

# Digitale Ergonomie fürs Handwerk – am Beispiel der Gestaltung eines Fliesenlegertisches

Kerstin Steindorf, Dresden

Fliesenleger nehmen kniende und hockende Haltungen relativ konstant über die gesamte Arbeitsschicht ein. Dies führt zu hohen Belastungen des Muskel-Skelett-Systems, was sich auch im Berufskrankheitengeschehen der BG BAU widerspiegelt. Die Fliesen- (und Fußboden-)leger stehen mit einem Anteil von 41 % bei den anerkannten Berufskrankheitenfällen „Gonarthrose“ an erster Stelle der Bauberufe.

Daher ist es ein vorrangiges Ziel der Prävention, kniende und hockende Körperhaltungen bei allen Tätigkeiten, die arbeitstechnologisch nicht zwingend in Bodennähe ausgeführt werden müssen, zu vermeiden. Eine Möglichkeit ist z.B., den Zuschnitt von Fliesen an einem Arbeitstisch vorzunehmen. Dabei geht es jedoch nicht nur um „Stehen statt Knien oder Hocken“, sondern um das „richtige“ Stehen in einer ergonomischen Körperhaltung, die auch einen möglichst optimalen Krafteinsatz beim Schneidevorgang ermöglicht. Hierfür ist es notwendig, dass die Arbeitshöhe an die Körpergröße des Nutzers angepasst werden kann, d.h. der Arbeitstisch muss höhenverstellbar sein. Ein zu niedriger Fliesenlegertisch führt zu einer größeren Vorneigung des Oberkörpers und damit zu einer erhöhten Belastung der Lendenwirbelsäule. Ein zu hoch eingestellter Tisch belastet zusätzlich Schultern und Arme. Ebenso müssen Zugänglichkeit, Bewegungsfreiheit und ein natürlicher Bewegungsfluss gewährleistet sein.

Stellen wir uns zwei fiktive Fliesenleger-Kollegen vor: einer ist 1,65 m groß, der andere 1,95 m. Was wäre für die beiden die ideale Tischhöhe? Und in welchem Bereich sollte ein Arbeitstisch verstellbar sein, der nicht nur für diese Kollegen, sondern für die meisten Beschäftigten in diesem Gewerk auf eine ideale Arbeitshöhe zu bringen ist? Für eine Grobanalyse müsste man die Tätigkeit „Zuschnitt von Fliesen“ näherungsweise mit schweren Montagetätigkeiten vergleichen, bei denen auch das eigene Körpergewicht von den Beschäftigten unterstützend eingesetzt wird. Bei solchen Tätigkeiten wird eine Arbeitshöhe als ergonomisch angesehen, die der Ellenbogenhöhe des Beschäftigten minus ca. 10–15 cm entspricht. Unter Berücksichtigung der Höhe des Schneidarmgriffes des Fliesenschneiders und einer konkreten Berechnung nach DIN EN ISO 14738 ergibt sich für Frauen eine Tischhöhe von ca. 66–86 cm und für Männer von ca. 76–91 cm, wobei

keine Körperproportionstypen, kein Kraftvermögen und keine Kenngrößen der Sichtgeometrie betrachtet werden.

Um auch diese Kriterien berücksichtigen und die oben gestellten Fragen nicht nur annähernd, sondern genau und konkret für Fliesenleger beantworten zu können, wurde die Tätigkeit in Zusammenarbeit mit der Professur für Arbeitswissenschaft am Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme der TU Dresden mit einem digitalen Menschmodell simuliert.

Die Ableitung der Höhe des Fliesenlegertisches erfolgte im ersten Schritt. Über die Extremwerte der Körperabmessungen der Nutzergruppe wurde die minimale und maximale Tischhöhe ermittelt. In einem nachfolgenden Schritt wurden zusätzliche Zwischenpositionen für eine gestufte Verstellung des Fliesenlegertisches ermittelt, welche aus Zwischenperzentilen abgeleitet werden können.

## Rahmenbedingungen

Für die Simulation der Tätigkeit wurden folgende Rahmenbedingungen ermittelt und festgelegt:

### 1. Der Fliesenlegertisch soll für die gängigen Körperhöhen und Körperproportionen für Frauen und Männer einsetzbar sein.

Hierbei sind verschiedene Einflussfaktoren auf die Körpermaßvariationen zu beachten.

#### Körperhöhe i. S. Perzentilklasse

Hierzu werden die Körperhöhenmaße aus der DIN 33402-2 „Ergonomie – Körpermaße des Menschen“ herangezogen. Sehr kleine Personen entsprechen dem 5. Perzentil. Für diesen Wert gilt, 5 % der Frauen bzw. Männer in einer bestimmten Altersgruppe sind kleiner oder genau so groß, 95 % sind größer. Für unsere Nutzergruppe wird das kleinste Körperhöhenmaß (für Frauen von 41–60 Jahre) mit einem Wert von 1.525 mm festgelegt. Sehr große Personen entsprechen dem 95. Perzentil. Für diesen Wert gilt, 95 % der Frauen bzw.

Männer in einer bestimmten Altersgruppe sind kleiner oder genau so groß, 5 % sind größer. Für unsere Nutzergruppe wird das größte Körperhöhenmaß (für Männer von 18–25 Jahre) mit einem Wert von 1.910 mm festgelegt. Der Bereich zwischen dem 5. Perzentil Frau und dem 95. Perzentil Mann umschließt 95 % unserer Nutzergruppe und soll mit dem neu entwickelten Fliesenlegertisch abgedeckt werden.

#### Alter der Personen

Körperhöhen verändern sich im zeitlichen Vergleich von einer Generation zur anderen. Es wird eine Zunahme der Körperhöhe beobachtet. Generell sind ältere Personen der gleichen Perzentilgruppe kleiner als jüngere Personen [1]. Dies findet Beachtung, indem bei der Ermittlung der größten und kleinsten Körperhöhe von jungen (18–25 Jahre) Männern und älteren (41–60 Jahre) Frauen ausgegangen wurde.

#### Körperproportionen

Die Zunahme der Körperhöhe im Generationsvergleich führt in der Konsequenz zu veränderten Körperproportionen insbesondere im Verhältnis von Rumpf zu den Beinen. Das Verhältnis von Rumpf zu Beinen wird mit dem sog. Sitzriesen und Sitzzwerg definiert. Ein nach Scheffler definierter „Sitzriese“ beschreibt eine Person mit proportional langem Rumpf und kurzen Beinen, während der „Sitzzwerg“ eine Person mit proportional kurzem Rumpf und langen Beinen beschreibt [1].

Für die Ableitung der Höhe des Fliesenlegertisches wurden zunächst die Extreme gesucht. Die oberste Tischhöhe leitet sich aus der höchsten Ellenbogenhöhe für einen sehr großen, jungen Mann (95. Perzentil, 18–25 Jahre) mit langen Beinen und kurzen Armen ab. Die unterste Tischhöhe leitet sich aus der niedrigsten Ellenbogenhöhe für eine sehr kleine, ältere Frau (5. Perzentil, 41–60 Jahre) mit kurzen Beinen und langen Armen ab. Im nachfolgenden Schritt wurden Körperproportions-

variationen sowie Zwischenstufen wie das 10., 25., 50., 75. und 90. Perzentil eingebunden, woraus die Tischhöhenabstufungen abgeleitet werden konnten.

## 2. Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstand

Für die Simulation der Tätigkeit am Fliesenlegertisch war es notwendig, exemplarisch einen Fliesenlegertisch, einen Fliesenschneider und die Größe der zu bearbeitenden Fliesen festzulegen. Aus der Vielfältigkeit an vorhandenen Arbeitsmitteln und Arbeitsgegenständen haben wir Maße gängiger Modelle als Grundlage hergenommen.

Die verwendeten Maße des Fliesenschneiders sind in der Abbildung 1 dargestellt. Beim Fliesenlegertisch wurde von den Abmessungen L x B x H = 1.120 x 530 x 10 mm ausgegangen. Die Maße der zu bearbeitenden Fliese wurden wie folgt definiert: 600 x 300 x 10 mm, Schnittlänge diagonal ca. 660 mm.

Diese Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstände wurden in das digitale Menschmodell CharAT Ergonomics eingearbeitet. Mit den in dieser Software aufbereiteten Analyse- und Bewertungsverfahren einschließlich ihrer Datenquellen (z.B. Bewertung der Körperhaltung nach RULA- und OWAS-Verfahren sowie Bewertung der Körperkraft nach DIN EN 1005-3) wurde die Arbeitssituation ergonomisch simuliert und beurteilt.

### Beschreibung zur Vorgehensweise

Der Fliesenleger steht mit einem geringstmöglichen Abstand an der Tischvorderkante, um den Schneidarmgriff über die

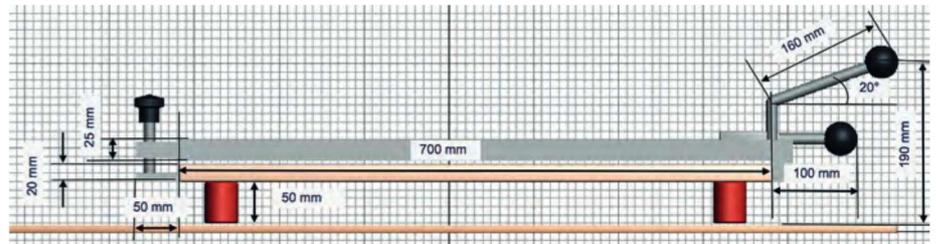


Abb. 1: Exemplarische Darstellung eines Fliesenschneiders (L x B x H 1.120 x 530 x 10 mm)

gesamte Schnittlänge greifen zu können. Die aufrechte Ausgangskörperhaltung wird im RULA-Verfahren mit „1“ (grüne Ampelfarbe) bewertet, was einer optimalen Körperhaltung entspricht (Abb. 2). Bei Armstreckung, also am Ende des Anreißprozesses und beim Brechen der Fliese bewertet das RULA-Verfahren die Körperhaltung mit „3“, was der Ampelfarbe gelb entspricht. Die Ampelfarbe gelb ergibt sich bei näherer Betrachtung weniger aus einer ungünstigen Rumpfbeugung, sondern aus der gestreckten Armhaltung. Da diese Bewegung dynamisch und immer nur kurzzeitig erfolgt, kann sie in diesem Kontext als akzeptabel eingestuft werden. In diesem Fall hat die möglichst geringe Rumpfbeugung eine höhere Priorität gegenüber der gestreckten Armhaltung. Die Rumpfbeugung bleibt im grünen Bereich. Das eingezeichnete Sichtfeld zeigt, dass ein Sichtkontakt zur Anreißlinie gewährleistet ist.

In Abbildung 3 sind die in der Software hinterlegten Körperkräfte des Menschen (maximal statische Aktionskräfte) in Form von Isodynennlinien aus der DIN 33411-4 dargestellt. Gesucht wird die bestmögliche Ausnutzung des Kraftvermögens des Nutzers. Die Frage ist, wie sich das Kraftvermögen im Bewegungsverlauf während

des Anreißens und für das Brechen der Fliese verhält. Aus den Isodynenn kann abgeleitet werden, dass das Kraftvermögen in Richtung Schulterhöhe und weg vom Körper tendenziell ansteigt und in Richtung Taillenhöhe und nah am Körper etwas geringer ausfällt.

### Ergebnisse

Resultat der digitalen Modellierung des Arbeitsprozesses „Zuschnitt von Fliesen“ ist, dass der Fliesenlegertisch für das verwendete Fliesenschneidermodell stufenlos zwischen 745 mm und 1.045 mm verstellbar sein sollte (Abb. 4).

Für die Verwendung von Fliesenschneidern die nicht mit der Werkzeughöhe und den Griffmaßen unseres simulierten Modells übereinstimmen, ergeben sich andere Tischhöhen. Der notwendige Verstellbereich von 300 mm ist jedoch ein Absolutwert und bleibt prinzipiell bestehen.

Werden Fliesenlegertische aus technologischen Gründen nicht stufenlos verstellbar sein können, muss eine ausreichende Anzahl an Zwischenstufen gewährleistet sein. Für die oben genannten Zwischenpercentile (10., 25., 50., 75. und 90. Perzentil) würden sich für Männer notwendige Stufungen des Tisches zwischen 15 und

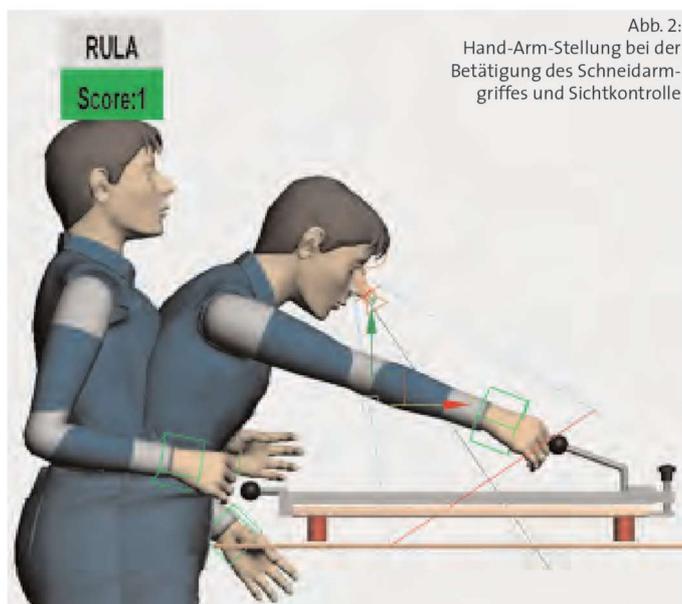


Abb. 2: Hand-Arm-Stellung bei der Betätigung des Schneidarmgriffes und Sichtkontrolle

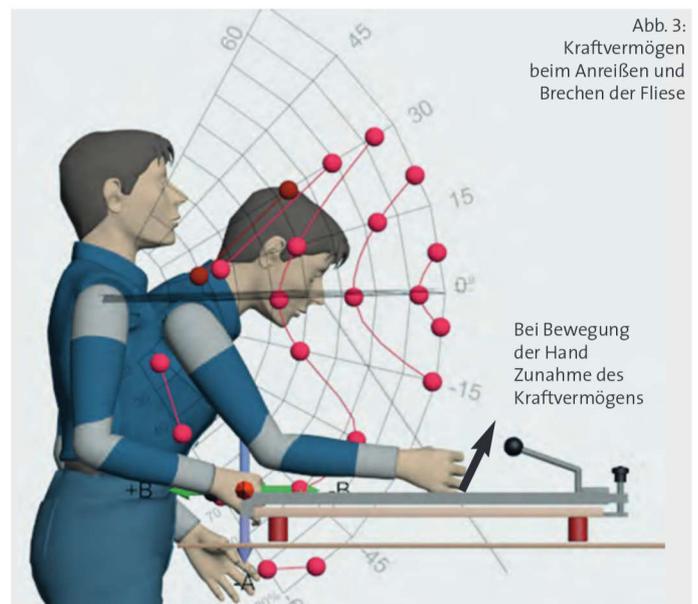


Abb. 3: Kraftvermögen beim Anreißern und Brechen der Fliese

Bei Bewegung der Hand Zunahme des Kraftvermögens

25 mm ergeben, im Durchschnitt 20 mm. Für Frauen lägen die notwendigen Stufen des Tisches zwischen 5 und 20 mm, im Durchschnitt 15 mm.

Da aus diesen Berechnungen eine sehr feine Abstufung resultiert, wurde nach einer praktikablen und noch hinreichend ergonomischen Lösung gesucht. Eine Stufung mit 25 mm kann empfohlen werden.

Die individuelle Einstellung der Höhe des Fliesenlegertisches lässt sich orientierend wie folgt bestimmen: Man stellt sich mit angewinkeltem Arm (90° zwischen Ober- und Unterarm) an den Tisch. Der Schneidarmgriff sollte dabei knapp unter der Höhe der Ellenbogenspitze liegen. Diese Ausgangsstellung gewährleistet eine optimale Körperhaltung von Beginn bis zum Ende des Anreißvorganges.

Bei Ermittlung der Fliesenlegertischhöhe wurden parallel zu den Körpermaßvariationen der Beschäftigten auch die Kraftaufbringung beim Anreiß und Brechen der Fliese untersucht. Die in Abbildung 3 dargestellten Körperkräfte des Menschen zeigen, dass die Maximalkräfte beim Anreiß und Brechen der Fliese in der Endstellung der Schubbewegung in Richtung Schulterhöhe und körperfern eher ansteigen und in Richtung Taillenhöhe und körpernah wieder absinken. Daraus ergibt sich, dass das Kraftvermögen auf dem Schubweg von Start- bis Endpunkt besser ausgeschöpft wird, wenn der Kraftangriffspunkt körperfern etwas höher zu liegen kommt. Eine Tischneigung um ca. 6° unterstützt die optimale Kraftaufbringung über den Anreißweg von vorn nach hinten. Außerdem begünstigt die Tischneigung die Erreichbarkeit des Schneidarms und wirkt einer stärkeren Rumpfbeugung entgegen.

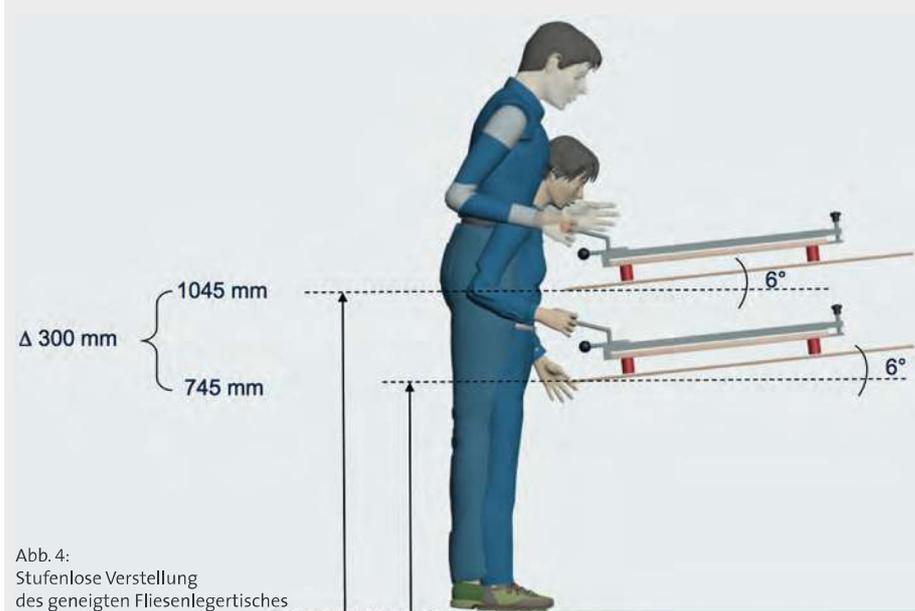


Abb. 4: Stufenlose Verstellung des geneigten Fliesenlegertisches

### Alternativlösung für kritische Perzentilstufen

Weiterhin wurden Überlegungen bezüglich kritischer Kombination von Körpergröße und Körperproportion (kleine Frau und kleiner Mann mit kurzen Armen) vorgenommen. Es konnte ermittelt werden, dass bei einem kleinen Mann mit kurzen Armen die Rumpfbeugung zwar größer ist als bei einem großen Mann, dass sie aber trotzdem noch in einem akzeptablen (grünen) Bereich liegt. Eine Abstützung mit der linken Hand kann dieser leicht erhöhten Belastung im unteren Rücken entgegenwirken.

Allerdings vergrößert sich die Rumpfbeugung bei einer kleinen Frau mit kurzen Armen deutlich, so dass eine Körperkollision mit der Tischvorderkante bzw.

mit dem Fliesenschneider hervorgerufen wird. Die kleine Frau könnte den Schneidarmgriff nur noch mit maximaler Armstreckung bedienen. Es ist zudem eine leichte Überstreckung von Kopf- und Nackenbereich erforderlich, um während des Schneidvorgangs Blickkontakt zur Anreißlinie zu halten. Das RULA-Verfahren ermittelt für diese Körperhaltung den Punktwert „6“ (orange Ampelfarbe), was bedeutet, dass hier weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitssituation eingeleitet werden sollten (Abb. 5).

Um eine bessere Erreichbarkeit des Schneidarmgriffs in Komfortkörperhaltung zu gewährleisten, könnten die kleine Frau und der kleine Mann mit kurzen Armen beim Anreiß und Brechen der Fliese auch frontal zur Längsseite des Fliesenlegertisches stehen (Abb. 6). In die-

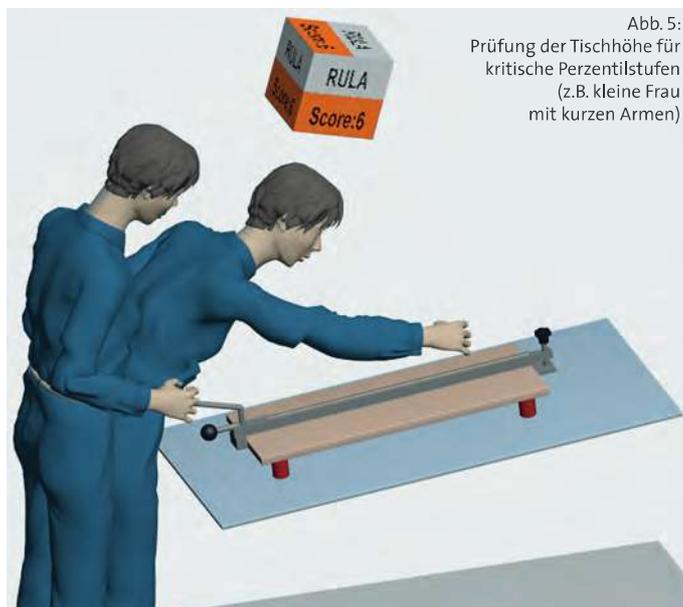


Abb. 5: Prüfung der Tischhöhe für kritische Perzentilstufen (z.B. kleine Frau mit kurzen Armen)

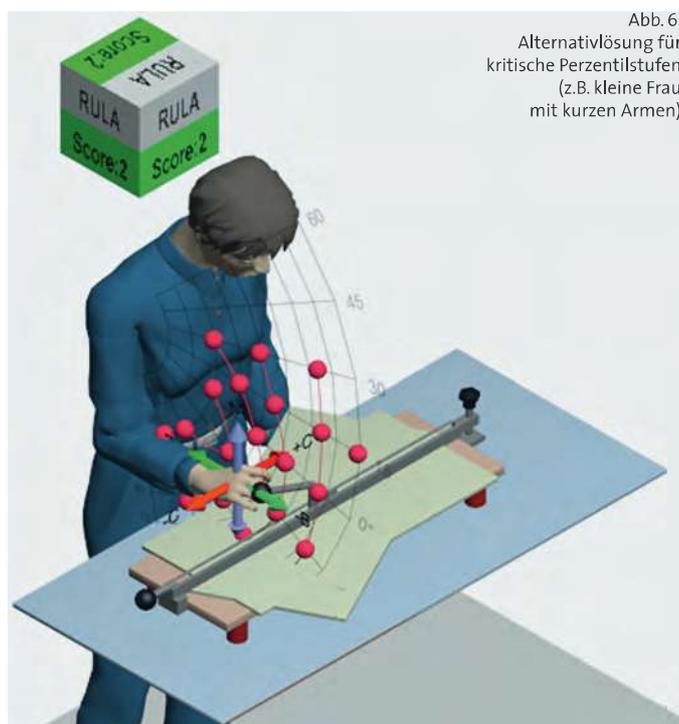


Abb. 6: Alternativlösung für kritische Perzentilstufen (z.B. kleine Frau mit kurzen Armen)

sem Fall darf der Tisch keine Neigung aufweisen, um eine gleichmäßige Kraftaufbringung während der seitlichen Schubbewegung zu gewährleisten. Um eine Verdrehung der Wirbelsäule zu vermeiden, muss die Person während des Führens des Schneidarms an der Längsseite des Tisches mitlaufen. Die seitliche Nutzung des Tisches erfordert allerdings eine andere Höheneinstellung als die normale frontale Nutzung. Ein stufenloser Tisch sollte für kleine Frauen mit einer Größe von ca. 1.50 bis 1.54 m auf eine Höhe von 845 mm gestellt werden, das sind 100 mm mehr als zur frontalen Nutzung. Bei Frauen mit einer Größe von ca. 1.55 bis 1.60 m wird der Tisch auf eine Höhe von 890 mm, für Frauen mit einer Größe von ca. 1.61 bis 1.64 m auf eine Höhe von 925 mm eingestellt. Die genannten Körpergrößen sind wiederum als orientierender Wert zu betrachten. Generell könnten alle, auch männliche kleine bis mittelgroße Perzentile, alternativ an der Längsseite arbeiten. Für größere Männer und Frauen (ab 50. Perzentil) bietet allerdings der üblicherweise frontal zum Tisch befindliche Standort Vorteile, da die Kompo-

nenten Rumpfbeugung und Kraftvermögen in gewohnter Arbeitsweise (fließende Schubbewegung, geradeaus gerichtete Führung des Schneidarmhebels) besser eingesetzt werden.

## Ausblick

Die Rumpfneigung des Fliesenlegers bzw. der Fliesenlegerin ist allerdings nicht nur von der Höhe des Fliesenlegertisches sondern auch entscheidend von der Gestaltung des Fliesenschneiders abhängig. Vorteilhaft ist, wenn Fliesenschneider bei gleicher Neigung des Griffs einen längeren Schneidarmhebel aufweisen.

Die Ergebnisse der Modellierung wurden an einem nachgestellten Arbeitsplatz getestet und erwiesen sich als sehr plausibel. Bisher gibt es jedoch keine Fliesenlegertische auf dem Markt, die diesen Erkenntnissen entsprechen. Hier ist die Industrie gefragt, entsprechende Arbeitstische für Fliesenleger herzustellen und anzubieten. Bereits jetzt wird die Anschaffung von Fliesenlegertischen über das Arbeitsschutzprämiensystem der BG BAU gefördert. Hierfür werden die Kriterien überarbeitet

werden müssen, damit die Gesundheit der Beschäftigten dieser Branche zukünftig noch mehr davon profitieren kann.

## Bildquellen

Alle Abbildungen und Tabellen wurden dem folgenden Ergebnisbericht entnommen: Kamusella, Chr. (2017): Ergonomische Gestaltung eines Fliesenlegertisches durch die Bewertung von Körperhaltung verschiedener Nutzer unter Anwendung eines digitalen Menschmodells. Ergebnisbericht im Rahmen einer Kooperation der GWT-TUD GmbH und der BG BAU. Unveröffentlicht. Dresden 2017

## Literatur

- [1] Scheffler, Chr.; Schüler, G.: KAN-Studie 51 „Rohfassung eines Leitfadens für die richtige Auswahl und Anwendung anthropometrischer Daten“, 2013

Autorin:  
Kerstin Steindorf  
BG BAU Prävention,  
Bereich Arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren

## BG BAU fördert sichere und innovative Produkte

Die BG BAU fördert grundsätzlich die Anschaffung von sichereren und innovativen Produkten und Maßnahmen zur Verbesserung des Arbeitsschutzes für alle Gewerke. Alle Informationen zu allen geforderten Produkten und Maßnahmen gibt es online.

Im Internet finden sich unter „Anforderungen und Hinweise“ auch Informationen dazu, wie hoch die individuelle Fördersumme in der Spanne von 100 bis zu 20.000 € ausfallen könnte.

Nachdem im vergangenen Jahr der Schwerpunkt der Arbeitsschutzprämien auf dem Thema Staub lag, steht nach der Aktualisierung die Ergonomie im Mittelpunkt. In vielen Bereichen der

Bauwirtschaft sind die körperlichen Belastungen zu hoch und führen kurz- oder langfristig zu Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems. Ein Grund: das Heben und Tragen schwerer Lasten.

Die BG BAU will mit Hilfe ausgewählter Maßnahmen solche körperlichen Belastungen reduzieren. So werden z.B. Bordsteinversetzgeräte gefördert, mit denen schwere Bordsteine ohne größere körperliche Anstrengung bewegt werden können.

Ein weiteres Beispiel aus diesem Bereich ist die Förderung von Ladehilfen für Stampfer. Damit können diese bis zu 90 kg schweren Arbeitsgeräte leicht von Fahrzeugen auf- und abgeladen wer-

den. Bisher geschieht das Verladen oft noch durch Heben der Stampfer, bei dem zwei bis drei Personen anpacken müssen.

Auch Rückentraining wird von der BG BAU gefördert und kann von den Mitgliedsunternehmen für die Beschäftigten angeboten werden.

Clemens Stosch  
BG BAU

Bordsteinversetzgerät



Ladehilfe für Stampfer



Rückentraining

