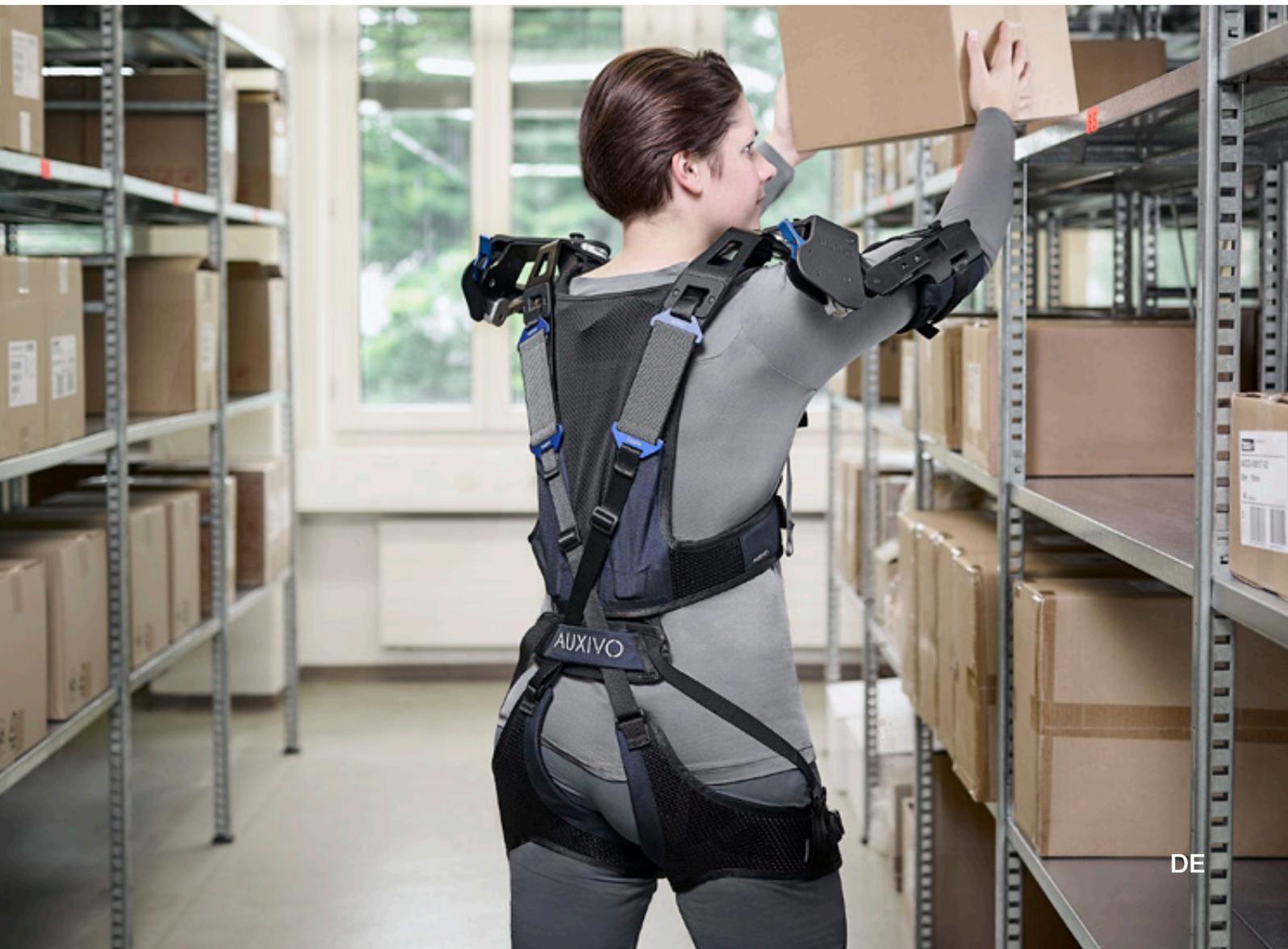


# OmniSuit Performance Sheet

[auxivo.com](https://auxivo.com)



# Einleitung

Ergonomische Evaluierung der Unterstützung durch das OmniSuit Exoskelett. Der OmniSuit bietet Unterstützung für Rücken und Schultern beim Hantieren mit Lasten zwischen Boden- und Überkopfhöhe und beim nach vorne Lehnen.

Der OmniSuit ist ein passives, leichtes Exoskelett, das die Arm-, Schulter-, Nacken- und Rückenmuskulatur beim Arbeiten unterstützt. Als Mehrzweck-Exoskelett, das Rücken- und Schulterunterstützung kombiniert, bietet der OmniSuit nahtlos Hebe- und Überkopfunterstützung und kann den Benutzer über den gesamten vertikalen Bewegungsbereich unterstützen. Dank dieser Vielseitigkeit eignet er sich für Anwendungen in der Logistik, im Baugewerbe oder in der Produktion, wo viele verschiedene Tätigkeiten und Bewegungen anfallen.

Der OmniSuit verfügt über integrierte Federelemente, die Energie speichern, um den Nutzer zu unterstützen und die Arbeitslast zu verringern. Die wissenschaftliche Evaluation der Rücken- und Schulterunterstützungsmodule wurde in mehreren Studien durchgeführt. Die Daten zeigen, dass der OmniSuit die Muskelaktivität reduziert und den Ermüdungsprozess verzögert.

Alle hier präsentierte Werte sind Durchschnittswerte, die über alle Teilnehmer der jeweiligen Studie berechnet wurden. Die individuelle Unterstützung einer Person kann stark variieren. Sie hängt von vielen Faktoren ab, wie z.B. der Körpergröße, dem Gewicht, der individuellen Aufgabenausführung oder der Erfahrung in der OmniSuit Nutzung.

Beispielsweise wird die durchschnittliche Entlastung der Schultermuskulatur bei Überkopfarbeiten mit einem Elektrowerkzeug gemittelt über alle 32 Teilnehmer mit 33% angegeben. Wenn wir uns die individuelle Unterstützung ansehen, werden wir feststellen, dass einige Teilnehmer weniger als die durchschnittliche Unterstützung erhielten, andere mehr. Im Beispiel des Elektrowerkzeugs mit einer durchschnittlichen Reduktion von 33% hatten 25% der Teilnehmer eine Lastreduktion von weniger als 25%, während 25% Prozent sogar mehr als 40% Unterstützung erhielten. Der Teilnehmer mit der maximalen Unterstützung konnte sogar von einer Entlastung von über 85% profitieren.

Daher liefern die Durchschnittswerte eine gute allgemeine Leistungsangabe, aber nur ein persönlicher Test ermöglicht die Beurteilung des individuellen Unterstützungsgrads.

## Muskelbelastung

- Der OmniSuit reduzierte die Muskelbelastung in der Schulter um 33% bei der Verwendung eines Elektrowerkzeugs und um 36% bei der Handhabung kleiner Gegenstände.
- Der OmniSuit reduzierte die Aktivität der Rückenmuskulatur um 33%, beim vorgebeugten Halten einer Last. Die maximale Muskelaktivität im unteren Rücken wurde beim Heben von 6 kg mit dem Exoskelett um 21% reduziert.

## Muskelermüdung

- Wenn die Muskeln weniger hart arbeiten, ermüden sie weniger schnell.
- Das Schultermodul reduzierte die Ermüdung der Schultermuskulatur um 45%, des Oberarms um 60% und des Nackens um 75%, während ein Elektrowerkzeug über dem Kopf gehalten wurde.
- Das Rückenmodul reduzierte die Ermüdung der Rückenmuskulatur um 10% und die Ermüdung der Hüftmuskulatur um 44%.
- Reduktion der Muskelermüdung reduziert die subjektive Erschöpfung.

## Herzbelastung

- Wenn die Muskeln weniger arbeiten, verbrauchen sie weniger Sauerstoff, was die Herzfrequenz senken kann.
- Das Schultermodul reduzierte die Arbeitsherzfrequenz bei der Verwendung eines Elektrowerkzeugs um 15%.
- Das Rückenmodul reduzierte die Arbeitsherzfrequenz beim Heben von Lasten um 7%.

## Ergonomie

- Das Schultermodul reduzierte die Beschwerden in Schulter, Nacken und Oberarm bei Überkopfarbeit.
- Die Benutzer berichteten, dass sie durch das Exoskelett in ihren Bewegungen kaum eingeschränkt wurden.

# Auswirkung des Schultermoduls auf die Muskelbelastung

Das Schultermodul reduzierte die durchschnittliche Belastung der Schultermuskulatur bei der Benutzung eines Werkzeugs um 33% und bei Montagearbeiten um 36%. Bei statischen Aufgaben war die durchschnittliche Entlastung bei 65%.

Wissenschaftliche Methodik  
Zweiunddreißig Teilnehmer (15 Frauen) im erwerbsfähigen Alter (20 bis 65 Jahre) führten Arbeitsaufgaben sowohl mit als auch ohne Schulterunterstützung aus. Zu den Aufgaben gehörten die Verwendung einer Bohrmaschine über Schulterhöhe, das Hantieren mit kleinen Gegenständen über Schulterhöhe und das Einnehmen verschiedener Armpositionen mit und ohne Elektrowerkzeug.

Während dieser Aufgaben wurden die Herzfrequenz, die Muskelaktivität, die Muskelermüdung, die subjektiv empfundene Ermüdung und die subjektive Einschätzung der Benutzer gemessen, um die Arbeit mit und ohne Exoskelett-Unterstützung zu vergleichen.

Die Muskelaktivität wurde mit Hilfe der Oberflächen-Elektromyographie gemessen. Insbesondere wurden die Muskeln des Arms (Biceps brachii), der Schulter (vorderer Deltamuskel), des Nackens (oberer Trapezius) und des unteren Rückens (Erector spinae auf Lendenebene) gemessen.

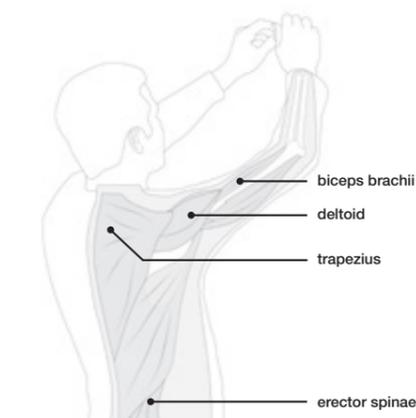
Das Signal wurde gemäß den europäischen Richtlinien (SENIAM) aufgezeichnet und verarbeitet. Vor den Tests führten die Teilnehmer maximale Kontraktionen durch um die Muskelaktivität zu normalisieren.

Als Indikator dafür, wie stark die Muskeln während jeder Aufgabe arbeiten, wird der quadratische Mittelwert der normalisierten Muskelaktivität angegeben.

## Vorteile bei Überkopfarbeiten

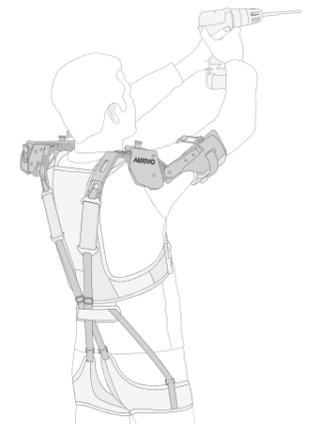
Die Verwendung des Schultermoduls reduzierte die Muskelaktivität in den Arm-, Schulter- und Nackenmuskeln bei allen Aufgaben signifikant. Die durchschnittliche Verringerung der Schultermuskulatur betrug bis zu 65%, wenn die Arme in einem 90°-Winkel vor dem Körper gehalten wurden. Es wurden keine negativen Auswirkungen, wie eine zusätzliche Aktivierung der unteren Rückenmuskeln, beobachtet. Die Aktivität der Rückenmuskulatur war sogar signifikant reduziert, wenn eine 1,8 kg schwere Bohrmaschine gehalten wurde.

Wenn die Muskeln weniger hart arbeiten müssen, werden die Bewegungen präziser und die Muskeln ermüden langsamer.



## Nutzen bei der Verwendung eines Elektrowerkzeugs

Beim Anziehen von Schrauben mit einer Bohrmaschine hat das Schultermodul die durchschnittliche Muskelbelastung in der Schulter um 33%, im Nacken um 22% und im Arm um 17% reduziert.



## Vorteile beim Hantieren mit Gegenständen

Beim Handhaben von kleinen Gegenständen oberhalb der Schulterhöhe ohne Werkzeug reduzierte das Exoskelett die Muskelbelastung des Oberkörpers signifikant. Insbesondere wurde die durchschnittliche Muskelbelastung in der Schulter um 36%, im Nacken um 34% und im Arm um 37% reduziert.

# Auswirkungen des Rückenmoduls auf die Muskelbelastung

Die Studie zeigte, dass der OmniSuit die durchschnittliche Belastung der Rückenmuskulatur beim nach vorne Beugen um bis zu 33% und beim Heben von schweren Lasten um bis zu 20% reduziert.

**Wissenschaftliche Methodik**  
Dreissig Teilnehmer (8 Frauen) im erwerbsfähigen Alter führten Arbeitsaufgaben mit und ohne Rückenunterstützung aus. Zu den Aufgaben gehörte das Heben von Lasten unter Hüfthöhe und das Halten einer nach vorne gebeugten Position.

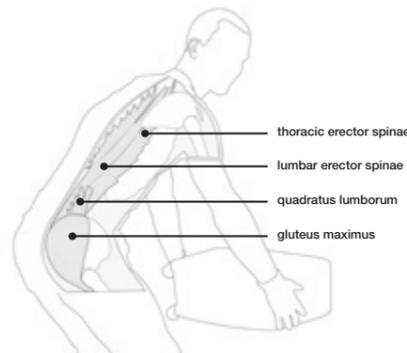
Bei diesen Aufgaben wurden die Herzfrequenz, die Muskelaktivität, die Muskelermüdung, die subjektive Ermüdung und die subjektive Empfindung der Teilnehmer gemessen, um die Arbeit mit und ohne Exoskelett-Unterstützung zu vergleichen.

Die Muskelaktivität wurde mittels Oberflächen-Elektromyographie gemessen. Konkret wurden die Muskeln im unteren Rücken (lumbaler Erektor spinae, Quadratus lumborum), im oberen Rücken (thorakaler Erektor spinae), in der Hüfte (Gluteus maximus) und im Bauch (Rectus abdominis) gemessen.

Das Signal wurde gemäß den europäischen Richtlinien (SENIAM) aufgezeichnet und verarbeitet. Vor der Hebeaufgabe führten die Teilnehmer maximale Kontraktionen durch um die Muskelaktivitätsdaten zu normalisieren.

Um aufzuzeigen, wie stark die Muskeln während jeder Aufgabe belastet werden, wird der quadratische Mittelwert der Muskelaktivität und der Spitzenwert der normalisierten Muskelaktivität angegeben.

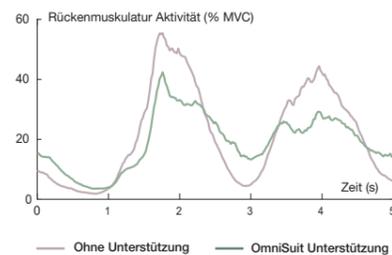
**Nutzen bei nach vorne gebeugter Haltung**  
Beim Vorbeugen im Stehen oder Knien auf dem Boden arbeiteten die Rückenmuskeln beim Tragen des Exoskeletts signifikant weniger stark. Beim Vorlehnen im Stehen, wie es z.B. in der Krankenpflege und in der Landwirtschaft üblich ist, wurde die Aktivität des unteren Rückens um 12% reduziert. Beim Halten einer schweren Kiste, während des Vorbeugens, wurde die Muskelaktivität im Rücken um bis zu 33% reduziert. Beim Vorbeugen in kniender Position, wie es z.B. beim Verlegen von Fliesen üblich ist, wurde die Muskelbelastung im unteren Rückenbereich um 19% reduziert.



**Schwerkraft zum Dehnen der elastischen Elemente**  
Um die elastischen Elemente des OmniSuit zu dehnen, müssen die Nutzer keine zusätzliche Energie aufwenden, da der OmniSuit konstruktionsbedingt nur der Schwerkraft entgegenwirkt. Die Nutzer können ihr Oberkörpergewicht einsetzen, um die elastischen Elemente des Moduls zur Unterstützung des Rückens zu dehnen, indem sie sich nach vorne lehnen und ihr Oberkörpergewicht auf den OmniSuit übertragen. Die Studienergebnisse bestätigen, dass das Design des Rückenmoduls gut funktioniert, da bei der Arbeit mit dem Exoskelett keine erhöhte Aktivität der Bauchmuskeln gemessen wurde.

**Nutzen beim Heben von Lasten**  
Beim wiederholten Heben von Lasten zwischen 6 und 20 kg reduzierte das Exoskelett die Spitzenmuskelaktivität der unteren Rückenmuskulatur signifikant. Die Spitzenwerte der Muskelaktivität wurden um bis zu 21% reduziert. Neben der Verringerung der Spitzenaktivität reduzierte das Exoskelett auch die gesamte Muskelanstrengung der Hüft- und Rückenmuskulatur beim wiederholten Heben um bis zu 16%.

Das Diagramm unten zeigt die durchschnittliche Muskelaktivität des lumbalen Erektor Spinae Muskels während fünf Hebebewegungen. Der Teilnehmer beugt sich, greift das Gewicht, hebt es an und setzt es dann wieder ab. Sowohl beim Heben als auch beim Absetzen des Gewichts liegt die Spitzenaktivität des Rückenmuskels ohne Unterstützung des Exoskeletts zwischen 40 und 60% der maximalen Leistung. Bei der Arbeit mit dem Exoskelett wurde die Spitzenaktivität der Rückenmuskulatur dieser Person um 30% reduziert.



# Auswirkungen auf die Muskelermüdung

Das Schultermodul reduzierte die durchschnittliche Ermüdung von Arm, Nacken und Schultern bei Überkopfarbeiten um bis zu 75%. Das Rückenmodul reduziert die durchschnittliche Ermüdung der Rücken- und Hüftmuskulatur beim Vorwärtslehnen um bis zu 44%.

**Wissenschaftliche Methodik**  
Die Muskelaktivität wurde mittels Oberflächen-Elektromyographie gemessen. In der Studie zur Prüfung des Schultermoduls wurden die Muskeln im Arm (Bizeps), in der Schulter (Deltamuskel), im Nacken (oberer Trapezius) und im Rücken (erector spinae) gemessen. In der Studie zur Unterstützung des Rückenmoduls wurden die Muskeln im Rücken (erector spinae) und in der Hüfte (gluteus maximus) gemessen.

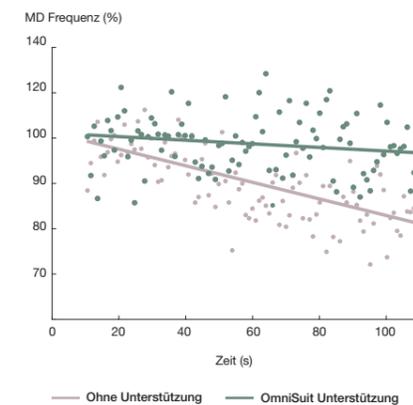
Das Signal wurde gemäß europäischen Richtlinien (SENIAM) aufgezeichnet und verarbeitet.

Als Anhaltspunkt dafür, wie schnell die Muskeln während der Aufgabe ermüden, wurde die Geschwindigkeit betrachtet, mit der die mittlere Frequenz der Muskelaktivität im Laufe der Zeit abnimmt.

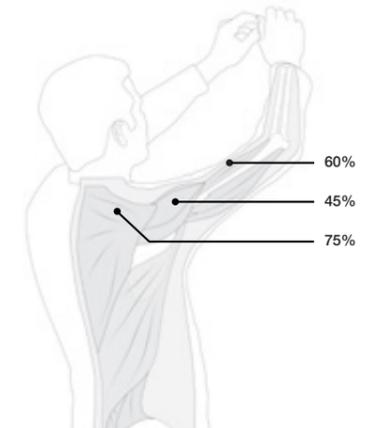
Während der Arbeit mit dem Schultermodul bewerteten die Teilnehmer ihre subjektive Anstrengung auf einer 10-Punkte-Skala.

**Reduktion der Muskelermüdung**  
Wenn Muskeln ermüden, verändert sich das Verhältnis zwischen aktivierten schnellen und langsamen Muskelfasern. Dies führt zu einer Verschiebung der Frequenzanteile des Muskelaktivitätssignals. Je niedriger die mittlere Frequenz im Vergleich zum Beginn der Aufgabe ist, desto stärker sind die Muskeln ermüdet.

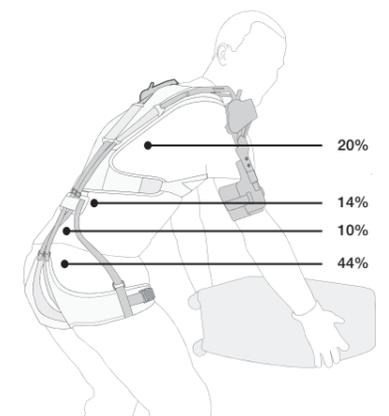
In der Abbildung ist zu sehen, dass der Deltamuskel eines Beispielteilnehmers schneller ermüdet, wenn er ohne Unterstützung arbeitet. Mit Unterstützung durch das Exoskelett traten während der Arbeit kaum Ermüdungen auf.



Über alle Teilnehmer hinweg war die Rate, in der die Medianfrequenz sinkt, signifikant niedriger, wenn sie das Schultermodul zur Unterstützung trugen. In der Studie verringerte die Exoskelett-Unterstützung die Ermüdung in der Schultermuskulatur um 45%, im Oberarm um 60% und im Nacken um 75%, während ein Elektrowerkzeug über dem Kopf gehalten wurde.



Das Rückenmodul reduzierte die Ermüdung in den Hüftmuskeln um 44% und im unteren Rücken um 14%, während eine schwere Kiste in einer nach vorne geneigten Körperposition gehalten wurde.



**Auswirkungen auf die wahrgenommene Erschöpfung**  
Überkopfarbeit ist anstrengend. Die Studienergebnisse haben jedoch gezeigt, dass die reduzierte Muskelermüdung durch das Exoskelett die subjektive Erschöpfung um 20% reduzieren kann.

# Auswirkungen auf die Herzfrequenz

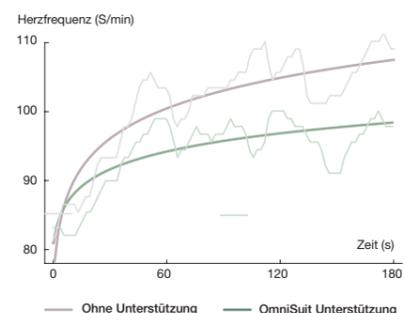
Wenn die Muskeln weniger arbeiten, verbrauchen sie weniger Sauerstoff, was die Herzfrequenz des Benutzers senkt. Das Tragen des OmniSuit bei der Verwendung eines Elektrowerkzeugs führte zu einer Reduzierung der Herzbelastung um 15%.

**Wissenschaftliche Methodik**  
Die Herzfrequenz wurde mit einem optischen Herzfrequenzsensor aufgezeichnet, der am nicht-dominanten Handgelenk oder mit einem Brustgurt getragen wurde. Das Signal wurde mit der dazugehörigen Software verarbeitet, um die Schläge pro Minute (bpm) zu erhalten.

Die Herzbelastung wird berechnet als Herzfrequenz während der Aufgabe minus Ruheherzfrequenz. Sie spiegeln die zusätzlichen Schläge pro Minute wider, die das Herz machen muss, um die Arbeit zu erledigen.

Wenn wir eine Aufgabe beginnen, werden unsere Muskeln sofort aktiv und verbrauchen Sauerstoff. Um die Muskeln mit dem zusätzlich benötigten Sauerstoff zu versorgen und Abfallprodukte abzutransportieren, beginnt das Herz schneller zu schlagen. Nach einigen Minuten ununterbrochener Arbeit stabilisiert sich die Herzfrequenz und die Herzbelastung durch die Arbeit kann berechnet werden.

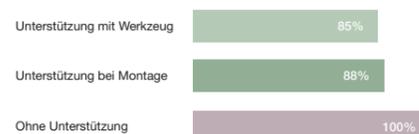
In der Abbildung ist die Herzfrequenz eines Teilnehmers bei der Arbeit mit einem Elektrowerkzeug in Schulterhöhe mit und ohne Unterstützung durch ein Exoskelett zu sehen.



Die Herzbelastung beim Schrauben mit einem Bohrer über dem Kopf betrug 21 Schläge pro Minute. Während der Studie verringerten sich die Herzbelastungen durch die Verwendung des Schultermoduls um 15% auf 18 Schläge pro Minute.

Die Herzbelastung beim Hantieren mit kleinen Gegenständen oberhalb der Schulterhöhe betrug ohne Unterstützung durch das Exoskelett 23 Schläge pro Minute. Während der Studie reduzierte die Unterstützung durch das Exoskelett die Herzbelastung um 12% auf 20 Schläge pro Minute.

Die durchschnittliche Herzfrequenz beim wiederholten Heben von Lasten ohne Exoskelett betrug 122 Schläge pro Minute. Bei Verwendung des Rückenmoduls wurde sie auf 117 Schläge pro Minute gesenkt. Die damit verbundene Herzbelastung sank von 58 auf 54 Schläge pro Minute, was eine Entlastung des Herz-Kreislauf-Systems um 7% bedeutet.



## Urheberrecht

Ausgabe: Mai 2024 © Auxivo AG  
Der Inhalt dieses Dokuments ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten.

Auxivo® und OmniSuit® sind eingetragene Marken der Auxivo AG in ausgewählten Regionen.

Unabhängig vom Verwendungszweck sind die Verwendungen dieser Marken ohne schriftliche Genehmigung der Auxivo AG untersagt.

Technische Änderungen, Irrtümer und Auslassungen ohne vorherige Ankündigung vorbehalten.

# Kontakt

## Hauptsitz

Auxivo AG  
Sonnenbergstrasse 74  
CH-8603 Schwerzenbach  
Telefon +41 77 250 35 31  
info@auxivo.com

## Vertriebsgebiet

**Schweiz**  
T +41 782 040 905  
sales.ach@auxivo.com

**Frankreich**  
T +33 642 458 114  
sales.afr@auxivo.com

**Spanien**  
T +33 642 458 114  
sales.aes@auxivo.com

**Deutschland**  
T +49 162 238 078 0  
sales.ade@auxivo.com

**Niederlande**  
T +32 483 581 451  
sales.anl@auxivo.com

**Belgien**  
T +32 483 581 451  
sales.abe@auxivo.com

Designed & Engineered in Switzerland

