

Apraxie

Jennifer Randerath, Joachim Hermsdörfer

Das schnelle Erkennen der facettenreichen und durch Störung der motorisch-kognitiven Fähigkeiten gekennzeichnete Gliedmaßenapraxie gestaltet sich häufig schwierig. Oft ist sie durch andere Beeinträchtigungen wie Aphasie, Gedächtnisprobleme oder Hemiplegie verdeckt. Der Artikel gibt Hinweise zur Diagnostik und zu therapeutischen Ansätzen.



Apraktischer Fehler beim Zubereiten von Tee. Quelle: © K. Oborny/Thieme

Das Syndrom der Gliedmaßenapraxie (GA) ist eine Störung motorisch-kognitiver Fähigkeiten [1]. Diese äußert sich in Schwierigkeiten bei der Planung und Ausführung von kommunikativen Gesten, bedeutungslosen Gesten sowie bei Interaktionen mit bekannten und unbekanntem Werkzeugen und Objekten [2]. Die GA ist am häufigsten mit linksseitigen Hirnschädigungen in frontotemporo-parietalen Arealen und angrenzenden Bereichen verbunden. Die Beeinträchtigung ist von Störungen der basalen Motorik (z. B.

Hemiparese der rechten Extremität) oder der Sprache (Aphasie) abzugrenzen, die oft komorbid auftreten.

Etwa 30–50% der Schlaganfall-Betroffenen mit linksseitigen Hirnschädigungen und etwa 5–30% der Schlaganfall-Betroffenen mit Läsionen in der rechten Hemisphäre leiden an GA. Bisher wurde die Störung bei Schlaganfallpatient*innen am eingehendsten untersucht, jedoch können Aspekte der GA auch nach anderen neurologischen Erkrankungen auftreten, die typischerweise kognitive Funktionen beeinträchtigen [3].

In diesem Artikel konzentrieren wir uns auf das Syndrom der Apraxie, wie es schon Anfang des 20. Jahrhunderts von K. H. Liepmann mit einer Reihe klassischer Studien mit Gruppen von Hirngeschädigten beschrieben und klassifiziert wurde. Er damit den Grundstein für die Erforschung der Apraxie (z. B. [4]). Basierend auf seinen Beobachtungen definierte Liepmann 3 Subtypen der GA:

- a) Bewegungen, die ungenau und unbeholfen erscheinen (gliedkinetische Apraxie)
- b) inhaltliche bzw. konzeptuelle Probleme beim Produzieren oder Nachahmen einer einzelnen Handlung (ideomotorische Apraxie)
- c) Schwierigkeiten bei der Durchführung von mehrschrittigen Handlungen, z. B. Auslassen von Einzelaspekten oder Vertauschen der Reihenfolge von Zwischenschritten. So wird der Toaster zum Toasten angeschaltet, ohne das Brot hineinzugeben, oder der Wasserkocher ohne Wasser betätigt (ideatorische Apraxie).

Während es also bei der ideomotorischen und ideatorischen Apraxie entsprechend der Begrifflichkeit eher um Probleme auf konzeptueller Ebene im Bereich der Bewegungsplanung und -ausführung handelt, bildet die gliedkinetische Apraxie eher Schwierigkeiten bei der Bewegungskoordination ab.

Die meisten Studien und gängigen Diagnostikinstrumente der heutigen Zeit konzentrieren sich auf die ideomotorische und ideatorische Apraxie. Da die Subtypen a–c begrifflich oft miteinander verwechselt werden und auch die Fachliteratur unter den schwammigen Begriffsübersetzungen der Originalliteratur von Liepmann leidet, empfehlen wir in Anlehnung an Goldenberg [5], für den klinischen Alltag die gestörten Aspekte der GA immer auch anhand der auffälligen Tests und Verhaltensbeobachtungen zu klassifizieren. Damit soll ein übereinstimmendes Verständnis der individuell vorliegenden Problematik sichergestellt werden.

Diagnostik

Das schnelle Erkennen der facettenreichen GA gestaltet sich häufig schwierig, da sie zusätzlich durch andere offensichtliche Beeinträchtigungen wie Aphasie, Gedächtnisprobleme oder Hemiplegie verdeckt werden kann. Für die Diagnostik eignen sich je nach Situation entweder Screenings oder umfassendere Instrumente. Generell wird für eine reliable Bewertung die Verwendung unterschiedlicher Subtests empfohlen, die sich mit verschiedenen Aspekten des GA-Syndroms befassen [6]. Die einzelnen Subtests dauern in der Regel zwischen 2 und 15 Minuten. Die Dauer der Durchführung variiert stark mit der Schwere der individuellen Beeinträchtigung im getesteten Aspekt. Die klas-

sischen Gesten-Tests können als Bedside-Tests verwendet werden. Aufgaben mit Werkzeugen und Objekten sowie die Abklärung einer möglichen fehlenden Einsicht für die Störung (Anosognosie) können durchgeführt werden, wenn die Betroffenen an einem Tisch sitzen und eine Ausdauer von etwa 20 Minuten aufweisen. Für die Anosognosie bei Apraxie ist der Forschungsstand noch sehr dürftig. In den letzten Jahren wurden jedoch die ersten Fragebögen zur Diagnostik entwickelt [7, 8].

Wir gehen im Folgenden vertiefend auf die ideomotorische und ideatorische Apraxie ein und beschreiben typische Aufgaben, die in der Diagnostik eingesetzt werden. Die Abbildungen zeigen Beispiele aus dem Diagnostic Instrument for Limb Apraxia, DILA-S [9]. Im Anschluss machen wir den Versuch, mit dem heutigen Kenntnisstand die gliedkinetische Apraxie und die Möglichkeiten der Diagnostik einzuordnen. (► **Abb. 4**)

Ideomotorische Apraxie

Die ideomotorische Apraxie manifestiert sich in motorisch-kognitiven Aufgaben wie dem Imitieren von bedeutungslosen oder bedeutungsvollen Gesten, dem pantomimischen Werkzeuggebrauch oder/und im Umgang mit einzelnen Werkzeugen. (► **Abb. 7**)

Klassische Ansätze (Gesten)

Klassischerweise werden Aufgaben eingesetzt, die die Benutzung von Gesten untersuchen. Dies kann das Nachahmen gezeigter Körperhaltungen oder Bewegungen beinhalten (*Imitation*) oder Aufgaben, die die Person anweisen, eine bestimmte Handlung so vorzuführen, als wäre sie real (*Pantomime*). Gesten-Tests bringen den großen Vorteil mit, dass sie einfach und schnell zu untersuchen sind, sobald das Instruktionsverständnis seitens der Betroffenen gesichert ist. Für die Personengruppe in der akuten Genesungsphase, die schnell ermüdet oder das Bett kaum verlassen kann, existieren drei- bis zehnteilige Screeningverfahren, die sich auf wenige Gesten beschränken, z. B. Apraxie-Screen von Tulia [10] oder Kölner Apraxie-Screening [11]. Ein speziell für Menschen mit Demenz entwickeltes Screeningverfahren ist der Demenz-Apraxie-Test [12].

Imitation von Gesten Der Patient ahmt die demonstrierte Handlung oder Handhaltung nach. Dabei wird zwischen der Imitation bedeutungsvoller Gesten (z. B. Militärgruß) und bedeutungsloser Gesten (► **Abb. 1**) unterschieden. Die Imitation der Handstellungen erfordert nach Goldenberg [1] die Fähigkeit, kategoriale Eigenschaften des Körpers in räumlicher Beziehung zueinander zu setzen. Bei bedeutungsvollen Gesten kann auf semantisches Wissen zurückgegriffen werden.

Eine schlechtere Leistung in der Imitation von bedeutungslosen Gesten zeigt häufig assoziierte Läsionskarten in vor allem linksparietalen Arealen [13].

Pantomime des Werkzeuggebrauchs Im Allgemeinen wird die Person gebeten, mit einer Geste zu zeigen, wie man einen bestimmten Alltagsgegenstand üblicherweise verwendet (► **Abb. 2**). Die Bewegung sollte so ausgeführt werden, als ob der Gegenstand in der Hand gehalten würde (z. B. ein Bügeleisen mit zylindrischem Griff/Faustgriff). Die Anweisungen werden verbal gegeben (z. B. „Bitte zeigen Sie mir, wie Sie ein Bügeleisen benutzen würden“). Je nach Diagnostikinstrument wird dazu ein farbiges Bild des Objekts präsentiert (z. B. Bügeleisen). Bewertet werden verschiedene Merkmale der Geste wie die Handhaltung bzw. der Griff, der Bewegungsinhalt und die räumliche Darstellung der Bewegung. Für die Pantomimeleistung wird angenommen, dass sie Aspekte der Kommunikation (z. B. dem Gegenüber inhaltlich verständlich gemachte Geste) sowie der motorischen Kognition (z. B. Bewegungsplanung) abbildet.

Eine Studie bei Schlaganfall-Betroffenen mit linkshemisphärischen Schädigungen verglich Fehlertypen der Pantomime miteinander [14]. Die Ergebnisse zeigten unterschiedlich assoziierte Läsionsareale für BPO-Fehler (inferior frontal) versus Bewegungsfehler (inferior parietal).

Der tatsächliche Werkzeuggebrauch (einzelne Werkzeuge)

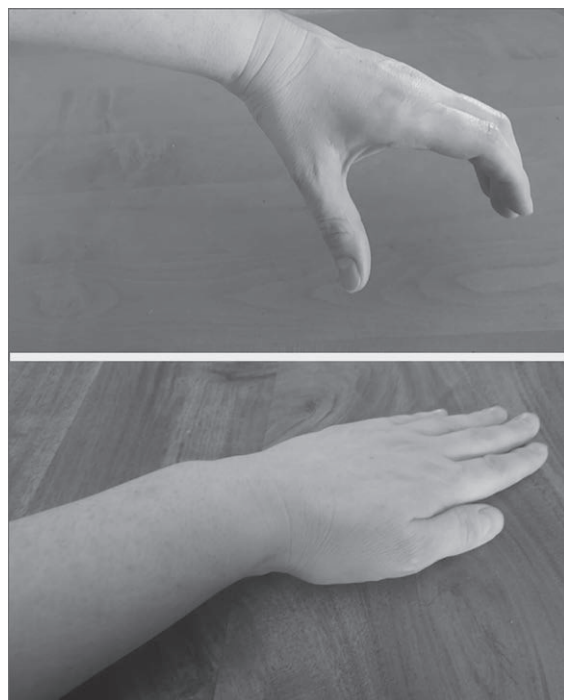
Um einzuschätzen, ob Betroffene mit GA in der Lage sind, Aufgaben des täglichen Lebens zu bewältigen, erscheinen alltagsnahe Settings hilfreich.

Für die Diagnostik des Umgangs mit einzelnen Werkzeugen unterscheidet man die *Auswahl* und *Nutzung* von *neuartigen* versus *bekannten* Werkzeugen und Objekten (► **Abb. 3**). Für den Umgang mit neuartigen Werkzeugen wird angenommen, dass vor allem mechanisches Problemlösen wichtig ist, während die Nutzung bekannter Objekte im gesunden Zustand vornehmlich über semantischen Wissensabruf leistbar ist [15]. Betroffene mit GA können sowohl Probleme mit der Auswahl des korrekten Werkzeugs haben als auch mit der Anwendung dessen am Zielobjekt.

Eine kürzlich veröffentlichte Schlaganfallstudie zu linkshemisphärischen Hirnschädigungen [13] zeigte einen Unterschied in den Läsionskarten zwischen den Werkzeugtypen. Während eine beeinträchtigte Selektion der Familiar Tools mit Schädigungen in eher ventralen Hirnarealen (fronto-temporal) assoziiert war, zeigten sich für die beeinträchtigte Selektion der Novel Tools eher dorsale Läsionskarten (frontoparietal). Ein ähnliches Bild ergab sich für die Bewegungsausführung, wenn auch hier mehr Überlappung der Läsionskarten für die beeinträchtigte Nutzung von Novel

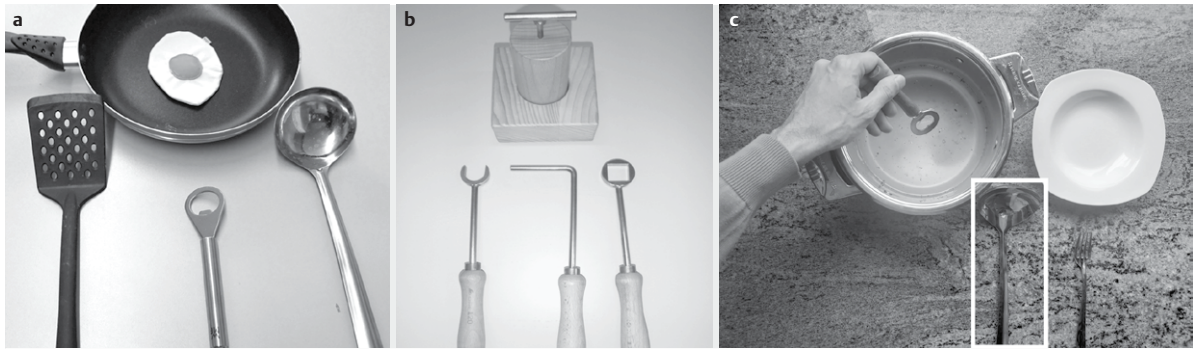


► **Abb. 1** Im Beispiel ist bei der vorgemachten bedeutungslosen Handstellung im Bild links der Daumen unter der Nase. Bei der imitierten Handstellung im Bild rechts sind die räumlichen Beziehungen der Körperteile zueinander falsch: Der Daumen wird an die Wange gehalten.



► **Abb. 2** Den Patient*innen wird in der Pantomimeaufgabe des DILA-S ein Foto gezeigt. Im Beispiel links sollten sie pantomimisch darstellen, wie man mit einem Bügeleisen bügelt. Abgebildet sind 2 Grifffehler. Oben ist die Handöffnung zu weit, das Bügeleisen fiel aus der Hand. Unten wurde ein sog. Body-Part-as-Object (BPO)-Fehler produziert: Die flache Hand wird als Bügeleisen verwendet. Für einige Objekte (z. B. Schere) werden BPO-Fehler auch bei Gesunden beobachtet (z. B. Zeige- und Mittelfinger als Schneideblätter). Betroffene mit Apraxie machen häufiger BPO-Fehler als Gesunde und zeigen diese auch bei für diesen Fehler sonst untypischen Objekten, wie das Bügeleisen.

Tools bzw. Familiar Tools insbesondere in inferiorfrontalen und parietalen Arealen zu sehen war.



► **Abb. 3 a–c** Dargestellt sind jeweils ein Test-Item aus dem Familiar Tools Test und aus dem Novel Tools Test des DILA-S. Im 1. Schritt wird die Auswahl des am besten passenden Werkzeugs evaluiert. Im 2. Schritt soll dann mit dem korrekten Werkzeug das Zielobjekt sinnvoll bedient werden. In **a** sollte z. B. das Ei mit dem Pfannenwender herausgenommen werden, und in **b** sollte das Werkzeug mit dem U-förmigen Haken unter das T des Zylinders geschoben werden, um das Objekt aus der Fassung zu heben. **c** Der Patient wählte für das Suppeschöpfen den Flaschenöffner anstelle der ebenso präsentierten Kelle und tauchte diesen ratlos in die Flüssigkeit.



► **Abb. 4** Typische apraktische Fehler bei mehrschrittigen Aufgaben beinhalten teils erstaunliche Fehler, wie die falsche Objektauswahl (z. B. mit dem Messer den Zucker aufnehmen), die Nutzung der Hände als Werkzeuge (z. B. mit dem Finger Marmelade verstreichen) oder die falsche Anwendungskombination von Objekten. Beispielsweise kann es sein, dass Betroffene beim Frühstückzubereiten den Teebeutel (**a**) oder das kochende Wasser in den Toaster (**b**) geben statt in die Tasse.

Ideatorische Apraxie nach Liepmann

Aufgaben mit mehrschrittigen Handlungen erlauben die Evaluation komplexerer alltagsnaher Handlungen mit unterschiedlichen Objekten, z. B. bei der Zubereitung von

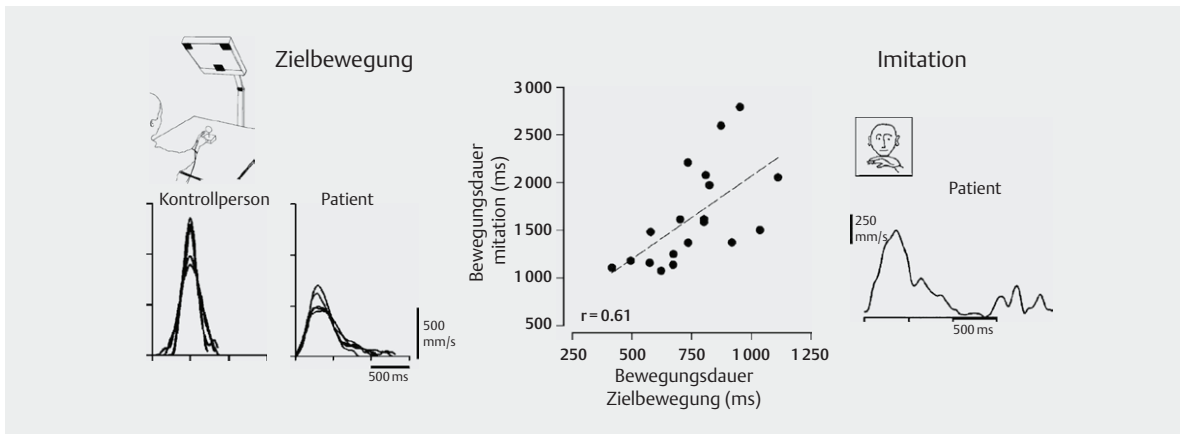
Frühstück. Mehrschrittige Aufgaben fordern neben den motorisch-kognitiven Fähigkeiten für Einzelhandlungen vor allem exekutive Funktionen, um z. B. die Aufgabe zu komplettieren bzw. Schritte in korrekter Reihenfolge durchzuführen. Bei diesen Aufgaben kann man zudem auch Schwierigkeiten aufgrund von visuräumlichen Störungen evaluieren, die nicht auf die Apraxie zurückzuführen sind, wenn z. B. vor allem auf einer Seite des Settings die relevanten Objekte von den Betroffenen unbeachtet bleiben.

Studien weisen darauf hin, dass die erfolgreiche Durchführung mehrschrittiger Handlungen durch Hirnschädigungen unterschiedlichster Lokalisation behindert werden kann [16]. So beschreibt der Titel einer Patientenstudie von Hartmann, Goldenberg et al. [17] sehr treffend: „It takes the whole brain to make a cup of coffee.“

Gliedkinetische Apraxie nach Liepmann

Hugo Liepmann schlug die gliedkinetische Apraxie als eine weitere Form der Apraxie vor, bei der hochüberlernte Bewegungserinnerungen, die im kontralateralen sensomotorischen Kortex gespeichert sind, nicht abrufbar sind. Das Defizit führt zu verlangsamten, ungenauen und ungeschickten Handbewegungen. Aus heutiger Sicht kann die Existenz derartiger Defizite jenseits von elementaren motorischen oder sensorischen Störungen, wie in der Definition von Apraxie gefordert, als gesichert angesehen werden. Große Unsicherheit existiert aber hinsichtlich der Charakteristika der motorischen Störungen und der assoziierten Hirnschädigungen.

Auf der Basis der obigen Definition wurde eine gliedkinetische Apraxie neben Schlaganfall bei unterschiedlichen Erkrankungen des zentralen Nervensystems diagnostiziert, wie bei der Parkinson-Erkrankung [18]. Anders als bei ideomotorischer und ideatorischer Apraxie existiert allerdings kein etabliertes Testverfahren, und es werden sehr unterschiedliche Defizite beschrieben. Als Methode wurde das Rotieren einer Münze zwischen den Fingern als Ge-



► **Abb. 5** Störung bei der Ausführung einfacher Zielbewegungen mit der nichtparetischen linken Hand nach linksseitiger Hirnschädigung: Im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen ist die Bewegungsdauer in der Patientengruppe verlangsamt. Der Grund liegt in einer zeitlichen Verlängerung der Zielannäherung mit langsamen Geschwindigkeiten (s. Geschwindigkeitsprofil links). Das Defizit in der Zielannäherung zeigt sich auch im Geschwindigkeitsprofil und in der Bewegungsdauer der Transportbewegung der Hand im Imitationstest (rechte und mittlere Darstellung). Diese Störung korreliert allerdings nicht mit der Zahl apraktischer Fehler bei der Imitation bedeutungsloser Gesten (nicht dargestellt). Das heißt, im Imitationstest zeigen sich sowohl die apraktische Imitationsstörung mit Fehlern in den Handstellungen als auch die in diesem Abschnitt beschriebene ipsiläsionale Störung in kinematischen Aspekten. Quelle: © Hermsdörfer J, Blankenfeld H, Goldenberg G. The dependence of ipsilesional aiming deficits on task demands, lesioned hemisphere, and apraxia. *Neuropsychologia* 2003; 41(12): 1628–1643

schicklichkeitstest vorgeschlagen [18]. Allerdings sind die Sensitivität und Spezifität des speziellen Tests im Vergleich zu anderen Verfahren weitgehend unklar. Für die schwierige Abgrenzung von elementaren motorischen und sensorischen Defiziten wurden Verhaltenstests wie die Feststellung der Maximalkraft zusammen mit einer Überprüfung der Integrität relevanter Hirnstrukturen wie der kortikospinalen Bahnen vorgeschlagen [19].

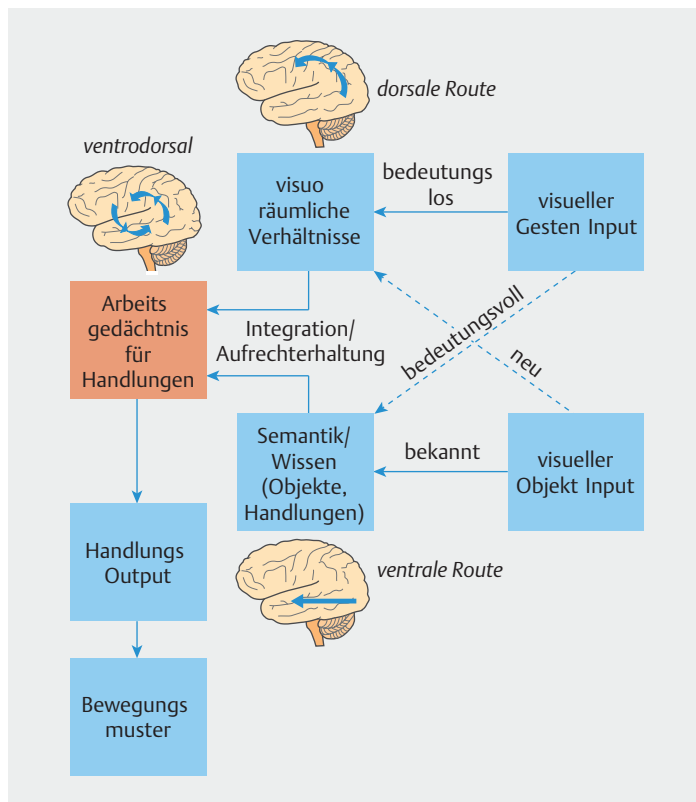
In einer Vielzahl von Untersuchungen bei Schlaganfallpatient*innen wurden zudem Bewegungsdefizite auf der ipsiläsionalen Seite, also bei Bewegungen der nichtparetischen Hand festgestellt. Meist fand sich kein starker Zusammenhang mit ideomotorischer oder ideatorischer Apraxie, allerdings waren die Störungen – wie im Fall der typischen Apraxien – bei linksseitigen Hirnschädigungen stärker ausgeprägt [20]. Diese Beobachtungen führen zur Annahme einer Spezialisierung der linken Hemisphäre für die Kontrolle von vor allem dynamischen Aspekten der Fein- und Zielmotorik [21] (► **Abb. 5**). Ipsiläsionale Handfunktionsdefizite können in Alltagsleistungen erhebliche Einschränkungen bedeuten und sind daher für die Rehabilitation von großer Relevanz [22].

Die genaue Abgrenzung von anderen Apraxieformen und die Frage der Lateralität der Kontrollmechanismen bedürfen weiterer Klärung. Insgesamt erscheint es unwahrscheinlich, dass die beschriebenen Handfunktionsstörungen verursacht durch entweder a) eine Schädigung motorischer Programme in umschriebenen kontralateralen Gehirnarealen oder b) durch eine Schädigung der für As-

pekte der Fein- und Zielmotorik dominanten linken Hemisphäre oder c) durch degenerative Hirnerkrankungen in ihren Mechanismen identisch sind. Eine einfache Zusammenfassung dieser Störungen durch den Begriff „gliedkinetische Apraxie“ bleibt daher problematisch. Vielmehr sollte sich weitere Forschung den spezifischen Charakteristika auf der Ebene des Verhaltens und der Gehirnschädigung widmen. Verwendete Testmethoden sollten der Vielfältigkeit von Feinmotorikdefiziten gerecht werden.

Kognitive Modelle der Apraxie

► **Abb. 6** stellt ein modifiziertes klassisches Modell der GA mit essenziellen Komponenten dar, welche die Originalautoren durch Fallstudien an apraktischen Patienten identifizierten [23]. In dem vereinfachten Modell führt Wahrnehmung z. B. von visuellen Stimuli (z. B. Gesten oder Objekte) je nach Stimulustyp zu der Verarbeitung durch eine von 2 Routen. Die eine Route verarbeitet und speichert Informationen und aktiviert Wissen (Semantik), die 2. Route bearbeitet visuell-räumliche Aspekte von z. B. Körperteilen oder manipulierbaren Objekten im Handlungsraum, die für die Handlungsausführung relevant sind. Es folgt die Frage, wie Handlungswissen und Onlineinformation über die visuell-räumlichen Zusammenhänge verknüpft werden. Die Annahme ist, dass Arbeitsgedächtnismechanismen mit dem Aufrechterhalten, der Manipulation und der Integration von Information bei der Selektion und der Spezifikation des Handlungsplans unterstützen. Der resultierende Plan wird dann über ein Output-Modul in Bewegungen umgesetzt.



► **Abb. 6** Simplifizierte Version des kognitiven Modells nach Rothi [23]. Weitere Details und Einordnung finden sich z. B. unter <https://dx.doi.org/10.18148/kops/352-2-963roebfu0cr4>

Therapie

Therapeutische Interventionen bei einer Apraxie sollten möglichst früh im Rehabilitationsprozess beginnen. Die Symptome (Störungen der Imitation, Probleme mit kommunikativen Gesten und/oder Objektgebrauch) gefährden eine unabhängige Lebensführung [24] und können die Neurorehabilitation in unterschiedlichen Bereichen behindern: Imitation ist wichtig in der Physio- und Ergotherapie, kommunikative Gesten dienen der Kompensation in der Therapie von Sprachstörungen, der Gebrauch von Werkzeugen ist in vielen Bereichen wesentlich, wie etwa der Gebrauch von Schreibutensilien. Grundsätzliche Trainingsprinzipien aus der Neurorehabilitation zeigen sich ebenfalls bei der Therapie von Apraxien als vorteilhaft: hohe Intensität (z. B. täglich 1 Stunde über 4 Wochen), fehlerfreies Lernen (Fehlervermeidung durch entsprechendes Setup bzw. Korrekturen durch die Therapeut*innen), Shaping (individuelle Anpassung der Schwierigkeit) und Feedback (zu Erfolgen und Misserfolgen).

Zwei therapeutische Ansätze, ein Gestentraining und ein Training von Alltagsaktivitäten, sind bisher die am besten untersuchten Therapien mit Erfolgen. Das Gestentraining nach Smania et al. [25] besteht aus Übungen zur Gesten-

produktion mit einem Umfang von insgesamt 35 ca. einstündigen Sitzungen. Trainiert wird mit Hinweisreizen abnehmender Saliens, wie etwa der Demonstration der tatsächlichen Ausführung, der Darstellung einer Pantomime oder einer Abbildung. Bei einigen trainierten Patient*innen konnten Verbesserungen auch nach 2 Monaten festgestellt werden. Das Training von Alltagsaktivitäten nach Geusgens et al. [26] berücksichtigt die Bedürfnisse des Individuums in seiner spezifischen Umgebung. Dazu dürfen Teilnehmer*innen für sie wichtige zu trainierende Alltags-handlungen auswählen. Die individuellen Einschränkungen durch die Apraxie werden identifiziert und spezifische Strategien werden eingesetzt (z. B. Selbstverbalisierung von Abläufen: Als Erstes schraube ich die Kappe von der Zahnpastatube ab, dann ...). Der Trainingsansatz führte zu Verbesserungen in trainierten und nichttrainierten Alltagsaktivitäten, die auch nach 5 Monaten Bestand hatten.

In einer erfolgversprechenden Pilotstudie von Buchmann et al. [27] wurde ein ähnlicher Ansatz eingesetzt. Der Ansatz beinhaltet jedoch zusätzlich zum Training verschiedener Alltagsaktivitäten die Selbstevaluation von Defiziten und Erfolgen sowie Rückmeldungen der Therapeut*innen [28]. Dies soll die Selbstwahrnehmung der Leistung bei Alltagshandlungen verbessern. Im Vergleich zu 5 Kontrollpatient*innen ohne spezifisches Training konnten sich 2 an der Therapie teilnehmende Patient*innen in den trainierten und untrainierten Aufgaben verbessern.

Aktuelle Entwicklungen zeigen ein gesteigertes Interesse an alternativen Therapieansätzen bei Apraxie. Kompensatorische Ansätze wie assistierende Coach-Systeme können Audio- und Videoinstruktionen zur Unterstützung der Handlungsausführung bieten, z. B. beim Händewaschen [29]. „Augmented Reality“ hat das Potenzial, holografische Hinweisreize in das Blickfeld zu integrieren. Apraktische Störungen konnten damit reduziert werden [30, 31]. Jedoch wurden bei dem Einsatz dieser Ansätze neben dem Potenzial ebenfalls die aktuellen Limitationen hinsichtlich Ergonomie, Bedienbarkeit und möglicher Überstimulation deutlich.

Auch die Zahl der Studien mit nichtinvasiver Hirnstimulation nimmt kontinuierlich zu. Eine Stimulation relevanter Hirnareale während der Durchführung bzw. kombiniert mit einem Training von Gesten oder Handlungen kann zu Verhaltensverbesserungen führen [32].

Die Effektivität, die Machbarkeit und die Nachhaltigkeit derartiger technischer Ansätze im Kontext der klinischen Apraxietherapie muss allerdings weiter evaluiert werden. Dabei bleiben auf Verhaltensebene die Symptombreite der Störung, die Transfereffekte auf ungeübte Aufgaben sowie die Relevanz der Trainingseffekte im Alltag der Betroffenen zu berücksichtigen.

Autorinnen/Autoren



Jennifer Randerath

PD Dr. Psychologische Psychotherapeutin, VT.
Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der
Forschungs-, Lehr- und Praxisambulanz der
Fakultät für Psychologie, Universität Wien.
Gastwissenschaftlerin an der Universität
Konstanz, Lurija Institut für Rehabilitationswis-
senschaften und Gesundheitsforschung. Sie

leitet die Arbeitsgruppe Motorische Kognition und Neurorehabili-
tation und forscht als Scientist Practitioner zu Themen der
Neuropsychologie von den Grundlagen bis zur klinischen
Anwendung.



Joachim Hermsdörfer

Prof. Dr. Lehrstuhl für Bewegungswissenschaft
in der Fakultät für Sport- und Gesundheitswis-
senschaften an der Technischen Universität
München. Seine Forschung widmet sich den
Gesetzmäßigkeiten menschlicher Bewegun-
gen und assoziierter neuronaler Mechanismen
im Kontext von Altern, Sport und neurologi-
schen Erkrankungen.

Korrespondenzadresse

PD Dr. Jennifer Randerath

Forschungs-, Lehr- und Praxisambulanz der Fakultät für
Psychologie an der Universität Wien
Renngasse 6–8
1010 Wien
Österreich
E-Mail: jennifer.randerath@univie.ac.at

Prof. Dr. Joachim Hermsdörfer

Lehrstuhl für Bewegungswissenschaft
Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaft
Technische Universität München
Georg-Brauchle Ring 60-62
80992 München
Deutschland
E-Mail: joachim.hermsdoerfer@tum.de

Literatur

- [1] Goldenberg G. *Apraxia: The cognitive side of motor control*. Oxford, New York: Oxford University Press; 2013
- [2] Randerath J. Syndromes of limb apraxia: Developmental and acquired disorders of skilled movements. In: Brown GGK, King TC, Haaland KY, Crosson B, eds. *APA Handbook of Neuropsychology*. Washington: American Psychological Association; 2023
- [3] Buchmann I et al. Limb apraxia profiles in different clinical samples. *Clin Neuropsychol* 2020; 34: 217–242
- [4] Liepmann H. *Apraxie*. In: Brugsch H, Hrsg. *Ergebnisse der gesamten Medizin*. Wien: Urban & Schwarzenberg; 1920: 516–543
- [5] Goldenberg G. *Apraxia: The cognitive side of motor control*. Oxford: Oxford University Press; 2013
- [6] Butler J. How comparable are tests of apraxia? *Clinical Rehabilitation* 2002; 16: 389–398
- [7] Kusch M et al. Reduced awareness for apraxic deficits in left hemisphere stroke. *Neuropsychology* 2018; 32: 509
- [8] Buchmann I et al. Assessing anosognosia in apraxia of common tool-use with the VATA-NAT. *Frontiers in Human Neuroscience* 2018; 12: 119
- [9] Randerath J et al. Diagnostic Instrument for Limb Apraxia: Short Version (DILA-S). 2017 Im Internet https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/handle/123456789/41339/Randerath_2-1uq46vs8q2f0i8.pdf?sequence=1; Stand: 06.01.2023
- [10] Vanbellingen T et al. A new bedside test of gestures in stroke: The Apraxia Screen of TULIA (AST). *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 2011; 82: 389–392
- [11] Weiss P et al. *Kölnner Apraxie Screening*. Göttingen: Hogrefe; 2013
- [12] Johnen A et al. Dementia Apraxia Test (DATE): A brief tool to differentiate behavioral variant frontotemporal dementia from Alzheimer's dementia based on apraxia profiles. *Journal of Alzheimer's Disease* 2016; 49: 593–605
- [13] Stoll S et al. 100 years after Liepmann: Lesion correlates of diminished selection and application of familiar versus novel tools. *Cortex* 2022; 146: 1–23
- [14] Finkel L et al. It takes two to pantomime: Communication meets motor cognition. *Neuroimage Clin* 2018; 19: 1008–1017
- [15] Goldenberg G, Hagmann S. Tool use and mechanical problem solving in apraxia. *Neuropsychologia* 1998; 36: 581–589
- [16] Bieńkiewicz M et al. The tool in the brain: Apraxia in ADL: Behavioral and neurological correlates of apraxia in daily living. *Frontiers in Psychology* 2014; 5: 353
- [17] Hartmann K et al. It takes the whole brain to make a cup of coffee: The neuropsychology of naturalistic actions involving technical devices. *Neuropsychologia* 2005; 43: 625–637
- [18] Vanbellingen T et al. Impaired finger dexterity in Parkinson's disease is associated with praxis function. *Brain Cogn* 2011; 77: 48–52
- [19] Binkofski F. *Apraxien*. *Neurologie up2date* 2020; 3: 275–294
- [20] Hermsdorfer J, Blankenfeld H, Goldenberg G. The dependence of ipsilesional aiming deficits on task demands, lesioned hemisphere, and apraxia. *Neuropsychologia* 2003; 41: 1628–1643
- [21] Schaefer SY, Haaland KY, Sainburg RL. Ipsilesional motor deficits following stroke reflect hemispheric specializations for movement control. *Brain* 2007; 130: 2146–2158
- [22] Maenza C et al. Functional deficits in the less-impaired arm of stroke survivors depend on hemisphere of damage and extent of paretic arm impairment. *Neurorehabil Neural Repair* 2020; 34: 39–50
- [23] Rothi LJG, Ochipa C, Heilman KM. A cognitive neuropsychological model of limb praxis. In: Rothi LJG, Heilman KM, eds. *Apraxia: The Neuropsychology of Action*. Hove (UK): Psychology Press; 1997: 29–49
- [24] Unsal-Delialioglu S et al. Effects of ideomotor apraxia on functional outcomes in patients with right hemiplegia. *International Journal of Rehabilitation Research* 2008. doi:10.1097/MRR.0b013e3282fc0fb9
- [25] Smania N et al. Rehabilitation of limb apraxia improves daily life activities in patients with stroke. *Neurology* 2006; 67: 2050–2052
- [26] Geusgens C et al. Transfer effects of a cognitive strategy training for stroke patients with apraxia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 2007; 29: 831–841
- [27] Buchmann I et al. A combined therapy for limb apraxia and related anosognosia. *Neuropsychol Rehabil* 2020; 30: 2016–2034
- [28] Randerath J, Buchmann I, Löser A. *Naturalistic Action Therapy: Manual*. 2019; Im Internet https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/handle/123456789/45632/Randerath_2-16e2befmh72jz2.pdf?sequence=1; Stand: 06.01.2023
- [29] Pastorino M et al. Preliminary evaluation of a personal healthcare system prototype for cognitive eRehabilitation in a living assistance domain. *Sensors* 2014; 14: 10213–10233
- [30] Rohrbach N et al. Improvement of apraxia with augmented reality: Influencing pantomime of tool use via holographic cues. *Frontiers in Neurology* 2021. doi:10.3389/fneur.2021.711900
- [31] Rohrbach N et al. An augmented reality approach for ADL support in Alzheimer's disease: A crossover trial. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* 2019; 16: 1–11
- [32] Ant JM et al. Anodal tDCS over left parietal cortex expedites recovery from stroke-induced apraxic imitation deficits: A pilot study. *Neurol Res Pract* 2019; 1: 38