

# Messung individueller Leistungsfähigkeit für die Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen

*Bei Zeitstudien wird die individuelle Leistungsfähigkeit von Arbeitskräften subjektiv geschätzt, was als Leistungsgrad bezeichnet wird. Der mittlere Leistungsgrad und die Zeitdauer einer Arbeitsaufgabe ergeben die Normleistung. Für die erfolgreiche Schätzung des mittleren Leistungsgrades ist große Erfahrung erforderlich. Zur Optimierung von Arbeitsvorgängen und für die Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen wurde die Bewegungsanalyse eingesetzt, welche das individuelle Leistungspotenzial beschreibt und es erlaubt, objektiv die Leistung verschiedener Arbeitskräfte zu vergleichen.*

Dipl.-Ing. Martina Jakob und Dr. Martin Geyer sind Mitarbeiter des Leibniz-Instituts für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr. R. Brunsch); e-mail: [mjakob@atb-potsdam.de](mailto:mjakob@atb-potsdam.de)

## Schlüsselwörter

Arbeitsplatzgestaltung, Bewegungsanalyse, Leistungsgrad, Zeitstudie

## Keywords

Work-place design, motion analysis, level of performance, time study

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 06214 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Das gegenwärtige landwirtschaftliche Produktionsumfeld ist von einem starken Wandel geprägt, charakterisiert durch steten technischen Fortschritt, eine breite Angebotsvielfalt, ein erhöhtes Qualitätsbewusstsein, aber auch eine stärkere Beachtung von Mitarbeiterinteressen. Diesem Wandel müssen die Methoden der Arbeitsplatzgestaltung angepasst werden. Die Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Produktion berücksichtigt traditionell die Maschinenkapazitäten, der Einfluss der Arbeitskräfte wird häufig vernachlässigt [2]. Jedoch nur mit dem Wissen über die Interaktionen zwischen Mensch und Maschine lassen sich menschliche Leistungsfähigkeit und Maschinenkapazität in vollem Umfang nutzen.

Die Leistungsfähigkeit versteht sich als das Verhältnis zwischen aufgewandten Ressourcen und dem erzielten Ergebnis. Dies umfasst bei einer Arbeitskraft den persönlichen Einsatz und das erzielte Resultat. Es gibt verschiedene Faktoren, welche die Leistungen beeinflussen, die körperlichen, sensorischen, geistigen Fähigkeiten und Fertigkeiten, die Kenntnisse und das Wollen. Die arbeitsbezogene Leistungsfähigkeit einer Person gibt Auskunft darüber, welche Tätigkeiten die Person nach Art, Umfang und Dauer durchführen kann.

Die individuelle Leistungsfähigkeit unterliegt bekanntermaßen einer großen Streuung. Daher wurde im Rahmen von REFA Zeitstudien der Leistungsgrad eingeführt, der das Verhältnis der beobachteten Ist-Leistung zur vorgestellten Bezugsleistung charakterisiert [3]. Die Beurteilung erfolgt jedoch anhand von Beobachtungen auf subjektiver Basis. Eine verlässliche Einschätzung des Leistungsgrades erfordert langjährige Erfahrung.

Im Gartenbau und in der Landwirtschaft wurden immer wieder Zeitaufnahmen durchgeführt [4, 5, 6], um Arbeitszeitplanungen zu ermöglichen oder die Arbeit neu zu gestalten. Zeitaufnahmen dienen als Basis für die Leistungsentlohnung, unterliegen hier jedoch den tarifvertraglichen Auflagen.

Die Anwendung des Leistungsgrades wurde nicht immer konsequent verfolgt. Gründe

hierfür sind unter anderem die große Aufgabenvielfalt, kurze Zykluszeiten und mangelnde Erfahrung. Eine Vernachlässigung des Leistungsgrades reduziert jedoch die Übertragbarkeit der Ergebnisse. Es besteht daher die Forderung nach einem objektiven Bewertungskriterium, um die große Variation von Prozesszeiten den jeweiligen Ursachen zuzuordnen.

## Methode

Basis der Arbeitsausführung sind Bewegungen. Mit Hilfe eines Bewegungsanalyse-systems wurden diese automatisch erfasst. Definierte Körperpunkte wurden mit aktiven, infrarotes Licht emittierenden Markern gekennzeichnet. Der Bewegungsverlauf der Marker ist in Form von 3-D-Raumkoordinaten beschrieben. Diese Daten ermöglichen die Berechnung von Indikatoren [1].

Der Leistungsgrad ist durch die Wirksamkeit der Arbeitsausführung und ihre Intensität gekennzeichnet. Die Intensität wird vor allem durch die Bewegungsgeschwindigkeit bestimmt. Die Wirksamkeit ist daran zu erkennen, wie geläufig, zügig, beherrscht, harmonisch, sicher, zielgerichtet oder rhythmisch gearbeitet wird [3].

Die Bewertung der Bewegungsgeschwindigkeit erfolgte über den Vergleich mit MTM-Daten (MTM = Methods Time Measurement), wobei die Abläufe in Bewegungselemente unterteilt wurden. Die Wirksamkeit wurde auf Harmonie, Zielstrebigkeit und Rhythmik überprüft.

Die Untersuchungen erfolgten anhand eines einfachen Prozesses, dem Auflegen von empfindlichen Produkten, beispielsweise Spargel, auf Förderbänder. Mittels Indikatoren soll die individuelle Leistungsfähigkeit bewertet werden.

## Ergebnisse

Um die Intensität der Arbeitsausführung zu bewerten, wurden die Bewegungselemente Bringen und Hinlangen extrahiert. Der Gesamtzeitaufwand für diese Elemente wird vor allem von der Geschwindigkeit und der Entfernung beeinflusst. Vergleicht man die

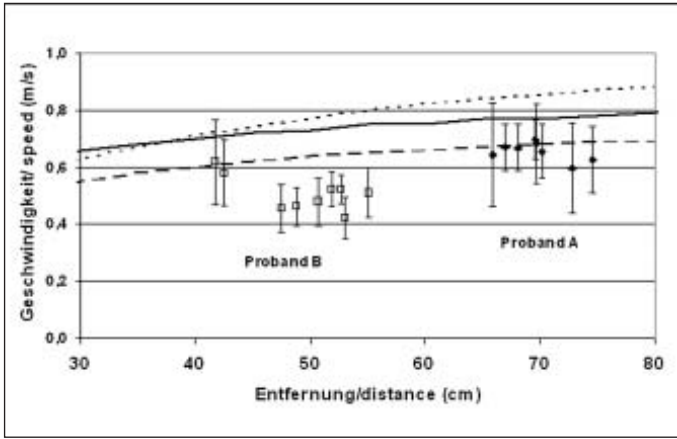


Bild 1: Gemessene Geschwindigkeitsmittelwerte der rechten Hand zweier Probanden A und B für das Bringen von Produkten im Vergleich zu MTM-Daten verschiedener Fälle (Fall A, durchgehende Linie, Fall B kurz-gestrichelt, Fall C lang-gestrichelt)

Fig. 1: Measured average speed of the right hand of subject A and B for bringing products in comparison to MTM data for different degrees of difficulty (A solid line, B broken line short, C broken line long)

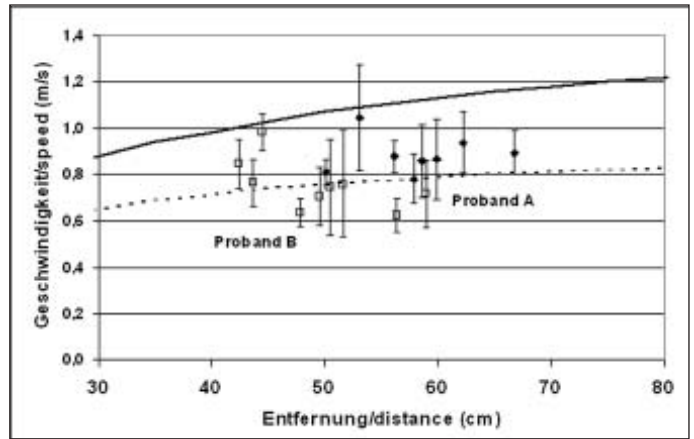


Bild 2: Gemessene Geschwindigkeitsmittelwerte der rechten Hand zweier Probanden für das Hinlangen zu Produkten im Vergleich zu MTM-Daten verschiedener Fälle (Fall A, durchgehende Linie, Fall B gestrichelt)

Fig. 2: Measured average speed of the right hand of subject A and B for reaching to products in comparison to MTM data for different degrees of difficulty (A solid line, B broken line)

gemessenen Werte mit MTM-Daten, die einen Leistungsgrad von 100% repräsentieren, lässt sich das erreichte Leistungsniveau ablesen (Bild 1 und 2). Die Fälle A, B und C berücksichtigen unterschiedliche Schwierigkeitsgrade der jeweiligen Bewegungselemente, die einen wesentlichen Einfluss auf die Zeitdauer ausüben. In den Abbildungen sind die ermittelten durchschnittlichen Geschwindigkeiten der rechten Hand zweier Probanden sowie die dabei zurückgelegten Wege dargestellt. In Bild 1 liegt Proband B meist unterhalb der drei eingetragenen MTM-Leistungskurven, was darauf schließen lässt, dass der Leistungsgrad niedriger als 100% ist. Proband A weist einen höheren Leistungsgrad auf, legt jedoch trotz gleicher Arbeitsaufgabe längere Entfernungen beim Bringen der Produkte zum Band zurück.

Für das Hinlangen (Bild 2) liegen die Messwerte beider Probanden enger beieinander. Sie liegen im Bereich der 100%-MTM-Leistung für Fall B.

Der Weg, den der Mensch mit der Hand zurücklegt, um einen Gegenstand von einem Ort zu einem anderen zu bringen, verläuft bekanntermaßen kurvenförmig. Der maximale Abstand von der Arbeitsoberfläche im Bewegungsverlauf wurde hier als Scheitelpunkt definiert. Er betrug im Durchschnitt 17,14 cm (0,68 Stabw) für Proband B und 19,51 cm (0,76 Stabw) für Proband A.

Als Indikatoren für die Zielgerichtetheit der aufgezeichneten Bewegungen dienten zum einen die Entfernungen (Bild 1 und 2) und zum anderen die Scheitelpunkte der Bewegungselemente Bringen und Hinlangen. Somit lässt sich zusammenfassen, dass sich Proband A beim Bringen schneller bewegt, aber gleichzeitig jedoch unnötig weit reicht. Proband B hingegen reduziert den Weg des

Materialtransports auf ein Minimum, zeigte jedoch eine größere Auslenkung nach oben.

Harmonie und Rhythmik lassen sich bei gleichförmigen und immer wiederkehrenden Bewegungen beispielsweise an der Überlagerung der Bewegungslinien erkennen. Je größer die Übereinstimmung dieser Formen ist, desto rhythmischer oder harmonischer ist die Arbeitsausführung (Bild 3). Diese Überprüfung kann stichprobenartig erfolgen.

### Diskussion

In Anlehnung an die Definition des Leistungsgrades wurden vier der ihn beschreibenden Parameter über Indikatoren quantitativ bestimmt, die Bewegungsgeschwindigkeit, die Zielgerichtetheit sowie Harmonie und Rhythmik. Die Indikatoren ermöglichen im Einzelnen eine objektive Bewertung der Merkmale und somit auch den Vergleich unterschiedlicher Versuchspersonen.

Die quantitative Bewertung der gemessenen Bewegungsgeschwindigkeit ist vor al-

lem von der ausgewählten Referenz abhängig. Bild 1 und 2 verdeutlichen weiterhin, dass die Geschwindigkeit als alleiniges Kriterium nicht ausreicht. Die deutlich schnelleren Bewegungen von Proband A sind auch länger, so dass die Effizienz der höheren Geschwindigkeit hierdurch geschmälert wird. Diese Tatsache müsste der Teilnehmer über den Leistungsgrad verrechnen.

Über die Einteilung des Prozesses in Phasen ließe sich die Übereinstimmung aller Messgrößen überprüfen. Je höher die Übereinstimmung ist, desto harmonischer erfolgt die Ausführung der Aufgabe. Um als Ergebnis daraus den Leistungsgrad als prozentuale Größe zu benennen, müssten die Indikatoren gewichtet werden, wobei die Struktur der Abhängigkeiten über Regressionsmodelle zu ermitteln ist.

Letztlich ist die Bewegungsanalyse ein geeignetes Instrument, um die individuelle Leistungsfähigkeit von Personen objektiv zu bestimmen. Der Bewegungsaufwand und die Bewegungsgeschwindigkeit sind dabei die Haupteinflussfaktoren auf die Zeitdauer.

Bild 3: Winkelverlauf der Arme über zwei Zyklen bei Proband B

Fig. 3: Arm position over the course of two cycles described by the opening angle (top graphs) and the elevation of the upper arm (bottom graphs)

