

Exposition der Hände durch stark lokalisierte hohe Magnetfelder am Arbeitsplatz

R. Hirtl

Die EU-Kommission hat zum Schutz von Arbeitnehmer/innen vor elektromagnetischen Feldern in der Richtlinie 2013/35/EU Expositionsgrenzwerte festgelegt, welche für Frequenzen bis 10 MHz unzulässige Effekte auf das Zellmembranpotenzial verhindern sollen. Da die im Gewebe induzierte elektrische Feldstärke einer Routinekontrolle jedoch nicht zugänglich ist, wurden außerdem Auslösewerte für die ungestörte externe elektrische und magnetische Feldstärke unter konservativen Annahmen abgeleitet, deren Einhaltung auch die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte garantieren. Werden die Auslösewerte jedoch überschritten, muss ein Nachweis der Einhaltung der Expositionsgrenzwerte mittels numerischer Simulationen erfolgen.

Für viele Arbeitsplätze ist die Überprüfung der Auslösewerte durch Messung der externen elektrischen und magnetischen Felder ausreichend, um eine Konformität gemäß 2013/35/EU nachzuweisen. Es gibt jedoch Arbeitsplätze mit

stark lokalisierten niederfrequenten Magnetfeldern, wie z. B. Elektroschweißgeräte, Induktionserwärmungsanlagen oder Geräte für die Deaktivierung von Artikelsicherungsetiketten, bei denen dieser einfache Nachweis der Einhaltung der EU-Richtlinie nicht mehr möglich ist. An diesen Geräten und Anlagen sind

die Auslösewerte mitunter überschritten oder aber aufgrund der räumlichen Annäherung der Arbeitnehmer/innen zur Quelle nicht anwendbar, wodurch eine detaillierte und aufwendige Analyse mittels numerischer Simulationen im Hinblick auf die Expositionsgrenzwerte notwendig wird.

Die dafür bisher verfügbaren anatomischen Körpermodelle zeigen im Bereich der Hände deutliche Schwächen, insbesondere was den Detailgrad der Haut sowie verfügbare Handhaltungen betrifft. Daher wurden im Zuge dieses Projekts insgesamt drei neue Handmodelle mit unterschiedlichen Handhaltungen und einem innovativen Hautmodell entwickelt, welche eine in dieser Genauigkeit bisher nicht dagewesene Expositionsbeurteilung am Arbeitsplatz ermöglichen. Die Handhaltungen der mithilfe von MRT-Aufnahmen entwickelten Handmodelle wurden dabei im Hinblick auf typische Arbeitssituationen wie das Umfassen eines stromführenden Kabels (P1 in Abb. 1) sowie das

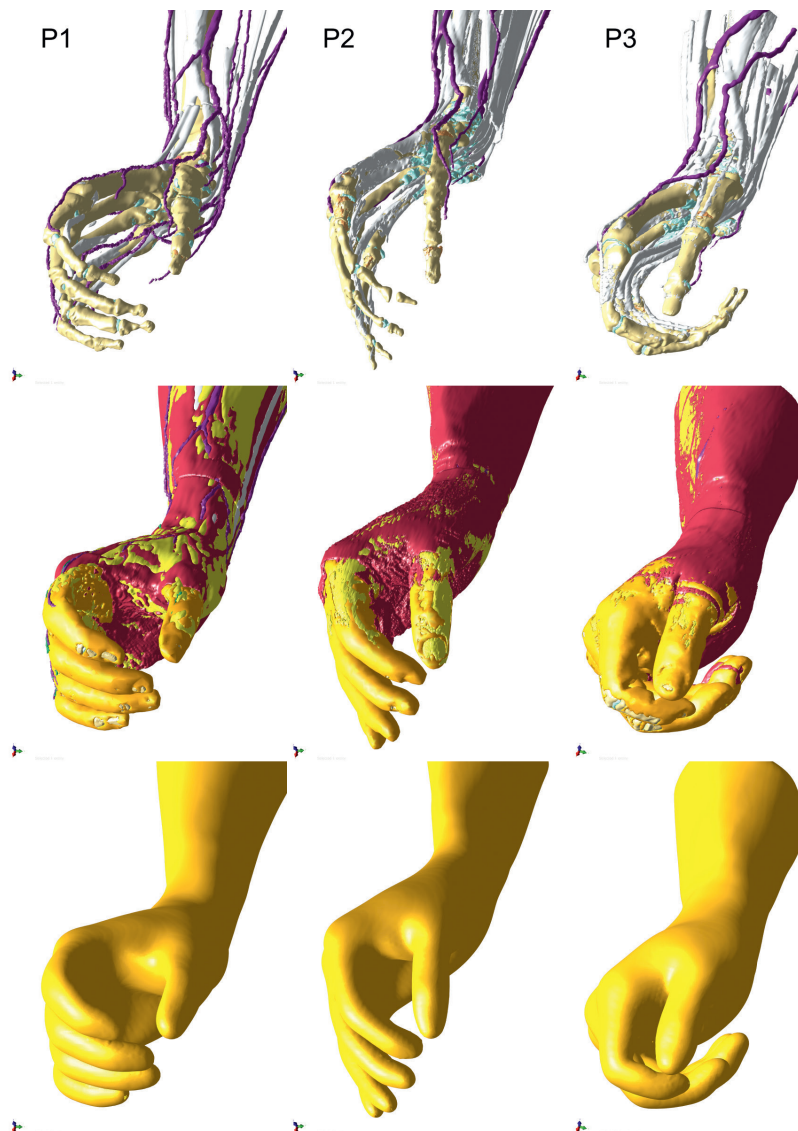


Abb. 1. Entwickelte Handmodelle P1 bis P3 mit unterschiedlich segmentierten Geweben

Halten von unterschiedlichen metallischen Werkstücken (P2 und P3) ausgewählt. Das entwickelte Hautmodell erlaubt es erstmals, den schichtweisen Aufbau der Haut mit sich graduell ändernder elektrischer Leitfähigkeit auch im Simulationsmodell realistisch nachzubilden.

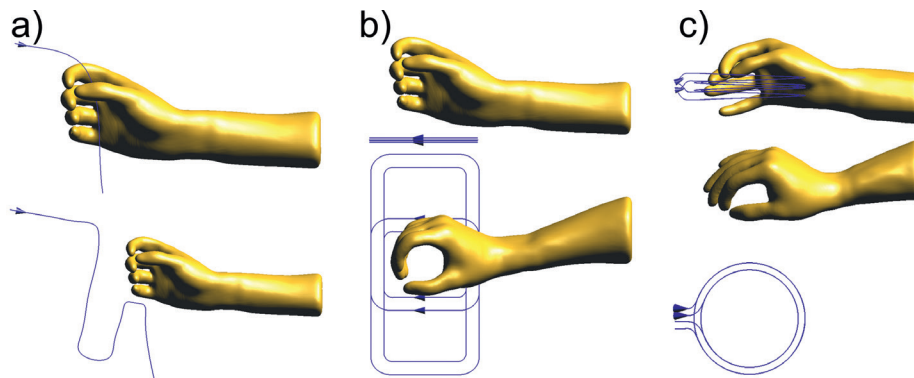


Abb. 2. Ausgewählte untersuchte Expositionsszenarien: a) Bolzenschweißen mit Kondensatorentladung und Handhaltung P1, wobei das stromführende Kabel einmal im Griff der Schweißpistole geführt wird und einmal außen vorbei; b) Deaktivator für die Artikelsicherung und Handhaltung P1; c) Induktor einer Induktionserwärmungsanlage mit Handhaltung P2; die blauen Linien zeigen jeweils die verwendeten Strompfade der einzelnen Quellen

Für typische realistische Expositionsszenarien in der Nähe von Geräten und Anlagen mit stark lokalisierten hohen Magnetfeldern (Beispiele siehe Abb. 2) konnte durch die numerischen Untersuchungen mit den detaillierten Handmodellen oftmals die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte gemäß 2013/35/EU nachgewiesen werden, obwohl die Auslösewerte mitunter deutlich überschritten wurden. So ist beispielsweise das Umgreifen eines 50-Hz-Versorgungskabels bis zu einem Strom von 18 kA zulässig, sofern der Oberschwingungsanteil des Stromsignals vernachlässigt werden kann. Bei Miteinbeziehung eines vergleichsweise hohen Oberschwingungsanteils von $k_{OS} = 11$ kann ein Strom von 1,6 kA als konform mit den Expositionsgrenzwerten betrachtet werden. Beim untersuchten Deaktivator für die Artikelsicherung ergaben sich bei Verwendung eines typischen Deaktivierungsimpulses (abklingender Sinus mit 1,6 kHz und einem Spitzenwert der magnetischen Flussdichte von 10 mT) induzierte elektrische Feldstärken im Gewebe stets unterhalb der Expositionsgrenzwerte. Außerdem zeigten die Untersuchungen der Induktionserwärmungs-

anlagen typische Arbeitspositionen der Hand, bei denen noch keine Überschreitung der Expositionsgrenzwerte vorliegt, jedoch auch solche, bei denen die Expo-

Berdem mithilfe umfangreicher systematischer Untersuchungen erstmals die für die Gliedmaßen geltenden Auslösewerte in Bezug auf die Hände eindeutig als valide verifiziert werden. Dafür wurden die einzelnen Handmodelle mit einem homogenen Magnetfeld entsprechend dem Auslösewert mit unterschiedlichen Feldvektorrichtungen exponiert und die resultierenden im Gewebe induzierten und gemäß 2013/35/EU über ein Volumen von $2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3$ gemittelten elektrischen Feldstärken mit den Expositionsgrenzwerten verglichen. Ein ausreichender wissenschaftlicher Nachweis der Validität der Auslösewerte für Gliedmaßen fehlte bis dato, konnte nun aber im Zuge dieses Projekts gezeigt werden.

Dieses Projekt wurde von der AUVA finanziert. Der vollständige Projektbericht ist als Report 80 unter <https://www.auva.at/emf> abrufbar.



Abb. 3. Feldverteilung der induzierten elektrischen Feldstärke an der Hautoberfläche beim Bolzenschweißen mit Kondensatorentladung und Handhaltung P1; die blaue Linie zeigt den verwendeten Strompfad im Haltegriff der Schweißpistole

sitionsgrenzwerte schon überschritten werden. Für die Ableitung benötigter Sicherheitsabstände in der Nähe solcher Anlagen sind detaillierte numerische Simulationen mit realistischen Handmodellen daher unerlässlich. Beim Bolzenschweißen mit Kondensatorentladung, bei dem das Schweißkabel oder die Schweißpistole mit der Hand gehalten wird, konnte für die untersuchten Szenarien beispielsweise jedoch kein Nachweis über die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte gemäß

Autor

Rene Hirtl, Fachbereich EMV, Seibersdorf Labor GmbH, 2444 Seibersdorf, E-Mail: rene.hirtl@seibersdorf-laboratories.at, Internet: www.seibersdorf-laboratories.at