



KOLLISIONSUNTERSUCHUNGEN AN KOLLABORIERENDE ROBOTER

Das Fraunhofer IFF verfügt über eine umfangreiche Ausstattung zur systematischen Untersuchung von Mensch-Roboter-Kollisionen. Zu ihr zählen u. a. verschiedene Kraftmesssysteme, ein hochauflösendes Druckmesssystem sowie eine Hochgeschwindigkeitskamera. Darüber hinaus ist das Fraunhofer IFF im Besitz des KOLROBOT-Messsystems, welches vom Institut für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) entwickelt wurde. Mit diesem biofidelen System können Stoß- und Klemmkraft direkt an kollaborierende Roboter gemessen werden. Aus einer Kombination von Federn und Dämpfungsmaterialien werden verschiedene Körperstellen des Menschen nachgebildet. Eine vollautomatische Auswertung erlaubt eine sofortige Verwendung der Ergebnisse für die Risikoanalyse von Arbeitsplätzen mit Mensch-Roboter-Kollaboration. Die Erkenntnisse und Ergebnisse aus den Belastungsstudien des Fraunhofer IFF werden in der Arbeit mit dem KOLROBOT-Messsystem direkt mit einbezogen.

Unsere Leistungen

Das Fraunhofer IFF ist mit seiner umfassenden Ausstattung in der Lage, alle relevanten Wirkgrößen bei einer Mensch-Roboter-Kollision quantitativ zu messen. Unsere flexiblen und zum Teil mobilen Messsysteme erlauben es uns, Ihren kollaborierenden Roboter, ihre mobile Plattform oder ihren neu eingerichteten kollaborierenden Arbeitsplatz hinsichtlich normativer Vorgaben (biomechanische Grenzwerte) zu überprüfen.

Ihre Vorteile

Bei Neueinrichtung von kollaborierenden Arbeitsplätzen helfen die Ergebnisse einer Kollisionsmessung bei der Umsetzung wirkungsvoller Schutzmaßnahmen. Darüber hinaus lassen sich Prozessabläufe und Taktraten untersuchen und optimieren, ohne dabei geltende Belastungsgrenzen zu überschreiten.



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FABRIKBETRIEB UND -AUTOMATISIERUNG IFF

Institutsleiter

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk

Sandtorstraße 22
39106 Magdeburg

Telefon +49 391 4090-0
Telefax +49 391 4090-596
robotik@iff.fraunhofer.de
www.iff.fraunhofer.de

Ansprechpartner

Geschäftsfeld Robotersysteme
Prof. Dr. techn. Norbert Elkmann
Telefon +49 391 4090-222
Telefax +49 391 4090-250
norbert.elkmann@iff.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Roland Behrens

Telefon +49 391 4090-284
Telefax +49 391 4090-250
roland.behrens@iff.fraunhofer.de

www.iff.fraunhofer.de/rs

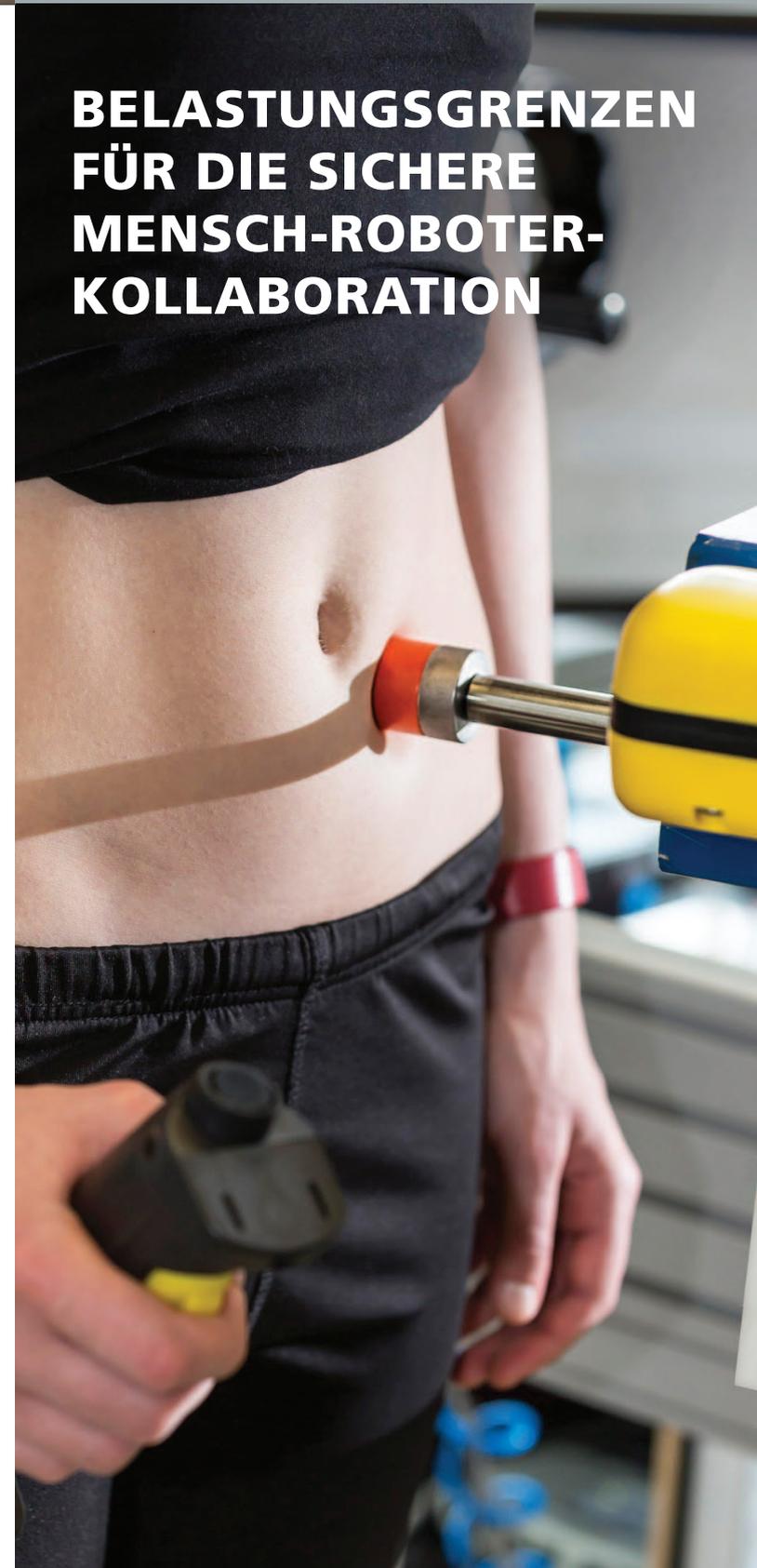
© Fraunhofer IFF, Magdeburg 06/2016

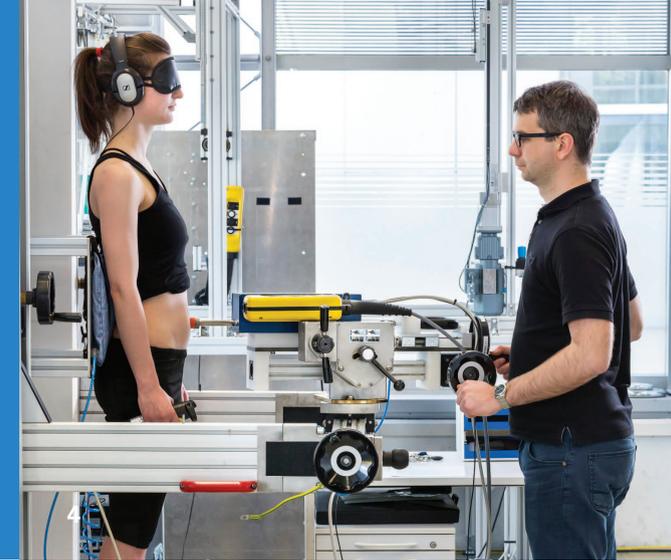
Fotos: Titel, 4 Uwe Völkner/Fotoagentur FOX; 1–3 Fraunhofer IFF;
5 Viktoria Kühne

 **Fraunhofer**
IFF

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FABRIKBETRIEB
UND -AUTOMATISIERUNG IFF, MAGDEBURG

BELASTUNGSGRENZEN FÜR DIE SICHERE MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION





AKZEPTABLE BEANSPRUCHUNG BEI MENSCH-ROBOTER-KOLLISIONEN

Die Mensch-Roboter-Kollaboration hält verstärkt Einzug in die industrielle Produktion. Immer häufiger teilen sich Menschen und Roboter einen gemeinsam genutzten Arbeitsraum, in dem beide direkt zusammenarbeiten und miteinander interagieren. Der Schutz des Menschen wird nicht mehr durch trennende Zäune sichergestellt, sondern durch technische Maßnahmen wie Sensorsysteme oder sichere Manipulatoren.

Für die Absicherung solcher Arbeitsplätze ist an erster Stelle die DIN EN ISO 10218-2 heranzuziehen. Sie definiert unterschiedliche Formen der Kollaboration und wird inhaltlich ergänzt durch die ISO/TS 15066, welche spezifische Sicherheitsanforderungen festlegt. Die engste Form der Kollaboration liegt vor, wenn Mensch und Roboter physisch Seite an Seite zusammenarbeiten, wobei Berührungen zwischen beiden Partnern erlaubt sind.

Sind Berührungen prinzipiell möglich oder sogar notwendig, muss bei der Risikoanalyse unterschieden werden, welche Kontakte gewollt oder ungewollt eintreten können. Für beide Fälle gelten unterschiedliche Beanspruchungsgrenzen, wie sie das Fraunhofer IFF gemeinsam mit Rechtsmedizinern der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg in einer Studie der Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN) festgelegt hat.

Im Fall eines gewollten Kontakts darf die Beanspruchung des Menschen den Schmerzeintritt nicht erreichen. D. h. das durch eine gewollte und notwendige Berührung des Menschen durch den Roboter lediglich ein Druckgefühl entstehen darf, das nicht als Schmerz wahrzunehmen ist. Gefährliche Kollisionen oder Klemmungen sind grundsätzlich als ungewollte Kontaktfälle zu behandeln. In diesem Fall darf die Beanspruchung des Menschen den Verletzungseintritt nicht überschreiten. Zu den Merkmalen dieser Schwelle zählen ausschließlich die Entstehung einer leichten Schwellung oder eines leichten Hämatoms.

WEITERE SCHWERPUNKTE LAUFENDER UNTERSUCHUNGEN

Zu einem weiteren Schwerpunkt der durchgeführten Belastungsstudien zählt die Untersuchung der physikalischen Wirkgrößen wie z. B. Kraft, Druck oder Energie, die den nachweislich größten Einfluss auf den Schmerz- oder Verletzungseintritt haben. Bis heute ist nicht zweifelsfrei nachgewiesen, welche Größe mit welcher der beiden Eintrittsschwellen am besten korreliert. Anhand der Ergebnisse der Probandenversuche ergeben sich hierfür neue und vielversprechende Möglichkeiten.

Unterschiedliche Kollisionsfälle

In einer weiteren Studie wurden die Situationen experimentell untersucht, in der ein Roboter mit einem Menschen zusammenstoßen kann. Im Auftrag des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) konnte das Fraunhofer IFF anhand von Probandenversuchen nachweisen, dass die maximal zulässigen Belastungsgrenzen für freie Kollisionen, bei denen das betroffene Körperteil nicht eingeklemmt wird und ausweichen kann, deutlich höher liegen als bei klemmenden Kollisionen, bei denen das betroffene Körperteil eingeklemmt wird. Anhand der Probandenversuche wurde ein Körpermodell entwickelt, das die Belastungsgrenzen für klemmende Kollisionen auf den freien Fall zuverlässig umrechnet.

- 1 *Direkte Mensch-Roboter-Kollaboration.*
- 2 *Versuchseinrichtung für die Stoßuntersuchung.*
- 3 *Stoßuntersuchung eines Probanden am Schultergelenk.*
- 4 *Versuchseinrichtung für die Untersuchung von Klemmungen.*

STUDIEN ZUR ERMITTLUNG VON BELASTUNGSGRENZEN

Das Fraunhofer IFF führte mehrere Studien durch, mit dem Ziel Belastungsgrenzen für die sichere Mensch-Roboter-Kollaboration zu ermitteln. Durch Belastungsversuche an Probanden wurden verifizierte Grenzwerte erarbeitet, mit denen sich die Folgen einer Kollision oder Klemmung abschätzen und sicher begrenzen lassen. Die Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (OvGU) hat den verschiedenen Studien ein positives Votum erteilt. Ärzte der OvGU aus unterschiedlichen Einrichtungen und Kliniken begleiteten die Probandenstudien.

Studien zum Verletzungseintritt

Mit einer Pendelvorrichtung wurden insgesamt 25 Probanden an mehreren Körperstellen hinsichtlich der Verletzungseintrittsschwelle untersucht. Hierfür wurde über einen mehrwöchigen Zeitraum die Stoßenergie schrittweise erhöht, bis eine leichte Schwellung oder ein leichtes Hämatom an der belasteten Körperregion festgestellt wurde bzw. der Proband einen mittelstarken Schmerz durch die Belastung verspürte. Es wurden vier unterschiedliche Stöße verwendet. Die Studie wurde von der Daimler AG und KUKA AG unterstützt.

Studien zum Schmerzeintritt

Mit der gleichen Pendelvorrichtung wurden in der ersten Phase einer anderen Studie 20 Probanden an über 20 Körperstellen mit Stößen ansteigender Energie belastet. Die Stoßenergie wurde während der Versuche soweit erhöht, bis die Schmerzeintrittsschwelle des Probanden erreicht war. In einer zweiten Studienphase wurden 40 Probanden an den gleichen Körperstellen mit einer quasi-statischen Klemmkraft belastet. Hierfür wurde das Druckalgometer des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) verwendet. Die zu untersuchende Körperstelle wurde mit einer langsam ansteigenden Klemmkraft belastet, bis die Schmerzeintrittsschwelle des Probanden erreicht war. Die Studie erfolgte im Auftrag der Berufsgenossenschaft Holz & Metall.