

Aus dem Hygiene-Institut der Universität Wien
(Vorstand: Prof. Dr. H. MORITZSCH)

Experimentelle Untersuchungen über geistige Beanspruchung durch Arbeitsleistungen

Von

M. HAIDER

(Eingegangen am 16. April 1962)

Zur Feststellung des Grades der geistigen Beanspruchung hat BORNEMANN (1942, Nachdruck 1959) vorgeschlagen, das Prinzip der Doppeltätigkeit oder Mehrfachhandlung heranzuziehen. Den Ausgangspunkt dazu bildeten frühere Arbeiten von PAULI (1913, 1932, 1937) und MAGER (1920) über „Die Enge des Bewußtseins“. BORNEMANN führte viele Laborversuchsreihen durch, wobei eine Meßtätigkeit (er verwendete vor allem Additionsaufgaben vom Typ $5 + 26$) zuerst als Einzelleistung, dann bei gleichzeitiger anderer Arbeitsleistung durchgeführt wurde. Die bei Doppelausführung auftretende Leistungsabnahme, ausgedrückt in Prozenten, soll als Maßstab der geistigen Beanspruchung dienen. In Betrieben selbst wurden jedoch keine Untersuchungen durchgeführt, so daß sich die Frage ergibt, wie weit es möglich ist, die Ergebnisse auf praktische Betriebssituationen zu übertragen. Weiter muß die theoretische Frage aufgeworfen werden, ob es genügt, einen Aspekt der Leistungsbeeinträchtigung zur Erklärung der Ergebnisse bei Doppelleistungen heranzuziehen. BORNEMANN geht dabei von der Voraussetzung aus, daß bei Doppelleistungen der Leistungsprozentsatz, der einer Tätigkeit verlorengeht, der anderen Tätigkeit zugute komme, was er als „Gesetz der Konstanz der prozentualen Leistungssummen“ formulierte.

Ähnliche Vorstellungen liegen den Feststellungen über die Wirkung der „Automatisierung“ zugrunde. Sowohl durch ACH und seine Schüler (MOHNKOPF 1933, ACH 1935) als auch durch neuere Arbeiten von BAHRICK und Mitarbeitern (BAHRICK, NOBLE u. FITTS 1954, BAHRICK u. SHELLY 1958) wurde nachgewiesen, daß bei zunehmender Automatisierung einer Hauptaufgabe auch die Ausführung einer Nebenaufgabe zunehmend besser möglich ist. Nach einiger Zeit treten nur geringe oder gar keine Störwirkungen mehr auf.

Untersuchungen der „geistigen Leistungsreserve“ bei Kraftfahrern wurden kürzlich von BROWN u. POULTON (1961) berichtet. Sie konnten dabei Unterschiede zwischen der höheren Beanspruchung bei Fahrten

in Einkaufsvierteln gegenüber der geringeren Beanspruchung bei Fahrten in Wohnvierteln nachweisen. Als Meßtätigkeit verwendeten BROWN u. POULTON bei einem Teil ihrer Untersuchungen Rechentätigkeit und zwar die Addition von jeweils drei Ziffern. In einem anderen Untersuchungsabschnitt wurden alle 4 sec achtstellige Zahlen zugerufen. Jede Ziffernfolge unterschied sich von der vorangehenden in einer Ziffer. Diese mußte von den Versuchspersonen in ein Mikrophon gesprochen werden. Die Folge der Ziffern und die Stellung der sich unterscheidenden Ziffern war zufallsgereicht.

Die hier berichteten Untersuchungen stellen einen ersten Versuch dar, geistige Beanspruchung sowohl im Labor als auch in Industriebetrieben selbst zu untersuchen. Sie wurden teilweise im Rahmen von Arbeiten der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft zum Studium der Arbeitsbelastung und der Österreichischen Gesellschaft für Arbeitsmedizin durchgeführt. Über andere Einzelheiten dieser Untersuchungen, bei welchen auch Umgebungsfaktoren (Hitze, Lärm usw.) und Kreislaufbelastung gemessen, sowie Einstufungen des Befindens vor und nach Arbeit vorgenommen wurden, wird in anderem Zusammenhang berichtet werden. Hier sollen nur einzelne Teilergebnisse der Pulszählungen mit-erwähnt werden, soweit sie für die beschriebenen Untersuchungen bedeutsam erscheinen.

Die Pulszählung wurde mit Hilfe elektronischer Pulszähler durch Herrn Dipl.-Ing. WENGL, die Magnetophonregistrierung zur Feststellung geistiger Beanspruchung durch Herrn BASCHNY (beide Forstliche Bundesversuchsanstalt Mariabrunn) vorgenommen. Manuelle Pulsmessungen führte Frau Dr. RAUPENSTRAUCH (Betriebsfürsorge der Wiener Gebietskrankenkasse) durch, Zeitstudien zur Charakterisierung der Arbeitsabläufe Herr Ing. OPL. Bei Auswertung des umfangreichen Materials der Betriebsuntersuchungen war mir vor allem meine Mitarbeiterin, Fräulein GROLL, behilflich.

Methodik

Bei Gestaltung der „Nebenaufgabe“ zur Feststellung des Beanspruchungsgrads sollten vor allem die Schwierigkeiten, welche mit einem dauernden Zahlensprechen während der Arbeit verknüpft sind, vermieden werden. Deshalb wurde in unseren Untersuchungen nur alle 30 sec eine Ziffer genannt. Diese wurde von einem vorher besprochenen Magnetophonband über möglichst lärmabgedichtete Kopfhörer den Versuchspersonen zugeleitet. Es waren insgesamt 40mal die Ziffern 1, 2, 3, 4 oder 5 in Zufallsreihung. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, mit der Ausgangszahl 10 zu beginnen und die erste genannte Ziffer zu addieren. Die Summen mußten sie sich über den Zeitraum von 30 sec merken und die nächste genannte Ziffer davon abziehen. So ging es über den ganzen Versuchszeitraum von jeweils 20 min pro Serie weiter. Immer mußte die Endsumme behalten werden und die nächste genannte Zahl abwechselnd abgezogen und zugezählt werden. Belastet wird bei dieser Versuchsanordnung vor allem das kurzzeitige Behalten. Dieses stellt, wie aus den Untersuchungen über Gedächtnishemmungen (ROHRACHER 1958) bekannt ist, eine sehr störanfällige Funktion dar. Auch Alltagserfahrungen wie beispielsweise das Vergessen eben gehörter Telefonnummern, bei Nennung neuer Nummern, weisen auf diese Störanfälligkeit hin.

Die Registrierung erfolgte auf einem zweiten Magnetophonband, auf welchem sowohl die vom ersten Band genannten Ziffern als auch die von den Versuchspersonen jeweils angegebenen Summenwerte aufgenommen wurden. Bei der Auswertung konnten mit Hilfe dieses zweiten Tonbandes Reaktionszeiten gestoppt und Fehler festgestellt werden.

Jedem Hauptversuch von 20 min Dauer gingen 3 min Vorübung voraus, in denen alle 15 sec eine Ziffer genannt wurde, um die Versuchspersonen einzuüben.

Prinzipiell ist es möglich, mit der geschilderten Methode auch eine Feststellung der geistigen Beanspruchung einzelner Teilarbeitsvorgänge zu erreichen. Zu diesem Zweck müssen allerdings genaue Zeitstudien durchgeführt werden. Gleichzeitig muß es dem Zeitnehmer ermöglicht werden, die Testzahlen in einem eigenen Kopfhörer mitzuhören und ihren Zeitpunkt zu markieren. Zumindestens der Zeitpunkt der ersten Zahl muß genau markiert sein, alle weiteren erfolgen dann ja im Abstand von jeweils 30 sec.

Versuchsanordnungen und Versuchspersonen

In den ersten Versuchsreihen wurden im Laboratorium je drei Untersuchungssituationen hergestellt: ein Kontrollversuch, in welchem die Versuchspersonen nur die Testaufgabe allein ausführten, ein Versuch mit gleichzeitiger körperlicher Arbeit (Fahrradergometerfahren mit einer Leistung von 90 W) und ein Versuch mit gleichzeitiger geistiger Arbeit (Abschreiben eines einfachen Textes).

In den anschließenden Betriebsuntersuchungen wurden je vier Versuche täglich (um 9, 11, 13 und 15 Uhr) bei gleichzeitiger Ausführung der industriellen Tätigkeit durchgeführt. Diese Untersuchungen fanden in einem Gießereibetrieb statt, wobei einmal ein „alter Arbeitsvorgang“ (Gießen und Formen in freier manueller Stückfertigung) und einmal ein „neuer Arbeitsvorgang“ (Gießen und Formen in mechanisiertem Betrieb mit Fließfertigung) untersucht wurde. Im alten Arbeitsvorgang mußten Gießpfannen und Formkästen sowohl in vollem, als auch in leerem Zustand an die jeweiligen Arbeitsplätze getragen werden. Außerdem geschah die Sandaufbereitung und das Ausschlagen der Gußformen manuell. Im neuen Arbeitsvorgang waren die meisten Transportwege, die Sandaufbereitung und das Ausschlagen durch maschinelle Vorrichtungen ersetzt. Die Produktion war dadurch zum Zeitpunkt der Untersuchung von 63 Formkästen pro Schicht auf 400 Formkästen pro Schicht angestiegen.

Es war natürlich schwierig Arbeiter zu finden, welche wirklich in beiden Arbeitsvorgängen eingeschult waren und an einigermaßen vergleichbaren Arbeitsplätzen untersucht werden konnten. Übrig blieben schließlich nur sechs Arbeiter im Alter von 23 bis 39 Jahren, die wirklich in allen Labor- und Betriebssituationen untersucht wurden. Bei den Laboruntersuchungen wurden die Untersuchungssituationen durchvariiert und in den Betriebsuntersuchungen begann die Hälfte der Untersuchten mit dem alten Arbeitsvorgang, die andere Hälfte mit dem neuen, um Einflüsse der Reihenfolge möglichst auszuschalten.

Im Rahmen dieser Versuchsreihe wurden auch Zeitstoppungen über den ganzen Arbeitsablauf und seine Teilhandlungen durchgeführt. Die Zeitpunkte, zu denen der Arbeiter die Testzahlen hörte, waren aber darin leider nicht immer bzw. nicht genügend genau markiert, so daß eine Aufgliederung der „geistigen Beanspruchung“ für einzelne Teilhandlungen nicht möglich war. Zur bloßen Illustration dieses Problems führe ich Untersuchungen an zwei Arbeiterinnen einer Hemdennäherei an, bei welchen auch der Zeitnehmer Kopfhörer trug und jeweils genau festhielt, welcher Teilvorgang im Augenblick der Übertragung einer Testzahl ausgeführt wurde.

Ergebnisse

a) Geistige Beanspruchung in verschiedenen Laborsituationen

Jede Versuchsperson führte zunächst einen Kontrollversuch (Prüfungsaufgabe allein) einen Versuch mit gleichzeitiger körperlicher Beanspruchung (Fahren auf Fahrradergometer mit 90 W Leistung) und einen Versuch mit gleichzeitiger geistiger Beanspruchung (Abschreiben eines gedruckten Textes) durch. Die Reihenfolge wurde bei jeder Versuchsperson geändert. Die dabei erzielten Mittelwerte der Reaktionszeiten und Fehler der Prüfaufgabe sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1. Mittelwerte der Reaktionszeiten und Fehler einer Prüfaufgabe in verschiedenen Laborsituationen

	Kontrollversuch (Prüfungsaufgabe allein)	Fahrradergo- meter (90 W)	Abschreiben
Reaktionszeiten (in Sekunden)	1,71	1,59	2,13
Fehler (pro Versuchsreihe mit je 40 Reaktionen)	1,00	0,33	3,50

Die Mittelwertunterschiede wurden mit Hilfe des Friedmann-Tests (Two-Way Analysis of Variance) auf ihre statistische Signifikanz überprüft. Für die Unterschiede in den Reaktionszeiten ergab sich $p = 0,023$ und für die Unterschiede der Fehlerzahlen $p = 0,017$.

Die bei gleichzeitigen Schreibleistungen gegenüber beiden anderen Gruppen verlängerten Reaktionszeiten und erhöhten Fehlerzahlen zeigen zunächst, daß das Verfahren in der erwarteten Richtung „empfindlich“ ist. Auffallend sind jedoch die Unterschiede zwischen Kontrollversuch und Fahrradergometerfahren. Hier zeigt sich eine Tendenz zur Leistungsverbesserung in der Prüfaufgabe bei gleichzeitiger Ausführung einer körperlichen Arbeitsleistung. Die Reaktionszeiten der Prüfaufgabe waren bei gleichzeitigem Ergometerfahren kürzer und die Fehlerzahlen geringer, als bei Ausführung der Prüfaufgabe allein.

Festzuhalten ist also, daß es bei Doppelleistungen Sonderfälle gibt, bei denen gegenüber Einzelleistungen keine Verschlechterung eintritt. Man muß sogar damit rechnen, daß es zu Leistungsverbesserungen kommen kann.

b) Geistige Beanspruchung durch verschiedene Arbeitsvorgänge

Im Gießereibetrieb wurden dieselben Arbeiter, die bereits im Labor untersucht waren, während Ausführung ihrer Tätigkeit im alten und neuen Arbeitsvorgang untersucht. Durch genaue Zeitstudien wurde die Dauer jeder Teiltätigkeit im Arbeitsablauf festgestellt. Gleichzeitig wurde ganztägig die Arbeitspulsfrequenz gemessen; viermal täglich und zwar um 9, 11, 13 und 15 Uhr wurde im alten und neuen Arbeitsvorgang

die jeweils etwa 25 min dauernde Messung der „geistigen Beanspruchung“ vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Um einen Anhaltspunkt für die Signifikanz eventueller Unterschiede im Arbeitsablauf zu erhalten, habe ich Konkordanzkoeffizienten nach

Tabelle 2. *Mittelwerte der Reaktionszeiten und Fehler bei Messungen während altem und neuem Arbeitsvorgang im Arbeitsablauf*

	9 Uhr	11 Uhr	13 Uhr	15 Uhr	Durchschnitt
Alter Arbeitsvorgang					
Reaktionszeiten	2,26	2,44	2,26	2,50	2,37
Fehler	2,33	3,67	1,50	3,50	2,75
Neuer Arbeitsvorgang					
Reaktionszeiten	2,35	2,46	2,58	2,39	2,44
Fehler	2,33	3,83	5,77	1,83	3,41

KENDALL berechnet. Eine signifikante Konkordanz würde aussagen, daß die Versuchspersonen hinsichtlich ihrer Veränderungen im Arbeitsablauf bis zu einem gewissen Grad in der Reihung übereinstimmen. Es ergaben sich aber keine signifikanten Koeffizienten. Trotz erheblicher Unterschiede der Mittelwerte zu verschiedenen Tageszeiten ist also keine einheitliche Tendenz in diesen Unterschieden feststellbar.

Die am Schluß der Tabelle angeführten Durchschnittswerte werde ich im nächsten Abschnitt vergleichend mit anderen Werten besprechen.

c) Vergleich körperlicher und geistiger Beanspruchung bei Labor- und Betriebsuntersuchungen

Die Mittelwerte der Laboruntersuchungen (Tabelle 1) sowie die Durchschnittswerte der Betriebsuntersuchungen (Tabelle 2) habe ich in Tabelle 3a nochmals zusammengestellt und zum Vergleich die durchschnittlichen Arbeitspulsfrequenzen beigelegt.

Tabelle 3a. *Mittelwerte der Reaktionszeiten, Fehler und Arbeitspulsfrequenzen in verschiedenen Labor- und Betriebssituationen*

	Kontrollversuch	Laboruntersuchungen		Betriebsuntersuchung	
		Fahrradergometer (90 W)	Ab-schreiben	Alter Arbeitsvorgang	Neuer Arbeitsvorgang
Reaktionszeiten	1,71	1,59	2,13	2,37	2,44
Fehler	1,00	0,33	3,50	2,75	3,41
Arbeitspulsfrequenz		112,8		111,8	98,5

Die Unterschiede der Arbeitspulsfrequenzen zwischen altem und neuem Arbeitsvorgang sind statistisch signifikant ($t = 2,83$, $p < 0,05$) und liegen in der erwarteten Richtung. Trotz der zum Zeitpunkt der

Untersuchung bereits stark erhöhten Produktion (von 63 Formkästen auf 400 Formkästen pro Schicht) ist also durch den Wegfall der schweren Hebe-, Schaufel- und Tragarbeiten die körperliche Beanspruchung geringer geworden. Demgegenüber zeigen Reaktionszeiten und Fehlerzahlen als Kriterien der geistigen Beanspruchung keine signifikanten Unterschiede. Sie tendieren sogar eher dazu, im neuen Arbeitsvorgang gegenüber dem alten Arbeitsvorgang anzusteigen. Durch die Mechanisierung

Tabelle 3b. *Signifikanzen der Unterschiede Kontrollversuch und Ergometerverfahren gegenüber altem und neuem Arbeitsvorgang*

		Alter Arbeitsvorgang	Neuer Arbeitsvorgang
Kontrollversuch	Reaktionszeiten	$t = 3,61 \text{ p} < 0,02$	$t = 2,76 \text{ p} < 0,05$
	Fehler	$t = 2,58 \text{ p} < 0,05$	$t = 2,37 \text{ p} > 0,05$
Ergometerfahren	Reaktionszeiten	$t = 4,90 \text{ p} < 0,01$	$t = 3,49 \text{ p} < 0,02$
	Fehler	$t = 2,56 \text{ p} < 0,05$	$t = 3,44 \text{ p} < 0,02$

ist also in den untersuchten Arbeitsvorgängen wohl eine Herabsetzung der körperlichen Beanspruchung, aber keine durch unsere Kriterien meßbare, wesentliche Veränderung der geistigen Beanspruchung herbeigeführt worden.

Bemerkenswert erscheint aber, daß die geistige Beanspruchung in den Betriebsuntersuchungen ungefähr in der gleichen Höhe liegt, wie die geistige Beanspruchung durch Schreibarbeiten. Sie unterscheidet sich wie diese signifikant gegenüber Kontrollversuch und Fahrradergometerfahren. Die t -Werte sind in Tabelle 3b zusammengestellt. Der Unterschied der Fehlerzahlen zwischen Kontrollversuch und neuem Arbeitsvorgang erreicht nur die Signifikanzgrenze, alle anderen Werte sind signifikant oder sehr signifikant.

Die relativ hohen Vergleichswerte der Reaktionszeiten und Fehlerzahlen, welche wir bei industriellen Arbeitsleistungen erhalten haben, unterscheiden sich von den Ergebnissen in reinen Laboruntersuchungen. BORNEMANN erhielt nämlich für alle Handarbeiten sehr geringe Beanspruchungsgrade, während Schreibleistungen im Vergleich dazu hohe Beanspruchungsgrade aufwiesen.

d) Einflüsse der Untersuchungen auf die betriebliche Arbeitsleistung

Wenn bei Doppelleistungen Beeinträchtigungen auftreten, so könnte man erwarten, daß auch die betriebliche Arbeitsleistung durch die Ausführung der Nebenaufgabe gestört würde. Um dies zu überprüfen, haben wir aus den ganztägigen Arbeitsablaufstudien der Zeitnehmer die durchschnittlichen Arbeitszeiten, die jeder Arbeiter zur Ausführung der Teiltätigkeit seiner Arbeit benötigte, festgestellt. Diese „reinen Arbeitszeiten“

(gemessen: Hundertstel Minuten) wurden sowohl für die Zeiten während der Testungen als auch für die übrigen Zeiten berechnet. Es ergaben sich sehr geringe Unterschiede, die statistisch nicht signifikant waren. Sowohl im alten als auch im neuen Arbeitsvorgang waren die reinen Arbeitszeiten während der Testung um durchschnittlich 0,921 Hundertstel min (also um etwa 1,2 sec) kürzer als diese Teilzeiten ohne Ausführung der Prüfaufgabe. Die zur Untersuchung der geistigen Beanspruchung ausgeführte Nebentätigkeit hat sich also nicht leistungsverschlechternd auf die Betriebsarbeit ausgewirkt. Im Durchschnitt ist es sogar eher zu geringen Leistungsverbesserungen gekommen.

Man kann natürlich sagen, daß jede Untersuchungssituation andere Motivationen und Einstellungen der Untersuchten bewirkt. Dabei muß man aber bedenken, daß bei den Betreffenden auch in den Zeitabschnitten, in welchen gerade keine Messung der geistigen Beanspruchung stattfand, doch dauernd Pulsmessungen und Zeitstopnungen vorgenommen wurden.

Wir haben also auch hier wieder das Ergebnis, daß sich eine Arbeitsleistung auf eine gleichzeitig auszuführende andere Arbeitsleistung nicht leistungsverschlechternd auswirken muß.

*e) Geistige Beanspruchung durch verschiedene Teilhandlungen
eines Arbeitsvorganges*

Prinzipiell ist es mit der beschriebenen Methode auch möglich, Unterschiede in den Reaktionszeiten und Fehlern der Prüfaufgabe bei verschiedenen Teilhandlungen der „Hauptaufgabe“ festzustellen. Nötig dazu ist allerdings, daß der Zeitnehmer jeweils genau festhält, zu welchem Zeitpunkt die Testzahl übertragen wurde. Außerdem dürfen die Teilzeiten nicht allzu kurz sein, da sonst die Reaktion des Betreffenden unter Umständen erst zu einem Zeitpunkt auftritt, in welchem er bereits die nächste Teilhandlung ausführt. Zur Illustration, wie man in solchen Fällen vorgehen kann, seien die folgenden Untersuchungen geschildert.

Zwei Näherinnen einer Hemdennäherei wurden in jeweils geänderter Reihenfolge je zweimal untersucht, während sie Zwickel anzusäumen hatten, je zweimal während sie Kragen anzunähen hatten, und außerdem in einem Kontrollversuch mit der Prüfaufgabe allein. Der Arbeitsvorgang „Zwickel ansäumen“ wurde nur in die Teilhandlungen „Ansäumen“ und „Aufnehmen eines neuen Werkstückes“ unterteilt. Insgesamt wurde er vom Arbeitswissenschaftler als „eher leicht und ohne besondere Konzentrationsleistung“ bezeichnet. Der Arbeitsvorgang „Kragenannähen“ wurde in die Teilvorgänge: „erste Naht nähen“, „zweite Naht nähen“ und „Aufnehmen eines neuen Werkstückes“ unterteilt. Er wurde vom Arbeitswissenschaftler als „stark Aufmerksamkeit beanspruchend“ bezeichnet. Die gefundenen Mittelwerte der Reaktionszeiten sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Die Reaktionszeiten, die beim Aufnehmen eines neuen Werkstücks gemessen wurden, liegen höher als die Werte der übrigen Teilhandlungen. Es wäre auch leicht einzusehen, daß dabei die Störwirkung auf die Prüfaufgabe am größten ist. Da jedoch die Teilhandlung „Aufnehmen“ relativ selten vorkam (nur 5 von insgesamt 160 Reaktionen bei Zwickelansäumen

Tabelle 4. *Unterschiede der Reaktionszeiten einer Prüfaufgabe bei Teilhandlungen von Nährarbeiten*

	Reaktionszeiten	
	des Arbeitsvorganges	der Teilhandlungen
Kontrollversuch	1,43	—
Zwickel ansäumen	1,94	Ansäumen: 1,92 Aufnehmen: 2,24
Kragen annähen	1,58	Erste Naht: 1,51 Zweite Naht: 1,60 Aufnehmen: 1,67

und 19 von insgesamt 160 Reaktionen bei Kragenannähen) und doch ziemliche Streuungen aufwies, sind die Unterschiede nicht signifikant.

Bemerkenswert erscheint, daß die vom arbeitswissenschaftlichen Standpunkt aus als wenig Aufmerksamkeit beanspruchend bezeichnete Arbeit „Zwickel ansäumen“ in der Prüfaufgabe längere Reaktionszeiten bewirkt als die „stark Aufmerksamkeit beanspruchende“ Arbeit „Kragen annähen“. Die Einzelwerte jeder der beiden Versuchspersonen waren in diesem Fall sogar signifikant voneinander verschieden ($t = 3,60$ $p < 0,01$ bzw. $2,73$, $p < 0,01$).

Diskussion

Die Feststellung geistiger Beanspruchung bei Arbeitsleistungen stößt auf verschiedene Schwierigkeiten. Bei Untersuchungen in Industriebetrieben ist mit einer Vielheit von Faktoren und Beeinflussungen zu rechnen, welche keineswegs immer konstant gehalten werden können. Will man die Situation als Ganzes beurteilen, so muß man eben auch alle diese Faktoren so weit wie möglich mit berücksichtigen. Eine unmittelbare Übertragung von Laboruntersuchungen auf betriebliche Verhältnisse wird dadurch sehr erschwert. Beispielsweise zeigen Schreibleistungen im Laborversuch signifikant erhöhte geistige Beanspruchung gegenüber Fahrradergometerverfahren, was die Untersuchungen BORNEMANN'S (1959) bestätigt. Industrielle Tätigkeiten zeigen aber Beanspruchungsgrade, die von Schreibleistungen nicht signifikant verschieden sind, was den Untersuchungen BORNEMANN'S, der für alle Handarbeiten geringe geistige Beanspruchungsgrade fand, nicht entspricht. BORNEMANN selbst weist allerdings darauf hin, daß für Betriebs-

situationen wahrscheinlich höhere Werte anzusetzen sind, als er sie im Labor gefunden hat.

Ein weiterer Unterschied hat sich bei Messung geistiger Beanspruchung mit gleichzeitigem Fahrradergometerfahren ergeben. BORNEMANN findet durch Fahrradergometerfahren eine Beeinträchtigung der gleichzeitig auszuführenden Rechenleistungen um 12%. Wir haben in unseren Laboruntersuchungen bei Fahrradergometerfahren gegenüber dem Leerversuch eine Tendenz zur Leistungsverbesserung erhalten. In derselben Richtung liegen Ergebnisse von METZ (1960). Sowohl psychomotorische Leistungen als auch Vigilanzaufgaben zeigten bei gleichzeitiger Muskelleistung am Fahrradergometer Leistungsverbesserungen. Bei Ausführung von Doppelleistungen gibt es also Sonderfälle, bei denen es gegenüber Einzelleistungen zu Leistungsverbesserungen kommen kann.

Hier ist wohl auch noch das Ergebnis anzuführen, daß bei Näharbeiten Leistungen, die vom arbeitstechnischen Standpunkt als „stärker Aufmerksamkeit beanspruchend“ bezeichnet wurden, weniger störend auf Ausführung einer Nebenaufgabe wirkten, als andere Leistungen, deren Aufmerksamkeitsbeanspruchung geringer veranschlagt wurde. Ergebnisse, die in derselben Richtung liegen, berichtet auf Grund umfangreicher experimenteller Studien auch MOWBRAY (1952, 1953). Er fand, daß leichtere Aufgaben sich gegenseitig stärker störten, als schwerere Aufgaben.

Alle diese Ergebnisse zeigen meines Erachtens, daß es nicht möglich ist, Doppelleistungen unter dem Aspekt der funktionalen Leistungsbeeinträchtigung allein zu betrachten. PAWLIK, der in einer Dissertation des Psychologischen Instituts Wien auch eine ausführliche Literaturübersicht zum Problem der Simultanleistungen gibt, weist darauf hin, daß man solche Ergebnisse vielleicht „motivationstheoretisch“ erklären könne. Der Hinweis auf Motivationseinflüsse hilft allerdings auch nicht viel weiter, solange es nicht möglich ist, Kriterien für Art und Stärke dieser Einflüsse anzugeben. Ich würde daher vorschlagen, man sollte versuchen, Aktivierungsvorgänge zur Erklärung mit heranzuziehen. Diese haben den Vorteil, eine einigermaßen quantifizierbare Dimension darzustellen. Man könnte in diesem Zusammenhang beispielsweise annehmen, daß bei weitgehend automatisierten Muskelleistungen, wie etwa dem Fahrradergometerfahren, keine oder nur wenig Stör- und Ablenkungswirkungen mehr auf die Ausführung einer Nebenaufgabe ausgehen, daß aber eine Aktivierungswirkung eintritt, welche leistungsverbessernd wirkt. Die Pulsfrequenz, welche durch Muskelleistung erhöht wird, kann ja unter anderem auch als Aktivierungsvariable angesehen werden. In ähnlicher Weise können auch durch induzierte Muskelspannungen Leistungsverbesserungen bis zu einem gewissen Optimum der Aktivierung erzielt werden (STAUFFACHER 1937, FREEMAN 1938, COURTS 1942). Wie

man Ergebnisse der Ermüdungs- und Monotonieforschung in theoretischem Zusammenhang mit Aktivierungsvorgängen interpretieren könnte, habe ich kürzlich (HAIDER 1962) eingehend darzustellen versucht.

Zusammenfassung

1. Es wurde erstmalig versucht, die „geistige Beanspruchung“ industrieller Tätigkeiten in einem Industriebetrieb (Gießerei) zu untersuchen und mit Kontrollexperimenten im Labor zu vergleichen. Zwischen einem „alten Arbeitsvorgang“ (Formen und Gießen, händisch in freier Stückfertigung) und einem „neuen Arbeitsvorgang“ (mechanisierte Fließfertigung) konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden, obwohl die Produktion zum Zeitpunkt der Untersuchung auf das Sechsbis Siebenfache erhöht war. Die Pulsfrequenzen während der Arbeit aber waren, trotz der Produktionserhöhung signifikant herabgesetzt.

2. Es ist prinzipiell möglich, mit Hilfe der beschriebenen Methode auch Beanspruchungsgrade verschiedener Teilhandlungen von Arbeitsvorgängen festzustellen, und es konnte gezeigt werden, daß keine nachteiligen Auswirkungen auf die betriebliche Arbeitsleistung aufgetreten sind.

3. Im Laborversuch lag erwartungsgemäß die geistige Beanspruchung durch Abschreiben signifikant höher als beim Kontrollversuch (Leerversuch) und bei Fahrradergometerfahren mit 90 W Leistung. Die Werte bei Fahrradergometerfahren zeigten aber gegenüber dem Kontrollversuch eine Tendenz zu besseren Leistungen in der Prüfaufgabe. Es wird vorgeschlagen, zur Erklärung solcher Wirkungen neben dem Aspekt der Leistungsbeeinträchtigung den Aktivierungsaspekt heranzuziehen. Demnach würden weitgehend automatisierte Muskelleistungen einerseits nicht mehr störend bzw. ablenkend auf eine gleichzeitig auszuführende Nebenaufgabe wirken, andererseits aber durch Erhöhung des Aktivierungsniveaus unter Umständen Leistungsverbesserungen hervorrufen.

4. Die Werte der geistigen Beanspruchung im Industriebetrieb waren signifikant höher als beim Fahrradergometerfahren, welches eine den betrieblichen Arbeiten ungefähr vergleichbar große körperliche Beanspruchung darstellt. Sie lagen im Bereich der geistigen Beanspruchung durch Schreibleistungen, oder sogar darüber. In Laboruntersuchungen liegen demgegenüber Schreibleistungen viel höher als jede Art handwerklicher Betätigung. Dies zeigt, daß Ergebnisse aus Laborversuchen nicht ohne weiteres auf betriebliche Verhältnisse übertragen werden können.

Literatur

- ACH, N.: Analyse des Willens. Berlin-Wien: Urban & Schwarzenberg 1935.
 BAHRICK, H. P., and C. SHELLY: Time sharing as an index of automatization. *J. exp. Psychol.* **56**, 288 (1958).
 NOBLE, M., and P. M. FITTS: Extra-Task performance as a measure of learning a primary task. *J. exp. Psychol.* **48**, 298 (1954).

- BORNEMANN, E.: Untersuchungen über den Grad der geistigen Beanspruchung. Meisenheim 1959 (Nachdruck aus *Arbeitsphysiologie* 12 142 (1942) u. 12, 173 (1942).
- BROWN, I. D., and E. C. POULTON: Measuring the spare 'mental capacity' of car drivers by a subsidiary task. *Ergonomics* 4, 35 (1961).
- COURTS, F. A.: Relations between muscular tension and performance. *Psychol. Bull.* 39, 347 (1942).
- DUFFY, E.: The psychological significance of the concept of 'arousal' or 'activation'. *Psychol. Rev.* 64, 265 (1957).
- FREEMAN, G. L.: The optimal muscular tensions for various performances. *Amer. J. Psychol.* 51, 146 (1938).
- HAIDER, M.: Ermüdung, Beanspruchung und Leistung. Wien: Deuticke 1962.
- MAGER, A.: Die Enge des Bewußtseins. (Eine experimentell psychologische Arbeit.) Stuttgart: Spemann 1920.
- MALMO, R. B.: Activation: a neuropsychological dimension. *Psychol. Rev.* 66, 367 (1959).
- METZ, B. (Directeur de la publication): Fatigue et sécurité. Straßburg 1960 (unveröffentlichter Bericht).
- MOHNKOFF, W.: Zur Automatisierung willkürlicher Beinbewegungen. Zugleich ein Beitrag zur Lehre von der Enge des Bewußtseins. *Z. Psychol.* 130, 253 (1933).
- MOWBRAY, G. H.: Simultaneous vision and audition: the detection of elements missing from overlearned sequences. *J. exp. Psychol.* 44, 292 (1952).
- Simultaneous vision and audition: varying levels of difficulty. *J. exp. Psychol.* 46, 365 (1953).
- PAULI, R.: Über eine Methode zur Untersuchung und Demonstration der Enge des Bewußtseins sowie zur Messung der Geschwindigkeit der Aufmerksamkeitswanderung. Stuttgart: Spemann 1913.
- Über den Nachweis der Enge des Bewußtseins. Ber. über d. 12. Congr. d. Dtsch. Ges. f. Psychol. 1932.
- Mehrfacharbeit und Enge des Bewußtseins. *Arch. ges. Psychol.* 98, 217 (1937).
- PAWLIK, K.: Experimentelle und theoretische Beiträge zur Analyse der Simultanleistung. Phil. Dissertation Wien 1958.
- ROHRACHER, H.: Einführung in die Psychologie, 6. Aufl. Wien: Urban & Schwarzenberg 1958.
- SCHORN, M.: Experimentelle Untersuchungen über die Mehrfachhandlung. *Z. Psychol.* 108, 195 (1928).
- STAUFFACHER, J. C.: The effect of induced muscular tension upon various phases of the learning process. *J. exp. Psychol.* 21, 26 (1937).

Dr. M. HAIDER, Wien IX, Kinderspitalgasse 15,
Hygiene-Institut der Universität