

Abschlussbericht IFA Projekt 5158

Elektromagnetische Felder an stationären Punktschweißzangen – im Auftrag der BGHM

Beschreibung des Projekts

Um beständige Verbindungen zwischen Metallen herzustellen werden in der metallverarbeitenden Industrie oft Punktschweißzangen eingesetzt. Von diesen und anderen Anlagen mit hohen Stromflüssen ausgehende niederfrequente magnetische Felder können bei Beschäftigten potenziell zu einer Reizung des Nervensystems führen. Die Festlegungen in der Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern (EMFV) des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) stellen ein Schutzkonzept dar, welches eine solche Reizung verhindert. Zur Bewertung von Magnetfeldern mit einem nicht-sinusförmigen zeitlichen Verlauf führt die EMFV die Methode der gewichteten Spitzenwerte (Weighted Peak Method, WPM) oder andere, dem Stand der Technik entsprechende Methoden auf. In Deutschland ist seit vielen Jahren die sogenannte Zeitbereichsmethode (ZBM) im Arbeitsschutz im Einsatz. Beide Methoden, WPM und ZBM, basieren auf leicht unterschiedlichen Annahmen über die zugrundeliegende Physiologie der Nervenreizung und liefern in manchen Fällen abweichende Bewertungen. Bei der Anwendung der Methoden kann es in solchen Situationen schwerfallen, eine fundierte und sichere Entscheidung zu treffen. Diese Problematik wurde in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) und der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) eingehender untersucht. Es wurde eine Software entwickelt, die bei der Nutzung der beiden Bewertungsmethoden unterstützt. Die Ergebnisse dieses Projektes fließen direkt in die Überarbeitung der DGUV Information 203-038 zur Bewertung von nicht-sinusförmigen Magnetfeldern ein.

Projektwebseite: <https://www.dguv.de/ifa/forschung/projektverzeichnis/ifa5158.jsp>

Das Projekt wurde im März 2020 von der BGHM beauftragt und anschließend als IFA Projekt 5158 aufgenommen. Die Laufzeit betrug zwei Jahre.

Aufteilung des Projekts

Das Projekt ist in drei Teilbereiche untergliedert:

- Die Recherche der physiologischen Grundlagen, um die teilweise abweichenden Bewertungen der beiden Methoden besser einordnen zu können.
- Die Entwicklung einer Software zur Bewertung nicht-sinusförmiger Magnetfelder.
- Die Validierung der Software im Zusammenspiel mit aktuellem Messequipment.

Die in den drei Teilbereichen durchgeführten Aktivitäten und deren Ergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst und erläutert. Für Details sei auf die jeweiligen Links, Veröffentlichungen und Arbeitsgruppen verwiesen.

Teilbereich Physiologische Grundlagen

Begonnen hat das Projekt mit einer Recherche zu den physiologischen Grundlagen der Reizwirkung von elektrischen Feldern auf Nervenzellen. Wobei diese elektrischen Felder durch magnetische Felder im Körper induziert werden können. Hierzu gab es eine abteilungsübergreifende IFA interne Kollaboration zwischen dem Sachgebiet „Elektromagnetische Felder“ und der Biologin Frau Dr. Sabine Werner aus dem Bereich „Toxikologie der Arbeitsstoffe“. Aus dieser interdisziplinären Zusammenarbeit entstand der Artikel „Wie magnetische Felder das Nervensystem beeinflussen und was das für den Arbeitsschutz bedeutet“, welcher sowohl die physiologischen Auswirkungen von Magnetfeldern auf das Nervensystem erläutert, als auch daraus abgeleitet erklärt, wie sich die Grenzwerte und Auslöseschwellen im Arbeitsschutz herleiten.

Soyka, F.; Werner, S.; Alteköster, C.; Bömmels, I.: [Wie magnetische Felder das Nervensystem beeinflussen und was das für den Arbeitsschutz bedeutet \(PDF, 4,6 MB\)](#). Umweltmedizin - Hygiene - Arbeitsmedizin 25 (2020) Nr. 6

Im Vorfeld wurde bereits ein zweiteiliger Artikel in der Zeitschrift „Sicher ist Sicher“ veröffentlicht, welcher verschiedene Aspekte der beiden Methoden ZBM und WPM miteinander vergleicht.

Soyka, F.: Bewertungsverfahren für gepulste magnetische Felder im Vergleich: [Teil 1 \(PDF, 694 kB\)](#), [Teil 2 \(PDF, 979 kB\)](#). sicher ist sicher - Arbeitsschutz aktuell 71 (2020) Nr. 2 & 3

Im Rahmen der Recherche zur Physiologie wurden Kenntnisse zum Neurostimulationsmodell SENN (Spatially Extended Nonlinear Node) erarbeitet. Das SENN Model ermöglicht numerische Berechnung zur Nervenreizung durch elektrische Felder und wird auch bei der Grenzwertsetzung herangezogen. Mittels des SENN Modells konnten die WPM und die ZBM Ergebnisse analysiert und untereinander verglichen werden.

Es konnten wesentliche neue Erkenntnisse gewonnen werden, unter anderem, dass der sogenannte V-Faktor der ZBM in seiner jetzigen Form zusammen mit dem Regelwerk der EMF Verordnung nicht mehr anwendbar ist. Diese und weitere Erkenntnisse führten in der Summe dazu, dass in Zukunft die WPM als Bewertungsmethode empfohlen wird. Diese Entwicklung wurde mit Fachexperten verschiedener Berufsgenossenschaften und Vertretern aus der Industrie diskutiert und resultierten darin, dass die Überarbeitung der DGUV Information 203-038 die WPM als Methode der Wahl erläutern wird. Weiterhin wurde ein gemeinsamer Artikel in der Zeitschrift „Technische Sicherheit“ verfasst, welcher die zukünftige Fokussierung auf die WPM beschreibt.

Florian Soyka, Peter Jeschke, Mathias Hoffmann, Sabine Glückmann, David Brylka, Carsten Alteköster, [Bewertung nicht-sinusförmiger Magnetfelder gemäß den Technischen Regeln zu elektromagnetischen Feldern \(TREMf\)](#) in: Technische Sicherheit, Seite 14 – 19, Jahrgang 11 (2021) Heft 09-10, DOI: 10.37544/2191-0073-2021-09-10-14

Die Arbeiten mit dem SENN Model ermöglichen eine Validierung der WPM Methode, welche auf der internationalen Fachkonferenz BioElectromagnetics 2021 in Ghent, Belgien im Rahmen eines Vortrags von Dr. Florian Soyka vom IFA vorgestellt wurde: „[Evaluation of Non-Sinusoidal Magnetic Fields: Comparing the Weighted Peak Method with a New Method Using the Spatially Extended Nonlinear Node Electrostimulation Model](#)“.

Teilbereich Bewertungssoftware

Im Rahmen des Projekts wurde die BEMF Software zur **Bewertung nicht-sinusförmiger Magnetfelder** entwickelt. Hierfür kam der MATLAB App Designer zum Einsatz. Dieses Vorgehen ermöglicht eine schnelle Entwicklung mit Fokussierung auf die benötigten Algorithmen und die grafische Benutzeroberfläche. Für die Ausführung des Programmes wird eine frei verfügbare MATLAB Laufzeitumgebung benötigt, welche Teil des Softwarepakets ist.

Für die Bewertung der Magnetfelder kommt die von der Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern (EMFV) empfohlene Methode der gewichteten Spitzenwerte (Weighted Peak Method, WPM) zum Einsatz. Zu Vergleichszwecken ist auch eine reduzierte, an die EMFV angepasste Version der Zeitbereichsmethode (ZBM) Teil von BEMF.

Die Software wurde in mehreren Iterationsschleifen mit der Berufsgenossenschaft Holz und Metall abgestimmt und befindet sich dort nun auch im Einsatz (siehe Teilbereich Validierung).

Die BEMF Software wurde unter Windows 10 (64 Bit) getestet und kann seit Juli 2021 unter folgendem Link von der IFA Webseite frei heruntergeladen werden:

<https://www.dguv.de/webcode.jsp?query=d1183434>

Details und weiterführende Information können dem BEMF Handbuch (siehe Webseite) entnommen werden.

Die Veröffentlichung von BEMF wurde in verschiedenen Gremien beworben und fand unter anderem auch im Internet Beachtung:

<https://www.handwerksblatt.de/betriebsfuehrung/hilfe-bei-bewertung-magnetischer-felder>

Teilbereich Validierung

Die BEMF Software und deren Algorithmen wurden mit verschiedenen Datensätzen und in unterschiedlichen Kontexten getestet. Im Folgenden werden diese kurz erläutert:

- In einem vorherigen gemeinsamen Projekt zwischen BGHM und IFA wurden Magnetfelder an stationäre Punktschweißzangen erfasst. Die Auswertung dieser Messungen wurde mittels der BEMF Algorithmen durchgeführt.
- In einem Unternehmen das Werkstücke magnetisiert, wurden sowohl Strom- als auch Magnetfeldmessungen an Spulen durchgeführt. Hierbei kam neues Messequipment zum Einsatz und die Bewertung wurde mit BEMF durchgeführt. Die BEMF WPM Ergebnisse wurden mit den WPM Ergebnissen des NARDA Messgerätes ELT 400 verglichen und validiert.
- Die EMF-Experten der BGHM haben BEMF sowohl mit alten Datensätzen getestet als auch die Software bei aktuellen Messungen vor Ort zur Bewertung eingesetzt. Das Feedback war sehr positiv und BEMF wird mittlerweile in der BGHM eingesetzt, da damit die Bewertung deutlich erleichtert wird und wesentlich schneller ausgeführt werden kann.
- Die Arbeitsgruppe zur Überarbeitung der DGUV Information 203-038 setzt BEMF aktiv ein. Teilweise haben die Mitglieder BEMF Ergebnisse mit eigenen WPM Implementierungen abgeglichen und validiert.

- Im Projekt „Referenzsystem für die Bewertung magnetischer Felder im Bereich des Widerstandsschweißens“ des Deutschen Verbands für Schweißen und verwandte Verfahren wurde ebenfalls eine WPM Implementierung neu entwickelt. Die WPM des Forschungszentrums für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu) wurde mit der BEMF Implementierung abgeglichen.

Fazit und Ausblick

Das Projekt wird von allen Beteiligten als großer Erfolg gewertet. Bereits länger ausstehende Fragestellungen bezüglich der WPM und ZBM konnten zielführend geklärt werden. Es wird empfohlen zukünftige Bewertungen nicht-sinusförmiger Magnetfelder mit der WPM durchzuführen. Dieses Vorgehen fördert die Einheitlichkeit und Transparenz bei der Bewertung nicht-sinusförmiger Magnetfelder. Die frei zugängliche BEMF Software ermöglicht Anwendern eine komfortable Bewertung von Messungen mittels der WPM. Die WPM wird in der überarbeiteten Fassung der DGUV Information 203-038: „Bewertung nicht-sinusförmiger Magnetfelder“ im Detail erläutert werden, wobei auch auf die BEMF Software als Hilfsmittel eingegangen wird. Die BEMF Software ist bereits Bestandteil von Schulungen, welche das IFA durchführt. Die gewonnenen Erkenntnisse zum Neurostimulationsmodell SENN haben für weiterführende internationale Kollaborationen den Grundstein gelegt. Aktuell wird weiterhin Feedback von Anwendern zur BEMF Software gesammelt, so dass in Zukunft geprüft werden kann, ob eine Weiterentwicklung von BEMF in einer neuen Version hilfreich sein kann.