

WHITEPAPER

DiCoDi® DIGITAL COGNITIVE DIAGNOSTIC

ABSTRACT

Früherkennung und Prävention von Demenz: Entdecken Sie DiCoDi® – den ersten digitalen Test für kognitive Diagnostik, entwickelt von führenden Experten. Nutzen Sie die Möglichkeit, ein Demenzrisiko frühzeitig zu erkennen und präventive Maßnahmen zu ergreifen. Der DiCoDi® ist wissenschaftlich überprüft, benutzerfreundlich und speziell für Erwachsene mit und ohne Hörverlust ab 50 Jahren konzipiert.

AUTOREN



Jan-Patric Schmid
Dipl.-Ing.



Andreas Koj
Bachelor Professional



Isabell Ballasch
M.Sc. Psychologie



Marietta Meka
B.Sc. Psychologie

EINLEITUNG & ENTWICKLER

**DiCoDi® (Digital Cognitive Diagnostic /
Digitale Kognitive Diagnostik) - eine tablet-
basierte neuropsychologische Testbatterie
inklusive Selbstbeurteilung für erwachsene
Menschen unabhängig eines Hörverlustes.**

Trotz einer prognostizierten starken Zunahme von Demenzen zeigen aktuellen Forschungen Möglichkeiten, das eigene Demenzrisiko zu reduzieren und selbst aktiv bei der Verhinderung beizutragen. Einer der wichtigsten Faktoren ist dabei möglicherweise das Gehör. Der DiCoDi® ist ein wissenschaftlich entwickelter, digitaler und selbstständig durchführbarer Test zur Früherkennung von Demenz und zur Überprüfung kognitiver Fähigkeiten. Anstatt einer Diagnose liefert der DiCoDi® wertvolle erste Anhaltspunkte, die auf mögliche kognitive Beeinträchtigungen hinweisen können. Experten des KOJ hearing research centers und der Universitätsklinik Köln haben im Rahmen eines mehrjährigen und gemeinsamen Forschungsprojekts den DiCoDi®, entwickelt.

VON EXPERTEN ENTWICKELT



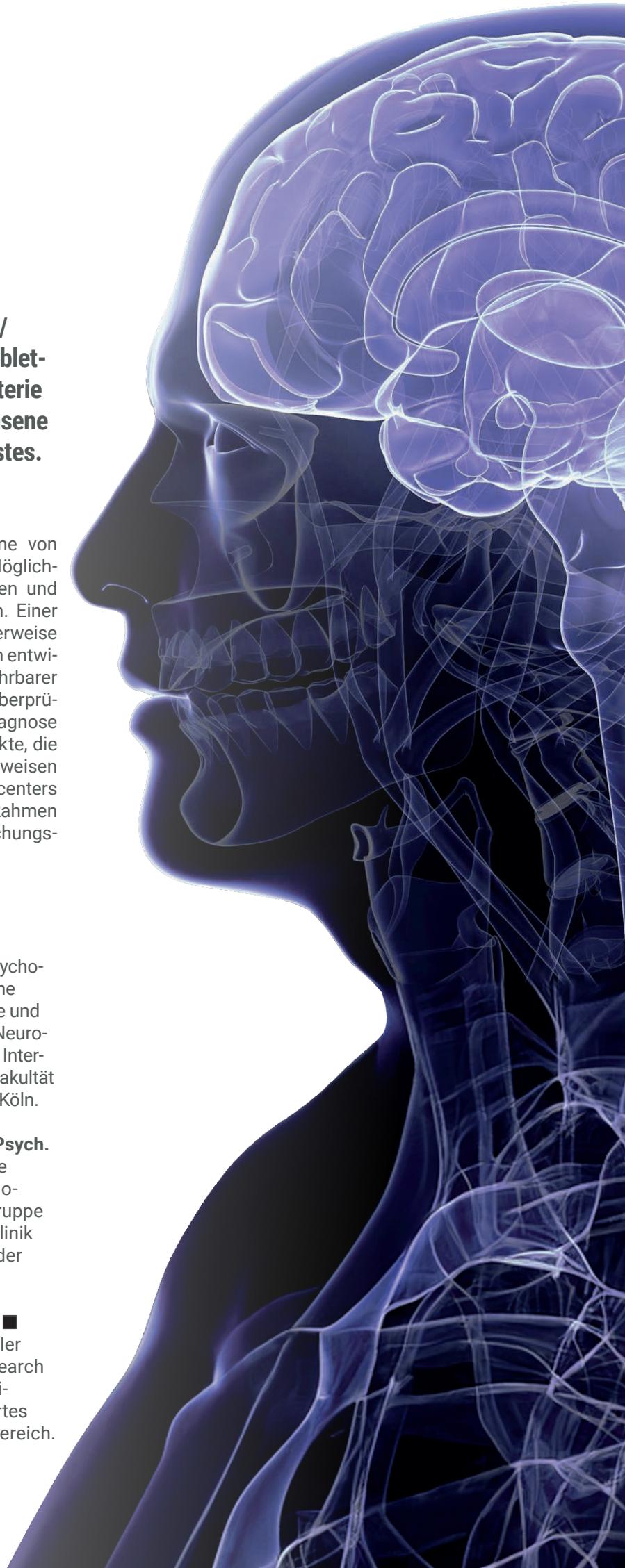
Prof. Dr. Elke Kalbe ■ Neuopsychologin und Direktorin Medizinische Psychologie | Neuropsychologie und Gender Studies & Centrum für Neuropsychologische Diagnostik und Intervention (CeNDI) Medizinische Fakultät und Uniklinik der Universität zu Köln.



Prof. Dr. Josef Kessler, Dipl.-Psych. ■ Klinischer Neuropsychologe (GNP), Psychologischer Psychotherapeut, leitete die Arbeitsgruppe Neuropsychologie an der Uniklinik Köln und ist seit 45 Jahren in der Demenzforschung tätig.



Jan-Patric Schmid, Dipl.-Ing. ■ Diplom-Ingenieur und Entwickler im Schweizer KOJ hearing research center. Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkt KI-basiertes eLearning im medizinischen Bereich.



GLIEDERUNG DER INHALTE

1. Theoretischer Hintergrund & Ableitung Versorgungslücke	01
1.1 <i>DiCoDi®: Der neue digitale Test</i>	
1.2 <i>SUBTESTS DES DiCoDI®</i>	
2. ENTWICKLUNG & UMSETZUNG	08
3. STUDIE	09
3.1 <i>STUDENTEILNAHME UND TESTBATTERIE</i>	
3.2 <i>ERGEBNISSE UND INTERPRETATION</i>	
4. VORTEILE DES DiCoDI® & EINSATZ IN DER PRAXIS	13
5. KONKLUSIONEN & AUSBlick	14
Literatur.....	15

Hinweis zur Sprachverwendung

In diesem Whitepaper wird zur besseren Lesbarkeit auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

1. THEORETISCHER HINTERGRUND & ABLEITUNG VERSORGUNGSLÜCKE

Aus den medizinischen und gesellschaftlichen Veränderungen sowie der steigenden Lebenserwartung resultiert eine erhöhte Prävalenz und Inzidenz demenzieller Erkrankungen. So sind derzeit in Deutschland ca. 1,6 Millionen Menschen von einer Demenz betroffen, wovon die Alzheimer Demenz mit ca. 60 % vertreten ist. Bis 2050 soll sich diese Zahl fast verdoppeln (Georges et al., 2020). Neben kognitiven Defiziten treten auch sensorische, insbesondere auditive Beeinträchtigungen, im höheren Alter vermehrt auf. So weisen 20 % der 60- bis 69-Jährigen und 40 % der 70- bis 79-Jährigen ein eingeschränktes Hörvermögen auf (Völter et al., 2021). Ein zunehmendes Lebensalter ist zudem durch den Abbau kognitiver Fähigkeiten geprägt, wobei ein altersbedingter Hörverlust die negative Wirkbeziehung zwischen Alter und kognitiven Leistungsvermögen verstärkt (Lin et al., 2013). Aktuelle Studien zeigen, dass Einschränkungen des Hörvermögens das Risiko von kognitiven Defiziten und einer Demenz erhöhen. Livingston und Kollegen (2020, 2024) identifizierten 12 respektive 14 modifizierbare Risikofaktoren (u. a. Bluthochdruck, Bildung, soziale Isolation, Luftverschmutzung) für die Entwicklung einer Demenz, mithilfe welcher 40 % der Demenzerkrankungen verhindert oder verzögert werden können. Dabei war ein Hörverlust im mittleren Lebensalter das wichtigste modifizierbare Risiko einer Demenz. Im Einklang damit demonstrierte eine längsschnittliche Studie, dass ältere Menschen mit Hörverlust ein höheres Risiko haben, an einer Demenz zu erkranken als normalhörende Menschen (Davies et al., 2017).

Insgesamt gilt, dass kognitive Defizite möglichst frühzeitig erkannt werden sollten, um adäquate Interventionsmöglichkeiten einleiten zu können. Allerdings werden Menschen mit einer Schwerhörigkeit von häufig genutzten und etablierten kognitiven Verfahren nur unzureichend erfasst, ihre Leistungen unterschätzt oder sogar falsche Diagnosen (Falsch-Positive) gestellt, da die Durchführung dieser Verfahren ein intaktes Sensorium voraussetzt (Dupuis et al., 2015; Völter et al., 2020). Demzufolge erhalten bis zu 16 % aller Menschen mit einer Hörbeeinträchtigung fälschlicherweise eine Demenzdiagnose (Jorgensen et al., 2014). Vor diesem Hintergrund soll der DiCoDi®, eine tabletgestützte neuropsychologische Testbatterie, für Menschen mit Schwerhörigkeit und Menschen ab 50 Jahren vorgestellt werden.

1.1 DiCoDi®: DER NEUE DIGITALE TEST

Mit dem neu entwickeltem DiCoDi® wird eine vollständig digitale und tabletgestützte neuropsychologische Testbatterie zur Verfügung gestellt, die zu einer umfassenden neuropsychologischen Diagnostik kognitiver Defizite, sowohl mit als auch ohne Schwerhörigkeit, verwendet werden kann. Die Durchführungszeit beträgt etwa 30 Minuten, wobei alle Items ausschließlich visuell und in ausreichender Größe dargeboten werden. Die Auswertung erfolgt unmittelbar computerbasiert und die Durchführung erfolgt auf einem Tablet. Die Testbatterie wurde von der Klinik und Poliklinik für Neurologie sowie der Abteilung für Medizinische Psychologie der Uniklinik Köln in Kooperation mit dem Schweizer KOJ-hearing research center konzipiert. Die Ergebnisse des DiCoDi® können von Hörakustikern zur Erfassung der kognitiven Fähigkeiten von Kunden mit Hörverlust genutzt werden. Der DiCoDi® kann sowohl vor, während, als auch nach einer Hörgeräteanpassung eingesetzt werden. Die Verwendung des DiCoDi® ermöglicht die Qualität der Beratung und Aufklärung zu erhöhen, da neben dem Hörvermögen der kognitive Status der Kunden als zusätzlicher Teil der Diagnostik verwendet werden kann und möglicherweise Instruktionen modifiziert werden müssen.

2023 & 2024 wurde der DiCoDi® auf folgenden Fachkongressen vorgestellt:

- Deutsche Gesellschaft für Audiologie e.V. (25. und 26. DGA)
- Deutsche Gesellschaft für Neurologie e.V. (95., 96. und 97. DGN)
- Deutsche Gesellschaft für Geriatrie e.V. (35. DGG)
- Europäische Union der Hörakustiker e.V. (67. und 68. EUHA)

1. THEORETISCHER HINTERGRUND & ABLEITUNG VERSORGUNGSLÜCKE

1.2 SUBTESTS DES DiCoDi®

Der DiCoDi® dient der Erfassung von Arbeitsgedächtnisfunktionen, des verbalen episodischen Gedächtnisses, kurzfristigen und mittelfristigen Gedächtnisses, der Lernfähigkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit, exekutive Funktionen in Form von geistiger Flexibilität, Konzentrationsfähigkeit und Aufmerksamkeit, des Sprachverständnisses und des kognitiven Schätzens (Beurteilung von Zeitintervallen). Die Subtests basieren auf etablierten Verfahren mit einer fundierten theoretischen Grundlage und breiten empirische Evidenz. Darüber hinaus beinhaltet der DiCoDi® Verfahren, welche erst seit Kurzem Bedeutung für eine frühzeitige Diagnose kognitiver Beeinträchtigungen erlangt haben, wie der Subtest „Zeitgefühl“. Außerdem wurden diese Subtests um Fragen zur Selbsteinschätzung bezüglich geistige und körperliche Auffälligkeiten ergänzt. Im Folgenden werden die Subtests und Fragebögen kurz vorgestellt:

SUBTEST: WORTPAARE MERKEN

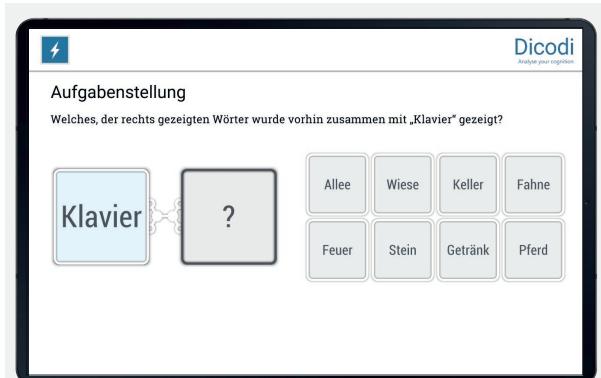
Domäne: Episodisch-verbales Gedächtnis (Kurzzeit- und mittelfristiges Gedächtnis) & verbales Lernen

Erklärung Domänen: Das episodisch-verbale Gedächtnis ist ein Speicher für sprachlich codierte Informationen bestimmter Ereignisse und Erlebnisse, wobei die Zeit – und Raumkomponente des Einspeicherns noch sehr präsent ist. Das Kurzzeitgedächtnis ermöglicht uns, eine begrenzte Anzahl von Informationen über einen kurzen Zeitraum in einem aktiven, leicht verfügbaren Zustand zu speichern (z. B. eine Telefonnummer). Im mittelfristigen Gedächtnis werden Informationen für einige Minuten und langfristig mit unklarer Dauer abgespeichert. Verbales Lernen ist die Fähigkeit, sprachlich codierte Informationen zu lernen, speichern und wieder abzurufen.

Testbeschreibung: Der Test „Wortpaare merken“ prüft, wie gut das Kurzzeitgedächtnis und die Fähigkeit zum verbalen Lernen des Probanden sind. Hier wird gemessen, wie gut der Proband kurzfristig Informationen behalten sowie sprachliche Informationen lernen und wiedergeben kann. Zusätzlich wird auch das episodisch-verbale Gedächtnis des Probanden abgefragt, das als Speicher für sprachliche Informationen persönlich erlebter Ereignisse dient. Beispiele hierfür sind die Einschulung, der erste Kuss oder eine Familienfeier. Ein gutes Gedächtnis ist im Alltag wesentlich, um sich beispielsweise an den Aufenthaltsort von Schlüsseln oder an die Namen von Bekannten oder Freunden zu erinnern. Das Gedächtnis ist stets aktiv und trägt essenziell zu einem funktionierenden Alltag bei. (Siehe Subtest-Bild 1)

Aufgabe: Zehn Wortpaare (z. B. Klavier – Fahne) werden sukzessive drei Mal dargeboten und jeweils unmittelbar mithilfe eines multiple-choice-Antwortformats abgefragt. Hierbei muss jeweils aus acht Wörtern das richtige Wort angetippt werden.

Auswertung: Pro richtiges Wortpaar wird ein Punkt vergeben. Datenrange Rohdaten: 0 bis 30 Punkte.



Subtest-Bild 1

SUBTEST: WORTPAARE MERKEN, VERZÖGERTER ABRUF

Domäne: Episodisch-verbales Gedächtnis & mittelfristiges Gedächtnis

Erklärung Domänen: Das episodisch-verbale Gedächtnis ist ein Speicher für sprachlich codierte Informationen bestimmter Ereignisse und Erlebnisse, die einem räumlichen und zeitlichen Kontext zugeordnet sind. Im mittelfristigen Gedächtnis werden Informationen für einige Minuten und langfristig mit unklarer Dauer abgespeichert.

Testbeschreibung: Bei dem Test „Wortpaare merken, verzögter Abruf“ wird das episodisch-verbale Gedächtnis sowohl kurzfristig als auch mittelfristig abgefragt. Dieses Gedächtnissystem ermöglicht es, sich an Ereignisse zu erinnern, die vor einigen Minuten, ein paar Stunden oder Tagen stattgefunden

1. THEORETISCHER HINTERGRUND & ABLEITUNG VERSORGUNGSLÜCKE

haben. Es spielt eine wesentliche Rolle dabei, kürzlich Gelerntes abzurufen und hilft dabei, einen zusammenhängenden Überblick über persönliche Erlebnisse zu bewahren. Das episodisch-verbale Gedächtnis wiederum dient als Speicher für sprachliche Informationen persönlich erlebter Ereignisse wie die Einschulung, der erste Kuss oder eine Familienfeier. Es ist die höchste Form des menschlichen Gedächtnisses.

Aufgabe: Um die Lern- und Behaltensleistung zu testen, werden die zehn Wortkombinationen (z. B. Klavier – Fahne), die in der Aufgabe „Wortpaare merken“ gelernt wurden, nach einer Verzögerungszeit von 15 bis 20 Minuten erneut mithilfe eines „multiple choice“-Antwortformats abgefragt. Hierbei muss jeweils aus acht Wörtern das richtige Wort angetippt werden.

Auswertung: Pro richtiges Wortpaar wird ein Punkt vergeben. Datenrange Rohdaten: 0 bis 10 Punkte.

SUBTEST: TMT A (TRAIL-MAKING-TEST)

Domäne: Verarbeitungsgeschwindigkeit

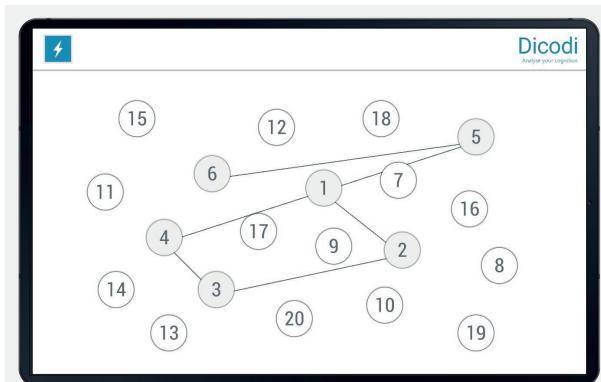
Erklärung Domänen: Die Verarbeitungsgeschwindigkeit entspricht der Schnelligkeit bei der Verarbeitung von kognitiven Informationen. Sie ist ein Teilaspekt der fluiden Intelligenz und bei der Lösung von vielen Aufgaben involviert.

Testbeschreibung: Im Rahmen dieses Tests, dem „TMT A (Trail-Making-Test)“, wird die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Probanden erfasst. Dieser Test ist darauf ausgelegt, die Schnelligkeit bei der Verarbeitung von Informationen zu messen. Konkret bedeutet dies die Fähigkeit, Aufgaben oder Informationen schnell zu erfassen, zu verarbeiten und daraufhin angemessen zu reagieren. Eine gute Verarbeitungsgeschwindigkeit ist von großer Bedeutung im Alltag, da sie uns ermöglicht, flexibel auf verschiedene Situationen zu reagieren und komplexe Informationen effizient zu verarbeiten. Beispielsweise ist schnelles Lesen und Verstehen von Texten, das Reagieren auf plötzliche Veränderungen oder das Bearbeiten mehrerer Aufgaben gleichzeitig eng mit einer guten Verarbeitungsgeschwindigkeit verbunden. Der TMT A Test ist speziell darauf ausgerichtet, diese kognitive Fähigkeit zu messen und gibt Aufschluss darüber, wie effektiv jemand in der Bewältigung von geistigen Herausforderungen ist,

die im Alltag und auch in spezifischen beruflichen oder akademischen Situationen auftreten können. (Siehe Subtest-Bild 2)

Aufgabe: Zahlen von 1 bis 20 müssen in aufsteigender Reihenfolge so schnell wie möglich angekippt werden (1-2-3-4-5....).

Auswertung: Die Zeit wird in Sekunden erfasst. Datenrange Rohdaten: 0 – 300 Sekunden.



Subtest-Bild 2

SUBTEST: TMT B (TRAIL-MAKING-TEST)

Domäne: Exekutive Funktionen in Form von geistiger Flexibilität

Erklärung Domänen: Geistige Flexibilität als eine exekutive Leistung ist die Fähigkeit, kognitive Verarbeitungsstrategien instruktionsgemäß anzupassen. Exekutive Funktionen sind geistige Fähigkeiten, die unser Denken und Handeln steuern und erlauben, flexibel auf unsere Umgebung zu reagieren. Ein Beispiel hierfür ist das Planen.

Testbeschreibung: Der Test „TMT B (Trail-Making-Test)“ prüft die geistige Flexibilität des Probanden. Diese Fähigkeit umfasst die Effektivität, zwischen verschiedenen Aufgaben und Strategien zur Aufgabenlösung flexibel zu wechseln. Ein gutes Maß an geistiger Flexibilität zeigt sich beispielsweise darin, wie schnell und effektiv man sich an unterschiedliche Aufgabenstellungen anpassen kann, sei es im beruflichen Umfeld, im Studium oder im Alltag. Diese Fähigkeit ist entscheidend, um sich an

1. THEORETISCHER HINTERGRUND & ABLEITUNG VERSORGUNGSLÜCKE

wechselnde Anforderungen und unvorhergesehene Situationen anzupassen und dabei den Überblick zu behalten. Geistige Flexibilität ist eine der Schlüsselfunktionen der exekutiven Funktionen, die unser Handeln und Denken steuern. Sie ermöglicht es uns, komplexe Probleme zu lösen, flexible auf unsere Umgebung zu reagieren und unsere Ziele effizient zu verfolgen. Zum Beispiel ist geistige Flexibilität beim Planen und Organisieren von Aufgaben wie dem Einkaufen essenziell, da sie uns erlaubt, flexibel auf Verfügbarkeiten, Preise und Bedürfnisse zu reagieren. Der TMT B Test bietet Informationen über diese kognitive Fähigkeit und zeigt auf, wie gut jemand in der Anpassung an neue Anforderungen und der Bewältigung komplexer Aufgabenstrategien ist.

Aufgabe: Zahlen und Buchstaben müssen alternierend in aufsteigender Reihenfolge so schnell wie möglich angetippt werden (1-A-2-B-3-C....).

Auswertung: Die Zeit wird in Sekunden erfasst. Datenrange Rohdaten: 0 – 300 Sekunden.

SUBTEST: ZAHLEN & BUCHSTABEN SORTIEREN

Domäne: Arbeitsgedächtnis

Erklärung Domänen: Das Arbeitsgedächtnis ist ein kurzzeitiger Speicher für eine limitierte Menge an Informationen, die im Gegensatz zum Kurzzeitgedächtnis bearbeitet und verändert werden kann. Ein gutes Beispiel dafür ist das Merken und geordnete Behalten von verschiedenen Informationen während eines Gesprächs, insbesondere wenn mehrere Personen gleichzeitig sprechen.

Testbeschreibung: Der Test „Zahlen & Buchstaben sortieren“ prüft das Arbeitsgedächtnis des Probanden. Dieses Gedächtnissystem hilft uns dabei, kurzzeitig Informationen zu behalten und aktiv zu verarbeiten. Das Arbeitsgedächtnis unterstützt uns dabei, diese Informationen zu organisieren, relevante Details zu identifizieren und gleichzeitig konzentriert zu bleiben. Im Alltag ist ein starkes Arbeitsgedächtnis von großer Bedeutung für viele Aufgaben. Es ermöglicht uns, effektiv zu multitasken, komplexe Anweisungen zu folgen, Prioritäten zu setzen und Problemlösungen zu entwickeln. Beispielsweise ist es nützlich, um sich an Einkaufslisten zu erinnern, während man gleichzeitig Preise vergleicht und Entscheidungen trifft oder um Gespräche zu verstehen, wenn Menschen durcheinander reden. (Siehe Subtest-Bild 3)

Aufgabe: Unsortierte Buchstaben und Zahlenkombinationen müssen ihrer Reihenfolge nach geordnet werden. Die Reihenfolge besteht darin, zuerst die Zahlen aufsteigend zu sortieren, gefolgt von den Buchstaben in alphabetischer Ordnung (z. B. K, 5, A, 2 -> 2, 5, A, K). Nachdem zweimal eine Sequenz derselben Länge falsch eingegeben wurde, wird zum nächsten Subtest übergegangen.

Auswertung: Punkte werden prinzipiell entsprechend der Länge der Zahlen-Buchstaben-Folge vergeben (z. B. 14AD -> 4 Punkte). Wird die Zahlen-Buchstaben-Folge beim Erstversuch nicht richtig gelöst, erfolgt ein Zweitversuch. Wird dieser Zweitversuch lediglich teilweise korrekt gelöst, erhält die Testperson die Punkte entsprechend der Anzahl der richtigen Items der Buchstaben-Zahlen-Folge in richtiger Reihenfolge (z. B. Antwort der Testperson: 524AXE, richtige Antwort: 124AEX -> 3 Punkte (für 2, 4 und A). Wird die Zahlen-Buchstaben-Folge vollständig gelöst, erhält die Testperson die Punkte entsprechend der Länge der Sequenz (z. B. Antwort der Testperson: 124AEX, richtige Antwort: 124AEX -> 6 Punkte). Datenrange Rohdaten: 0 bis 15 Punkte.



SUBTEST: AUFMERKSAMKEIT

Domäne: Kurzfristige Konzentration & Aufmerksamkeit

Erklärung Domänen: Die kurzfristige Konzentration bezeichnet die bewusste und kurzfristige Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Aufgabe. Die Aufmerksamkeit dient dazu, Informa-

1. THEORETISCHER HINTERGRUND & ABLEITUNG VERSORGUNGSLÜCKE

tionen zu selektieren und bevorzugt zu betrachten, andere dagegen zu unterdrücken und zu ignorieren.

Testbeschreibung: Der Test „Aufmerksamkeit“ prüft die Fähigkeit zur kurzfristigen Konzentration und Aufmerksamkeit. Bei der kurzfristigen Konzentration geht es darum, wie gut wir uns für einen kurzen Zeitraum auf eine spezifische Aufgabe oder Information fokussieren können. Ein gutes Beispiel dafür ist das Autofahren, bei der es wichtig ist, die Aufmerksamkeit auf die Details und den Prozess zu richten. Aufmerksamkeit hilft uns, relevante Informationen auszuwählen und zu priorisieren, während unwichtige Informationen unterdrückt oder ignoriert werden. Zum Beispiel ist eine gute Aufmerksamkeit erforderlich, wenn wir unserem Gesprächspartner zuhören und gleichzeitig andere störende Geräusche ausblenden müssen. Eine starke kurzfristige Konzentration und Aufmerksamkeit sind im Alltag von großer Bedeutung, da sie uns ermöglichen, effizient zu arbeiten, schnell auf Veränderungen zu reagieren und komplexe Aufgaben erfolgreich zu bewältigen. Der Test zur „Aufmerksamkeit“ liefert wertvolle Einsichten darüber, wie gut jemand in der Lage ist, sich auf relevante Informationen zu fokussieren und Ablenkungen zu minimieren. (Siehe Subtest-Bild 4)

Aufgabe: Auf dem Bildschirm werden Kreise präsentiert, die jeweils aus vier unterschiedlich eingefärbten Sektoren bestehen. Kreise mit den eingefärbten Sektoren entsprechend der zwei vorgegebenen Zielsymbole müssen so schnell wie möglich innerhalb von 90 Sekunden angetippt werden.

The screenshot shows a digital interface for a cognitive diagnostic test. At the top left is a blue square icon with a white lightning bolt symbol. At the top right is the brand name "Dicodi" in blue, with the tagline "Kognitive Tests für Cognitive Diagnostik" underneath. Below this, the text "Aufgabenstellung" is displayed. A instruction message reads: "Markieren Sie jedes Symbol, das so ⚡ oder so ⚡ aussieht. Sie haben noch 81 Sekunden". Below the text is a grid of 4x10 circles. Each circle is divided into four quadrants by a diagonal line from top-left to bottom-right. Some circles have red or blue shading in different quadrants to represent target patterns. One circle in the middle row has a blue outline around its entire perimeter, indicating it is the current target for the user to identify.

Subtest-Bild 4

Auswertung: Von den 20 maximalen Punkten wird pro Fehler (Auslassung oder falsch Positive) ein Punkt abgezogen. Datenrange Rohdaten: 0 bis 20 Punkte.

SUBTEST: KREISHÜPFEN

Domäne: Visuospatiales Arbeitsgedächtnis

Erklärung Domänen: Das visuospatiale Arbeitsgedächtnis ist eine Domäne des Arbeitsgedächtnisses zur Speicherung und Verarbeitung visuell-räumlicher Informationen (z. B. wo sich Objekte im Raum befinden).

Testbeschreibung: Der Test „Kreishüpfen“ prüft das visuospatiale Arbeitsgedächtnis des Probanden. Dieses kognitive System kann man sich als einen mentalen „Bilderraum“ vorstellen, der es uns ermöglicht, kurzfristig visuell-räumliche Informationen zu behalten und damit zu arbeiten. Ein praktisches Beispiel dafür ist die Fähigkeit, die räumliche Position von Objekten im Raum zu bestimmen und sie ggf. zu modifizieren. Das visuospatiale Arbeitsgedächtnis spielt eine wichtige Rolle bei der Lösung von Aufgaben, die räumliche Beziehungen erfordern, und unterstützt unsere Vorstellungskraft im Alltag. Zum Beispiel ist es nützlich beim Einparken eines Autos, bei der Navigation in einer unbekannten Umgebung oder beim Planen von Raumgestaltungen. Der Test „Kreishüpfen“ liefert wertvolle Einblicke in die Fähigkeit des Probanden, visuell-räumliche Informationen kurzfristig zu behalten und effektiv zu nutzen.

Aufgabe: Je nach Vorgabe muss aus einem Pool mit neun Kreisen sukzessive eine vorgegebene Sequenz in umgekehrter Reihenfolge nachgetippt werden. Nachdem zweimal eine Sequenz derselben Länge falsch eingegeben wurde, wird zum nächsten Subtest übergegangen. (Siehe Subtest-Bild 5)

Auswertung: Pro Durchgang werden die Punkte entsprechend der Länge der richtig gelösten Spanne vergeben (z. B. 6#4#1 -> 3 Punkte). Eine nicht vollständige richtige Spanne gibt null Punkte. Datenrange Rohdaten: 0 bis 27 Punkte.

1. THEORETISCHER HINTERGRUND & ABLEITUNG VERSORGUNGSLÜCKE



SUBTEST: FARB-FIGUREN TEST

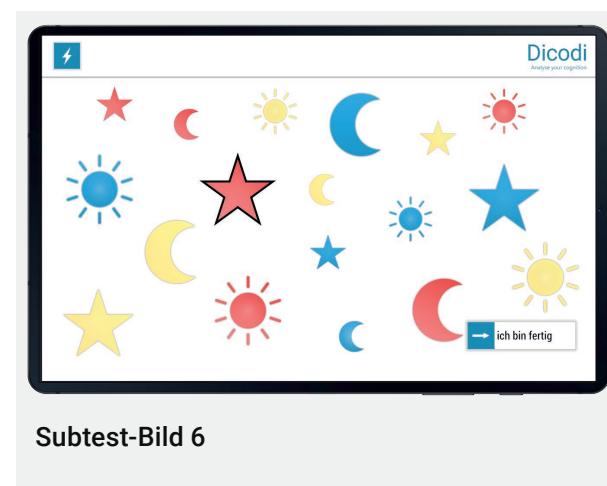
Domäne: Sprachverständnis & Kurzzeitgedächtnis

Erklärung Domänen: Das Sprachverständnis umfasst das inhaltliche Verstehen der Bedeutung von Wörtern oder Sätzen. Das Kurzzeitgedächtnis ermöglicht uns, eine begrenzte Anzahl von Informationen über einen kurzen Zeitraum in einem aktiven, leicht verfügbaren Zustand zu speichern (z. B. eine Telefonnummer).

Testbeschreibung: Der Test „Farb-Figuren Test“ erfasst das Sprachverständnis sowie das Kurzzeitgedächtnis des Probanden. Beim Sprachverständnis geht es um die Fähigkeit, den Sinn und die Bedeutung von Wörtern oder Sätzen zu erfassen. Das Kurzzeitgedächtnis ermöglicht es, diese Informationen kurzfristig zu speichern, ähnlich wie das Merken einer Telefonnummer. Diese zwei Fähigkeiten - Sprachverständnis, Kurzzeitgedächtnis - sind von zentraler Bedeutung für den reibungslosen Austausch in Gesprächen und das Behalten von Informationen während verschiedener Aufgaben im Alltag. Sie helfen dabei, Informationen effektiv zu verarbeiten und zu behalten, sei es beim Verstehen komplexer Anweisungen, beim Lernen neuer Informationen oder beim Koordinieren mehrerer Aufgaben gleichzeitig. (Siehe Subtest-Bild 6)

Aufgabe: Unterschiedlich farbige und unterschiedlich große Symbole (Sonne, Mond und Sterne) sind auf dem Bildschirm dargeboten. Anschließend müssen unterschiedliche Instruktionen umgesetzt werden, wie z.B. „Zeigen Sie die große gelbe Sonne, nachdem Sie den kleinen blauen Mond angetippt haben.“

Auswertung: Für jede korrekt umgesetzte Instruktion werden Punkte vergeben. Während das richtige Ausführen der ersten Instruktion nur einen Punkt gibt, geben Instruktion zwei bis vier je zwei Punkte und bei Instruktion fünf erhält man 3 Punkte. Datenrange Rohdaten: 0 bis 10 Punkte.



SUBTEST: ZEITGEFÜHL

Domäne: Kognitives Schätzen (Beurteilung von Zeitintervallen), Exekutivfunktionen

Erklärung Domänen: Das kognitive Schätzen ist die Fähigkeit, Strategien des schlussfolgernden Denkens anzuwenden, die es uns ermöglicht, eine Antwort vorauszusehen oder auszuarbeiten, wenn es keine andere Lösung gibt. Beispiele hierfür sind abzuschätzen, wie breit ein Schrank ist, wie viele Meter ein LKW von uns entfernt ist, wie schnell ein Auto fährt oder wie viel etwas wiegt. Bei der Beurteilung von Zeitintervallen geht es um das Einschätzen der Dauer von Ereignissen. Exekutive Funktionen sind geistige Fähigkeiten, auf deren Basis wir Entscheidungen treffen. Ein Beispiel hierfür ist das Planen.

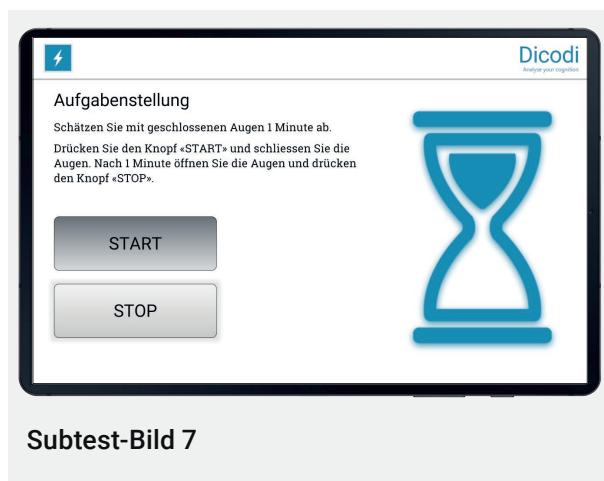
Testbeschreibung: Der Test „Zeitgefühl“ prüft mehrere wichtige kognitive Fähigkeiten: kognitives Schätzen (Beurteilung von Zeitintervallen) und Exekutivfunktionen. Beim kognitiven Schätzen geht es darum, eine Antwort oder Lösung abzuschätzen, wenn die genaue Antwort nicht bekannt ist. Ein Beispiel dafür wäre das Schätzen der Höhe des Eiffelturms, wenn uns diese Information nicht direkt zur Verfügung

1. THEORETISCHER HINTERGRUND & ABLEITUNG VERSORGUNGSLÜCKE

steht. Die Beurteilung von Zeitintervallen ist ebenfalls Teil des „Zeitgefühl“ Tests. Diese Fähigkeit umfasst das Einschätzen der Dauer von Ereignissen, wie zum Beispiel die Zeit, die wir bereits im Auto auf dem Weg in den Urlaub verbracht haben. Zusätzlich erfasst der Test die Exekutivfunktionen, die unser Denken und Handeln steuern und uns erlauben, Entscheidungen zu treffen und flexible auf unsere Umwelt zu reagieren. Ein praktisches Beispiel hierfür ist das Planen eines Wocheneinkaufs, bei dem wir verschiedene Aufgaben priorisieren und organisieren müssen. Diese kognitiven Fähigkeiten - kognitives Schätzen (Beurteilung von Zeitintervallen) und Exekutivfunktionen - sind entscheidend für die Bewältigung des Alltags und helfen uns dabei, effektiv zu planen, Probleme zu lösen und zeitliche Abläufe zu managen. Der „Zeitgefühl“ Test liefert wichtige Erkenntnisse darüber, wie gut jemand in diesen Bereichen abschneidet und bietet Einblicke in die kognitiven Prozesse, die unser tägliches Denken und Handeln beeinflussen. (Siehe Subtest-Bild 7)

Aufgabe: Mit geschlossenen Augen muss eine Zeitspanne von 60 Sekunden geschätzt werden.

Auswertung: Die Zeit wird in Sekunden erfasst. Datenrange Rohdaten: 0 - 150 Sekunden.



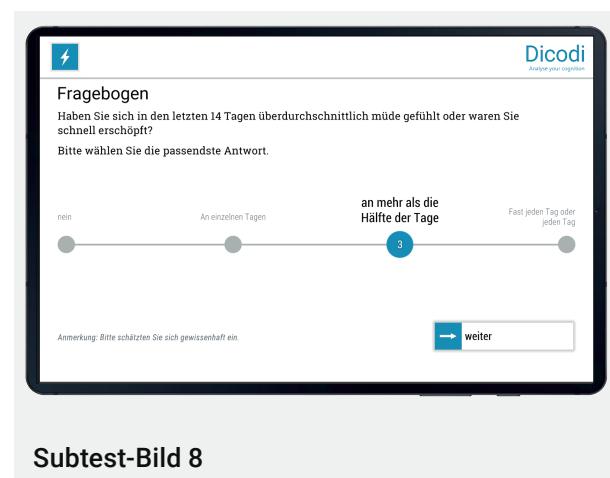
Subtest: Selbsteinschätzung

Testbeschreibung: Im Rahmen des durchgeföhrten DiCoDi® werden auch Fragebögen verwendet, in denen Probanden gebeten werden, sich selbst bezüg-

lich Aspekte des Gedächtnisses und der Erschöpfung einzuschätzen. Diese selbst gemachten Angaben werden als Selbsteinschätzung berücksichtigt, um ein umfassendes Bild der aktuellen Leistungsfähigkeit der Probanden zu erhalten. Diese Selbsteinschätzungen spielen eine wichtige Rolle, indem sie zusätzliche Einblicke in die persönliche Wahrnehmung und Einschätzung der kognitiven Fähigkeiten der Probanden bieten. Durch die Kombination von objektiven Testergebnissen und den eigenen Einschätzungen der Probanden entsteht ein umfassendes Bild, das für eine ganzheitliche Bewertung der kognitiven Leistungsfähigkeit relevant ist. (Siehe Subtest-Bild 8)

Aufgabe: Geistige und körperliche Auffälligkeiten werden (z. B. Gedächtnisprobleme) in Form einer Selbsteinschätzung erfragt.

Auswertung: Die Punkte in den Fragen werden addiert. Datenrange Rohdaten: 0 - 18 Punkte.



ZUSAMMENFASSUNG ALS „GLOBALER KOGNITIVER STATUS“

Im Anschluss an den DiCoDi® erstellt das System zwei Typen an Auswertungen, grafisch unterstützt in Form einer Ampel. Eine Auswertung für den Probanden und eine mit Detailinformationen für einen Gesundheitsexperten.

2. ENTWICKLUNG & UMSETZUNG

Für die Auswahl der Subtestungen für den DiCoDi® wurden bereits etablierte Verfahren mit einer fundierten theoretischen Grundlage und breiter empirische Evidenz herangezogen: Der erste Subtest des DiCoDi® „Wortpaare merken“ basiert auf dem Subtest Verbal Paired Associates (Wortpaare merken) der Wechsler Memory Scale-IV (WMS-IV; Wechsler, 2009). Der zweite Subtest des DiCoDi® „Trail Making“ ist an den gleichnamigen Trail-Making-Test (TMT; Reitan & Wolfson, 1985) angelehnt. Der Subtest „Zahlen und Buchstaben sortieren“ basiert auf dem Test Buchstaben-Zahlen-Folgen der Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS; Wechsler, 1955). Der vierte Subtest „Konzentration und Aufmerksamkeit“ entstand basierend auf der Aphasie-Check-Liste (ACL; Kalbe et al., 2005) und dessen Subtest Aufmerksamkeit. Die Subtestung „Kreishüpfen“ geht auf den Corsi Block Tapping Task zurück (Corsi, 1972). Während der Konzeption und Überprüfung des DiCoDi® existierte noch kein vergleichbares Testverfahren anhand dessen der DiCoDi® validiert werden konnte. Heute existieren Testverfahren wie der 1-Minute Zeitschätztest (Ballasch & Kessler, 2021). Es liegen derzeit lediglich klinische Evidenzen vor. Der „Farb-Figuren Test“ hat ebenfalls seinen Ursprung in der ACL (Kalbe et al., 2005) und basiert auf dem gleichnamigen Farb-Figur-Test (Kalbe et al., 2005).

Zur Überprüfung der Durchführbarkeit des DiCoDi® wurde diese bereits im Rahmen einer Bachelorarbeit anhand von 70 Probanden umfassend geprüft, wobei Design, technische Aspekte, Instruktionen sowie Benutzerfreundlichkeit der Screeningbatterie als sehr gut bis gut eingestuft wurden (Meka, 2021). Der zeitliche Ablauf der Entwicklung ist im unteren Flowchart 1 dargestellt.

Die DiCoDi®-Applikation wurde mit C#.Net und Unity programmiert, um eine nahtlose Integration in das KOJ®Ökosystem zu gewährleisten.

TECHNOLOGIEN

- **C#.Net:** Gewählt für seine Robustheit und Flexibilität, optimiert für die .NET-Plattform und plattformübergreifende Anwendungen.
- **Unity:** Eine 3D-Engine, ideal für die Erstellung interaktiver, grafisch ansprechender Anwendungen mit stabiler Performance.

NUTZUNGSPROZESS

- **Aktivierung:** Ein QR-Code wird im Partnerportal erstellt und verschlüsselt. Nach dem Scannen mit einem Android-Tablet erhält das Gerät die notwendigen Daten und verschlüsselt sich, um sichere Übertragung der Testergebnisse zu gewährleisten.
- **Hardware:** Aktuelle Android-Tablets, gepflegt über ein MDM-System seitens KOJ.

DATENÜBERTRAGUNG UND AUSWERTUNG

- **Verschlüsselte Übertragung:** Testergebnisse werden nach den Tests verschlüsselt über WLAN an die Cloud übertragen und sofort ausgewertet.
- **Datenschutz:** Auswertung gemäß DSGVO. Das KOJ®Ökosystem übernimmt die Datenbankarchivierung, Auswertung und Abrechnung.
- **Ergebnisse:** Detaillierte Berichte über die kognitiven Fähigkeiten werden für Endkunden und Gesundheitsexperten erstellt.

Flowchart 1. Zeitlicher Ablauf der Entwicklung DiCoDi®

Konzeptionsphase und Storyboards & Testung der Feasability (2020 / 2021)

Überprüfung konvergente / divergente Validität (2022 / 2023)

Erhebung der Test-Retest Reliabilität (2023/24)

Ermittlung von Cut-Off-Werten (2023 / 2024)

Ermittlung der Test-Retest Reliabilität (2024)

3. STUDIE

Zur Überprüfung von konvergenter und divergenter Validität sowie zur Ermittlung von Cut-Off-Werten wurden Personen ohne Hörverlust als Kontrollgruppe rekrutiert, ebenso Personen mit Hörverlust. Die Erhebung fand im Zeitraum von Mai 2022 bis Februar 2024 statt. Die Kontrollgruppe wurde im Raum Köln rekrutiert, die Personen mit Hörverlust in Kooperation mit dem KOJ-hearing research center in der Schweiz.

3.1 STUDIENTEILNEHMENDE UND TESTBATTERIE

Insgesamt wurden 377 Personen untersucht. Davon waren 204 Probanden in der Kontrollgruppe (Frauen $n = 118$ (57,8 %), Alter $M = 67,67$ Jahre ($SD = 12,2$); Bildung $M = 13,53$ Jahre ($SD = 3,1$)) und 173 Probanden in der Gruppe aus Personen mit Schwerhörigkeit (Frauen $n = 81$ (46,8 %), Alter $M = 72,86$ Jahre ($SD = 8,7$); Bildung $M = 14,10$ Jahre ($SD = 2,4$)). Letztere teilte sich in 93 Personen mit leichten (53,8 %) und 77 Personen mit einem mittleren Hörverlust (44,5 %) auf. Zwei Teilnehmende (1,2 %) wiesen einen schweren Hörverlust auf, eine Person war taub (siehe Diagramm 1-4).

Zusätzlich zum DiCoDi® wurde eine ausführliche neuropsychologische Testbatterie durchgeführt, welche aus dem Subtest Verbal Paired Associates (Wortpaare merken) der Wechsler Memory Scale-IV (WMS-IV; Wechsler, 2009), dem Test Buchstaben-Zahlen-Folgen der Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS; Wechsler, 1955), dem Corsi Block Tapping Task (Corsi, 1972), dem Farb-Figur-Test der ACL (Kalbe et al., 2005), dem Trail-Making-Test (TMT; Parkington & Leiter, 1949), dem Subtest Aufmerksamkeit der Aphasie-Check-Liste (ACL; Kalbe et al., 2005), dem Dem-Tect Ear (Brünecke et al., 2018), dem KANT (Ballasch & Kessler, in Vorbereitung) und dem Beck-Depressions-Inventar 5 (Schmitt & Maes, 2000) bestand. Ein positives Votum der Ethikkommission der Bergischen Universität Wuppertal liegt vor.

Diagramm 1. Probanden

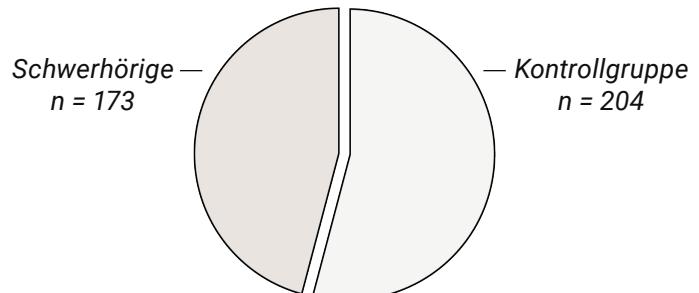


Diagramm 2. Kontrollgruppe

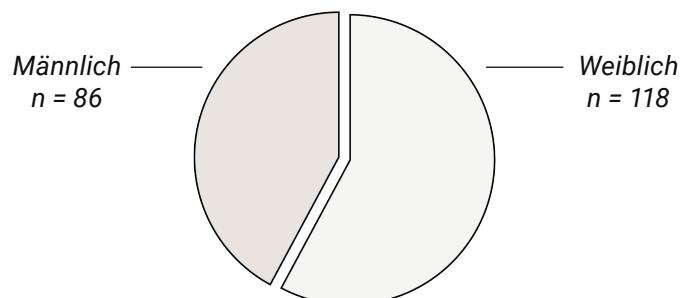


Diagramm 3. Schwerhörige

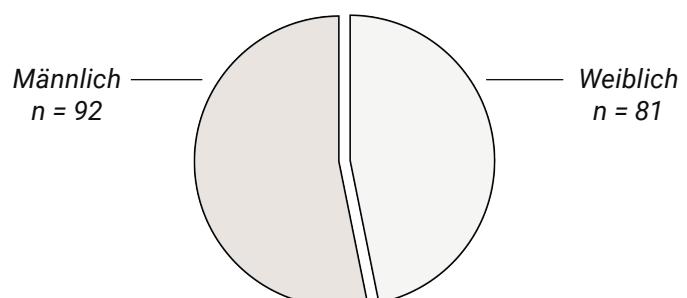
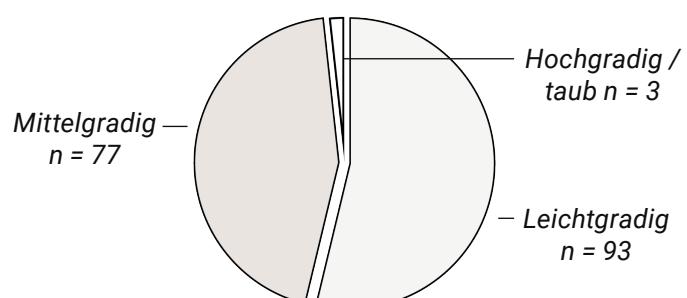


Diagramm 4. Verteilung der Schwerhörigkeit



3. STUDIE

3.2 ERGEBNISSE UND INTERPRETATION

Tabelle 1 präsentiert die deskriptive Statistik der Kontrollgruppe und der Gruppe aus Menschen mit einem Hörverlust in den DiCoDi®-Subtests sowie die Ergebnisse der Gruppenvergleiche mithilfe von Mann-Whitney U-Tests. Diese Vergleiche zeigen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen in mehreren Subtests, was die Sensitivität des DiCoDi® auf Subtestebene zur Differenzierung von kognitiven Leistungen zwischen Personen mit und ohne Hörverlust unterstreicht.

Die Ergebnisse der konvergenten Validität sind als Spearman-Korrelationen zwischen den DiCoDi® Subtests und ihren Paper-&-Pencil-Äquivalenten in **Tabelle 2** abgebildet. In beiden Stichproben sind die DiCoDi®-Subtests signifikant positiv mit den dazugehörigen Paper-&-Pencil-Tests assoziiert (Range: ,244 - ,674; $p < ,001$), was die gute Übereinstimmung mit den etablierten papierbasierten Verfahren und die hohe Validität der DiCoDi-Tests zeigt. Diese Ergebnisse zeigen, dass der DiCoDi® in der Lage ist, kognitive Fähigkeiten zuverlässig zu erfassen.

Hinsichtlich der divergenten Validität korrelieren die DiCoDi®-Subtests nicht signifikant mit Verfahren, die andere Konstrukte erfassen, wie den BDI-5 ($p > ,05$). Dies zeigt, dass der DiCoDi® keine anderen Konstrukte wie depressive Symptomatik erfasst. Weiterhin sind alle DiCoDi®-Subtests signifikant negativ mit dem Alter ($p < ,05$) und signifikant positiv mit der Bildung in Jahren ($p < ,05$) assoziiert. Diese Korrelationen spiegeln die erwarteten Einflüsse von Alter und Bildung auf kognitive Leistungen wider. Dementsprechend wird eine Alters- und Bildungsadjustierung der Norm-/Summenwerte vorgenommen. Mit Ausnahme der DiCoDi®-Subtests Zahlen und Buchstaben sortieren und Kreishüpfen ($p < ,05$) korreliert kein Subtest signifikant mit dem Geschlecht, was auf eine weitgehende Geschlechtsunabhängigkeit der meisten Subtests hinweist.

Tabelle 3 zeigt die Cut-Off-Werte für die DiCoDi®-Subtests, basierend auf der deskriptiven Statistik der Kontrollgruppe und unter Berücksichtigung der Augenscheininvalidität. Diese Cut-Off-Werte können dabei helfen, zwischen Anzeichen von kognitiven Einschränkungen und altersgerechten kognitiven Leistungen zu differenzieren.

Es zeigte sich außerdem eine hohe Test-Retest-Reliabilität in allen DiCoDi Subtests (Range: ,095 - ,815; $p < ,05$). Dabei lagen im Durchschnitt 9,4 Wochen zwischen der ersten und zweiten Testung ($M = 9,40$, $SD = 7,1$).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse die hohe Validität und Zuverlässigkeit des DiCoDi®-Tests. Die signifikanten Korrelationen mit etablierten Paper-&-Pencil-Tests, die Assoziationen mit Alter und Bildung sowie die nicht-signifikanten Korrelationen mit nicht-relevanten Konstrukten wie depressive Symptome unterstreichen den diagnostischen Nutzen des DiCoDi®. Diese Befunde eröffnen vielversprechende Perspektiven für den Einsatz des DiCoDi® in der Früherkennung und der Beschreibung kognitiver Fähigkeiten in verschiedenen Bevölkerungsgruppen. Zukünftige Studien sollten die Cut-Off-Werte weiter überprüfen und die Prognosekraft des DiCoDi® in verschiedenen Settings untersuchen.

3. STUDIE

Tabelle 1. Deskriptive Statistik in den DiCoDi® Subests und Ergebnisse der Mann-Whitney U-Tests

DiCoDi®-Subtests	Mittelwert & Median		<i>p</i> -Wert
	Kontrollgruppe (n = 204)	Personen mit Schwerhörigkeit (n = 173)	
Wortpaare merken (max. 30 Punkte)	21,44 (7,1) [23,00 (10,0)]	22,17 (5,8) [23,00 (8,0)]	,690
Wortpaare merken verzögter Abruf (max. 10 Punkte)	7,45 (2,8) [8,00 (4,0)]	7,90 (2,4) [9,00 (4,0)]	,307
Zahlen und Buchstaben sortieren (max. 15 Punkte)	11,11 (4,6) [13,00 (8,0)]	9,45 (5,6) [11,50 (13,0)]	,072
Kreishüpfen (max. 27 Punkte)	10,81 (6,4) [11,50 (9,0)]	10,91 (6,8) [14,00 (7,0)]	,913
Farb-Figuren Test (max. 13 Punkte)	5,09 (2,2) [5,00 (4,0)]	4,54 (2,1) [5,0 (3,0)]	,019*
TMT-A (≤ 300 Sek.)	40,78 (28,8) [32,46 (18,5)]	33,87 (15,9) [30,00 (15,0)]	,037*
TMT-B (≤ 300 Sek.)	70,81 (49,1) [56,36 (37,0)]	66,95 (43,2) [53,00 (32,0)]	,349
Aufmerksamkeit (max. 20 Punkte)	15,27 (5,1) [17,00 (6,0)]	15,47 (5,1) [17,00 (6,0)]	,732
Zeitgefühl (≤ 100 Sek.)	54,73 (17,4) [55,50 (19,6)]	60,62 (20,2) [61,00 (22,5)]	,002*

Anmerkung: Mittelwert (Standardabweichung) [Median (Interquartilsabstand)] *Signifikante *p*-Werte des Mann-Whitney-U-Tests

Tabelle 2. Ergebnisse der Spearman-Korrelationen zwischen den DiCoDi®-Subtests und Paper&Pencil-Äquivalenten

Paper&Pencil Tests (Validierung)	DiCoDi®-Subtests									
	Wortpaare merken	Wortpaare merken verzögter Abruf	Zahlen und Buchstaben sortieren	Kreishüpfen	Farb- Figuren Test	TMT-A	TMT-B	Aufmerksamkeit	Zeitgefühl	
Wortpaare merken (WMS-IV)	,514**	,458**	,277**	,277**	,334**	-,319**	-,400**	,361**	,056	
Buchstaben- Zahlen-Folgen (WAIS)	,381**	,340**	,285**	,291**	,325**	-,297**	-,409**	,310**	,061	
Corsi Block Tapping Task	,343**	,280**	,237**	,356**	,300**	-,366**	-,410**	,326**	,099	
Farb-Figur-Test (ACL)	,343**	,331**	,249**	,256**	,300**	-,264**	-,294**	,303**	,011	
TMT-A	-,414**	-,390**	-,350**	-,323**	-,274**	,648**	,612**	-,393**	-,088	
TMT-B	-,533**	-,471**	-,413**	-,400**	-,385**	,607**	,674**	-,435**	-,192**	
Aufmerksamkeit (ACL)	,307**	,314**	,181*	,277**	,148*	-,414**	-,399**	,244**	,168**	

Anmerkung: **p* = ,05 * *p* < ,001**

3. STUDIE

Tabelle 3. Cut-Off Werte der DiCoDi® Subtests

DiCoDi®-Subtest	Cut-Off Wert	Interpretation
Wortpaare merken (max. 30 Punkte)	16 Punkte	≥ 16 Punkte = unauffällig
Wortpaare merken verzögerter Abruf (max. 10 Punkte)	6 Punkte	≥ 6 Punkte = unauffällig
Zahlen und Buchstaben sortieren (max. 15 Punkte)	7 Punkte	≥ 7 Punkte = unauffällig
Kreishüpfen (max. 27 Punkte)	9 Punkte	≥ 9 Punkte = unauffällig
Farb-Figuren Test (max. 10 Punkte)	4 Punkte	≥ 4 Punkte = unauffällig
TMT-A (≤ 300 Sek.)	50 Sek.	≤ 50 Sek. = unauffällig
TMT-B (≤ 300 Sek.)	95 Sek.	≤ 95 Sek. = unauffällig
Aufmerksamkeit (max. 20 Punkte)	11 Punkte	≥ 11 Punkte = unauffällig
Zeitgefühl (≤ 150 Sek.)	35-70 Sek	35-70 Sek. = unauffällig

4. VORTEILE DES DiCoDi® & EINSATZ IN DER PRAXIS

Vorteile des DiCoDi® gegenüber herkömmlichen kognitiven Verfahren sind die einfache, schnelle und personenunabhängige Durchführbarkeit sowie die automatische computerbasierte Auswertung, wodurch an Zeit und Personal gespart werden kann. Aktuell ist die Demenzdiagnostik noch von Papier- und Stift-Testungen dominiert, was mit einem hohen materiellen und auch zeitlichen Aufwand für alle Beteiligten verbunden ist. Zudem biete eine tablet-gestützte Testbatterie erweiterte Möglichkeiten, die bei Paper-&-Pencil-Verfahren nicht vorhanden sind.

Ebenso wird beim DiCoDi® innerhalb von 30 Minuten eine Vielfalt an relevanten kognitiven Funktionen (u. a. Aufmerksamkeit, Gedächtnis und Zeitgefühl) überprüft, wodurch eine umfassende Einschätzung des kognitiven Status ermöglicht wird.

Weiter ist der DiCoDi® ein tabletbasiertes Testverfahren, was schnell, einfach und selbstständig mit jedem Probanden unabhängig von dessen Hörfähigkeit durchführbar ist. Die rein visuelle Stimulusdarbietung des DiCoDi® ermöglicht zudem, das tatsächlich vorliegende kognitive Funktionsniveau zu erfassen. Es wird sichergestellt, dass schlechte Leistungen auf kognitive Einbußen zurückgehen und nicht auf mangelndes Instruktionsverständnis, falsche Item-Wahrnehmung oder erhöhte Ablenkung aufgrund einer geänderten Hörfähigkeit.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der digitalen Natur des DiCoDi®. Der DiCoDi® als digitalisierte Testbatterie ermöglicht externe Fehlerquellen, wie beispielsweise die Voreingenommenheit der Testleitung, zu minimieren als auch zusätzlich zu den Testergebnissen Reaktionszeiten und Antwortsequenzen zu erfassen.

Zudem bietet er größere Darbietungsmöglichkeiten und es ist keine räumliche Kapazität für die Lagerung der Testungen und Ergebnisse notwendig. Weiter ist der DiCoDi® ortsungebunden und kann somit überall in entsprechenden Settings durchgeführt werden.

Außerdem ist eine digitale Speicherung der Ergebnisse möglich. Der DiCoDi® kann dem Hörakustiker von Nutzen bei der Beratung und Adaption von Hörhilfen sein. Ziel ist es daher, mit dem DiCoDi® einen Test zur Verfügung zu stellen, wodurch sowohl HNO-Ärzte, Psychiatern, Neurologen und Neuropsychologen, Hörakustiker als auch weiteres

Gesundheitspersonal die Möglichkeit haben, frühzeitig kognitiv zu testen. Die Kombination von Hördiagnostik und kognitiven Tests ermöglicht dem Hörakustiker ein neues Feld an Dienstleistungen zu erschließen, insbesondere vor dem Zusammenhang von Hörvermögen und Kognition.

5. KONKLUSIONEN & AUSBLICK

Anhand der Streuung, Häufigkeitsverteilungen und Kriterien der Augenscheininvalidität wurden erstmals Cut-Off-Werte für den DiCoDi® ermittelt. Diese sind hilfreich, um kognitive Einschränkungen von altersgerechten kognitiven Leistungen frühzeitig abzugrenzen und die Früherkennung von Demenz zu verbessern.

In einem nächsten Schritt wird ein Summenscore formuliert, basierend auf der Gewichtung der Untertests, um eine umfassendere Bewertung der kognitiven Fähigkeiten zu ermöglichen und die Interpretation der Testergebnisse zu vereinfachen. Die DiCoDi®-Subtests stimmen mit häufig verwendeten und validierten Verfahren überein. Die konvergente und divergente Validität des Tests ist als gut bis sehr gut zu bewerten. Der DiCoDi® weist eine hohe Test-Retest-Reliabilität auf, was auf eine hohe Stabilität der Testergebnisse über die Zeit hindeutet. Zudem wird eine Parallelversion des DiCoDi® angestrebt, um eine kurzfristige Wiederholung des Tests zu ermöglichen. Diese Parallelversion wird helfen, Lern- und Übungseffekte zu minimieren und die Genauigkeit wiederholter Messungen zu verbessern. Eine weitere Idee ist es, den DiCoDi® zu einem Screening zu kürzen, welches aus den sensitivsten DiCoDi-Subtests besteht. Zudem ist der DiCoDi® einfach in andere Sprachen übertragbar.

In zukünftigen Studien ist geplant, den DiCoDi® in verschiedenen Bevölkerungsgruppen zu testen, um die allgemeine Anwendbarkeit und Zuverlässigkeit zu prüfen. Langzeitstudien sind ebenfalls vorgesehen, um die langfristige Prognosekraft des Tests zu bewerten. Technologische Weiterentwicklungen, wie die Integration von maschinellem Lernen, könnten die Genauigkeit und Effizienz des DiCoDi® weiter verbessern.

Es werden Methoden implementiert, um kontinuierliches Feedback von Anwendern und Experten zu sammeln, das in die fortlaufende Verbesserung des Tests einfließt. Dazu gehören regelmäßige Umfragen und Nutzerstudien. Kooperationen mit anderen Forschungseinrichtungen und Kliniken sind geplant, um den DiCoDi® weiter zu überprüfen und zu verbreiten. Diese Partnerschaften werden zur Verbesserung und breiteren Anwendung des Tests beitragen, ergänzende und erweiternde Daten liefern und die Anwendung auf andere klinische Gruppen ausdehnen.

Insgesamt zeigt die Entwicklung und Validierung des DiCoDi® vielversprechende Ergebnisse. Die geplanten Erweiterungen und zusätzlichen Studien werden dazu beitragen, die Zuverlässigkeit und Anwendbarkeit des Tests weiter zu stärken und die Möglichkeiten zur frühzeitigen Intervention von Demenz zu verbessern.

LITERATUR

- Ballasch, I., & Kessler, J. (Manuskript in Vorbericht): Kölner Instrument zur Erfassung der Ausgangsvoraussetzungen für Neuropsychologische Testungen: KANT.
- Brünecke, I., Hölsken, S., & Kessler, J. (2018). Der DemTect Eye+ Ear—Neues kognitives Screeningverfahren bei schwerhörigen Menschen mit Demenzverdacht. *Zeitschrift für Audiologie*, 57(3), 121.
- Corsi, P.M. (1972). Memory and the medial temporal region of the brain (Dissertation, McGill University Montreal). eScholarship@ McGill. <https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/05741s554>
- Davies, H. R., Cadar, D., Herbert, A., Orrell, M., & Steptoe, A. (2017). Hearing impairment and incident dementia: Findings from the English longitudinal study of ageing. *Journal of the American Geriatrics Society*, 65(9), 2074–2081.
- De Renzi, A., & Vignolo, L. A. (1962). Token test: A sensitive test to detect receptive disturbances in aphasics. *Brain*, 85(4), 665–678.
- Dupuis, K., Pichora-Fuller, M. K., Chasteen, A. L., Marchuk, V., Singh, G., & Smith, S. L. (2015). Effects of hearing and vision impairments on the Montreal Cognitive Assessment. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 22(4), 413–437.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state”: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198.
- Georges, J., Miller, O., & Bintener, C. (2020). Estimating the prevalence of dementia in Europe. Report N.
- Kalbe, E., Reinhold, N., Brand, M., Markowitsch, H. J., & Kessler, J. (2005). A new test battery to assess aphasic disturbances and associated cognitive dysfunctions—German normative data on the aphasia check list. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27(7), 779–794.
- Jorgensen, L., Palmer, C., & Fischer, G. (2014). Evaluation of hearing status at the time of dementia diagnosis. *Audiology Today*, 26(1).
- Lin, F. R., Yaffe, K., Xia, J., Xue, Q. L., Harris, T. B., Purchase-Helzner, E., ... & Health ABC Study Group, F. T. (2013). Hearing loss and cognitive decline in older adults. *JAMA Internal Medicine*, 173(4), 293–299.
- Livingston, G., Huntley, J., Sommerlad, A., Ames, D., Ballard, C., Banerjee, S., ... & Mukadam, N. (2020). Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *The Lancet*, 396(10248), 413–446.
- Livingston, G., Huntley, J., Liu, K. Y., Costafreda, S. G., Selbæk, G., Alladi, S., ... & Mukadam, N. (2024). Dementia prevention, intervention, and care: 2024 report of the Lancet standing Commission. *The Lancet*, 404(10452), 572–628.
- Meka, M. (2021). DEM-CHECK®. Itemselektion, Entwicklung und Zusammenstellung einer tabletbasierten neuropsychologischen Testbatterie inklusive Selbstbeurteilung für Menschen mit Hörverlust, ältere Menschen und Menschen mit ZNS-Änderungen (unveröffentlichte Bachelorarbeit). Universität zu Köln.
- Partington, J. E., & Leiter, R. G. (1949). Partington's Pathways Test. *Psychological Service Center Journal*.
- Schmitt, M., & Maes, J. (2000). Vorschlag zur Vereinfachung des Beck-Depressions-Inventars (BDI) [Simplification of the Beck Depression Inventory (BDI)]. *Diagnostica*, 46(1), 38–46.
- Völter, C., Thomas, J. P., Metzler, W., Guthoff, R., Grunwald, M., & Hummel, T. (2021). Sensory dysfunction in old age. *Deutsches Ärzteblatt International*, 118(29-30), 512.
- Völter, C., Götze, L., Bruene-Cohrs, U., Dazert, S., & Thomas, J. P. (2020). Hearing and cognition: Neurocognitive test batteries in otorhinolaryngology. *HNO*, 68, 155–163.
- Wechsler, D. (1955). Manual for the Wechsler adult intelligence scale. The Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2009). The Wechsler memory scale - fourth edition (WMS-IV). Pearson Assessments.

Notizen

WHITEPAPER

KONTAKT UND PARTNER WERDEN

Mit Veröffentlichung des DiCoDi®-Screenings 2024 wurde die Testung Gesundheitsexperten (HNO-, Allgemein-Ärzten, Kliniken, Universitären Einrichtungen und Hövakustikern) erfolgreich zur Verfügung gestellt, was die breite Anwendbarkeit und den praktischen Nutzen des DiCoDi® unterstreicht. Die Kombination von Hördiagnostik und kognitiven Tests eröffnet Hövakustikern ein neues Feld an Dienstleistungen, indem sie die Zusammenhänge zwischen Hörvermögen und kognitiven Fähigkeiten besser verstehen und darauf basierend gezielt beraten können.

Unser Ziel ist es, den DiCoDi® als etabliertes Werkzeug für die kognitive Diagnostik bei Menschen mit und ohne Hörverlust zu verbreiten. Wir sind überzeugt, dass der DiCoDi® einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Lebensqualität von Menschen mit Hörverlust leisten kann, indem er mit seiner einfachen Handhabung einen frühen Einsatz in der Praxis findet und so die Früherkennung einer dementiellen Entwicklung ermöglicht.

Weitere Informationen zu unserem Angebot finden Sie auf unserer Webseite unter www.dicodi.de. Für direkte Anfragen steht Ihnen Jan-Patric Schmid als Ansprechpartner zur Verfügung. Wir danken Ihnen für Ihr Interesse und freuen uns darauf, den DiCoDi® gemeinsam mit Ihnen in der Praxis zu implementieren und weiterzuentwickeln.

Für weitere Informationen und Anfragen:

KOJ hearing network
77855 Achern, Hänferstrasse 35
Dipl.-Ing. Jan-Patric Schmid,
Geschäftsführerender Gesellschafter
Email: jps@koj.training
Telefon: +49 7841 6825738



Veröffentlichung 07.08.2024/251223_Whitepaper

DANKSAGUNG

Wir möchten uns bei allen Teilnehmern und Partnerorganisationen bedanken, die zur Entwicklung und Validierung des DiCoDi® beigetragen haben. Ein besonderer Dank gilt der Uniklinik Köln und an die Mitarbeiter von KOJ für die wertvolle Zusammenarbeit.

