

Netzwerkmodelle der Psychopathologie: Exogene und endogene Vulnerabilität und Integration individueller Symptomprofile (NetPsy)

Zuwendungsempfänger: PD Dr. Markus Moessner, Universitätsklinikum Heidelberg,
Forschungsstelle für Psychotherapie

Fördermaßnahme: Digitaler Wandel in Bildung, Wissenschaft und Forschung

Förderbereich: Stärkung der Datenkompetenzen des wissenschaftlichen Nachwuchses

Förderkennzeichen: 16DKWN108

Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2022 – 31.12.2024

Teil I: Kurzbericht

1. Wissenschaftlichen und technischen Stand, an den angeknüpft wurde

In Netzwerkmodellen der Psychopathologie wird psychische Gesundheit als komplexes System von Symptomen und Funktionsbereichen beschrieben. Deren Muster wechselseitiger Abhängigkeiten beeinflusst entscheidend die Vulnerabilität für psychische Störungen. Diese Modelle stellen eine Alternative zum dominierenden medizinischen (auch latent variable model) dar. Letzteres postuliert eine latente Ursache, die für das Auftreten der Symptome sowie ihr gemeinsames Auftreten bzw. ihre Kovarianz verantwortlich ist. Dieses Modell hat seinen Nutzen insbesondere bei somatischen Erkrankungen nachgewiesen, im Bereich psychischer Störungen erscheint es jedoch aus einer Reihe von Gründen weniger passend und nicht sehr nützlich. Insbesondere ist eine Ableitung von Behandlungsmaßnahmen auf Grundlage des medizinischen Pathologiemodells nicht möglich.

Momentane Anwendungen netzwerkanalytischer Methoden in der Psychopathologie-Forschung leiden unter einer Reihe grundlegender Schwächen:

- Die Formulierung eines expliziten Pathologiemodells steht noch aus: Eine Definition der im Rahmen der zugrundeliegenden Prozesse und Strukturen, die als pathologisch angenommen werden, steht noch aus. Bei den Zentralitätsmaßen, die häufig zur Identifikation von Behandlungszielen herangezogen werden, fehlt eine explizite Definition der Prozesse oder Strukturen, die durch die jeweiligen Indizes beschrieben werden sollen.
- Individuelle Symptomprofile finden in aktuellen Anwendungen keine Berücksichtigung. Netzwerkparameter können bei querschnittlichen Daten lediglich für Gruppen von Personen geschätzt werden. Dabei bleiben die interindividuellen Unterschiede in den Netzwerkstrukturen und den individuellen Ausprägungen der Netzwerkknoten unberücksichtigt. Dadurch sind Aussagen zu einzelnen Patienten erschwert.
- Die Modellierung psychischer Gesundheit als komplexes System erfordert die Integration vielfältiger Datenebenen, hierfür erforderliche Methoden sind nicht verfügbar.

Das Projekt adressierte die oben genannten Probleme. Dazu wurden netzwerkanalytische Methoden den Erfordernissen von Psychopathologie-Netzwerken angepasst und in das Fach eingeführt.

2. Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben war in sechs Arbeitspakete unterteilt, welche aufeinander aufbauten. In jedem Arbeitspaket wurden spezifische Aufgaben für datenbezogenen und fachbezogenen Partner definiert, die in enger Absprache abgearbeitet wurden. Die Durchführung des Projekts folgte im engen Austausch der datenbezogenen und fachbezogenen Partner statt. In regelmäßigen Treffen wurden erzielte Ergebnisse kritisch besprochen und weiterführende Analysen geplant.

Zusätzlich zu regelmäßigen, monatlichen, persönlichen Arbeitstreffen wurde eine technische Infrastruktur zum Austausch von Daten, Skripten und Ergebnissen erstellt.

3. Wesentliche Ergebnisse

Der Schwerpunkt des Projekts lag auf der Entwicklung und Validierung eines robustheitsbasierten Pathologiemasses für psychologische Netzwerke. Hierzu wurden eine Reihe unterschiedlicher Ansätze und Herangehensweisen für psychologische Netzwerke untersucht. Am erfolgversprechendsten erwies sich dabei der Ansatz, der die Ausbreitung externer Schocks über das System bzw. das Netzwerk sowie das Ausmaß von Feedbackschleifen quantifiziert. Auf der Grundlage der indirekten Effekte (Flows) innerhalb von Symptomnetzwerken wurde ein formales Modell der Pathologie entwickelt. Hierzu wurden auf Basis der Nachbarschaftsmatrix indirekte Effekte über alle möglichen Ordnungen hinweg berechnet. Der Flow wurde über die Ordnungen hinweg geplottet und die normalisierte Fläche unter der Kurve (Area Under the Curve [AUC]) als Maß des Netzwerk-Flows berechnet, wobei die Dichte des Netzwerks als Normierungsfaktor diente.

$$F = \sum_{i=1}^k \frac{\sum M^i}{\sum M}$$

, wobei M = Nachbarschaftsmatrix; k= Anzahl der Netzwerkkanten

Zur Quantifizierung aufrechterhaltender Feedbackschleifen in den Psychopathologienetzwerken wurde die AUC der Diagonalen der Nachbarschaftsmatrizen über alle Ordnungen hinweg summiert.

$$Fb = \sum_{i=2}^k \text{diag}(M^i)$$

, wobei M = Nachbarschaftsmatrix; k= Anzahl der Netzwerkkanten

Die psychometrischen Charakteristika der Netzwerkparameter wurden untersucht. Die Validität und Stabilität der entwickelten Maße wurde mittels Bootstrapping-Verfahren, Sensitivitäts- und Spezifitätsanalysen sowie Permutationstests untersucht. Die Ergebnisse belegen eine insgesamt gute Stabilität der Indizes. Die stark variierenden Zusammenhänge mit der Netzwerkdichte (positive und negative Korrelationen unterschiedlicher Stärke) belegen die Eigenständigkeit der entwickelten Maße. Ad-hoc-Validitätsanalysen unter Nutzung der Projektdatensätze sprechen für den inkrementellen Nutzen der Maße, die im Rahmen von Sensitivitäts- und Spezifitätsanalysen besser abschnitten als die bei Projektbeginn gebräuchlichen Maße (v.a. Netzwerk-Dichte, Netzwerk-Konnektivität).

Auf der Grundlage dieses formalen Modells wurden Maße der Kanten- und Knotenzentralität entwickelt, die die relative Bedeutung der Knoten bzw. Kanten für das Ausmaß des Flows und des Feedbacks innerhalb des Netzwerks erfassen. Hierzu wurden Stresstests durchgeführt, bei denen einzelne Elemente des Netzwerks modifiziert oder entfernt wurden. Die resultierenden Änderungen im Flow und Feedback des Gesamtnetzwerks beschreibt die Flow- und Feedback- Zentralität der Netzwerkknoten und Netzwerkkanten.

Die erarbeiteten Netzwerkparameter zeichnen sich durch eine hohe Stabilität aus. Zudem korrelieren sie nur niedrig und unsystematisch mit bereits etablierten Maßen. Sie beschreiben damit qualitativ

unterschiedliche Charakteristika der Psychopathologienetzwerke. Die Integration der Symptomprofile in die psychologischen Netzwerke erfolgte grafisch. Methoden zur Identifikation individueller Interventionsziele bei depressiver Symptomatik konnten direkt aus der Identifikation zentraler Kanten und Knoten in Symptomnetzwerken abgeleitet werden. Momentan ist eine Folgestudie beantragt, um diese empirisch zu überprüfen.

Parallel zur Entwicklung der Indizes wurden R-Skripte mit Funktionen zur Berechnung der Indizes sowie zur Schätzung ihrer Stabilität erstellt. Zudem wurde eine Funktion entwickelt, die die Nutzung des in psychologischen Netzwerkanalysen gängigen Permutationstests (NCT) zum Gruppenvergleich ermöglicht. Diese Funktionen wurden der wissenschaftlichen Community online bereitgestellt (momentan in Begutachtung).

Netzwerkmodelle der Psychopathologie: Exogene und endogene Vulnerabilität und Integration individueller Symptomprofile (NetPsy)

Zuwendungsempfänger: PD Dr. Markus Moessner, Universitätsklinikum Heidelberg,
Forschungsstelle für Psychotherapie

Fördermaßnahme: Digitaler Wandel in Bildung, Wissenschaft und Forschung

Förderbereich: Stärkung der Datenkompetenzen des wissenschaftlichen Nachwuchses

Förderkennzeichen: 16DKWN108

Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2022 – 31.12.2024

Teil II

1 Aufgabenstellung

In Netzwerkmodellen der Psychopathologie wird psychische Gesundheit als komplexes System von Symptomen und Funktionsbereichen beschrieben. Deren Muster wechselseitiger Abhängigkeiten beeinflusst entscheidend die Vulnerabilität für psychische Störungen. Diese Modelle stellen eine Alternative zum dominierenden medizinischen (auch latent variable model) dar. Letzteres postuliert eine latente Ursache, die für das Auftreten der Symptome sowie ihr gemeinsames Auftreten bzw. ihre Kovarianz verantwortlich ist. Dieses Modell hat seinen Nutzen insbesondere bei somatischen Erkrankungen nachgewiesen, im Bereich psychischer Störungen erscheint es jedoch aus einer Reihe von Gründen weniger passend und nicht sehr nützlich. Insbesondere ist eine Ableitung von Behandlungsmaßnahmen auf Grundlage des medizinischen Pathologiemodells nicht möglich.

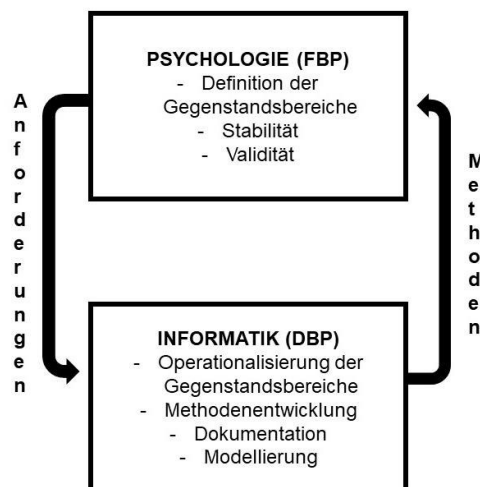
Momentane Anwendungen netzwerkanalytischer Methoden in der Psychopathologie-Forschung leiden unter einer Reihe grundlegender Schwächen:

- Die Formulierung eines expliziten Pathologiemodells steht noch aus: Eine Definition der im Rahmen der zugrundeliegenden Prozesse und Strukturen, die als pathologisch angenommen werden, steht noch aus. Bei den Zentralitätsmaßen, die häufig zur Identifikation von Behandlungszielen herangezogen werden, fehlt eine explizite Definition der Prozesse oder Strukturen, die durch die jeweiligen Indizes beschrieben werden sollen.
- Individuelle Symptomprofile finden in aktuellen Anwendungen keine Berücksichtigung. Netzwerkparameter können bei querschnittlichen Daten lediglich für Gruppen von Personen geschätzt werden. Dabei bleiben die interindividuellen Unterschiede in den Netzwerkstrukturen und den individuellen Ausprägungen der Netzwerkknoten unberücksichtigt. Dadurch sind Aussagen zu einzelnen Patienten erschwert.
- Die Modellierung psychischer Gesundheit als komplexes System erfordert die Integration vielfältiger Datenebenen, hierfür erforderliche Methoden sind nicht verfügbar.

Das Projekt adressierte die oben genannten Probleme. Dazu wurden netzwerkanalytische Methoden den Erfordernissen von Psychopathologie-Netzwerken angepasst und in das Fach eingeführt.

2 Durchgeführte Arbeiten im Vergleich zur Vorhabensbeschreibung: Zielerreichung

2.1 Infrastruktur und Kooperation (WP1): Zusätzlich zu regelmäßigen, monatlichen, persönlichen Arbeitstreffen wurde eine technische Infrastruktur zum Austausch von Daten, Skripten und Ergebnissen erstellt. Die gemeinsame online Arbeitsumgebung wurde in Monat 2 fertiggestellt. Die regelmäßigen persönlichen Treffen waren nötig, um die inhaltliche Passung zwischen psychologischen bzw. psychopathologischen Fragestellungen und Methoden zu diskutieren und – sofern erforderlich – anzupassen.



Die regelmäßigen persönlichen Treffen erwiesen sich als notwendig und äußerst produktiv. Die interdisziplinäre Ausrichtung des Projekts war für alle Beteiligten bereichernd und förderte den Austausch sowie das Verständnis zwischen den Disziplinen.

Im Verlauf des Projekts erwies sich die benötigte Rechenleistung als problematisch. Insbesondere die Anwendung der entwickelten Algorithmen auf längsschnittliche Datensätze, die nicht Teil der ursprünglichen Projektdatensätze waren, erwies sich als schwierig. Ein Großteil der im Rahmen des Projekts durchgeführten Analysen wurde erst durch die Nutzung des high performance bwUniCluster 2.0 (<https://wiki.bwhpc.de/e/BwUniCluster2.0>) möglich.

2.2 Entwicklung eines formalen Pathologie-Modells (WP2 & WP3): Der Hauptteil des Projekts zielt auf die Entwicklung und Validierung eines auf Robustheit basierenden Pathologiemasses für psychologische Netzwerke ab. Eine Reihe unterschiedlicher Ansätze und Herangehensweisen wurden für psychologische Netzwerke exploriert. Hierbei wurden insbesondere die Reliabilität der entwickelten Maße, die Stabilität der Maße in Abhängigkeit der Stichprobengrößen sowie die Korrelationen mit bereits etablierten Maßen als technische Kriterien bei der Entwicklung berücksichtigt. Basierend auf den Studiendaten wurden in einem ersten Schritt querschnittliche Netzwerke für verschiedene Subgruppen modelliert als Grundlage für die weiteren Entwicklungen:

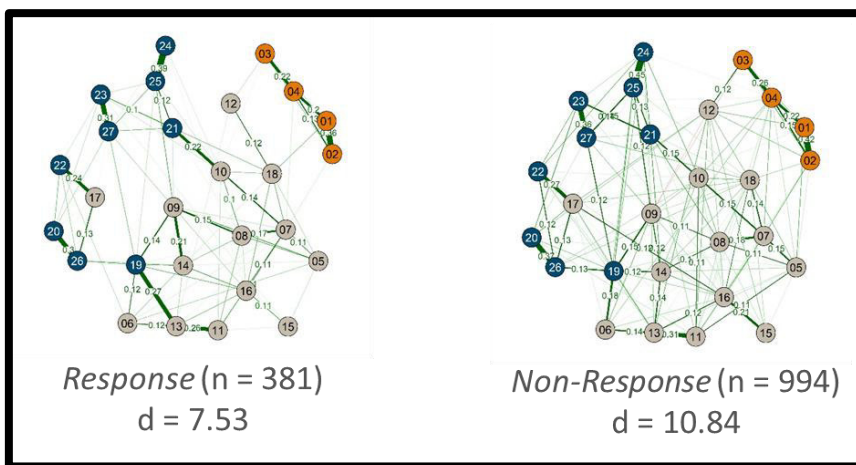


Abb.1: Ausgangslage: Ungerichtete Netzwerke basierend auf Querschnittsdaten

Auf dieser Grundlage wurden verschiedene Szenarien getestet, um zu ermitteln, wie sich die Ausbreitung externer Schocks im System beschreiben lässt. Dieser Prozess wurde als „Flow“ bezeichnet. Hierzu wurden Nachbarschaftsmatrizen höherer Ordnung berechnet, die die Ausbreitung dieser von außen zugeführten Energie im System beschreiben:

1. Ordnung				3. Ordnung				14. Ordnung			
KPD08_10	KPD10_10	KPD12_10	K	KPD08_10	KPD10_10	KPD12_10	K	KPD08_10	KPD10_10	KPD12_10	K
0.00000000	0.07101811	0.12807597	0	0.01629005	0.01629201	0.03466962	0	2.424852e-04	2.095839e-04	3.586309e-04	0
0.07210813	0.00000000	0.03157363	0	0.01629201	0.01438964	0.02469232	0	2.095839e-04	1.804679e-04	3.086679e-04	0
0.12807597	0.03157363	0.00000000	0	0.03466962	0.02469232	0.03644061	0	3.586309e-04	3.086679e-04	5.288529e-04	0
0.10839066	0.00000000	0.17908849	0	0.02091018	0.02091018	0.04670089	0	3.141676e-04	2.939825e-04	5.033136e-04	0
0.12896617	0.00694405	0.04060878	0	0.03265408	0.01609249	0.03520928	0	3.162057e-04	2.721897e-04	4.658039e-04	0
0.00000000	0.00000000	0.16108695	0	0.01930123	0.01262329	0.03181210	0	2.125513e-04	1.829674e-04	3.130912e-04	0
0.00107601	0.07518946	0.11579972	0	0.01748757	0.02023855	0.04044822	0	2.937161e-04	2.929654e-04	4.323388e-04	0
0.00000000	0.02542718	0.00000000	0	0.00984593	0.00541199	0.00926222	0	7.783747e-05	6.702296e-05	1.148085e-04	0
0.00000000	0.18183713	0.02181778	0	0.02212741	0.03542250	0.02623905	0	3.003818e-04	2.585277e-04	4.430489e-04	0
0.02544492	0.08685532	0.00000000	0	0.02169751	0.02371700	0.03070432	0	2.918434e-04	2.511924e-04	4.299610e-04	0
0.06223791	0.00000000	0.00000000	0	0.01278811	0.01000069	0.00921379	0	1.203900e-04	1.036000e-04	1.775471e-04	0
0.00000000	0.00000000	0.12467151	0	0.01928548	0.01608375	0.04183529	0	2.865967e-04	2.467531e-04	4.219685e-04	0
0.00000000	0.03108298	0.00000000	0	0.00531270	0.00438103	0.00512484	0	5.434799e-05	4.677657e-05	8.011819e-05	0
0.04096383	0.02009332	0.09716928	0	0.01906778	0.01228162	0.02502713	0	1.936160e-04	1.665504e-04	2.852173e-04	0

Abb.2: Nachbarschaftsmatrizen höherer Ordnung

Im zweiten Schritt wurde das Feedback in psychopathologischen Netzwerken quantifiziert. Als Feedback werden sich selbst erhaltende Schleifen bzw. Substrukturen definiert, die sich nach ihrer Aktivierung selbst aufrechterhalten.

Eine Reihe verschiedener Ansätze wurde untersucht, beispielsweise das Verhältnis von der Anzahl der Feedbackschleifen zu der maximal möglichen Anzahl an Feedbackschleifen:

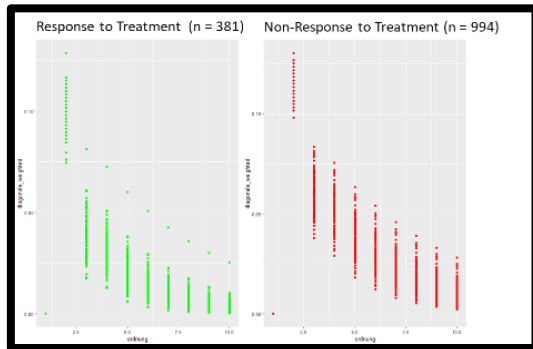


Abb.3: Verhältnis der Feedbackschleifen zu maximal möglicher Feedbackschleifen

Zusätzlich wurden andere Operationalisierungen von Robustheit exploriert. Beispielsweise die Anzahl möglicher „paths“ zwischen Knoten, die Anzahl triangulärer Muster in Netzwerken, und andere. Alle entwickelten Indizes wurden einer ausführlichen Diagnostik unterzogen. Dabei standen v.a. die Stabilität der Maße (ermittelt über Bootstrapping) und die diskriminative Validität (Sensitivitätsanalysen und Receiver-Operating Curves (ROC) auf Grundlage der Projektdatensätze) im Mittelpunkt der Betrachtungen.

Am Erfolg versprechendsten erwies sich letztendlich der Ansatz, der die Ausbreitung externer Schocks über das System/ Netzwerk sowie das Ausmaß von Feedbackschleifen quantifiziert. Es wurde auf der Grundlage des Flows (indirekter Effekte) innerhalb von Symptomnetzwerken ein formales Modell der Pathologie entwickelt. Hierzu wurden auf der Grundlage der Nachbarschaftsmatrize indirekte Effekte über alle möglichen Ordnungen hinweg berechnet.

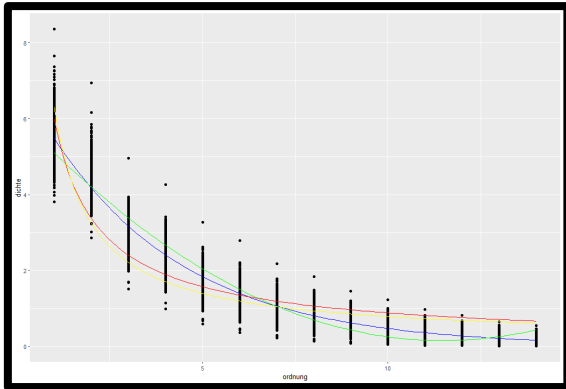


Abb.4: Dichteverläufe über die Ordnungen der Nachbarschaftsmatrizen

Letztendlich wurde Flow über die Ordnungen hinweg geplottet und die normalisierte Fläche unter der Kurve (Area Under the Curve [AUC], mit linearer Interpolierung und normalisierte an der Dichte des Netzwerks) als Maß des Netzwerk-Flows definiert. Zur Quantifizierung des Einflusses aufrechterhaltender Feedbackschleifen wurde die AUC der Diagonalen der Nachbarschaftsmatrizen über alle Ordnungen hinweg summiert (*MS2.1, Monat 8*).

Psychometrische Charakteristika der Netzwerkparameter wurden exploriert. Validität sowie Stabilität der entwickelten Maße wurden mittels Bootstrapping Verfahren sowie mittels Sensitivitäts- und Spezifitätsanalysen und Permutationstests untersucht (*MS2.2, Monat 10*). Die Ergebnisse belegen insgesamt eine sehr gute Stabilität der Indizes. Variable, unsystematische Zusammenhänge mit der Netzwerkdichte (positive und negative Korrelationen unterschiedlicher Stärke) belegen die Eigenständigkeit der entwickelten Maße. Ad-hoc Validitätsanalysen unter Nutzung der Projektdatensätze sprechen für den inkrementellen Nutzen der Maße, die besser als die bisherigen Maße zwischen klinischen und gesunden Populationen differenzieren. Auf der Grundlage dieses formalen Modells wurden Maße der Kanten- und Knotenzentralität entwickelt, welche die relative Bedeutung der Knoten bzw. Kanten für das Ausmaß des Flows sowie des Feedbacks innerhalb des Netzwerks haben (*MS 2.3, Monat 11*). Hierzu wurden Stresstests durchgeführt, bei denen verschiedene Netzwerkkomponenten modifiziert oder entfernt wurden und die Auswirkungen auf die globale Struktur quantifiziert wurden.

Die Integration von Symptomprofilen in psychologische Netzwerke wurde grafisch durchgeführt (*MS 3.1, Monat 13*). Methoden zur Identifikation von individuellen Interventions-Targets bei depressiver Symptomatik (*MS3.2, Monat 15*) konnten direkt aus der Identifikation von zentralen Kanten und Knoten in Symptomnetzwerken abgeleitet werden. Eine empirische Überprüfung dieser Strategie zur Bestimmung von Interventions-Targets ist momentan in Planung (siehe Abschnitt 7).

2.3 Methoden zur Integration zusätzlicher Netzwerkebenen mittels Bipartiter Graphen (WP4): Im Rahmen von WP4 wurden Möglichkeiten der Integration zusätzlicher Datenebenen im Rahmen von Bipartiten Graphen exploriert. Hierzu wurden vorhandene Methoden an die Erfordernisse von Psychopathologie-Netzwerken angepasst und ihr Nutzen im Kontext dieser Netzwerke untersucht mit dem Schwerpunkt auf Resilienz und Coping sowie der Möglichkeiten deren Rolle in Psychopathologie-Netzwerken zu differenzieren. Dabei haben sich weder Resilienz noch Coping bewährt, da sich beide Bereiche qualitativ nicht eindeutig von den Symptommaßen trennen ließen.

2.4 Bereitstellung der entwickelten Methoden und Indizes (WP5): Parallel zur Entwicklung der Indizes in WP2 & 3 wurden R Skripte mit Funktionen zur Berechnung der Indizes sowie zur Schätzung ihrer Stabilität erstellt. Zudem wurde eine Funktion erstellt, die die Nutzung des im Rahmen von psychologischen Netzwerkanalysen gängigen Permutationstests (NCT) zum Gruppenvergleich ermöglicht. Im weiteren Projektverlauf werden alle entwickelten Methoden und erstellten Skripte und Funktionen weiter gesammelt und der wissenschaftlichen Community gesammelt bereitgestellt [WP5].

2.5 Dissemination und Planung von Folgeprojekten (WP6): siehe Abschnitte „Verbreitung und Verankerung der Ergebnisse in den Fachcommunities“ und „Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans“.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass alle im Arbeitsprogramm geplanten Aufgaben vollumfänglich abgearbeitet wurden.

3 Beiträge zum Kompetenzaufbau des wissenschaftlichen Nachwuchses:

A) Der fachbezogene Partner (Forschungsstelle für Psychotherapie) hatte zwei Doktorandinnen angestellt, die im Rahmen des Projekts an ihren Dissertationen arbeiteten.

B) Im Rahmen eines Seminars (forschungsorientierte Vertiefung; 2 SWS) im Masterstudiengang am Psychologischen Institut der Universität Heidelberg werden seit dem Sommersemester 2023 Psychologiestudierende in das Thema eingeführt. Das Seminar findet regelmäßig im jährlichen Turnus statt und zielt neben der Vermittlung inhaltlich-konzeptueller Grundlagen und empirischer Ergebnisse auch auf die Vermittlung der zur eigenständigen Durchführung von Datenanalysen notwendigen Fertigkeiten ab. Hierzu wird ein Workshop durchgeführt.

C) Die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Methoden wurden in einer Reihe von Vorträgen bzw. Postern auf nationalen und internationalen wissenschaftlichen Veranstaltungen vorgestellt (s.u., Abschnitt 4).

4 Verbreitung und Verankerung der Ergebnisse in den Fachcommunities

Die Projektinhalte wurden auf verschiedene Arten in Fachcommunities des fachbezogenen Partners verbreitet:

Projektergebnisse wurden im Rahmen der internationalen Konferenz der Society for Psychotherapy Research (SPR) als Teil des Panels „New perspectives on improving long-term mental care for people with depression“ vorgestellt:

Söker, M. S., Moessner, M., Wolf, M., & Bauer, S. (2023, June 21-24). Expanding our psychopathological knowledge of recurrent depression: An analysis of associated network properties. SPR 54th International Annual Meeting, Dublin, Ireland.

Projektergebnisse wurden im Rahmen der internationalen Konferenz der Society for Psychotherapy Research (SPR) als Teil des Panels “Network Dynamics in Psychopathology: Symptom Analysis, Treatment Effects, and Novel Centrality Measures” vorgestellt:

Moessner, M., Bauer, S., & Deflorin, H.M. (2025, June 25-28). Quantifying Flow and Feedback in Network Models of Psychopathology: Development of Edge and Node Centrality Measures for Psychopathology Networks. SPR 56th International Annual Meeting, Krakow, Poland.

Deflorin, H.M., Gallinat, C., Bauer, S., & Moessner, M. (2025, June 25-28). Application of Flow and Feedback Centrality to Temporal Symptom Networks in Body-Focused Repetitive Behavior Disorders. SPR 56th International Annual Meeting, Krakow, Poland.

Im Rahmen des Retreats des momentan im Aufbau befindlichen Deutschen Zentrums für Psychische Gesundheit (DZPG) wurde ein Poster präsentiert:

Deflorin, H. M., Söker, M. S., Bauer, S., & Moessner, M. (2023, September 12-15). Symptom Network Density as a Predictor of Non-Response to Treatment and Relapse [Poster]. Retreat des Deutschen Zentrums für Psychische Gesundheit (DZPG), Ulm, Germany.

Präsentationen mit Preisen/ Auszeichnungen:

Ersten Preis des Posterwettbewerbs im Rahmen der Abschlussveranstaltung der Methoden-Peergroup 2022/23 des ZPM des Universitätsklinikums Heidelberg gewann das im Rahmen des Projekts erstellte Poster:

Deflorin, H. M., Söker, M. S., Bauer, S., & Moessner, M. (2023, October 24). Symptom Network Density as a Predictor of Non-Response to Treatment and Relapse [Poster]. Methods Peer Group of the Center for Psychosocial Medicine (ZPM), University Hospital Heidelberg, Germany.

Student Travel Award der Society for Psychotherapy Research (SPR):

Deflorin, H.M., Bauer, S., & Moessner, M. (2024, September 12-14). Network flow and network feedback – a new approach to measure psychopathology in symptom networks and predict therapy outcome. Society for Psychotherapy Research (SPR), the 6th joint EU-UK conference, Brno, Tschechien.

5 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Im Projekt NetPsy ist der wesentliche Teil der Kosten durch Personalausgaben entstanden. Diese beliefen sich für den Projektzeitraum auf ~153.000€. Dabei wurden alle Personalmittel für Mitarbeitende, die dem wissenschaftlichen Nachwuchs angehören, verausgabt. Neben den erlangten Fertigkeiten und der verbesserten Datenkompetenz konnten alle Studien-MA, die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Ergebnisse für ihre jeweiligen Dissertationsvorhaben nutzen.

6 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleistete Arbeit entspricht den im Projektantrag dargestellten und mit dem Förderbescheid bewilligten Aufgaben. Die geplanten Ziele wurden vollumfänglich erreicht. Für die Erfüllung der angesetzten Vorhaben war die geleistete Arbeit notwendig und angemessen. Die beantragten Reisekosten wurden auch aufgrund des Travel Awards nicht vollumfänglich in Anspruch genommen.

Aufgrund des verspäteten Projektstarts wurde eine kostenneutrale Verlängerung von drei Monaten beantragt und genehmigt, die zur Erreichung der Projektziele erforderlich war. Zusätzliche Mittel waren nicht erforderlich.

7 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Als gemeinnützige universitäre Einrichtung beabsichtigt die Forschungsstelle für Psychotherapie, bzw. das Universitätsklinikum Heidelberg keine wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse. Die wissenschaftliche Verwertung wird in Abschnitten 4 und 9 ausführlich dargestellt.

Im Rahmen des Projekts wurden zahlreiche Kollaborationen initiiert, die sich mit netzwerkanalytischen Fragestellungen in den Bereichen Emotionsregulation bei Depressionen, Regulationsstörungen im Kindesalter sowie emotionaler Reaktivität bei Borderline-Persönlichkeitsstörungen befassen.

Die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Methoden wurden darüber hinaus in einer Reihe von Längsschnittdatensätzen erfolgreich angewandt und auf Konferenzen vorgestellt. Dabei wurden inhaltlich verschiedene Bereiche abgedeckt, jedoch bezog sich ein Großteil der Analysen auf Body Focused Repetitive Behaviors (BFRBs). Die entwickelten Methoden konnten problemlos auf die Datensätze angewendet werden. Die Ergebnisse erscheinen deutlich angemessener und interessanter als die üblicherweise in Querschnittsdaten gefundenen. Die zugehörigen Publikationen stehen kurz vor der Einreichung.

Auf der Grundlage der im Rahmen des Projekts erarbeiteten Operationalisierung von Robustheit wurde ein Folgeprojekt mit einer Laufzeit von 24 Monaten beantragt, um die Auswahl von Interventionszielen, die auf dieser Operationalisierung basieren, empirisch zu überprüfen. Hierzu wurde zunächst eine Vorstudie bei Studierenden im Rahmen einer Abschlussarbeit durchgeführt. 102 Studierende wurden über einen Zeitraum von zehn Tagen sieben Mal täglich befragt, um ein individualisiertes Netzwerkmodell des Prokrastinationsverhaltens zu erstellen. Die im Rahmen dieses Projekts entwickelten Algorithmen wurden genutzt, um darauf aufbauend Interventionsziele zu identifizieren. Der Projektantrag befindet sich momentan in der Begutachtungsphase.

Darüber hinaus befinden wir uns gerade in der Antragsphase einer größeren multizentrischen Studie, in der neben psychologischen und psychopathologischen Fragebogenerhebungen auch eine Reihe biologischer Marker erfasst wird. Neben eigenständigen Netzwerkmodellen auf der Basis der im Rahmen des Projekts entwickelten Methoden ist die Anwendung Bipartiter Graphen geplant.

Zusammenfassend hat das Projekt eine Reihe von Folgeprojekten und Kollaborationen initiiert, die in den nächsten Jahren die im Rahmen des Projekts entwickelten Methoden anwenden und zu deren Weiterentwicklung und Verbreitung beitragen werden.

8 Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der Durchführung des Projekts wurden zahlreiche Fortschritte auf dem Gebiet der Netzwerkmodelle der Psychopathologie erzielt. Insgesamt handelt es sich um ein vergleichsweise neues Forschungsgebiet, das sich derzeit sehr dynamisch entwickelt. Die folgende Darstellung beschränkt sich auf zwei besonders relevante neuere Entwicklungen, die inhaltliche Verbindungen bzw. Ansatzpunkte für die im Rahmen des Projekts entwickelten Methoden aufweisen.

Hervorzuheben ist hierbei insbesondere ein Ansatz zur Nutzung Personen-spezifischer Symptomnetzwerke zur Vorhersage des Behandlungsergebnisses bei Depression (Schumacher L, Klein JP, Hautzinger M, Härter M, Schramm E, Kriston L. Predicting the outcome of psychotherapy for chronic depression by person-specific symptom networks. *World Psychiatry*. 2024 Oct;23(3):411-420. doi: 10.1002/wps.21241). Die Autoren konnten zeigen, dass Netzwerkkanten eine bessere Vorhersage des Langzeitverlaufs ermöglichen als klassische Prädiktoren.

Zudem untersucht das neue LOEWE-Zentrum DYNAMIC (<https://aktuelles.uni-frankfurt.de/forschung/mit-netzwerk-modellen-psychische-krankheiten-verstehen/>) den Einsatz netzwerkanalytischer Methoden zur Identifikation von Behandlungs-Targets bei der Behandlung psychischer Störungen. Das LOEWE-Zentrum DYNAMIC wird vom Land Hessen mit über 14 Millionen Euro für den Zeitraum 2024 bis 2027 gefördert. DYNAMIC zielt ebenfalls darauf ab auf der Grundlage von Netzwerkmodellen der Psychopathologie Interventions-Targets zu identifizieren und personalisierte Behandlungen zu entwickeln.

Die im Rahmen dieses Projekts erarbeiteten Methoden bieten inhaltlich hervorragende Anschlussmöglichkeiten und ergänzen die in den letzten Jahren auf diesem Gebiet erzielten Fortschritte. Die Dynamik des sich entwickelnden Feldes belegt zudem die Relevanz des untersuchten Themengebiets sowie das Potenzial der erarbeiteten Methoden für die Zukunft.

9 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Die Projektergebnisse wurden auf nationalen und internationalen Konferenzen präsentiert (siehe Abschnitt 4 Verbreitung und Verankerung der Ergebnisse in den Fachcommunities).

Folgende Artikel sind bereits in Zeitschriften mit peer-review Verfahren veröffentlicht oder werden momentan zur Veröffentlichung vorbereitet:

Deflorin, H. M., Söker, M. S., Bauer, S., & Moessner, M. (2024). Evaluation of symptom network density as a predictor of treatment outcome of inpatient psychotherapy. *Psychotherapy Research*, 35, 981-989.

Moessner, M., Gertz, M., & Deflorin, H.M. (in prep). Flow and Feedback: Quantifying Pathology in Psychopathology Networks.

Die im Rahmen des Projekts entwickelten R Skripte werden nach Abschluss des Peer Review Prozesses im Supplement des Artikels und auf der Institutshomepage zur Verfügung gestellt.

Zudem wurden zahlreiche Kollaborationen in einer Reihe unterschiedlicher Datensätze und Gebiete initiiert, welche zwar nicht direkt Ergebnisse des Projekts sind, jedoch Anwendungen der entwickelten Methoden.