

Diese Unterlage wurde vom IAD erstellt und beruht auf Vorarbeiten aus den Projekten:

- „Der Montagespezifische Kraftatlas“, gefördert von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) und durchgeführt unter Mitarbeit des Institutes für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), St. Augustin. Siehe BGIA Report 3 / 2009.
  - „Erstellung einer Handlungsanleitung zum Montagespezifischen Kraftatlas zur Unterstützung der Gefährdungsbeurteilung bei montagespezifischen Muskel-Skelettbelastungen“, gefördert von der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), Mainz. Siehe IAD Abschlussbericht 2014.
  - Darüber hinaus wurden IAD intern Weiterentwicklungen zur Bewertung von Aktionskräften vorangetrieben. All diese Aktivitäten finden Eingang in die nachfolgende Handlungshilfe zum rechnergestützten MEGAPHYS Expertenscreening für Aktionskräfte.
- 

# **Handlungshilfe**

## **für das rechnergestützte Expertenscreening zur Bewertung von Aktionskräften**

(Für Ganzkörperkräfte und Finger- / Handkräfte)

NUR ZUR ERPROBUNG

# Inhalt

---

1	Einleitung.....	4
2	Anwendungshinweis.....	5
2.1	Ganzkörperkräfte .....	5
2.2	Finger-Handkräfte .....	5
3	Der klassische und der Screeningansatz.....	5
3.1	Allgemeine Information.....	5
3.2	Hintergrundinformationen zum MEGAPHYS Expertenscreening Aktionskräfte .....	6
3.3	Verfahrensablauf des MEGAPHYS Expertenscreenings Aktionskräfte.....	7
4	Das EXCEL gestützte MEGAPHYS Expertenscreening Aktionskräfte .....	8
4.1	Übersicht .....	8
4.2	Vorgehensweise bei der Bewertung .....	11
4.3	Beispiele .....	14
4.3.1	Beispiel A: Einrasten eines Bauteils in einer Maschine (Ganzkörperkräfte) .....	14
4.3.2	Beispiel B: Eindrücken von Befestigungselemente für eine Türdichtung (Finger-Handkräfte).....	16
5	Literatur.....	17
6	Anmerkungen .....	18

# Abbildungen

---

Abbildung 3-1:	Ampelschema von klassischem (oben) und Screeningansatz (unten) .....	6
Abbildung 3-2:	Transferformel zum Umrechnen des klassischen in den Screeningansatz .....	7
Abbildung 4-1:	Überblick über die Kommentare auf der linken Bildschirmhälfte.....	9
Abbildung 4-2:	Überblick über die Kommentare auf der rechten Bildschirmhälfte.....	10
Abbildung 4-3:	Bildschirmmaske des Expertenscreenings Aktionskräfte .....	11
Abbildung 4-4:	Berechnung ohne vorheriges „Sortieren FI“ (siehe Reihenfolge der Fall # und die nicht sortierte Reihenfolge $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max\_empfohlen}}$ ) .....	12
Abbildung 4-5:	Kraftausübungen auf geringen Niveaus ( $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max}}$ ) verfälschen die “Mittlere Belastung”	13
Abbildung 4-6:	Beispiel A: Bauteil in Maschine einrasten - Planungsanalyse.....	14
Abbildung 4-7:	Beispiel A: Bauteil in Maschine einrasten – Ist-Analyse .....	15
Abbildung 4-8:	Beispiel B – Befestigungselemente eindrücken .....	16

NUR ZUR ERPROBUNG

## 1 Einleitung

Diese Handlungshilfe unterstützt die Benutzung des rechnergestützten MEGAPHYS Expertenscreenings für Ganzkörper- und Finger-Handkräfte. Sie baut auf der Handlungsanleitungen zum „klassischen Kraftbewertungsverfahren“ (BGIA Report 3/2009, Wakula et al. 2009) und der „Handlungsanleitung für das Screeningverfahren zum montagespezifischen Kraftatlas für das Testen in einem begrenzten Anwenderkreis“ (Projekt Weiterführung Kraftatlas; Schaub et al. 2014). Letztere werden als bekannt vorausgesetzt.

Der Geltungsbereich des rechnergestützten Expertenscreenings Aktionskräfte liegt – ebenso wie bei den Papier- und Bleistiftverfahren – bei kurzzyklischen Tätigkeiten von ca. 1 bis 6 oder max. 8 Minuten Dauer. Eine Anwendung ist auch bei längeren Taktzeiten möglich, solange sichergestellt ist, dass die Belastungen gleichmäßig über die Schicht verteilt sind und keine Belastungsspitzen vorliegen.

Diese Handlungshilfe dient der Bewertung von quasi-statischen Kraftausübungen des Arm-Schulter- sowie Ganzkörper-Systems (Ganzkörperkräfte ab ca. 40 N) einerseits und des Hand-Finger-Systems (ab ca. 30 N) andererseits. Die Kraftausübungsdauer sollte idealerweise im Bereich 3-4 Sekunden, nicht aber unter 1 Sekunde liegen. Bei Wirkungsdauern von deutlich unter 1 s haben die Aktionskräfte meist eine erhebliche dynamische Komponente und die Bewertung auf Basis des Kraftatlas könnte zu konservativ ausfallen. Bei langen statischen Kraftausübungen von ca. 6 s (siehe Rohmert'sche Definition statischer Haltearbeit (1963)) und mehr (Krömer, 1977) ist dieses Kraftbewertungsverfahren nicht mehr sinnvoll anwendbar. Hierzu ist beispielsweise eine Abschätzung nach Rohmert (1963), die Dauerleistungsgrenze liegt für statische Aktionskräfte von nicht parallelen Muskelgruppen bei ca. 15% der Maximalkraft) vorzunehmen. Die Bewertung einer Kraftausübungssituation erfolgt wiederum auf Basis eines Ampelmodells.

Dabei ist den Ampelfarben (Risikobereiche) folgende Bedeutung zugeordnet:

- „Grün“: Niedriges Risiko - empfehlenswert; Maßnahmen nicht erforderlich.
- „Gelb“: Mögliches Risiko – nicht empfehlenswert; Maßnahmen zur erneuten Gestaltung / Risikobeherrschung ergreifen.
- „Rot“: Hohes Risiko - vermeiden; Maßnahmen zur Risikobeherrschung erforderlich.

Die Zuweisung der Ampelfarben erfolgt analog der Papier- und Bleistiftvariante in Abhängigkeit von der Höhe des Kraftindex FI (analog zu Waters 1994, ISO 11228-1). FI ist der Quotient aus auszuübender Kraft  $F_{\text{aktuell}}$  und maximal empfohlener Kraft  $F_{\text{max\_empf.}}$ .  $F_{\text{max\_empf.}}$  leitet sich im montagespezifischen Kraftatlas aus einer isometrischen Maximalkraft (abhängig von Körperhaltung und Krafrichtung) ab, welche um tätigkeits- und evtl. personenspezifische Parameter korrigiert (verringert) wird. Wichtigster tätigkeitsspezifischer Parameter ist die Häufigkeit der Kraftausübung (T1). T1 wurde in Analogie zu EN 1005-3 und den Kraftbewertungsverfahren nach Burandt (1978) und Schultetus (1987) gewählt. Die Häufigkeit der Kraftausübungen wird in allen drei Verfahren sehr ähnlich bewertet; wegen der höheren Zahl der Stützstellen wurde der Ansatz nach Schultetus gewählt.

## 2 Anwendungshinweis

### 2.1 Ganzkörperkräfte

Der Ansatz zur Bewertung von Ganzkörperkräften zielt momentan auf den Engpass der lokalen Muskelermüdung bzw. der zentralphysiologischen Ermüdung (Herz-Kreislauf System) beim Einsatz großer Muskelgruppen ab. Kraftausübungen in ungünstigen Körperhaltungen lassen sich durch einen Physiologiefaktor berücksichtigen.

Biomechanische Engpässe (wie z.B. die Wirbelsäulenkompression oder Momente im Schulterbereich), die durch asymmetrische Rumpfhaltungen (seitliche Neigung, Verdrehung) oder asymmetrische Kraftausübungen (beidhändig vs. einhändig) entstehen können, finden in einem Biomechanikfaktor Berücksichtigung.

### 2.2 Finger-Handkräfte

Der Ansatz zur Bewertung von Finger-Handkräften zielt momentan auf den Engpass der lokalen Muskelermüdung ab. Treten hohe Ausübungshäufigkeiten auf (ca. 10 – 20 pro Minute je nach Kraftniveau), so kann die Repetition und daraus resultierende biomechanische Belastungen von muskulo-skeletalen Strukturen aber auch von Weichteilen der limitierende Engpass sein. Dies gilt auch für Belastungen, welche aus ungünstigen Greifbedingungen resultieren können (z.B. hohe Flächenpressung der Haut durch zu geringe Kontaktflächen oder scharfkantige oder ungeeignete Geometrien oder Profilierungen). So ist insbesondere die Beurteilung von Kraftausübungen im Kontext mit Steckern, Clipsen, Kabeln / Schläuchen etc. mit großer Umsicht zu betreiben.

Stellen letzt genannte Bedingungen den limitierenden Engpass dar, so ist eine Bewertung mit dem in dieser Handlungsanleitung beschriebenen Kraftscreenings für Finger-Handkräfte nicht statthaft.

## 3 Der klassische und der Screeningansatz

### 3.1 Allgemeine Information

Der Screeningansatz beruht auf der Grundphilosophie, dass für Belastungen Punkte (scores) vergeben werden. Belastungen setzen sich hierbei im üblichen arbeitswissenschaftlichen Sinne aus der Belastungshöhe (hier Höhe des Kraftbetrages) und der Belastungsdauer (hier üblicherweise Anzahl der Kraftausübungen im Beurteilungszeitraum) zusammen. Die Gesamtbelastung ergibt sich typischerweise als Produkt aus Belastungsdauer und Belastungshöhe. Je höher die (Gesamt)belastung desto höher die Punktzahl. Screening bedeutet hier – wie auch bei den anderen IAD Verfahren – nicht, dass die Ergebnisgenauigkeit hinter dem eines „klassischen“ Verfahrens zurücksteht; Screening bezieht sich in diesem Zusammenhang auf das Ermitteln von „Scores“ anstellen von Quotienten. Der Screeningansatz ist damit so etwas wie eine „inverse Funktion“ des klassischen Ansatzes. Dies zeigt sich deutlich in der Definition des „Häufigkeitsscores“ des Screeningverfahrens, welcher die inverse Funktion von T1 (Häufigkeitsfaktor für die Kraftausübung im klassischen Verfahrensansatz) darstellt. Beim Screeningverfahren wie auch beim klassischen Ansatz finden die gleichen Einflussparameter Berücksichtigung.

Der Screeningansatz wurde vor allem deshalb realisiert, weil er sich an der Screeningphilosophie der Leitmerkmalmethoden der BAuA und diverser Bewertungsverfahren des IAD orientiert. Bei Misch Tätigkeiten bietet der Screeningansatz gute Möglichkeiten diverse Belastungssituationen (Aktionskräfte,

Lastenhandhabungen und Körperhaltungen mit geringem Kraftaufwand) zu kombinieren und einer ganzheitlichen Bewertung zuzuführen.

Beim Screeningverfahren sind die Ampelfarben von der Höhe der Punktbewertungen abhängig. Analog zu den Leitmerkmalmethoden und zum EAWS gelten Punktwerte < 25 als grüner, Punktwerte > 50 als roter Bereich.

Der Kraftindex FI (auszuübende Kraft  $F_{\text{aktuell}}$  / maximal empfohlene Kraft  $F_{\text{max\_empf.}}$ ) des klassischen Bewertungsansatzes und die Punktwerte des Screening Ansatzes sind aufeinander abgestimmt (siehe Abbildung 3-1). Ein Punktwert von 25 Punkten entspricht einem Kraftindex von 0,85; ein Punktwert von 50 Punkten einem Kraftindex von 1,2 (siehe Handlungsanleitung zum klassischen Kraftbewertungsverfahren).

### 3.2 Hintergrundinformationen zum MEGAPHYS Expertenscreening Aktionskräfte

Der Kraftindex von 0,85 leitet sich aus ISO 11228-2 ab. Ein Kraftindex von 1,0 kennzeichnet in ISO 11228-2 den Beginn des roten Bereiches. Da die Verfahren nach Burandt / Schultetus „Grenzkraften“ berechnen (d. h. keinen „gelben Risikobereich kennen“) musste hier nachjustiert werden. Nach Burandt / Schultetus müssen die auszuübenden Kräfte stets kleiner als die ermittelten „Grenzkraften“ sein. Beide Verfahren gehen bei der Berechnung dieser „Grenzkraften“ ebenfalls von maximalen statischen Aktionskräften aus, welche durch tätigkeits- und personenspezifische Parameter korrigiert werden. Die wesentlichste tätigkeitspezifische Einflussgröße ist die Häufigkeit der Kraftausübungen im Beurteilungszeitraum. Der zugehörige „Häufigkeitsfaktor“ kann maximal einen Wert von 0,8 erreichen, so dass auch in diesen Verfahren bei einem Vergleich von aktueller zu maximal empfohlener Kraft ein „Sicherheitsabstand“ von ca. 20% vorliegt. Im Sinne eines Ampelmodelles wurde dieser „Sicherheitsabstand“ dem gelben Bereich zugeordnet, welcher nun den Bereich zwischen den Quotienten von 0,85 und 1,2 abdeckt (siehe Abbildung 3-1).

Hintergründe zur Entwicklung und Ausprägung eines Screening-Verfahrens „kraftbetonte Tätigkeiten“ finden sich in Kapitel 4.3 des BGIA Reportes 3/2009 sowie im Abschlussbericht zur „Weiterführung des montagespezifischen Kraftatlas“. Der Ablauf des Bewertungsverfahrens ist in Kap. 3.3 dieser Handlungsanleitung kurz dargestellt.

Bedingt durch diese Risikodefinition ist der gelbe Risikobereich des klassischen Ansatzes deutlich schmaler als im Screeningansatz. Grundsätzlich ist jedoch von einem proportionalen Zusammenhang zwischen Kraftindex FI und Totalsscore TS auszugehen. Aufgrund der Definitionsgrenzen der Risikobereiche ließe sich allerdings nur ein „farbabschnittsweise proportionaler“ Zusammenhang zwischen klassischem und Screeningansatz realisieren. Da mit steigendem FI bzw. TS die Gefährdung / das Risiko überproportional ansteigen, erschien es ratsam den grünen und gelben Bereich durch eine progressive Kurve anzunähern und auf einen „farbabschnittsweisen“ linearen Zusammenhang zu verzichten (siehe Abbildung 3-2).

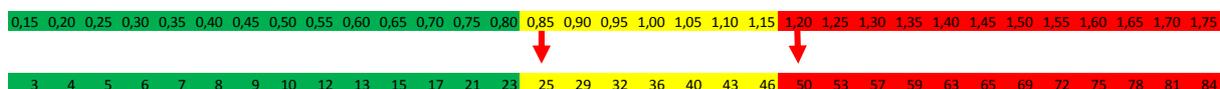


Abbildung 3-1: Ampelschema von klassischem (oben) und Screeningansatz (unten)

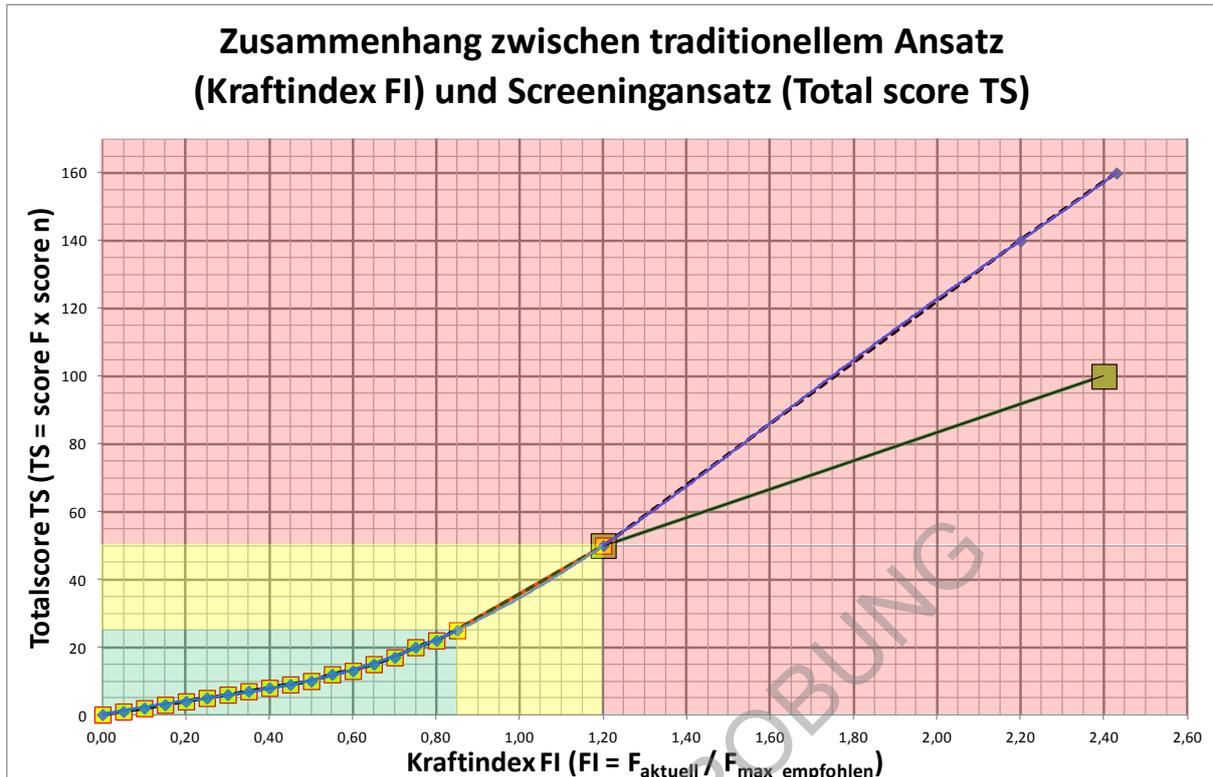


Abbildung 3-2: Transferformel zum Umrechnen des klassischen in den Screeningansatz

Im Bereich niedriger FI bzw. TS ergibt sich bei geringen Ausübungshäufigkeiten und insbesondere bei geringen auszuübenden Kraftniveaus ( $\%F_{\text{max}}$ ) eine asymptotische Annäherung an die Dauerleistungsgrenze, was einen solchen Modellierungsansatz rechtfertigt. Insgesamt wird mit dieser Vorgehensweise das „Risiko“ im gelben Bereich des Screening Verfahrens konservativ abgeschätzt.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des montagespezifischen Kraftatlas zur Bewertung von Ganzkörperkräften wurde eine Transferformel entwickelt, welche die direkte Umrechnung des klassischen in den Screening-Ansatz ermöglicht (siehe Abbildung 3-2).

### 3.3 Verfahrensablauf des MEGAPHYS Expertenscreenings Aktionskräfte

Der Ablauf des Screening Verfahrens ähnelt dem des klassischen Verfahrens. Der Berechnungsmodus ist lediglich in Schritt 3 unterschiedlich. Die Bewertung in Schritt 4 erfolgt dann im klassischen Fall auf Basis des Kraftindex FI, beim Screening auf Basis des Total Scores TS. In einer vierstufigen Vorgehensweise wird der Risikobereich und die zu treffenden Maßnahmen ermittelt (Siehe Methodenvorentwurf zum Expertenscreening Aktionskräfte).

## 4 Das EXCEL gestützte MEGAPHYS Expertenscreening Aktionskräfte

Das EXCEL basierte Expertenscreening Aktionskräfte dient als Unterstützung bei Kraftbewertungen mit dem klassischen als auch mit dem Screeningverfahren. Es ist primär für die Testung der Verfahrensansätze konzipiert und weißt daher nicht überall den Komfort auf, den man von einer kommerziellen Software erwarten dürfte. Auch werden nicht nur klassisches und Screeningergebnis angezeigt, vielmehr werden zwei Verfahrensansätze „Gesamthäufigkeit der Kraftausübungen und häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Kraftbeträge“ sowie „Schwerste Belastungssituation (maximales Faktuell /  $F_{\max\_empf.}$ ) \* Häufigkeit + Inkremente der übrigen Kraftfälle)“ angezeigt. Während sich das erste Berechnungsverfahren gut für homogene Kraftfälle eignet und vergleichbare Ergebnisse zur Papier- und Bleistiftvariante liefert, empfiehlt sich bei heterogenen Kraftfällen die Verwendung des zweiten Verfahrensansatzes. Ein Vergleich beider Ergebnisse liefert einen guten Überblick, ab welchem Maß an Heterogenität der zweite Verfahrensansatz zu verwenden wäre.

- Homogene Kraftfälle sind gekennzeichnet durch wenige unterschiedliche Kraftausübungsfälle in ähnlichen Kraftniveaus (Schwankungen bis  $\leq 20\%$ ), wie sie typischerweise bei getakteten industriellen Tätigkeiten auftreten
- Heterogene Kraftfälle sind gekennzeichnet durch (stark) unterschiedliche Kraftausübungsfälle mit (sehr) unterschiedlichen Kraftniveaus (über 20%) oder Krafrichtungen / Greifarten bei Ganzkörper- und Hand-Arm-Kräften

### 4.1 Übersicht

Lassen sich einfache / homogene Kraftausübungsfälle auf Basis einer Papier- und Bleistiftmethode bewerten, so sind komplexe /heterogene Kraftausübungsfälle nur rechnergestützt sinnvoll zu bewerten. Hierbei hilft das EXCEL basierte Tool Expertenscreening Aktionskräfte. Es ermöglicht gleichermaßen die Bewertung von homogenen und heterogenen Kraftausübungsfällen mit Hilfe des klassischen und des Screening-Ansatzes.

Alle Eingabefelder des Tools sind weiß hinterlegt. Alle Eingabefelder einer Zeile (außer „Beschreibung“) müssen mit Zahlen  $> 0$  hinterlegt sein. Nichtausgefüllt Felder oder Leerzeilen führen zu Fehlern.

Mögliche Eingabefelder sind:

- Beschreibung der Tätigkeit
- Beschreibung des Kraftfalles
- Auszuübende Kraft ( $F_{\text{aktuell}}$ )
- Maximal empfohlene Kraft ( $F_{\max\_empf.}$ )
- Anzahl der Kraftausübungen pro Schicht oder pro Takt
- Taktdauer (in Minuten), Angabe fakultativ
- Schichtdauer (in Minuten)
- Biomechanikfaktor T2 (Berücksichtigung von asymmetrischen und einhändigen Kraftausübungen) – nur bei Ganzkörperkräften verfügbar.

- ❑ Physiologiefaktor T3 (Berücksichtigung von ungünstigen Körperhaltungen während der Kraftausübungen) – nur bei Ganzkörperkräften verfügbar.
- ❑ Faktor P1 für das Alter (fakultativ und alternativ / ergänzend zur Benutzung eines Kraftperzentils)
- ❑ Faktor P2 für das Geschlecht (fakultativ und alternativ ergänzend zur Benutzung eines Kraftperzentils)

Alle gelb hinterlegten Felder stellen Zwischenergebnisse (Kraftindex FI (klassischer Ansatz), score F\*n (Screening Ansatz),  $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max}}$  (Screening Ansatz)) dar. Die Standardhintergrundfarbe ist hellgrün. Alle Eingabefelder besitzen einen weißen Hintergrund.

Viele Zellen enthalten oben rechts ein kleines rotes Dreieck. Bewegt sich der Cursor über diese Zelle, so wird ein erläuternder Kommentar zu dieser Zelle eingeblendet, welcher den Inhalt dieser Zelle beschreibt (siehe Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2). Die nachfolgend gezeigten Kommentare beziehen sich auf das Arbeitsblatt „Ganzkörperkräfte“. Die Kommentare für die Bewertung von „Finger-Handkräften“ sind analog aufgebaut.

**Version 2.0 Bewertung von Ganzkörperkräften**

**Beschreibung der Tätigkeit**  
Bauteil einrasten

**Beschreibung der Tätigkeit**  
Fakultatives Feld für eine kurze Beschreibung der vorliegenden Tätigkeit.

**Beschreibung**  
Hier kann eine kurze Beschreibung des aktuellen Kraftfalles eingegeben werden.

**Biomechanisch kritischer Lastfall**  
Erreicht oder überschreitet die aktuell ausübende Kraft (Faktuell) 80% der maximal empfohlenen Kraft (Faktuell/Fmaxempfohlen), so liegt ein biomechanischer kritischer Lastfall vor, der zu beheben ist, selbst wenn sich die Gesamtbewertung im "grünen" Bereich befinden sollte.

**Achtung:**  
Sind die Kraftfälle nicht nach Ihrer Höhe sortiert, so ergeben sich falsche und unplausible Ergebnisse!

**Die Kraft, welche bei vorgegebener Haltung und Kräftechtung maximal ausgeübt werden kann.** (Siehe Tabellenblatt)

**Aktuell ausübende Kraft**  
Muss gemessen oder nötfalls abgeschätzt werden.

**Häufigkeit der Kraftausübungen pro Schicht.**  
Wird die Taktdauer > 0 gesetzt, so können einzelne Takte bewertet werden, ohne dass man die Häufigkeiten der Kraftausübungen auf die Schichtdauer hochrechnen muss. In diesem Fall wird die Taktdauer auf die angegebene Schichtdauer hochgerechnet. In allen anderen Fällen findet die Taktdauer bei den Berechnungen keine Berücksichtigung. Wird ein auf die Schicht hochgerechneter Takt bewertet, so ist hier die Anzahl pro Takt einzugeben.

**Häufigkeit pro Schicht**  
**Häufigkeit pro Minute**  
**Häufigkeit pro 8h**

**Häufigkeit / Schicht**  
**Häufigkeit / Minute**  
**Häufigkeit / Takt**

**Taktdauer [min]**  
**Schichtdauer [min]**

**Häufigkeit pro Takt**

Fall Nr.	Beschreibung	F <sub>aktuell</sub> [N]	F <sub>max</sub> [N]	Anzahl / Schicht oder Takt	Biomechanikfaktor T2	Physiologiefaktor T3	Altersfaktor P1	Geschlechtsfaktor P2	Kraftindex	Total score
1		100	200	1200,00	1,0	1,0	1,0	1,00	0,91	
2		100	400	400,00	1,0	1,0	1,0	1,00	0,37	

**Mittlere Belastung**  
Bewertungsergebnis nach dem Klassischen Verfahren und dem Ansatz "mittlere Belastung". Die Farbe wird als kontinuierlicher Farbverlauf von "dunkelgrün" bis "dunkelrot" angegeben

**Belastungsspitze & Inkremente**  
Bewertungsergebnis nach dem Klassischen Verfahren und dem Ansatz "Spitzenbelastung & Inkremente". Die Farbe wird als Farbstufe "grün", "gelb" oder "rot" angegeben.

	Klassisches Verfahren		Screening Verfahren	
(Gesamthäufigkeit der Kraftausübungen und häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Kraftbetrag (aus Scoreberechnung))	0,73	0,73	19	19
(Gesamthäufigkeit der Kraftausübungen und häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Kraftbetrag (aus Transferfunktion berechnet))	0,73	0,73	19	19
(Schwerste Belastungssituation (maximales F <sub>aktuell</sub> * Häufigkeit + Inkremente der übrigen Kraftfälle (aus Scoreberechnung))	0,94	0,94	29	29
(Schwerste Belastungssituation (maximales F <sub>aktuell</sub> * Häufigkeit + Inkremente der übrigen Kraftfälle (aus Transferfunktion berechnet))	0,94	0,94	30	30

**Farbverlauf** **Farbstufe** **Farbverlauf** **Farbstufe**

**Bewertungsergebnis nach dem Screening Verfahren und dem Ansatz "Spitzenbelastung & Inkremente". Die Farbe wird als Farbstufe "grün", "gelb" oder "rot" angegeben.**

Abbildung 4-1: Überblick über ausgewählte Kommentare auf der linken Bildschirmhälfte



Für die finale Bewertung sollte der höhere Wert aus „Spitzenbelastung und Inkremente“ herangezogen werden. Die Bewertungsergebnisse sind für die Testphase sowohl als Farbverlauf wie auch als Farbstufe dargestellt. Für die Testphase werden darüberhinaus sowohl die aus der Transferfunktion ermittelten Screeningwerte als auch die aus den Einzelscores ermittelten Werte dargestellt.

Unabhängig davon werden „biomechanisch kritische“ Lastfälle ( $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max}} \geq 0,8$ ) durch einen blauen Hintergrund gekennzeichnet (siehe Abbildung 4-3).

Neben den jeweils vier Bewertungsfeldern für klassisches und Screening-Verfahren) werden auch im Eingabebereich jeweils der Kraftindex FI (klassisch) und der Punktwert „score\_F x score\_n“ angezeigt. Die Ergebnisse hier können leicht von den unten gezeigtem Gesamtergebnis abweichen.

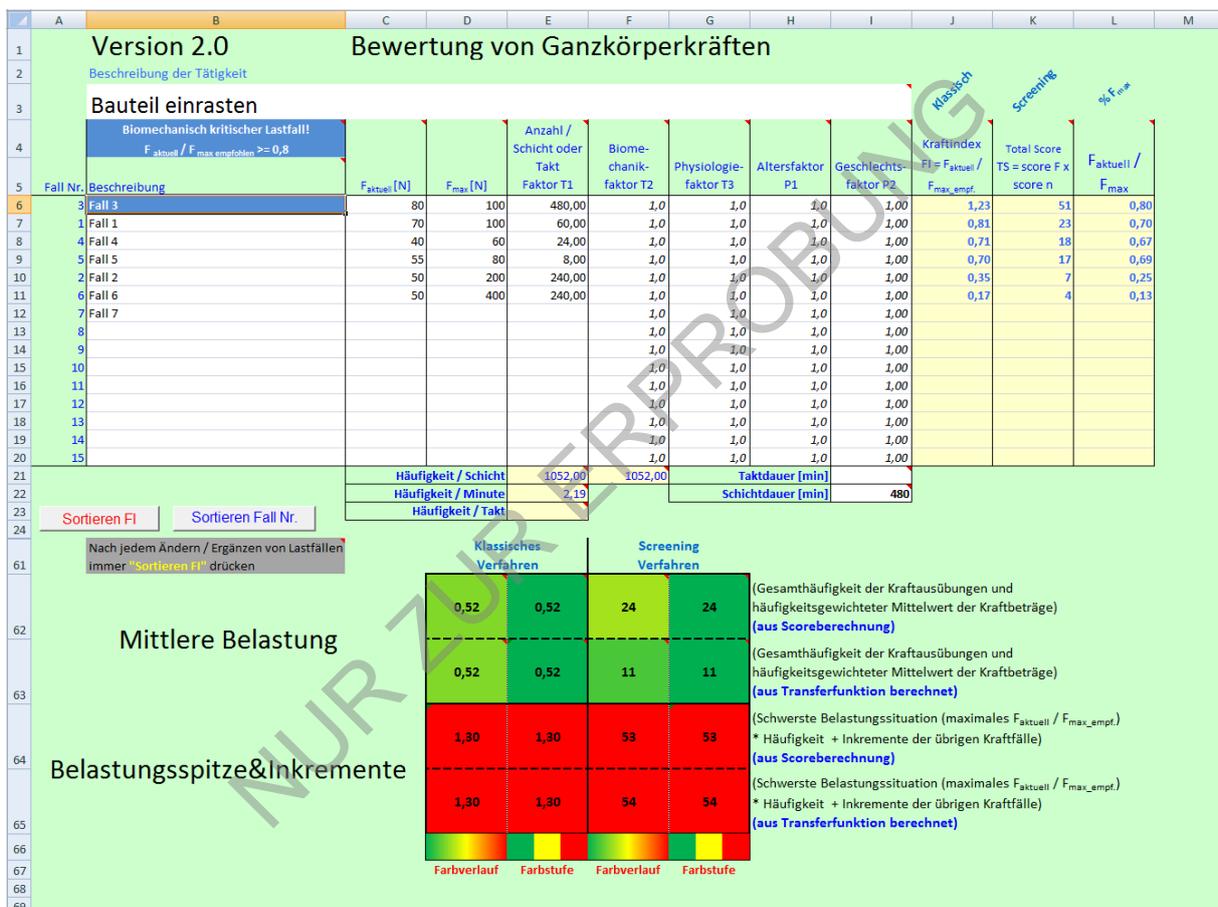


Abbildung 4-3: Bildschirmmaske des Expertenscreenings Aktionskräfte

## 4.2 Vorgehensweise bei der Bewertung

Zunächst sind alle Kraftausübungsfälle – am besten in der tatsächlich stattfindenden Reihenfolge – einzutragen. Es ist darauf zu achten, dass keine Leerzeilen eingegeben werden und alle weiß hinterlegten Spalten ausgefüllt sind (Zahlenwerte > 0). Vor der Bewertung muss außerdem die Schaltfläche „Sortieren FI“ gedrückt werden (siehe Abbildung 4-3). Dies ist eine Voraussetzung für die korrekte Berechnung des Ansatzes „Spitzenbelastung und Inkremente“. „Sortieren FI“ sorgt dafür, dass alle Kraftwerte nach dem Quotienten „F<sub>aktuell</sub> / F<sub>max, empfohlen</sub>“ sortiert werden. Bewertungen ohne vorheriges „Sortieren FI“ führen zu falschen Ergebnissen (siehe Abbildung 4-4).

Überschreitet ein  $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max\_empf.}}$  einen Wert von 0,8, so wird der betreffende Kraftfall blau hinterlegt. Auch bei einem insgesamt „grünen“ Ergebnis sollten blau markierte Kraftfälle einer Gestaltungslösung zugeführt werden (siehe Abbildung 4-4).

Version 2.0 Bewertung von Ganzkörperkräften																																										
Beschreibung der Tätigkeit																																										
Bauteil einrasten																																										
Biomechanisch kritischer Lastfall! $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max\_empfohlen}} \geq 0,8$																																										
Fall Nr.	Beschreibung	$F_{\text{aktuell}}$ [N]	$F_{\text{max}}$ [N]	Anzahl / Schicht oder Takt Faktor T1	Biomechanik-faktor T2	Physiologie-faktor T3	Altersfaktor P1	Geschlechts-faktor P2	Kraftindex $FI = F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max\_empf.}}$	Total Score $TS = \text{score } F \times \text{score } n$	$F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max}}$																															
1	Fall 1	70	100	60,00	1,0	1,0	1,0	1,0	0,81	23	0,70																															
2	Fall 2	50	200	240,00	1,0	1,0	1,0	1,0	0,35	7	0,25																															
3	Fall 3	80	100	480,00	1,0	1,0	1,0	1,0	1,23	51	0,80																															
4	Fall 4	40	60	24,00	1,0	1,0	1,0	1,0	0,71	18	0,67																															
5	Fall 5	55	80	8,00	1,0	1,0	1,0	1,0	0,70	17	0,69																															
6	Fall 6	50	400	240,00	1,0	1,0	1,0	1,0	0,17	4	0,13																															
7	Fall 7				1,0	1,0	1,0	1,0																																		
8					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
9					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
10					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
11					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
12					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
13					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
14					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
15					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
16					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
17					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
18					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
19					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
20					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
21					1,0	1,0	1,0	1,0																																		
22				Häufigkeit / Schicht	1052,00	1052,00		Taktdauer [min]																																		
23				Häufigkeit / Minute	2,19			Schichtdauer [min]	480																																	
24				Häufigkeit / Takt																																						
61	Nach jedem Ändern / Ergänzen von Lastfällen immer "Sortieren FI" drücken																																									
62	Mittlere Belastung																																									
63	Belastungsspitze&Inkremente																																									
64	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Klassisches Verfahren</th> <th colspan="2">Screening Verfahren</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,39</td> <td>0,39</td> <td>18</td> <td>18</td> <td>(Gesamthäufigkeit der Kraftausübungen und häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Kraftbeträge) <b>(aus Scoreberechnung)</b></td> </tr> <tr> <td>0,39</td> <td>0,39</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>(Gesamthäufigkeit der Kraftausübungen und häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Kraftbeträge) <b>(aus Transferfunktion berechnet)</b></td> </tr> <tr> <td>1,08</td> <td>1,08</td> <td>61</td> <td>61</td> <td>(Schwerste Belastungssituation (maximales <math>F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max\_empf.}}</math>) * Häufigkeit + Inkremente der übrigen Kraftfälle) <b>(aus Scoreberechnung)</b></td> </tr> <tr> <td>1,08</td> <td>1,08</td> <td>40</td> <td>40</td> <td>(Schwerste Belastungssituation (maximales <math>F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max\_empf.}}</math>) * Häufigkeit + Inkremente der übrigen Kraftfälle) <b>(aus Transferfunktion berechnet)</b></td> </tr> <tr> <td>Farbverlauf</td> <td>Farbstufe</td> <td>Farbverlauf</td> <td>Farbstufe</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>												Klassisches Verfahren		Screening Verfahren			0,39	0,39	18	18	(Gesamthäufigkeit der Kraftausübungen und häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Kraftbeträge) <b>(aus Scoreberechnung)</b>	0,39	0,39	8	8	(Gesamthäufigkeit der Kraftausübungen und häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Kraftbeträge) <b>(aus Transferfunktion berechnet)</b>	1,08	1,08	61	61	(Schwerste Belastungssituation (maximales $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max\_empf.}}$ ) * Häufigkeit + Inkremente der übrigen Kraftfälle) <b>(aus Scoreberechnung)</b>	1,08	1,08	40	40	(Schwerste Belastungssituation (maximales $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max\_empf.}}$ ) * Häufigkeit + Inkremente der übrigen Kraftfälle) <b>(aus Transferfunktion berechnet)</b>	Farbverlauf	Farbstufe	Farbverlauf	Farbstufe	
Klassisches Verfahren		Screening Verfahren																																								
0,39	0,39	18	18	(Gesamthäufigkeit der Kraftausübungen und häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Kraftbeträge) <b>(aus Scoreberechnung)</b>																																						
0,39	0,39	8	8	(Gesamthäufigkeit der Kraftausübungen und häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Kraftbeträge) <b>(aus Transferfunktion berechnet)</b>																																						
1,08	1,08	61	61	(Schwerste Belastungssituation (maximales $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max\_empf.}}$ ) * Häufigkeit + Inkremente der übrigen Kraftfälle) <b>(aus Scoreberechnung)</b>																																						
1,08	1,08	40	40	(Schwerste Belastungssituation (maximales $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max\_empf.}}$ ) * Häufigkeit + Inkremente der übrigen Kraftfälle) <b>(aus Transferfunktion berechnet)</b>																																						
Farbverlauf	Farbstufe	Farbverlauf	Farbstufe																																							

Abbildung 4-4: Berechnung ohne vorheriges „Sortieren FI“ (siehe Reihenfolge der Fall Nr. und die nicht sortierte Reihenfolge  $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max\_empfohlen}}$ )

Die Bewertung von Kraftausübungsfällen bezieht sich in der Regel auf die komplette Schichtdauer.

Dies könnte bei getakteten Tätigkeiten immer ein Hochrechnen der Kraftausübungen eines Taktes auf die Schichtdauer erfordern. Wird die Taktdauer > 0 gesetzt, so können einzelne Takte bewertet werden, ohne dass man die Häufigkeiten der Kraftausübungen auf die Schichtdauer hochrechnen muss. In diesem Fall wird die Taktdauer auf die angegebene Schichtdauer hochgerechnet. In allen anderen Fällen (auch für Taktdauer = 0) findet die Taktdauer bei den Berechnungen keine Berücksichtigung.

Tritt ein Kraftfall nur bei jedem n-ten Takt auf, so kann auch eine Häufigkeit 1 / n eingegeben werden.

Generell ist im Sinne einer flexiblen Anwendbarkeit die Eingabe von Kraftausübungshäufigkeiten auf zwei Nachkommastellen möglich.

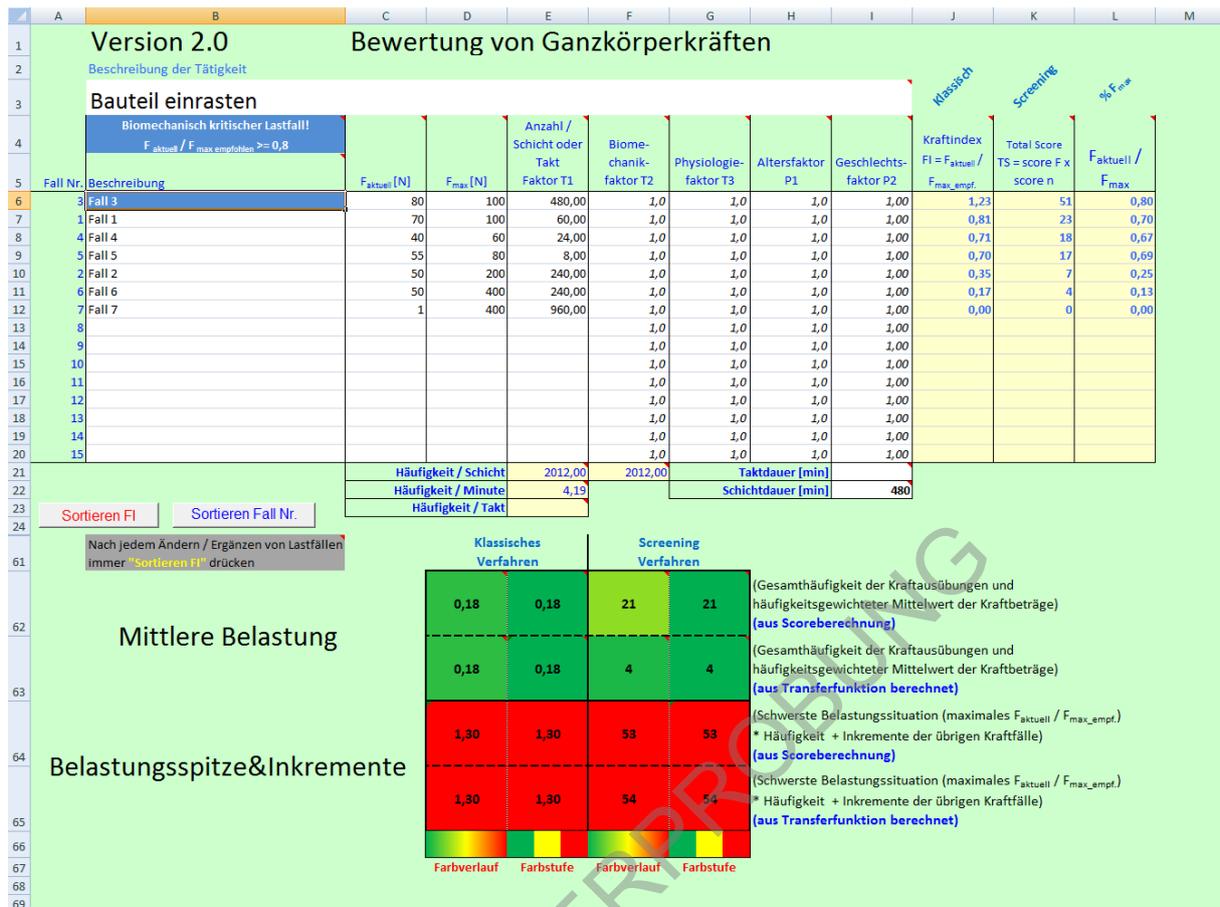


Abbildung 4-5: Kraftausübungen auf geringen Niveaus ( $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max}}$ ) verfälschen die "Mittlere Belastung"

Treten in eine Krafrichtung Kraftausübungen mehr als einmal auf, so sollten bei stark unterschiedlichen Kraftniveaus diese separat eingegeben werden. So bleiben biomechanisch kritische Kraftfälle stets sichtbar.

Treten Kräfte auf einem sehr geringen Kraftniveau auf (kleines  $F_{\text{aktuell}} / F_{\text{max empf}}$ ), so sollten diese Fälle nicht eingestuft werden, da sie bei dem Bewertungsansatz „Mittlere Belastung“ die durchschnittliche Belastungshöhe senken und trotz höherer Anzahl von Kraftausübungen das Bewertungsniveau der Kraftausübungen insgesamt senken können (siehe Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5). Der Bewertungsansatz „Spitzenbelastung und Inkremente“ ist gegen solche Phänomene unempfindlich. Deshalb sollte dem Bewertungsansatz „Spitzenbelastung und Inkremente“ der Vorrang gegeben werden. Bei komplexeren Kraftausübungsfällen empfiehlt es sich deshalb nur die „wesentlichen“ Kraftfälle zu berücksichtigen. Das Expertenscreening bewertet quasi-statische Kraftausübungsfälle. Kurzzeitige Kräfte (< 1 Sekunde) oder statische Kräfte (> 6 Sekunden) sollten mit diesem Tool nicht bewertet werden.

### 4.3 Beispiele

Die nachfolgenden Beispiele sollen die Anwendung des MEGAPHYS Expertenscreenings Aktionskräfte kurz aufzeigen. Es wird ein Beispiel für Ganzkörper- und Finger-Handkräfte aufgezeigt.

#### 4.3.1 Beispiel A: Einrasten eines Bauteils in einer Maschine (Ganzkörperkräfte)

Im Rahmen von Montagetätigkeiten wird ein Bauteil geringen Gewichtes in einer Maschine auf eine Führungsschiene gesetzt und anschließend vor dem Körper mit einer horizontalen Druckkraft (-B) mit beiden Händen eingerastet.

Dieser Vorgang wiederholt sich 480-mal pro Schicht.

Die Kraftausübung erfolgt aufrecht stehend in Brusthöhe. Die Fügekraft beträgt 100N.

Wegen Vibrationsgeräuschen ist eine Erhöhung der Fügekraft um 30N geplant.

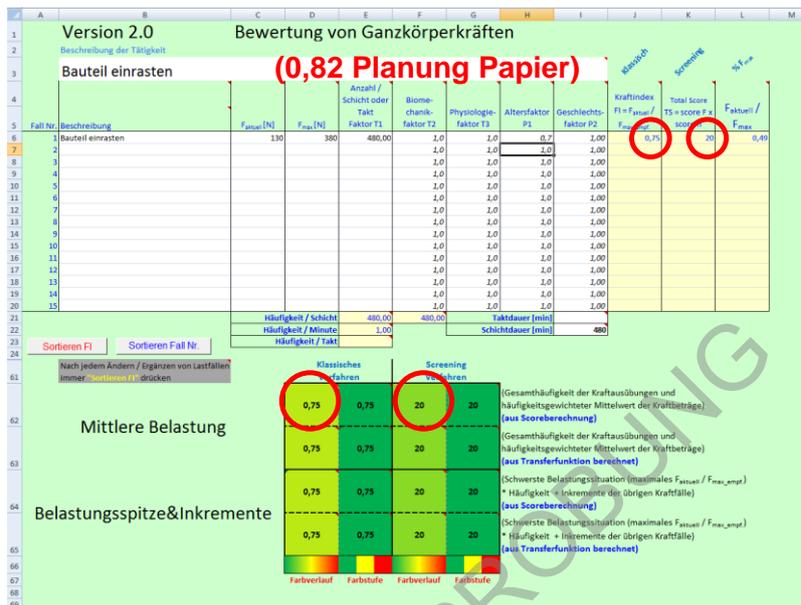
Wie sind aktueller und künftiger Kraftfall zu bewerten?

Es ergibt sich – analog zu den Berechnungen mit der „Papier und Bleistift“ Version - ein Ergebnis im „mittleren grünen“ Bereich für die Ist- Analyse und ein Ergebnis im „oberen grünen“ Bereich für die Planungsanalyse (siehe

Abbildung 4-6: Beispiel A: Bauteil in Maschine einrasten - Planungsanalyse  
und Abbildung 4-7).

NUR ZUR ERPROBUNG

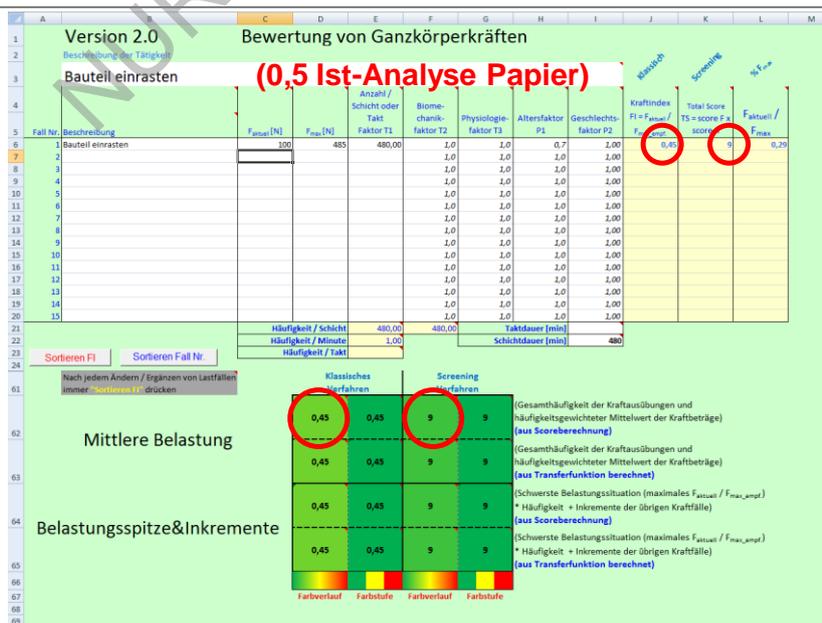
## MEGAPHYS Expertenscreening Aktionskräfte – Bauteil einrasten - Planungsanalyse



Karlheinz Schaub, Andrea Sinn-Behrendt & Katharina Rönick

Abbildung 4-6: Beispiel A: Bauteil in Maschine einrasten - Planungsanalyse

## MEGAPHYS Expertenscreening Aktionskräfte – Bauteil einrasten – Ist-Analyse



Karlheinz Schaub, Andrea Sinn-Behrendt & Katharina Rönick

Abbildung 4-7: Beispiel A: Bauteil in Maschine einrasten – Ist-Analyse

NUR ZUR ERPROBUNG

### 4.3.2 Beispiel B: Eindrücken von Befestigungselemente für eine Türdichtung (Finger-Handkräfte)

Im Rahmen von Montagetätigkeiten werden von einem Werker:

- 3 Befestigungselemente mit einer Kraft von 40 N (Daumen) und
- 2 Befestigungselemente mit einer Kraft von 30 N (Zeigefinger) eingedrückt.

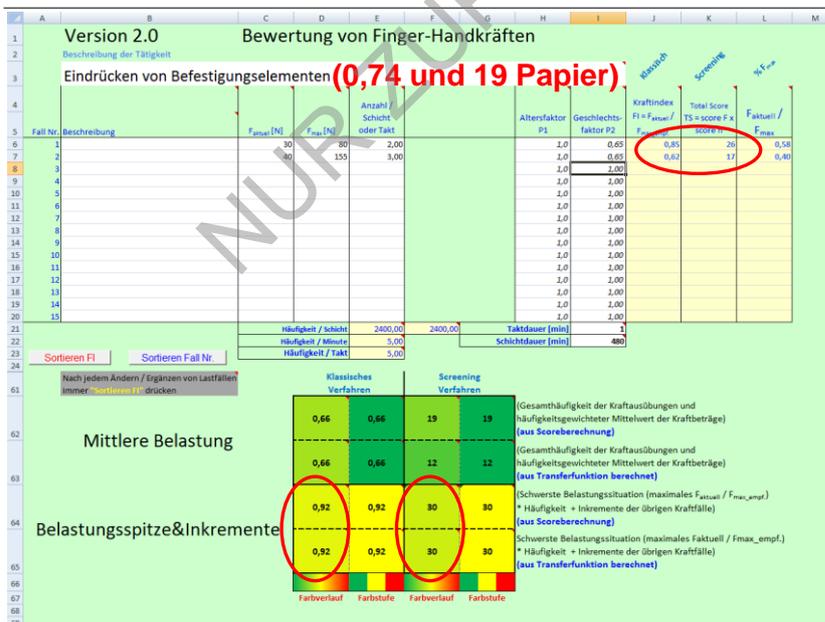
Dieser Vorgang wiederholt sich 480-mal pro Schicht.

Wie ist dieser Kraftfall zu bewerten?

Es ergibt sich ein Ergebnis im „erhöhten grünen“ Bereich (siehe Abbildung 4-8).

Die Berechnung mit dem rechnergestützten Tool gleicht dem Ergebnis der „Papier und Bleistift“ Version. Sie liefert ein analoges Ergebnis für den Ansatz „mittlere Belastung“. Beim Ansatz „Spitzenbelastung und Inkremente“ ergibt sich ein deutlicher Unterschied, da die Belastung des Zeigefingers höher ist als die des Daumens.

## MEGAPHYS Expertenscreening Aktionskräfte – Beispiel B: Befestigungselemente eindrücken



Die Berechnung mit MonKras liefert ein analoges Ergebnis für den Ansatz „mittlere Belastung“.

Beim Ansatz „Spitzenbelastung und Inkremente“ ergibt sich ein deutlicher Unterschied, da die Belastung des Zeigefingers höher ist als die des Daumens.

Karlheinz Schaub, Andrea Sinn-Behrendt & Katharina Rönick

Abbildung 4-8: Beispiel B – Befestigungselemente eindrücken

## 5 Literatur

Burandt, U.: Ergonomie für Design und Entwicklung. O. Schmidt, Köln 1978

DIN EN 1005-3: Sicherheit von Maschinen-Menschliche körperliche Leistung- Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung. Beuth, Berlin 2002

DIN EN 1005-5: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 5: Risikobeurteilung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen; Deutsche Fassung EN 1005-5:2007

EAWS <http://ergo-mtm.it/wp-content/uploads/2013/09/EAWS-form-v1.3.4-EN.pdf>

ISO 11228-1: Ergonomics -- Manual handling -- Part 1: Lifting and carrying

ISO 11228-2: Ergonomics - Manual handling - Part 2: Pushing and pulling.

ISO 11228-3: Ergonomics - Manual handling Part 3: Handling of low loads at high frequency

Krömer KHE: Die Messung der Muskelstärke des Menschen. BAuA, Fb. 161, 1977

LMM-MA <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Manuelle-Arbeit-2.pdf?blob=publicationFile&v=7>

Occhipinti E & Colombini D. Proposal of a concise index for the evaluation of the exposure to repetitive movements of the upper extremity (OCRA index)]. Med Lav. 1996;87(6):526-548

Occhipinti E & Colombini D. Updating reference values and predictive models of the OCRA method in the risk assessment of work-related musculoskeletal disorders of the upper limbs. Ergonomics. 2007;50(11):1727-1739.

Rohmert, W.; Statische Haltearbeit des Menschen : Mit Tabellen zur Ermittlung d. Erholungszuschlages. Verband f. Arbeitsstudien REFA, Darmstadt 1963

Schaub, K.; Wakula, J.; Berg, K.: Der montagespezifische Kraftatlas – Weiterführung. Abschlussbericht des IAD für die BGHM. Darmstadt 2014.

Schaub, K.; Wakula, J.; Berg, K.; Kaiser, B.; Bruder, R.; Glitsch, U.; Ellegast, R.. The Assembly Specific Force Atlas. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries. Volume 25, Issue 3, pages 329–339, May/June 2015. Article first published online: 22 AUG 2014 DOI: 10.1002/hfm.20545

Schultetus, W.; Lange, W. (Hrsg.); Doerken, W. (Hrsg.): Montagegestaltung : Daten, Hinweise u. Beispiele zur ergonomischen Arbeitsgestaltung. TÜV Rheinland, 1987.

Wakula, J.; Berg, K.; Schaub, K.; Bruder, R.; Glitsch, U.; Ellegast, R.P.: Der montagespezifische Kraftatlas. BGIA-Report 3/2009. 275 S., zahlr. Tab. und Abb. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2009. ISBN: 978-3-88383-788-8

Waters, T. et al.: Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. ERGONOMICS 1993, Vol. 36, No. 7 749-776

## 6 Anmerkungen

NUR ZUR ERPROBUNG