(2), 124–131.

<https://doi.org/10.1034/j.1600-0447.2003.02025.x>

Myin-Germeys, I., & van Os, J. (2007). Stress-reactivity in psychosis: Evidence for an affective pathway to psychosis. *Clinical Psychology Review, 27*(4), 409–424.

<https://doi.org/10.1016/j.cpr.2006.09.005>

Myin-Germeys, I., van Os, J., Schwartz, J. E., Stone, A. A., & Delespaul, P. A. (2001). Emotional Reactivity to Daily Life Stress in Psychosis. *Archives of General Psychiatry, 58*(12), 1137.

<https://doi.org/10.1001/archpsyc.58.12.1137>

Nittel, C. M., Lincoln, T. M., Lamster, F., Leube, D., Rief, W., Kircher, T., & Mehl, S. (2018). Expressive suppression is associated with state paranoia in psychosis: An experience sampling study on the association between adaptive and maladaptive emotion regulation strategies and paranoia. *British Journal of Clinical Psychology, 57*(3), 291–312.

<https://doi.org/10.1111/bjc.12174>

Nook, E. C., Vidal Bustamante, C. M., Cho, H. Y., & Somerville, L. H. (2020). Use of linguistic distancing and cognitive reappraisal strategies during emotion regulation in children, adolescents, and young adults. *Emotion, 20*(4), 525–540.

<https://doi.org/10.1037/emo0000570>

- Nowak, U., Wittkamp, M. F., Clamor, A., & Lincoln, T. M. (2021). Using the Ball-in-Bowl Metaphor to Outline an Integrative Framework for Understanding Dysregulated Emotion. *Frontiers in Psychiatry, 12*. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.626698>
- Nuechterlein, K. H., & Dawson, M. E. (1984). A Heuristic Vulnerability/Stress Model of Schizophrenic Episodes. *Schizophrenia Bulletin, 10*(2), 300–312. <https://doi.org/10.1093/schbul/10.2.300>
- Nuevo, R., Chatterji, S., Verdes, E., Naidoo, N., Arango, C., & Ayuso-Mateos, J. L. (2012). The continuum of psychotic symptoms in the general population: A cross-national study. *Schizophrenia Bulletin, 38*(3), 475–485. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbq099>
- Oliver, D., Reilly, T. J., Baccaredda Boy, O., Petros, N., Davies, C., Borgwardt, S., McGuire, P., & Fusar-Poli, P. (2020). What Causes the Onset of Psychosis in Individuals at Clinical High Risk? A Meta-analysis of Risk and Protective Factors. *Schizophrenia Bulletin, 46*(1), 110–120. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbz039>
- Opoka, S. M., Ludwig, L., & Lincoln, T. M. (2018). A Systematic Review of Trials Targeting Depression and Anxiety in Patients With Delusions - An Emotion-Focused Perspective. *Zeitschrift Für Psychologie, 226*(3), 142–151.
- Opoka, S. M., Ludwig, L., Mehl, S., & Lincoln, T. M. (2021). An experimental study on the effectiveness of emotion regulation in patients with acute delusions. *Schizophrenia Research, 228*, 206–217. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2020.11.054>
- Opoka, S. M., Sundag, J., Riehle, M., & Lincoln, T. M. (2020). Emotion-Regulation in Psychosis: Patients with Psychotic Disorders Apply Reappraisal Successfully. *Cognitive Therapy and Research, 0123456789*. <https://doi.org/10.1007/s10608-020-10163-8>
- Osborne, K. J., Willroth, E. C., DeVlyder, J. E., Mittal, V. A., & Hilimire, M. R. (2017). Investigating the association between emotion regulation and distress in adults with psychotic-like experiences. *Psychiatry Research, 256*, 66–70. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2017.06.011>
- Palmier-Claus, J. E., Dunn, G., & Lewis, S. W. (2012). Emotional and symptomatic reactivity to stress in individuals at ultra-high risk of developing psychosis. *Psychological Medicine, 42*(5), 1003–1012. <https://doi.org/10.1017/S0033291711001929>
- Pappens, M., Schroijen, M., Sütterlin, S., Smets, E., Van Den Bergh, O., Thayer, J. F., & Van Diest, I. (2014). Resting heart rate variability predicts safety learning and fear extinction in an interoceptive fear conditioning paradigm. *PLoS ONE, 9*(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105054>
- Pavani, J. B., Le Vigouroux, S., Kop, J. L., Congard, A., & Dauvier, B. (2017). A Network Approach to Affect Regulation Dynamics and Personality Trait-Induced Variations: Extraversion and Neuroticism Moderate Reciprocal Influences between Affect and Affect Regulation Strategies. *European Journal of Personality, 31*(4), 329–346. <https://doi.org/10.1002/per.2109>
- Payne, R. (2012). Night's end. *Schizophrenia Bulletin, 38*(5), 899–901.

<https://doi.org/10.1093/schbul/sbs051>

- Perchtold, C. M., Weiss, E. M., Rominger, C., Fink, A., Weber, H., & Papousek, I. (2019). Cognitive reappraisal capacity mediates the relationship between prefrontal recruitment during reappraisal of anger-eliciting events and paranoia-proneness. *Brain and Cognition*, *132*, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.04.001>
- Perkins, D. O., Jeffries, C. D., Cornblatt, B. A., Woods, S. W., Addington, J., Bearden, C. E., Cadenhead, K. S., Cannon, T. D., Heinssen, R., Mathalon, D. H., Seidman, L. J., Tsuang, M. T., Walker, E. F., & McGlashan, T. H. (2015). Severity of Thought Disorder Predicts Psychosis in Persons at Clinical High-Risk. *Schizophrenia Research*, *169*(0), 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2015.09.008>.
- Perry, Y., Henry, J. D., Nangle, M. R., & Grisham, J. R. (2012). Regulation of negative affect in schizophrenia: The effectiveness of acceptance versus reappraisal and suppression. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *34*(5), 497–508. <https://doi.org/10.1080/13803395.2012.661405>
- Phillips, L. J., Francey, S. M., Edwards, J., & McMurray, N. (2007). Stress and psychosis: Towards the development of new models of investigation. *Clinical Psychology Review*, *27*(3), 307–317. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2006.10.003>
- Preti, A., & Cella, M. (2010). Paranoid thinking as a heuristic. *Early Intervention in Psychiatry*, *4*(3), 263–266. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7893.2010.00190.x>
- Pruessner, L., Barnow, S., & Schulze, K. (2021, May 12-15). *Flexible Emotionsregulation im Alltag und psychische Gesundheit* [Poster Presentation]. 38. Symposium der Fachgruppe Klinische Psychologie und Psychotherapie, Mannheim, Germany.
- Quintana, D. S., Westlye, L. T., Kaufmann, T., Rustan, O. G., Brandt, C. L., Haatveit, B., Steen, N. E., & Andreassen, O. A. (2016). Reduced heart rate variability in schizophrenia and bipolar disorder compared to healthy controls. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, *133*(1), 44–52. <https://doi.org/10.1111/acps.12498>
- Raymond, C., Marin, M. F., Juster, R. P., & Lupien, S. J. (2019). Should we suppress or reappraise our stress?: the moderating role of reappraisal on cortisol reactivity and recovery in healthy adults. *Anxiety, Stress and Coping*, *32*(3), 286–297. <https://doi.org/10.1080/10615806.2019.1596676>
- Reininghaus, U., Kempton, M. J., Valmaggia, L., Craig, T. K. J., Garety, P., Onyejiaka, A., Gayer-Anderson, C., So, S. H., Hubbard, K., Beards, S., Dazzan, P., Pariante, C., Mondelli, V., Fisher, H. L., Mills, J. G., Viechtbauer, W., McGuire, P., Van Os, J., Murray, R. M., ... Morgan, C. (2016). Stress sensitivity, aberrant salience, and threat anticipation in early psychosis: An experience sampling study. *Schizophrenia Bulletin*, *42*(3), 712–722. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbv190>
- Robinson, M. D., & Clore, G. L. (2002). Belief and feeling: Evidence for an accessibility model of emotional self-report. *Psychological Bulletin*, *128*(6), 934–960. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.128.6.934>

- Sakaki, M., Yoo, H. J., Nga, L., Lee, T.-H., Thayer, J. F., & Mather, M. (2016). Heart rate variability is associated with amygdala functional connectivity with MPFC across younger and older adults. *NeuroImage*, *139*, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>
- Sarlon, J., Habich, O., & Schneider, B. (2015). Elevated Rest Heart Rate in Psychiatric Patients and Different Effects of Psychotropic Medication. *Pharmacopsychiatry*, *49*(1), 18–22. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1565204>
- Sanchez, A., Vazquez, C., Marker, C., LeMoult, J., & Joormann, J. (2013). Attentional disengagement predicts stress recovery in depression: An eye-tracking study. *Journal of Abnormal Psychology*, *122*(2), 303–313. <https://doi.org/10.1037/a0031529>
- Scheibe, S., Sheppes, G., & Staudinger, U. M. (2015). Distract or Reappraise? Age-Related Differences in Emotion-Regulation Choice. *Emotion*, *15*(6), 677–681.
- Schlier, B., Krkovic, K., Clamor, A., & Lincoln, T. M. (2019). Autonomic arousal during psychosis spectrum experiences: results from a high resolution ambulatory assessment study over the course of symptom on- and offset. *Schizophrenia Research*, *212*, 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2019.07.046>
- Schlier, B., Moritz, S., & Lincoln, T. M. (2016). Measuring fluctuations in paranoia: Validity and psychometric properties of brief state versions of the Paranoia Checklist. *Psychiatry Research*, *241*, 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.05.002>
- Schwartz, J. E., Neale, J., Marco, C., Shiffman, S. S., & Stone, A. A. (1999). Does trait coping exist? A momentary assessment approach to the evaluation of traits. *Journal of Personality and Social Psychology*, *77*(2), 360–369. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.77.2.360>
- Shaffer, F., McCraty, R., & Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in Psychology*, *5*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01040>
- Shafir, R., Thiruchselvam, R., Suri, G., Gross, J. J., & Sheppes, G. (2016). Neural processing of emotional-intensity predicts emotion regulation choice. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *11*(12), 1863–1871. <https://doi.org/10.1093/scan/nsw114>
- Shapero, B. G., Farabaugh, A., Terechina, O., DeCross, S., Cheung, J. C., Fava, M., & Holt, D. J. (2019). Understanding the effects of emotional reactivity on depression and suicidal thoughts and behaviors: Moderating effects of childhood adversity and resilience. *Journal of Affective Disorders*, *245*, 419–427. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.11.033>
- Shapero, B. G., Stange, J. P., McArthur, B. A., Abramson, L. Y., & Alloy, L. B. (2019). Cognitive reappraisal attenuates the association between depressive symptoms and emotional response to stress during adolescence. *Cognition and Emotion*, *33*(3), 524–535. <https://doi.org/10.1080/02699931.2018.1462148>
- Sheppes, G., Scheibe, S., Suri, G., Radu, P., Blechert, J., & Gross, J. J. (2014). Emotion regulation choice: A conceptual framework and supporting evidence. *Journal of Experimental Psychology: General*, *143*(1), 163–181. <https://doi.org/10.1037/a0030831>

- Shiota, M. N., & Levenson, R. W. (2012). Turn down the volume or change the channel? Emotional effects of detached versus positive reappraisal. *Journal of Personality and Social Psychology*, *103*(3), 416–429. <https://doi.org/10.1037/a0029208>
- Simpson, J., MacGregor, B., Cavanagh, K., & Dudley, R. (2012). Safety Behaviours, Rumination and Trait Paranoia in a Non-Clinical Sample. *Journal of Experimental Psychopathology*, *3*(4), 612–623. <https://doi.org/10.5127/jep.027212>
- Smith, T. W., Deits-Lebehn, C., Williams, P. G., Baucom, B. R. W., & Uchino, B. N. (2020). Toward a social psychophysiology of vagally mediated heart rate variability: Concepts and methods in self-regulation, emotion, and interpersonal processes. *Social and Personality Psychology Compass*, *14*(3), 1–24. <https://doi.org/10.1111/spc3.12516>
- Söder, E., Clamor, A., Kempkensteffen, J., Moritz, S., & Lincoln, T. M. (2018). Stress levels in psychosis: Do body and mind diverge? *Biological Psychology*, *138*, 156–164. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.08.016>
- Stange, J. P., Hamilton, J. L., Fresco, D. M., & Alloy, L. B. (2017). Flexible parasympathetic responses to sadness facilitate spontaneous affect regulation. *Psychophysiology*, *54*(7), 1054–1069. <https://doi.org/10.1111/psyp.12856>
- Stefanis, N. C., Hanssen, M., Smirnis, N. K., Avramopoulos, D. A., Evdokimidis, I. K., Stefanis, C. N., Verdoux, H., & Van Os, J. (2002). Evidence that three dimensions of psychosis have a distribution in the general population. *Psychological Medicine*, *32*, 347–358. <https://doi.org/10.1017/S0033291701005141>
- Stemmler, G., Heldmann, M., Pauls, C. A., & Scherer, T. (2001). Constraints for emotion specificity in fear and anger: The context counts. *Psychophysiology*, *38*(2), 275–291. <https://doi.org/10.1017/S0048577201991668>
- Strauss, G. P., Zamani Esfahlani, F., Visser, K. F., Dickinson, E. K., Gruber, J., & Sayama, H. (2019). Mathematically Modeling Emotion Regulation Abnormalities During Psychotic Experiences in Schizophrenia. *Clinical Psychological Science*, *7*(2), 216–233. <https://doi.org/10.1177/2167702618810233>
- Tamir, M., & Ford, B. Q. (2012). When feeling bad is expected to be good: Emotion regulation and outcome expectancies in social conflicts. *Emotion*, *12*(4), 807–816. <https://doi.org/10.1037/a0024443>
- Thayer, J. F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers, J. J., & Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *36*(2), 747–756. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.009>
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of Affective Disorders*, *61*(3), 201–216. [https://doi.org/10.1016/S0165-0327\(00\)00338-4](https://doi.org/10.1016/S0165-0327(00)00338-4)
- Thayer, J. F., & Siegle, G. J. (2002). Neurovisceral integration in cardiac and emotional regulation. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, *21*(4), 24–29.

<https://doi.org/10.1109/memb.2002.1032635>

Thewissen, V., Bentall, R. P., Oorschot, M., À Campo, J., Van Lierop, T., Van Os, J., & Myin-Germeys, I. (2011). Emotions, self-esteem, and paranoid episodes: An experience sampling study. *British Journal of Clinical Psychology, 50*(2), 178–195. <https://doi.org/10.1348/014466510X508677>

Todd, M., Tennen, H., Carney, M. A., Affleck, G., & Armeli, S. (2004). Do We Know How We Cope? Relating Daily Coping Reports to Global and Time-Limited Retrospective Assessments. *Journal of Personality and Social Psychology, 86*(2), 310–319. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.86.2.310>

Troy, A. S., Shallcross, A. J., Brunner, A., Friedman, R., & Jones, M. C. (2018). Cognitive reappraisal and acceptance: Effects on emotion, physiology, and perceived cognitive costs. *Emotion, 18*(1), 58–74. <https://doi.org/10.1037/emo0000371>

Turner, D. T., Burger, S., Smit, F., Valmaggia, L. R., & van der Gaag, M. (2020). What constitutes sufficient evidence for case formulation-driven CBT for psychosis? Cumulative meta-analysis of the effect on hallucinations and delusions. *Schizophrenia Bulletin, 46*(5), 1072–1085. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbaa045>

Vaessen, T., Rintala, A., Otsabryk, N., Viechtbauer, W., Wampers, M., Claes, S., & Myin-Germeys, I. (2021). The association between self-reported stress and cardiovascular measures in daily life: A systematic review. *Plos One, 16*(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259557>

Vaessen, T., Steinhart, H., Batink, T., Klippel, A., Van Nierop, M., Reininghaus, U., & Myin-Germeys, I. (2019). ACT in daily life in early psychosis: an ecological momentary intervention approach. *Psychosis, 11*(2), 93–104. <https://doi.org/10.1080/17522439.2019.1578401>

Vaessen, T., Viechtbauer, W., van der Steen, Y., Gayer-Anderson, C., Kempton, M. J., Valmaggia, L., McGuire, P., Murray, R., Garety, P., Wykes, T., Morgan, C., Lataster, T., Lataster, J., Collip, D., Hernaus, D., Kasanova, Z., Delespaul, P., Oorschot, M., Claes, S., ... Myin-Germeys, I. (2019). Recovery from daily-life stressors in early and chronic psychosis. *Schizophrenia Research, 213*, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2019.03.011>

Valkonen-Korhonen, M., Tarvainen, M. P., Ranta-Aho, P., Karjalainen, P. A., Partanen, J., Karhu, J., & Lehtonen, J. (2003). Heart rate variability in acute psychosis. *Psychophysiology, 40*(5), 716–726. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00072>

van Aubel, E., Vaessen, T., Steinhart, H., Klippel, A., Batink, T., van Winkel, R., de Haan, R., van der Gaag, M., van Amelsvoort, T., Marcelis, M., Schirmbeck, F., Reininghaus, U., & Myin-Germeys, I. (2021). Acceptance and Commitment Therapy in Daily Life (ACT-DL) in early psychosis: Findings on treatment adherence and acceptability from the multi-center INTERACT randomized controlled trial. *JMIR Preprints*.

Van der Gaag, M., Valmaggia, L. R., & Smit, F. (2014). The effects of individually tailored formulation-based cognitive behavioural therapy in auditory hallucinations and



- delusions: A meta-analysis. *Schizophrenia Research*, 156(1), 30–37.  
<https://doi.org/10.1016/j.schres.2014.03.016>
- Van der Meer, L., Swart, M., Van Der Velde, J., Pijnenborg, G., Wiersma, D., Bruggeman, R., & Aleman, A. (2014). Neural correlates of emotion regulation in patients with schizophrenia and non-affected siblings. *PLoS ONE*, 9(6).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099667>
- Van Os, J., Kenis, G., & Rutten, B. P. F. (2010). The environment and schizophrenia. *Nature*, 468, 203–212. <https://doi.org/10.1038/nature09563>
- Van Os, J., Linscott, R. J., Myin-Germeys, I., Delespaul, P., & Krabbendam, L. (2009). A systematic review and meta-analysis of the psychosis continuum: Evidence for a psychosis proneness-persistence-impairment model of psychotic disorder. *Psychological Medicine*, 39(2), 179–195. <https://doi.org/10.1017/S0033291708003814>
- Van Venrooij, J. A. E. M., Fluitman, S. B. A. H. A., Lijmer, J. G., Kavelaars, A., Heijnen, C. J., Westenberg, H. G. M., Kahn, R. S., & Gispen-De Wied, C. C. (2012). Impaired neuroendocrine and immune response to acute stress in medication-naive patients with a first episode of psychosis. *Schizophrenia Bulletin*, 38(2), 272–279.  
<https://doi.org/10.1093/schbul/sbq062>
- Veling, W., Pot-Kolder, R., Counotte, J., Van Os, J., & Van Der Gaag, M. (2016). Environmental Social Stress, Paranoia and Psychosis Liability: A Virtual Reality Study. *Schizophrenia Bulletin*, 42(6), 1363–1371. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbw031>
- Vilardaga, R., Hayes, S. C., & Atkins, D. C. (2014). Comparing Experiential Acceptance and Cognitive Reappraisal of Psychotic Symptoms as Predictors of Functional Outcome among Individuals with Serious Mental Illness. *Behaviour Research and Therapy*, 51(8), 425–433. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2013.04.003>
- Visser, K., Esfahlani, F. Z., Sayama, H., & Strauss, G. (2018). An Ecological Momentary Assessment Evaluation of Emotion Regulation Abnormalities in Schizophrenia. *Psychological Medicine*, 48, 2337–2345. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbx024.105>
- Vos, T., Barber, R. M., Bell, B., Bertozzi-Villa, A., Biryukov, S., Bolliger, I., Charlson, F., Davis, A., Degenhardt, L., Dicker, D., Duan, L., Erskine, H., Feigin, V. L., Ferrari, A. J., Fitzmaurice, C., Fleming, T., Graetz, N., Guinovart, C., Haagsma, J., ... Murray, C. J. L. (2015). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*, 386(9995), 743–800.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60692-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60692-4)
- Voss, A., Schulz, S., & Baer, K. J. (2010). Linear and nonlinear analysis of autonomic regulation of heart rate variability in healthy first-degree relatives of patients with schizophrenia. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 5395–5398. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2010.5626479>
- Watson, P., Zhang, J. P., Rizvi, A., Tamaiev, J., Birnbaum, M. L., & Kane, J. (2018). A meta-

- analysis of factors associated with quality of life in first episode psychosis. *Schizophrenia Research*, 202, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.07.013>
- Webb, T. L., Miles, E., & Sheeran, P. (2012). Dealing with feeling: A meta-analysis of the effectiveness of strategies derived from the process model of emotion regulation. *Psychological Bulletin*, 138(4), 775–808. <https://doi.org/10.1037/a0027600>
- Weber, C. S., Thayer, J. F., Rudat, M., Wirtz, P. H., Zimmermann-Viehoff, F., Thomas, A., Perschel, F. H., Arck, P. C., & Deter, H. C. (2010). Low vagal tone is associated with impaired post stress recovery of cardiovascular, endocrine, and immune markers. *European Journal of Applied Physiology*, 109(2), 201–211. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1341-x>
- Weintraub, M. J., Weisman de Mamani, A., Villano, W. J., Evans, T. C., Millman, Z. B., Hooley, J. M., & Timpano, K. R. (2019). Affective and physiological reactivity to emotional comments in individuals at elevated risk for psychosis. *Schizophrenia Research*, 206, 428–435. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.10.006>
- Wendt, J., Neubert, J., Koenig, J., Thayer, J. F., & Hamm, A. O. (2015). Resting heart rate variability is associated with inhibition of conditioned fear. *Psychophysiology*, 52(9), 1161–1166. <https://doi.org/10.1111/psyp.12456>
- Wenzel, M., Blanke, E. S., Rowland, Z., & Brose, A. (2021, June 1). The Costs and Benefits of Mindfulness and Reappraisal in Daily Life. <https://doi.org/10.31234/osf.io/ca7hg>
- Wenzel, M., Blanke, E. S., Rowland, Z., & Kubiak, T. (2021). Emotion regulation dynamics in daily life: Adaptive strategy use may be variable without being unstable and predictable without being autoregressive. *Emotion*. <https://doi.org/10.1037/emo0000967>
- Westermann, S., Boden, M. T., Gross, J. J., & Lincoln, T. M. (2013). Maladaptive cognitive emotion regulation prospectively predicts subclinical paranoia. *Cognitive Therapy and Research*, 37(4), 881–885. <https://doi.org/10.1007/s10608-013-9523-6>
- Westermann, S., Kesting, M. L., & Lincoln, T. M. (2012). Being Deluded After Being Excluded? How Emotion Regulation Deficits in Paranoia-Prone Individuals Affect State Paranoia During Experimentally Induced Social Stress. *Behavior Therapy*, 43(2), 329–340. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2011.07.005>
- Williams, D. P., Pandya, K. D., Hill, L. K., Kemp, A. H., Way, B. M., Thayer, J. F., & Koenig, J. (2019). Rumination moderates the association between resting high-frequency heart rate variability and perceived ethnic discrimination. *Journal of Psychophysiology*, 33(1), 13–21. <https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000201>
- Williams, L. M., Das, P., Harris, A. W. F., Liddell, B. B., Brammer, M. J., Olivieri, G., Skerrett, D., Phillips, M. L., David, A. S., Peduto, A., & Gordon, E. (2004). Dysregulation of arousal and amygdala-prefrontal systems in paranoid schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 161, 480–489. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.161.3.480>
- Wilms, R., Lanwehr, R., & Kastenmüller, A. (2020). Emotion Regulation in Everyday Life: The Role of Goals and Situational Factors. *Frontiers in Psychology*, 11.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00877>

Wittkamp, M. F., Krkovic, K., & Lincoln, T. M. (2021). An Analysis of the Pattern of Adaptive Emotion Regulation Associated with Low Paranoid Ideation in Healthy and Clinical Samples. *Cognitive Therapy and Research*, 45(3), 468–479.

<https://doi.org/10.1007/s10608-020-10173-6>

Young, S. L., Taylor, M., & Lawrie, S. M. (2015). “First do no harm.” A systematic review of the prevalence and management of antipsychotic adverse effects. *Journal of Psychopharmacology*, 29(4), 353–362. <https://doi.org/10.1177/0269881114562090>

Zoccola, P. M., Quas, J. A., & Yim, I. S. (2010). Salivary cortisol responses to a psychosocial laboratory stressor and later verbal recall of the stressor: The role of trait and state rumination. *Stress*, 13(5), 435–443. <https://doi.org/10.3109/10253891003713765>

## 6. Anhang

### 6.1. Studie I

Journal of Psychiatric Research 130 (2020) 152–159



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Journal of Psychiatric Research

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jpsychires](https://www.elsevier.com/locate/jpsychires)



## Linking psychophysiological adaptation, emotion regulation, and subjective stress to the occurrence of paranoia in daily life

Katrin Bahlinger<sup>\*</sup>, Tania M. Lincoln, Katarina Krkovic, Annika Clamor

*Clinical Psychology and Psychotherapy, Institute of Psychology, Faculty of Psychology and Human Movement Sciences, Universität Hamburg, Germany*

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Schizophrenia  
Affect regulation  
Self-regulation  
Delusion  
Psychotic disorder

### ABSTRACT

As stress is relevant to the formation of paranoia, maladaptive behavioral and physiological stress regulation is discussed as a crucial indicator of vulnerability. This is supported by research linking psychosis to the tendency to make less use of functional and more use of dysfunctional emotion regulation strategies (ER) and with a lower vagally-mediated heart rate variability (HRV). However, it remains unclear whether ER serves as a mediator between resting-state HRV on the one hand and subjective stress levels and paranoia on the other and whether this is specific to paranoia as compared to depression. We used an experience sampling method during seven days to repeatedly assess the experience of stress, usage of ER strategies, paranoia and depression (9/day) in a sample with subclinical positive symptoms ( $N = 32$ ). Resting-state HRV was measured during a 5min interval in the laboratory. Data was analyzed by multi-level models. Higher resting-state HRV was predictive of lower stress-levels and of using more functional ER strategies (reappraisal, acceptance) in daily life, but did not predict the use of dysfunctional strategies (rumination, suppression) or paranoia. The association between resting-state HRV and stress was mediated by the usage of functional ER. Less functional and more dysfunctional ER were linked to higher levels of stress, paranoia and depression. Our study highlights that deficits in ER represent a link between psychophysiological and phenomenological aspects of paranoia but also of depression. This encourages to further investigate transdiagnostic prevention and therapy programs aiming to improve ER and to increase HRV.

### 1. Introduction

Paranoia, defined as holding on to a false personal belief that others will intentionally cause oneself harm (American Psychiatric Association, 2013), is a common and clinically relevant symptom in psychosis. Psychotic experiences are best described on a continuum and clinical and non-clinical populations were found to share underlying etiological and phenomenological factors (Myin-Germeys et al., 2003a; Stefanis et al., 2002; Van Os et al., 2009; Van Os and Linscott, 2012). Correspondingly, paranoia is also common in the general population (Bebbington et al., 2013), where it is associated with distress, depression, poor social functioning, and low levels of activity (Armando et al., 2010; Nuevo et al., 2012). Moreover, more severe suspicious beliefs are associated with a greater risk of a transition to a psychotic disorder (Perkins et al., 2015). Therefore, it is important to gain a fuller understanding of the underlying mechanisms to impede the maintenance of subclinical paranoia and ultimately to improve the prevention of manifest disorders.

With vulnerability-stress-models of psychosis there is a long tradition in supposing a causal link between an altered stress response and the formation of symptoms (Nuechterlein and Dawson, 1984). In support of these models, alterations of the initial reactivity to stressors (i.e., stress sensitivity) are well-documented in several studies. The results point to an increased stress sensitivity, which is characterized by a greater emotional, physiological, and symptomatic stress response, not only in clinical but also in at-risk samples compared to healthy controls (Aiello et al., 2012; Palmier-Claus et al., 2012; Reininghaus et al., 2016a,b). Stress sensitivity was also found to predict future suspiciousness in an at-risk sample (DeVylder et al., 2013), supporting the relevance of an altered stress response for the development of paranoia. There has been less research focussing on the adaptation *after* a stressor, but the available studies point to a delayed stress recovery in psychosis (Castro et al., 2008; Montaquila et al., 2015; Vaessen et al., 2019). Furthermore, both self-reported stress (e.g., an increase in negative affect; Kramer et al., 2014; Thewissen et al., 2011) and physiological arousal (e.g., an increase in heart rate, decrease in heart rate variability; Krkovic et al.,

<sup>\*</sup> Corresponding author. Universität Hamburg, Institute of Psychology, Clinical Psychology and Psychotherapy, Von-Melle-Park 5, 20146, Hamburg, Germany.  
E-mail address: [katrin.bahlinger@uni-hamburg.de](mailto:katrin.bahlinger@uni-hamburg.de) (K. Bahlinger).

<https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2020.07.021>

Received 17 April 2020; Received in revised form 12 July 2020; Accepted 17 July 2020

Available online 29 July 2020

0022-3956/© 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.

2018; Schlier et al., 2019) have been found to predict subsequent paranoia across the paranoia continuum. Nevertheless, the factors driving the increased arousal and the mechanisms of how increased arousal potentiates the development of paranoid symptoms remain elusive.

It is intuitive to expect that the capacity to regulate arousal and negative affective states is crucial for an adaptive functioning in the face of stressors. Firstly, *emotion regulation* (ER), as defined by Gross (1998), contains all the processes by which individuals shape their emotions. Functional strategies (e.g., reappraisal and acceptance) are associated with more beneficial effects, whereas dysfunctional strategies (e.g., rumination and suppression) tend to produce more negative outcomes (Aldao et al., 2010). In questionnaires, individuals with psychotic disorders report to commonly use more dysfunctional and less functional ER strategies than healthy controls (Ludwig et al., 2019). Furthermore, self-reported dysfunctional ER strategies have been found to moderate the link between subjective stress and subsequent occurrence of sub-clinical paranoid symptoms in a study using the experience sampling method (ESM; Krkovic et al., 2018). However, results of self-report questionnaires assessing commonly used ER strategies often diverge from state assessments in daily life (Katz et al., 2017), which may be due to memory biases, such as retrospective errors when reporting past behavior compared to reporting current behavior (Phillips et al., 2007). Studies using ESM have the advantage of assessing symptoms, emotions, and their regulation in a naturalistic setting and at the point of occurrence. Two recent ESM studies show that the use of dysfunctional strategies in daily life predicts subsequent paranoia (Hartley et al., 2014; Nittel et al., 2018). This suggests that difficulties in ER could explain the occurrence of paranoid symptoms in daily life, however, the precise nature of the associated ER difficulties is not well understood.

Secondly, an important index of the psychophysiological adaptation to stressors is the vagally-mediated heart rate variability (HRV). Variability in the heart rate results from an interplay between the parasympathetic and sympathetic branches of the autonomous nervous system. As sympathetic influences on the heart are slower than vagal influences, a high cardiac vagal tone (i.e., a high resting-state HRV) enables individuals to rapidly adapt their heart rate to changes in the environment (Appelhans and Luecken, 2006). Therefore, the HRV at rest can be considered a trait marker of psychophysiological adaptivity (Thayer and Siegle, 2002). Furthermore, in the model of neurovisceral integration, Thayer and Lane (2000) describe a circuit of neural structures that regulate physiological, behavioral, emotional, and cognitive responses through the nervus vagus. The circuit comprises inhibitory influences of the prefrontal cortex over subcortical limbic structures, such as the amygdala (Thayer et al., 2012), and its functioning can be indexed by peripheral measures, such as the resting-state HRV. Supporting the proposed association with emotional responding, a higher HRV was associated with a higher connectivity in the medial prefrontal cortex (Jennings et al., 2016) and the amygdala (Sakaki et al., 2016), two brain areas found to play an important role in emotion regulation (for review see Etkin et al., 2015). The resting-state HRV was associated with ER deficits in the general population (Williams et al., 2015) and increasing empirical evidence bolsters the idea that the resting-state HRV could serve as a transdiagnostic biomarker of self-regulation (reviews by Beauchaine and Thayer, 2015; Holzman and Bridgett, 2017). Nevertheless, the evidence for associations of HRV with specific ER strategies is still incongruent (Geisler et al., 2010; Stange et al., 2020; Williams et al., 2018) and warrants further investigation.

Individuals with psychotic disorders were found to consistently show lower resting-state HRV than healthy controls (meta-analysis by Clamor et al., 2016b). This has also been demonstrated in acute first episode psychosis in unmedicated patients with schizophrenia (Valkonen-Korhonen et al., 2003) and in clinical high risk groups for psychosis (Counotte et al., 2017), indicating that the reduction is not merely due to antipsychotic medication or deterioration over the course of symptoms and may play a role before the onset of a manifest disorder. However,

other studies did not find a reduced HRV in subclinical (Clamor et al., 2014) and clinical high-risk groups (Clamor et al., 2019) compared to healthy controls. In daily life, subjective stress and autonomic arousal were found to predict subclinical paranoia (Schlier et al., 2019). Moreover, resting-state HRV has also been shown to be moderately associated with ER in psychosis, and ER was associated with subjective stress levels (Clamor et al., 2015). This suggests that the capacity to adapt to stressors via the regulation of emotions might link psychophysiological and phenomenological aspects of psychosis. However, it remains unclear whether ER serves as a mediator of this process, as previous studies have investigated the phenomena mostly separately. Thus, it is important to examine the associations concurrently. However, so far, this has been done only by one study (Clamor et al., 2015) and this study neither focused on paranoia nor assessed state measurements. Taking into account the deviation of state and trait measurements (Brockman et al., 2017; Katz et al., 2017), the question arises, whether the associations between adaptive processes (i.e., ER and resting-state HRV), subjective stress levels and paranoia will be existent in state assessments and whether psychophysiological adaptivity is associated with stress levels and paranoia via ER.

Since a reduced resting-state HRV is a stable finding in psychotic disorders (Clamor et al., 2016b) and psychophysiological adaption has been linked to threat beliefs (Freeman et al., 2002; Thayer et al., 2012; Williams et al., 2004), the associations between HRV, ER and subjective stress appear to be especially relevant to paranoia. Nevertheless, the specificity to paranoia needs to be put to test. To that aim, the comparison to depression is particularly important because each of the factors of interest are also relevant to depression: the sensitivity to stress (Daches et al., 2019; Hill et al., 2019; Myin-Germeys et al., 2003b; Shapero et al., 2019), the reduced resting-state HRV (Hartmann et al., 2019; Kemp et al., 2010), and the difficulties in ER (Aldao et al., 2010).

Thus, this study examines the associations between resting-state HRV, ER, subjective stress, and paranoia in daily life. We expected that higher resting-state HRV predicts more functional and less dysfunctional ER as well as lower state stress and lower state paranoia. We also hypothesized that higher functional and lower dysfunctional ER predict lower state stress and lower state paranoia. Finally, we investigated whether ER mediates the associations between resting-state HRV and subjective stress levels as well as between resting-state HRV and state symptoms. Based on the findings demonstrating a continuum of psychotic symptoms and their correlates (Van Os and Linscott, 2012) as well as following the line of thought of the research domain criteria, which describe psychopathology on several dimensions of functioning (Sanislow et al., 2010), we selected a population sample scoring within the higher range of the paranoia continuum (i.e., subclinical paranoia). This enabled us to ensure a sufficient presence of paranoid experiences to detect the associations of interest. Finally, we also assessed state depression to test for the specificity of the associations.

## 2. Method

### 2.1. Procedure

The study was approved by the local ethic committee of the Universität Hamburg and carried out in accordance with the Declaration of Helsinki (as revised in 2013). Participants were recruited in Hamburg, Germany, via postings at the university, at public places, and within mental health supportive facilities. Interested participants went through an online prescreening (see Fig. 1).

In the prescreening we assessed whether the participants fulfilled the inclusion criteria, which were a minimum age of 18 and sufficient knowledge of German. Furthermore, we prescreened online for sub-clinical psychotic experiences using a version of the Community Assessment for Psychic Experiences (CAPE; Stefanis et al., 2002) that referred to the previous four weeks. To ensure that participants were likely to experience paranoid thoughts in daily life, only participants

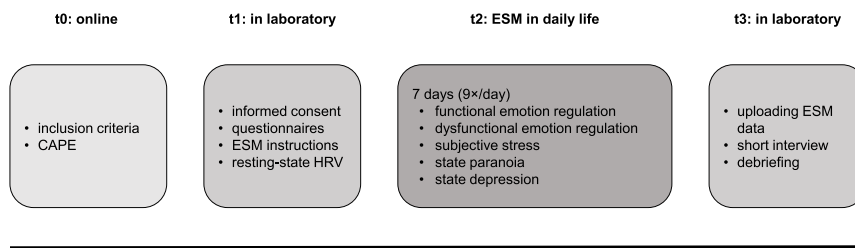


Fig. 1. Study Procedure. CAPE= Community Assessment for Psychic Experiences, HRV = heart rate variability, ESM = experience sampling method, t0 - t3 = time points of measurement.

who scored  $\geq 9$  on the positive subscale of CAPE were invited for participating in the main study. The score corresponds to a score above the 50th percentile ( $Med = 8.0$ ) within a large community sample (Lincoln et al., 2017). Of the 132 prescreened participants, 54 met the inclusion criteria and were invited to participate. Of these, 34 signed up and completed the study. As the majority of at-risk mental state individuals fulfill the criteria of a comorbid axis I diagnosis (Fusar-Poli et al., 2014), we decided not to exclude participants with diagnosis of a mental disorder.

As can be seen in Fig. 1, on the first day of the main study the participants provided informed consent and filled out questionnaires about socio-demographics. We recorded the resting-state HRV. Trait depressive symptoms were assessed with the German version of the Center for Epidemiological Studies Depression Scale (ADS; Hautzinger and Bailer, 1993). During the following seven days, while partaking in their usual activities, the participants responded to questionnaires via the app Movisens XS, which was preinstalled on a study smartphone. In this ESM period, there were 63 points of measurement (i.e., 9 per day; distributed semi-randomly from 9 a.m. until 10 p.m.), which were at least 45 min apart. It was possible to postpone the answering for 6 min before it was classified as missed. The ESM included questions on current emotions and stress, ER, state paranoia and state depression (see 2.2.2).

2.2. Investigated parameters

2.2.1. Resting-state HRV

We recorded an electrocardiogram (ECG) with a NeXus-10 Mark II using the software Biotrace. The sampling rate was 256/s, which is in a satisfactory range for a reliable measurement of HRV parameters (Ellis et al., 2015; Laborde et al., 2017; Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). To allow an adaption to baseline, we assessed the resting-state HRV after the participants had answered the questionnaires while being already attached to the ECG. We chose a baseline interval length of 5 min and participants were asked to remain seated and breathe spontaneously. We used Kubios HRV Premium (version 3.0.2; Kubios Oy, Kuopio, Finland) for the HRV analysis and manually corrected the R-peak detection. In accordance with recommendations for HRV analysis, we calculated two common parameters for the vagally-mediated HRV (Berntson et al., 1997; Laborde et al., 2017; Task Force, 1996): one time-domain parameter, the root mean square of successive differences (RMSSD) and one frequency-domain parameter, the high frequency HRV (HF, 0.15–0.4 Hz), conducting the Fast Fourier Transformation for spectral analysis. Both parameters were logarithm transformed to obtain normal distribution. We analyzed the two parameters, which are usually highly correlated, to check for reliability (Berntson et al., 1997; Laborde et al., 2017; Task Force, 1996).

2.2.2. ESM measurement

Functional and dysfunctional ER were each represented by two ER

strategies: reappraisal and acceptance as functional, and rumination and suppression as dysfunctional ER. We used a state-adapted version (i.e., “Please focus on the negative emotions that you experience most right now. We would like to know how you deal with these current, most negative feelings.”) of various habitual ER questionnaires and included the three items with the highest factor loadings. We used the Emotion Regulation Skills Questionnaire (SEK-27; Berking and Znoj, 2008) for acceptance, the German version of the Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (CERQ; Loch et al., 2011) for rumination and reappraisal, and the German version of the Emotion Regulation Questionnaire (ERQ; Abler and Kessler, 2009) for suppression. We calculated sum scores for functional and dysfunctional ER for each one of the measurement points during the ESM. All items in the ESM were rated on a seven-point Likert scale ranging from “not at all” to “very much”.

The current subjective stress levels were rated with four items assessing the experienced stress, helplessness, controllability of the situation (reverse-coded), and relaxation (reverse-coded; subscale based on Gaab et al., 2005).

To assess state paranoia, we used the Brief State version of the Paranoia Checklist (Freeman et al., 2005), which was developed for the measurement of momentary changes in paranoia (Schlier et al., 2016). The participants rated the experience of paranoid thoughts with five items. State depression was measured by the six item depression scale of the Symptom-Checklist-14 (Harfst et al., 2002). All items used in the ESM assessment can be found in the supplementary material.

2.3. Statistical analyses

All analyses were conducted with IBM SPSS (version 25; IBM Corp., Armonk, NY). To take into account the hierarchical structure of the ESM data, in which repeated momentary measurements on level 1 are clustered within participants on level 2, we analyzed the data using multi-level modeling. HRV parameters (i.e., RMSSD, HF) as level-2-predictors were grand mean centered, and functional and dysfunctional ER as level-1-predictors were person mean centered. In the models with level-2-predictors and in the null models we conducted models with random intercept and fixed slope and used variance components as covariance structure. In the models with level-1-predictors, we calculated models with random intercept and random slope and used the heterogeneous first-order autoregressive structure as covariance type, which assumes that the correlation between measurements of successive points in time is highest. Intraclass correlations (ICCs) were calculated as the ratio of between-person to total variance in a null model without predictors.

To analyze whether the resting-state HRV at baseline is predictive of ER, subjective stress levels, and symptoms in daily life, we calculated multi-level models (MLM) for each of the dependent variables (i.e., functional ER, dysfunctional ER, state stress, state paranoia, state depression) with RMSSD and HF as predictors separately. To test whether ER is predictive of state stress and state symptoms at the same point of measurement, we calculated MLMs for each of the dependent

variables with functional and dysfunctional state ER in one model. For further investigation of a possible mediating role of state ER between resting-state HRV and state stress and symptoms, we followed the analytic procedure by Baron and Kenny (1986). As the influence of the independent variable (HRV indicated by RMSSD and HF) on the mediator (ER, step 1) and on the dependent variable (state stress/symptoms, step 2) were already tested in the previous hypotheses, we only selected the variables that were significantly predicted by HRV. To test, if the effect of the resting-state HRV on state stress and state symptoms is reduced by including the mediator of ER into the model (step 3), we then calculated MLMs entering both independent variables (i.e., resting-state HRV, state ER) as predictors. We conducted separate MLMs for RMSSD and HF. In the supplement, we provide the results of the analyses for each ER strategy separately.

3. Results

3.1. Participants

Of the 34 participants, we excluded two participants from the data analysis: one because of the intake of cardiac medication and one because of a defective electrocardiogram measurement. For a description of the final sample (n=32), see Table 1.

3.2. Compliance rate in the ESM and characteristics of ESM variables

Of the 2016 points of measurements, 99 were not delivered due to technical problems. Of the 1917 delivered points of measurements, 318 (16.6%) were ignored and 13 (0.7%) were incomplete due to problems with the data upload of the program. In total, 1586 measurements were included in the statistical analyses. The average compliance rate was 81.07% and ranged between 41.27 and 100%, which reflects a typical and acceptable rate of missing data in ESM studies (Silvia et al., 2013). Table 2 displays the Cronbach’s α of the ESM variables and the ICCs for the dependent variables.

3.3. Resting-state HRV as a predictor for ER, stress levels, and symptoms in ESM

MLMs showed that increased resting-state HRV indicators

significantly predicted more functional ER and lower subjective stress levels in daily life (see Table 2). Resting-state HRV was not predictive of dysfunctional ER, state paranoia or state depression.

3.4. Associations of ER, stress levels, and symptoms in ESM

As expected, higher functional ER was predictive of lower state stress and paranoia at the same measurement point, whereas higher dysfunctional ER was found to be predictive of higher state stress and paranoia (see Table 3). The same effects were shown for state depression.

3.5. Functional state ER as a mediator between HRV and state stress

Table 4 displays the results of the MLMs of resting-state HRV, controlling for functional ER in predicting state stress. When the predictors resting-state HRV and functional ER were analyzed in the same model, the effect of resting-state HRV on state stress (see 3.4) was no longer significant, indicating that the association of resting-state HRV and state stress was mediated by functional ER (see Baron and Kenny, 1986).

4. Discussion

The aim of the present study was to test the assumption that resting-state vagally-mediated HRV (i.e., RMSSD and HF) and ER can predict subjective stress levels and paranoia in daily life. Resting-state HRV was indeed associated with functional ER and stress levels whereas we found no evidence for a direct relationship with dysfunctional ER or paranoia. Furthermore, the association between resting-state HRV on the one hand, and subjective stress levels on the other hand was mediated by functional ER.

Our study supports two important assumptions about the role of HRV and ER for the occurrence of stress and symptoms in daily life. One is that higher resting-state HRV is indicative of experiencing lower subjective stress levels and using more functional ER. The other is that the usage of less functional and more dysfunctional ER strategies is characteristic of higher subjective stress levels and psychopathological symptoms. Our data is in line with the postulate from the neurovisceral integration model that resting-state HRV is an index of self-regulation (Thayer and Lane, 2000). It also corroborates previous findings showing an association of trait ER with HRV and subjective stress levels in a sample with psychotic disorders (Clamor et al., 2015). Our study expands these findings by adding evidence from ecologically more valid and longitudinal data within a broader range of the paranoia continuum and supports that the underlying factors are independent of having received the diagnosis of a psychotic disorder (Van Os and Linscott, 2012). To sum up, our study further emphasizes the significance of self-regulatory mechanisms in the occurrence of subjective stress and psychopathological symptoms and supports the differentiation between functional and dysfunctional ER strategies (Aldao and Nolen-Hoeksema, 2010) in terms of adaptivity to stress.

We expected to find an association between resting-state HRV and paranoia because a reduced resting-state HRV has been a stable finding in psychotic disorders (Clamor et al., 2016b) and psychophysiological adaption has been linked to threat beliefs (Freeman et al., 2002; Williams et al., 2004). More specifically, it has been suggested that a disinhibition of the amygdala leads to heightened physiological arousal, which could be reflected by a low HRV (Thayer et al., 2012), and is likely to be misinterpreted as evidence of threat - ultimately resulting in paranoid interpretations (Freeman et al., 2002; Williams et al., 2004). In contrast to this expectation, a direct pathway from resting-state HRV to paranoia in daily life was not confirmed by our data. However, resting-state HRV was linked to functional ER, which in turn was associated with paranoia. Possibly, a reduced resting-state HRV leads to paranoid symptoms in the longer run via deficits in ER and a potentiated stress response. In future, ecological momentary interventions targeting

Table 1  
Sample characteristics.

	subclinical sample (n = 32)	
	M (SD) / n	range
female in %	68.8	
age	28.34 (8.79)	18–52
diagnosis of a mental illness in lifetime in %	53.1	
- depression (n)	13	
- anxiety disorder (n)	6	
- borderline personality disorder (n)	4	
- other diagnoses (n)	8	
baseline assessment of psychopathology		
- CAPE total score	41.31 (12.95)	21–70
- CAPE positive dimension frequency	14.52 (4.91)	9–28
- CAPE negative dimension frequency	18.41 (7.06)	7–33
- CAPE depressive dimension frequency	8.38 (3.95)	1–18
- ADS score	20.28 (10.79)	3–51
psychopharmacological medication (n)	6	
- antidepressant medication (n)	6	
- neuroleptic medication (n)	3	
consumption of illegal drugs (n)	6	
- cannabis (n)	5	
- other substances (n)	2	
- consumption in the last month (n)	3	
- consumption in the last 24 h (n)	0	

Note. CAPE= Community Assessment of Psychic Experiences, ADS = Center for Epidemiological Studies Depression Scale.

**Table 2**  
Fixed effects of the MLMs predicting state variables by resting-state HRV indicators - RMSSD and HF.

		State Measures				
		Functional ER	Dysfunctional ER	Stress	Paranoia	Depression
Cronbach's $\alpha$						
within-subject		.753	.649	.733	.762	.826
between-subject		.990	.870	.907	.870	.973
ICC		.648	.475	.341	.561	.637
<b>Model 1</b>						
RMSSD						
	<i>b</i>	0.765	-0.048	-1.714	-0.234	-0.070
	<i>SE</i>	0.265	0.208	0.823	1.278	0.059
	95% CI	[0.223, 1.308]	[-0.474, 0.377]	[-3.397, -0.031]	[-2.844, 2.375]	[-0.191, 0.050]
	<i>p</i>	.007	.818	.046	.856	.242
<b>Model 2</b>						
HF						
	<i>b</i>	0.346	-0.016	-0.887	-0.391	-0.061
	<i>SE</i>	0.119	0.094	.360	0.569	0.071
	95% CI	[0.103, 0.589]	[-0.207, 0.175]	[-1.624, -0.150]	[-1.554, 0.771]	[-0.206, 0.085]
	<i>p</i>	.007	.868	.020	.497	.402

Note. MLM = multi-level model; ER = emotion regulation, ICC = intraclass correlation, RMSSD = root mean square of successive differences, HF = high frequency.

**Table 3**  
Fixed effects of the MLMs predicting stress and symptoms by ER.

		State Stress	State Paranoia	State Depression
<b>Functional State ER</b>				
	<i>b</i>	-2.684	-0.711	-2.198
	<i>SE</i>	0.225	0.239	0.324
	95% CI	[-3.149, -2.219]	[-1.198, -0.225]	[-2.859, -1.538]
	<i>p</i>	<.001	.005	<.001
<b>Dysfunctional State ER</b>				
	<i>b</i>	0.978	1.254	1.916
	<i>SE</i>	0.194	0.179	0.279
	95% CI	[0.583, 1.373]	[0.889, 1.619]	[1.342, 2.490]
	<i>p</i>	<.001	<.001	<.001

Note. MLM = multi-level model; ER = emotion regulation.

**Table 4**  
Fixed effects of the MLMs predicting state stress by resting-state HRV (indicated by RMSSD and HF) and functional state ER.

		State Stress	
<b>Model 1</b>			
RMSSD			
	<i>b</i>		-0.029
	<i>SE</i>		0.028
	95% CI		[-0.091, 0.032]
	<i>p</i>		.314
Functional State ER			
	<i>b</i>		-2.573
	<i>SE</i>		0.247
	95% CI		[-3.080, -2.068]
	<i>p</i>		<.001
<b>Model 2</b>			
HF			
	<i>b</i>		-0.036
	<i>SE</i>		0.038
	95% CI		[-0.116, 0.044]
	<i>p</i>		.362
Functional State ER			
	<i>b</i>		-2.591
	<i>SE</i>		0.246
	95% CI		[-3.096, -2.087]
	<i>p</i>		<.001

Note. MLM = multi-level model; HRV = heart rate variability, ER = emotion regulation, RMSSD = root mean square of successive differences, HF = high frequency.

the proposed mechanisms in daily life (Reininghaus et al., 2016a, b) could answer the question whether changes in HRV and ER result in sustainable reductions of paranoid thoughts. Another possible explanation for the lack of a direct association between resting-state HRV and paranoia is that the relationship exists only in clinical samples or in

samples with more pronounced distress by paranoid symptoms. This explanation is supported by studies showing an inverse relationship of HRV with the severity of positive, negative, and cognitive symptoms in patients with schizophrenia (Montaquila et al., 2015). Studies comparing the strength of associations between resting-state HRV and paranoia in samples across the continuum could answer the question whether an association depends on the amount of symptom distress.

We also did not find resting-state HRV to be linked to the dysfunctional ER strategies rumination and suppression. This was surprising because several studies show a negative correlation between HRV and trait rumination (Carnevali et al., 2018; Cropley et al., 2017; Williams et al., 2019). An explanation for the divergent results could be that results in state measurements are inconclusive when the moderator effect of the context is neglected. This explanation is substantiated by the finding that the relationship between rumination and HRV can even be positive in situations with high perceived social support (Gerteis and Schwedtfeger, 2016). Another explanation could be that reduced resting-state HRV is only associated with the usage of certain dysfunctional ER strategies. Aldao et al. (2013) proposed that only dysfunctional ER strategies that are accompanied by a strong state of perceived threat, such as worry, are linked to concurrently reduced state-HRV (see also Thayer and Lane, 2000; Williams et al., 2004). To improve our understanding of which strategies are linked to HRV and in which contexts, future studies will need to assess a wider range of ER strategies and add ambulatory assessment of state HRV.

Interestingly, we found a comparable pattern of associations whether we used state paranoia or depression as the outcome variable. This corresponds to a previous laboratory study in healthy individuals, which found that ER strategies mediated the association between resting-state HRV and mood (Geisler et al., 2010). The non-specificity to paranoia versus depression indicates that self-regulatory mechanisms for the adaption to stressors appear to be relevant to psychopathology in general. This is also in line with earlier studies that provide evidence for resting-state HRV as a transdiagnostic biomarker for self-regulation (for a review see Beauchaine and Thayer, 2015) and for self-reported ER deficits in many mental disorders (Aldao et al., 2010).

Based on the present research, the further investigation of comprehensive ER interventions (Barnow et al., 2014; Berking et al., 2008) could be fruitful. ER interventions could be especially promising in cases of comorbidity as well as for prevention approaches (Volkaert et al., 2018) by targeting a common cause of various mental health problems. It would also be of interest to test whether interventions targeting the resting-state HRV, such as HRV biofeedback (Clamor et al., 2016a; McAusland and Addington, 2018) lead to changes in the usage of functional ER strategies and whether this increased usage causes a



decline in paranoid symptoms. Building on findings of HRV biofeedback studies, Mather and Thayer (2018) postulated that HRV may have a direct influence on ER. More specifically, they hypothesized that a higher resting-state HRV increases the functional connectivity in regulatory brain networks, and thereby ameliorates emotional well-being.

Our study's findings need to be interpreted in the light of some limitations. Firstly, statistical analyses were not suited to answer the question of causality as temporal precedence was not given in the mediation analysis. In particular, our study tested the associations between resting-state HRV, ER, stress levels and symptoms cross-sectionally. It is plausible that accepting current emotions or looking at the positive sides of a situation is easier for a person who is currently experiencing less stress and symptoms (Ford and Troy, 2019). Thus, it remains unclear whether changes in adaptive processes precede changes in subjective stress and paranoia. Future research requires longitudinal and experimental designs to test for temporal sequences and causality. Once we have disentangled whether HRV, ER, and subjective stress predict paranoia, interventions for the prevention of paranoia could directly target the predicting factors. Secondly, a limitation of our study is that possible covariates for HRV measurement and ER deficits were not analyzed. These potential covariates include the phase of the menstrual cycle (Brar et al., 2015) and the time of day (Guo and Stein, 2002; Yamasaki et al., 1996), which are particularly relevant for HRV, as well as variables such as alexithymia (Kimhy et al., 2016), which could help to explain emotion regulation deficits. Additionally, the sample size was small for calculating covariation analyses including all potentially relevant variables on level 2, such as body mass index, age, medication and sex. Although our sample exceeds the rule of thumb for the number of observations on both levels (Hox, 1998), maximizing the sample size on the level 2 is advisable in future studies to improve the accuracy of the models and to enable covariate analyses. Thirdly, it should be noted that our sample was in an intermediate position of the paranoia continuum, which ranges from healthy individuals to people with severe psychotic disorders. Our sample consisted of individuals with elevated levels of subclinical paranoia, who typically have a higher prevalence of mental health disorders (Fusar-Poli et al., 2014; Varghese et al., 2011). In addition, the amount of paranoid thoughts in daily life experienced by our sample was comparable to the amount of paranoid thoughts reported in a clinical sample (Krkovic et al., 2020). Thus, although our sample is representative of those at-risk in this regard, the findings may not necessarily generalize to typical community samples with lower rates of mental health disorders. Nevertheless, based on the well-studied notion of a continuum of paranoid experiences and its underlying factors (Van Os et al., 2009), we expect the associations of HRV, emotion regulation, subjective stress, and paranoid thoughts to be evident across the whole continuum of paranoia. Fourthly, although the original questionnaires are well established instruments, our state-adapted version of the ER questionnaires has not been previously validated.

Taken together with the results from other studies, our findings indicate that reduced resting-state HRV is linked to the development of psychopathological symptoms via subjective stress levels and the reduced ability to regulate emotions. Interventions that are suited to interrupt the build-up of enduring heightened levels of arousal in early stages could thus help to prevent the occurrence of paranoid and depressive symptoms.

#### Role of the funding source

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

#### Contributors

Katrin Bahlinger: writing original draft, conceptualization, methodology, data curation, formal analysis; Tania M. Lincoln: supervision, conceptualization, writing review & editing; Katarina Krkovic:

methodology, formal analysis, validation; Annika Clamor: project administration, investigation, conceptualization, data curation, writing review & editing.

#### Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

#### Acknowledgements

We would like to thank Philipp Kraatz for his support in data collection.

#### Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2020.07.021>.

#### References

- Abler, B., Kessler, H., 2009. Emotion Regulation Questionnaire - eine deutschsprachige Fassung des ERQ von Gross und John. *Diagnostica* 55, 144–152. <https://doi.org/10.1026/0012-1924.55.3.144>.
- Aiello, G., Horowitz, M., Heggul, N., Pariante, C.M., Mondelli, V., 2012. Stress abnormalities in individuals at risk for psychosis: a review of studies in subjects with familial risk or with "at risk" mental state. *Psychoneuroendocrinology* 37, 1600–1613. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2012.05.003>.
- Aldao, A., Mennin, D.S., McLaughlin, K.A., 2013. Differentiating worry and rumination: evidence from heart rate variability during spontaneous regulation. *Cognit. Ther. Res.* 37, 613–619. <https://doi.org/10.1007/s10608-012-9485-0>.
- Aldao, A., Nolen-Hoeksema, S., 2010. Specificity of cognitive emotion regulation strategies: a transdiagnostic examination. *Behav. Res. Ther.* 48, 974–983. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2010.06.002>.
- Aldao, A., Nolen-Hoeksema, S., Schweizer, S., 2010. Emotion-regulation strategies across psychopathology: a meta-analytic review. *Clin. Psychol. Rev.* 30, 217–237. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2009.11.004>.
- American Psychiatric Association, 2013. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fifth ed.* (Washington, DC).
- Appelhans, B.M., Luecken, L.J., 2006. Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Rev. Gen. Psychol.* 10, 229–240. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.10.3.229>.
- Armando, M., Nelson, B., Yung, A.R., Ross, M., Birchwood, M., Girardi, P., Nastro, P.F., 2010. Psychotic-like experiences and correlation with distress and depressive symptoms in a community sample of adolescents and young adults. *Schizophr. Res.* 119, 258–265. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2010.03.001>.
- Barnow, S., Dodek, A., Stopsack, M., Insitut, P., 2014. Gefühle im Griff – emotionen intelligent regulieren. *PPMP (Psychother. Psychosom. Med. Psychol.)* 284–289. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363683>.
- Baron, R.M., Kenny, D.A., 1986. The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: conceptual, strategic, and statistical considerations. *J. Pers. Soc. Psychol.* 51, 1173–1182. <https://doi.org/10.1007/BF02512353>.
- Beauchaine, T.P., Thayer, J.F., 2015. Heart rate variability as a transdiagnostic biomarker of psychopathology. *Int. J. Psychophysiol.* 98, 338–350. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.08.004>.
- Bebbington, P.E., McBride, O., Steel, C., Kuipers, E., Radovanovic, M., Brugha, T., Jenkins, R., Meltzer, H.I., Freeman, D., 2013. The structure of paranoia in the general population. *Br. J. Psychiatry* 202, 419–427. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.112.119032>.
- Berking, M., Wupperman, P., Reichardt, A., Pejic, T., Dippel, A., Znoj, H., 2008. Emotion regulation skills as a treatment target in psychotherapy. *Behav. Res. Ther.* 46, 1230–1237. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2008.08.005>.
- Berking, M., Znoj, H., 2008. Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur standardisierten Selbsteinschätzung emotionaler Kompetenzen (SEK-27). *Z. Psychiatr. Psychol. Psychother.* 56, 141–153. <https://doi.org/10.1024/1661-4747.56.2.141>.
- Berntson, G.G., Bigger, J.T., Eckberg, D.L., Grossman, P., Kaufmann, P.G., Malik, M., Nagaraja, H.N., Porges, S.W., Saul, J.P., Stone, P.H., Van der Molen, M.W., 1997. Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology* 34, 623–648.
- Brar, T.K., Singh, K.D., Kumar, A., 2015. Effect of different phases of menstrual cycle on heart rate variability (HRV). *J. Clin. Diagn. Res.* 9, CC01–CC04. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/13795.6592>.
- Brockman, R., Ciarrochi, J., Parker, P., Kashdan, T., 2017. Emotion regulation strategies in daily life: mindfulness, cognitive reappraisal and emotion suppression. *Cognit. Ther. Res.* 46, 91–113. <https://doi.org/10.1080/16506073.2016.1218926>.
- Carnevali, L., Thayer, J.F., Brosschot, J.F., Ottaviani, C., 2018. Heart rate variability mediates the link between rumination and depressive symptoms: a longitudinal

- study. *Int. J. Psychophysiol.* 131 (SI), 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.11.002>.
- Castro, M.N., Vigo, D.E., Weidema, H., Fahrner, R.D., Chu, E.M., de Achával, D., Nogués, M., Leiguarda, R.C., Cardinale, D.P., Guinjoan, S.M., 2008. Heart rate variability response to mental arithmetic stress in patients with schizophrenia. Autonomic response to stress in schizophrenia. *Schizophr. Res.* 99, 294–303. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2007.08.025>.
- Clamor, A., Hartmann, M.M., Köther, U., Otte, C., Moritz, S., Lincoln, T.M., 2014. Altered autonomic arousal in psychosis: an analysis of vulnerability and specificity. *Schizophr. Res.* 154, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2014.02.006>.
- Clamor, A., Koenig, J., Thayer, J.F., Lincoln, T.M., 2016a. A randomized-controlled trial of heart rate variability biofeedback for psychotic symptoms. *Behav. Res. Ther.* 87, 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2016.10.003>.
- Clamor, A., Lincoln, T.M., Thayer, J.F., Koenig, J., 2016b. Resting vagal activity in schizophrenia: meta-analysis of heart rate variability as a potential endophenotype. *Br. J. Psychiatry* 208, 9–16. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.114.160762>.
- Clamor, A., Schlier, B., Köther, U., Hartmann, M.M., Moritz, S., Lincoln, T.M., 2015. Bridging psychophysiological and phenomenological characteristics of psychosis: preliminary evidence for the relevance of emotion regulation. *Schizophr. Res.* 169, 346–350. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2015.10.035>.
- Clamor, A., Sundag, J., Lincoln, T.M., 2019. Specificity of resting-state heart rate variability in psychosis: a comparison with clinical high risk, anxiety, and healthy controls. *Schizophr. Res.* 206, 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.12.009>.
- Counotte, J., Pot-Kolder, R., van Roon, A.M., Hoskam, O., van der Gaag, M., Veling, W., 2017. High psychosis liability is associated with altered autonomic balance during exposure to Virtual Reality social stressors. *Schizophr. Res.* 184, 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2016.11.025>.
- Cropley, M., Plans, D., Morelli, D., Sütterlin, S., Inceoglu, L., Thomas, G., Chu, C., 2017. The association between work-related rumination and heart rate variability: a field study. *Front. Hum. Neurosci.* 11, 1–6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00027>.
- Daches, S., Vine, V., George, C.J., Kovacs, M., 2019. Adversity and depression: the moderating role of stress reactivity among high and low risk youth. *J. Abnorm. Child Psychol.* 47, 1391–1399. <https://doi.org/10.1007/s10802-019-00527-4>.
- DeVylder, J.E., Ben-David, S., Schobel, S.A., Kimhy, D., Malaspina, D., Corcoran, C.M., 2013. Temporal association of stress sensitivity and symptoms in individuals at clinical high risk for psychosis. *Psychol. Med.* 43, 259–268. <https://doi.org/10.1017/S0033291712001262>.
- Ellis, R.J., Zhu, B., Koenig, J., Thayer, J.F., Wang, Y., 2015. A careful look at ECG sampling frequency and R-peak interpolation on short-term measures of heart rate variability. *Physiol. Meas.* 36, 1827–1852. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/36/9/1827>.
- Erkin, A., Büchel, C., Gross, J.J., 2015. The neural bases of emotion regulation. *Nat. Rev. Neurosci.* 16, 693–700. <https://doi.org/10.1038/nrn4044>.
- Ford, B.Q., Troy, A.S., 2019. Reappraisal reconsidered: a closer look at the costs of an acclaimed emotion-regulation strategy. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 28, 195–203. <https://doi.org/10.1177/0963721419827526>.
- Freeman, D., Garety, P.A., Bebbington, P.E., Smith, B., Rollinson, R., Fowler, D., Kuipers, E., Ray, K., Dunn, G., 2005. Psychological investigation of the structure of paranoia in a non-clinical population. *Br. J. Psychiatry* 186, 427–435. <https://doi.org/10.1192/bjp.186.5.427>.
- Freeman, D., Garety, P.A., Kuipers, E., Fowler, D., Bebbington, P.E., 2002. A cognitive model of persecutory delusions. *Br. J. Clin. Psychol.* 41, 331–347. <https://doi.org/10.1348/014466502760387461>.
- Fusar-Poli, P., Nelson, B., Valmaggia, L., Yung, A.R., McGuire, P.K., 2014. Comorbid depressive and anxiety disorders in 509 individuals with an at-risk mental state: impact on psychopathology and transition to psychosis. *Schizophr. Bull.* 40, 120–131. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbs136>.
- Gaab, J., Rohleder, N., Nater, U.M., Ehler, U., 2005. Psychological determinants of the cortisol stress response: the role of anticipatory cognitive appraisal. *Psychoneuroendocrinology* 30, 599–610. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2005.02.001>.
- Geisler, F.C.M., Vennwald, N., Kubiak, T., Weber, H., 2010. The impact of heart rate variability on subjective well-being is mediated by emotion regulation. *Pers. Individ. Differ.* 49, 723–728. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.06.015>.
- Gerteis, A.K.S., Schwerdtfeger, A.R., 2016. When rumination counts: perceived social support and heart rate variability in daily life. *Psychophysiology* 53, 1034–1043. <https://doi.org/10.1111/psyp.12652>.
- Gross, J.J., 1998. Antecedent- and emotion Regulation : divergent consequences experience , expression , physiology . *J. Pers. Soc. Psychol.* 74, 224–237.
- Guo, Y.F., Stein, P.K., 2002. Circadian rhythm in the cardiovascular system: considerations in non-invasive Electrophysiology. *Card. Electrophysiol. Rev.* 6, 267–272. [https://doi.org/10.1016/S0002-8703\(02\)94797-6](https://doi.org/10.1016/S0002-8703(02)94797-6).
- Harfst, T., Koch, U., Kurtz von Schöff, C., Nutzinger, D.O., Rüdell, H., Schulz, H., 2002. Entwicklung und Validierung einer Kurzform der Symptom Checklist-90-R. *DRV-Schriften* 33, 71–73.
- Hartley, S., Haddock, G., Vasconcelos e Sa, D., Emsley, R., Barrowclough, C., 2014. An experience sampling study of worry and rumination in psychosis. *Psychol. Med.* 44, 1605–1614. <https://doi.org/10.1017/S0033291713002080>.
- Hartmann, R., Schmidt, F.M., Sander, C., Hegerl, U., 2019. Heart rate variability as indicator of clinical state in depression. *Front. Psychiatry* 9, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2018.00735>.
- Hautzinger, M., Bailer, M., 1993. *Allgemeine Depressionsskala (ADS): Manual.* Beltz, Weinheim.
- Hill, K.E., South, S.C., Egan, R.P., Foti, D., 2019. Abnormal emotional reactivity in depression: contrasting theoretical models using neurophysiological data. *Biol. Psychol.* 141, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.12.011>.
- Holzman, J.B., Bridgett, D.J., 2017. Heart rate variability indices as bio-markers of top-down self-regulatory mechanisms: a meta-analytic review. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 74, 233–255. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.12.032>.
- Hox, J.J., 1998. Multilevel modeling: when and why. In: Balderjahn, I., Mathar, R., Schader, M. (Eds.), *Classification, Data Analysis, and Data Highways: Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization.* Springer, New York City, pp. 147–154. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-72087-1>.
- Jennings, J.R., Sheu, L.K., Kuan, D.C.H., Manuck, S.B., Gianaros, P.J., 2016. Resting state connectivity of the medial prefrontal cortex covaries with individual differences in high-frequency heart rate variability. *Psychophysiology* 53, 444–454. <https://doi.org/10.1111/psyp.12586>.
- Katz, B.A., Lustig, N., Assis, Y., Yovel, I., 2017. Measuring regulation in the here and now: the development and validation of the state emotion regulation inventory (SERI). *Psychol. Assess.* 29, 1235–1248. <https://doi.org/10.1037/pas0000420>.
- Kemp, A.H., Quintana, D.S., Gray, M.A., Felmingham, K.L., Brown, K., Gatt, J.M., 2010. Impact of depression and antidepressant treatment on heart rate variability: a review and meta-analysis. *Biol. Psychiatry* 67, 1067–1074. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.12.012>.
- Kimhy, D., Gill, K.E., Brucato, G., Vakhrusheva, J., Arndt, L., Gross, J.J., Girgis, R.R., 2016. The impact of emotion awareness and regulation on social functioning in individuals at clinical high risk for psychosis. *Psychol. Med.* 46, 2907–2918. <https://doi.org/10.1017/S0033291716000490>.
- Kramer, I., Simons, C.J.P., Wigman, J.T.W., Collip, D., Jacobs, N., Derom, C., Thiery, E., Van Os, J., Myin-Germeys, I., Wichers, M., 2014. Time-lagged moment-to-moment interplay between negative affect and paranoia: new insights in the affective pathway to psychosis. *Schizophr. Bull.* 40, 278–286. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbs194>.
- Krkovic, K., Clamor, A., Schlier, B., Lincoln, T.M., 2020. Emotions and persecutory ideation in daily life: on the trail of the “chicken and egg” problem. *J. Abnorm. Psychol.* 129, 215–223. <https://doi.org/10.1037/abn0000495>.
- Krkovic, K., Krink, S., Lincoln, T.M., 2018. Emotion regulation as a moderator of the interplay between self-reported and physiological stress and paranoia. *Eur. Psychiatr.* 49, 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2017.12.002>.
- Laborde, S., Mosley, E., Thayer, J.F., 2017. Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research - recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Front. Psychol.* 8, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2017.00213>.
- Lincoln, T.M., Marin, N., Jaya, E.S., 2017. Childhood trauma and psychotic experiences in a general population sample: a prospective study on the mediating role of emotion regulation. *Eur. Psychiatr.* 42, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2016.12.010>.
- Loch, N., Hiller, W., Wittthöft, M., 2011. Der Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (CERQ): erste teststatistische Überprüfung einer deutschen Adaption. *Z. Klin. Psychol. Psychother.* 40, 94–106. <https://doi.org/10.1026/1616-3443/a000079>.
- Ludwig, L., Werner, D., Lincoln, T.M., 2019. The relevance of cognitive emotion regulation to psychotic symptoms – a systematic review and meta-analysis. *Clin. Psychol. Rev.* 72, 101746. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2019.101746>.
- Mather, M., Thayer, J., 2018. How heart rate variability affects emotion regulation brain networks. *Curr. Opin. Behav. Sci.* 19, 98–104. <https://doi.org/10.1111/mec.13536>.
- McAusland, L., Addington, J., 2018. Biofeedback to treat anxiety in young people at clinical high risk for developing psychosis. *Early Interv. Psychiatr.* 12, 694–701. <https://doi.org/10.1111/eip.12368>.
- Montaquila, J.M., Trachik, B.J., Bedwell, J.S., 2015. Heart rate variability and vagal tone in schizophrenia: a review. *J. Psychiatr. Res.* 69, 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.jpsy.2015.07.025>.
- Myin-Germeys, I., Krabbendam, L., Van Os, J., 2003a. Continuity of psychotic symptoms in the community. *Curr. Opin. Psychiatr.* 16, 443–449. <https://doi.org/10.1097/01.yco.0000079208.36371.cd>.
- Myin-Germeys, I., Peeters, F., Havermans, R., Nicolson, N.A., deVries, M.W., Delespaul, P., van Os, J., 2003b. Emotional reactivity to daily life stress in psychosis and affective disorder: an experience sampling study. *Acta Psychiatr. Scand.* 107, 124–131. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0447.2003.02025.x>.
- Nittel, C.M., Lincoln, T.M., Lamster, F., Leube, D., Rief, W., Kircher, T., Mehl, S., 2018. Expressive suppression is associated with state paranoia in psychosis: an experience sampling study on the association between adaptive and maladaptive emotion regulation strategies and paranoia. *Br. J. Clin. Psychol.* 57, 291–312. <https://doi.org/10.1111/bjc.12174>.
- Nuechterlein, K.H., Dawson, M.E., 1984. A heuristic vulnerability/stress model of schizophrenic episodes. *Schizophr. Bull.* 10, 300–312. <https://doi.org/10.1093/schbul/10.2.300>.
- Nuevo, R., Chatterji, S., Verdes, E., Naidoo, N., Arango, C., Ayuso-Mateos, J.L., 2012. The continuum of psychotic symptoms in the general population: a cross-national study. *Schizophr. Bull.* 38, 475–485. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbq099>.
- Palmier-Claus, J.E., Dunn, G., Lewis, S.W., 2012. Emotional and symptomatic reactivity to stress in individuals at ultra-high risk of developing psychosis. *Psychol. Med.* 42, 1003–1012. <https://doi.org/10.1017/S0033291711001929>.
- Perkins, D.O., Jeffries, C.D., Cornblatt, B.A., Woods, S.W., Addington, J., Bearden, C.E., Cadenhead, K.S., Cannon, T.D., Heinssen, R., Mathalon, D.H., Seidman, L.J., Tsuang, M.T., Walker, E.F., McGlashan, T.H., 2015. Severity of thought disorder predicts psychosis in persons at clinical high-risk. *Schizophr. Res.* 169, 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2015.09.008>.

- Phillips, L.J., Francey, S.M., Edwards, J., McMurray, N., 2007. Stress and psychosis: towards the development of new models of investigation. *Clin. Psychol. Rev.* 27, 307–317. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2006.10.003>.
- Reininghaus, U., Depp, C.A., Myin-Germeys, I., 2016a. Ecological interventionist causal models in psychosis: targeting psychological mechanisms in daily life. *Schizophr. Bull.* 42, 264–269. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbv193>.
- Reininghaus, U., Gayer-Anderson, C., Valmaggia, L., Kempton, M.J., Calem, M., Onyejiaka, A., Hubbard, K., Dazzan, P., Beards, S., Fisher, H.L., Mills, J.G., McGuire, P., Craig, T.K.J., Garety, P., Van Os, J., Murray, R.M., Wykes, T., Myin-Germeys, I., Morgan, C., 2016b. Psychological processes underlying the association between childhood trauma and psychosis in daily life: an experience sampling study. *Psychol. Med.* 46, 2799–2813. <https://doi.org/10.1017/S003329171600146X>.
- Sakaki, M., Yoo, H.J., Nga, L., Lee, T.-H., Thayer, J.F., Mather, M., 2016. Heart rate variability is associated with amygdala functional connectivity with MPFC across younger and older adults. *Neuroimage* 139, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>.
- Sanislow, C.A., Pine, D.S., Quinn, K.J., Kozak, M.J., Garvey, M.A., Heinssen, R.K., Wang, P.S.E., Cuthbert, B.N., 2010. Developing constructs for psychopathology research: research domain criteria. *J. Abnorm. Psychol.* 119, 631–639. <https://doi.org/10.1037/a0020909>.
- Schlier, B., Krkovic, K., Clamor, A., Lincoln, T.M., 2019. Autonomic arousal during psychosis spectrum experiences: results from a high resolution ambulatory assessment study over the course of symptom on- and offset. *Schizophr. Res.* 212, 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2019.07.046>.
- Schlier, B., Moritz, S., Lincoln, T.M., 2016. Measuring fluctuations in paranoia: validity and psychometric properties of brief state versions of the Paranoia Checklist. *Psychiatr. Res.* 241, 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.05.002>.
- Shapero, B.G., Farabaugh, A., Terechina, O., DeCross, S., Cheung, J.C., Fava, M., Holt, D. J., 2019. Understanding the effects of emotional reactivity on depression and suicidal thoughts and behaviors: moderating effects of childhood adversity and resilience. *J. Affect. Disord.* 245, 419–427. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.11.033>.
- Silvia, P.J., Kwapil, T.R., Eddington, K.M., Brown, L.H., 2013. Missed beeps and missing data: dispositional and situational predictors of nonresponse in experience sampling research. *Soc. Sci. Comput. Rev.* 31, 471–481. <https://doi.org/10.1177/0894439313479902>.
- Stange, J.P., Hamilton, J.L., Shepard, R., Wu, J., Fresco, D.M., Alloy, L.B., 2020. Inflexible autonomic responses to sadness predict habitual and real-world rumination: a multi-level, multi-wave study. *Biol. Psychol.* 153, 107886. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2020.107886>.
- Stefanis, N.C., Hanssen, M., Smirnis, N.K., Avramopoulos, D.A., Evdokimidis, I.K., Stefanis, C.N., Verdoux, H., Van Os, J., 2002. Evidence that three dimensions of psychosis have a distribution in the general population. *Psychol. Med.* 32, 347–358. <https://doi.org/10.1017/S0033291701005141>.
- Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European society of Cardiology and The North American society of pacing and Electrophysiology. *Eur. Heart J.* 17, 354–381. <https://doi.org/10.4324/9781315372921>.
- Thayer, J.F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers, J.J., Wager, T.D., 2012. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 36, 747–756. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.009>.
- Thayer, J.F., Lane, R.D., 2000. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *J. Affect. Disord.* 61, 201–216. [https://doi.org/10.1016/S0165-0327\(00\)00338-4](https://doi.org/10.1016/S0165-0327(00)00338-4).
- Thayer, J.F., Siegle, G.J., 2002. Neurovisceral integration in cardiac and emotional regulation. *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.* 21, 24–29. <https://doi.org/10.1109/memb.2002.1032635>.
- Thewissen, V., Bentall, R.P., Oorschot, M., À Campo, J., Van Lierop, T., Van Os, J., Myin-Germeys, I., 2011. Emotions, self-esteem, and paranoid episodes: an experience sampling study. *Br. J. Clin. Psychol.* 50, 178–195. <https://doi.org/10.1348/014466510X508677>.
- Vaessen, T., Viechtbauer, W., van der Steen, Y., Gayer-Anderson, C., Kempton, M.J., Valmaggia, L., McGuire, P., Murray, R., Garety, P., Wykes, T., Morgan, C., Lataster, T., Lataster, J., Collip, D., Hernaus, D., Kananova, Z., Delespaul, P., Oorschot, M., Claes, S., Reininghaus, U., Myin-Germeys, I., 2019. Recovery from daily-life stressors in early and chronic psychosis. *Schizophr. Res.* 213, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2019.03.011>.
- Valkonen-Korhonen, M., Tarvainen, M.P., Ranta-Aho, P., Karjalainen, P.A., Partanen, J., Karhu, J., Lehtonen, J., 2003. Heart rate variability in acute psychosis. *Psychophysiology* 40, 716–726. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00072>.
- Van Os, J., Linscott, R.J., 2012. Introduction: the extended psychosis phenotype - relationship with schizophrenia and with ultrahigh risk status for psychosis. *Schizophr. Bull.* 38, 227–230. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbr188>.
- Van Os, J., Linscott, R.J., Myin-Germeys, I., Delespaul, P., Krabbendam, L., 2009. A systematic review and meta-analysis of the psychosis continuum: evidence for a psychosis proneness-persistence-impairment model of psychotic disorder. *Psychol. Med.* 39, 179–195. <https://doi.org/10.1017/S0033291708003814>.
- Varghese, D., Scott, J., Welham, J., Bor, W., Najman, J., O'Callaghan, M., Williams, G., McGrath, J., 2011. Psychotic-like experiences in major depression and anxiety disorders: a population-based survey in young adults. *Schizophr. Bull.* 37, 389–393. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbp083>.
- Volkaert, B., Wante, L., Vervoort, L., Braet, C., 2018. “Boost Camp”, a universal school-based transdiagnostic prevention program targeting adolescent emotion regulation; Evaluating the effectiveness by a clustered RCT: a protocol paper. *BMC Publ. Health* 18, 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5754-5>.
- Williams, D.P., Feeling, N.R., Hill, L.K., Spangler, D.P., Koenig, J., Thayer, J.F., 2018. Resting heart rate variability, facets of rumination and trait anxiety: implications for the perseverative cognition hypothesis. *Front. Hum. Neurosci.* 11, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00520>.
- Williams, D.P., Pandya, K.D., Hill, L.K., Kemp, A.H., Way, B.M., Thayer, J.F., Koenig, J., 2019. Rumination moderates the association between resting high-frequency heart rate variability and perceived ethnic discrimination. *J. Psychophysiol.* 33, 13–21. <https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000201>.
- Williams, D.W.P., Cash, C., Rankin, C., Bernardi, A., Koenig, J., Thayer, J.F., 2015. Resting heart rate variability predicts self-reported difficulties in emotion regulation: a focus on different facets of emotion regulation. *Front. Psychol.* 6, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00261>.
- Williams, L.M., Das, P., Harris, A.W.F., Liddell, B.B., Brammer, M.J., Olivieri, G., Skerrett, D., Phillips, M.L., David, A.S., Peduto, A., Gordon, E., 2004. Dysregulation of arousal and amygdala-prefrontal systems in paranoid schizophrenia. *Am. J. Psychiatr.* 161, 480–489. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.161.3.480>.
- Yamasaki, Y., Kodama, M., Matsuhisa, M., Kishimoto, M., Ozaki, H., Tani, A., Ueda, N., Ishida, Y., Kamada, T., 1996. Diurnal heart rate variability in healthy subjects: effects of aging and sex difference. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 271, 303–310. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1996.271.1.h303>.

## 6.2. Studie II

Cognitive Therapy and Research  
<https://doi.org/10.1007/s10608-021-10253-1>

ORIGINAL ARTICLE



## Are Acute Increases and Variability in Emotion Regulation Strategies Related to Negative Affect and Paranoid Thoughts in Daily Life?

Katrin Bahlinger<sup>1</sup> · Tania M. Lincoln<sup>1</sup> · Annika Clamor<sup>1</sup>

Accepted: 15 July 2021  
 © The Author(s) 2021

### Abstract

**Background** Negative affect reliably predicts paranoid thoughts. Previous studies point to the importance of emotion regulation for paranoid thoughts but have not yet focused on effects of acute increases and variability in strategy use.

**Methods** We conducted an experience-sampling study for one week in a subclinical sample. Acute increases in the intensity of strategy use from one measurement point until the next, between-strategy variability (i.e., standard deviation between all strategies at one measurement point), and within-strategy variability (i.e., standard deviation of each strategy over one day) were analyzed for effects on negative affect and paranoid thoughts.

**Results** Multi-level-models indicated that acute increases in acceptance and reappraisal are associated with less negative affect. Acute increases in acceptance, but not in reappraisal, were related to less paranoid thoughts. In contrast, acute increases in rumination and suppression were associated with more negative affect and paranoid thoughts. Between- and within-strategy variability were no significant predictors.

**Conclusions** Acute increases in the intensity of but not variability in emotion regulation strategies are related to negative affect and paranoid thoughts in daily life. Future studies are needed to examine whether improving emotion regulation leads to sustainable reductions in symptoms.

**Keywords** Psychosis · Delusion · Flexibility · Schizophrenia · Ecological momentary assessment

### Introduction

Paranoid thoughts are defined as distressing beliefs that a persecutor is intentionally harming or going to harm the individual in the future (Freeman & Garety, 2000). They are linked to a reduced quality of life (Watson et al., 2018) and lower psychological well-being (Freeman et al., 2014). In accordance with the continuum of psychotic experiences (Linscott & Van Os, 2013), paranoid thoughts are also common in non-clinical groups (Freeman et al., 2019) though attenuated positive psychotic symptoms predict the transition to psychosis in individuals at clinical high risk (for a meta-analysis see Oliver et al., 2020). To prevent manifest paranoid symptoms, it is thus important to understand the

development of paranoid thoughts. One factor, which has been consistently found to predict paranoid thoughts, is negative affect. This is evident in clinical samples (e.g., Benzeev et al., 2011; Krkovic et al., 2020; Ludwig, et al., 2019a) but also in samples across the paranoia continuum (e.g., Kramer et al., 2014; Krkovic et al., 2020; Lincoln et al., 2009; Thewissen et al., 2011). Therefore, a better understanding of how negative affect can be effectively regulated could be crucial to preventing manifest disorders.

To determine the relevance of emotion regulation strategies for psychotic symptoms such as paranoia, researchers have mainly been looking at how frequently different types of strategies are used and how this is related to negative affect and paranoid thoughts. Cross-sectional studies in general population samples found that suppression and rumination, commonly classified as dysfunctional strategies (Aldao et al., 2010), were associated with more paranoid thoughts (Grezellschak et al., 2017; Simpson et al., 2012), whereas reappraisal and acceptance, commonly classified as functional strategies, were associated with less paranoid thoughts (Osborne et al., 2017; Perchtold et al., 2019). Next

✉ Katrin Bahlinger  
[katrin.bahlinger@uni-hamburg.de](mailto:katrin.bahlinger@uni-hamburg.de)

<sup>1</sup> Clinical Psychology and Psychotherapy, Institute of Psychology, Faculty of Psychology and Human Movement Science, Universität Hamburg, Von-Melle-Park 5, Hamburg 20146, Germany

to questionnaire studies, other studies have made use of experimental designs and experience sampling methods (ESM).

A recent meta-analysis of questionnaire studies examining the frequency of strategies showed that individuals with psychosis typically report to use more dysfunctional and less functional strategies than healthy controls (Ludwig et al., 2019b). In contrast to the consistent picture presented by these studies, experimental studies that commonly induce affect along with the instruction to use a certain emotion regulation strategy tend to find that individuals with psychosis are as successful as healthy controls in effectively down-regulating their negative affect (Grezellschak et al., 2015; Opoka et al., 2020, 2021; Perry et al., 2012; Van Meer et al., 2014). Putative reasons for the discrepancy between the findings in questionnaire and experimental studies are a retrospective recall bias in the questionnaire studies and the artificialness of the instructions in the experimental design and the induced emotion, which questions their ecological validity. Studies using an ESM are advantageous in this regard because they can assess both emotion regulation and psychotic symptoms at the point of their occurrence, which minimizes recall biases and enables to analyze predictive relationships. Moreover, ESM was already shown to be highly accepted and feasible in clinical samples (for reviews see Menon et al., 2017; Myin-Germeyns et al., 2016, 2018; Naslund et al., 2015). Existing ESM studies observed that individuals with psychotic disorders tend to use emotion regulation strategies more frequently than healthy controls, but yielded mixed results for the effectiveness of these specific strategies in terms of reducing *negative affect* (Ludwig et al., 2020; Strauss et al., 2019; Visser et al., 2018). Beyond that, ESM studies focusing on *paranoid thoughts* as the dependent variable found that the intensity of the dysfunctional strategies suppression (Nittel et al., 2018) and rumination (Hartley et al., 2014) predicted the subsequent occurrence of paranoid symptoms in clinical samples. However, only one study with a time-lagged design included functional strategies and did not find functional strategies to predict a change in paranoid thoughts (Nittel et al., 2018). To sum up, although the ESM is ideal to study the questions of interest, results are still inconsistent concerning the question of which strategies are effective in regulating negative affect as well as which directly impact on paranoid thoughts. This may be due to the fact that previous studies focused on the absolute intensity of emotion regulation strategies at a given point in time (Hartley et al., 2014; Ludwig et al., 2020; Strauss et al., 2019; Visser et al., 2018) or the deviation in intensity from the personal average (Nittel et al., 2018) without evaluating temporal changes or the onset of strategy use. However, for an effective regulation, being able to change the intensity of used strategies from one moment to another, to prioritize

between different strategies, and to vary strategies across time is also crucial.

It is increasingly discussed that not only the overreliance on dysfunctional and the neglect of functional strategies, but also a rigid and inflexible pattern of regulation could have a negative impact on behavioral and emotional functioning (Coleman & Oliveros, 2020; Kobylińska & Kusev, 2019). Because the functionality of emotion regulation strategies also depends on whether they are implemented in response to the context (Aldao & Nolen-Hoeksema, 2012; Bonanno & Burton, 2013; Gross, 2015; Ma et al., 2018), purely considering the average amount of the use of single strategies is likely to be overly simplistic. To better capture moments in which the intensity of a strategy is acutely increased, it may be advantageous to focus on time points at which the employment of a strategy is changed compared to the moment before. For an adaptive response to a changing environment, it is also necessary to prioritize single strategies over others at one emotional episode (i.e., between-strategy variability), and to vary the intensity of a particular strategy across time (i.e., within-strategy variability; Aldao et al., 2015; Blanke et al., 2020). By using data from various ESM studies in non-clinical samples, Blanke et al. (2020) recently found that higher between-strategy variability was linked to lower levels of negative affect suggesting that prioritizing strategies may be effective for regulating affect. Similarly, higher within-strategy variability was associated with lower levels of negative affect. Until now, no studies have addressed the role of acute increases in the intensity of emotion regulation strategies and their variability in relation to paranoia. Examining these characteristics of emotion regulation could help to gain a consistent picture of the role of specific strategies for the regulation of negative affect and paranoid thoughts and thus to optimize therapy and prevention programs.

The aim of the study is therefore to investigate whether acute increases in the intensity of emotion regulation strategy use (I), and the variable use of strategies (II + III) predict negative affect and paranoid thoughts in daily life. We investigate this question in a subclinical sample using a prospective design with the ESM and assessing emotion regulation, negative affect, and paranoid thoughts nine times a day over the course of one week. We hypothesize that (Ia) acute increases in the intensity of acceptance and reappraisal from one measurement point to the next, are predictive of lower levels of negative affect and paranoid thoughts, whereas (Ib) acute increases in the intensity of rumination and suppression are predictive of higher levels of negative affect and paranoid thoughts. Furthermore, we expect that (II) more between-strategy variability at one measurement point is predictive of less negative affect and paranoid thoughts at the subsequent measurement point and (III) more within-strategy variability of a single strategy during one day

predict lower levels of negative affect and paranoid thoughts during the same day.

## Method

### Participants

Participants were recruited in the city of Hamburg, Germany, via postings at several public places, at the university, and in different mental health supportive facilities to increase the probability to recruit a sample with subclinical symptoms.

Inclusion criteria were a minimum age of 18, sufficient knowledge of German to participate and the experience of subclinical psychotic experiences during the previous four weeks assessed with the Community Assessment of Psychotic Experiences (Stefanis et al., 2002). Only participants with scores above nine were included as these correspond to a score above the 50th percentile ( $Med=8.0$ ) within a large community sample (Lincoln et al., 2017). Although we assessed the diagnosis of a psychotic disorder or another mental disorder by self-report, these were not defined as exclusion criteria.

Our final sample ( $N=34$ ) for the ESM study consisted of 70.4% female participants with a mean age of 29.9 years ( $SD=10.2$ ). For current employment status, 17.2% reported working full time and 26.6% worked part time, 47.0% were students, 5.9% were retired and 9.3% were currently unfit for work. The average years of education were relatively high ( $M=15.7$ ,  $SD=3.3$ ). More than half of the participants (52.8%) reported a mental health problem in the course of their lifetime. Most frequently, they mentioned the diagnoses of depression (41.2%) and anxiety disorders (20.9%). No one reported the diagnosis of a psychotic disorder. Comparable with samples fulfilling criteria for a psychotic disorder (Schlier et al., 2015), the CAPE positive symptoms score was  $M=14.52$  ( $SD=4.73$ ), the CAPE negative symptoms score was  $M=18.64$  ( $SD=6.76$ ) and the CAPE depressive symptoms score was  $M=8.92$  ( $SD=4.15$ ). Further analyses and descriptions of the sample can be found in Krkovic et al. (2020).

### Procedure

The participants first filled out an online prescreening to assure that they met the inclusion criteria and were likely to experience paranoid thoughts in daily life. Only participants who fulfilled the criteria received an invitation for the main study.

The main study started with a baseline assessment in the laboratory. After giving informed consent, data from various questionnaires and a baseline recording of an

electrocardiogram was collected, which is published elsewhere (Bahlinger et al., 2020). The participants received a study smartphone on which the application Movisens XS was preinstalled. They were instructed how to use the application and the meaning of the ESM items (particularly the different emotion regulation strategies) was explained. For the following week, participants rated their current negative affect, symptoms of paranoia, and usage of emotion regulation strategies nine times a day. Furthermore, current experience of stress and symptoms of depression were assessed, which are not reported in detail here. The 63 measurement points were distributed semi-randomly between 9 a.m. and 10 p.m. and were at least 45 min apart. The measurement point could be postponed for six min before it was classified as ignored. During the whole week, participants were able to call or contact the experimenter via email if they struggled with the data collecting device or experienced any other problems regarding the study. After seven days, participants returned the study smartphones to the experimenter and in a short interview, they were asked to report any technical complications, problems with the ESM procedure or items. They had the opportunity to report any particular distressing experience during the past week. Afterwards they were debriefed, possible concerns were discussed, and they received monetary compensation for participation.

### ESM Parameters

All items of the ESM assessment are provided in Table S1 of the supplementary material.

### Emotion Regulation

We assessed four strategies of emotion regulation: acceptance and reappraisal as putatively functional strategies and rumination and suppression as putatively dysfunctional strategies (see Aldao et al., 2010). The participants were able to report the usage of several strategies at once, reflecting the fact that emotions are often polyregulated (Ford et al., 2019). Each strategy was represented by three items rated on a seven-point Likert scale ranging from “not at all” to “very much”. For reappraisal and rumination, we used the German version of the well-validated Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (CERQ; Loch et al., 2011). For acceptance, we assessed the corresponding subscale of the Emotion Regulation Skills Questionnaire (SEK-27; Berking & Znoj, 2008), since acceptance in the CERQ reflects acceptance of the situation while our focus was on dealing with the emotional experience. For suppression, which is not included in the CERQ, we used the German version of the Emotion Regulation Questionnaire (ERQ; Abler & Kessler, 2009). Because the corresponding subscales of the CERQ and ERQ consist of more than three items, we extracted

the items with the highest factor loading to ensure that all strategies were measured by the same number of items. We adapted the framing for the state assessment and asked the participants: “Please focus on the negative emotions that you experience most right now. We would like to know how you deal with these current, most negative feelings.”

#### Negative Affect

Negative affect was defined as current experiences of fear, anger, sadness, and shame. Each of these emotions were assessed by one item consisting of four describing adjectives (e.g., sad/depressed/miserable/dejected; Stemmler et al., 2001). The participants were asked to rate the intensity of their current experience of the given emotion on a seven-point Likert scale ranging from “not at all” to “very much”.

#### Paranoid Thoughts

To assess paranoid thoughts we used the Brief State Paranoia Checklist (Schlier et al., 2016), which was derived from a state-adapted version of the Paranoia Checklist (Freeman et al., 2005). The instrument consists of five statements like “I need to be on my guard against others.” or “My actions and thoughts might be controlled by others.” and the participants had to rate how much these apply to them “at the moment”. In accordance with the other ESM items, we also used a seven-point Likert scale ranging from “not at all” to “very much”.

#### Acute Increases in the Intensity of Emotion Regulation Strategy Use

To determine acute increases in the intensity of strategy use, we adapted an approach for measuring affective instability in ESM data (Jahng et al., 2008). Therefore, we calculated a dichotomous variable of acute increase that indicated whether the intensity of an emotion regulation strategy increased acutely from one measurement point to the next. Acute increases were defined statistically as there was no theoretical or empirical basis to define a cut-off. First, successive differences for each emotion regulation strategy were calculated. Second, successive differences, which were more than  $+1$  *SD* above the total sample’s mean of successive differences, were defined as “acute increase” (similar to Schneider et al., 2012). The dichotomous predictors of acute increases are 1, when the intensity of the emotion regulation strategy increased between the two measurement points (i.e.,  $t - 1$  and  $t$ ) and 0, when no acute increase occurred.

#### Calculation of Between- and Within-Strategy Variability

As suggested by Aldao et al. (2015) and recently implemented by Blanke et al. (2020), we used standard deviations to indicate a variability of emotion regulation strategies. To measure *between-strategy variability*, we calculated the *SD* of the ratings of all four emotion regulation strategies at one measurement point. Thus, a high between-strategy variability indicates that some strategies are used to a high and others to a low extent at the same time. For *within-strategy variability*, we calculated the *SD* of all measurements of one strategy within one day. Thus, a high within-strategy variability indicates a variation in the extent that one specific strategy is used across time.

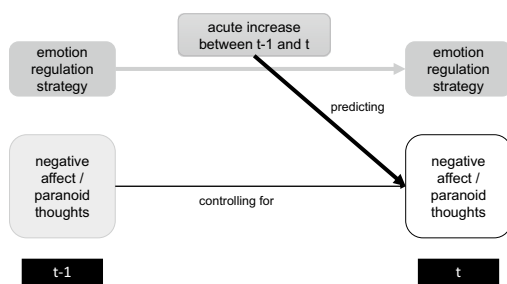
#### Statistical Analysis

Due to the hierarchical structure of our data, we used multilevel modeling (MLM). Level 1 consisted of the repeated momentary measurements, which were clustered in participants (i.e., level 2). We assumed medium effect sizes based on previous studies investigating the associations of the intensity of emotion regulation with negative affect and paranoid thoughts in daily life (Ludwig et al., 2020; Nittel et al., 2018; Visser et al., 2018). We analyzed whether we had a sufficient sample size on level 2 to detect medium effect sizes on level 1 with a targeted power of  $\geq 80\%$ . We estimated power based on 1000 Monte Carlo simulations using the R package SIMR, which allows to calculate power for hierarchically structured data (Green & Macleod, 2016). For hypothesis III, we determined a required sample size of  $n = 31$  on level 2 to achieve a power of 89.4%. Due to aggregating measurement points for within-strategy variability, the number of observations on level 1 was smaller for examining within-strategy variability than for the other two hypotheses. Therefore, the required sample sizes to detect medium effect sizes were below  $n = 31$  on level 2 for hypothesis I and II. Multilevel reliabilities for two-level  $\alpha$  were estimated applying multilevel confirmatory factor analyses (Geldhof et al., 2014). The reliability analyses were run with Mplus (version 7; Muthén & Muthén, Los Angeles, CA). All remaining statistical analyses were conducted with IBM SPSS (version 25; IBM Corp., Armonk, NY).

All predictors were on level 1 and therefore person mean centered. All models were calculated with a random intercept and a random slope and we used the heterogeneous first-order autoregressive structure as covariance type (ARH1). ARH1 assumes that the correlation between measurements of successive points is highest. To calculate the

intra-class correlations (ICCs) of the dependent variables, we conducted null models without any predictors with a random intercept and a fixed slope and used variance components as covariance structure. The ICCs were calculated as the ratio of between-person to total variance in the null model.

To test the hypothesis (I)—that an acute increase in the intensity of a certain emotion regulation strategy between  $t - 1$  and  $t$  predicts a change in negative affect or paranoid thoughts from  $t - 1$  until  $t$ —we calculated separate MLMs for the two outcome variables. In the MLMs, we entered acute increases in the intensity of emotion regulation strategies as predictors of negative affect and paranoid thoughts at measurement point  $t$ , while controlling for the outcome variable at measurement point  $t - 1$ . For a graphical depiction of the operationalization of hypothesis (I), see Fig. 1. For hypothesis (II)—that between-strategy variability at one measurement point is predictive of negative affect and paranoid thoughts at the subsequent measurement point—we calculated separate MLMs with between-strategy variability at  $t - 1$  predicting negative affect and paranoid thoughts at  $t$  while controlling for the outcome variable at  $t - 1$ . To test hypothesis (III)—that within-strategy variability is predictive of negative affect and paranoid thoughts on that day—we entered within-strategy variabilities of all four strategies in the MLMs predicting the average level of negative affect and paranoid thoughts on the same day. As a high variability is not possible at extremely low or high levels of mean emotion regulation, the variability effect can be confounded with mean emotion regulation use. Thus, we controlled for mean emotion regulation use in the analyses for hypotheses (II) and (III). As an effect size measure we provide standardized regression coefficients ( $\beta$ ) of all fixed effects (Lorah, 2018).



**Fig. 1** Operationalization of hypothesis I.  $t$ =time point for which negative affect and paranoid thoughts are predicted.  $t - 1$ =time point before  $t$ . Acute increases in the intensity of an emotion regulation strategy are defined as present when successive differences between  $t - 1$  and  $t$  were more than  $+1 SD$  apart from the total sample's mean of successive differences

**Table 1** Mean scores, standard deviations and range of the ESM variables

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Range
Acceptance	4.47	1.12	1.90–6.89
Reappraisal	4.30	1.35	1.08–6.84
Rumination	3.92	1.11	1.66–6.20
Suppression	3.71	1.16	1.04–6.30
Negative affect	2.16	0.65	1.04–3.28
Paranoia	2.44	0.92	1.03–4.95

ESM experience sampling method

## Results

### Descriptive Statistics and Compliance Rate

The mean scores, standard deviations and ranges of the ESM variables are presented in Table 1. The ICCs for the dependent variables were 0.405 for state negative affect, 0.422 for state paranoid thoughts, 0.663 for paranoid thoughts per day, and 0.658 for negative affect per day.

For state emotion regulation, Cronbach's Alpha for the strategies was excellent at the between subject level, which describes the scale as a whole, and acceptable at the within subject level, reflecting the variance of the state measurements (acceptance:  $\alpha_{\text{between-subject-level}} = .968$ ;  $\alpha_{\text{within-subject-level}} = .608$ ; reappraisal:  $\alpha_{\text{between-subject-level}} = .977$ ;  $\alpha_{\text{within-subject-level}} = .695$ ; rumination:  $\alpha_{\text{between-subject-level}} = .927$ ;  $\alpha_{\text{within-subject-level}} = .588$ ; suppression:  $\alpha_{\text{between-subject-level}} = .986$ ;  $\alpha_{\text{within-subject-level}} = .681$ ). For state negative affect and paranoid thoughts, Cronbach's Alpha was good at between subject level ( $\alpha_{\text{negativeaffect}} = .883$ ;  $\alpha_{\text{paranoia}} = .846$ ) and acceptable at within subject level ( $\alpha_{\text{negativeaffect}} = .723$ ;  $\alpha_{\text{paranoia}} = .757$ ).

Of the 2142 planned measurement points (i.e., 63 measurement points in 34 participants) 2041 were delivered. Out of these 329 were ignored (15.8%) and 13 were incomplete (0.6%). Thus, the final data set consisted of 1699 measurement points. The average compliance rate was 83.34% with a range between 41.27 and 100%, which is a typical rate in mental health research (Vachon et al., 2019).

### Acute Increases in Emotion Regulation as a Predictor for Negative Affect and Paranoia (I)

Results of MLMs for hypothesis (I) are depicted in Fig. 2. The detailed results can be found in Table S2 in the supplementary material available online.

1a) An acute increase in acceptance and reappraisal between two measurement points  $t - 1$  and  $t$  was predictive of lower levels of negative affect at  $t$  when controlling



for negative affect at  $t - 1$ . An acute increase in acceptance between  $t - 1$  and  $t$  predicted less pronounced paranoid thoughts at  $t$  when controlling for paranoid thoughts at  $t - 1$ . An acute increase in reappraisal was not a significant predictor of paranoid thoughts.

Ib) An acute increase in rumination and suppression between  $t - 1$  and  $t$  predicted higher levels of negative affect at  $t$  when controlling for negative affect at  $t - 1$  and more pronounced paranoid thoughts at  $t$  when controlling for paranoid thoughts at  $t - 1$ .

**Between- and Within-Strategy Variability as a Predictor of Negative Affect and Paranoia (II + III)**

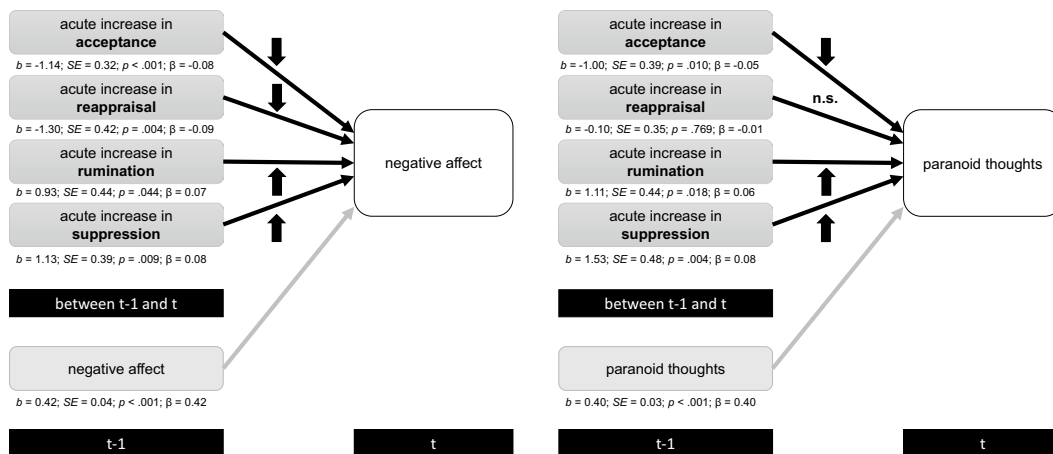
Between-strategy variability at  $t - 1$  was not a significant predictor of negative affect or paranoid thoughts at  $t$  when controlling for the outcome variable at  $t - 1$  and mean emotion regulation use at  $t - 1$  (see Table 2).

Within-strategy variability did not predict mean levels of negative affect and paranoid thoughts across that day when controlling for mean emotion regulation use that day (see Table 3).

**Discussion**

In this study, we investigated whether acute increases in the intensity of emotion regulation strategies and their variable use predict negative affect and paranoid thoughts in daily life. As expected, acute increases in the intensity of emotion regulation strategy use were associated with negative affect and paranoid thoughts. However, our results neither confirmed the assumption that between-strategy variability would predict subsequent negative affect and paranoid thoughts, nor that within-strategy variability would be associated with negative affect and paranoid thoughts at the same day.

By examining acute increases in the intensity of strategy use, we showed that the acute onset of emotion regulation strategy use is related to negative affect. We found that negative affect was low following an increase in the intensity of acceptance and reappraisal. Moreover, levels of negative affect were high when rumination and suppression were increased since the previous time point. Thus, when investigating possible deficits in emotion regulation in individuals with psychotic symptoms in future studies, it could prove useful to include the aspect of temporal changes in strategy use and not only focus on the intensity and frequency of single strategies. To explain the puzzling finding that individuals with psychosis showed increased levels of negative affect although reporting to use emotion regulation strategies more frequently than healthy controls (Ludwig et al., 2020;



**Fig. 2** Acute increases in the intensity of emotion regulation strategies predicting negative affect and paranoid thoughts (I).  $t$ =time point for which negative affect and paranoid thoughts are predicted.  $t - 1$ =time point before  $t$ . Acute increases in the intensity of an emotion regulation strategy are defined as present when successive differ-

ences between  $t - 1$  and  $t$  were more than  $+ 1 SD$  apart from the total sample's mean of successive differences. n.s. =not significant. Fixed effects of the multi-level models when controlling for negative affect/paranoid thoughts at  $t - 1$ .  $\beta$ =standardized coefficient

**Table 2** Negative affect and paranoid thoughts predicted by between-strategy variability (II)

		Negative affect	Paranoid thoughts
Between-strategy variability	<i>b</i>	-0.058	-0.024
	<i>SE</i>	0.188	0.207
	95% CI	[-0.430, 0.313]	[-0.431, 0.383]
	<i>p</i>	.758	.909
	$\beta$	-0.006	-0.002
Outcome variable at <i>t</i> - 1	<i>b</i>	0.300	0.325
	<i>SE</i>	0.045	0.039
	95% CI	[0.209, 0.391]	[0.246, 0.404]
	<i>p</i>	<.001	<.001
	$\beta$	0.243	0.214
Mean ER use	<i>b</i>	0.006	-0.003
	<i>SE</i>	0.149	0.184
	95% CI	[-0.286, 0.298]	[-0.377, 0.370]
	<i>p</i>	.968	.986
	$\beta$	0.001	0.000

ER emotion regulation,  $\beta$  standardized coefficient

Visser et al., 2018), it may be helpful to focus on deficits in the targeted use of strategies. Therefore, future studies should investigate not only whether functional strategies are employed but whether their intensity is increased acutely in response to environmental demands.

Additionally, acute increases in the intensity of emotion regulation strategies were directly linked to the occurrence of paranoid thoughts. Rumination and suppression were already found to predict more paranoid thoughts in clinical samples (Hartley et al., 2014; Nittel et al., 2018), which we could now show in individuals with subclinical psychotic experiences. Furthermore, we found that acute increases in acceptance predicted fewer paranoid thoughts. Existent cross-sectional studies had already indicated an association of acceptance with positive outcomes, such as quality of life and low distress, in individuals experiencing psychotic symptoms (Osborne et al., 2017; Vilardaga et al., 2014). Until now, it had remained unclear whether acceptance is related to paranoid thoughts in daily life. Therefore, our results extend findings from previous studies by not only showing that rumination and suppression predict paranoia in individuals with subclinical psychotic experiences but also that intensifying acceptance towards the emotional experience is associated with less paranoid thoughts.

Against our expectation, increases in the intensity of reappraisal were not linked to paranoid thoughts. Reappraisal is commonly considered a functional emotion regulation strategy (Webb et al., 2012), but recently it was discussed that its use is not always beneficial (Ford & Troy, 2019). Some studies have even found reappraisal to be associated with more pronounced paranoid thoughts (Kimhy et al., 2020;

**Table 3** Negative affect and paranoid thoughts predicted by within-strategy variability (III)

		Negative affect	Paranoid thoughts
Variability of acceptance	<i>b</i>	0.495	1.281
	<i>SE</i>	0.565	0.660
	95% CI	[-0.622, 1.611]	[-0.021, 2.583]
	<i>p</i>	.383	.054
	$\beta$	0.040	0.067
Variability of reappraisal	<i>b</i>	0.290	0.552
	<i>SE</i>	0.438	0.638
	95% CI	[-0.575, 1.154]	[-0.842, 1.945]
	<i>p</i>	.509	.404
	$\beta$	0.030	0.036
Variability of rumination	<i>b</i>	0.567	0.081
	<i>SE</i>	0.506	0.698
	95% CI	[-0.434, 1.567]	[-1.387, 1.548]
	<i>p</i>	.265	.909
	$\beta$	0.053	0.005
Variability of suppression	<i>b</i>	0.830	0.453
	<i>SE</i>	0.503	0.613
	95% CI	[-0.164, 1.824]	[-0.773, 1.679]
	<i>p</i>	.101	0.463
	$\beta$	0.081	0.028
Mean ER use	<i>b</i>	-0.343	1.153
	<i>SE</i>	0.432	0.722
	95% CI	[-1.195, 0.509]	[-0.349, 2.656]
	<i>p</i>	.428	.125
	$\beta$	-0.036	0.078

ER emotion regulation,  $\beta$  standardized coefficient

Westermann et al., 2012) and to increase negative affect during psychotic experiences (Strauss et al., 2019). For determining the functionality of reappraisal, the reappraised thought contents and the context, in which it is used, may need to be considered. If the alternative thoughts involved blaming others or self-blaming, this could even trigger delusional interpretations. This is supported by a finding by Westermann et al. (2013) showing that the emotion regulation strategy of self-blame predicted paranoid thoughts one month later while controlling for paranoia at baseline. Furthermore, evidence shows that in some contexts, for example when a situation is perceived as controllable (Haines et al., 2016) or has a high emotional intensity (Hay et al., 2015; Scheibe et al., 2015; Shafir et al., 2016), reappraisal is not the best choice. Assessing the content of thoughts and the context could contribute to answering how and when a targeted use of reappraisal can help to deal with paranoid thoughts.

In contrast to our hypothesis, when individuals prioritized strategies (i.e., high between-strategy variability) instead of simultaneously using all strategies to the same extent, they

did not have lower levels of subsequent negative affect and paranoid thoughts. This was unexpected given that previous studies have found that using multiple strategies at once is associated with more negative affect (Aldao & Nolen-Hoeksema, 2013) and that clinical samples report to use more strategies simultaneously than healthy controls (Gruber et al., 2013; Ludwig et al., 2020), which was not only explained by a higher emotional reactivity (Gruber et al., 2012). However, previous work also found that employing several strategies at once that were experienced as helpful was found to benefit mood (Heiy & Cheavens, 2014) and combining the strategies of accepting and tolerating emotions with comprehending the emotional experience was related to less subsequent paranoid thoughts (Wittkamp et al., 2021). This indicates that a pure assumption of “less is more” is too simplified and the effectiveness of combinations of strategies may depend crucially on which specific strategies are combined.

Furthermore, we did not find that individuals who applied the same emotion regulation strategy at differing intensities during one day (i.e., high within-strategy variability) had lower levels of negative affect and less paranoid thoughts. Thus, considering a high global variability irrespectively of the need and context as functional may be too short-sighted. Rather, in line with the extended process model of emotion regulation (Gross, 2015), it needs to be taken into account whether stopping, switching, and maintaining of strategies fits the context. When regulation is stopped before the emotion is effectively downregulated or when switching between strategies does not follow a temporal order in search for the best fitting strategy but proceeds chaotically, high variability may reflect a highly unstable and rather ineffective regulation pattern. Therefore, neither extremely high variability nor high inertia in the use of strategies may be advantageous to regulate emotions effectively but an optimal level of moderate variability (Blanke et al., 2020). In line with that, it is supposed that in a stable context, maintaining one strategy can be even more adaptive than a switch of strategy (Pruessner et al., 2020). A direct examination of whether changes in the intensity of the strategies covary with environmental changes (see Aldao et al., 2015) and investigating the temporal sequences of switches between strategies could help to further determine the effectiveness of the variable use of emotion regulation strategies.

Some limitations of our study need to be considered. First, since we did not assess the regulatory context, we cannot answer the question whether the intensity of strategies was increased in order to encounter environmental demands. In future studies, an assessment of context variables and regulatory goals would be beneficial to further investigate the effectiveness of the intensity of and variability within emotion regulation strategies. As the choice of emotion regulation strategies depends on regulatory goals (e.g., Eldesouky

& English, 2019; English et al., 2017; Tamir & Ford, 2012; Wilms et al., 2020), it should be examined whether the effectiveness of specific strategies for reducing negative affect and paranoid thoughts depends on which goal is currently activated. Second, we focused on the self-report of emotion regulation, negative affect, and symptoms. Deficits in emotion awareness were reported even in subclinical samples (Kimhy et al., 2016), which renders the additional assessment of psychophysiological variables worthwhile. Third, we only investigated the four most commonly investigated emotion regulation strategies, although other strategies, such as distraction (Martinelli et al., 2013) or social support (Ludwig et al., 2020; Nittel et al., 2018), may also be relevant to the questions of interest. Forth, as we based our power calculations on the assumption of medium effect sizes, we acknowledge that we could have missed smaller effects. Finally, to address which deviations of emotion regulation are ultimately predictive of eventually developing a clinical disorder, examining samples at clinical high risk in a longitudinal design would be informative.

Notwithstanding these limitations, our study strengthens the view that emotion regulation is linked to the occurrence of paranoid thoughts in individuals with subclinical paranoia. More precisely, acute increases in the intensity of the usage of single strategies were found to relate to the experience of negative affect and paranoid thoughts. In light of our study’s results, it seems recommended to further investigate whether emotion regulation plays a causal role in the development of paranoia. For this purpose, it can be helpful to apply ecological momentary interventions (EMI), which deliver psychological interventions in the daily life of participants (Myin-Germeys et al., 2016) and could thereby change emotion regulation when it takes place. By testing whether these changes in the regulation of negative affect directly lead to a sustainable reduction of psychotic symptoms, EMI can evaluate causal relationships between regulation, negative affect, and paranoid thoughts (i.e., ecological interventionist causal models, Reininghaus et al., 2016). This could shed light on the question whether emotion regulation interventions may help to prevent paranoia in the future.

**Supplementary Information** The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1007/s10608-021-10253-1>.

**Acknowledgements** We would like to thank Philipp Kraatz for his support in data collection.

**Author Contributions** KB: writing original draft, conceptualization, methodology, data curation, formal analysis; TML: supervision, conceptualization, writing review & editing; AC: project administration, conceptualization, data curation, writing review & editing.

**Funding** Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL. No funding was received for conducting this study.

## Declarations

**Conflict of Interest** Katrin Bahlinger, Tania M. Lincoln and Annika Clamor declare that they have no conflict of interest.

**Ethical Approval** All procedures performed in the study were in accordance with the provisions of the World Medical Association Declaration of Helsinki (as revised in 2013). The study received approval by the local ethics committee of the Universität Hamburg.

**Informed Consent** Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

**Animal rights** No animal studies were carried out by the authors for this article.

**Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

## References

- Abler, B., & Kessler, H. (2009). Emotion Regulation Questionnaire—Eine deutschsprachige Fassung des ERQ von Gross und John. *Diagnostica*, 55(3), 144–152. <https://doi.org/10.1026/0012-1924.55.3.144>
- Aldao, A., & Nolen-Hoeksema, S. (2012). The influence of context on the implementation of adaptive emotion regulation strategies. *Behaviour Research and Therapy*, 50(7–8), 493–501. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2012.04.004>
- Aldao, A., & Nolen-Hoeksema, S. (2013). One versus many: Capturing the use of multiple emotion regulation strategies in response to an emotion-eliciting stimulus. *Cognition and Emotion*, 27(4), 753–760. <https://doi.org/10.1080/02699931.2012.739998>
- Aldao, A., Nolen-Hoeksema, S., & Schweizer, S. (2010). Emotion-regulation strategies across psychopathology: A meta-analytic review. *Clinical Psychology Review*, 30(2), 217–237. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2009.11.004>
- Aldao, A., Sheppes, G., & Gross, J. J. (2015). Emotion regulation flexibility. *Cognitive Therapy and Research*, 39(3), 263–278. <https://doi.org/10.1007/s10608-014-9662-4>
- Bahlinger, K., Lincoln, T., Krkovic, K., & Clamor, A. (2020). Linking psychophysiological adaptation, emotion regulation, and subjective stress to the occurrence of paranoia in daily life. *Journal of Psychiatric Research*, 130, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2020.07.021>
- Ben-Zeev, D., Ellington, K., Swendsen, J., & Granholm, E. (2011). Examining a cognitive model of persecutory ideation in the daily life of people with schizophrenia: A computerized experience sampling study. *Schizophrenia Bulletin*, 37(6), 1248–1256. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbq041>
- Berking, M., & Znoj, H. (2008). Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur standardisierten Selbsteinschätzung emotionaler Kompetenzen (SEK-27). *Zeitschrift Für Psychiatrie, Psychologie Und Psychotherapie*, 56(2), 141–153. <https://doi.org/10.1024/1661-4747.56.2.141>
- Blanke, E. S., Brose, A., Kalokerinos, E. K., Erbas, Y., Riediger, M., & Kuppens, P. (2020). Mix it to fix it: Emotion regulation variability in daily life. *Emotion*, 20(3), 473–485. <https://doi.org/10.1037/emo0000566>
- Bonanno, G. A., & Burton, C. L. (2013). Regulatory flexibility: An individual differences perspective on coping and emotion regulation. *Perspectives on Psychological Science*, 8(6), 591–612. <https://doi.org/10.1177/1745691613504116>
- Coleman, A., & Oliveros, A. D. (2020). Reconceptualization of emotion regulation: Strategy use, flexibility, and emotionality. *Anxiety, Stress and Coping*, 33(1), 19–30. <https://doi.org/10.1080/10615806.2019.1655641>
- Eldesouky, L., & English, T. (2019). Regulating for a reason: Emotion regulation goals are linked to spontaneous strategy use. *Journal of Personality*, 87(5), 948–961. <https://doi.org/10.1111/jopy.12447>
- English, T., Lee, I. A., John, O. P., & Gross, J. J. (2017). Emotion regulation strategy selection in daily life: The role of social context and goals. *Motivation and Emotion*, 41(2), 230–242. <https://doi.org/10.1007/s11031-016-9597-z>
- Ford, B. Q., Gross, J. J., & Gruber, J. (2019). Broadening our field of view: The role of emotion polyregulation. *Emotion Review*, 11(3), 197–208. <https://doi.org/10.1177/1754073919850314>
- Ford, B. Q., & Troy, A. S. (2019). Reappraisal reconsidered: A closer look at the costs of an acclaimed emotion-regulation strategy. *Current Directions in Psychological Science*, 28(2), 195–203. <https://doi.org/10.1177/0963721419827526>
- Freeman, D., & Garety, P. A. (2000). Comments on the content of persecutory delusions: Does the definition need clarification? *British Journal of Clinical Psychology*, 39(4), 407–414. <https://doi.org/10.1348/014466500163400>
- Freeman, D., Garety, P. A., Bebbington, P. E., Smith, B., Rollinson, R., Fowler, D., Kuipers, E., Ray, K., & Dunn, G. (2005). Psychological investigation of the structure of paranoia in a non-clinical population. *British Journal of Psychiatry*, 186(5), 427–435. <https://doi.org/10.1192/bjp.186.5.427>
- Freeman, D., Loe, B. S., Kingdon, D., Startup, H., Molodynski, A., Rosebrock, L., Brown, P., Sheaves, B., Waite, F., & Bird, J. C. (2019). The revised Green et al., Paranoid Thoughts Scale (R-GPTS): Psychometric properties, severity ranges, and clinical cut-offs. *Psychological Medicine*. <https://doi.org/10.1017/S0033291719003155>
- Freeman, D., Startup, H., Dunn, G., Wingham, G., Černis, E., Evans, N., Lister, R., Pugh, K., Cordwell, J., & Kingdon, D. (2014). Persecutory delusions and psychological well-being. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 49(7), 1045–1050. <https://doi.org/10.1007/s00127-013-0803-y>
- Geldhof, G. J., Preacher, K. J., & Zyphur, M. J. (2014). Reliability estimation in a multilevel confirmatory factor analysis framework. *Psychological Methods*, 19(1), 72–91. <https://doi.org/10.1037/a0032138>
- Green, P., & Macleod, C. J. (2016). SIMR: An R package for power analysis of generalized linear mixed models by simulation. *Methods in Ecology and Evolution*, 7, 493–498. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12504>
- Grezzellschak, S., Jansen, A., & Westermann, S. (2017). Emotion regulation in patients with psychosis: A link between insomnia and paranoid ideation? *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 56, 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2016.08.001>
- Grezzellschak, S., Lincoln, T. M., & Westermann, S. (2015). Cognitive emotion regulation in patients with schizophrenia: Evidence for effective reappraisal and distraction. *Psychiatry Research*, 229(1–2), 434–439. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.05.103>

- Gross, J. J. (2015). Emotion regulation: Current status and future prospects. *Psychological Inquiry*, 26(1), 1–26. <https://doi.org/10.1080/1047840X.2014.940781>
- Gruber, J., Harvey, A. G., & Gross, J. J. (2012). When trying is not enough: Emotion regulation and the effort-success gap in bipolar disorder. *Emotion*, 12(5), 997–1003. <https://doi.org/10.1037/a0026822>
- Gruber, J., Kogan, A., Mennin, D., & Murray, G. (2013). Real-world emotion? An experience-sampling approach to emotion experience and regulation in bipolar I disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, 122(4), 971–983. <https://doi.org/10.1037/a0034425>
- Haines, S. J., Gleeson, J., Kuppens, P., Hollenstein, T., Ciarrochi, J., Labuschagne, I., Grace, C., & Koval, P. (2016). The wisdom to know the difference: Strategy-situation fit in emotion regulation in daily life is associated with well-being. *Psychological Science*, 27(12), 1651–1659. <https://doi.org/10.1177/09567976166669086>
- Hartley, S., Haddock, G., Vasconcelos e Sa, D., Emsley, R., & Barrowclough, C. (2014). An experience sampling study of worry and rumination in psychosis. *Psychological Medicine*, 44(8), 1605–1614. <https://doi.org/10.1017/S0033291713002080>
- Hay, A. C., Sheppes, G., Gross, J. J., & Gruber, J. (2015). Choosing how to feel: Emotion regulation choice in bipolar disorder. *Emotion*, 15(2), 139–145. <https://doi.org/10.1037/emo0000024>
- Heij, J. E., & Cheavens, J. S. (2014). Back to basics: A naturalistic assessment of the experience and regulation of emotion. *Emotion*, 14(5), 878–891. <https://doi.org/10.1037/a0037231>
- Jahng, S., Wood, P. K., & Trull, T. J. (2008). Analysis of affective instability in ecological momentary assessment: Indices using successive difference and group comparison via multilevel modeling. *Psychological Methods*, 13(4), 354–375. <https://doi.org/10.1037/a0014173>
- Kimhy, D., Gill, K. E., Brucato, G., Vakhrusheva, J., Arndt, L., Gross, J. J., & Girgis, R. R. (2016). The impact of emotion awareness and regulation on social functioning in individuals at clinical high risk for psychosis. *Psychological Medicine*, 46(14), 2907–2918. <https://doi.org/10.1017/S0033291716000490>
- Kimhy, D., Lister, A., Liu, Y., Vakhrusheva, J., Delespaul, P., Malaspina, D., Ospina, L. H., Mittal, V. A., Gross, J. J., & Wang, Y. (2020). The impact of emotion awareness and regulation on psychotic symptoms during daily functioning. *Npj Schizophrenia*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41537-020-0096-6>
- Kobylińska, D., & Kusev, P. (2019). Flexible emotion regulation: How situational demands and individual differences influence the effectiveness of regulatory strategies. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00072>
- Kramer, I., Simons, C. J. P., Wigman, J. T. W., Collip, D., Jacobs, N., Derom, C., Thiery, E., Van Os, J., Myin-Germeys, I., & Wichers, M. (2014). Time-lagged moment-to-moment interplay between negative affect and paranoia: New insights in the affective pathway to psychosis. *Schizophrenia Bulletin*, 40(2), 278–286. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbs194>
- Krkovic, K., Clamor, A., Schlier, B., & Lincoln, T. M. (2020). Emotions and persecutory ideation in daily life: On the trail of the “Chicken and Egg” problem. *Journal of Abnormal Psychology*, 129(2), 215–223. <https://doi.org/10.1037/abn0000495>
- Lincoln, T. M., Marin, N., & Jaya, E. S. (2017). Childhood trauma and psychotic experiences in a general population sample: A prospective study on the mediating role of emotion regulation. *European Psychiatry*, 42, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2016.12.010>
- Lincoln, T. M., Peter, N., Schäfer, M., & Moritz, S. (2009). Impact of stress on paranoia: An experimental investigation of moderators and mediators. *Psychological Medicine*, 39(7), 1129–1139. <https://doi.org/10.1017/S0033291708004613>
- Linscott, R. J., & Van Os, J. (2013). An updated and conservative systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence on psychotic experiences in children and adults: On the pathway from proneness to persistence to dimensional expression across mental disorders. *Psychological Medicine*, 43(6), 1133–1149. <https://doi.org/10.1017/S0033291712001626>
- Loch, N., Hiller, W., & Withhöft, M. (2011). Der Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (CERQ): Erste teststatistische Überprüfung einer deutschen Adaption. *Zeitschrift Für Klinische Psychologie Und Psychotherapie*, 40(2), 94–106. <https://doi.org/10.1026/1616-3443/a000079>
- Lorah, J. (2018). Effect size measures for multilevel models: Definition, interpretation, and TIMSS example. *Large-Scale Assessments in Education*. <https://doi.org/10.1186/s40536-018-0061-2>
- Ludwig, L., Mehl, S., Krkovic, K., & Lincoln, T. M. (2020). Effectiveness of emotion regulation in daily life in individuals with psychosis and nonclinical controls—An experience-sampling study. *Journal of Abnormal Psychology*, 129(4), 408–421. <https://doi.org/10.1037/abn0000505>
- Ludwig, L., Mehl, S., Schlier, B., Krkovic, K., & Lincoln, T. M. (2019a). Awareness and rumination moderate the affective pathway to paranoia in daily life. *Schizophrenia Research*, 216, 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2019.12.007>
- Ludwig, L., Werner, D., & Lincoln, T. M. (2019b). The relevance of cognitive emotion regulation to psychotic symptoms—A systematic review and meta-analysis. *Clinical Psychology Review*. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2019.101746>
- Ma, X., Tamir, M., & Miyamoto, Y. (2018). A socio-cultural instrumental approach to emotion regulation: Culture and the regulation of positive emotions. *Emotion*, 18(1), 138–152. <https://doi.org/10.1037/emo0000315>
- Martinelli, C., Cavanagh, K., & Dudley, R. E. J. (2013). The impact of rumination on state paranoid ideation in a nonclinical sample. *Behavior Therapy*, 44(3), 385–394. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2013.02.002>
- Menon, V., Rajan, T. M., & Sarkar, S. (2017). Psychotherapeutic applications of mobile phone-based technologies: A systematic review of current research and trends. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 39(1), 4–11. <https://doi.org/10.4103/0253-7176.198956>
- Myin-Germeys, I., Kananova, Z., Vaessen, T., Vachon, H., Kirtley, O., Viechtbauer, W., & Reininghaus, U. (2018). Experience sampling methodology in mental health research: New insights and technical developments. *World Psychiatry*, 17(2), 123–132. <https://doi.org/10.1002/wps.20513>
- Myin-Germeys, I., Klippel, A., Steinhart, H., & Reininghaus, U. (2016). Ecological momentary interventions in psychiatry. *Current Opinion in Psychiatry*, 29(4), 258–263. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000255>
- Naslund, J., Marsch, L., McHugo, G., & Bartels, S. (2015). Emerging mHealth and eHealth interventions for serious mental illness: A review of the literature. *Medical Image Analysis*, 24(5), 321–332. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.116.303790>
- Nittel, C. M., Lincoln, T. M., Lamster, F., Leube, D., Rief, W., Kircher, T., & Mehl, S. (2018). Expressive suppression is associated with state paranoia in psychosis: An experience sampling study on the association between adaptive and maladaptive emotion regulation strategies and paranoia. *British Journal of Clinical Psychology*, 57(3), 291–312. <https://doi.org/10.1111/bjc.12174>
- Oliver, D., Reilly, T. J., Baccaredda Boy, O., Petros, N., Davies, C., Borgwardt, S., McGuire, P., & Fusar-Poli, P. (2020). What causes the onset of psychosis in individuals at clinical high risk? A meta-analysis of risk and protective factors. *Schizophrenia Bulletin*, 46(1), 110–120. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbz039>
- Opoka, S. M., Ludwig, L., Mehl, S., & Lincoln, T. M. (2021). An experimental study on the effectiveness of emotion regulation in patients with acute delusions. *Schizophrenia Research*, 228, 206–217. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2020.11.054>

- Opoka, S. M., Sundag, J., Riehle, M., & Lincoln, T. M. (2020). Emotion-regulation in psychosis: Patients with psychotic disorders apply reappraisal successfully. *Cognitive Therapy and Research*. <https://doi.org/10.1007/s10608-020-10163-8>
- Osborne, K. J., Willroth, E. C., DeVlyder, J. E., Mittal, V. A., & Hilimire, M. R. (2017). Investigating the association between emotion regulation and distress in adults with psychotic-like experiences. *Psychiatry Research*, 256, 66–70. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2017.06.011>
- Perchtold, C. M., Weiss, E. M., Rominger, C., Fink, A., Weber, H., & Papousek, I. (2019). Cognitive reappraisal capacity mediates the relationship between prefrontal recruitment during reappraisal of anger-eliciting events and paranoia-proneness. *Brain and Cognition*, 132, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.04.001>
- Perry, Y., Henry, J. D., Nangle, M. R., & Grisham, J. R. (2012). Regulation of negative affect in schizophrenia: The effectiveness of acceptance versus reappraisal and suppression. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 34(5), 497–508. <https://doi.org/10.1080/13803395.2012.661405>
- Pruessner, L., Barnow, S., Holt, D. V., Joormann, J., & Schulze, K. (2020). A cognitive control framework for understanding emotion regulation flexibility. *Emotion*, 20(1), 21–29. <https://doi.org/10.1037/emo0000658>
- Reininghaus, U., Depp, C. A., & Myin-Germeys, I. (2016). Ecological interventionist causal models in psychosis: Targeting psychological mechanisms in daily life. *Schizophrenia Bulletin*, 42(2), 264–269. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbv193>
- Scheibe, S., Sheppes, G., & Staudinger, U. M. (2015). Distract or reappraise? Age-related differences in emotion-regulation choice. *Emotion*, 15(6), 677–681.
- Schlier, B., Jaya, E. S., Moritz, S., & Lincoln, T. M. (2015). The Community Assessment of Psychic Experiences measures nine clusters of psychosis-like experiences: A validation of the German version of the CAPE. *Schizophrenia Research*, 169(1–3), 274–279. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2015.10.034>
- Schlier, B., Moritz, S., & Lincoln, T. M. (2016). Measuring fluctuations in paranoia: Validity and psychometric properties of brief state versions of the Paranoia Checklist. *Psychiatry Research*, 241, 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.05.002>
- Schneider, S., Jungheinrich, D. U., Keefe, F. J., Schwartz, J. E., Stone, A. A., & Broderick, J. E. (2012). Individual differences in the day-to-day variability of pain, fatigue, and well-being in patients with rheumatic disease: Associations with psychological variables. *Pain*, 153(4), 813–822. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2012.01.001>
- Shafir, R., Thiruchselvam, R., Suri, G., Gross, J. J., & Sheppes, G. (2016). Neural processing of emotional-intensity predicts emotion regulation choice. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(12), 1863–1871. <https://doi.org/10.1093/scan/nsw114>
- Simpson, J., MacGregor, B., Cavanagh, K., & Dudley, R. (2012). Safety behaviours, rumination and trait paranoia in a non-clinical sample. *Journal of Experimental Psychopathology*, 3(4), 612–623. <https://doi.org/10.5127/jep.027212>
- Stefanis, N. C., Hanssen, M., Smirmis, N. K., Avramopoulos, D. A., Evdokimidis, I. K., Stefanis, C. N., Verdoux, H., & Van Os, J. (2002). Evidence that three dimensions of psychosis have a distribution in the general population. *Psychological Medicine*, 32, 347–358. <https://doi.org/10.1017/S0033291701005141>
- Stemmler, G., Heldmann, M., Pauls, C. A., & Scherer, T. (2001). Constraints for emotion specificity in fear and anger: The context counts. *Psychophysiology*, 38(2), 275–291. <https://doi.org/10.1017/S0048577201991668>
- Strauss, G. P., Zamani Esfahlani, F., Visser, K. F., Dickinson, E. K., Gruber, J., & Sayama, H. (2019). Mathematically modeling emotion regulation abnormalities during psychotic experiences in schizophrenia. *Clinical Psychological Science*, 7(2), 216–233. <https://doi.org/10.1177/2167702618810233>
- Tamir, M., & Ford, B. Q. (2012). When feeling bad is expected to be good: Emotion regulation and outcome expectancies in social conflicts. *Emotion*, 12(4), 807–816. <https://doi.org/10.1037/a0024443>
- Thewissen, V., Bentall, R. P., Oorschot, M., à Campo, J., Van Lierop, T., Van Os, J., & Myin-Germeys, I. (2011). Emotions, self-esteem, and paranoid episodes: An experience sampling study. *British Journal of Clinical Psychology*, 50(2), 178–195. <https://doi.org/10.1348/014466510X508677>
- Vachon, H., Viechtbauer, W., Rintala, A., & Myin-Germeys, I. (2019). Compliance and retention with the experience sampling method over the continuum of severe mental disorders: Meta-analysis and recommendations. *Journal of Medical Internet Research*. <https://doi.org/10.2196/14475>
- Van Der Meer, L., Swart, M., Van Der Velde, J., Pijnenborg, G., Wiersma, D., Bruggeman, R., & Aleman, A. (2014). Neural correlates of emotion regulation in patients with schizophrenia and non-affected siblings. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099667>
- Vilardaga, R., Hayes, S. C., & Atkins, D. C. (2014). Comparing experiential acceptance and cognitive reappraisal of psychotic symptoms as predictors of functional outcome among individuals with serious mental illness. *Behaviour Research and Therapy*, 51(8), 425–433. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2013.04.003>
- Visser, K., Esfahlani, F. Z., Sayama, H., & Strauss, G. (2018). An ecological momentary assessment evaluation of emotion regulation abnormalities in schizophrenia. *Psychological Medicine*, 48, 2337–2345. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbx024.105>
- Watson, P., Zhang, J. P., Rizvi, A., Tamaiev, J., Birnbaum, M. L., & Kane, J. (2018). A meta-analysis of factors associated with quality of life in first episode psychosis. *Schizophrenia Research*, 202, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.07.013>
- Webb, T. L., Miles, E., & Sheeran, P. (2012). Dealing with feeling: A meta-analysis of the effectiveness of strategies derived from the process model of emotion regulation. *Psychological Bulletin*, 138(4), 775–808. <https://doi.org/10.1037/a0027600>
- Westermann, S., Boden, M. T., Gross, J. J., & Lincoln, T. M. (2013). Maladaptive cognitive emotion regulation prospectively predicts subclinical paranoia. *Cognitive Therapy and Research*, 37(4), 881–885. <https://doi.org/10.1007/s10608-013-9523-6>
- Westermann, S., Kesting, M. L., & Lincoln, T. M. (2012). Being deluded after being excluded? How emotion regulation deficits in paranoia-prone individuals affect state paranoia during experimentally induced social stress. *Behavior Therapy*, 43(2), 329–340. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2011.07.005>
- Wilms, R., Lanwehr, R., & Kastenmüller, A. (2020). Emotion regulation in everyday life: The role of goals and situational factors. *Frontiers in Psychology*, 11(May), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00877>
- Wittkamp, M. F., Krkovic, K., & Lincoln, T. M. (2021). An analysis of the pattern of adaptive emotion regulation associated with low paranoid ideation in healthy and clinical samples. *Cognitive Therapy and Research*, 45(3), 468–479. <https://doi.org/10.1007/s10608-020-10173-6>

**Publisher's Note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

### 6.3. Studie III

Stress recovery in psychosis

1

Recovery after stress – autonomic and subjective arousal in individuals with psychosis  
compared to healthy controls

Katrin Bahlinger<sup>a</sup>, Tania M. Lincoln<sup>a</sup>, Annika Clamor<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Clinical Psychology and Psychotherapy, Institute of Psychology, Faculty of Psychology and  
Human Movement Sciences, Universität Hamburg

This article has been accepted for publication in Schizophrenia Bulletin Published by Oxford  
University Press

word count: 4000

abstract: 236

Correspondence concerning this article should be addressed to:

Katrin Bahlinger, M.Sc.

Universität Hamburg

Institute of Psychology

Clinical Psychology and Psychotherapy

Von-Melle-Park 5

20146 Hamburg, Germany

Phone: +49 40 42838 5372

Fax: +49 40 42838 6170

Email: [katrin.bahlinger@uni-hamburg.de](mailto:katrin.bahlinger@uni-hamburg.de)

### Abstract

**Background and Hypothesis.** Heightened stress levels in individuals with psychosis (PSY) are associated with psychotic symptom occurrence and may be partially attributed to well-established deficits in resting-state heart rate variability (HRV) and emotion regulation. In healthy participants, resting-state HRV and self-reported emotion regulation skills have been linked to recovery after a stressor; however, it is unclear whether stress recovery is altered in PSY. Thus, we compared autonomic and subjective recovery of PSY to healthy controls (HC) and investigated the predictive value of resting-state HRV and emotion regulation skills.

**Study Design.** We assessed resting-state HRV and self-reported emotion regulation one week prior to a combined physical and cognitive stress induction. After the stress-exposure, we assessed the autonomic (decrease in heart rate, increase in HRV) and subjective (decrease in subjective stress and negative affect) recovery in PSY ( $n=50$ ) and HC ( $n=50$ ) over 60min.

**Study Results.** Repeated-measures ANOVA revealed the expected interaction between time $\times$ group for subjective, but not autonomic stress parameters. Resting-state HRV predicted recovery of heart rate, and emotion regulation skills predicted recovery of HRV, but not of the other parameters.

**Conclusions.** Although subjective stress recovery was delayed in PSY, the absence of autonomic recovery deficits suggests that a prolonged stress response may not contribute to heightened stress levels to the expected extent. Improving resting-state HRV and emotion regulation may support autonomic recovery, but further investigation is required to test the impact of such improvements on psychotic symptoms.

Keywords: hyperarousal; vagal activity; adaptability; affect regulation; schizophrenia; vagal tone



### Introduction

When a stressor ends, a fast and complete return to initial levels of an organism's autonomic and subjective arousal (i.e., *recovery*) is considered adaptive functioning.<sup>1,2</sup> In contrast, elevated stress levels (i.e., hyperarousal) after stress exposure can interfere with an appropriate reaction to further environmental demands.<sup>3</sup> In individuals with psychotic disorders (PSY) autonomic arousal, as evidenced by a higher heart rate (HR<sup>4,5</sup>) and lower heart rate variability (HRV<sup>6,7</sup>) and subjective arousal, as indicated by elevated levels of self-reported stress and negative affect<sup>5,8-10</sup>, are consistently higher than in healthy controls (HC). This well-documented hyperarousal is regarded as an etiological factor in multiple theoretical models, which posit that psychotic symptoms evolve from dysfunctional stress processing (e.g.,<sup>11</sup>). This link is further supported by numerous studies demonstrating that stress and negative affect precede or intensify psychotic symptoms.<sup>12-17</sup> However, the origins of hyperarousal in PSY and thus the factors that could serve to mitigate it effectively, currently remain unclear. One explanation could be that hyperarousal results from a deficient stress recovery process.

Resting-state HRV and the ability to volitionally and effectively employ emotion regulation skills are both considered essential mechanisms for the regulation of autonomic and subjective arousal, enabled via inhibitory influences of the prefrontal cortex on subcortical structures such as the amygdala.<sup>18</sup> It has been shown that healthy participants with low resting-state HRV demonstrate deficits in cardiovascular recovery,<sup>19</sup> while participants with high resting-state HRV showed fast adaptation of subjective arousal ratings.<sup>20</sup> Likewise, the ability to regulate emotions has been associated with a better recovery of both autonomic (state HRV<sup>21,22</sup>; HR<sup>23</sup>) and subjective arousal,<sup>24</sup> whereas deficits in regulating emotions have been related to a prolonged autonomic stress response.<sup>25</sup> PSY show deficits in both of these regulatory indices: First, a large effect of reduced resting-state HRV has been found in PSY in contrast to HC.<sup>26</sup> Second, PSY have reported to use more emotion regulation strategies that

are classified as dysfunctional (e.g., suppression of emotions) and fewer emotion regulation strategies classified as functional (e.g., reappraising the situation) than HC.<sup>27</sup> To sum up, reduced resting-state HRV and deficits in emotion regulation are evident in PSY, which, in turn, may hinder adaptation and lead to a deficient stress recovery.

However, until now, few studies have investigated stress recovery processes in PSY. In one such study, patients with schizophrenia showed less recovery of autonomic parameters than HC in the first 7min after a stress induction.<sup>28</sup> A second study utilized a similar stressor but added a deep breathing intervention before the recovery period and found autonomic arousal to be less responsive in PSY than in HC.<sup>29</sup> A third study used an experience sampling method and documented delayed subjective stress recovery in individuals with early, but not those with chronic psychosis when compared to HC.<sup>10</sup> In conclusion, there is some evidence that alterations in recovery processes exist in PSY. However, the few studies available neither investigated autonomic and subjective arousal simultaneously nor did they examine predictors of recovery, which leaves us with limited insight into possible deficits in stress recovery in PSY.

To address these gaps, we investigated the recovery of autonomic and subjective arousal after stress induction. We hypothesized (I) that PSY would show a reduced autonomic recovery (i.e., reduction of HR and increase of state HRV) and subjective recovery (i.e., reduction of negative affect and subjective stress) in contrast to HC. We expected these group differences to be evident a) in the total recovery over the course of one hour after the stressor, b) in the initial recovery in the first 7min after the stressor (cf.,<sup>28</sup>), and c) in the time of return to the baseline levels. Furthermore, we hypothesized (II) that a) higher resting-state HRV and b) the self-reported habitual use of functional emotion regulation (i.e., emotion regulation skills) would be predictive of a better recovery.

## Method

### 2.1 Participants

The study was conducted at the Universität Hamburg, Germany. We included individuals with a psychotic disorder (PSY) and healthy controls (HC) and matched groups for age, gender, and education level. We recruited participants from in- and outpatient treatment settings and via postings in internet forums. General inclusion criteria were 1) age 18-65, 2) sufficient German language skills, and 3) the capacity to provide informed consent. General exclusion criteria were 1) acute suicidality, 2) the diagnosis of a substance dependence in the last six months, 3) any neurological or cardiological diseases, 4) intake of cardiovascular medication, and 5) particular cold sensitivities. For females, additional exclusion criteria due to the assessment of salivary cortisol (reported elsewhere) were 5) oral contraceptive intake or 6) a current pregnancy. During the COVID pandemic, we excluded individuals with a higher risk of severe illness as recommended by national health authorities. For PSY, additional inclusion criteria were 1) the diagnosis of a psychotic disorder according to the 5<sup>th</sup> version of the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM<sup>30</sup>), 2) the experience of paranoid delusions current or in the past (for the analysis of stress-related increases in paranoia, reported elsewhere), and 3) the intake of maximum one antipsychotic (for the analysis of influences on HRV<sup>31</sup>; reported elsewhere). For HC, additional exclusion criteria were 1) a current Axis-I disorder, or 2) psychopharmaceuticals in the past six months, and 3) a first-degree relative with a psychotic disorder.

### 2.2 Procedure

The regional ethical review board approved the study consisting of a prescreening via telephone, a first assessment day for the diagnostic procedure and baseline measures, and a second assessment day with the stress induction and recovery phases (Figure 1). In the prescreening, potential participants were interviewed regarding criteria for participation; the absence of acute suicidality and diagnostic criteria were then verified on the first assessment

day. Appointments took place between 2-6p.m. to control for circadian changes.<sup>32</sup> Participants were instructed to refrain from alcohol and intense physical training 24hrs prior to participation, and from eating, brushing teeth, caffeine and nicotine 2hrs prior.

### ***2.2.1 First assessment day***

Participants provided informed consent and underwent the SCID for DSM-IV with updated sections for the DSM-5 criteria for psychotic disorders<sup>33</sup> to verify whether diagnostic criteria were fulfilled. In PSY, the delusion subscale of the Psychotic Symptom Rating Scales (PSYRATS<sup>34</sup>) was administered focusing on paranoid delusions. Subsequently, participants filled out questionnaires pertaining to sociodemographic variables and emotion regulation skills and resting-state HRV was assessed (t0).

### ***2.2.2 Second assessment day***

Seven days later, participants returned to the laboratory for the stress induction (130min). **Baseline (t1).** After a short rest phase (5min), we assessed a baseline of all autonomic and subjective parameters (t1; 15min).

**Stress induction (t2).** The stress induction (5min) consisted of a combination of the bilateral foot Cold Pressor Test (CPT) and the Paced Auditory Addition Test (PASAT) with a recording of the verbal responses to increase commitment.<sup>35</sup> This combination has been shown to evoke increases in subjective stress, HR, and cortisol and to yield recovery during 60min.<sup>35</sup> It has advantages for a simultaneous assessment of state HRV as participants can remain in a body position that closely resembles the baseline recording position.<sup>32</sup> Participants had to place both feet in cold water (2-3°C, constantly moved by a pump) for 3min. During the CPT and 2min after, participants had to summate successive numbers that were presented auditorily every 3sec (e.g., “5”...“2”). While calculating (5+2) and answering (“7”), the last number (i.e., 2) had to be kept in working memory to summate it with the next number (e.g., “4”) sequentially (2+4, answer “6”). After the explanation of the PASAT, a short example

Stress recovery in psychosis

7

audio was presented, and the stress induction did not start until participants calculated the example correctly. During stress induction, participants were instructed to resume, if they removed their feet from the water or stopped calculating. We did not observe participants refusing to follow the instruction. Directly after, participants completed state measures of subjective stress and negative affect (t2).

**Recovery phase (t3-t6).** In the preceding recovery phase of 60min participants could sit still, relax, and read. Throughout this phase, autonomic arousal was measured and participants were repeatedly asked to rate state measures of subjective stress and negative affect.

**Completion of the study.** The recovery phase was followed by a second stress induction with recovery phase (reported elsewhere). Subsequently participants were debriefed and received monetary compensation (10€/h).

## 2.3 Stress recovery measures

### 2.3.1 Autonomic arousal

We recorded the ECG with a sampling rate of 256/s using a NeXus-10-Mark-II with the software Biotrace. We processed the raw data with the software Kubios HRV Premium (version 3.0.2; Kubios Oy, Kuopio, Finland). Automatic R-peak detection was manually checked and corrected for artifacts by two independent raters to evaluate interrater reliability, which was very good ( $ICCs \geq .95$ ). Where manual correction was not feasible, automatic correction was employed ( $N_{segments}=24$ ). Following the recommendations for the analysis of HRV parameters indicating vagal tone,<sup>32</sup> we calculated the root mean square of successive differences (RMSSD) in intervals of 5min (Figure 1) and applied logarithm transformation (i.e.,  $\ln HRV$ ) to obtain normal distribution, which was not met beforehand (appendix A1). To check for reliability, we additionally analyzed high frequency HRV with Fast Fourier Transform (HF-HRV) analogue to the RMSSD. We analyzed HR as average beats per minute.

### 2.3.2 Subjective arousal

Subjective stress was rated via the extent the participants agreed to the statement “I feel stressed by the situation” (cf.,<sup>36</sup>). Since the internal consistency for the four-item scale including ratings of helplessness, controllability, and relaxation (based on<sup>37</sup>) was poor (range of Cronbach’s  $\alpha=.45-.69$  for the different measurement points), we used the item of perceived stress due to its more consistent associations with autonomic parameters<sup>38</sup> and its sensitivity of change<sup>39,40</sup>. Negative affect was assessed as the mean level of the current experience of fear, sadness, anger, and shame.<sup>41</sup> Cronbach’s  $\alpha$  was  $\geq .87$ . Both subjective parameters were rated on 11-point Likert scales ranging from “not at all” to “very much”.

### 2.4 Assessment of recovery predictors

Resting-state HRV and emotion regulation skills were assessed one week before the stress induction (t0). Resting-state HRV was measured in a 5min interval after a 5min resting phase and logarithm transformed (i.e., lnHRV). Emotion regulation skills were operationalized by the sum score of the Emotion Regulation Skills Questionnaire.<sup>42</sup> The questionnaire assesses the frequency of employing various skills for adaptively dealing with negative emotions (e.g., being aware of emotions, modifying emotions, accepting emotions). It comprises 27 items referring to the previous week, which are rated on a five-point Likert scale ranging from “not at all” to “very much”.

### 2.5 Statistical analysis

We analyzed differences in the recovery between PSY and HC (I) as follows:

- a) for *total recovery*, we conducted two-way mixed ANOVAs with the respective stress parameter at different measurement points (HR, lnHRV, subjective stress, negative affect) as within-subject factor and group (PSY vs. HC) as between-subjects factor. Total recovery analyses included t2 (stress induction), t4 (+13min after stressor), and t6 (+60min) for autonomic recovery, and t2, t4, t5 (+33min),

and  $t_6$  for subjective recovery (Figure 1). Degrees of freedom were corrected by Greenhouse-Geisser if necessary. Significant effects were followed up by post-hoc tests with Bonferroni adjustments. Since the current phase of menstrual cycle,<sup>43</sup> body mass index (BMI) and physical exercise,<sup>44</sup> the consumption of nicotine and alcohol,<sup>32</sup> and antipsychotics<sup>31</sup> can effect HRV measurements, we tested these variables as possible covariates for HRV analyses.

- b) for *initial recovery*, we conducted two-way mixed ANOVAs with HR and subjective stress at  $t_2$  (stress induction),  $t_{3.1}$  (+4min),  $t_{3.2}$  (+5min),  $t_{3.3}$  (+6min), and  $t_{3.4}$  (+7min).
- c) to analyze whether PSY and HC differed in the time of *return to baseline*, we estimated the recovery separately for each participant. Return to baseline was defined as the measurement point when values after the stressor did not differ from the individual's baseline measure (i.e., were smaller than baseline value  $(t_1) + \frac{1}{2}SD_{t_1\_totalsample}$ ). We then tested whether the number of individuals returning to baseline at each measurement point was differently distributed between the two groups by Mann-Whitney-*U*-tests.

To analyze whether resting-state HRV and emotion regulation skills predicted recovery (II), we calculated relative changes of HR, state lnHRV, subjective stress, and negative affect during the recovery phase. Relative changes were defined as the absolute change in relation to the respective stress parameter at the stress induction (i.e.,  $(t_6 - t_2)/t_2$ ; cf.,<sup>45,46</sup>). Therefore, a negative relative change represents a decrease and a positive relative change an increase in subjective and autonomic parameters during the recovery phase. Then, we conducted linear regressions with resting-state HRV predicting relative changes in HR, subjective stress, and negative affect (IIa) and with emotion regulation skills predicting relative changes in HR, state lnHRV, subjective stress, and negative affect (IIb).

All statistical analyses were conducted with IBM SPSS (version 25; IBM Corp., Armonk, NY).

## Results

### 3.1 Sample characteristics

We pre-screened 255 individuals, of which 131 were invited to participate. The final sample that fulfilled all inclusion criteria and consented to participate consisted of  $n=50$  PSY and  $n=50$  HC. In that sample, initial HR recovery data (t3.1, t3.2, t3.3) was missing for one HC participant and resting-state HRV at t0 was missing for seven participants ( $n_{\text{PSY}}=4$ ,  $n_{\text{HC}}=3$ ) due to defective electrocardiogram measurements. For descriptive data and baseline group comparisons, see Table 1 and Appendix A2.

### 3.2 Manipulation check

Paired samples  $t$ -tests showed HR,  $t(99)=-9.29$ ,  $p<.001$ , subjective stress,  $t(99)=-8.29$ ,  $p<.001$ , and negative affect,  $t(99)=-3.86$ ,  $p<.001$ , were significantly higher at the stress induction (t2) compared to baseline (t1). LnHRV did not significantly differ between t2 and t1,  $t(99)=-1.14$ ,  $p=.259$ . This pattern was evident in both groups and initial responses to the stressor (i.e.,  $\Delta t2-t1$ ) did not differ significantly between groups (appendix A3).

### 3.3 Group comparisons for autonomic and subjective recovery (I)

The trajectories of the stress parameters are depicted in Figure 2 (appendix A4 for values at each measurement point). Results for lnHF-HRV (appendix A5) did not differ from results for lnRMSSD (reported below as lnHRV).

#### 3.3.1 Test for potential covariates

We found no significant correlations of lnHRV with BMI, consumption of alcohol, phase of menstruation cycle, or chlorpromazine equivalents, but with nicotine consumption and physical exercise. Therefore, we conducted an ANCOVA with the covariates of smoking



and exercising to test their effect on lnHRV and their interaction with time. Since smoking and exercising differed significantly between groups (Table 1), we used an ANOVA to interpret the main effects of group and time and their interaction, as recommended (cf.,<sup>47</sup>).

### **3.3.2 Total recovery (Ia)**

**Autonomic recovery (t2, t4, t6).** For HR and lnHRV (Figure 2a+b), we found main effects of time but no main effects of group or interaction effects of time×group (Table 2). Post-hoc analyses revealed that lnHRV increased and HR decreased over time. For lnHRV, an ANCOVA showed a significant main effect of smoking but not of exercising. Interaction effects of time×smoking and time×exercising were not significant.

**Subjective recovery (t2, t4, t5, t6).** For subjective stress (Figure 2c), repeated-measures ANOVA revealed a main effect of time and group, and an interaction effect between time×group (Table 2). Post-hoc analyses showed that subjective stress was significantly higher in PSY than in HC and decreased over time. Between t4 and t6, subjective stress decreased significantly in PSY, but not HC, who recovered significantly until t5. For negative affect (Figure 2d), repeated-measures ANOVA revealed a main effect of time and group, but no interaction effect. Negative affect was significantly higher in PSY than in HC and decreased over time.

### **3.3.3 Initial recovery (Ib)**

**Autonomic recovery (t2-t3.4).** For initial recovery of HR (Figure 2a), the main effect of time, but neither the main effect of group, nor the interaction effect were significant (Table 2). Post-hoc analyses showed that HR decreased significantly between t2 and t3.1, but then did not change significantly during the following measurement points (i.e., between t3.1 and t3.2 and later).

**Subjective recovery (t2-t3.4).** For subjective stress (Figure 2c), initial recovery analyses revealed a significant main effect of time and group, and an interaction effect (Table

2). Post-hoc analyses showed that subjective stress was significantly higher in PSY than in HC and decreased over time. HC showed a significant decrease in subjective stress between t2 and t3.1, while in PSY the decrease was only significant between t2 and t3.2.

### **3.3.4 Return to baseline (Ic)**

We found no significant group differences in the time of return to baseline (Table 3). For lnHRV, return to baseline was not calculated since there was no significant stress-induced decrease beforehand.

## **3.4 Resting-state HRV and emotion regulation skills as predictors of relative changes during recovery (II)**

**(IIa).** Resting-state lnHRV (t0) significantly predicted relative changes during the recovery phase  $((t6-t2)/t2)$  in HR,  $\beta=-0.26$ ,  $t(92)=-2.52$ ,  $p=.014$ , i.e., a higher resting-state lnHRV predicted a stronger decrease in HR from the stressor to the end of the recovery. Resting-state lnHRV did not significantly predict relative changes in subjective stress,  $\beta=0.00$ ,  $t(92)=0.02$ ,  $p=.988$ , or negative affect,  $\beta=0.01$ ,  $t(92)=0.06$ ,  $p=.953$ .

**(IIb).** Emotion regulation skills significantly predicted the relative change in lnHRV during recovery  $((t6-t2)/t2)$ ,  $\beta=0.23$ ,  $t(99)=2.34$ ,  $p=.021$ , i.e., higher emotion regulation skills at t0 predicted a stronger increase in lnHRV from the stressor to the end of the recovery. Emotion regulation skills did not significantly predict relative changes in HR,  $\beta=-0.10$ ,  $t(99)=-0.95$ ,  $p=.345$ , subjective stress,  $\beta=-0.08$ ,  $t(99)=-0.75$ ,  $p=.453$ , or negative affect,  $\beta=-0.02$ ,  $t(99)=-0.16$ ,  $p=.873$ .

## **3.5 Exploratory analyses**

To explore whether recovery differed within PSY based on the sum score of the delusion subscale of the PSYRATS, we compared subgroups created by median split. No significant interaction effects time $\times$ subsample emerged. Non-significant trends in the total

autonomic recovery indicated a tendency of a slower recovery in individuals with high PSYRATS scores (HR  $p=.057$ , lnHRV  $p=.067$ ; appendix A6).

### Discussion

We compared autonomic and subjective recovery in individuals with psychosis to healthy controls after a combined physical-cognitive stressor and investigated the predictive value of resting-state HRV and emotion regulation skills on recovery. We found no indication of general recovery deficits in individuals with psychosis. However, evidence for a delayed recovery process for subjective stress emerged as has also been reported for individuals with early psychosis in daily life.<sup>10</sup> Across the total recovery phase, the lowest level of subjective stress was reached earlier by healthy controls (i.e., at 33min) than by individuals with psychosis (i.e., at 60min). Correspondingly, during the initial recovery (in the first 4min), healthy controls showed a steeper decline in subjective stress than individuals with psychosis. A successful recovery is commonly defined as the return to the level of arousal preceding a stressful event, as it should enable the organism to deal effectively with following environmental challenges.<sup>1-3</sup> The majority of participants from both groups reached their baseline for subjective stress at the first measurement point after the stressor (i.e., at 4min), but both groups showed further decreases thereafter. Descriptive group differences of individuals failing to return to baseline during the recovery phase (i.e., 8 vs. 3 individuals) were not significant. However, given the heightened baseline levels of subjective stress in individuals with psychosis, the return to baseline may not have been sufficient to be considered a full recovery. Future studies need to investigate whether insufficient subjective recovery could give rise to an inadequate response to a subsequent stressor and hence result in sustained, or accumulating, subjective stress.

Contrary to the findings for subjective stress, the assumption of a deficient recovery was not supported by autonomic parameters. As physiological and subjective stress parameters have been shown deviate from each other in psychosis research,<sup>48</sup> this emphasizes the necessity to incorporate various stress parameters to obtain a comprehensive picture of stress responses and explore divergent patterns in autonomic and subjective parameters. Our findings are contrary to previous studies reporting a deficient recovery of HRV in patients with schizophrenia.<sup>28,29</sup> When interpreting the absence of the expected group differences in autonomic recovery, the rather atypical observation of comparable autonomic stress levels in both groups across the entire testing session is noteworthy. This finding was surprising since a decreased resting-state HRV has been established as a stable finding independent of medication status.<sup>26</sup> Nonetheless, antipsychotic medication can impact HRV negatively<sup>49</sup> and the exclusion of individuals receiving more than one antipsychotic could have resulted in less extreme comparisons with healthy controls. Furthermore, individuals with a history of a mental disorder or former psychopharmacological treatment were not excluded from the control group and, in contrast to previous studies, groups were matched for educational level. Our results question the existence of general deficits in autonomic regulation in psychosis and confirm the high heterogeneity within individuals with psychosis.<sup>26</sup> The relevance of influencing factors for autonomic processes aside the fulfillment of the criteria of a psychotic disorder is supported by the associations of smoking and physical exercise with the global level of autonomic arousal. Furthermore, exploratory analyses indicated a non-significant trend towards a slower autonomic recovery in individuals with more severe paranoid delusions, which requires further examination in larger samples. A future objective should be to determine moderating factors between psychosis and autonomic arousal and thereby identify possible starting points for interventions.

Higher resting-state HRV and emotion regulation skills predicted a faster autonomic recovery after stress exposure, further supporting these factors' roles in the regulation of

autonomic arousal. Our findings are in line with the neurovisceral integration model linking emotion regulation to autonomic adaptation<sup>18</sup> and support the notion that emotion regulation skills could be a connecting piece between low resting-state HRV and high stress levels in psychosis<sup>36</sup>. As autonomic arousal is related to the perception of threat<sup>50</sup> and can precede paranoia<sup>14,17</sup>, a promising perspective is to test whether enhancing autonomic recovery through emotion regulation trainings<sup>51</sup> and HRV-biofeedback<sup>52</sup> can prevent paranoid symptoms.

Unexpectedly, recovery of negative affect was not related to emotion regulation skills. Notably, although the stress induction was successful, participants' mean negative affect was low (i.e.,  $M=2$  on a scale from 0-10) during stress exposure. Therefore, the need to employ strategies to regulate distinct emotions may not have been central. After emotionally more evocative situations, such as social stressors, emotion regulation skills may help to mitigate the elicited negative affect and paranoid thoughts<sup>53</sup> while difficulties in emotion regulation may further exacerbate the affective and symptomatic response<sup>54,55</sup>. Thus, the investigation of recovery processes after different stressors is needed.

Some limitations should be noted. Firstly, we did not find a stress-induced reduction in HRV, and thus, we could not determine a return to baseline for HRV. Secondly, the experimenter was not blinded to group membership. Although the stress induction was standardized, an influence of the experimenter's behavior cannot be ruled out. However, the stressor elicited a similar stress reaction in both groups, which renders this bias unlikely. Thirdly, the assessment of subjective stress may have been less valid, as it was based on one item only. Fourthly, hypotheses and analyses were not preregistered. Finally, as our clinical sample was limited to individuals taking a maximum of one antipsychotic, the results may not generalize to other samples. For instance, individuals receiving multiple antipsychotics have been found to show a more pronounced reduction of HRV<sup>56</sup> and increased HR<sup>57</sup> than

individuals receiving monotherapy. However, only a third of medicated patients receives antipsychotic monotherapy.<sup>58</sup>

In conclusion, we found no indication of deficits in the autonomic stress recovery process in individuals with psychosis but of a delayed recovery in the subjective experience of stress when compared to healthy controls. Noteworthy, we did not generally observe heightened levels of autonomic arousal in individuals with psychosis taking one antipsychotic only but found associations of HRV with other modifiable factors like smoking and exercising. Thus, the frequently found heightened autonomic arousal may in parts trace back to third variables. Our results offer the prospect of decreasing the putative building-up of subjective stress levels by improving subjective recovery and encourage interventions increasing resting-state HRV and emotion regulation skills, respectively, to enhance autonomic recovery.

#### **Acknowledgements**

We thank all participants for taking part in our study and all student assistants for their support. AC would like to acknowledge Prof. B. Dahme's valuable feedback in the planning stage of the project.

The study was funded by the German Research Foundation, Grant DFG-CL-757/1-1.

#### **Conflicts of Interest**

The authors declare no conflicts of interest with respect to the authorship or the publication of this article.

**References**

1. Smith TW, Deits-Lebehn C, Williams PG, Baucom BRW, Uchino BN. Toward a social psychophysiology of vagally mediated heart rate variability: Concepts and methods in self-regulation, emotion, and interpersonal processes. *Soc Personal Psychol Compass*. 2020;14(3):1-24. doi:10.1111/spc3.12516
2. Koval P, Brose A, Pe ML, et al. Emotional inertia and external events: The roles of exposure, reactivity, and recovery. *Emotion*. 2015;15(5):625-636. doi:10.1037/emo0000059
3. Laborde S, Mosley E, Mertgen A. Vagal Tank theory: The three Rs of cardiac vagal control functioning - resting, reactivity, and recovery. *Front Neurosci*. 2018;12. doi:10.3389/fnins.2018.00458
4. Andersen EH, Lewis GF, Belger A. Aberrant parasympathetic reactivity to acute psychosocial stress in male patients with schizophrenia spectrum disorders. *Psychiatry Res*. 2018;265:39-47. doi:10.1016/j.psychres.2018.04.009
5. Lincoln TM, Köther U, Hartmann M, Kempkensteffen J, Moritz S. Responses to stress in patients with psychotic disorders compared to persons with varying levels of vulnerability to psychosis, persons with depression and healthy controls. *J Behav Ther Exp Psychiatry*. 2015;47:92-101. doi:10.1016/j.jbtep.2014.11.011
6. Bengtsson J, Bodén R, Olsson EMG, Mårtensson J, Gingnell M, Persson J. Autonomic modulation networks in schizophrenia: The relationship between heart rate variability and functional and structural connectivity in the brain. *Psychiatry Res - Neuroimaging*. 2020;300:111079. doi:10.1016/j.psychresns.2020.111079
7. Cella M, Okruszek Ł, Lawrence M, Zarlenga V, He Z, Wykes T. Using wearable technology to detect the autonomic signature of illness severity in schizophrenia. *Schizophr Res*. 2018;195:537-542. doi:10.1016/j.schres.2017.09.028
8. Livingstone K, Harper S, Gillanders D. An exploration of emotion regulation in psychosis. *Clin Psychol Psychother*. 2009;16:418-430. doi:10.1002/cpp.635
9. Van der Meer L, Swart M, Van Der Velde J, et al. Neural correlates of emotion regulation in patients with schizophrenia and non-affected siblings. *PLoS One*. 2014;9(6). doi:10.1371/journal.pone.0099667
10. Vaessen T, Viechtbauer W, van der Steen Y, et al. Recovery from daily-life stressors in early and chronic psychosis. *Schizophr Res*. 2019;213:32-39. doi:10.1016/j.schres.2019.03.011
11. Nuechterlein KH, Dawson ME. A Heuristic Vulnerability/Stress Model of

- Schizophrenic Episodes. *Schizophr Bull.* 1984;10(2):300-312.  
doi:10.1093/schbul/10.2.300
12. Klippel A, Myin-Germeys I, Chavez-Baldini UY, et al. Modeling the Interplay Between Psychological Processes and Adverse, Stressful Contexts and Experiences in Pathways to Psychosis: An Experience Sampling Study. *Schizophr Bull.* 2017;43(2):302-315. doi:10.1093/schbul/sbw185
  13. Ludwig L, Mehl S, Schlier B, Krkovic K, Lincoln TM. Awareness and rumination moderate the affective pathway to paranoia in daily life. *Schizophr Res.* 2019;216:161-167. doi:10.1016/j.schres.2019.12.007
  14. Schlier B, Krkovic K, Clamor A, Lincoln TM. Autonomic arousal during psychosis spectrum experiences: results from a high resolution ambulatory assessment study over the course of symptom on- and offset. *Schizophr Res.* 2019;212:163-170. doi:10.1016/j.schres.2019.07.046
  15. Veling W, Pot-Kolder R, Counotte J, Van Os J, Van Der Gaag M. Environmental Social Stress, Paranoia and Psychosis Liability: A Virtual Reality Study. *Schizophr Bull.* 2016;42(6):1363-1371. doi:10.1093/schbul/sbw031
  16. Lincoln TM, Peter N, Schäfer M, Moritz S. Impact of stress on paranoia: An experimental investigation of moderators and mediators. *Psychol Med.* 2009;39(7):1129-1139. doi:10.1017/S0033291708004613
  17. Krkovic K, Krink S, Lincoln TM. Emotion regulation as a moderator of the interplay between self-reported and physiological stress and paranoia. *Eur Psychiatry.* 2018;49:43-49. doi:10.1016/j.eurpsy.2017.12.002
  18. Thayer JF, Lane RD. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *J Affect Disord.* 2000;61(3):201-216. doi:10.1016/S0165-0327(00)00338-4
  19. Weber CS, Thayer JF, Rudat M, et al. Low vagal tone is associated with impaired post stress recovery of cardiovascular, endocrine, and immune markers. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(2):201-211. doi:10.1007/s00421-009-1341-x
  20. Hildebrandt LK, Mccall C, Engen HG, Singer T. Cognitive flexibility, heart rate variability, and resilience predict fine-grained regulation of arousal during prolonged threat. *Psychophysiology.* 2016;53(6):880-890. doi:10.1111/psyp.12632
  21. Jentsch VL, Wolf OT. The impact of emotion regulation on cardiovascular, neuroendocrine and psychological stress responses. *Biol Psychol.* 2020;154:107893. doi:10.1016/j.biopsycho.2020.107893



22. Stange JP, Hamilton JL, Fresco DM, Alloy LB. Flexible parasympathetic responses to sadness facilitate spontaneous affect regulation. *Psychophysiology*. 2017;54(7):1054-1069. doi:10.1111/psyp.12856
23. Liu JJW, Vickers K, Reed M, Hadad M. Re-conceptualizing stress: Shifting views on the consequences of stress and its effects on stress reactivity. *PLoS One*. 2017;12(3). doi:10.1371/journal.pone.0173188
24. Shapero BG, Stange JP, McArthur BA, Abramson LY, Alloy LB. Cognitive reappraisal attenuates the association between depressive symptoms and emotional response to stress during adolescence. *Cogn Emot*. 2019;33(3):524-535. doi:10.1080/02699931.2018.1462148
25. Berna G, Ott L, Nandrino JL. Effects of emotion regulation difficulties on the tonic and phasic cardiac autonomic response. *PLoS One*. 2014;9(7). doi:10.1371/journal.pone.0102971
26. Clamor A, Lincoln TM, Thayer JF, Koenig J. Resting vagal activity in schizophrenia: Meta-Analysis of heart rate variability as a potential endophenotype. *Br J Psychiatry*. 2016;208(1):9-16. doi:10.1192/bjp.bp.114.160762
27. Ludwig L, Werner D, Lincoln TM. The relevance of cognitive emotion regulation to psychotic symptoms – A systematic review and meta-analysis. *Clin Psychol Rev*. 2019;72. doi:10.1016/j.cpr.2019.101746
28. Castro MN, Vigo DE, Weidema H, et al. Heart rate variability response to mental arithmetic stress in patients with schizophrenia. Autonomic response to stress in schizophrenia. *Schizophr Res*. 2008;99:294-303. doi:10.1016/j.schres.2007.08.025
29. Liu Y, Huang Y, Zhou J, et al. Altered Heart Rate Variability in Patients With Schizophrenia During an Autonomic Nervous Test. *Front Psychiatry*. 2021;12. doi:10.3389/fpsyt.2021.626991
30. American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (5th Ed.)*. 2013.
31. Huang WL, Chang LR, Kuo TBJ, Lin YH, Chen YZ, Yang CCH. Impact of antipsychotics and anticholinergics on autonomic modulation in patients with schizophrenia. *J Clin Psychopharmacol*. 2013;33(2):170-177. doi:10.1097/JCP.0b013e3182839052
32. Laborde S, Mosley E, Thayer JF. Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research - Recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Front Psychol*. 2017;8:1-18.

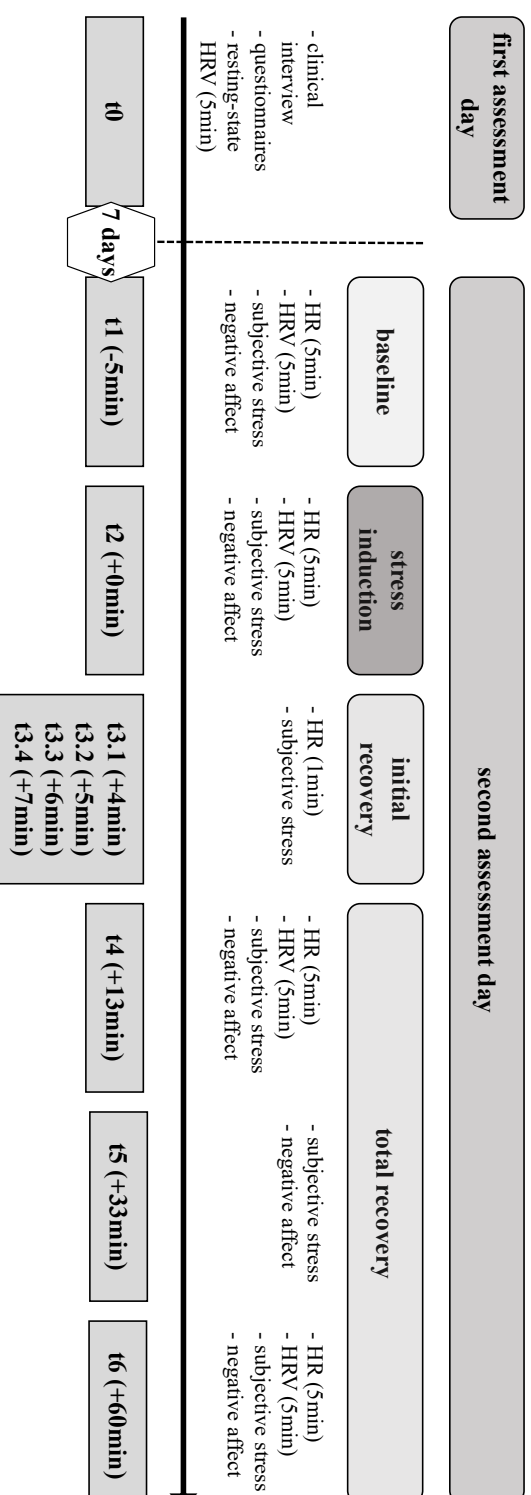
- doi:10.3389/fpsyg.2017.00213
33. Beesdo-Baum K, Zaudig M, Wittchen H-U. *SCID-5-CV Strukturiertes Klinisches Interview Für DSM-5®-Störungen – Klinische Version*. Hogrefe; 2019.
  34. Haddock G, McCarron J, Tarrier N, Faragher EB. Scales to measure dimensions of hallucinations and delusions: The psychotic symptom rating scales (PSYRATS). *Psychol Med*. 1999;29(4):879-889. doi:10.1017/s0033291799008661
  35. Bachmann P, Finke JB, Rebeck D, et al. Test-retest reproducibility of a combined physical and cognitive stressor. *Biol Psychol*. 2019;148. doi:10.1016/j.biopsycho.2019.107729
  36. Clamor A, Schlier B, Köther U, Hartmann MM, Moritz S, Lincoln TM. Bridging psychophysiological and phenomenological characteristics of psychosis - Preliminary evidence for the relevance of emotion regulation. *Schizophr Res*. 2015;169(1-3):346-350. doi:10.1016/j.schres.2015.10.035
  37. Gaab J, Rohleder N, Nater UM, Ehlert U. Psychological determinants of the cortisol stress response: The role of anticipatory cognitive appraisal. *Psychoneuroendocrinology*. 2005;30(6):599-610. doi:10.1016/j.psyneuen.2005.02.001
  38. Vaessen T, Rintala A, Otsabryk N, et al. The association between self-reported stress and cardiovascular measures in daily life: A systematic review. *PLoS One*. 2021;16(11):e0259557. doi:10.1371/journal.pone.0259557
  39. Reininghaus U, Kempton MJ, Valmaggia L, et al. Stress sensitivity, aberrant salience, and threat anticipation in early psychosis: An experience sampling study. *Schizophr Bull*. 2016;42(3):712-722. doi:10.1093/schbul/sbv190
  40. Paetzold I, Myin-Germeys I, Schick A, et al. Stress reactivity as a putative mechanism linking childhood trauma with clinical outcomes in individuals at ultra-high-risk for psychosis: Findings from the EU-GEI High risk study. *Epidemiol Psychiatr Sci*. 2021. doi:10.1017/S2045796021000251
  41. Stemmler G, Heldmann M, Pauls CA, Scherer T. Constraints for emotion specificity in fear and anger: The context counts. *Psychophysiology*. 2001;38(2):275-291. doi:10.1017/S0048577201991668
  42. Berking M, Znoj H. Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur standardisierten Selbsteinschätzung emotionaler Kompetenzen (SEK-27). *Zeitschrift für Psychiatr Psychol und Psychother*. 2008;56(2):141-153. doi:10.1024/1661-4747.56.2.141
  43. Kokts-Porietis RL, Minichiello NR, Doyle-Baker PK. The Effect of the Menstrual

- Cycle on Daily Measures of Heart Rate Variability in Athletic Women. *J Psychophysiol.* 2020;34(1):60-68. doi:10.1027/0269-8803/a000237
44. Köchli S, Schutte AE, Kruger R. Adiposity and physical activity are related to heart rate variability: the African-PREDICT study. *Eur J Clin Invest.* 2020;50(12):1-10. doi:10.1111/eci.13330
  45. Botonis PG, Arsoniadis GG, Platanou TI, Toubekis AG. Heart rate recovery responses after acute training load changes in top-class water polo players. *Eur J Sport Sci.* 2021;21(2):158-165. doi:10.1080/17461391.2020.1736181
  46. Russell S, Simpson MJ, Evans AG, Coulter TJ, Kelly VG. Physiological and Perceptual Recovery-Stress Responses to an Elite Netball Tournament. *Int J Sports Physiol Perform.* 2021;16(10):1462-1471. doi:10.1123/ijsp.2020-0317
  47. Schneider BA, Avivi-Reich M, Mozuraitis M. A cautionary note on the use of the Analysis of Covariance (ANCOVA) in classification designs with and without within-subject factors. *Front Psychol.* 2015;6:1-12. doi:10.3389/fpsyg.2015.00474
  48. Söder E, Clamor A, Kempkensteffen J, Moritz S, Lincoln TM. Stress levels in psychosis: Do body and mind diverge? *Biol Psychol.* 2018;138:156-164. doi:10.1016/j.biopsycho.2018.08.016
  49. Mujica-Parodi LR, Yeragani V, Malaspina D. Nonlinear complexity and spectral analyses of heart rate variability in medicated and unmedicated patients with schizophrenia. *Neuropsychobiology.* 2005;51(1):10-15. doi:10.1159/000082850
  50. Thayer JF, Åhs F, Fredrikson M, Sollers JJ, Wager TD. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neurosci Biobehav Rev.* 2012;36(2):747-756. doi:10.1016/j.neubiorev.2011.11.009
  51. Berking M, Wupperman P, Reichardt A, Pejic T, Dippel A, Znoj H. Emotion-regulation skills as a treatment target in psychotherapy. *Behav Res Ther.* 2008;46(11):1230-1237. doi:10.1016/j.brat.2008.08.005
  52. McAusland L, Addington J. Biofeedback to treat anxiety in young people at clinical high risk for developing psychosis. *Early Interv Psychiatry.* 2018;12(4):694-701. doi:10.1111/eip.12368
  53. Clamor A, Ludwig L, Lincoln TM. Heart rate variability as an index of emotion (dys)regulation in psychosis? *Int J Psychophysiol.* 2020;158:310-317. doi:10.1016/j.ijpsycho.2020.08.016
  54. Lincoln TM, Sundag J, Schlier B, Karow A. The Relevance of Emotion Regulation in

- Explaining Why Social Exclusion Triggers Paranoia in Individuals at Clinical High Risk of Psychosis. *Schizophr Bull.* 2018;44(4):757-767. doi:10.1093/schbul/sbx135
55. Krkovic K, Clamor A, Lincoln TM. Emotion regulation as a predictor of the endocrine, autonomic, affective, and symptomatic stress response and recovery. *Psychoneuroendocrinology.* 2018;94:112-120. doi:10.1016/j.psyneuen.2018.04.028
56. Clamor A, Sundag J, Lincoln TM. Specificity of resting-state heart rate variability in psychosis: A comparison with clinical high risk, anxiety, and healthy controls. *Schizophr Res.* 2019;206:89-95. doi:10.1016/j.schres.2018.12.009
57. Sarlon J, Habich O, Schneider B. Elevated Rest Heart Rate in Psychiatric Patients and Different Effects of Psychotropic Medication. *Pharmacopsychiatry.* 2015;49(1):18-22. doi:10.1055/s-0035-1565204
58. Faries DE, Ascher-Svanum H, Zhu B, Correll CU, Kane J. Antipsychotic monotherapy and polypharmacy in the naturalistic treatment of schizophrenia with atypical antipsychotics. *BMC Psychiatry.* 2005;5(26). doi:10.1186/1471-244X-5-26

**Figure 1**

*Design of the study*



*Note.* HRV = heart rate variability, HR = heart rate.

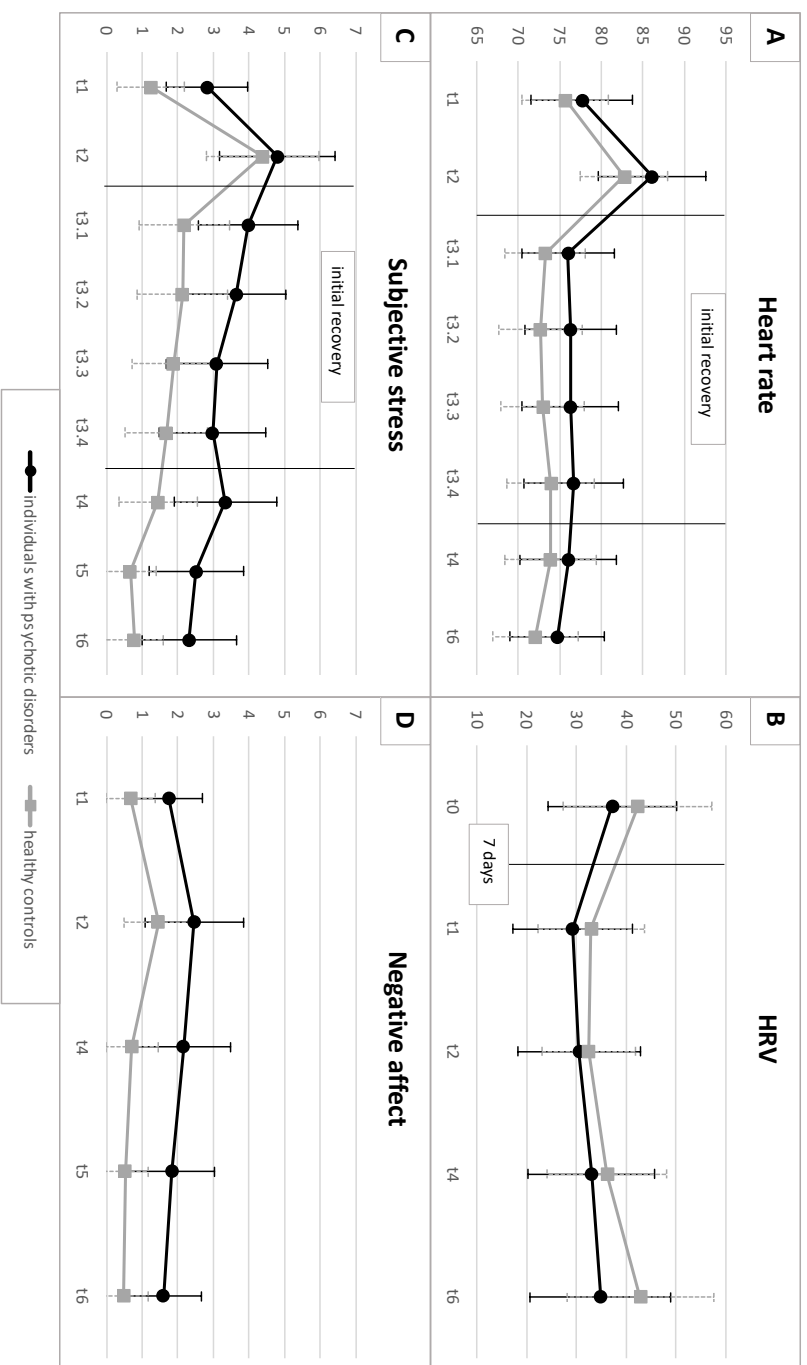
**Table 1**  
*Sociodemographic and clinical data for individuals with psychosis (PSY) and healthy controls (HC)*

	PSY (n = 50)			HC (n = 50)			group comparison
	M (SD)	n	Range	M (SD)	n	Range	
Age	37.88 (10.53)		18-65	38.38 (12.80)		18-65	$t(98) = -0.21, p = .832$
Gender (female)		22			27		$\chi^2(2) = 1.83, p = .400$
Education (years)	16.04 (4.91)		10-41	16.76 (4.54)		9-28	$t(98) = -0.76, p = .448$
Education (level) – high/medium/low		27/ 16/ 0			33/ 16/ 0		$U = 1005.50, Z = -0.46, p = .649$
History of a mental health disorder		50			15		
Diagnosis of psychotic disorder		50			0		
- Schizophrenia		30					
- Schizoaffective disorder		16					
- Delusional disorder		2					
- Schizophreniform disorder		1					
- Brief psychotic disorder		1					
Current acute paranoid delusion		24					
PSYRATS (sum score delusion)	8.52 (6.92)		0-21				
Psychopharmacological medication		40					
- Antipsychotic medication		37					
- Chlorpromazine equivalent	305.0 (200.8)		20-774				
Emotion regulation skills	3.36 (0.66)		1.48-4.89	3.95 (0.45)		2.63-5.00	$t(86.44) = -5.17, p < .001$
Resting-state lnHRV(t0)	3.39 (0.69)		2.07-4.85	3.49 (0.76)		1.69-5.10	$t(91) = -0.68, p = .500$
Nicotine consumption (cigarettes/day)	6.80 (9.30)		0-30	2.28 (6.17)		0-35	$t(85.12) = 2.86, p = .005$
Physical activity (hrs per week)	2.20 (3.18)		0-16	5.04 (4.76)		0-25	$t(98) = -3.51, p = .001$

*Note.* PSYRATS = The Psychotic Symptom Rating Scales, subscale delusion. Emotion regulation skills are indicated by the sum score of the emotion regulation skills questionnaire. lnHRV = heart rate variability measured by the root mean square of successive differences (RMSSD, logarithm transformed). For additional sample characteristics, see Appendix.

**Figure 2**

*Autonomic and subjective arousal in individuals with psychotic disorders (PSY) and healthy controls (HC)*



*Note.* Error bars depict standard deviation. HRV= heart rate variability measured by the root mean square of successive differences (RMSSD), depicted without logarithm transformation. Subjective parameters can range between 0–10. Heart rate is measured in beats per minute.

**Table 2***Results of ANOVAs for total and initial recovery*

(Ia) Total recovery		F (df, error df)	<i>p</i>	comparison	<i>M</i>	<i>p</i>
HR	- time	104.67 (1.28, 125.10)	<.001	t2-t4	-9.49	<.001
				t4-t6	-1.57	.001
	- group	1.72 (1, 98)	.192			
	- time × group	0.27 (1.28, 125.10)	.662			
lnHRV	- time	4.90 (1.78, 174.66)	.011	t2-t4	0.05	>.99
				t4-t6	0.13	.032
	- group	2.05 (1, 98)	.156			
	- time × group	0.61 (1.78, 174.66)	.526			
	- smoking	8.54 (1,96)	.004			
	- exercise	2.78 (1,96)	.099			
	- time × smoking	0.37(1.77, 170.13)	.667			
	- time × exercise	1.21 (1.77, 170.13)	.299			
Subjective stress	- time	61.94 (1.97, 193.08)	<.001	t2-t4	-2.20	<.001
				t4-t5	-0.80	<.001
				t5-t6	-0.04	>.99
	- group	12.31 (1, 98)	.001	PSY-HC	1.43	.001
	- time × group	3.65 (1.97, 193.08)	.029	t6-t4 (PSY)	-1.02	.026
				t6-t4 (HC)	-0.66	.371
Negative affect	- time	19.08 (2.13, 209.15)	<.001	t2-t4	-0.53	<.001
				t4-t5	-0.25	.004
				t5-t6	-0.14	>.99
	- group	10.41 (1, 98)	.002	PSY-HC	1.23	.002
	- time × group	1.15 (2.13, 209.15)	.320			
(Ib) Initial recovery		F (df, error df)	<i>p</i>	comparison	<i>M</i>	<i>p</i>
Initial HR	- time	86.21 (1.90, 184.36)	<.001	t2-t3.1	-9.70	<.001
				t3.1-t3.2	-0.14	>.99
				t3.2-t3.3	0.14	>.99
				t3.3-t3.4	0.49	>.99
	- group	2.56 (1, 97)	.113			
	- time × group	0.17 (1.90, 184.36)	.830			
Initial subjective stress	- time	39.05 (2.55, 250.28)	<.001	t2-t3.1	-1.51	<.001
				t3.1-t3.2	-0.19	>.99
				t3.2-t3.3	-0.40	.022
				t3.3-t3.4	-0.16	>.99
	- group	6.45 (1,98)	.013	PSY-HC	1.25	.013
	- time × group	3.20 (2.55, 250.28)	.031	t2-t3.1 (PSY)	-0.82	.171
			t2-t3.1 (HC)	-2.20	<.001	

*Note.* lnHRV = heart rate variability measured by the root mean square of successive differences (RMSSD, logarithm transformed). Tests for pairwise comparisons with Bonferroni correction. *M* = mean differences. All effects including the covariates of smoking and exercising (centered) were tested by an ANCOVA, main effects of group and time and their interaction on lnHRV were tested by an ANOVA.



Stress recovery in psychosis

**Table 3**

*Return to baseline of autonomic and subjective arousal in individuals with psychosis (PSY) and healthy controls (HC)*

	t3.1	t3.2	t3.3	t3.4	t4	t5	t6	no return	group comparison
HR									
PSY (n)	40	1	1	1	2		2	3	$U=1179.00, Z=-0.48, p=.632$
KG (n)	41	0	0	1	4		2	1	
Subjective stress									$U=1091.00, Z=-1.20, p=.232$
PSY (n)	26	1	2	1	3	4	5	8	
HC (n)	28	4	3	1	7	2	2	3	$U=1080.00, Z=-1.68, p=.093$
Negative affect									
PSY (n)					37	1	4	8	
HC (n)					43	3	2	2	

Note. HR = heart rate. Return to baseline  $\hat{=}$  value  $\leq t1 + \frac{1}{2}SDt1_{\text{total sample}}$ .