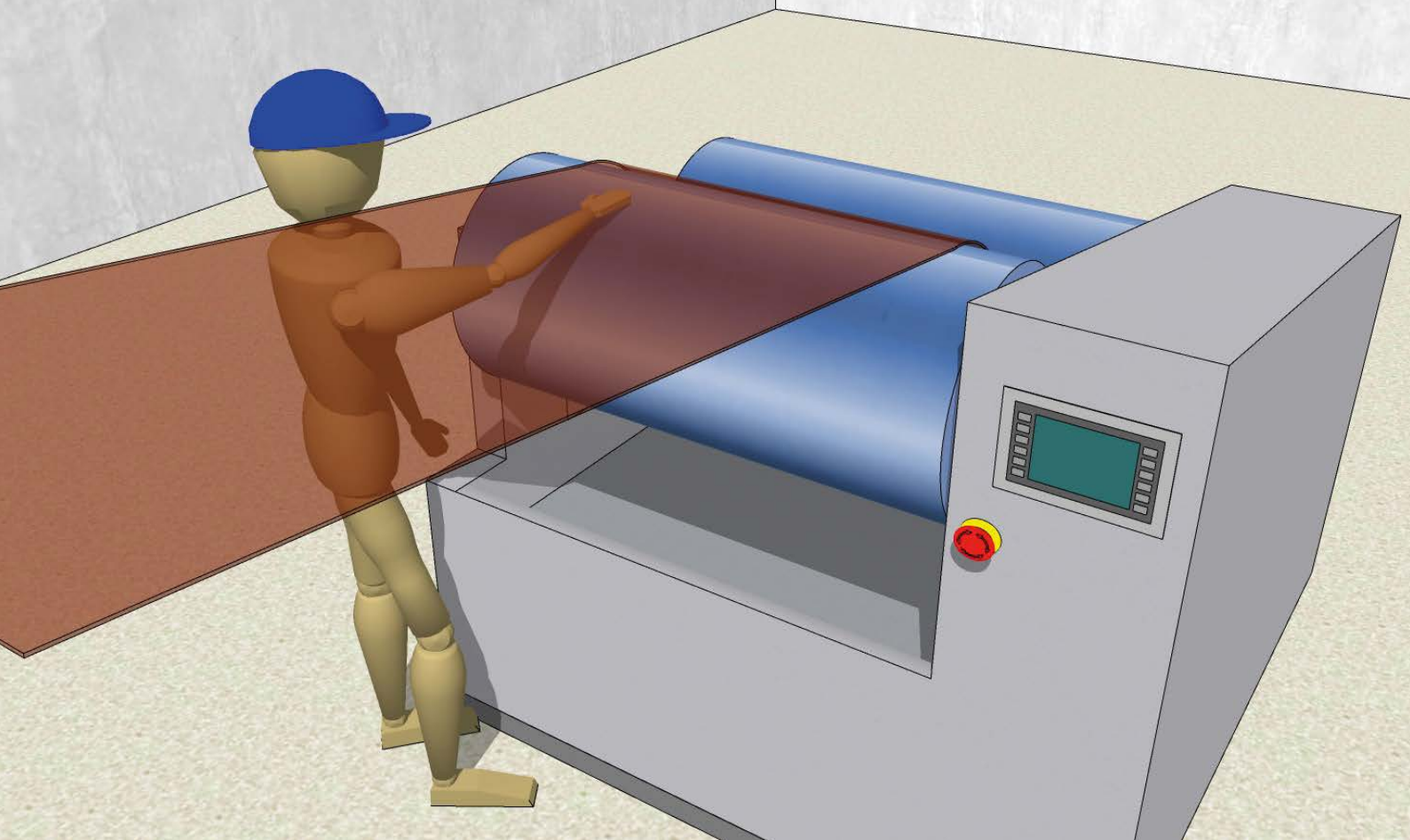




Schematische Darstellung: Hineingreifen in eine Auflaufstelle einer Folienmaschine. © IFA

MATTHIAS CLERMONT · ULRIKE TIMMER · JAN ZIMMERMANN

Einzugskräfte an Folienauflaufstellen

In der folienproduzierenden Industrie sind Materialbahnen, die über Walzen laufen zahlreich vorhanden und eine bekannte Gefahrstelle. Besonders an erreichbaren Auflaufstellen ist ein Einziehen und Mitreißen von Körperteilen oder Kleidung der Beschäftigten wahrscheinlich. In diesem Beitrag wird ein Forschungsprojekt der Unfallversicherungsträger vorgestellt, welches sich mit einer Untersuchungsmethodik beschäftigt, wie sich Einzugskräfte, die eine Mitreißen verursachen, erfassen und bewerten lassen.

Unfälle bei denen Körperteile durch bewegte Maschinenkomponenten eingezogen werden sind zu verhindern oder, falls das Unfallrisiko nicht zu verhindern ist, mit trennenden oder nicht-trennenden Schutzeinrichtungen abzusichern (MVO, 1.3.7 Risiken durch bewegte Teile, [1]). An Folienmaschinen nimmt die Bahnführung der Folie neben dem Transport auch verfahrenstechnische Zwecke ein, sodass ein Zugang durch die Maschinenbediener*innen gegeben sein kann, um zum Beispiel Justierungen der Liegebreite vorzunehmen. Stellen, an denen die Folie auf eine Führungswalze aufläuft, bilden die Gefahr, dass Körperteile dort erfasst und sogar mitgerissen werden können. Diese Stellen lassen sich in Gänze nicht immer vermeiden. Verschiedene Folienarten werden mit zum Teil hohen Ge-

schwindigkeiten und hohen Bahnspannungen betrieben, sodass eine Einzugsgefahr besteht. Ein Einzugsspalt kann zwischen, rotierenden und flexiblen auflaufenden Teilen, wie bei der Führung von Folienbahnen, auftreten. Die von einem solchen Einzugsspalt ausgehende Gefährdung entsteht dann, wenn Körperteile durch diesen erfasst, gequetscht und mitgerissen werden (vgl. Neudörfer2014, S. 108, [2]).

Das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) hat im Auftrag der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BGRCI) untersucht, welche Einzugskräfte in dem Spalt einer Folienauflaufstelle bei einem Eingriff auftreten [3]. Hierfür wurde eine Messmethodik entwickelt, mit der ein Eingriff in eine Auflaufstelle nachgebildet und

DIE AUTOR*INNEN



Matthias Clermont
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),
matthias.clermont@dguv.de



Ulrike Timmer
Referentin Maschinen- und Produktsicherheit in der Prävention der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) & Leiterin des Sachgebiets Maschinen der chemischen Industrie,
ulrike.timmer@bgrci.de



Jan Zimmermann
Referatsleiter Grundlagen der Maschinensicherheit und Softwarelösungen, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)
jan.zimmermann@dguv.de

gleichzeitig die Einzugskraft messtechnisch erfasst wird.

Wie groß die Gefahr durch Erfassen bis hin zu einem Mitreißen, an Folienauflaufstellen, ist, ist aktuell noch wenig untersucht. Das liegt zum einen daran, dass eine mögliche Einzugsgefahr, anders als zum Beispiel bei gegenläufigen Walzen, teilweise unterschätzt wird. Bei z.B. gegenläufigen Walzen gibt es klare normative Anforderungen, wie solche Einzugsstellen abzusichern sind bzw. wie groß Abstände zwischen zwei Walzen sein müssen (vgl. EN 1417:2024, ISO 11111-1:2016). In verwandten aktuellen Normen aus der Textil, Gummi- und Kunststoffindustrie wird beschrieben, dass das Absichern von Materialauflaufstellen bei nicht angetriebenen Führungswalzen nicht erforderlich ist, wenn diese mit der Hand angehalten werden können oder sich die Bahn mit der Hand von der Walze abheben lässt (vgl. DIN EN 13418:2013-08, ISO 11111-1:2016). Diese Normen sind teilweise für Folienmaschinen anwendbar, jedoch beschreiben diese nicht, ob eine Einzugsgefahr vermieden werden kann. Auftretende Unfälle führen sowohl in der Industrie als auch bei Arbeitsschutzvertretern, zu einem gesteigerten Interesse die Gefahr des Erfassens und Einzugs an Folienauflaufstellen näher zu untersuchen. Da es aktuell wenig Anhaltspunkte für Maschinenhersteller oder Anwender gibt, um die Gefährdung diesbezüglich einschätzen zu können und gegebenenfalls Maßnahmen daraus abzuleiten, bedarf es der Untersuchung, wie hoch resultierende Einzugskräfte an Folienauflaufstellen sein können.

Einordnung der Gefährdung durch Mitreißen

Ein Blick in das Unfallgeschehen hat gezeigt, dass es in verschiedenen Branchen zu Unfällen an Folienauflaufstellen kommt. Unfälle ereignen sich z.B. an Folienextrusionsanlagen, Wicklern, Kalandern oder Kaschieranlagen vorrangig beim Reinigen von Umlenkwalzen, beim Entfernen von Falten in der Materialbahn oder beim Anwickeln bzw. Einfädeln.

Ein wiederkehrendes Problem besteht darin, dass sich verunfallte Personen nicht selbstständig aus dem Einzugsspalt der Auflaufstelle befreien können, oder im gefangenen Zustand die Maschine durch Betätigen eines Not-Halt in den sicheren Zustand zu bringen. Gelingt ein frühes Befreien aus der Einzugsituation durch die Kraft, die eine Bedienerperson aktiv aufbringen kann, dann können möglicherweise Verletzungen vermieden oder zumindest begrenzt werden, wie zum Beispiel leichte oberflächliche Schäden der Haut, die durch Reibung und der daraus resultierenden Wärmeentwicklung beim Kontakt zwischen Folie und Hand entstehen. Eine Befrei-

ung gelingt dann, wenn die Zugkraft der Bedienerperson größer ist als die Einzugskraft durch das Erfassen in dem Einzugsspalt. Maximale Körperkräfte sind abhängig von der Bewegungsdynamik und der Körperhaltung. In der Fachliteratur konnten statische Körperkräfte unter Zug zum Körper hin identifiziert werden, wenn der Arm ausgestreckt in Kopfhöhe ist. Diese Haltung ist ebenfalls bei einem Eingriff in die Auflaufstelle wahrscheinlich. Dabei können Personen überwiegend Kräfte im Bereich von 150 N bis 300 N aufbringen. Zu berücksichtigen sind unter anderem auch geschlechterspezifische Unterschiede. Dieser Kraftbereich wurde herangezogen, als mögliche Grenze, die durch die resultierende Einzugskraft nicht überschritten werden sollte, damit ein Entfliehen aus der Situation gelingen kann.

Im Rahmen der Untersuchung von Einzugskräften im Spalt von Folienauflaufstellen soll ein erster Überblick geschaffen werden, mit welchen Kräften abhängig von der anliegenden Bahnzugkraft, der Bahngeschwindigkeit oder der Bahnumschlingung zu rechnen ist. Daraus kann abgeschätzt werden, welche Einstellungen der Maschine eine Einzugsgefahr begünstigen.

Am IFA wurde eine Messeinrichtung entwickelt, die es ermöglicht einen Messkörper im Einzugsspalt der Auflaufstelle zu platzieren, sodass eine darauf wirkende Einzugskraft erfasst werden kann [4]. Die Messeinrichtung (Abb. 1) hat den Vorteil, dass sich bei der Durchführung der Messung keine Person in der Nähe der Gefahrstelle aufhält und einer potenziellen Gefährdung ausgesetzt ist. Der Messkörper orientiert sich rudimentär an den Maßen der Hand nach DIN 33042. Als Material wurde Silikon in Kombination mit einem weichen PVC verwendet. Silikon als Material sind hyperelastische Materialeigenschaften zuzuordnen. Silikon findet besonders bei der Modellierung von menschlichen Weichgewebe, wie der Haut, Fett oder Muskulatur eine breite Anwendung und wird als Ersatzmaterial häufig verwendet. Der Messkörper ist an einem Linearmotor befestigt, wodurch ein einstellbares Vorfahren des Messkörpers in den Einzugsspalt ermöglicht wird. Somit lässt sich erfassen welche Kräfte abhängig von der Eingriffstiefe auftreten können.

Einsatz der Messeinrichtung

Die Messeinrichtung wurde im Rahmen einer ersten Messreihe bei einem Maschinenhersteller eingesetzt. Der Einsatz erfordert eine genaue Planung und Durchführung durch Expert*innen des IFA. Ein Einsatz als allgemeines Prüfmittel für Sicherheitsfachkräfte in Betrieben ist nicht vorgesehen. Die Anbringung der Messeinrichtung wurde an einer Folienmaschine, an einer nicht angetriebenen Führungswalze mit einem Durch-

messer von 120 mm realisiert. Der Eingriff des Messkörpers in den Spalt der Auflaufstelle erfolgte mittig zur Liegebreite der Folie. Dabei wurden drei verschiedene Folientypen eingesetzt, die sich in ihrer Dicke (Folienstärke) und Liegebreite geringfügig unterschieden, jedoch ähnliche Materialverhalten des Oberflächenmaterials aufwiesen. Für diese Folien konnten verschiedene Bahnzugkräfte bis ca. 250 N und verschiedene Bahngeschwindigkeiten bis ca. 100 m/min eingestellt werden. Der Umschlingungswinkel der Folien mit der Walze konnte bei dieser Messreihe nicht verändert werden und lag bei ca. 140°. Der Messkörper wurde unterschiedlich weit in den Einzugs spalt vorgefahren, sodass seine Position bis über den Scheitelpunkt der Bahn umschlingung hinausging.

Einordnung der ersten Messergebnisse

Die Messergebnisse zeigen, dass die Messeinrichtung zielführend eingesetzt werden konnte, um Einzugskräfte bei einem Eingriff in den Einzugs spalt zu erfassen. Gerade bei sehr dünnen Folien hätte ein vollständiger Abriss der Folie bei der Durchführung der Messung wahrscheinlich sein können. Dieses wurde bei den verwendeten Folien nicht beobachtet. Die dünnste untersuchte Folie (Folienstärke von 50 µm) zeigte jedoch kleine Einrisse der Folie an der Stelle des Eingriffs. Dass auch sehr dünne Folien nicht automatisch Abreißen und abhängig der Materialeigenschaft einen Einzugs spalt bilden können, zeigt wie wichtig die Untersuchung von Einzugskräften ist.

In einer ersten Messreihe wurden für die verwendbaren Folien möglichst viele Kombinationen aus Bahnzugkraft und Bahngeschwindigkeit untersucht. Daraus ergaben sich nur wenige Konstellationen, für die mehrere Messungen hintereinander (Messwiederholung) durchgeführt wurden. Nicht untersucht werden konnte der Einfluss der Bahn umschlingung um die Walze, da die Bahnführung an dieser Maschine nicht verändert werden konnte. Neben der Bahnzugkraft ist jedoch der Umschlingungswinkel ein Kriterium in den Normen, anhand dessen ein sicherer Betrieb beschrieben wird. Dieser Einfluss soll mit folgenden Messungen noch untersucht werden.

Die ersten Ergebnisse zeigen folgenden Verlauf der Einzugskraft (vgl. Abb. 2): Deutlich erkennbar ist ein Anstieg der Einzugskraft mit zunehmender Folienbahnzugkraft und ebenfalls mit zunehmender Eindringtiefe. Hier wurde eine maximale Eindringtiefe über den Scheitelpunkt der Folien umschlingung hinaus betrachtet. Die Ergebnisse zeigen, dass die gemessene Einzugskraft auf die Veränderung der Bahnzugkraft reagiert. Zu Beginn kommt es zu einer Kraftspitze, die dann bei zunehmender Dauer der Erfassung etwas abflacht und sich in einem Kraftbereich

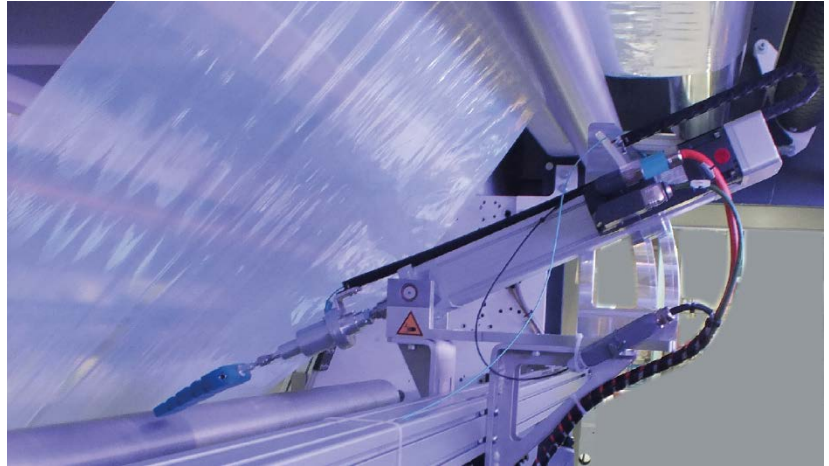


Abb. 1: Die Messeinrichtung ist vor einer potenziellen Einzugsstelle in einem Folienwickler positioniert, um Messungen dort durchzuführen Bild: IFA

einpendelt in einer Größenordnung um die anliegende Bahnzugkraft herum. Die Untersuchung hat aber auch gezeigt, dass durchaus Kraftspitzen auftraten, die ca. dem doppelten der anliegenden Folienbahnzugkraft entsprachen.

Mit einer ausreichend großen Menge an Messergebnissen für verschiedenste Konstellationen soll dann perspektivisch eine Einschätzung der Einzugsgefahr für Bedienpersonen an nicht angetriebenen Folienauflaufstellen beschrieben werden. Nach einer ausführlichen Bewertung der Ergebnisse können diese zukünftig bei den Überarbeitungen von Normentexten Berücksichtigung finden.

Aktuelle Informationen finden sich über eine neu eingerichtete Praxishilfe auf der Homepage des IFA (Praxishilfen: Maschinenschutz > Einzugskräfte an Folienauflaufstellen), dort findet sich zum einen eine Literaturstudie „Beurteilung von

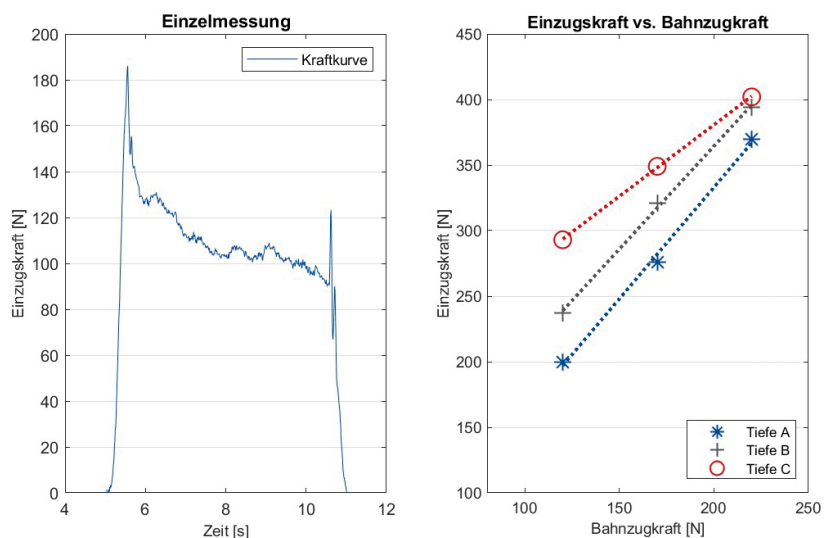


Abb. 2: Die Graphik zeigt den Kraftverlauf einer einzelnen Messung (links) und den Zusammenhang von Einzugskraft von der Bahnzugkraft für verschiedene Eindringtiefen (rechts) Bild: IFA

Auflaufstellen“ sowie zum anderen die Dokumentation der Versuchseinrichtung mit der ersten oben beschriebenen Messreihe [5, 6, 7].

Sicherheitshinweise

Bei allen Arbeiten gilt:

- ▶ NIEMALS im Gefahrenbereich der Einzugsstelle arbeiten!
- ▶ IMMER Anlage abstellen und gegen Wiedereinstellen sichern (Hauptschalter)!
- ▶ IMMER alle Schutzeinrichtungen wieder montieren!
- ▶ Beschäftigte sind regelmäßig zu UNTERWEISEN.

Quelle: VBG

LITERATUR

- [1] Verordnung (EU) 2023/1230 des europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2023 über Maschinen und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/42/EG und der Richtlinie 73/361/EWG, ABl. L165, S. 1–102. (2023)
- [2] Neudörfer, Alfred. Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte: Methoden und systematische Lösungssammlungen zur EG-Maschinenrichtlinie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2005
- [3] Projekt-Nr. IFA 5161: Entwicklung einer Methodik zur Abschätzung von Einzugskräften an Auflaufstellen von Folienmaschinen. <https://www.dguv.de/ifa/forschung/projektverzeichnis/ifa5161.jsp>
- [4] Clermont, M.: Entwicklung einer Messeinrichtung zur Ermittlung von Einzugskräften. Nr. 0437, Ausgabe 12/2022, 2 S. In: Aus der Arbeit des IFA. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin – Loseblatt-Ausgabe. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4677>
- [5] Einzugskräfte an Folienauflaufstellen. IFA-Praxishilfe Maschinenschutz <https://www.dguv.de/ifa/praxishilfen/praxishilfen-maschinenschutz/einzugskraefte-an-folienauflaufstellen/index.jsp>
- [6] Clermont, M.; Drolshagen, D.; Zimmermann, J.: Beurteilung von Auflaufstellen: Literaturstudie. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2025. <https://publikationen.dguv.de/forschung/ifa/allgemeineinformationen/5189/beurteilung-von-auflaufstellen>
- [7] Clermont, M.; Drolshagen, D.; Zimmermann, J.: Messeinrichtung zur Messung von Einzugskräften an Folienauflaufstellen (Dokumentation). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2025

<https://publikationen.dguv.de/forschung/ifa/allgemeineinformationen/5196/messeinrichtung-zur-messung-von-einzugskraefte-an-folienauflaufstellen-dokumentation>

Weitere Informationen:

DGUV Information 208-018 „Stetigförderer für Schüttgut“ <https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/464/stetigfoerderer-fuer-schuettgut>

DGUV Information 208-060 „Stetigförderer für Stückgut“ <https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/4596/stetigfoerderer-fuer-stueckgut>

Kurz & Bündig – KB 034 Gurtförderer für Schüttgüter: Schutzmaßnahmen für die sichere Gestaltung https://mediencenter.bgrci.de/shop/kb034_01/detail

Kurz & Bündig – KB 034 Prüfliste Gurtförderer https://mediencenter.bgrci.de/shop/kb034_02/detail

VBG-Fachinformationsblatt „Gefahren und Schutzmaßnahmen an Bandförderern“: → <https://www.vbg.de> Suchwort: Bandförderer

Normen:

DIN EN 13418:2013-08, Kunststoff- und Gummimaschinen – Wickelmaschinen für flache Bahnen – Sicherheitsanforderungen; Deutsche Fassung EN 13418:2013, DIN Media

DIN EN 1010-4:2010-12, Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Teil 4: Buchbinderei-, Papierverarbeitungs- und Papierveredelungsmaschinen; Deutsche Fassung EN 1010-4:2004+A1:2009, DIN Media

DIN EN ISO 11111-1:2016-12, Textilmaschinen – Sicherheitsanforderungen – Teil 1: Gemeinsame Anforderungen, Deutsche Fassung EN ISO 11111-1:2016, DIN Media

DIN EN 1034-1:2010-12, Sicherheit von Maschinen – Sicherheitstechnische Anforderungen an Konstruktion und Bau von Maschinen der Papierherstellung und Ausrüstung – Teil 1: Gemeinsame Anforderungen, Deutsche Fassung EN 1034-1:2010-12 (zurückgezogen), DIN Media

DIN EN ISO 13857:2020-04, Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen, Deutsche Fassung EN ISO 13857:2019, DIN Media

DIN ISO/TR 14121-2:2013-02, Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilung – Teil2: Praktischer Leitfaden und Verfahrensbeispiele, Deutsche Fassung ISO/TR 14121- 2:2012, DIN Media

DIN EN ISO 12100:2011-03, Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsansätze -Risikobeurteilung und Risikominderung, Deutsche Fassung ISO 12100:2010, DIN Media

DIN EN ISO 1417:2024-03, Kunststoff- und Gummimaschinen – Walzwerke – Sicherheitsanforderungen, Deutsche Fassung EN 1417:2023, DIN Media