

Martina Jakob und Martin Geyer, Potsdam-Bornim

Zur Gestaltung von Fließbandarbeitsplätzen

Aufbereitung von Gemüse

Die Sortier- und Aufbereitungstechnik wird immer leistungsfähiger. Deshalb bedarf die Schnittstelle Mensch-Maschine einer optimalen Gestaltung, um das vorhandene Maschinenpotenzial vollständig zu nutzen. Anhand von Ergebnissen aus bewegungsanalytischen Untersuchungen werden die quantitativen Einflüsse ausgewählter Gestaltungsparameter aufgezeigt. Der betrachtete Arbeitsplatz wird sowohl arbeitswirtschaftlich als auch ergonomisch gestaltet. Der positive Einfluss beider Gestaltungsgrundsätze wird durch Belastungsreduzierung und höhere Leistungen belegt.

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 Ziske), e-mail: mjakob@atb-potsdam.de

Schlüsselwörter

Arbeitsplatzgestaltung, Bewegungsanalyse, Ergonomie

Keywords

Work place design, motion analysis, ergonomics

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 03315 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Leistung moderner Sortier-, Wasch- oder Aufbereitungsanlagen im Obst- und Gemüsebau wird mehr und mehr durch den Menschen begrenzt, weil bestimmte Prozesse, wie etwa die Auflage der Produkte, immer noch von Hand erfolgen. Während beispielsweise bis zu 30 000 Stangen Spargel pro Stunde optisch sortiert werden können, ist das Auflegen dieser Menge auf das Transportband durch die üblicherweise zwei bis drei Arbeitskräfte an dieser Stelle ohne Hilfsmittel nicht möglich. Hier sind dringend Lösungsansätze gefragt.

Neben der optimalen Gestaltung von Arbeitsplätzen durch angemessene Tischhöhen, optimale Ausleuchtung des Arbeitsbereiches und sinnvolle Anordnung der aufzulegenden Produkte beeinflusst auch die Bandgeschwindigkeit das Arbeitsergebnis. Diese Aspekte an der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine wurden am ATB mit Hilfe eines dreidimensionalen Bewegungsanalysesystems untersucht.

Fließbandarbeitsplätze

Der Entscheidungs- und Verhaltensspielraum der Arbeitskraft am Fließband ist stark eingegrenzt, die Aufgabe wiederholt sich ständig und ist eintönig. Der Arbeitsrhythmus wird durch die Fließgeschwindigkeit

des Bandes vorgegeben und wirkt leistungssteigernd, irgendwann ist jedoch ein Maximum erreicht. Ein zu schnelles Band kann Fehler und Stress verursachen, es wird als unangenehm empfunden.

Inwieweit dieses subjektive Empfinden nachweislich einer geringeren Leistung entspricht, wird mit Hilfe der Bewegungsanalyse gezeigt.

Versuchsaufbau

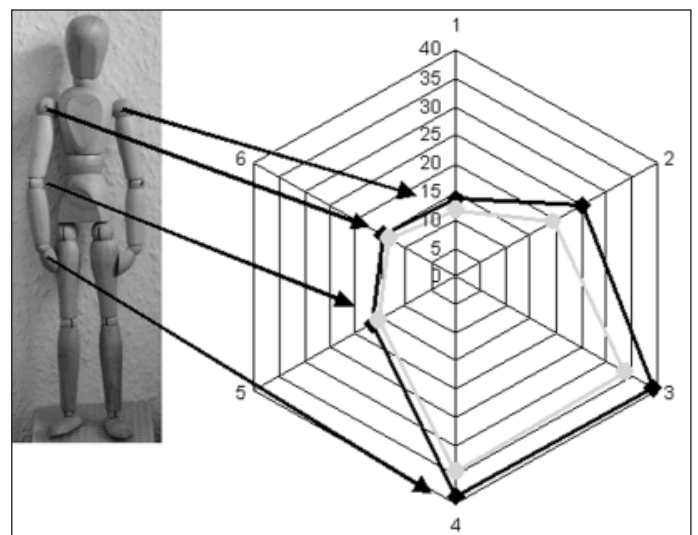
An einem für Porreeschnitt und Transport zur Wäsche entwickelten Förderband wurden verschiedene Gestaltungsvarianten bewegungsanalytisch untersucht. Mit Hilfe eines Kamerasystems [3] wurden informativ wertvolle Körperpunkte der Arbeitskraft, markiert durch Infrarotleuchtdioden, im Prozess verfolgt und über ihre dreidimensionalen Raumkoordinaten ausgewertet. Die Aufnahmefrequenz betrug 50 Hz dividiert durch die Anzahl aufzuzeichnender Punkte. Als Versuchsmaterial dienten Weidenstöcke, die in ihrer Länge und Dicke Porree entsprachen.

Untersucht wurden quantitative Einflüsse der Fließbandhöhe, der Bandlaufgeschwindigkeit sowie der Einfluss von Greifwegen auf den Arbeitsablauf.

Die Auflage der Weidenstöcke erfolgte im Stehen, wobei diese mit beiden Händen aus einer Kiste zu entnehmen und dann einzeln mit der rechten Hand auf das Förderband aufzulegen waren. Die Tätigkeit ist als leichte Arbeit mit normaler Sehanforderung zu bezeichnen. Die empfohlene Arbeitsplatzhöhe liegt hier etwa 15 cm unter der Ellenbogenhöhe. Der 50.-Perzentil-Wert beträgt hier bei Männern etwa 110 cm und bei Frauen etwa 5 cm weniger [2]. Detaillierte, über diese allgemeinen ergonomischen Überlegungen hinausgehende Hinweise, können der DIN 33406 entnommen werden [4]. Sie

Bild 1: Bewegungssummen (in m) der oberen Extremitäten bei zwei verschiedenen Arbeitshöhen an einem Förderband (Arbeitshöhe 95 cm: grau; 90 cm: schwarz)

Fig. 1: Sum of motions (in m) of the upper extremities at two different working heights at a conveyor belt (height 95 cm: grey; 90 cm: black)



beschreibt die aufgabenabhängige Gestaltung von Arbeitsplatzmaßen im Produktionsbereich.

Ergebnisse

Die erzielten Leistungen aufgelegter Stangen pro Stunde variierten sehr stark. Es wurden zwischen 3000 und 5500 Stangen/Stunde aufgelegt, der Durchschnitt aller Varianten betrug 4000 Stangen/Stunde. Hochgerechnet auf einen Arbeitstag von acht Stunden bewegte eine Person rund 3,2 t Porree. Anhand von Pulsmessungen konnte gezeigt werden, dass die Tätigkeit eine nur geringe körperliche Anstrengung bedeutet, die über die gesamte Zeit im Bereich aerober Sauerstoffversorgung liegt. Die absoluten Werte der Pulsfrequenz spiegelten deutlich die körperliche Fitness der einzelnen Probanden wieder, sie wurden nicht weiter berücksichtigt.

Über die Regulierung der Motorgeschwindigkeit wurden drei verschiedene Maschinenleistungen simuliert (4500/6000/7300 Stangen/Stunde). Eine Leistung von 4500 Stangen/Stunde kann von einer Arbeitskraft bedient werden. Das Band war in den Versuchen fast durchgängig voll belegt. Die höheren Geschwindigkeiten sind von einer Arbeitskraft allein nicht zu bedienen.

Als wesentliche Kenngröße für den Vergleich von zwei Gestaltungsvarianten dient im Rahmen der Bewegungsanalyse die Bewegungssumme, also die Summe aller Teilstrecken zwischen den Messpunkten. Dieses Maß wurde auch schon in den alten motografischen Messungen über Langzeitbelichtungen durch Mitfotografieren von Rastern als Vergleich verwendet [1]. Die Genauigkeit ist natürlich im Rahmen der digitalen Messungen viel größer. In den meisten Fällen wurden Bewegungssummen für die Hände ermittelt, da es sich bei den Aufgaben um Bringen oder Fügen handelt. Auch die Kopfbewegung hat sich in den Versuchen als aufschlussreich dargestellt, vorausgesetzt die Bewegungen bieten ein Mindestmaß an Dynamik.

Die Auswirkungen einer zu niedrigen Arbeitshöhe waren neben den durch die Probanden geäußerten Schmerzen im Rücken- und Nackenbereich in einer Zunahme der Bewegungen auch quantifizierbar (Bild 1).

In einem weiteren Versuch wurde die Anordnung der Produktbereitstellung verän-

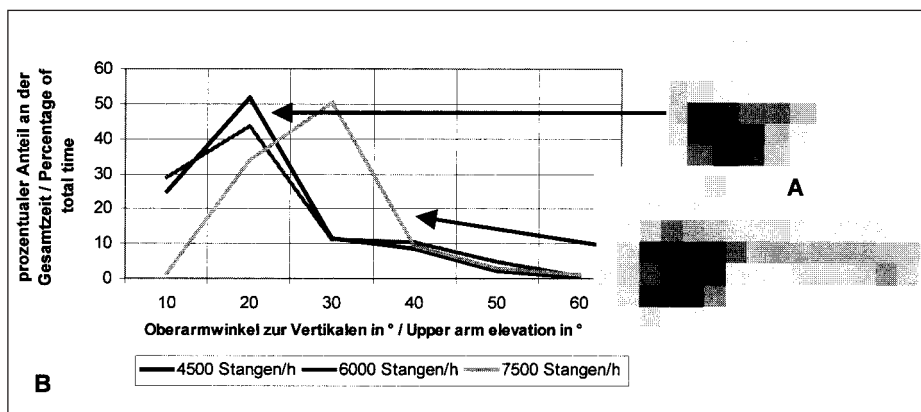


Bild 2: Arbeitsbereich (A) der rechten Hand und entsprechendes Armheben (B) bei unterschiedlichen Bandgeschwindigkeiten

Fig. 2: Working area (A) of the right hand and analogous upper arm lifting at different conveyor belt velocities (B)

dert. Es zeigte sich, dass die Greifwege deutlich länger wurden, wenn die Porreekisten bei der Entnahme tiefer standen. Die Arbeitskraft musste sich stärker bücken, die gemessene Kopfbewegung verdoppelte sich in etwa. Trotzdem konnte die erzielte Leistung konstant gehalten werden. Die längeren Wege wurden durch höhere Bewegungsgeschwindigkeiten kompensiert, was zu einer höheren Belastung der Arbeitskraft führte.

Die Ergebnisse zu den verschiedenen Bandgeschwindigkeiten fielen bei den Versuchspersonen sehr unterschiedlich aus. Bei einer Person konnte mit zunehmender Bandgeschwindigkeit eine Verlagerung des Arbeitsbereiches in Bandrichtung festgestellt werden. Dadurch verlängern sich die Greifwege und der Wunsch, das Band komplett zu belegen, ist immer schwerer zu erfüllen. Entsprechend der Verlagerung des Arbeitsbereiches der Hände wurden bei der Person auch größere Armwinkel gemessen (Bild 2). Bei den anderen Probanden konnte durch die Erhöhung der Bandlaufgeschwindigkeit die Leistung gesteigert werden. Diese personenabhängigen Unterschiede unterstreichen das vorhandene Leistungspotenzial, das durch Schulung gesteigert werden kann und über regelmäßige Kontrollen der Arbeitsausführung erhalten bleibt.

Fazit

Kurze Greifwege, ergonomische Gestaltung und eine gleichmäßige Anordnung im Gebinde beschleunigen die Auflage. Der in einer Gestaltungsvariante künstlich verlängerte Greifweg hat sich in der benötigten Zeit nicht niedergeschlagen, die Bewegungssum-

men waren jedoch deutlich höher. Daraus resultiert eine stärkere Beanspruchung der Arbeitskraft. Insbesondere die Kopfbewegung nahm deutlich zu, was durch die nun notwendige Rumpfbeugung zu den Produkten erklärt wird. Laut prEN 1005-4:2002 [5] ist ein solches Rumpfbeugen mit einer Frequenz von ≥ 2 / Minute nicht akzeptabel. Das Erkennen dieses Gestaltungsmangels ist einfach, dennoch gibt es derartige Beispiele in der Praxis. Fraglich ist ebenfalls, ob die Kompensation dieses Gestaltungsmangels durch höhere Bewegungsgeschwindigkeiten auch in der Praxis über einen gesamten Arbeitstag hinweg und bei anders motivierten Arbeitskräften erfolgen würde, die täglich diesen sich eintönig wiederholenden Abläufen ausgesetzt sind. Der Bereitstellung der Produkte sollte ebensoviel Bedeutung und technischer Aufwand beigemessen werden, handelt es sich doch um eine wichtige Stelle im Produktionsablauf, an der die Leistung des Gesamtsystems beeinflusst wird. Die Versuchsergebnisse belegen das vorhandene Potential ergonomischer und rationeller Gestaltungsvarianten.

Die Auswirkung der Bandlaufgeschwindigkeit ist personenspezifisch. Die Taktfrequenz der Maschine wirkt als Ansporn für die eigene Arbeitsgeschwindigkeit. Sie sollte jedoch nicht viel höher liegen als das im Tagesverlauf erfüllbare Limit. Ein sehr schneller Takt wird als stressig empfunden und könnte die Unzufriedenheit bei der Arbeit noch steigern.

Dass sich auch eine ungünstige Arbeitshöhe durch Bewegungsmehraufwand kompensieren lässt, verdeutlicht die Wichtigkeit individueller Verstellmöglichkeiten.

Betrachtet man die in der Praxis vorhandenen Wasch- und Sortieranlagen, wird eine immer größer werdende Diskrepanz zwischen Nutzerkomfort und erzielter Qualität sichtbar. Die Leistungen der Anlagen steigen stetig, die vor- und nachgelagerten Bereiche werden hingegen kaum weiterentwickelt.

Tab. 1: Vergleich der Kopfbewegungen bei zwei Varianten der Produktbereitstellung und gleicher Leistung

	Variante 1 Person A	Variante 1 Person B	Variante 2 Person B	Variante 2 Person A
Bewegungssumme	13,30 m	8,96 m	23,84 m	23,82 m
Geschwindigkeit	0,15 m/s	0,10 m/s	0,26 m/s	0,26 m/s

Table 1: Comparing head movement of two variants of product supply and the same performance level