

# Ablaufrationalisierung mit Hilfe von MTM und Bewegungsanalyse im Gartenbau

*Kontinuierlich steigende Maschinenkapazitäten erfordern eine optimale Arbeitsgestaltung an den Mensch-Maschine-Schnittstellen. Im Rahmen der Massenproduktion steht die Bewegungsablauf-rationalisierung im Vordergrund. Als hierfür besonders geeignete Methode wird in der Literatur MTM (Methods Time Measurement) genannt. An einem Praxisbeispiel wird der Zeitbedarf für eine Arbeitsaufgabe über MTM und über die dreidimensionale Bewegungsanalyse ermittelt.*

Dipl.-Ing. agr. Martina Jakob ist Mitarbeiterin und Dr. Martin Geyer ist Leiter der Abteilung „Technik im Gartenbau“ am Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zanke), e-mail: [mjakob@atb-potsdam.de](mailto:mjakob@atb-potsdam.de)

## Schlüsselwörter

MTM, Bewegungsanalyse, Ablaufrationalisierung

## Keywords

MTM, motion analysis, process rationalisation

## Literatur

- [1] Jakob, M. und M. Geyer: Zur Gestaltung von Fließbandarbeitsplätzen. Landtechnik 58 (2003), H. 3, S.138-139
- [2] -: REFA-Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 2. Datenermittlung. 7. Auflage, 1992
- [3] -:DIN ISO 11226, Ergonomics - Evaluation of static working postures. 2000 (E)

Einfache Tätigkeiten im gartenbaulichen Ernte- und Nacherntebereich sind durch gleichförmige, reizarme und sich ständig wiederholende Aufgaben gekennzeichnet und erfordern eine hohe Eigenmotivation der Arbeitskräfte. Die persönliche Motivation steht jedoch im engen Verhältnis zum Entgelt und der abgeforderten Leistung. Die Aufgabe des Betriebsleiters besteht nun darin, die Leistungen der Arbeitskräfte zu steuern, sie zu motivieren, zu kontrollieren und betriebliche Ziele durchzusetzen.

In den Vorversuchen [1] zur optimalen Gestaltung der Produktaufgabe auf Sortier- und Aufbereitungsanlagen im Obst- und Gemüsebau konnte gezeigt werden, dass die Leistungsbereitschaft der Arbeitskräfte eine wesentliche Rolle spielt. Über die Steigerung der Bandlaufgeschwindigkeit konnten auch die Leistungen erhöht werden, sie unterlagen gleichzeitig großen Schwankungen. Auf die Wichtigkeit der Einhaltung von ergonomischen Gestaltungsparametern wurde zusätzlich hingewiesen.

Die Maschinenkapazitäten moderner Anlagen nehmen kontinuierlich zu, wodurch auch die von den Arbeitskräften geforderte Leistung steigt. Der Einsatz einer Arbeitskraft am Fließband reicht nicht aus, um die Maschine voll auszulasten.

Über MTM soll der theoretische minimale Zeitbedarf pro Stück unter optimalen Voraussetzungen errechnet werden und mit den

über die Bewegungsanalyse erzielten Ergebnisse abgeglichen werden.

## Methode

MTM (Methods Time Measurement) ist ein Verfahren, mit dem Soll-Zeiten für das Ausführen von Vorgangselementen bestimmt werden [2]. Hierfür ist der betrachtete Arbeitsablauf in Bewegungselemente zu unterteilen. Die wichtigsten Bewegungselemente sind Hinlangen, Greifen, Bringen, Fügen und Loslassen. Die für die Bewegungselemente benötigte Zeitdauer ist von den jeweiligen Einflussgrößen abhängig. Sie variieren in Zahl und Art für jedes Element.

Die Arbeitsaufgabe am beschriebenen Arbeitsplatz der Produktaufgabe gliedert sich exakt in die am häufigsten vorkommenden Grundbewegungen (Bild 1).

Aus der MTM-Zeittabelle werden nun die Zeiten für die einzelnen Bewegungselemente entnommen und ergeben in der Summe den theoretischen Zeitwert pro Stange.

## Ergebnisse

Der Zeitaufwand für das Hinlangen ist von der Bewegungslänge und von der Art des Gegenstandes sowie seiner Lage abhängig. Auch das Bringen wird im Wesentlichen durch die Bewegungslänge beeinflusst und zusätzlich durch die Schwierigkeit der Posi-

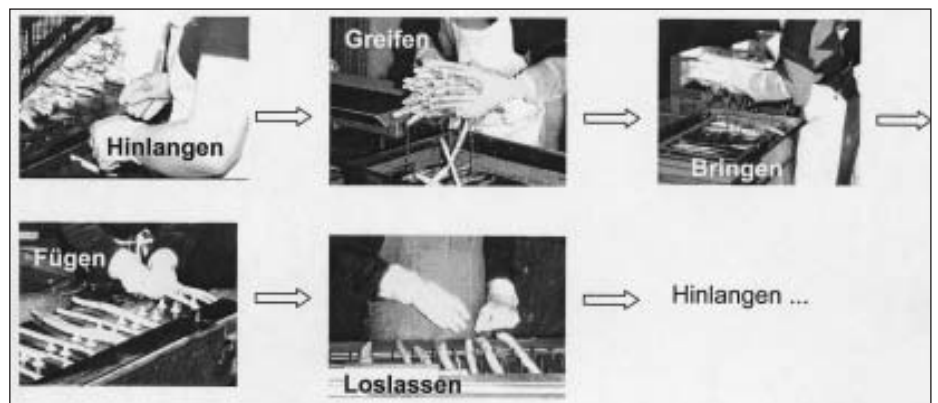


Bild 1: Darstellung der Bewegungselemente beim Auflegen von Spargel auf ein Förderband

Fig. 1: Description of the motion elements for placing asparagus on a conveyor belt

tionierung beim Anhalten der Bewegung. Das Greifen wird durch die Gegenstandsgröße sowie durch eine zu erfolgende Auswahl bestimmt. Der für das Fügen notwendige Zeitwert wird durch die Passung, die Symmetriebedingungen und die Handhabung beeinflusst. Das Loslassen durch Öffnen der Finger ist nur durch einen Zeitwert beschrieben.

Basierend auf den Ergebnissen aus der Bewegungsanalyse beträgt die Weglänge von der Entnahmekiste zum Band bei der Variante mit optimaler Produktbereitstellung im Durchschnitt 35 cm. Für das Hinlangen wird die gleiche Weglänge angenommen. Im Arbeitsprozess wird nicht nur eine Stange gegriffen, sondern immer ein ganzes Bündel. Je dünner die Stangen sind, desto stärker variiert die gegriffene Anzahl. Für den Vergleich mit den Daten aus der Bewegungsanalyse wird das Greifen von fünf Stück pro Vorgang angenommen.

Anhand der Berechnung ergibt sich ein Zeitaufwand von 0,5 s pro Stück. Hinzurechnen wären noch 1,5 TMU für die Blickfunktion (ET = Eye Travel) beim Hinlangen (15,2 TMU • (35 cm/70 cm)). Dieser Berechnung sind entsprechend der Weglänge beim Hinlangen 35 cm Abstand zwischen den Blickpunkten und 70 cm Abstand der Augen von der Verbindungslinie der Blickpunkte zugrunde gelegt. Es ergeben sich somit 0,6 s pro Stück oder eine Stundenleistung von 6000 Stück. Für die bei der Bewegungsanalyse zugrunde gelegten 91 Stangen pro Durchgang errechnet sich unter diesen Voraussetzungen eine theoretische Gesamtzeit von 54 s/Durchgang.

Aus Bild 2 wird deutlich, dass die auf MTM-Normzeitwerten (MTM 1 = optimale Produktbereitstellung) basierende Leistung nicht erzielt wurde. Die durchschnittliche Leistung lag bei 4000 Stück/h, 0,9 s oder 25 TMU / Stück.

Die Weglänge bei ungünstiger Produktbereitstellung wird auf durchschnittlich 70 cm festgelegt. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich pro Stück ein Wert von 20,2 TMU inklusive Blickfunktion. In dieser Rechnung ist das für das Erreichen notwendige Hinunterbeugen zur Kiste noch nicht berücksichtigt. Beugen und Aufrichten erfordern laut Normzeitwertkarte weitere 2,2 s, diese beziehen sich in unserem Fall auf eine Bezugsmenge von fünf Stück. Die ungünstige Pro-

duktbereitstellung erlaubt somit bei Normalleistung eine Stundenleistung von 3000 Stück (Bild 2, MTM 2).

### Diskussion

Der über MTM ermittelte Zeitbedarf beider Varianten weist einen erheblichen Unterschied auf. Die über MTM ermittelte Normalleistung ist bei der ungünstigen Variante aufgrund der notwendigen Rumpfbeugung deutlich niedriger. In den Bewegungsanalysen wurde ein entsprechender Leistungsabfall nicht beobachtet.

Gemäß der ergonomischen Bewertung von Rumpfbeugen über 60° (DIN ISO 11226) als nicht empfehlenswert wird bei MTM ein hoher Zeitaufwand für diesen Vorgang veranschlagt.

In der Bewegungsanalyse wurden bei der fast ebenerdigen Produktbereitstellung überdurchschnittliche Leistungen erzielt. Diese sollten nicht als Planungsgrundlage verwendet werden, weil sie weit über der auf MTM basierenden Normalleistung liegen. Da die Bewegungsanalysen über einen im Vergleich zur 8-Stunden-Schicht kurzen Zeitraum erfolgten, ist davon auszugehen, dass im Tagesverlauf die Leistung beim Beugen sinken würde. Die Leistung von 3000 Stück pro Stunde scheint so für die ungünstige Gestaltungsvariante über den gesamten Arbeitstag realistisch.

Für die Gestaltung von Arbeitsplätzen an der Produktaufgabe ist somit zu berücksichtigen, dass über die Entfernung der Produkte vom Band der Zeitaufwand für den Arbeitsprozess wesentlich beeinflusst wird. Im Vergleich zum Teilprozess Greifen, Fügen und Loslassen, sind die Bewegungslängen für das Hinlangen und Bringen sowie dafür notwendige Körper-, Bein- und Fußbewegungen die größten Zeitfaktoren. Rationalisierungen sind hauptsächlich in diesem Bereich möglich.

Der große Unterschied der beiden Leistungen aus MTM und den Laborversuchen in der optimierten Variante bleibt noch zu erklären. In Praxisbetrieben sind vereinzelte Beispiele zu finden, dass eine aufgelegte Stückleistung von 6000 Stangen Spargel/h realistisch ist. Die durchaus motivierten Probanden erreichten diese Größenordnung in den Bewegungsanalysen im Labor nicht. Da sich die Produkte bei der Bewegungsanalyse

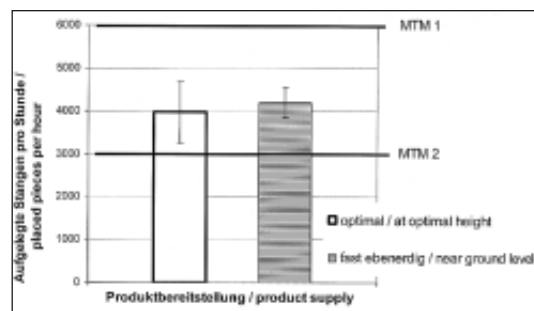


Bild 2: Bei der Bewegungsanalyse erzielte Leistungen bei optimaler und fast ebenerdiger Produktbereitstellung im Vergleich zu den MTM-Werten

Fig. 2: Performance for placing products on a conveyor belt for optimised and low level supply in comparison to the theoretical capacity based on MTM

vom Spargel unterscheiden, sie waren wesentlich größer, schwerer und dicker, ließe sich die niedrigere Leistung dadurch erklären. Bei der Betrachtung von Spargel wäre allerdings die Bezugsleistung für das Hinlangen, Greifen und Bringen für die MTM-Zeitbedarfsermittlung deutlich zu erhöhen, weil jeweils wesentlich mehr als fünf Stangen auf einmal gegriffen werden. Der theoretische Zeitbedarf pro Stange wäre dann noch niedriger. Ein eventueller Zeitzuschlag könnte für das Greifen erfolgen, da mehrere Produkte auf einmal schwieriger zu fassen sind als ein einzelnes.

Ein Nachteil von MTM ist, dass die den Zeitbedarf beeinflussenden Größen vor allem qualitativer Art sind. Die genauen Abmaße des Arbeitsgegenstandes, des Arbeitsplatzes und der Vorrichtungen lassen sich in den kalkulierten Zeitbedarf nicht einbeziehen. Es war nicht möglich, die Berechnung auf die beiden unterschiedlichen Produkte abzustimmen.

Abschließend lässt sich feststellen, dass über MTM durchaus der Zeitbedarf gleichförmiger Tätigkeiten im Gartenbau zu ermitteln ist. Je kürzer die Ablaufzeiten jedoch werden, desto größer ist der Multiplikatoreffekt, wenn in der Berechnung Zeitfaktoren außer Acht gelassen wurden. Die Ergebnisse sollten im Produktionsablauf überprüft werden. Die Auseinandersetzung mit den Einflussgrößen auf den Zeitbedarf, die im Rahmen der Zeitbedarfsermittlung zwangsläufig erfolgen muss, ist sehr hilfreich und kann den Rationalisierungsprozess konstruktiv beeinflussen.

Die anfangs erwähnte hohe erforderliche Eigenmotivation der Arbeitskräfte ist möglicherweise der Hauptgrund für auftretende Leistungsschwankungen. Auch hier besteht ein hoher Multiplikatoreffekt. Sie ist eine Einflussgröße, die nicht in die Berechnungen mit einfließt.

Element Elements	Hinlangen Reach	Greifen Grasp	Bringen Move	Fügen Position	Loslassen Release	Σ
Zeitwert in TMU (= 0,036 s)	15,5/5 = 3,1	7,3/5 = 1,5	14,5/5 = 2,9	5,6	2	15,1
Einflüsse Influences	35 cm	Auswahlgriff	35 cm in un- gefährliche Lage bringen	ohne Druck, symmetrisch, einfach	ohne	+ 1,5 ET

Tab. 1: Zeitwerte für die Bewegungselemente

Table 1: Current values for the motion elements