

Die ideationale Schreibstörung

Übersicht und Fallbericht

R. Meyer-Wahl, M. Rijntjes¹, H. Wolfram², K. Wegner², C. Weiller¹, C. Dettmers

Neurologisches Therapiezentrum, Hamburg

¹*Neurologische Klinik des Universitätsklinikums Eppendorf*

²*Klinik für Neurologie der Friedrich-Schiller-Universität, Jena*

Zusammenfassung

Wir beschreiben einen Patienten, bei dem 6 Monate nach dem Auftreten einer linkshemisphärischen, hochparietal gelegenen Blutung die Diagnose einer ideationalen Schreibstörung, d. h. einer apraktischen Agraphie ohne konstruktive Apraxie, gestellt werden konnte. Diese Störung steht bei dem Patienten im starken Kontrast zu der sonst nur geringfügigen Beeinträchtigung der Sprache und Motorik, der erhaltenen Fähigkeit des Lesens, des Buchstabierens, der sensorischen, konstruktiven und räumlich-visuellen Fähigkeiten.

Im Gegensatz zu vielen Patienten, deren Schrift im Rahmen der Agraphie zu sehr beeinträchtigt ist, um nachvollziehbare Interpretationen zuzulassen, zeigen sich in diesem Fall Substitutionen von Graphen, die eine ähnliche Form aufweisen, die Vermischung von Groß- und Kleinbuchstaben und Verschmelzung aufeinanderfolgender Graphen. Die Fähigkeit, spontan oder nach Diktat zu schreiben, ist stärker beeinträchtigt als das Abschreiben von einer Vorlage. Dies verdeutlicht, daß spezifische motorische Bewegungsmuster gestört sind, die den Buchstaben seiner Handschrift ihre Gestalt geben, während andere motorische Leistungen mit gleicher visuell-räumlicher Komplexität erhalten sind. Dies zeigt, daß eine apraktische Schreibstörung auch ohne eine begleitende konstruktive Apraxie vorkommen kann.

Schlüsselwörter: ideationale Agraphie, apraktische Agraphie

Ideational agraphia: a single case study

R. Meyer-Wahl, M. Rijntjes, H. Wolfram, K. Wegner, C. Weiller, C. Dettmers

Abstract

We present a case study of a patient with apraxic agraphia without apraxia (ideational agraphia) diagnosed six months after intracerebral left-hemispheric bleeding. His deficit in handwriting contrasts with his slight impairment of speech, the intact reading and oral spelling, and unimpaired praxic or visuo-constructional skills.

In contrast to many agraphic patients, having a too profound graphic disturbance to permit any interpretation, we had the opportunity for detailed analysis. There was a difficulty to access the correct motor programmes or sequences for writing, while drawing pictures of the same visuo-constructional complexity seemed to be unimpaired. This case confirms that apraxic agraphia can be distinguished from ideomotor limb apraxia.

Key words: ideational agraphia, apraxic agraphia

Neurol Rehabil 2000; 6 (5): 235-244

Einleitung

Eine Schreibstörung (Agraphie) ist ein meist wenig beachtetes Defizit. Dies liegt daran, daß Schreiben eine im Vergleich zum Sprechen wenig praktizierte Form der Kommunikation ist, somit eine Störung des Schreibens dem Patienten und den Angehörigen lange nicht auffällt und häufig auch klinisch nicht gezielt getestet wird. Eine gleichzeitig bestehende Hemiparese und Aphasie stehen bei linkshemisphärischer Läsion oft klinisch im Vordergrund, und eine Schreibstörung ist dann auch häufig nicht abzugrenzen.

Wird die Schreibstörung schließlich als neuropsychologisches Phänomen untersucht, besteht noch zusätzlich die

Schwierigkeit, sie von anderen neuropsychologischen Phänomenen zu differenzieren zumal bei vielen Patienten mit linkshemisphärischer Läsion sowohl eine Apraxie als auch eine Aphasie bestehen. Die Störungen können sich im Schriftbild überlagern oder die Schreibstörung kann einer Apraxie subsumiert werden.

Die ideationale Schreibstörung oder ideationale Agraphie, d. h. eine apraktische Schreibstörung ohne begleitende Apraxie, wie wir dies im weiteren darstellen möchten, bleibt häufig unerkannt oder findet in den beiden anderen Störungen ihre scheinbare Erklärung.

Dies macht den im folgenden geschilderten Fall eines Patienten mit einer fast isoliert vorliegenden ideationalen

Schreibstörung interessant. Neben der selten diagnostizierten Schreibstörung erlaubt das noch ausreichend gut erhaltene Schriftbild den Nachweis typischer apraktischer Fehler beim Schreiben.

Übersicht: Die verschiedenen Formen der Agraphie

Es gibt verschiedene spezifische Leistungen, die im Zusammenspiel miteinander die Verarbeitung und Produktion von Schriftsprache ermöglichen. Am übersichtlichsten ist es, die zwei wesentlichen funktionellen Systeme herauszustellen, die selektiv gestört sein können und somit spezielle Agraphieformen charakterisieren. Wichtige Sonderformen der Agraphie sowie andere neuropsychologische Störungen, die ebenfalls Einfluß auf die Produktion und Verarbeitung von Schriftsprache haben, werden wir – soweit sie für unseren Fall relevant sind – in der Diskussion von der vorliegenden Störung abgrenzen.

Prinzipiell existieren zwei Systeme, um Wörter zu schreiben und zu lesen [1, 5, 6, 8, 12]: die »analytische Route« und die »Ganzwortroute«.

Störungen dieser beiden Routen werden als zentrale Agraphie der peripheren gegenübergestellt.

Zentrale Agraphie

1.) Die »analytische Route« [6] bedient sich der Phonem-Graphem-Konversion, d. h. einzelne Wortlaute, Phoneme, werden direkt in Grapheme bzw. Buchstaben umgewandelt. Auf diese Weise können unbekannte, erfundene, nicht-existierende Wörter den phontaktischen Regeln der Landessprache entsprechend geschrieben und gelesen werden. Eine Störung dieses funktionellen Systems wird als phonologische Agraphie bezeichnet [18].

2.) Die »Ganzwortroute« bedient sich des orthographischen Lexikons, aus dem es häufig wiederholte Worte im Sinne visueller Wortbilder abrufen kann ebenso wie Wörter, deren Schreibweise sich nicht nach den phontaktischen Regeln der Landessprache richten wie z. B. Regisseur, Rhythmus, Garage [6, 8]. Dysfunktionen dieses lexikalischen Systems werden als lexikalische Agraphie bezeichnet [1, 18].

Periphere Agraphie, Störung der motorischen Komponente, ideationale Agraphie

Störungen der beiden oben genannten funktionellen Systeme können als zentrale Agraphie der peripheren Agraphie gegenübergestellt werden, die die spezifischen motorischen Bewegungsmuster betrifft, die zum Schreiben der einzelnen Buchstaben notwendig sind [6].

Linguistische und nicht-linguistische Agraphie

Eine andere Einteilung, die der Gegenüberstellung von zentraler und peripherer Schreibstörung ähnelt, unterteilt die Agraphien in linguistische Formen und nicht-linguistische Formen [8, 11]. Der etwas weiter gefaßte Überbegriff

der linguistischen Agraphien umfaßt Störungen der »Ganzwortroute«, der »analytischen Route« sowie alle Störungen des Schreibens, die im Rahmen einer Aphasie auftreten können.

Die nicht-linguistischen Formen beinhalten die apraktische und ideationale Agraphie (apraktische Agraphie ohne Apraxie), die von dem Begriff der peripheren Agraphie erfaßt werden, und beziehen zusätzlich die spatiale Agraphie als Ausdruck einer visuospatialen Störung mit ein [11].

Da sich in unserem Fall die Störung der motorischen Komponente am ehesten als apraktisch bezeichnen läßt, sprechen wir von einer apraktischen Agraphie ohne Apraxie, auch ideationale Agraphie genannt.

Charakteristisch für diese Form ist, daß das motorische Programm für die Formgebung der Buchstaben nicht in korrekter Weise ausgewählt oder abgerufen werden kann [21]. Dies führt zu einem Zusammenbruch der Buchstabenmorphologie und Bewegungsabfolge [11].

Die Feststellung einer reinen apraktischen Agraphie ohne Apraxie, auch ideationale Agraphie genannt, setzt ein intaktes Lesen, Buchstabieren und das Fehlen einer generellen Sprachstörung sowie das Fehlen motorischer oder sensorischer (visueller oder propriozeptiver) Störungen voraus [12].

Falldarstellung

Anamnese

Herr F. war ein 58-jähriger Patient, der unter Antikoagulation wegen absoluter Arrhythmie mit Vorhofflimmern eine intrazerebrale Blutung hoch parietal links erlitt (Abb. 1). Initial imponierten ein sensibles und motorisches Hemisyndrom rechts. Im Verlauf kam es vorübergehend zu einer deutlichen Verschlechterung der neurologischen Symptomatik mit Vigilanzeinschränkung sowie einer im CCT sichtbaren Zunahme der Einblutung mit Ödem und Mittellinienverlagerung.

Daraufhin wurde eine osteoplastische Trepanation mit Hämatomausräumung durchgeführt. Bei der anschließenden Aufnahme auf der Stroke Unit in unserer Klinik bestanden eine Dysarthrie, eine brachiofazial betonte Hemiparese rechts (rechter Arm plegisch, rechtes Bein spastische Parese KG M3–4), ein Hemineglect der rechten Seite, eine Anästhesie und Analgesie der rechten Seite und eine Hemianopsie rechts.

Bereits während des 11-tägigen stationären Aufenthalts waren die Dysarthrie, die Hemiparese rechts und der Hemineglect rechts deutlich rückläufig.

Ein etwa 3 Monate dauernder Aufenthalt in einer Rehabilitationsklinik erbrachte eine weitere Verbesserung.

Hier wurde trotz einer umfangreichen neurologischen und neuropsychologischen Rehabilitation keine Schreibstörung diagnostiziert.

Aufgrund von zwei symptomatischen, sekundär generalisierten Krampfanfällen wurde der Patient zur Carbamazepineinstellung erneut in unserer Klinik aufgenommen.

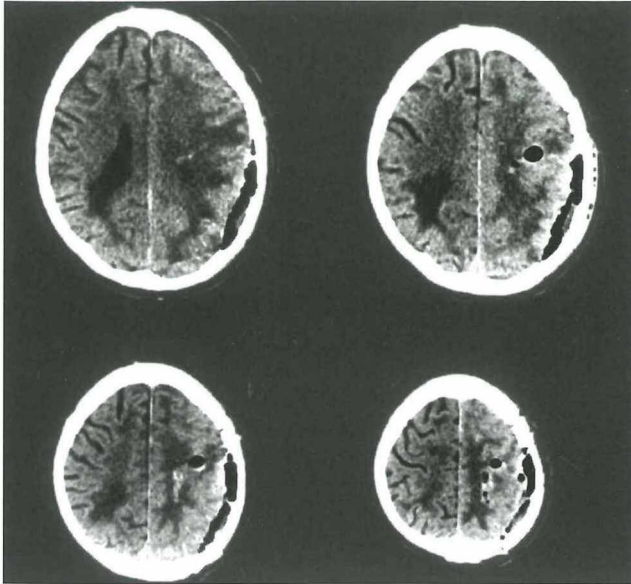


Abb. 1: CCT: Z. n. Schädelreparatur links parietal, multiple Lufteinschlüsse, vereinzelte Blutungsreste im Marklager links parietal, Marklagerhypodensitäten beidseits

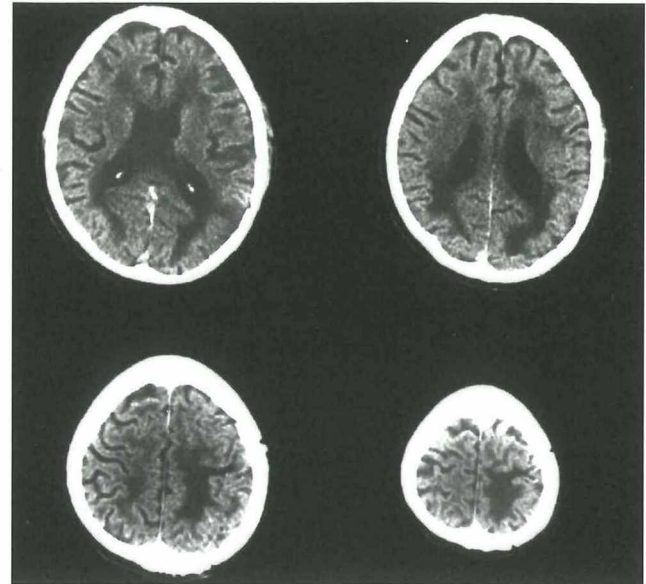


Abb. 2: CCT: flächenhafte Hypodensitäten im Marklager beidseits und Ventrikelerweiterung als Hinweis auf deutliche SAE. Diskrete Asymmetrie mit Erweiterung des linken Seitenventrikels
Zusätzlich Marklagerdefekt hochparietal links vermutlich als Defektzustand nach der Blutung

Zum Aufnahmezeitpunkt war nur noch eine minimale Parese rechts nachzuweisen. Die Feinmotorik war nur sehr wenig gestört. Eine Hypästhesie bestand nur noch an der Außenseite des rechten Oberarms. Eine Dysarthrie war nicht mehr nachweisbar. Es bestand ein sensibler Hemineglekt rechts. Es war keine Hemianopsie mehr nachweisbar. In der normalen Unterhaltung war keine phasische Störung offenkundig.

Neuroradiologische Befunde der zerebralen Computertomographien (CCT)

- 06.08.98: Links-temporoparietale, intrazerebrale Blutung mit perifokalem Ödem und Mittellinienverlagerung.
- 08.08.98: Z. n. Schädelreparatur links parietal, multiple Lufteinschlüsse, vereinzelte Blutungsreste im Marklager links parietal, Marklagerhypodensitäten beidseits (Abb.1).
- 11.08.98: Sulci links parietal noch leicht verquollen, geringe Reste an Lufteinschlüssen; Blut weitgehend resorbiert.
- 29.11.98: Flächenhafte Hypodensitäten im Marklager beidseits und Ventrikelerweiterung als Hinweis auf deutliche SAE. Diskrete Asymmetrie mit Erweiterung des linken Seitenventrikels. Zusätzlich Marklagerdefekt hochparietal links als Folgezustand der intrazerebralen Blutung (Abb. 2).

Neuropsychologischer Befund

Der Patient erschien bei Aufnahme sechs Monate nach der Blutung im spontanen Gespräch unauffällig. Es wurden bei

flüssiger Sprachproduktion keine semantischen und phonematischen Paraphrasen nachgewiesen. Der Aachener Aphasia Test (AAT) ergab jedoch leichte Hinweise auf eine sensorisch-amnestische Aphasie. Im alterskorrigierten Token Test erreichte Herr F. 75% der maximalen Punktzahl, bei den jeweils geprüften Leistungen des Nachsprechens 91%, des Benennens 88% und des Sprachverständnisses 76%. Im Gegensatz zu diesen als leicht einzuschätzenden Störungen erreichte der Patient nur 54% der Punkte bei der Prüfung der Schriftsprache.

Ergebnisse der Untertests	erreichte Punktwerte	Prozent
Token Test (alterskorr.)	14	75
Nachsprechen	144	91
Schriftsprache	53	54
Benennen	106	88
Sprachverständnis	96	76

Tab. 1: Ergebnisse der Untertests

Die neuropsychologische Testung ergab eine generalisierte, mittelgradige Leistungsminderung des Gedächtnisses, des konzeptionellen Denkens und des Rechnens. Die Befunde waren mit einer beginnenden vaskulären Demenz bei im CCT deutlichen Hinweisen für eine subkortikale arteriosklerotische Enzephalopathie (SAE) zu vereinbaren. Im Gegensatz zu den nur noch sehr geringen motorischen und aphasischen Störungen imponierte die deutlich ausgeprägte Schreibstörung.

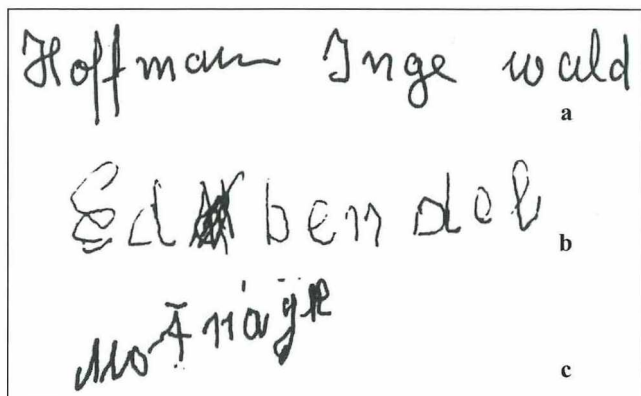


Abb. 3a-c:

- a: Schriftprobe einige Monate vor der Blutung
 b: »Edbendel« als erfundenes Wort, eine Funktion der »analytischen Route«
 c: »Montage« als Wort mit irregulärer Schreibweise, eine Funktion der »Ganzwortroute«

Befunde der Schreibprüfung

Schriftprobe vor der Blutung

Die Schriftprobe einige Monate vor der Blutung zeigt die unbeeinträchtigte Buchstabenfolge (Abb. 3a).

Zeitunglesen, Lesen und Schreiben erfundener, nicht-existierender Wörter

Herr F. war in der Lage, flüssig und mit Sinnverständnis aus der Zeitung laut vorzulesen. Bei längeren, zusammengesetzten, abstrakten Wörtern wie z. B. Lohnsteuerrückzahlung, Bruttosozialprodukt sowie bei erfundenen Wörtern sprach er die einzelnen Silben aus, bis sich ihm die Bedeutung des einzelnen Wortes erschloß oder er zu erkennen gab, daß dieses Wort mit keiner ihm bekannten Bedeutung verbunden war. Beim Schreiben und Lesen erfundener Wörter und dem Schreiben gebräuchlicher Wörter zeigten sich keine verwertbaren Unterschiede (Abb. 3b). Beim Schreiben von Worten mit atypischer Schreibweise zeigte sich keine Zunahme orthographischer Fehler (Abb. 3c).

Schreiben des Alphabets ohne und mit Vorlage

Während Herr F. gut und ohne Stockungen lesen konnte, dauerte es circa 30 Minuten, bis er auf ein weißes Blatt Papier die Buchstaben des Alphabets geschrieben hatte. Dabei korrigierte er das Erscheinungsbild der veränderten Buchstaben immer wieder mit dem vagen Gefühl, einen Fehler gemacht zu haben. Er hielt häufig im Schreiben inne und versuchte unbeholfen, einzelne Buchstaben auszubessern, indem er eine Schleife oder einen Strich an einer Stelle ergänzte. Bisweilen strich er einen Buchstaben durch und begann erneut.

So begann Herr F. beispielsweise das kleine »a« nicht mit einem Aufstrich, sondern in der Mitte des Buchstabens, um von dort unsicher einen Strich nach oben und nach links zu

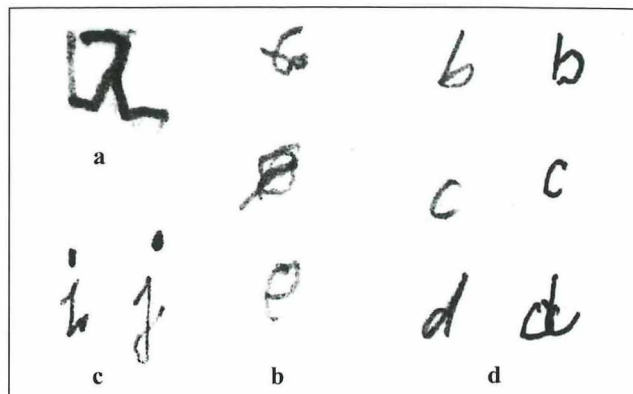


Abb. 4a-d:

- a: Die veränderte Strichfolge ist bei dem »a« besonders gut nachvollziehbar
 b: Drei mühsame Versuche um die richtige Gestalt des »e«
 c: Die Bewegungsfolge der Buchstaben »i« und »j« ist gut erhalten
 d: Beim Abschreiben übernimmt Herr F. deutlich die vorgegebenen Formelemente der Handschrift des Untersuchers, gut erkennbar beim »b«
 Die visuell-kinetische Informationsverarbeitung erscheint intakt. Die intern generierten oder gespeicherten Bewegungsmuster dagegen können nicht abgerufen werden

ziehen. Er benötigte dafür mehrere Minuten (Abb. 4a). Deutlich wird, daß die Bewegungsabfolge gänzlich verändert ist, auch wenn das »Endprodukt« dem angestrebten Buchstaben ähnlich sieht.

Beachtenswert ist auch das kleine »e«, das erst um 180° rotiert erscheint, um dann nach einem weiteren vergeblichen Versuch des Patienten, die Schleife richtig zu positionieren, seine endgültige Form zu erhalten (Abb. 4b).

Im Gegensatz zu diesen mühsamen Bemühungen um die richtige Darstellung dieser Buchstaben scheint das graphische Muster der Buchstaben »i« und »j« noch in seiner ursprünglichen Form erhalten zu sein (Abb. 4c).

Die Buchstabenproduktion wurde deutlich schneller und die graphische Darstellung der einzelnen Buchstaben fast fehlerfrei beim Abschreiben von einer Vorlage. Allerdings blieb auch hier die Abfolge der Bewegungselemente für die Buchstaben unbeholfen, wie z. B. deutlich beim Buchstaben »d« zu sehen ist. Der Vorgang ähnelte mehr dem Abmalen als dem Abschreiben (Abb. 4d).

Schreiben von Wörtern nach Diktat und nach Vorlage

Beeindruckend ist der Vergleich zwischen dem nach Diktat und nach Vorlage geschriebenen Satz: »Heute scheint die Sonne draußen.« (Abb. 5a).

Das große »H«, der erste Buchstabe von »Heute«, sowie der erste Buchstabe seines Vornamens und damit seiner Unterschrift, verdient dabei besondere Beachtung: Bei seiner Unterschrift, ein überlernter Vorgang, läßt sich die ursprüngliche Form des Buchstabens gut erkennen. Herr F. begann den Buchstaben mit einem »Fähnchen«, dem eine Schleife nach unten und eine Schleife nach oben folgten (Abb. 5b). Beim Schreiben desselben Buchstabens nach Diktat begann Herr F. den Buchstaben regelrecht mit einem »Fähnchen« und dem Ansatz der Schleife nach unten.

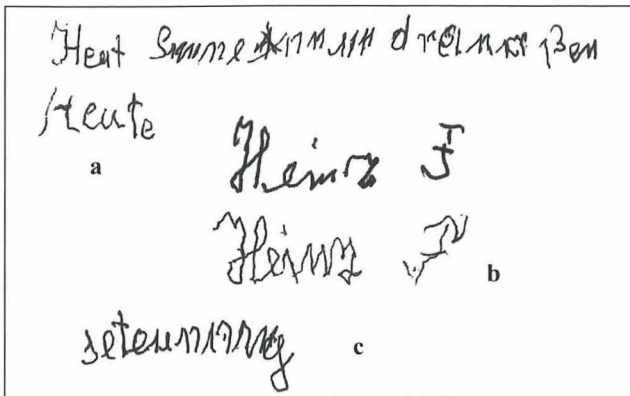


Abb. 5a-c:

- a: Schreiben nach Diktat (oben) und nach Vorlage (unten). Besondere Beachtung verdient das »H«
- b: Bei der Unterschrift mit der linken Hand hat diese Zugriff auf die Bewegungsmuster, die sonst nur die rechte Hand ausführt. Die Unterschrift des Patienten mit der rechten Hand (oben) und mit der linken Hand (unten) läßt als überlernter Vorgang auf die ursprüngliche Form des »H« schließen. Das sonst so mühevoll »e« gelingt hier problemlos
- c: Bei der Endsilbe »ung« des Wortes werden die Schwierigkeiten des Patienten bei repetitiven Strichsequenzen deutlich

Dann hielt er inne, die motorische Sequenz schien abgebrochen. Nach einer kurzen Pause ergänzte er zögernd den Buchstaben mit zwei Strichen zu einem »H«.

Wurde Herr F. jedoch aufgefordert, einen vorliegenden Satz laut vorzulesen und dann nochmals auf eine Zeile darunter zu schreiben, schrieb er ihn nicht »spontan« oder aus dem Gedächtnis bzw. durch den Ablauf vorher automatisierter Bewegungsmuster, sondern er malte die Buchstaben ab, wobei seine Blicke in häufigem Wechsel zwischen der Vorlage und dem von ihm »geschriebenen« Buchstaben hin- und herglitten. Dementsprechend läßt sich in dem vorliegenden großen »H« (von »Heute«) die deutliche Gemeinsamkeit mit der Vorlage erkennen, die nichts mehr mit dem aus zwei Schleifen bestehenden »H« seiner Unterschrift gemeinsam hat.

Des weiteren finden sich in dem Wort »Sonne« (vgl. Abb. 5a) genauso wie in dem Wort »Auseinandersetzung« (Abb. 5c) im motorischen Programm sogenannte repetitive Strichsequenzen, wie die Aufstrich-Abstrich-Aufstrich-Abstrich-Sequenz des kleinen »n«, die in erschwerter Form bei dem Wort »Sonne« zweimal direkt hintereinander zu leisten ist. Fast die gleiche Schwierigkeit ist bei der Endung »ung« des Wortes »Auseinandersetzung« zu bewältigen.

Weitere spezielle Schreibfehler

Beim Wort »Apfel« findet sich eine Buchstabensubstitution. Statt dem kleinen »p« schrieb Herr F. ein kleines »g« (Abb. 6a). Eine ähnliche Substitution findet sich bei dem Wort »Ampel«. Das kleine »p« ist hier durch ein kleines »q« ersetzt (Abb. 6b). Selbiges ist auch in dem Wort »Wetter« zu beobachten. Statt dem großen »W« steht hier ein »M« (Abb. 6c).

Bei dem Wort »Quark« sind das »R« und das »K« deutlich als Großbuchstaben zu erkennen (Abb. 7a), genauso wie

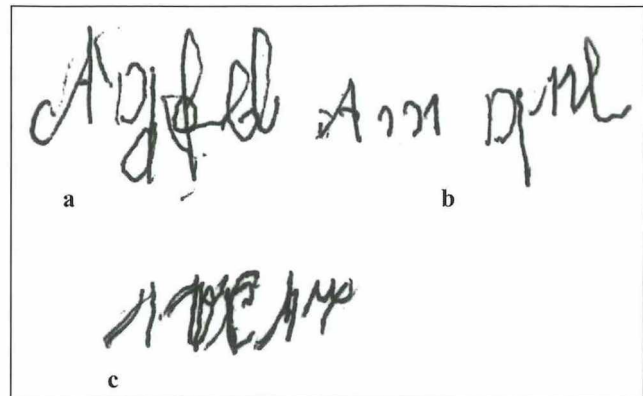


Abb. 6a-c:

- a: Buchstabensubstitution als Ausdruck einer Störung bei ähnlicher Bewegungsabfolge des angestrebten Allographen (kein orthographischer Fehler) (»g« statt »p«)
- b: Buchstabensubstitution als rechts-links Inversion des angestrebten Buchstaben (»q« statt »p«)
- c: Versuch, das Wort »Wetter« zu schreiben. Buchstabensubstitution als oben-unten Inversion des angestrebten Buchstaben (»M« statt »W«)

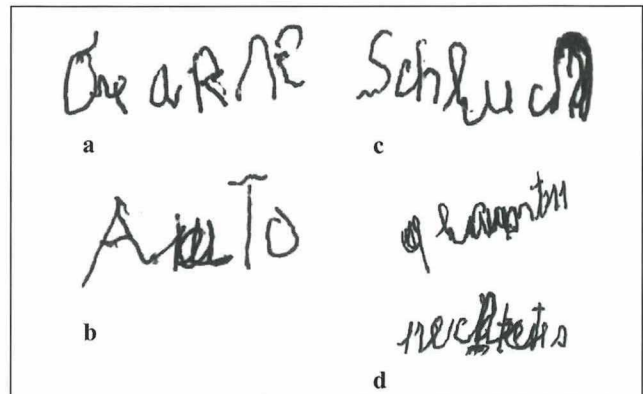


Abb. 7a-d:

- a: Vermischung von Groß- und Kleinbuchstaben als Fehler auf der graphemischen Ebene
- b: Ein weiteres Beispiel für die Vermischung von Groß- und Kleinbuchstaben »T« statt »t«
- c: Verschmelzung von »h« und »t« im Sinne eines Überspringens des motorischen Systems von einem Buchstaben auf den anderen
- d: Herr F. verbessert seine Graphen bis zur Unkenntlichkeit. Ein Hinweis auf eine ungestörte sensorische Funktion bzw. eine intakte graphemische Region

bei dem Wort »Auto« das große »T« (Abb. 7b).

Eine Verschmelzung zweier aufeinanderfolgender Buchstaben, des kleinen »h« und des nachfolgenden kleinen »t«, zeigt sich bei dem Wort »Schlucht« (Abb. 7c).

Unterschrift mit der rechten und der linken Hand

Der Patient war in der Lage, den Vornamen im Vergleich zu dem sonst sehr stockenden und langsamen Schreibvorgang mühelos zu schreiben. Das »H« erschien mit seinen »Fähnchen« und seinen zwei Schleifen, und auch das sonst so beschwerliche kleine »e« (vgl. Abb. 4b) ging dem Patienten schnell von der Hand (Abb. 5b). Beim Nachnamen je-

doch fand sich wieder beim Buchstaben »d« die oben beschriebene Substitution.

Beim Schreiben des Nachnamens mit der linken Hand fanden sich wieder eine Perseveration der Buchstabenfolge »dri« sowie eine Verwechslung des kleinen »h« mit dem großen »H«.

Ausschluß einer konstruktiven Apraxie und einer Störung der räumlichen Orientierung

Eine konstruktive Apraxie und eine Störung der räumlichen Orientierung konnte bei den vorliegenden Zeichnungen eines Hauses und eines Zifferblattes ausgeschlossen werden (Abb. 8a und b).

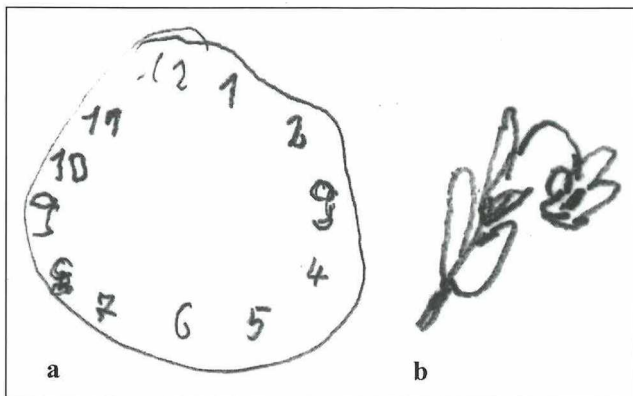


Abb. 8a-b:

a: Figur 18 – Zifferblatt: sorgfältige Anordnung der Ziffern als Ausschluß einer Störung der räumlichen Orientierung, aber weitere Fehler im Sinne einer Agraphie: typische Substitution bei der Zahl »3«. Herantasten an die Zielform durch zwei Kreise bei der »8«

b: Blume zum Ausschluß einer konstruktiven Apraxie

Die Zahl »3« weist wieder die für eine apraktische Störung typische Substitution auf.

Die Zahl »8« zeigt den Versuch, sich an die Zielform durch das Zusammenfügen von zwei kleinen Kreisen heranzutasten, während der normale motorische Bewegungsablauf nicht mehr verfügbar ist.

Es ergaben sich keine Schwierigkeiten beim Anfertigen perspektivischer Zeichnungen, dem selbständigen Ankleiden sowie beim Zeitunglesen.

Ausschluß einer ideomotorischen und einer ideatorischen Apraxie

Wir prüften Ausdrucksbewegungen (z. B. militärisch grüßen, eine lange Nase machen), den Gebrauch imaginärer Objekte (z. B. kämmen), bedeutungslose Bewegungen (z. B. Handrücken unter das Kinn legen) sowohl nach verbaler Aufforderung als auch imitatorisch und für beide Arme getrennt. Wir stützten uns in unserer Testung auf die in der Literatur dazu aufgeführten Aufgaben [14]. Alle Bewegungen wurden zügig ausgeführt und erkannt. Auch für eine ideatorische Apraxie beim Ausführen alltäglicher

Routinehandlungen oder bei Handlungssequenzen mit mehreren Objekten, z. B. Kaffeekochen, fanden sich keine Hinweise.

Diskussion

Im folgenden werden wir eine Störung der beiden Haupt Routen des Lesens und Schreibens bei unserem Patienten ausschließen, die als zentrale Agraphie bezeichnet wird [6]. Anschließend zeigen wir, daß es sich um eine spezifisch apraktische Störung bei der Realisierung von Graphemen im Sinne einer Unterform einer peripheren Agraphie handelt. Schließlich werden wir andere nicht-linguistische Agraphieformen sowie neuropsychologische Phänomene von der vorliegenden Störung abgrenzen. Wir werden ein mögliches Erklärungsmodell diskutieren und den Versuch einer Lokalisation für die verschiedenen Störungen unternehmen.

Ausschluß einer Störung der Phonem-Graphem-Konversion und des orthographischen Lexikons

Bei Störungen eines der in der Einleitung erläuterten Wege des Lesens und Schreibens kommen die Eigenschaften und Beschränkungen der jeweils relativ besser erhaltenen Route verstärkt zum Ausdruck [6]. Bei isoliert oder besser erhaltener Ganzwortroute ist zu erwarten, daß häufige und vertraute Worte besser gelesen werden als seltene und daß erfundene Worte überhaupt nicht gelesen und geschrieben werden können. Dies ist bei unserem Patienten nicht der Fall (Abb. 3b). Wenn die Funktion der analytischen Route fehlerfrei funktioniert, können über sie auch erfundene Worte gelesen werden. Bei geschädigter Ganzwortroute würden Worte mit atypischer Schreibweise allerdings dann nach den phontaktischen Regeln regularisiert, z. B. »Montaje« statt Montage (Abb. 3c). Die Fehler, die Herr F. beim Schreiben des Wortes »Montage« unterlaufen, finden doch eher ihre Ursache in einer Störung der Buchstabenmorphologie als in einer Störung der Ganzwortroute. Insbesondere beim »t« scheint eine große Unsicherheit hinsichtlich der richtigen Position des Querbalkens zu bestehen. Die Gestalt von Groß- und Kleinbuchstaben scheint sich zu vermischen. Beim Lesen aus der Zeitung und einer Liste erfundener Worte erscheinen beide Routen intakt. Insbesondere der rasche Wortfluß beim Lesen ist ein Hinweis auf eine intakte Ganzwortroute.

Nachweis spezifisch apraktischer Störungen bei der Realisierung von Graphemen

Es gibt drei Hauptrepräsentationen von Buchstaben: Graphem, Allograph und Graph.

Das Graphem ist eine übergeordnete abstrakte Spezifikation von bestimmten Buchstaben, die in verschiedenen Formen ausgedrückt werden kann (z. B. schriftlich, mündlich, auf der Schreibmaschine) [11]. Jedes Graphem ist auf einer untergeordneten Ebene durch eine Anzahl von Allographen repräsentiert [5]. Das Graphem »a« ist in unserer Hand-

schrift durch drei oder mehrere Allographen (A, a, α) vertreten. Der Allograph weist dem Buchstaben somit eine spezifische Gestalt zu.

Jeder Allograph wird bei unterschiedlichen Personen oder bei der selben Person bei unterschiedlichen Gelegenheiten eine andere Umsetzung, ein anderes Aussehen erhalten. Die unterste Stufe der Hierarchie ist der konkrete Graph, die Form, die der Kugelschreiber oder der Bleistift auf einem Blatt Papier hinterlassen haben.

Alle drei Aspekte waren in unserem Fall gestört.

Fehler auf der allographischen Ebene

Eine Störung auf der allographischen Ebene führt somit zu Störungen der Buchstabenform ohne Störungen bei der Auswahl der Buchstaben, wie dies bei dem Wort »Apfel«, »Ampel« und »Wetter« in Form einer Buchstabensubstitution der Fall ist. Der Patient sucht den richtigen Buchstaben auf der graphemischen Ebene aus und kann das Wort richtig buchstabieren, dennoch substituiert er ihn mit einem in seiner Morphologie ähnlichen Buchstaben. Im Gegensatz dazu kann sich eine Störung der graphemischen Ebene darin zeigen, daß einzelne Buchstaben innerhalb eines Wortes fehlerhaft ausgewählt werden und sich in das Schriftbild des Wortes einpassen, sprich eine Transposition eines Buchstabens mit einer Akkomodation stattfindet [5].

Die Fehler belegen sehr deutlich, daß es sich nicht um eine linguistische Störung handelt. Herr F. war in der Lage, das Wort richtig zu buchstabieren. Die allographische Ähnlichkeit der motorischen Repräsentation ist als Ursache dieser Substitution anzusehen. Die Fehler haben offensichtlich ihren Ursprung in der gestörten Übersetzung des allographischen Codes in das graphische Produkt. Das bedeutet, daß beispielsweise sowohl das große »W« als auch das große »M« in der Handschrift von Herrn F. aus zwei Zaken bestehen, genauso wie das »p« und das »q« sich aus einer ähnlichen Bewegungsfolge zusammensetzen. Dies sind daher keine orthographischen oder linguistischen Fehler, sondern horizontale oder vertikale Inversionen der angestrebten Buchstaben, d. h. eine apraktische Störung der Bewegungsfolge.

Fehler auf der graphemischen Ebene

Ein Fehler auf der graphemischen Ebene war das Vermischen von Groß- und Kleinbuchstaben innerhalb eines Wortes. Hierbei ist die Selektion der jeweiligen motorischen Bewegungsfolge gestört; statt des gewünschten Kleinbuchstabens wurde ein Großbuchstabe ausgeführt. Die Störung liegt also schon bei der Auswahl des Buchstabens und ist nicht im Prozeß der Übersetzung in seine graphische Gestalt zu finden.

Fehler auf der graphischen Ebene

Eine weitere Fehlerart zeigte sich bei bestimmten Graphen an der Stelle, wo für ihre Ausführung eine Bewegung nötig

ist, die sich in dem angrenzenden Graphen ebenfalls zeigt. Es resultierte eine Umschaltung des motorischen Systems von dem angefangenen Graphen zum nächsten Graphen, wobei im Schriftbild schließlich beide Graphen verschmolzen. Dies zeigte sich in dem Wort »Schlucht« (Abb. 7c), bei dem das kleine »h« mit dem nachfolgenden »t« verschmolz. Auch dieser Fehler ist auf keinen Fall als linguistischer Fehler anzusehen, sondern vielmehr bezeichnend für die apraktische Störung bei der Ausführung der richtigen Graphen.

Fehler bei repetitiven Strichsequenzen

Weiterhin zeigten sich Schwierigkeiten bei repetitiven Aufstrich-Abstrich-Sequenzen wie beim zweifach hintereinanderfolgenden »n« des Wortes »Sonne« sowie bei der Endung »ung« des Wortes »Auseinandersetzung«. Fehler dieser Art werden als Hinweis dafür gewertet, daß der einzelne Strich die fundamentale Einheit in der motorischen Programmierung von Buchstaben darstellt [11]. Dafür spricht auch, daß Einzel-Strich-Fehler auch beim Gesunden gefunden werden [5]. Auch wenn das Schreiben ein überlerner und automatisierter Vorgang ist, dient offensichtlich der einzelne Strich als motorische Grundeinheit der Buchstabenform. Die visuelle Rückkopplung scheint auch beim Gesunden notwendig zu sein, um herauszufinden, bis zu welchem »Strich« das graphische Muster bereits ausgeführt wurde [11].

Stehen diese Perseverationen im Vordergrund, was bei Herrn F. nicht der Fall war, kann die Diagnose einer reiterativen Agraphie gestellt werden, die bei Demenzen, Frontalhirndegenerationen und Formen der sensorischen Aphasie beobachtet wird [18]. Bekannt ist auch, daß wiederholende Buchstaben in einem Wort auf besondere Weise zu Wiederholungen desselben oder eines anderen Buchstabens innerhalb des Wortes verleiten [4, 5, 9].

Ausschluß einer spatialen Agraphie bzw. visuospatialer Störungen

Schließlich lassen sich noch anhand der unbeeinträchtigten Anordnung der Buchstaben auf einer Linie, der gleichmäßigen Verteilung der Worte über die Seite sowie der gleichbleibenden Abstände zwischen den einzelnen Buchstaben die essentiellen Bestandteile einer spatialen Agraphie ausschließen [10].

Die spatiale Agraphie ist Ausdruck einer übergeordneten visuospatialen Störung, die sich auch in anderen Symptomen charakterisieren kann, die sich bei unserem Patienten ausschließen lassen; z. B. der Verlust der Perspektive, der sich darin ausdrückt, daß die Patienten bei Zeichnungen die schrägen Linien weglassen, die die Perspektive andeuten, und anzeigt, daß die Patienten nicht mehr imstande sind, aus zweidimensionalen Darstellungen auf dreidimensionale Verhältnisse zu schließen, kann durch die spontane perspektivische Zeichnung eines Hauses bei unserem Patienten ausgeschlossen werden. Daneben stellt auch das Anzie-

hen von Kleidungsstücken beträchtliche Anforderungen an die Auffassung und mentale Manipulation räumlicher Verhältnisse [6]. Herr F. bewältigte die Aufgabe, die verschiedenen Öffnungen nach ihrer Lage in Bein-, Arm und Kopföffnungen zu differenzieren und die Kleidungsstücke so zu orientieren, daß sie richtig zugänglich sind, selbständig und ohne besondere Anstrengung. Leichtere visuospatiale Störungen können beim Zeitungslesen manifest werden, wobei die Patienten über den Rand einer Spalte in die nächste hinein lesen, am Ende der Zeile nicht den Anfang der nächsten und am Ende der Spalte nicht zur Fortsetzung des Artikels in der nächsten Spalte finden [6]. Auch diese Anforderung an die räumliche Orientierung stellte für Herrn F. kein Problem dar.

Da die spatiale Agraphie häufig mit einem Neglekt Syndrom verbunden ist und schließlich auch zu den Agraphieformen mit einer Störung der Buchstabenform gehört, kommt ihrem Ausschluß bei unserem Patient mit rechtsseitigem sensiblen Hemineglect eine gewisse Bedeutung zu [7, 21], wenn auch eine visuospatiale Störung meist durch eine Läsion des nicht-dominanten Parietallappens hervorgerufen wird [8].

Die Unterschrift

Es wurden bereits Fälle einer apraktischen Agraphie beschrieben, bei der die Unterschrift im Gegensatz zur restlichen schriftlichen Sprachproduktion fast fehlerfrei und mühelos zu leisten war [12]. In unserem Fall kann dies für den Vornamen des Patienten zutreffen, bei dem in eindrucksvoller Weise zuvor nur sehr langsam und fehlerhaft ausgeführte Buchstaben dem Patienten plötzlich erstaunlich schnell und fehlerfrei von der Hand gingen. Durch häufige Wiederholungen ist offensichtlich aus den Einzelbuchstaben seines Namens ein fixes graphemisches Muster geworden, das als Ganzes abgerufen wird und nicht mehr der Kontrolle der gestörten Bewegungsmuster der Einzelbuchstaben unterliegt. Die Knotenpunkte des Netzwerkes, die für die Leistung der Unterschrift notwendig sind, scheinen also an anderer Stelle lokalisiert zu sein als die motorischen Sequenzen für einzelne Buchstaben. Ein ähnliches Phänomen wird bei phonematischen Paraphasien beobachtet, die eindrücklicher Weise vor allem oder ausnahmslos nur Inhaltsworte betreffen und die häufig wiederholten Funktionsworte meist unversehrt lassen [6].

Dennoch wurde die Unterschrift nicht so schwungvoll, glatt und ohne Stockungen durchgeführt, wie sie als sehr automatisiertes und routiniertes Bewegungsmuster bei einem Gesunden zu erwarten gewesen wäre. Aber auch bei Gesunden ist der automatisierte Bewegungsablauf sehr fragil und kann zusammenbrechen, wenn man sich in kritischen Situationen bewußt auf jede Bewegung konzentriert, z. B. beim Unterschreiben eines wichtigen Bewerbungsschreibens [6]. Bei einem hinsichtlich seiner Schriftproduktion verunsicherten und immer um die exakte und schöne Ausführung bemühten Patienten konnte offensichtlich auf das durch häufige Wiederholungen von dem üblichen

Mechanismus der Schriftproduktion selbständige, fixe Muster der Unterschrift zurückgegriffen werden. Aber durch die bewußte Kontrolle im Bemühen um eine schöne Schrift wurde der Bewegungsablauf stockend und der Schreibfluß gehemmt, was deutlich daran zu sehen ist, daß Herr F. zweimal innerhalb seines kurzen Vornamens den Schreibfluß nach dem »H« und nach dem kleinen »n« unterbrach und den Stift neu ansetzte.

Bei dem Nachnamen hingegen fanden sich wieder die für eine apraktische Störung typischen Substitutionen als Fehler auf der allographischen Ebene und Verwechslungen von Groß- und Kleinbuchstaben als Fehler auf der graphemischen Ebene.

Nachweis einer ipsilateralen Auswirkung der linkshemisphärischen Läsion, Ausschluß einer kallosalen Agraphie

Die Unterschrift mit der linken Hand wurde geprüft, da auch die linke Hand bei Gesunden Zugriff auf die linke, ipsilaterale Hemisphäre hat [3]. Dabei kommt es zu derselben Art von Fehlern wie bei der Unterschrift mit rechts. Offensichtlich hat seine linke Hand nicht nur Zugriff auf die linkshemisphärischen Bewegungsmuster für die Unterschrift, sondern übernimmt auch dieselben Fehler. Dies ist somit ein Beispiel für die ipsilateralen Auswirkungen einer einseitigen Läsion.

Als häufigste Form der Apraxie wird die ebenfalls ipsilaterale sympathische Dyspraxie bezeichnet [13]. Sie tritt als linksseitige Hemisphärenläsion auf, wenn die Kommissurfasern zum rechten motorischen Assoziationskortex unterbrochen sind [13]. Offensichtlich gilt dieser funktionelle Zusammenhang auch für eine apraktische Störung, die sich selektiv auf die Realisierung von Graphemen bezieht. Zusätzlich schließen wir damit noch eine kallosale Agraphie aus. Unter der Voraussetzung, daß die Muster hauptsächlich linkshemisphärisch gespeichert sind, macht es das Schreiben mit der linken Hand notwendig, daß sowohl das lexikalische als auch das graphemische System Zugang über das Corpus callosum zum kontralateralen motorischen System bekommen, was bei einer Schädigung insbesondere in den vorderen zwei Dritteln des Corpus callosum nicht möglich ist [22]. Da sich zwischen den Graphen der rechten und der linken Seite allerdings hinsichtlich ihrer Fehler keine deutlichen Unterschiede ergeben und in beiden Fällen die Vornamen gut geschrieben werden können, zudem im CCT keine Hinweise auf eine derartige Schädigung bestehen, schließen wir diese Agraphieform aus.

Ausschluß einer Störung der Feinmotorik und einer konstruktiven Apraxie

Die Annahme, die Schreibstörung sei sekundär durch eine Beeinträchtigung der Feinmotorik erklärt, wird widerlegt durch die sehr klein und detailgetreu ausgeführten Zeichnungen einer Blume und des Zifferblattes (Abb. 8a, b). Daß eine spezifische apraktische Störung vorliegt, die sich nur auf Buchstaben bezieht, zeigt sich u. a. darin, daß der

Patient in der Lage ist, bestimmte Bilder zu zeichnen, die in ihrer visuell-räumlichen Komplexität einen höheren Schwierigkeitsgrad haben als die Formelemente einzelner Buchstaben. Es liegt also keine scheinbare Dissoziation zwischen verschiedenen Manifestationsformen der Apraxie vor, die sich lediglich aus dem unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellung ergibt.

Der vorliegende Fall widerlegt somit die häufige Annahme, eine apraktische Schreibstörung sei nur eine Begleitscheinung einer konstruktiven Apraxie.

Ausschluß einer Störung visuell-perzeptiver Fähigkeiten, Erkennen eigener Fehlleistungen

Schließlich sollte noch darauf hingewiesen werden, daß die sensorische (visuelle) Funktion ungestört war, was ebenfalls als Voraussetzung für eine ideationale Schreibstörung gefordert wird [12]. Herr F. erkannte die mißrateten Formen seiner Graphen. Er entschuldigte sich häufig für seine Fehler, litt unter seinem Defizit und bedurfte großer aufmunternder und lobender Führung, um die Testungen fortzuführen. Nicht zuletzt versuchte er, seine fehlerhaften Graphen fast bis zur Unkenntlichkeit zu verbessern (Abb. 7d).

Die Möglichkeit, die Fehlerhaftigkeit der eigenen Handlung, in unserem Fall der eigenen Schrift, zu erkennen, scheint ebenfalls ein charakteristisches Merkmal einer apraktischen Störung zu sein. Auch bei Patienten mit ideatorischer Apraxie wird beschrieben, daß sie mit dem vagen Gefühl, die Handlungen falsch durchzuführen, ihre Handlung immer wieder unterbrechen [13]. Fehlhandlungen von apraktischen Patienten im Umgang mit Gegenständen ließen im allgemeinen erkennen, daß die Patienten den eigentlichen Zweck der Gegenstände erkennen. Dies wird einer weitreichenden retrograden Störung des semantischen Gedächtnisses gegenübergestellt, bei der die Patienten auch das Wissen über den Zweck der Gegenstände verloren haben [6].

Auswirkungen der aphasischen Störung auf das Schriftbild

Eine geringfügig ausgeprägte sensorisch-amnestische Aphasie wurde auch bei unserem Patienten diagnostiziert. Dabei ist die Schriftsprache bei Patienten mit sensorischer Aphasie nicht selten noch schlechter als der mündliche Ausdruck [6]. Die phontaktischen Regeln, die beim Zusammenbrechen des phonematischen Lexikons immer noch die Produktion von Paraphrasen und Neologismen regulieren, haben keinen direkten Einfluß auf die Schriftsprache [6]. Daß keine gravierende Störung des phonematischen Lexikons besteht, haben wir schon bei der Beurteilung der Phonem-Graphem-Konversion ausgeschlossen. Zusätzlich zur Beeinträchtigung der phonematischen Kompetenz werden bei sensorischen Aphasien Beschädigungen des orthographischen und semantischen Lexikons beobachtet [6]. Die gelegentlich auftretenden linguistischen Fehler, die den nicht-linguistischen Fehlern in Häufigkeit

und Ausprägung deutlich nachstehen, sind möglicherweise Folge der diskreten Beeinträchtigung dieser Systeme.

Funktionell-psychologische Modelle

In der Literatur werden zur Erklärung einer apraktischen Schreibstörung sowohl mit als auch ohne begleitende konstruktive Apraxie Modelle aufgezeigt, in denen drei funktionelle Elemente in unterschiedlicher Anordnung herangezogen werden [2].

1. Das »graphemische Gebiet« wird sowohl für die perzeptive Unterscheidung der individuell verschiedenen Erscheinungsformen von Buchstaben als auch für die Steuerung der verschiedenen motorischen Programme für die einzelnen Buchstaben verantwortlich gemacht [20].
2. Die visuell-kinetischen Engramme bestimmen die Auswahl, die zeitliche Abfolge und das räumliche Verhältnis der einzelnen Bewegungskomponenten zueinander.
3. Der »motorische Programmierer«, der seinen Input aus den oben genannten Elementen erhält, stellt die Verbindung zum motorischen System her [2].

Da der »graphemischen Region« auch eine wichtige Funktion beim Lesen zugemessen wird, was bei unserem Patienten eine sehr gut erhaltene Fähigkeit war und sich darin zeigte, daß er die unförmigen Graphen selbst als fehlerhaft erkannte und zu verbessern versuchte, schließt unser Fall eine Zerstörung der »graphemischen Region« aus. Vielmehr legt er eine Störung der Verbindung der graphemischen Region zu einer der anderen Elemente im Sinne eines Diskonnektionssyndroms nahe.

Eine Zerstörung der visuell-kinetischen Engramme würde zu einer konstruktiven Apraxie führen, die sich nicht nur auf Buchstaben, sondern auch auf andere präzise motorische Bewegungsabläufe beziehen würde, die – wie an der abgebildeten Blume und dem Zifferblatt gut zu erkennen ist – bei unserem Patienten erstaunlich gut erhalten waren. Auch erwies sich die visuell-kinetische Informationsverarbeitung beim »Abmalen« der Buchstaben von einer Vorlage als intakt (Abb. 4d). Im Gegensatz dazu konnten intern generierte oder gespeicherte Bewegungsmuster nicht abgerufen werden. In der Anwendung der funktionellen Einheiten dieser Modelle würde sich unser Fall am ehesten mit einer Diskonnektion zwischen der gut erhaltenen graphemischen Region und den ebenfalls gut erhaltenen visuell-kinetischen Engrammen oder dem »motorischen Programmierer« darstellen. Eine spezifische Lokalisation dieser Diskonnektion kann bei unserem Patienten nicht vorgenommen werden, da er zusätzlich zu seiner hoch parietal gelegenen Blutung flächenhafte Demyelinisierungen im Rahmen einer SAE aufweist. Die durch die SAE schon vorgeschädigten Bahnen sind dann möglicherweise durch die Blutung zusätzlich in dem Maße beeinträchtigt worden, daß die Schreibstörung manifest wurde.

Neben dem Modell einer funktionellen Diskonnektion wäre es auch denkbar, daß ein spezieller Teilbereich der visuell-kinetischen Engramme gestört ist, der ganz spezi-

fisch die gespeicherte oder intern generierte Bewegungsabfolge einzelner Buchstaben kodiert. Die fehlerhaften Informationen würden dann über die intakten Verbindungen weitergeleitet, so daß sie sowohl beim Schreiben mit der rechten als auch mit der linken Hand, d. h. ipsilateral, in gleicher Weise in Erscheinung treten (Abb. 5b).

Lokalisation

Versucht man, diesem psychologischen Modell graphemischer Module, eines Moduls für die Enkodierung der Bewegungsmuster sowie eines für den »motorischen Programmierer«, anatomische Substrate zuzuordnen, so sind wohl für ersteres und letzteres der parietale und prämotorische Kortex zuständig [16].

Die graphemische Region selbst wird im Bereich des parieto-okzipitalen Kortex vermutet [18]. Läsionen, die eine periphere Agraphie verursachen, werden im oberen Parietallappen der linken Hemisphäre lokalisiert [6]. Studien mittels funktioneller Kernspintomographie zeigen, daß der parietale und prämotorische Kortex essentiell für die Ausführung einer Unterschrift sind [16]. Moderne Konzepte zur Organisation des motorischen Netzes betonen die vielfachen parieto-frontalen Regelkreise [17].

Bei unserem Patienten war ein deutlicher Übungseffekt feststellbar. Das schnelle Wiedererlernen paßt möglicherweise dazu, daß die motorischen Programme teilweise noch erhalten waren, aber vorübergehend nicht abgerufen werden konnten, und unterstützt somit das Konzept einer funktionellen Diskonnektion, die die parieto-frontalen Regelkreise betrifft. Alternativ könnte der Erhalt der graphemischen Region bzw. des abstrakten Konzepts oder Graphems zu einem erneuten Programmieren der visuell-kinetischen Engramme führen.

Nach der Vorstellung neuer Organisationsprinzipien der Motorik bestehen parieto-frontale Konnektionen, d. h. eine Verbindung spezifischer parietaler Region mit mehreren motorischen Regionen des Frontallappens, aber nur mit einer privilegiert [17]. Somit wäre es auch denkbar, daß bei Zerstörung der privilegierten Verbindungen die zuvor untergeordneten Verbindungen in der Lage sind, die jeweilige Funktion der zerstörten zu übernehmen. Unser Fall zeigt, daß eine parietale Läsion spezifische Knotenpunkte treffen kann oder die Verbindung zu anderen Knotenpunkten in der Weise beeinträchtigt, daß eine isolierte Schreibstörung ohne begleitende Apraxie die Folge ist.

Literatur

1. Beauvois MF, Derouesne J: Lexical or orthographic agraphia. *Brain* 1981; 104: 2-49
2. Coslett HB, Gonzalez Rothi LJ, Valenstein E, Heilman KM: Dissociations of writing and praxis. *Brain and Language* 1986; 28: 357-369
3. Dettmers C, Rijntjes M, Rzanny R, Gaser C, Kiebel S, Kaiser W, Weiller C: Evidence for transhemispheric access to motor programs. *NeuroImage* 1998; 7, 4 part 2: 959
4. Douse T, Le M: A study of misspellings and related mistakes. *Mind* 1900; 9: 85-93
5. Ellis AW: Slips of the Pen. *Visible Language XIII* 1979; 3: 265-282
6. Goldenberg G: *Neuropsychologie, Grundlagen, Klinik, Rehabilitation*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1998
7. Hécaen
8. Heilman KM, Valenstein E: *Clinical Neuropsychology*. Oxford University Press, New York 1993
9. Lecours AR: Serial order in writing – a study of misspelled words in »developmental dysgraphia«. *Neuropsychologia* 1966; 4: 221-241
10. Leischner A: The agraphias. In: PJ Vinken, GW Bruyn (Eds): *Handbook of Clinical Neurology*, Vol 4. North Holland, Amsterdam 1969
11. Margolin DJ, Wing AM: Agraphia and Micrographia: Clinical manifestations of motor programming and performance disorders. *Acta psychologica* 1983; 54: 263-283
12. Patterson K, Wing AM: Processes in Handwriting: A Case for Case. *Cognitive Neuropsychology* 1989; 6 (1): 1-23
13. Poeck K, Hache W: *Neurologie*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1998
14. Poeck K: *Klinische Neuropsychologie*. Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1988
15. Rijntjes M, Dettmers C, Büchel C, Kiebel S, Turner R, Weiller C: Subcortical somatopy – a fMRI study. *NeuroImage* 1998; 7(4, part 2): 60
16. Rijntjes M, Dettmers C, Büchel C, Kiebel S, Frackowiak RSJ, Weiller C: A blueprint for movement: Functional and anatomical representations in the human motor system. *J Neurosci* 1999; 19: 8043-8048
17. Rizzolatti G, Luppino G, Matelli G: The organization of the cortical motor system: new concepts. *Electroencephal Clin Neurophysiol* 1998; 106: 283-296
18. Roeltgen DP, Heilman KM: Apractic agraphia in a patient with normal praxis. *Brain and Language* 1983; 18: 35-46
19. Roeltgen A: Agraphia. *Clinical Neuropsychology* 1985; 2: 75-96
20. Rothi LJ, Heilman KM: Alexia and agraphia with spared spelling and letter recognition abilities. *Brain and Language* 1981; 12: 1-13
21. Valenstein E, Heilman KM: Apraxic agraphia with neglect-induced paraphasia. *Archives of Neurology* 1979; 26: 506-508
22. Watson RT, Heilman KM: Callosal apraxia. *Brain* 1983; 106: 391-403

Korrespondenzadresse:

Priv. Doz. Dr. C. Dettmers
Neurologisches Therapiezentrum
Jungestraße 10
20535 Hamburg