

Gutachten

zur Beurteilung der Formschlüssigkeit des Lastaufnahmemittels Sihga Pick



Auftraggeberin:

SIHGA GmbH

Gewerbepark Kleinreith 4

A-4694 Ohlsdorf

Dr. Dipl.-Ing. (FH)
Thomas Stiefelhagen

Geschäftsführer

öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger
(IHK OWL) für allgemeinen
Maschinenbau und die
Bewertung industrieller Anlagen

B.Sc.
Eva Lettmann, me.

Geschäftsführerin

Sachverständige für
Bauschäden sowie allgemeinen
Maschinenbau und die
Bewertung industrieller Anlagen

Dipl.-Ing. (FH) Jan Kock, MBA

Geschäftsführer

öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger
(IHK OWL) für allgemeinen
Maschinenbau und die
Bewertung industrieller Anlagen

Dipl.-Ing. Karl-Erhard Kramme

Senior Expert

Mitglied im BTE & FUEDI
European Loss Adjusting Expert



Standorte

Aschelohr Weg 14
33824 Werther

Herforder Str. 69
33602 Bielefeld

Lustheide 3
51427 Bergisch Gladbach

Hohemarkstraße 80
61440 Oberursel

Eingetragen im Handelsregister
beim Amtsgericht Gütersloh
HRB 12150



Gutachten-Nr.: 2024-0052-001

Auftraggeberin:

SIHGA GmbH

Gewerbepark Kleinreith 4

A-4694 Ohlsdorf

Ansprechpartner: Herr Johann Gruber

Betroffene Maschine:

Hersteller:

SIHGA GmbH

Typ:

Lastaufnahmemittel Pick sowie Pick Max



1 Inhalt

2	Auftrag	4
3	Sachverhalt	5
4	Ortstermin	6
5	Grundlagen des Gutachtens	7
6	Technische Daten	8
7	Funktionsbeschreibung des LAM.....	9
8	Allgemeine und technische Grundlagen.....	10
8.1	Lastaufnahmemittel	10
8.2	Regulatorisches Rahmenwerk Maschinen	11
8.3	Regulatorische Einordnung Lastaufnahmemittel	13
8.4	Kraftschluss.....	14
8.5	Formschluss	15
9	Feststellungen / Befund	17
10	Rechnerische Betrachtung.....	20
11	Gutachterliche Bewertung.....	22
12	Fazit	24
13	Schlusswort.....	25
14	Lichtbilder.....	26
15	Quellenverzeichnis.....	31



2 Auftrag

Das Ingenieur- und Sachverständigenbüro Kramme wurde durch die Auftraggeberin (AG) mit der Erstellung eines schriftlichen Gutachtens zur Beurteilung der Formschlüssigkeit des Lastaufnahmemittels (LAM) SIGHA Pick beauftragt. Das Gutachten dient u.a. zur Vorlage bei Marktüberwachungsbehörden.

Eine Konformitätsbewertung in Bezug auf die Übereinstimmung des o.g. LAM mit anzuwendenden Richtlinien, Normen, Gesetzen oder sonstigen Regularien wie auch die sicherheitstechnische Beurteilung des Bauteils oder seiner Belastbarkeit sind nicht Gegenstand der Beauftragung.

Die Beauftragung erfolgte am 26.06.2024 durch Herrn Johann Gruber, Leitung Produktmanagement und Recht bei der Auftraggeberin.



3 Sachverhalt

Die AG ist Herstellerin des Lastaufnahmemittels (nachfolgend LAM genannt) Pick. Das LAM Pick dient zum Heben von Platten oder anderen Bauteilen aus Holz. Bei dem LAM Pick handelt es sich um einen mehrteiligen Metallzapfen mit einer Außenverzahnung, der in ein zylindrisches Loch in dem mit dem LAM zu hebenden Bauteil eingeführt wird und sich unter Belastung aufspreizt. Durch das Aufspreizen verkrallt sich die Verzahnung im Holz und ermöglicht ein Anheben des Bauteils.

Aktuell stufen deutsche Berufsgenossenschaften das betreffende Lastaufnahmemittel aufgrund seiner Funktionsweise als kraftschlüssig und nicht als formschlüssig ein. Gemäß der in Deutschland geltenden Betriebssicherheitsverordnung wäre somit die Nutzung ohne weitere Sicherung unzulässig.

Die AG vertritt hingegen die Auffassung, dass es sich bei dem vorliegenden Funktionsprinzip um eine formschlüssige Verbindung handelt, womit ein Heben ohne zusätzliche Sicherung zulässig wäre.



4 Ortstermin

Besichtigungsort: SIHGA GmbH
Gewerbepark Kleinreith 4
A-4694 Ohlsdorf

Datum/Uhrzeit: 08.07.2024, 10:00 Uhr

Teilnehmer: Jan Kock (Ingenieurbüro Kramme)
Johann Gruber (SIHGA GmbH)

Im Rahmen des Ortstermins wurde das besagte LAM durch den Unterzeichner in Augenschein genommen und ein Zugversuch durchgeführt.



5 Grundlagen des Gutachtens

Die vorliegende Stellungnahme basiert auf:

- Ortstermin vom 08.07.2024 in Ohlsdorf,
- Technische Dokumentation des LAM,
- Gutachten des Sachverständigen Gfrerrer vom 21.06.2024,
- Prüfberichte der Universität Innsbruck und Stuttgart zur Beurteilung der Tragfähigkeit,
- Im Literaturverzeichnis benannte Literatur.

6 Technische Daten

Hersteller	SIHGA GmbH Gewerbepark Kleinreith 4 A-4694 Ohlsdorf
Typ	Lastaufnahmemittel Pick & Pick Max
Technische Daten	Außendurchmesser Spreizbacken: 50 mm Maximallast (Pick): 1.250 kg Maximallast (Pick Max): 2.500 kg

7 Funktionsbeschreibung des LAM

Das vorliegende LAM des Typs Pick bzw. Pick Max besteht aus einem Basisring, in dem das Schlagteil, an dem die Befestigung des Hebezeuges erfolgt, beweglich geführt ist. Zum Heben eines Holzbauteils wird der Pick bis zur Unterseite des Basisrings in ein zylindrisches Loch mit einem Durchmesser von 50 mm eingeführt. Das Schlagteil ist mit dem Spreizkegel im unteren Bereich verbunden. Wird auf das Schlagteil nun eine Zugkraft ausgeübt, so wirkt die Verzahnung der Spreizkeile zunächst wie Widerhaken und verhindern das Hinausgleiten des Pick aus dem Loch, dadurch schiebt sich der Spreizkegel nach oben und drückt die vier Spreizkeile nach außen. Durch das Aufspreizen verkrallen sich die verzahnten Oberflächen der Spreizkeile in der Innenfläche der zylindrischen Bohrung. Lässt nach dem Absetzen der Last der Druck auf das Schlagteil nach, löst sich der Spreizkegel wieder und der Pick lässt sich aus der Bohrung entnehmen.

Pick und Pick Max sind in Aufbau und Funktionsweise identisch, die Ausführung Max weist lediglich längere Spreizkeile auf und kann somit höhere Lasten aufnehmen.

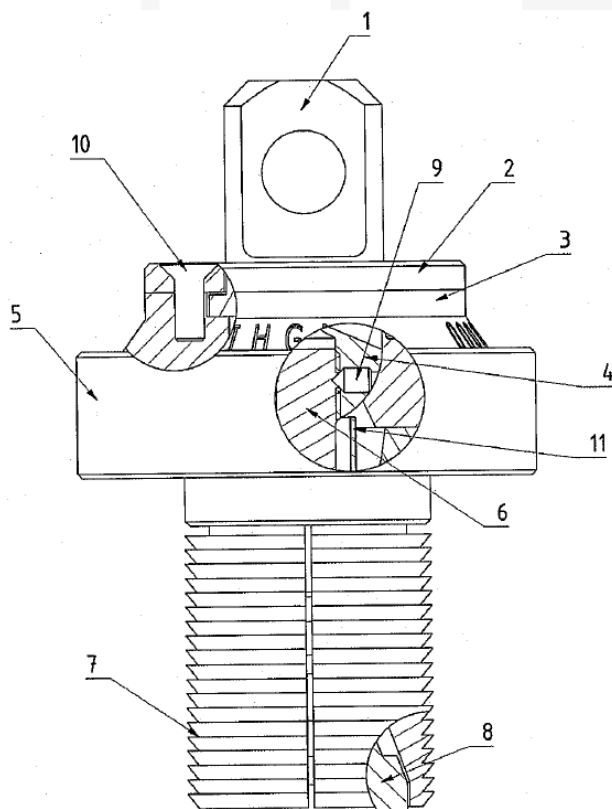


Tabelle 1: Ersatzteilliste

1	1 Stk.	Schlagteil
2	1 Stk.	Befestigungsscheibe
3	1 Stk.	Hebering
4	1 Stk.	Halbkugel
5	1 Stk.	Basisring
6	1 Stk.	Kugelstange
7	4 Stk.	Spreizkeil
8	1 Stk.	Spreizkegel
9	1 Stk.	Gewindestift M 5.0 x 8.0
10	6 Stk.	Senkkopfschrauben 6.0 x 16
11	1 Stk.	Distanzhülse

Abbildung 1: Aufbau und Einzelteile LAM Pick

8 Allgemeine und technische Grundlagen

8.1 Lastaufnahmemittel

Gemäß der europäischen Richtlinie 2006/42/EG (Maschinenrichtlinie) handelt es sich bei einem Lastaufnahmemittel um „ein nicht zum Hebezeug gehörendes Bauteil oder Ausrüstungsteil, das das Ergreifen der Last ermöglicht und das zwischen Maschine und Last oder an der Last selbst angebracht wird oder das dazu bestimmt ist, ein integraler Bestandteil der Last zu werden, und das gesondert in Verkehr gebracht wird; als Lastaufnahmemittel gelten auch Anschlagmittel und ihre Bestandteile“. Die DGUV Regel 109-017 (Betreiben von Lastaufnahmemitteln und Anschlagmitteln im Hebezeugbetrieb) definiert LAM wiederum als „nicht zum Hebezeug gehörende Einrichtungen, die zum Aufnehmen der Last mit dem Tragmittel des Hebezeugs verbunden werden können“.

Normativ wird zwischen losen- und fest eingesicherten LAM unterschieden. Bei fest eingesicherten LAM handelt es sich um solche, die durch ein aktiv bewegtes Bauteil (z.B. Scherbolzen) eine formschlüssige (siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) Verbindung herstellen, die ohne ein Lösen des aktiv bewegten Bauteils oder einen mechanischen Bruch des LAM nicht lösbar sind. Lose LAM umfassen einerseits aktive LAM, die durch kontrollierte Energieversorgung eine kraft- (siehe Kapitel 8.4) oder reibschlüssige (siehe Kapitel 8.5) Verbindung mit einer zu hebenden Komponente eingehen (z.B. Magnete, Vakuumheber oder angetriebene Greifer). Andererseits gelten auch passive LAM ohne kontrollierte Energieversorgung als lose LAM. Hierbei handelt es sich in der Regel um LAM, die sich durch eine Kraft, die aus Zugkraft des Hebezeugs und Eigengewicht des zu hebenden Objektes resultiert, an dem zu hebenden Objekt reibschlüssig verklemmen und/oder formschlüssig verkeilen (z.B. Klemmen), so dass dieses mindestens bis zum Absetzen fest mit dem LAM verbunden bleibt. Ferner zählen auch LAM, bei denen die Last im angehobenen Zustand so auf dem LAM aufliegt, dass die Schwerkraft ein Abrutschen vom LAM verhindert (z.B. Haken oder Krangabeln) zu den losen LAM. Normativ definiert sind lose LAM in der DIN EN 13155 als „Lastaufnahmemittel, das vom Anwender direkt oder indirekt am Haken oder an einem



anderen Verbindungselement eines Krans, eines Hubwerks oder eines handgeführten Manipulators befestigt werden kann, ohne dabei die Integrität des Krans, des Hubwerks oder des handgeführten Manipulators zu beeinflussen“.

8.2 Regulatorisches Rahmenwerk Maschinen

Die höchste relevante rechtliche Hierarchiestufe bildet innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR) das EU-Recht, primär bestehend aus EU-Richtlinien und EU-Verordnungen. Während EU-Verordnungen unmittelbar europaweit Gültigkeit erlangen, müssen EU-Richtlinien in den einzelnen Mitgliedsstaaten durch den Erlass entsprechender Gesetze in nationales Recht umgesetzt werden (European Union, o. D.).

Auf nationaler Ebene bildet in Deutschland das Grundgesetz die höchste rechtliche Hierarchieebene, darunter ordnen sich Gesetze (z.B. Arbeitsschutzgesetz, Produktsicherheitsgesetz) sowie Rechtsverordnungen (z.B. Betriebssicherheitsverordnung) ein.

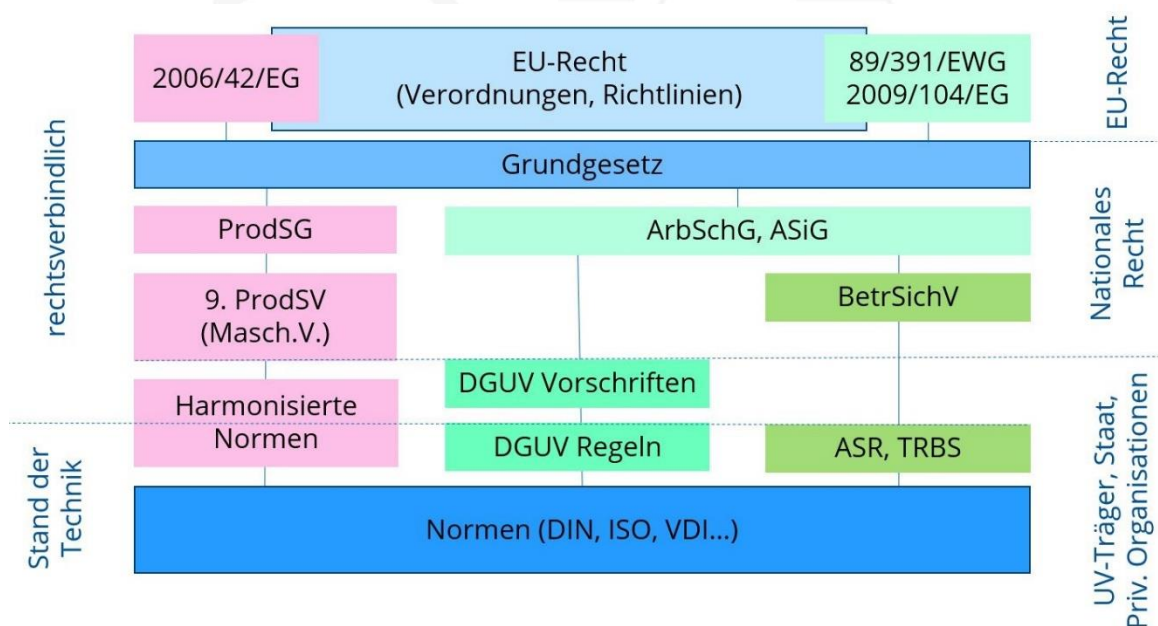


Abbildung 2: Rechtssystematik Maschinen-/Arbeitssicherheit



Auf Betreiberseite existiert in Deutschland zudem ein duales System, bei dem sich der Staat und die betrieblichen Unfallversicherungsträger die Verantwortung teilen. Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) erlässt diesbezüglich Vorschriften, die zumeist die gesetzlichen Anforderungen konkretisieren und für bestimmte Bereiche ausdetaillieren. Allen vorgenannten Regularien ist gemein, dass sie als rechtsverbindlich zu betrachten sind. Die unterste Hierarchiestufe bildet der sogenannte Stand der Technik, dieser ist als dynamisch zu betrachten, insofern gelten Verschriftlichungen des Standes der Technik grundsätzlich nicht als rechtsverbindlich, da sie stets nur den Stand der Technik mit Blick auf die Vergangenheit widerspiegeln können. Derartige Verschriftlichungen des Standes der Technik finden sich unter anderem in DGUV-Regeln, -Informationen und -Grundsätzen, Normen (DIN, EN, ISO etc.), Richtlinien privater Organisationen (z.B. VDE, VDI) sowie Technischen Regeln (TRBS, ASR). Besonders herauszuheben sind hierbei die harmonisierten Normen, die auf europäischer Ebene erarbeitet wurden und bei deren Einhaltung die Konformitätsvermutung – also die Annahme, dass ein Produkt mit der zugrundeliegenden EU-Richtlinie konform ist – gilt.

Obgleich das Regelwerk der DGUV nur für die Betreiber direkt verbindlich ist, besteht für Hersteller von Maschinen gleichwohl eine indirekte Verbindlichkeit, da eine Maschine die Einhaltung der DGUV-Vorschriften ermöglichen muss, um marktfähig zu sein (Schmidt, 2014).

Aufzuteilen ist das Regelwerk in den Verantwortungsbereich des Herstellers (in Abbildung 2 rosa dargestellt) sowie den des Betreibers (in Abbildung 2 grün dargestellt). Während der Hersteller sich darauf beschränken kann, zum Tag der erstmaligen Bereitstellung eines Produktes auf dem Markt dieses in einem in Bezug auf die Sicherheit dem Stand der Technik entsprechenden Zustand auf den Markt zu bringen, obliegt die Pflicht zur Erhaltung einer dem Stand der Technik entsprechenden Sicherheit seiner Arbeitsmittel dem Betreiber über die gesamte Lebensdauer (BGHM, 2018). Das zentrale Instrument zur Überprüfung der Sicherheit auf Betreiberseite bildet die Risikobeurteilung nach DIN EN ISO 12100:2011. Der Betreiber hat hingegen eine



Gefährdungsbeurteilung zu erstellen. Die Risikobeurteilung betrachtet den zu erwartenden Betrieb der Maschine eher allgemein, also den bestimmungsgemäßen Gebrauch, den vernünftigerweise vorhersehbaren nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch und die Bedienung durch durchschnittliche Nutzer. Die Gefährdungsbeurteilung hat hingegen die individuellen Umstände des Betreibers zu berücksichtigen. So befinden sich Betriebsbedingungen möglicherweise im Grenzbereich des bestimmungsgemäßen Gebrauchs, Mitarbeiter verfügen über körperliche oder kognitive Einschränkungen, weshalb die ergonomische Gestaltung der Maschine problematisch ist, es kommt zu Wechselwirkungen mit anderen Maschinen oder die Maschine ist für nicht eingewiesenes Personal zugänglich (Schmidt, 2014).

8.3 Regulatorische Einordnung Lastaufnahmemittel

Obgleich es sich bei LAM nicht zwangsläufig um Maschinen oder unvollständige Maschinen handelt, sind diese Gegenstand der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG. Entsprechend ist ein Konformitätsbewertungsverfahren nach dieser Richtlinie durchzuführen, dass primär die Erstellung einer Risikobeurteilung und Betriebsanleitung umfasst. Erfüllt ein Lastaufnahmemittel alle Anforderungen der Maschinenrichtlinie und der anzuwendenden Normen, so ist dies in einer schriftlichen Konformitätserklärung durch den Hersteller bzw. Inverkehrbringer zu bescheinigen.

Neben den Anforderungen an den Hersteller existieren mit der Betriebssicherheitsverordnung und dem DGUV Regelwerk (u.a. DGUV Vorschrift 52 - Krane) in Deutschland auf nationaler Ebene Vorgaben zum Umgang bzw. zur sicheren Nutzung. Dieses Regelwerk ist für den Anwender rechtsverbindlich, der Hersteller hat die Vorgaben jedoch indirekt zu berücksichtigen, um die Marktfähigkeit seines Produktes sicherzustellen.

8.4 Kraftschluss

„Kraftschluss“ wird in der DIN EN 13452-1 (Bahnanwendungen - Bremsen - Bremssysteme des öffentlichen Nahverkehrs) definiert als „Kontakt, der für die Übertragung der Tangentialkräfte zwischen Rad und Schiene oder Rad und Fahrweg benutzt wird“, unter „kraftschlüssig“ versteht die DIN EN 16860 (Bahnanwendungen - Anforderungen und Grundsätze für die Ladegutsicherung für Güterwagen) wiederum „Passung, durch die die Nutzlast durch Erhöhen der Reibung zwischen Nutzlast und Ladefläche gesichert wird“. Gemäß DGUV Regel 109-017 (Betreiben von Lastaufnahmemitteln und Anschlagmitteln im Hebezeugbetrieb) sind kraftschlüssig wirkende LAM solche, „die die Last durch Magnet-, Saug- oder Reibungskräfte halten“.

Es handelt sich also entweder um LAM, bei denen eine Kraft in Richtung der Zugkraft des eingesetzten Hebezeugs aktiv auf das zu hebende Objekt einwirkt, oder um solche, bei denen zwei Oberflächen so aufeinander gepresst werden, dass die zwischen den Flächen entstehende Reibung ausreichend ist, um ein Verrutschen zu verhindern. Man spricht bei dieser Form daher auch von Reibschluss.

Bezüglich Reibung ist zu berücksichtigen, dass diese klassischerweise zwischen Körpern auftritt, die dazu in der Lage sind, aufeinander zu gleiten. Auf mikroskopischer Ebene handelt es sich bei der Ursache des Reibungswiderstandes genau wie beim nachstehend erläuterten Formschluss um eine Verzahnung der Oberflächen. Auch eine polierte Oberfläche ist auf mikroskopischer Ebene nicht vollständig glatt, sondern weist Unebenheiten auf, die beim Gleiten von zwei Oberflächen aneinander anstoßen.

8.5 Formschluss

Unter „Formschluss“ versteht die DIN EN 1992-4 (Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken) die „Lastübertragung ... durch mechanische Verzahnung“, als „formschlüssig“ ist gemäß DIN EN 16860 (Bahnanwendungen - Anforderungen und Grundsätze für die Ladegutsicherung für Güterwagen) wiederum eine Passung anzusehen, „durch die die Nutzlast gesichert wird, indem sichergestellt wird, dass kein Zwischenraum vorhanden ist oder indem der verbleibende Raum mit Füllmaterial gefüllt wird oder indem eine Bewegung verhindert wird“. Bezüglich formschlüssige LAM führt die DGUV Regel 109-017 (Betreiben von Lastaufnahmemitteln und Anschlagmitteln im Hebezeugbetrieb) wiederum folgendes aus: „Formschlüssig wirkende Lastaufnahmemittel tragen die Last ohne kraftschlüssige Komponenten ausschließlich über das Zusammenwirken der geometrisch abgestimmten Formen, zum Beispiel durch Umfassen oder Unterfassen.“.

Problematisch ist insbesondere bei der letztgenannten Definition, dass es sich zumindest bei lösbaren formschlüssigen Verbindungen meist um Kombinationen aus kraft- und formschlüssigen Verbindungen handelt. So hält eine Verschraubung die Last die eigentliche Last durch die Verzahnung der zwei miteinander verschraubten Bauteile. Gleichzeitig sorgt die Reibung zwischen beiden Bauteilen oder auch zwischen Mutter bzw. Schraubenkopf und dem daran anliegenden Bauteil, die durch eine Kraft aus der elastischen Verformung insbesondere der Schraube aufrechterhalten wird, für einen Reibschluss – und damit einer kraftschlüssigen Verbindung. Dieser Reibschluss verhindert, dass sich eine Schraubverbindung einfach löst. Wäre die Kontaktfläche zwischen einer Mutter und einer Schraube komplett reibungsfrei, so würde sich die Mutter, wenn das Gewinde der Schraube nach unten zeigt, durch die Schwerkraft nach unten gezogen, in Rotation versetzt und würde sich selbstständig vom Gewinde lösen. Gleichermaßen gilt dies beispielsweise auch für Spanngurte, deren Schnallen den Gurt üblicherweise durch eine Federkraft einklemmen, auch ein Knoten oder ineinander verwobene oder verstrickte Textilfasern von Seilen, Netzen oder Stoffen halten in sich ausschließlich durch Reibung zusammen. Auch die Sicherungsklappe eines Hakens wird letztlich nur durch Federkraft in Position gehalten.



Zusammenfassend lässt sich eine formschlüssige Verbindung also als eine Verbindung bezeichnen, bei der die eigentliche Haltekraft, die eine Relativbewegung zweier Objekte verhindert, auf makroskopische materielle Überlagerungen beider Objekte zurückzuführen ist. Ein gewaltsames Lösen darf wiederum nicht zu einem Gleitphänomen führen, sondern muss makroskopische, strukturelle Materialbeschädigungen an mindestens einem der beiden Objekte zur Folge haben. Im Gegensatz dazu finden materielle Überlagerungen beim Reibschluss lediglich auf mikroskopischer Ebene statt.

9 Feststellungen / Befund

Im Rahmen des Ortstermins wurden ein Modell des Sihga Pick sowie ein aufgeschnittenes Anschauungsmodell des Sihga Pick Max begutachtet. Es standen zudem mehrere Musterholzstücke zur Verfügung. Nach dem Einsetzen des Pick in ein zylindrisches Loch war bereits bei einem rund 1kg schweren Musterstück erkennbar, dass sich die Verzahnung der Klemmbacken selbst bei dieser geringen Last bereits sichtbar in die Oberfläche der Bohrung eingedrückt und plastische Verformungen hinterlassen hatte.



Abbildung 3: Abdrücke der Verzahnung im Musterstück

Weiterhin wurde ein Zugversuch durchgeführt, bei dem ein mit einem zylindrischen Loch versehenes Musterteil aus Fichtenbrettschichtholz mit dem Pick aufgenommen und in eine hydraulische Zugprüfmaschine Fabrikat Elmag, Model WOMH 20-Profi eingespannt wurde. In der Maschine wurde das LAM eingehakt, auf das Musterteil wurde in der Folge von oben eine Kraft mittels Hydraulikzylinder ausgeübt, bis es zum Versagen kam.



Abbildung 4: Elmag Zugprüfmaschine



Abbildung 5: Eingespanntes Musterstück mit Pick

Als es zum Versagen des Musterteils kam, brach dieses großflächig entlang der Holzfasern auseinander. Ein Herausgleiten oder Abrutschen fand offenkundig erkennbar nicht statt.



Abbildung 6: Aufgebrochenes Musterstück

Der vorliegende Pick wurde im Rahmen des Ortstermins mehrfach in den verschiedenen Musterstücken eingehängt. Er verkeilte sich stets unmittelbar in der Bohrung. Ein Herausgleiten, ohne dass sich die Verzahnung fest im Holz verhakt, war selbst bei vorsichtigem Ziehen am Schlagteil unmöglich, da bereits das Eigengewicht des Pick für einen ausreichenden Druck auf die Spreizkeile sorgt, um diese im Holz zu verankern. Ein ruckartiges Absenken der Last am Schlagteil ermöglichte es ebenfalls nicht, den Pick zum Herausrutschen zu bewegen, da er sich zum einen nicht vollständig löste und sich zudem stets unmittelbar neu verkeilte.

10 Rechnerische Betrachtung

Es wurde eine überschlägige FEM-Simulation (computergestützte Festigkeitsberechnung) durchgeführt, um die Verformung zu ermitteln. Gemäß der durchgeführten Simulation dringen die Verzahnungen der Klemmbacken bei Maximallast im Mittel rund 0,5 mm tief ins Holz ein. Dies deckt sich auch mit den Beobachtungen im Ortstermin, wobei die Eindringtiefe von oben nach unten zunimmt.

Der Pick verfügt an den Klemmbacken über 19 umlaufende Zähne mit einem Durchmesser von 50 mm, was einem Umfang von ca. 157 mm entspricht. Bei einer Eindringtiefe von 0,5 mm ergibt sich somit eine Gesamtkontaktfläche in Richtung der wirkenden Kraft von ca. 1.500 mm² (157 mm x 0,5 mm x 19 Zähne). Die maximal zulässige Belastung von 1.250 kg entspricht wiederum einer Last von ca. 12.260 N. Zum Herausbrechen des Pick kam es laut der vorliegenden Versuchsberichte im Schnitt bei rund 40.000 N.

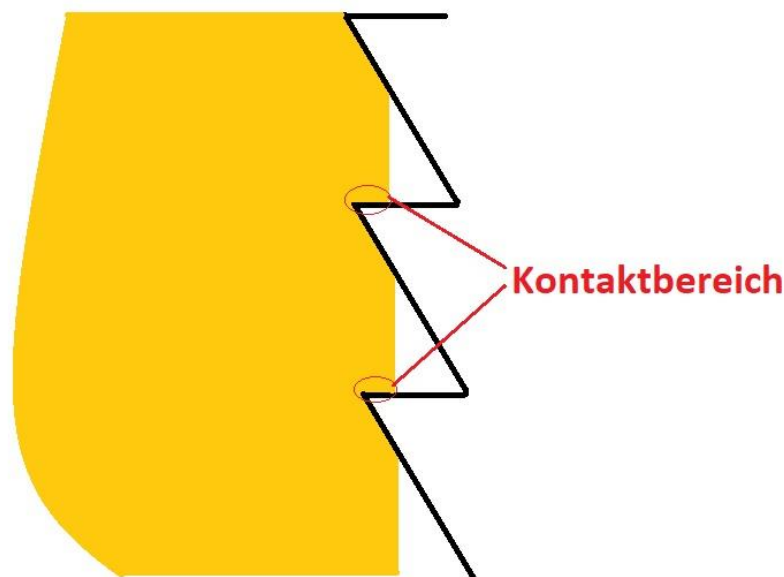


Abbildung 7: Kontaktbereich zwischen Verzahnung des Pick und Holz.



Errechnet man die Druckspannung (Kraft pro Fläche), die sich auf Basis der vorstehenden Werte ergibt, so ergibt sich für den Versagensfall:

$$\sigma_{Druck} = \frac{40.000 \text{ N}}{1.500 \text{ mm}^2} = 26,7 \text{ N/mm}^2$$

Die Druckfestigkeit von Fichtenholz wie in den Versuchen verwendet liegt bei etwa 40-50 N/mm². Die Druckfestigkeit des Holzes wird also zu dem Zeitpunkt, zu dem sich entlang der Holzfasern ein Riss bildet und explosionsartig ausbreitet noch deutlich unterschritten.

Die Scherspannung in den Flanken des in die Verzahnung eingedrungenen Holzes liegt wiederum noch deutlich niedriger, da der belastete Querschnitt hier um den Faktor 5-6 größer ist. Entsprechend liegt die quer zur Holzfaser wirkende Scherspannung lediglich in einer Größenordnung von 5 N/mm².

11 Gutachterliche Bewertung

Auf Basis der in Kapitel 10 dargelegten Berechnungen ist zunächst einmal festzuhalten, dass die Überlappung zwischen dem Holz und der Verzahnung des Pick zu einer ausreichenden Tragfähigkeit führt, um bis zum Bruch des Holzes mit einem Sicherheitsfaktor von ca. 2 ein Überschreiten der Spannung im Holz zu unterbinden, die dazu führen würde, dass der Pick die in das Holz eingeprägte Verzahnung von der Innenwand der Bohrung „raspelt“ und aus dem Loch herausgleitet. Tatsächlich tritt beim Versagen eines in Holz eingeschraubten Gewindes genau dieser Effekt häufig auf (siehe Abbildung 8).



Abbildung 8: Ausgerissenes Gewinde (Quelle: Sihga GmbH)



Wie bereits erläutert stellen die meisten lösbaren formschlüssigen Verbindungen letztlich eine Kombination aus Formschluss und einer „assistierenden“ kraftschlüssigen Komponente dar. Bei der im Falle des Pick wirkenden Kraft, die die Spreizkeile in die Innenwände der Bohrung presst, handelt es sich allerdings um die Schwerkraft, die per se nicht ausfallen kann. Bestenfalls könnte diese durch Trägheit bei ruckartigen Bewegungen kurzzeitig egalisiert werden. Derartige Lastabfälle mit ruckartigem Fangen wurden neben den manuellen Versuchen des Unterzeichners auch unter kontrollierten Laborbedingungen durch die Uni Innsbruck durchgeführt. Hierbei war kein Schlupf feststellbar, so dass ein Versagen durch einen Ausfall dieser „Hilfskraft“ nicht als plausibel anzusehen ist. Gerade die Möglichkeit, dass die Haltekraft ausfällt und das LAM dadurch versagt, kennzeichnet jedoch kraftschlüssige LAM.

Weiterhin führt der Formschluss des Pick dazu, dass ein vollständiges Zerschneiden des gehobenen Objektes erforderlich wird, bevor sich die Verbindung lösen kann. Der Grad der Zerstörung am gehobenen Objekt ist im Versagensfall vergleichbar mit einer Umschlingung oder einem Scherbolzen, der das Material durchdringt.

Um als Reib- bzw. kraftschlüssig eingestuft zu werden, müsste sich die Verzahnung zwischen Spreizkeilen und den Innenwänden des Holzes auf mikroskopischer Ebene bewegen, dies ist offenkundig nicht der Fall.

Als kraftschlüssig wäre das LAM lediglich dann zu klassifizieren, wenn ein so hartes Material gehoben würde, dass sich die Verzahnung nicht in dieses Eindrücken kann (Stein, Beton, Stahl o.ä.). Die Betriebsanleitung schränkt den bestimmungsgemäßen Gebrauch jedoch auf Objekte aus den Hölzern Fichte, Tanne, Kiefer und Lärche ein.



12 Fazit

Das vorliegende LAM ist auf Basis der vorliegenden Unterlagen, der durchgeführten Berechnungen und der persönlichen Inaugenscheinnahme eindeutig als form- und nicht als kraftschlüssig zu klassifizieren. Die Haltewirkung entsteht durch eine makroskopische Verzahnung zwischen LAM und dem zu hebenden Objekt. Somit handelt es sich nicht um einen Reib- und somit Kraftschluss, sondern klar um eine formschlüssige Verbindung. Dies zeigt sich auch am Schadenbild bei Versagen durch Überlast. Würde es sich um Reibschluss handeln, müsste es zu einem Herausgleiten des Pick aus der Bohrung kommen, tatsächlich zerbricht das Bauteil vollständig, da sich im Bereich der überlappenden Materialien irgendwann ein Riss bildet, der sich entlang der Holzfasern fortsetzt.



13 Schlusswort

Das vorliegende Gutachten wurde neutral und nach bestem Wissen und Gewissen erstellt.

Bielefeld, den 17.07.2024

Der Sachverständige



Dipl.-Ing. (FH) Jan Kock, MBA

Von der IHK Ostwestfalen zu Bielefeld öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für allgemeinen Maschinenbau und Bewertung industrieller Anlagen

Anhänge:

Lichtbilder

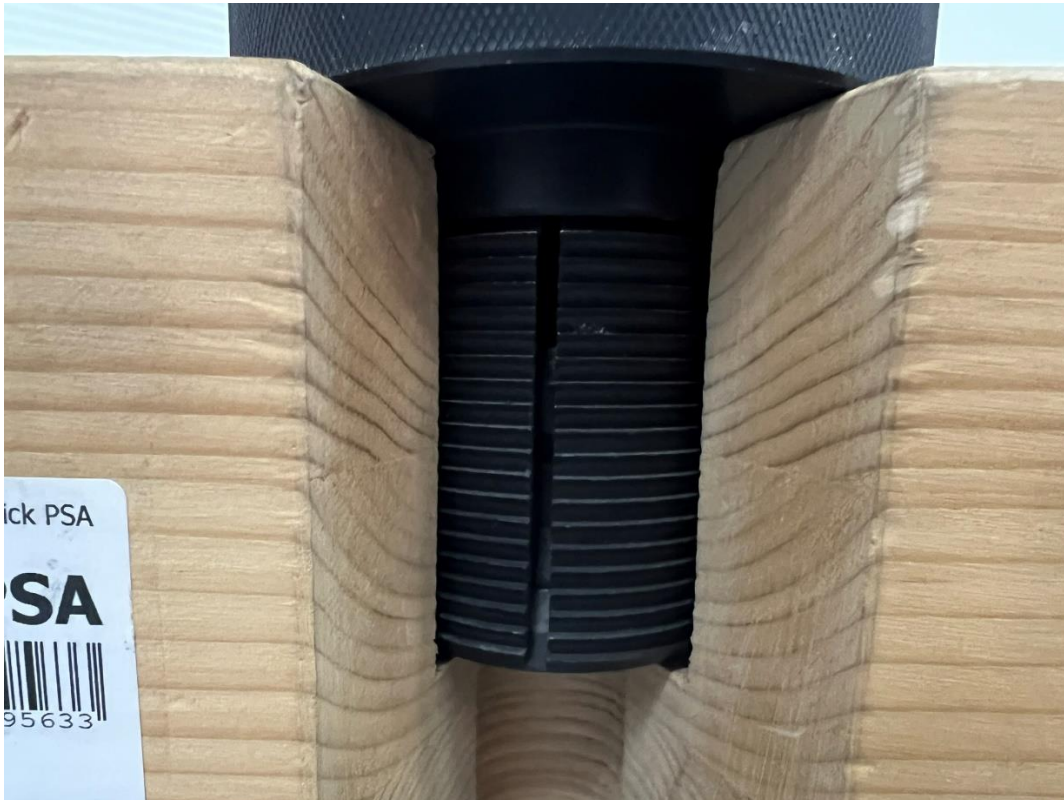
Quellenverzeichnis

14 Lichtbilder

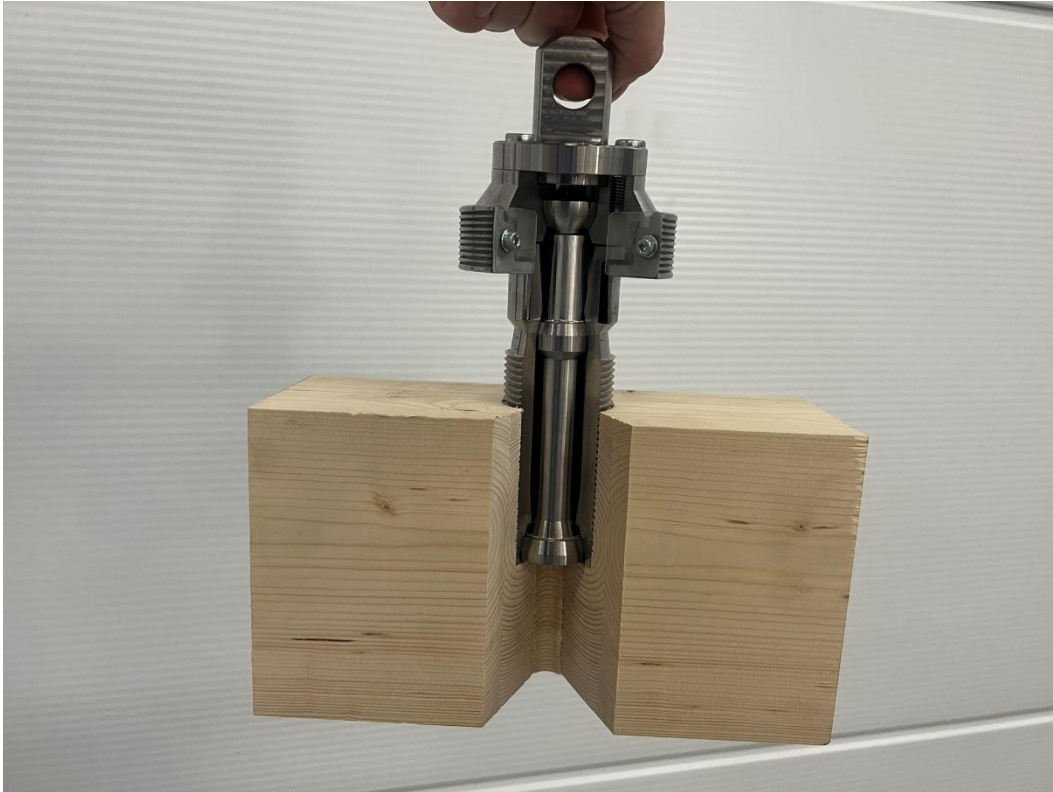


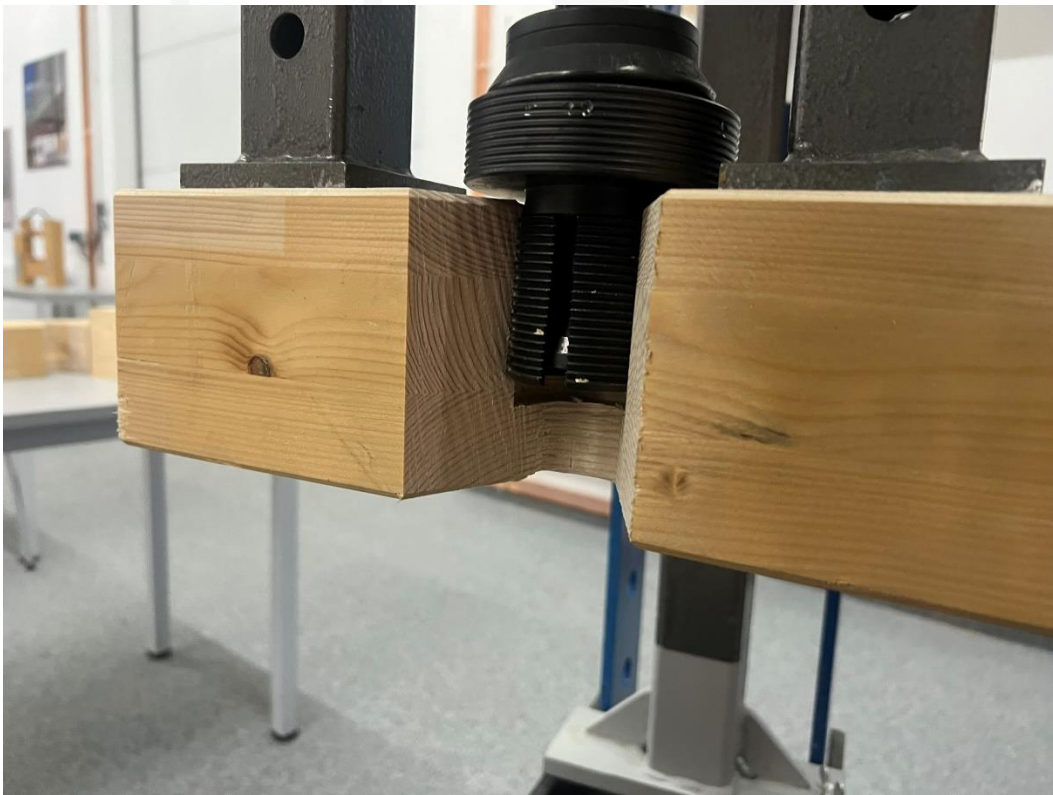


Gutachten-Nr.: 2024-0052-001









15 Quellenverzeichnis

- Bender, B & Göhlich, D (Hg.) (2020) *Dubbel Band 1 Taschenbuch für den Maschinenbau: Grundlagen und Tabellen*, 26. Aufl., Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg; Springer Vieweg.
- BGHM (2018) "Positionspapier Sicherheit von Altmaschinen: Grundlegende Anforderungen nach der Betriebssicherheitsverordnung" [Online]. Verfügbar unter https://www.bghm.de/fileadmin/user_upload/Arbeitsschuetzer/Praxishilfen/Formulare/Maschinen/Positionspapier_Sicherheit_von_Altmaschinen.pdf (Abgerufen am 24 Juli 2023).
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2000) 52: *DGUV Vorschrift 52 - Unfallverhütungsvorschrift Krane*: DGUV [Online]. Verfügbar unter <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/1157>.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2020) "DGUV Regel 109-017: Betreiben von Lastaufnahmemitteln und Anschlagmitteln im Hebezeugbetrieb" [Online]. Verfügbar unter <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3920> (Abgerufen am 10 Februar 2022).
- DIN (1970) *15003: Lastaufnahmeeinrichtungen, Lasten und Kräfte - Begriffe*, Berlin, Germany: DIN Media.
- DIN EN (2018) *13135:2013: Krane – Sicherheit – Konstruktion – Anforderungen an die Ausrüstungen*, Berlin, Germany: DIN Media.
- DIN EN (2022) *13155: Krane – Sicherheit – Lose Lastaufnahmemittel*, Berlin, Germany: DIN Media.
- DIN EN ISO *12100:2010: Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung*, Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- DIN ISO/TR (2013) *14121-2: Sicherheit von Maschinen - Risikobeurteilung - Teil 2: Praktischer Leitfaden und Verfahrensbeispiele*.
- Europäisches Parlament (2006) *RICHTLINIE 2006/42/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)*.



- European Union (o. D.) *Verordnungen, Richtlinien und sonstige Rechtsakte* [Online]. Verfügbar unter https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_de (Abgerufen am 24 Juli 2023).
- Fraser, I. (2010) *Leitfaden für die Anwendung der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG* [Online], 2. Aufl., Brüssel. Verfügbar unter <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/9202/attachments/1/translations/de/renditions/native> (Abgerufen am 24 Juli 2023).
- Griemert, R. & Römisch, P. (2018) *Fördertechnik: Auswahl und Berechnung von Elementen und Baugruppen*, 12. Aufl., Wiesbaden, Springer Vieweg.
- Hompel, M. ten, Schmidt, T. & Dregger, J. (2018) *Materialflusssysteme: Förder- und Lagertechnik*, 4. Aufl., Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg.
- Kessels, U. & Muck, S. (2020) *Risikobeurteilung gemäß 2006/42/EG: Handlungshilfe und Potentiale*, 4. Aufl., Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- Koop, J. (2021) *Sicherheit Bei Kranen*, 11. Aufl., Berlin, Heidelberg, Springer Berlin / Heidelberg.
- Schmidt, D. (2014) *Rechtliche Grundlagen für den Maschinen- und Anlagenbetrieb: Auflagen und Anforderungen in der Bundesrepublik Deutschland*, Springer Fachmedien Wiesbaden.