

Einfluß der Aufgabenkomplexität auf hirnorganische Reaktionsbeeinträchtigungen – Hirnschädigungs- oder Patienteneffekt?*

W. Sturm und A. Büssing

Abteilungen Neurologie und Medizinische Psychologie der Medizinischen Fakultät der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Pauwelsstrasse, D-5100 Aachen, Bundesrepublik Deutschland

The Influence of Task Complexity on Reaction Time Impairment of Brain Damaged Patients – Effect of Brain Damage or of Hospitalization?

Summary. The contradictory results concerning the influence of task complexity on reaction time impairments following brain damage were reconsidered in this study. Patients with damage of the right or left cerebral hemispheres, as well as neurological patients without CNS lesions and normal controls were examined by four reaction tasks of varying complexity, a simple visual or auditory task and a choice reaction task. While there was no statistical interaction between the task-complexity and group effects for the brain-damaged and non-brain-damaged patients, comparison of the performance of brain-damaged patients and normal controls revealed such an interaction. Furthermore, the patients with damage of the right cerebral hemisphere showed a more distinct impairment of reaction time with the simple visual reaction task, while the patients with damage of the left cerebral hemisphere showed a more distinct impairment with the choice reaction task. These results are discussed in connection with several self-evaluations of the patients' performance and state of health.

Key words: Brain damage – Localization – Complexity of reaction task – Hospitalization

Zusammenfassung. Die in der Literatur widersprüchlichen Ergebnisse zum Einfluß des Komplexitätsgrades der Aufgabe auf die Reaktionsbeeinträchtigungen nach Hirnschädigungen wurden in dieser Untersuchung aufgegriffen. Je eine rechts- bzw. linkshemisphärisch hirngeschädigte Gruppe, eine neurologische Patientengruppe ohne ZNS-Schädigung und eine normalgesunde Kontrollgruppe wurden mit vier verschiedenen komplexen Reaktionsaufgaben am Wiener Determinationsgerät sowie je einer einfachen visuellen bzw. auditiven und einer Wahlreaktionsaufgabe am Wiener Reaktionsgerät untersucht. Während die hirngeschädigten und nicht hirngeschädigten Patienten sich bezüglich des Einflusses des Komplexitätsgrades der Aufgabe auf die Reaktionszeit nicht unterscheiden, findet sich beim Vergleich der Reaktionsleistungen der beiden Hirngeschädigtengruppen und der normalgesunden Kontroll-

gruppe eine statistisch signifikante Wechselwirkung zwischen dem Faktor „Komplexitätsgrad der Aufgabe“ und dem Faktor „Gruppe“. Außerdem zeigen die Patienten mit rechtsseitigen Schädigungen deutlichere Beeinträchtigungen der Reaktions-schnelligkeit bei den einfachen Reaktionsaufgaben, während die linkshemisphärisch Hirngeschädigten deutlicher bei der Wahlreaktionsprüfung beeinträchtigt sind. Die Ergebnisse werden im Zusammenhang mit verschiedenen Leistungs- und Befindlichkeitsselbsteinschätzungen der Probanden diskutiert.

Schlüsselwörter: Hirnschädigung – Lokalisation – Komplexitätsgrad der Reaktionsaufgabe – Hospitalisierung

Einleitung

Verlangsamungen der Handlungsabläufe und Beeinträchtigungen der Konzentrations- und Reaktionsfähigkeit zählen mit zu den am häufigsten nach Hirnschädigungen zu beobachtenden Leistungsstörungen und treten bei ca. 70% aller Patienten mit sehr unterschiedlichen Hirnläsionen auf (Hartje und Sturm 1982).

Miller (1970) war der erste Autor, der die Reaktionsverlangsamung nach Hirnschädigungen als Störung der zentralen Informationsverarbeitung und nicht als sensorische oder motorische Störung ansah. Er stützte sich hierbei auf die Beobachtung, daß seine Patienten (mit gedeckten Schädel-Hirn-Traumen) bei einer komplexen Reaktionsaufgabe mit ansteigender Anzahl der Wahlmöglichkeiten eine zunehmend deutlichere Reaktionsverlangsamung im Vergleich mit einer Kontrollgruppe zeigten. Ähnliche Ergebnisse wurden von Lehmann und Mitarbeitern (1972) an Multiple-Sklerose-Kranken sowie von van Zomeren und Deelman (1976) – ebenfalls bei Schädel-Hirn-Trauma-Patienten – gefunden.

Allerdings gab es insbesondere in frühen Arbeiten, aber auch in neuerer Zeit auch entgegengesetzte Ergebnisse. Smith (1947), Blackburn und Benton (1955), Benton und Blackburn (1957), Benton und Joynt (1958) und Klensch (1973) fanden deutlichere Beeinträchtigungen ihrer Patienten bei einfachen Reaktionsaufgaben; Bruhn und Parsons (1971), Parsons und Bruhn (1973) sowie Sturm (1983) konnten keinen unterschiedlichen Einfluß des Komplexitätsgrades auf die Reaktionsleistung ihrer Patienten im Vergleich mit einer Kontrollgruppe finden.

* Professor Dr. Klaus Poeck zum 60. Geburtstag gewidmet
Sonderdruckanfragen an: W. Sturm (Adresse wie oben)

Die Interpretation dieser widersprüchlichen Befunde wird dadurch erschwert, daß die Autoren (1) unter „komplexen Reaktionsaufgaben“ sehr Unterschiedliches verstehen, (2) Patienten mit unterschiedlicher Hirnschädigungsätiologie und -lokalisation untersuchten und (3) als Kontrollgruppen entweder völlig gesunde Probanden in einem Extremgruppenvergleich oder aber hirngesunde, jedoch hospitalisierte Patienten herangezogen.

(ad 1). Bei einigen Autoren besteht die komplexe Reaktionsprüfung lediglich in selektivem Reagieren auf eine bestimmte Reizkombination hin (Wahlreaktion), wobei aber der Reaktionsmodus bei einfacher und komplexer Aufgabenstellung der gleiche ist. In anderen Untersuchungen muß der Proband dagegen bei komplexer Aufgabenstellung auf unterschiedliche Reize auch unterschiedliche Reaktionen zeigen, d.h. hier ist der Komplexitätsgrad sowohl auf der Reiz- als auch auf der Reaktionsseite variiert. Sturm (1983) fand jedoch beim Vergleich der verschiedenen Untersuchungen keinen systematischen Zusammenhang zwischen Aufgabenart und Ergebnissen.

(ad 2). Miller (1970) und van Zomeren und Deelman (1976) glauben einen Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse darin zu sehen, daß ihre Patienten – die bei komplexer Aufgabenstellung stärkere Reaktionsbeeinträchtigungen zeigten – diffuse und somit möglicherweise besonders schwere Hirnschädigungen hatten, während die anderen Untersuchungen meist an Patienten mit umschriebenen, oft auf eine Hirnhemisphäre beschränkten Hirnschädigungen durchgeführt wurden. Diese Hypothese wird zwar durch die Ergebnisse von Talland (1963) und Lehmann und Mitarbeitern (1972) gestützt, die ebenfalls Patienten mit mehr oder weniger diffusen Hirnschädigungen (Alkoholiker bzw. Multiple-Sklerose-Patienten) untersuchten, die Befunde der Untersuchung von Sturm (1983) sprechen aber gegen sie: In seiner Untersuchung, die sowohl unilateral als auch diffus geschädigte Patienten umfaßte, zeigten die diffus geschädigten Patienten im Vergleich mit den unilateral Hirngeschädigten bei der einfachen Reaktionsprüfung deutlichere Reaktionsbeeinträchtigungen als bei zwei komplexen Reaktionsaufgaben.

(ad 3). Bei einem Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Arbeiten in Abhängigkeit von der Wahl der Kontrollgruppe fällt auf, daß in allen Untersuchungen, die eine deutlichere relative Beeinträchtigung der Reaktionsfähigkeit bei komplexen Reaktionsprüfungen fanden, ausnahmslos Extremgruppenvergleiche durchgeführt wurden, d.h. ein Leistungsvergleich zwischen hirngeschädigten Patienten und normalgesunden Kontrollversuchspersonen (Talland 1963; Miller 1970; Lehmann und Mitarbeiter 1972; van Zomeren und Deelman 1976). Bei den Untersuchungen mit entgegengesetztem Ergebnis (Smith 1947; Blackburn und Benton 1955; Benton und Blackburn 1957; Benton und Joynt 1958; Klensch 1973) bzw. ohne Nachweis eines Zusammenhangs zwischen Komplexitätsgrad und hirnschädigungsbedingter Reaktionsverlangsamung (Bruhn und Parsons 1971; Parsons und Bruhn 1973; Sturm 1983) wurden dagegen stets hirngeschädigte Patienten mit nichthirngeschädigten neurologischen, internistischen oder ähnlichen Patienten verglichen. Hierin könnte eine Erklärungsmöglichkeit für die widersprüchlichen Ergebnisse der verschiedenen Studien liegen: Sowohl hirngeschädigte als auch nichthirngeschädigte Patienten sind in der Regel in ihrer allgemeinen Befindlichkeit gegenüber normalen Probanden

deutlich herabgesetzt. Diese veränderte Allgemeinbefindlichkeit könnte sich insbesondere bei erhöhten Anforderungen an den Patienten und somit auch bei zunehmender Komplexität der Aufgabe als Moderatorvariable auswirken, und so bei Extremgruppenvergleichen zu einer Wechselwirkung zwischen Komplexitätsgrad der Aufgabe und Gruppe führen. Beim Vergleich von Patientengruppen mit mutmaßlich ähnlicher allgemeiner Befindlichkeitslage wäre demnach eine solche Wechselwirkung eher unwahrscheinlich.

Eine Klärung des Einflusses dieser Variablen sollte in der vorliegenden Untersuchung versucht werden, indem bei gleichbleibender Untersuchungsmethode der Einfluß der Aufgabenkomplexität auf die Reaktionsleistung hirngeschädigter sowie hirngesunder Patienten und normalgesunder Versuchspersonen verglichen wurde.

Es ist bereits seit längerem bekannt, daß Schädigungen der rechten Hirnhemisphäre zu deutlicheren Beeinträchtigungen bei einfachen Reaktionsprüfungen führen als Schädigungen der linken Hirnhälfte, ohne daß dies durch die Größe der Läsion zu erklären wäre (De Renzi und Faglioni 1965; Howes und Boller 1975; Nakamura und Taniguchi 1977; Hosokawa et al. 1977).

Bei einer einfachen Reaktionsaufgabe mit Warnreizvorgabe in das rechte bzw. linke Gesichtsfeld bei Gesunden fanden Heilman und van den Abell (1979) Hinweise dafür, daß die rechte Hemisphäre bei einfachen Reaktionsprüfungen bei der Kontrolle des Aktivationsniveaus dominant ist. Die linke Hemisphäre scheint bei solchen Aufgaben schnell in ihrem Aktivationsniveau nachzulassen, wie sowohl Untersuchungen bei Gesunden (Dimond und Beaumont 1973) als auch bei Split-Brain-Patienten (Dimond 1979) gezeigt haben.

Dee und van Allen (1973) konnten zeigen, daß Patienten mit linkshemisphärischen Hirnschädigungen bei zunehmendem Komplexitätsgrad (sowohl auf der Reiz- als auch auf der Reaktionsseite) einer visuellen Reaktionsaufgabe deutlichere Reaktionszeiterhöhungen zeigten als eine Kontrollgruppe. Beim Vergleich der Kontrollgruppe mit einer rechtshemisphärisch hirngeschädigten Patientengruppe zeigte sich eine derartige statistische Wechselwirkung jedoch nicht; lediglich das Reaktionsniveau lag auf allen Komplexitätsstufen gleichbleibend höher als das Niveau der Kontrollgruppe.

Ein ähnliches Ergebnis fanden Rey und Mitarbeiter (1983) bei einer Untersuchung mit verschiedenen einfachen und Wahlreaktionsaufgaben am Wiener Reaktionsgerät: Die Reaktionszeiten der Patienten mit linkshemisphärischen Hirnschädigungen unterschieden sich am deutlichsten bei einer multiplen Diskriminationsaufgabe (Diskrimination nur auf der Reizseite) von den Reaktionsleistungen der Kontrollgruppe. Die Patienten mit rechtsseitigen Hirnschädigungen unterschieden sich demgegenüber nur bei einer einfachen visuellen Reaktionsaufgabe von der Kontrollgruppe.

In der vorliegenden Untersuchung sollten daher auch die Zusammenhänge zwischen Aufgabenkomplexität und Lokalisation der Hirnschädigung überprüft werden. Hierfür wurden Aufgaben ausgewählt, die Komplexitätsabstufungen auf der Reiz- und Reaktionsseite bzw. ausschließlich auf der Reizseite aufweisen. Diese Aufgaben sollten an Patienten mit links- oder rechtshemisphärischen Schädigungen sowie an je einer Kontrollgruppe mit nichthirngeschädigten Patienten bzw. Normalgesunden durchgeführt werden.

Da, wie oben erwähnt, die Allgemeinbefindlichkeit für die Reaktionsleistung eine Rolle spielen könnte, sollte diese anhand von Selbsteinschätzungen durch die Patienten erfaßt

Tabelle 1. Stichprobencharakteristika

	RHS	LHS	NHS	N
Ätiologie				
vask.	14	14		
neopl.	6	4		
Alter				
\bar{x}	52,4	54,0	52,7	54,5
s	13,5	11,6	12,7	11,9
Bereich	23–73	31–77	27–78	22–73
Geschlecht				
m	12	10	11	8
w	8	10	9	12
Krankenhaus- aufenthalt (Tage)				
\bar{x}	21,6	19,2	18,0	
s	14,3	10,8	13,2	

werden. Aufgrund einer häufig insbesondere bei Patienten mit rechtshemisphärischen Schädigungen zu beobachtenden Anosognosie (Poeck 1982) wäre es möglich, daß diese Patienten weniger gut zu einer solchen Selbsteinschätzung in der Lage sind als Patienten mit linkshemisphärischen Schädigungen.

Versuchspersonen

Es wurden insgesamt 20 Patienten mit Schädigungen der linken Hirnhemisphäre, 20 Patienten mit Schädigungen der rechten Hirnhemisphäre, 20 Patienten ohne Schädigung des Zentralnervensystems und 20 normalgesunde Versuchspersonen untersucht. Alle Patienten waren hospitalisiert. Die Hirnschädigungen waren durch Computertomographie-Befunde nachgewiesen. Sowohl die Altersverteilungen als auch die Aufschlüsselung nach Ätiologie der Schädigung sowie die Dauer des Krankenhausaufenthalts finden sich in Tabelle 1.

Die Patientenkontrollgruppe bestand zum größten Teil aus neurologischen Patienten mit peripheren Nervenläsionen. Zusätzlich wurden einige Patienten aus der Inneren Medizin und Dermatologie untersucht. Keiner der Patienten stand zum Testzeitpunkt unter sedierender Medikation. Ein varianzanalytischer Vergleich der vier Untersuchungsgruppen bezüglich ihres Alters ergab keinen signifikanten Unterschied ($F_{3/70} = 0,119$; $P = 0,51$).

Untersuchungsverfahren

Als Reaktionsaufgabe mit Abstufungen der Aufgabenkomplexität sowohl auf der Reiz- als auch auf der Reaktionsseite wurde das Wiener Determinationsgerät (WDG) herangezogen. Während das Originalgerät nur die Anzahl richtiger, verspäteter und falscher Reaktionen pro Versuchsdurchgang darbietet, wurde bei der vorliegenden Untersuchung durch eine Zusatzeinrichtung auch die Erfassung der Reaktionszeit pro Reiz in Millisekunden möglich. Insgesamt wurden an diesem Gerät mit jeder Versuchsperson vier unterschiedlich komplexe visuelle Reaktionsaufgaben durchgeführt. Die einfachste Aufgabe bestand im Reagieren auf ein weißes Licht und Drücken einer weißen Reaktionstaste. Bei den drei komplexeren Aufgaben kamen jeweils sukzessiv die Farbreize blau, grün und rot hinzu, so daß auf der zweiten Stufe auf zwei, bei der dritten

Stufe auf drei und bei der vierten Stufe auf alle vier Farbsignale durch Drücken der entsprechenden farbigen Reaktionstaste reagiert werden mußte. Die Abfolge der Farbreize in den Aufgaben 2–4 war zufällig. Jede Aufgabe bestand aus 45 Einzelreizen.

Um Verzerrungen der Reaktionszeiten durch unterschiedliche Bewegungszeiten zu den einzelnen Reaktionstasten zu vermeiden, wurden die Versuchspersonen angewiesen, vor jeder Reaktion ihre Reaktions-Hand auf einen definierten Punkt auf der Arbeitsplatte des WDG zu plazieren, der in etwa äquidistant zu den verschiedenen Reaktionstasten des Gerätes gewählt war. Die verschiedenfarbigen Signale wurden mittels des „Mehrfarblichts“ am WDG an einer einzigen Stelle dargeboten. Ein fest programmierter Zeitgeber mit einer Programmlänge von 32 Schritten (Zeitschaltwerk des WDG) variierte die zeitlichen Abstände zwischen den Signalen innerhalb eines Intervalls zwischen 3,5 und 6,5 sec. Die Reihenfolge der Darbietung der Aufgaben 1–4 wurde zufällig über die Versuchspersonen variiert. Vor Beginn der Messungen durchlief jede Versuchsperson einen Übungsdurchgang mit 30 Signalen auf der komplexesten Stufe (alle vier Farben).

Zur Durchführung von Reaktionsaufgaben mit Variation der Aufgabenkomplexität nur auf der Reizebene wurde das Wiener Reaktionsgerät (WRG) gewählt. Bei den einfachen Reaktionsprüfungen wurde die Möglichkeit des Gerätes genutzt, Reaktionsmessungen auf auditive bzw. visuelle Reize vorzunehmen, um so die supramodale Natur von Reaktionsbeeinträchtigungen überprüfen zu können. So durchliefen alle Versuchspersonen eine Reaktionsprüfung, bei der nur auf ein in unregelmäßigen Abständen gezeigtes gelbes Lichtsignal durch Druck einer Handtaste reagiert werden sollte und eine entsprechende Versuchsanordnung mit Reaktion nur auf einen auditiven Reiz (Tonsignal). Bei der Wahlreaktionsaufgabe sollten die Versuchspersonen nur auf eine bestimmte Reizkombination reagieren, nämlich auf gleichzeitige Darbietung von einem gelben Lichtsignal und einem Ton. Auf alle anderen Einzelreize oder Reizkombinationen (gelbes Licht, rotes Licht, Ton, gelbes Licht + rotes Licht, rotes Licht + Ton) durfte dagegen nicht reagiert werden. Auch hier wurden die Reaktionszeiten (in Millisekunden) registriert. Pro Versuchsbedingung wurden jeder Versuchsperson fünf Übungsreaktionen gewährt. Jeder Versuchsdurchgang dauerte an, bis die Versuchsperson 15 richtige Reaktionen gezeigt hatte. Die Reihenfolge der Versuchsbedingungen wurde wiederum zufällig über die Versuchspersonen variiert.

Alle Versuchspersonen waren Rechtshänder und alle Reaktionen am WDG und WRG waren in der Regel mit der rechten Hand auszuführen. Patienten mit motorischen Beeinträchtigungen der dominanten Hand wurden jedoch aufgefordert, mit der zur Läsionsseite ipsilateralen Hand zu reagieren. Um mögliche Reaktionsverlangsamungen aufgrund der Benutzung der ungeübten Hand auf alle Gruppen zu verteilen, mußte ein ebenso großer Anteil der anderen Untersuchungsgruppen ebenfalls mit der nicht bevorzugten Hand reagieren.

Zur Selbsteinschätzung der Befindlichkeit durch die Versuchspersonen im Zusammenhang mit den Reaktionsleistungen wurden Fragen formuliert, die auf einer Fünf-Punkte-Rating-Skala zu beantworten waren. Die Fragen lauteten:

1. Fühlen Sie sich im Moment müde oder erschöpft (mit den Polen „sehr müde“ und „sehr wach“)?
2. Hat der Test Sie angestrengt (Pole „ja sehr“ und „überhaupt nicht“)?

3. Glauben Sie, daß Sie vor Ihrer jetzigen Krankheit ein besseres Ergebnis erzielt hätten (Pole „sehr viel besser“ und „nein, das gleiche“)?

Frage 1 wurde vor, die Fragen 2 und 3 wurden nach der Untersuchung gestellt.

Ergebnisse

Für jede Versuchsperson wurde der Median der 45 Reaktionszeiten pro Aufgabe am Wiener Determinationsgerät bzw. der jeweils 15 richtigen Reaktionen bei den drei Aufgaben am Wiener Reaktionsgerät bestimmt und als abhängige Variable in die statistische Auswertung aufgenommen. Der Median wurde gewählt, da die Verteilung von individuellen Reaktionszeiten in der Regel rechtsschief ist.

Tabelle 2 und Abb.1 zeigen die Ergebnisse für die vier Untersuchungsgruppen in den vier Programmen am Wiener Determinationsgerät.

Zur Analyse des Einflusses der Komplexität der Aufgabe auf die Reaktionsleistung der Hirngeschädigten im Vergleich mit den beiden Kontrollgruppen wurden zwei Varianzanalysen mit wiederholten Messungen auf dem Faktor „Aufgabe“ (Split-Plot-Varianzanalyse, Kirk 1968) durchgeführt. Hierbei wurden die Gruppen der linkshemisphärisch (LHS) und rechtshemisphärisch (RHS) hirngeschädigten Patienten 1. mit der normalgesunden Gruppe (N) und 2. mit der nichthirngeschädigten Patientengruppe (NHS) verglichen. Tabelle 3 zeigt

Tabelle 2. Mittelwerte und Standardabweichungen der Reaktionszeitmediane (ms) für die 4 WDG-Programme

WDG-Programm	Reaktionszeiten (ms)	RHS	LHS	NHS	N
1	\bar{x}	787	745	677	573
	s	174	148	198	92
2	\bar{x}	925	974	816	728
	s	139	194	161	97
3	\bar{x}	1004	998	892	790
	s	172	191	219	94
4	\bar{x}	1009	1041	936	798
	s	172	203	274	105

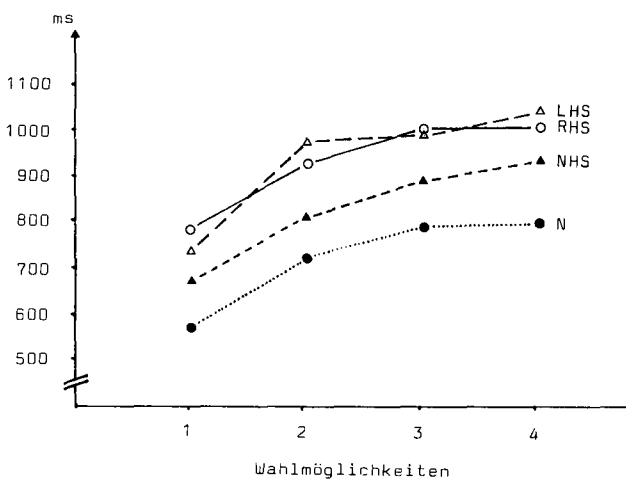


Abb. 1. Ergebnisse am Wiener Determinationsgerät

Tabelle 3. Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen für die 4 Aufgaben am WDG

Faktor	Analyse 1 (RHS, LHS, N)	Analyse 2 (RHS, LHS, NHS)
Gruppe	$F_{(2,57)} = 14,63$ ($P \approx 0$)	$F_{(2,57)} = 2,32$ ($P = 0,110$)
Aufgabenkomplexität	$F_{(3,171)} = 191,87$ ($P \approx 0$) ^a	$F_{(3,171)} = 144,56$ ($P \approx 0$) ^a
Gruppe \times Aufgabenk.	$F_{(6,171)} = 2,44$ ($P = 0,032$) ^a	$F_{(6,171)} = 2,03$ ($P = 0,079$) ^a

^a nach Huyn-Feldt-Korrektur für nichthomogene Varianzen (Huyn und Feldt 1976)

die Ergebnisse der beiden Varianzanalysen mit Meßwiederholung. Für alle Varianzanalysen wurde die Overall-Irrtumswahrscheinlichkeit auf $\alpha = 0,10$ festgesetzt und entsprechend der Anzahl der Analyseschritte adjustiert.

Während sich beim Vergleich der beiden Hirngeschädigtengruppen (LHS, RHS) mit der normalgesunden Gruppe (N) (Analyse 1, Tabelle 3) eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren „Gruppe“ und „Aufgabenkomplexität“ ergab ($P = 0,032$), war eine solche Wechselwirkung beim Vergleich der Hirngeschädigten mit der nichthirngeschädigten Kontrollpatientengruppe nicht zu beobachten ($P = 0,079$; Analyse 2, Tabelle 3). Die einfachen Haupteffekte und anschließenden Paarvergleiche zu Analyse 1 zeigten, daß sich die RHS- und LHS-Patienten auf allen Programmstufen in ihren Reaktionszeiten nicht signifikant voneinander unterscheiden (alle $P > 0,36$). Alle weiteren einfachen Haupteffekte und zugehörigen Paarvergleiche des Faktors „Gruppe“ auf den jeweiligen Komplexitätsstufen der Aufgaben wurden jedoch auch bei Adjustierung des Alpha-Fehlers signifikant (alle $P < 0,0002$).

Die einfachen Haupteffekte des Faktors „Aufgabenkomplexität“ in den jeweiligen Versuchspersonen-Gruppen wurden ebenfalls alle signifikant (alle $P \approx 0$). Die zugehörigen Paarvergleiche gaben einen deutlichen Hinweis auf eine Ursache der statistischen Interaktion in Analyse 1: Während sich die RHS-Patienten zwischen den beiden letzten Komplexitätsstufen kaum mehr in ihren Reaktionsleistungen verschlechterten ($P = 0,79$) und sich hierin sehr ähnlich wie die Normalgesunden verhalten ($P = 0,49$), zeigen die Patienten mit linkshemisphärischen Schädigungen einen deutlichen Reaktionszeitanstieg von Komplexitätsstufe 3 zu 4 ($P = 0,016$).

Zum Vergleich wurde für Analyse 2 ein gezielter Paarvergleich für die NHS-Gruppe zwischen den Komplexitätsstufen 3 und 4 gerechnet. Der resultierende P -Wert von 0,041 zeigt, daß auch bei den NHS-Patienten ein Anstieg der Reaktionszeiten noch bei den höchsten Komplexitätsstufen stattfindet, wenn auch diese Differenz wegen der konservativen Alpha-Adjustierung statistisch nicht mehr signifikant wird. Diese Ergebnisse verdeutlichen, daß sich der Komplexitätsgrad der Aufgabe auf die Reaktionsleistung der RHS-Gruppe – abgesehen vom absoluten Niveau der Leistung – ähnlich auswirkt wie auf die normalgesunde Gruppe und daß sich auf der anderen Seite die Leistungs-„Profile“ von LHS- und NHS-Patienten ähnlich sind.

Ein zweiter Aspekt, der für die Wechselwirkung bei Analyse 1 bedeutsam ist, ist das unterschiedliche Leistungs-„Profil“ der beiden Hirngeschädigten-Gruppen bei den verschiedenen Komplexitätsstufen der Aufgabe. Trotz nicht signifi-

kanter absoluter Differenzbeträge zwischen den Leistungen der RHS- und LHS-Patienten auf den einzelnen Komplexitätsstufen kommt es zu wechselnden Vorzeichen der Differenzen auf den einzelnen Stufen.

Tabelle 4 und Abb. 2 zeigen die Ergebnisse der vier Versuchspersonen-Gruppen in den drei Programmen am Wiener Reaktionsgerät (WRG).

Die Ergebnisse der drei Reaktionsmessungen in den vier Untersuchungsgruppen wurden wiederum mittels einer Varianzanalyse mit Meßwiederholungen (Split-Plot-Design) analysiert (Analyse 3). Es resultierte eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren „Aufgabe“ und „Gruppe“ ($P = 0,018$). Die einfachen Haupteffekte des Faktors „Aufgabe“ in den einzelnen Gruppen wurden alle signifikant (alle P -Werte ≈ 0), d. h. in allen Versuchspersonen-Gruppen erhöhte sich die Reaktionszeit von der auditiven über die visuelle bis zur Wahlreaktionsaufgabe (vgl. Mittelwerte Tabelle 4). Die zugehörigen Paarvergleiche machen deutlich, daß dieser Anstieg in allen Gruppen zwischen allen Aufgabenpaaren signifikant ist (alle $P < 0,0001$).

Für die einfachen Haupteffekte des Faktors „Gruppe“ in den einzelnen Aufgaben zeigte sich ein signifikanter Effekt nur für die Wahlreaktionsaufgabe (WR) ($P = 0,011$), d. h. die vier Untersuchungsgruppen erzielten bei dieser Aufgabe signifikant unterschiedliche Leistungen. Während sich für die einfache auditive Reaktionsprüfung (AR) keinerlei Unterschied zwischen den Reaktionszeiten der vier Gruppen ergab ($P = 0,19$), zeigte sich für die einfache visuelle Reaktionsaufgabe (VR) mit einem P -Wert von 0,021 immerhin ein erheblicher, wenngleich – wegen der notwendigen α -Adjustierung in bezug auf die einfachen Haupteffekte (Kirk 1968, S. 181) – statistisch nicht mehr signifikanter Unterschied. Bei den anschließenden Paarvergleichen ergaben sich signifikante Unterschiede lediglich für den Vergleich der Patienten mit rechtshemisphärischen Schädigungen mit den Normalgesunden bei der einfachen visuellen Reaktionsaufgabe ($P = 0,0027$) und für den Vergleich der linkshemisphärisch Geschädigten mit den Normalgesunden bei der Wahlreaktionsaufgabe ($P = 0,0036$). Betrachtet man die Mittelwerte aus Tabelle 4, so wird anhand dieser statistischen Ergebnisse deutlich, daß die RHS-Patienten im Vergleich zu den Normalgesunden nur bei der einfachen visuellen Reaktionsaufgabe beeinträchtigt sind und die LHS-Patienten nur bei der Wahlreaktionsaufgabe. Genau hierin liegt die Ursache für die signifikante Interaktion zwischen den beiden Faktoren (Gruppe \times Aufgabe).

Zur Erfassung der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Selbsteinschätzungen der Probanden bzw. der

Tabelle 4. Mittelwerte und Standardabweichungen der Reaktionszeitmediane (ms) für die einfache visuelle (VR), die einfache auditive (AR) und die Wahlreaktionsaufgabe (WR) am Wiener Reaktionsgerät

WRG-Programm	Reaktionszeiten (ms)	RHS	LHS	NHS	N
VR	\bar{x}	348	315	328	264
	s	102	76	105	50
AR	\bar{x}	270	245	237	221
	s	93	69	73	43
WR	\bar{x}	502	540	455	435
	s	104	128	116	78

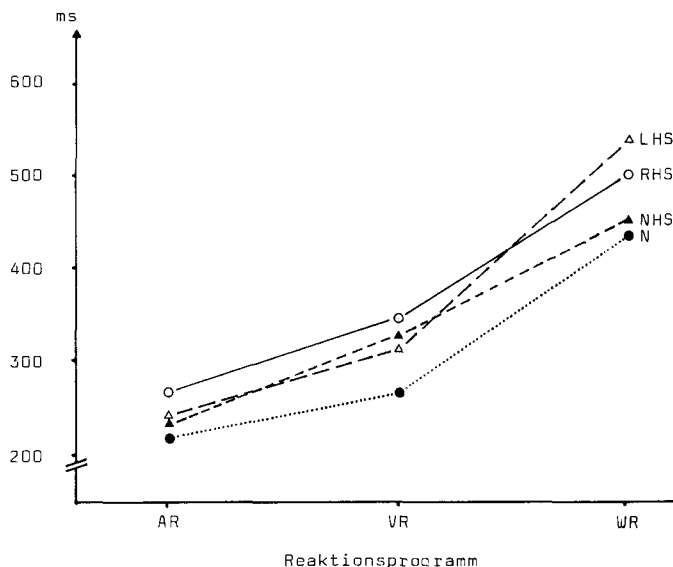


Abb. 2. Ergebnisse am Wiener Reaktionsgerät

Dauer des Krankenhausaufenthalts und den Leistungen an WDG und WRG wurden Produkt-Moment-Korrelationen – getrennt für die beiden Hirnschädigungsgruppen – errechnet. Zusätzlich wurden auch die Korrelationen zwischen der Dauer des Krankenhausaufenthalts und den Selbsteinschätzungen zur Frage 3 (Glauben Sie, daß Sie vor Ihrer jetzigen Krankheit ein besseres Ergebnis erzielt hätten?) bestimmt (s. Tabelle 5).

Auffällig ist, daß für die Patienten mit linkshemisphärischen bzw. rechtshemisphärischen Schädigungen vom Betrag her deutlich unterschiedliche Korrelationen zwischen den Reaktionsleistungen und der Selbsteinschätzung zu Frage 3 (s. o.) resultieren. Insbesondere bei den drei Reaktionsmessungen am Wiener Reaktionsgerät ergab sich für die RHS-Patienten praktisch kein korrelativer Zusammenhang zwischen den beiden o. g. Variablen, während bei den LHS-Patienten immerhin Korrelationen bis zu 0,49 zu beobachten waren. Ein entsprechendes Bild ergab sich bei den Korrelationen zwischen den Reaktionsleistungen und der Dauer des Krankenhausaufenthalts sowie zwischen der Dauer des Krankenhausaufenthalts und der Selbsteinschätzung zu Frage 3. Aufgrund des für Tests auf Gleichheit von Korrelationskoeffizienten vergleichsweise geringen Stichprobenumfangs wurden die vom Betrag her z. T. durchaus erheblichen Unterschiede zwischen den Korrelationen der RHS- und LHS-Patienten bis auf drei Ausnahmen (s. Tabelle 5) nicht „signifikant“. Da die Richtung der Differenzen jedoch theoretisch erwartungsgemäß (s. Einleitung) ist, sollen diese Ergebnisse trotzdem im weiteren bei der Diskussion mitberücksichtigt werden.

Neben den bereits genannten Korrelationsunterschieden fällt auf, daß bei den Korrelationen zwischen Selbsteinschätzung der Müdigkeit (Frage 1) und den Testleistungen nur bei der Wahlreaktionsaufgabe am Wiener Reaktionsgerät praktisch keine korrelativen Zusammenhänge auftraten.

Diskussion

Die Ergebnisse der vier unterschiedlich komplexen Reaktionsaufgaben am Wiener Determinationsgerät zeigen, daß die Reaktionszeiten der Hirngeschädigten mit zunehmendem

Tabelle 5. Produkt-Moment-Korrelationen^a zwischen den Selbsteinschätzungen, der Dauer des Krankenhausaufenthaltes und den Reaktionsprüfungen

	Frage 1: „Fühlen Sie sich im Moment müde oder erschöpft“ (1 = sehr müde, 5 = sehr wach)		Frage 2: „Hat der Test Sie angestrengt“ (1 = ja, sehr, 5 = überhaupt nicht)		Frage 3: „Glauben Sie, daß Sie vor Ihrer jetzigen Krank- heit ein besseres Ergebnis erzielt hätten“ (1 = sehr viel besser, 5 = nein, das gleiche)		Dauer des Krankenhau- saufenthalts	
	RHS	LHS	RHS	LHS	RHS	LHS	RHS	LHS
WDG								
1	-0,44	-0,44	-0,20	-0,33	-0,24	-0,47	-0,09	0,42 ^b
2	-0,46	-0,35	-0,43	-0,24	-0,35	-0,52	0,20	0,35
3	-0,32	-0,42	-0,14	-0,23	-0,32	-0,50	0,17	0,32
4	-0,41	-0,37	-0,24	-0,25	-0,46	-0,59	0,20	0,42
WRG								
VR	-0,40	-0,39	-0,21	-0,31	-0,07	-0,49 ^b	0,07	0,37
AR	-0,34	-0,20	-0,16	0,03	-0,06	-0,29	0,07	0,36
WR	-0,04	-0,01	0,20	0,00	-0,07	-0,34	0,33	0,16
Frage 3							-0,20	-0,63 ^b

^a $r \leq |0,38| \triangle P > 0,10$ (zweiseitige Prüfung)^b Korrelationsdifferenz RHS-LHS $P < 0,10$ (einseitige Prüfung)

Komplexitätsgrad der Aufgabe in gleichem Maße ansteigen wie die Reaktionszeiten der nichthirngeschädigten Patienten. Im Vergleich mit den Normalgesunden zeigen die Hirngeschädigten jedoch insbesondere bei den komplexesten Aufgaben ein deutlicheres Ansteigen ihrer Reaktionszeiten. Dies stützt die Annahme, daß der von Miller (1970), von Lehmann und Mitarbeitern (1972) sowie von van Zomeren und Deelman (1976) berichtete, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe deutlichere Anstieg der Reaktionszeiten Hirngeschädigter bei komplexeren Aufgaben nicht hirnschädigungsspezifisch ist, sondern ein experimentelles Artefakt, und zwar bedingt durch die Wahl einer normalgesunden Kontrollgruppe in einem Extremgruppenvergleich. Der von den o. g. Autoren berichtete Effekt scheint eher allgemein bei hospitalisierten Patienten zu beobachten zu sein.

Betrachtet man jedoch im einzelnen die Ergebnisse der RHS- bzw. LHS-Patienten im Verhältnis zu den beiden Kontrollgruppen, so werden hier durchaus differentielle Effekte deutlich. Die RHS-Patienten verhalten sich nämlich bei ansteigendem Komplexitätsgrad in ihren Reaktionsleistungen ähnlich wie die Normalgesunden, die LHS-Patienten eher wie die nichthirngeschädigten Patienten. Dies zeigt, daß es sicher nicht sinnvoll ist, die vorliegende Fragestellung an hirngeschädigten Patienten zu untersuchen, deren Hirnschädigungslokalisation nicht bekannt ist, wie dies bei den vorgenannten Autoren der Fall war.

Die Ergebnisse der zwei einfachen Reaktionsaufgaben und der Wahlreaktionsprüfung am Wiener Reaktionsgerät bestätigen sowohl die Befunde zu den Reaktionsverlangsamungen nach rechtshemisphärischen Läsionen (De Renzi und Faglioni 1965; Howes und Boller 1975; Nakamura und Taniguchi 1977; Hosokawa et al. 1977) als auch die Ergebnisse der Untersuchungen zur Reaktionsverlangsamung nach linkshemisphärischen Hirnläsionen (Dee und van Allen 1973; Rey und Mitarbeiter 1983). Auch bei der vorliegenden Untersuchung zeigten die RHS-Patienten deutlichere Reaktionsbeeinträchtigungen bei der einfachen visuellen Reaktionsprüfung und die Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen deutlichere Beeinträchtigungen bei der Wahlreaktionsprüfung. Dies stützt die

Annahme, daß die rechte Hemisphäre maßgeblich bei der Kontrolle des elementaren Aktivierungsniveaus im Sinne von „sustained attention“ (Dimond und Beaumont 1973; Heilman und van den Abell 1979; Dimond 1979) und die linke Hemisphäre eher bei der Entscheidungsbildung, bzw. bei Aufgaben, die „selective attention“ erfordern, beteiligt ist (Dimond und Beaumont 1973; Dimond 1979; Rey und Mitarbeiter 1983). Ein ähnlicher Effekt zeigt sich auch beim Vergleich der ersten beiden Komplexitätsstufen am Wiener Determinationsgerät. Auch hier erzielen rein numerisch – wenn auch nicht statistisch überzufällig – die RHS-Patienten bei der einfachen Reaktionsaufgabe schlechtere Ergebnisse und die LHS-Patienten entsprechend schlechtere Resultate bereits bei der Aufgabe mit zwei Wahlmöglichkeiten. Der deutlichere Effekt am Wiener Reaktionsgerät weist darauf hin, daß die hier geforderte Wahlreaktionsaufgabe, bei der der Proband die Entscheidung treffen mußte, ob auf ein Signal überhaupt reagiert werden sollte oder nicht, wahrscheinlich höhere Anforderungen an die Entscheidungsbildung (und somit an die linke Hemisphäre) stellte, als die Aufgaben am Wiener Determinationsgerät. Hier mußte der Proband ja in jedem Fall eine Reaktion ausführen und lediglich die richtige Reaktionstaste auswählen. Ein weiterer Hinweis darauf, daß die Wahlreaktionsaufgabe am WRG im Vergleich zu allen anderen Reaktionsprüfungen eine Sonderstellung einnimmt, ist die Tatsache, daß nur diese Aufgabe praktisch keine Korrelation mit der Selbsteinschätzung der Müdigkeit durch die Patienten aufweist, während alle anderen Aufgaben hier etwa gleich hohe Korrelationen zeigen. Nimmt man die Selbsteinschätzung der Müdigkeit als Indikator für das allgemeine Aktivitätsniveau, so scheinen die Reaktionsleistungen bei der Wahlreaktionsaufgabe am WRG weniger mit dem Aktivierungsniveau in Zusammenhang zu stehen als die anderen Aufgaben.

Die im Gegensatz zu den LHS-Patienten bei den RHS-Patienten sehr geringen Korrelationen einmal zwischen der Dauer des Krankenhausaufenthalts und den tatsächlichen Reaktionsleistungen und zweitens zwischen der Dauer des Krankenhausaufenthalts mit der Selbsteinschätzung der prä-morbiden Leistungsfähigkeit deuten darauf hin, daß sich der

Krankenhausaufenthalt bei beiden Patientengruppen unterschiedlich auswirkt. Außerdem scheinen die rechtshemisphärisch geschädigten Patienten ihre tatsächliche Reaktionsbeeinträchtigung im Gegensatz zu den LHS-Patienten nicht adäquat einschätzen zu können. Auf dem Hintergrund der Beobachtung, daß insbesondere RHS-Patienten häufig eine Anosognosie zeigen (Poeck 1982), lassen sich die o.g. unterschiedlichen Korrelationen der LHS- und RHS-Patienten so interpretieren, daß die RHS-Patienten durch den Krankenhausaufenthalt weniger in ihrer Befindlichkeit beeinträchtigt werden als die LHS-Patienten. Aus dieser Perspektive betrachtet finden sich hier möglicherweise erste Hinweise dafür, warum sich die RHS-Patienten bei den komplexesten Aufgaben am WDG qualitativ eher wie die Normalgesunden verhalten und die LHS-Patienten wie die nichthirngeschädigten Patienten (s. auch Einleitung: *ad 3*).

Literatur

- Benton AL, Blackburn HL (1957) Practice effects in reaction-time tasks in brain-injured patients. *J Abnorm Soc Psychol* 54: 109–113
- Benton AL, Joynt RJ (1958) Reaction time in unilateral cerebral disease. *Confin Neurol* 19: 247–256
- Blackburn HL, Benton AL (1955) Simple and choice reaction time in cerebral disease. *Confin Neurol* 15: 327–338
- Bruhn P, Parsons OA (1971) Continuous reaction time in brain damage. *Cortex* 7: 278–291
- Dec HL, van Allen MV (1973) Speed of decision-making processes in patients with unilateral cerebral disease. *Arch Neurol* 28: 163–166
- De Renzi E, Faglioni P (1965) The comparative efficiency of intelligence and vigilance tests in detecting hemispheric cerebral damage. *Cortex* 1: 410–433
- Dimond SJ (1979) Performance by split-brain humans on lateralized vigilance tasks. *Cortex* 15: 43–50
- Dimond SJ, Beaumont JG (1973) Difference in the vigilance performance of the right and left hemisphere. *Cortex* 9: 259–265
- Hartje W, Sturm W (1982) Psychomotorische Störungen. In: Poeck K (Hrsg) *Klinische Neuropsychologie*. Thieme, Stuttgart
- Heilman KM, van den Abell T (1979) Right hemispheric dominance for mediating cerebral activation. *Neuropsychologia* 17: 315–321
- Hosokawa T, Isagoda A, Shibuya H (1977) Visual matching, depth perception and continuous reaction time in patients with unilateral hemisphere lesions. *Tohoku Psychol Folia* 36: 1–4
- Howes D, Boller F (1975) Simple reaction time: Evidence for focal impairments from lesions of the right hemisphere. *Brain* 98: 317–332
- Huyn S, Feldt LS (1976) Estimation of the Box Correction for degrees of freedom from sample data in the randomized block and split-plot designs. *J Educ Stat* 1: 69–82
- Kirk RE (1968) *Experimental design. Procedures for the behavioral sciences*. Brooks & Cole, Belmont
- Klensch H (1973) Die diagnostische Valenz der Reaktionszeitmessung bei verschiedenen cerebralen Erkrankungen. *Fortschr Neurol Psychiatr* 41: 575–581
- Lehmann HJ, Hauss K, Jainz M (1972) Störungen der Reaktion auf optische Signale bei Multipler Sklerose. *Arch Psychiatr Nervenkr* 216: 371–378
- Miller E (1970) Simple and choice reaction time following severe head injury. *Cortex* 6: 121–127
- Nakamura R, Taniguchi R (1977) Reaction time in patients with cerebral hemiparesis. *Neuropsychologia* 15: 845–848
- Parsons OA, Bruhn P (1973) Effects of interstimulus interval on continuous choice reaction time performance in brain-damaged, alcoholic and control patients. *Cortex* 9: 176–182
- Poeck K (1982) Anosognosie und halbseitige Vernachlässigung. In: Poeck K (Hrsg) *Klinische Neuropsychologie*. Thieme, Stuttgart
- Rey ER, Bueckart G, Oldigs J (1983) Aufmerksamkeitsveränderungen bei Hirntraumatikern: Eine experimentalpsychologische Untersuchung mit Hilfe von Reaktionszeitaufgaben. Vortr 20. Tagung Deutsche Gesellschaft f Hirntraumatologie und klinische Hirnpathologie eV, Mannheim
- Smith KU (1947) Bilateral integrative action of the cerebral cortex in man in verbal association and sensory motor coordination. *J Exp Psychol* 37: 367–376
- Sturm W (1983) Die neuropsychologische Relevanz einfacher und komplexer Reaktions- und Konzentrationsuntersuchungen bei Hirnkranken unter Berücksichtigung ätiologischer und lokalisatorischer Gesichtspunkte. Unveröffentlichte Dissertation, Trier
- Talland GA (1963) Alcoholism and reaction time. *Q J Stud on Alcohol* 24: 38–43
- Van Zomeren AH, Deelman BG (1976) Differential effects of simple and choice reaction after closed head injury. *Clin Neurol Neurosurg* 79: 81–90

Eingegangen am 4. Juli 1985