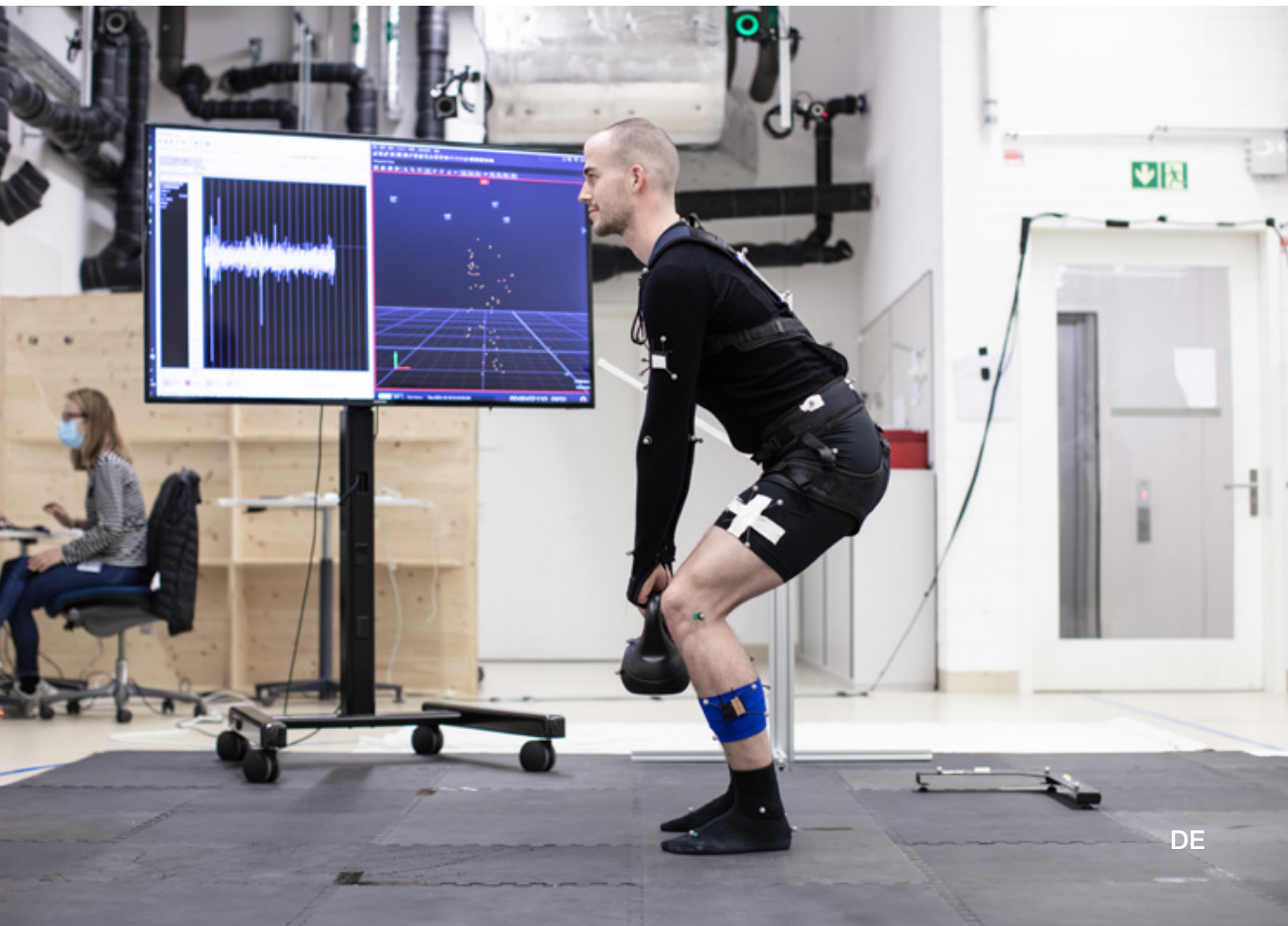


LiftSuit Performance Sheet

auxivo.com



Einleitung

Ergonomische Evaluation der Entlastung durch das LiftSuit Rücken-Exoskelett bei der Arbeit in nach vorne geneigter Haltung und beim Heben von Gegenständen.

Der LiftSuit ist ein passives, leichtes Exoskelett, das die Rücken- und Hüftmuskulatur beim Vorwärtslehnen und Herunterbeugen unterstützt. Es verfügt über integrierte elastische Elemente, welche Energie speichern, um den Benutzer zu unterstützen und die Arbeitslast zu verringern. Zwei wissenschaftliche Studien, die an der EUROBENCH-Exoskelett-Testanlage im Hospital Los Madroños in Spanien und an der Eidgenössischen Technischen Hochschule - ETH Zürich durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass das Tragen des LiftSuit die Muskelaktivität reduziert und den Ermüdungsprozess verlangsamt. Das bedeutet, dass die Benutzer langsamer ermüdet und die gleiche Aufgabe länger ausgeführt werden kann.

Studie in der EUROBENCH Exoskelett-Testanlage

Ziel der ersten Studie war es, die Auswirkung der LiftSuit-Unterstützung auf die Ermüdung der Rückenmuskulatur während der Arbeit in nach vorn gebeugter Haltung zu untersuchen. Vierzehn Teilnehmer (9 Frauen) im Alter zwischen 21 und 35 Jahren hielten eine schwere Kiste in einer nach vorne geneigten Haltung. Während dieser Aufgabe wurden die Muskelaktivität und die Muskelermüdung der Teilnehmer aufgezeichnet, um die Muskelbelastung bei der Arbeit mit und ohne die Unterstützung durch den LiftSuit zu vergleichen.

Studie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH)

Ziel der zweiten Studie war es, die Auswirkungen der Unterstützung durch den LiftSuit auf die Muskelaktivität und die Bewegungsabläufe beim Vorwärtslehnen und bei wiederholten Hebebewegungen zu untersuchen. Dreissig Teilnehmer (8 Frauen) zwischen 20 und 62 Jahren besuchten das Labor für Rehabilitationstechnik, um verschiedene Aufgaben mit und ohne den LiftSuit auszuführen. Zu den Tätigkeiten gehörten Vorwärtsbeugen und wiederholtes Heben von Gewichten zwischen 6 und 20 kg. Die maximale Muskelaktivität, die gesamte Muskelanstrengung, die Bewegungskinetik und die Wahrnehmung der Benutzer bei der Arbeit mit dem Exoskelett wurden gemessen.

Muskelbelastung

- Der LiftSuit reduzierte die Aktivität der Rückenmuskulatur um 33%, beim Halten einer Last in einer nach vorne geneigten Haltung.
- Die maximale Muskelaktivität im unteren Rücken wurde beim Heben von 6 kg durch das Exoskelett um 21% reduziert.
- Wenn die Muskeln weniger stark beansprucht werden, ermüden sie weniger schnell.

Muskelermüdung

- Der LiftSuit verringerte die Ermüdung der Rückenmuskulatur um 10% und die Ermüdung der Hüftmuskulatur um 44%.
- Veränderungen in der Muskelermüdung stehen in Verbindung mit der Erschöpfung der Nutzer und damit, wie lange sie eine Arbeit ausführen können.

Herz-Kreislauf Belastung

- Wenn Muskeln weniger arbeiten, verbrauchen sie weniger Sauerstoff, was die Herzfrequenz der Nutzer senken kann.
- Durch den Einsatz des LiftSuit beim Heben von Lasten wurden die Herzbelastung um 7% gesenkt.

Ergonomie und Komfort

- Die Teilnehmer führten wiederholte Hebebewegungen aus.
- Die Verwendung des LiftSuit führte zu keiner Veränderung der Hüft- und Kniewinkel, was darauf hindeutet, dass die Teilnehmer beim Tragen des Geräts ergonomische Hebebewegungen ausführten.
- Die meisten Teilnehmer (>85%) gaben an, dass der LiftSuit ihre Bewegungen nicht oder fast nicht behinderte.
- Die Hälfte der Benutzer gab an, dass die Stützkraft des LiftSuit genau richtig sei.

Auswirkungen auf die Muskelbelastung

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

Wissenschaftliche Methodik

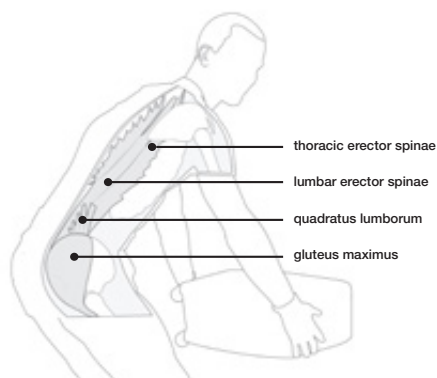
Die Muskelaktivität wurde mittels Oberflächen-Elektromyographie gemessen. Im Einzelnen wurden die Muskeln im unteren Rücken (lumbaler Erector Spinae, Quadratus Lumborum), im oberen Rücken (thorakaler Erector Spinae), in der Hüfte (Gluteus Maximus) und im Bauch (Rectus Abdominis) gemessen.

Das Signal wurde gemäss europäischer Richtlinien (SENIAM) aufgezeichnet und verarbeitet. Vor dem Experiment führten die Teilnehmer maximale Muskelkontraktionen durch. Die aufgezeichneten Muskelaktivitätsdaten wurden auf den Durchschnitt von zwei maximalen willentlichen Kontraktionsversuchen normiert.

Als Indikator dafür, wie stark die Muskeln während jeder Aufgabe beansprucht werden, geben wir den quadratischen Mittelwert und den Maximalwert der normalisierten Muskelaktivität an.

Vorteile bei nach vorn gebeugter Haltung

Beim Vorwärtsbeugen im Stehen oder kniend am Boden arbeiteten die Rückenmuskeln beim Tragen des LiftSuit signifikant weniger intensiv. Beim Vorlehnen im Stehen, wie es z. B. in der Krankenpflege und in der Landwirtschaft üblich ist, wurde die Muskelaktivität im unteren Rückenbereich um 12% reduziert. Beim Halten einer schweren Kiste, während man sich nach vorne lehnt, wurde die Muskelaktivität im Rücken um bis zu 33% reduziert. Beim Vorbeugen in kniender Position, wie es z.B. bei Bauarbeiten wie dem Verlegen von Fliesen üblich ist, wurde die Muskelbelastung des unteren Rückens um 19% reduziert.



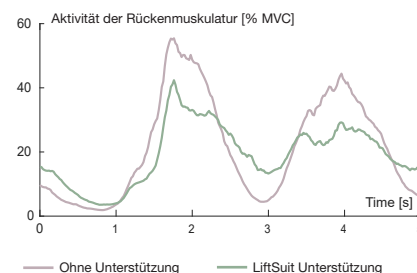
Ausnutzung der Schwerkraft

Um die elastischen Elemente des LiftSuit zu dehnen, muss der Benutzer keine zusätzliche Kraft aufwenden, da der LiftSuit konstruktionsbedingt nur der Schwerkraft entgegenwirkt. Die Nutzer verlagern ihr Oberkörpergewicht beim nach vorne Beugen auf den LiftSuit, und spannen so die elastischen Elemente. Die Studienergebnisse bestätigen diese Funktionsweise, da bei der Arbeit mit dem LiftSuit keine erhöhte Aktivität der Bauchmuskeln gemessen wurde.

Vorteile beim Heben von Lasten

Beim Heben von Lasten zwischen 6 und 20 kg reduzierte das Exoskelett die maximale Muskelaktivität der unteren Rückenmuskulatur signifikant. Die maximale Muskelaktivität des Quadratus lumborum wurde um bis zu 21% reduziert. Neben der Verringerung der maximalen Muskelaktivität reduzierte das Exoskelett auch die gesamte Muskelanstrengung der Hüft- und Rückenmuskulatur beim Heben um bis zu 16%.

Das Diagramm unten zeigt die durchschnittliche Muskelaktivität des Musculus erector spinae der Lendenwirbelsäule während fünf Hebebewegungen. Die Testperson beugt sich nach unten, 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 Exoskelettunterstützung zwischen 40 und 60% der maximalen Aktivität. Bei der Arbeit mit dem Exoskelett war die Spitzenaktivität der Rückenmuskulatur dieser Person um 30% reduziert.



Auswirkungen auf die Muskelermüdung

In der Studie reduzierte der LiftSuit die Ermüdung der Hüftmuskulatur um 44% und die Ermüdung der unteren Rückenmuskulatur um 10%, beim Halten einer Kiste in einer nach vorne geneigten Körperposition.

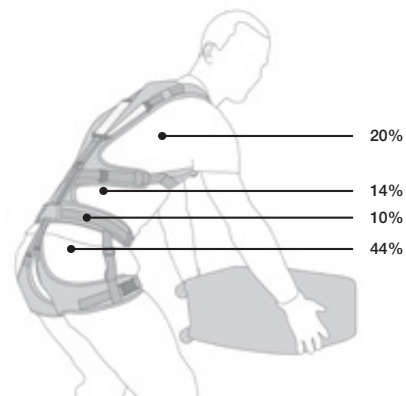
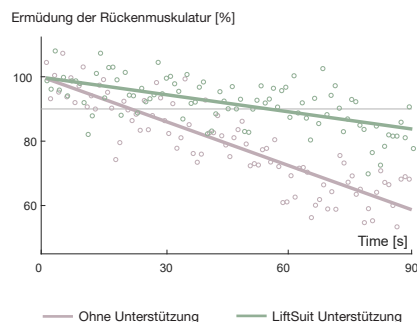
Wissenschaftliche Methodik
Die Muskelaktivität wurde mittels Oberflächen-Elektromyographie gemessen. Im Einzelnen wurden die Muskeln im unteren Rücken (lumbaler Erector Spinae, Quadratus Lumborum), im oberen Rücken (thorakaler Erector Spinae), in der Hüfte (Gluteus Maximus) und im Bauch (Rectus Abdominis) auf der linken und rechten Seite des Körpers gemessen.

Das Signal wurde gemäss europäischer Richtlinien (SENIAM) aufgezeichnet und verarbeitet.

Als Indikator dafür, wie schnell die Muskeln während der Arbeit ermüden, haben wir die Geschwindigkeit betrachtet, mit der sich die mittlere Frequenz der Muskelaktivität über die Zeit verändert. Es wird die durchschnittliche Müdigkeit auf der linken und rechten Körperseite über alle Teilnehmer angegeben.

Wenn Muskeln ermüden, ändert sich das Verhältnis zwischen den aktivierten schnell kontrahierenden und langsam kontrahierenden Muskelfasern. Dies führt zu einer Verschiebung des Frequenzen im Muskelaktivitätssignals. Je niedriger die mittlere Frequenz im Vergleich zum Beginn der Arbeit ist, desto stärker sind die Muskeln ermüdet.

In der Abbildung ist zu sehen, dass der Rückenmuskel eines Beispielprobanden zunehmend ermüdet, wenn die Arbeit ohne LiftSuit ausführt. Mit LiftSuit-Unterstützung kommt es während der Aufgabe zu einer deutlich geringeren Ermüdung.



Im Durchschnitt über alle Teilnehmer war die Geschwindigkeit der Muskelermüdung beim Tragen des LiftSuit deutlich geringer. In der Studie verringerte die Unterstützung durch den LiftSuit die Ermüdung in den Hüftmuskeln um 44% und im unteren Rücken um 10%, während eine Kiste in einer nach vorne geneigten Körperposition gehalten wurde.

Die Verringerung der Muskelermüdung ist von besonderer Bedeutung, da vorangegangene Forschungsarbeiten gezeigt haben, dass die zunehmende Ermüdung der Rückenmuskulatur eine Rolle bei der Entstehung von Verletzungen des unteren Rückens spielt. Besonders bei Berufen die das wiederholte Heben schwerer Lasten und Arbeiten in nach vorn geneigter Haltung erfordern. Die muskuläre Ermüdung steht auch im Zusammenhang mit der Zeit, die ein Arbeitnehmer eine Aufgabe ausführen kann, und dem Gefühl der allgemeinen Ermüdung am Ende eines Arbeitstages.

Entlastung des Herz-Kreislauf-Systems

Wenn der Körper geringer durch die Arbeit belastet wird, sinkt die Herzfrequenz. Das Tragen des LiftSuit bei repetitiven Hebeaufgaben führte zu einer Reduzierung der Arbeitsherzfrequenz von 7%.

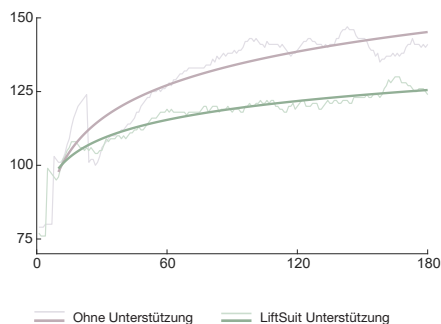
Wissenschaftliche Methodik
Die Herzfrequenz wurde mit einem optischen Herzfrequenzsensor aufgezeichnet. Die Probanden trugen den Herzfrequenzsensor an ihrem Handgelenk. Das Signal wurde mit der mitgelieferten Software verarbeitet, um die Schläge pro Minute („beats per minute“, bpm) zu erhalten.

Die Arbeitsherzfrequenz wird berechnet als Herzfrequenz während der Arbeit minus die Ruheherzfrequenz. Sie spiegelt die zusätzlichen Schläge pro Minute wider, die das Herz machen muss, um die anstrengenden Aktivitäten zu bewältigen.

Die durchschnittliche Arbeitsherzfrequenz von acht Probanden wurde gemessen.

Wenn wir eine Aufgabe beginnen, werden unsere Muskeln sofort aktiviert 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 Arbeit stabilisiert sich die Herzfrequenz und die Arbeitsherzfrequenz während einer Aufgabe kann berechnet werden.

In der Abbildung wird die Herzfrequenz eines Teilnehmers visualisiert, der drei Minuten lang wiederholt ein 6 kg schweres Gewicht vom Boden hebt.



Die durchschnittliche Herzfrequenz beim repetitiven Heben der Last ohne das Exoskelett lag bei 122 Schlägen pro Minute. Bei der Arbeit mit dem LiftSuit wurde sie auf 117 Schläge pro Minute gesenkt. Die damit verbundene Arbeitsherzfrequenz wurden von 58 auf 54 Schläge pro Minute gesenkt, was eine Entlastung des Herz-Kreislauf-Systems um 7% bedeutet.

Reduktion Arbeitsherzfrequenz bis zu 7%



Ergonomie und Komfort

Der LiftSuit unterstützt ergonomische Hebebewegungen und natürliche Bewegungsabläufe. Die meisten Teilnehmer berichten, dass sie Bewegungen fast vollkommen uneingeschränkt durchführen konnten.

Wissenschaftliche Methodik
Die Bewegungen der Teilnehmer wurden mit einem optischen Motion-Capture-System dreidimensional erfasst. Für das Experiment wurden 58 reflektierende Marker an den Körpersegmenten und Gelenken des Teilnehmers angebracht. Die Position der einzelnen Marker wurde mit 15 im Raum verteilten Kameras erfasst.

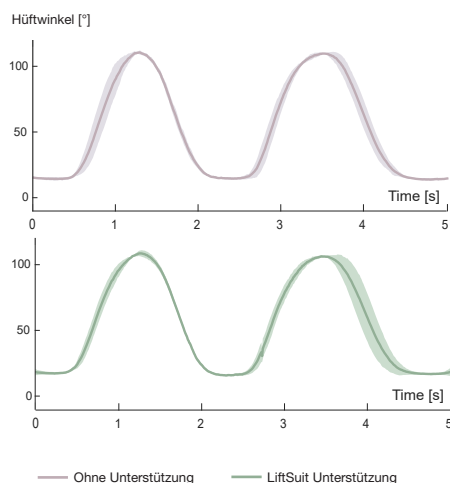
Anhand der biometrischen Daten wurde ein anatomisches Modell jeder Person erstellt.

Um die Ergonomie der Körperhaltung zu bewerten, wurden die Hüft- und Kniewinkel beim Heben einer Last berechnet. Der maximale und minimale Hüft- und Kniewinkel wurden aufgezeichnet.

Die Benutzerfreundlichkeit des Geräts wurde mithilfe eines speziellen Fragebogens ermittelt.

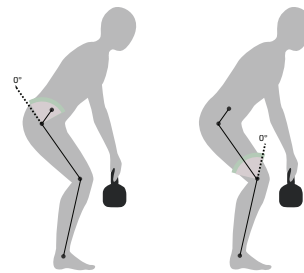
Bei körperlich schwerer Arbeit ist eine ergonomische Ausführung der Bewegungen wichtig. Die Nutzer berichten, dass der LiftSuit sie daran erinnert, Hebebewegungen richtig auszuführen.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, dass die Bewegungsmuster der Teilnehmer durch die Verwendung des Exoskeletts nicht negativ verändert wurden.



Die minimalen und maximalen Hüft- und Kniewinkel blieben während der Hebebewegungen mit dem LiftSuit unverändert. Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Teilnehmer ihre Bewegungsmuster nicht negativ veränderten und ergonomische Hebebewegungen durchführten.

Die meisten Teilnehmer (>85 %) gaben ausserdem an, dass der LiftSuit sie nicht oder fast nicht in ihrer Bewegung behindert.



Copyright

Ausgabe: Juni 2023 © Auxivo AG
Der Inhalt dieses Dokuments
sind urheberrechtlich geschützt.
Alle Rechte vorbehalten.

Auxivo® und LiftSuit® sind
eingetragene Markenzeichen
der Auxivo AG.

Unabhängig vom
Verwendungszweck ist die
Verwendung 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

Banu Aslan
Area Sales Representative
T +41 78 204 09 05
banu.aslan@auxivo.com

Deutschland

Marc Kunkel
Area Sales Representative
T +49 16 2238 0780
marc.kunkel@auxivo.com

Frankreich

Oscar Fernandez
Sales Manager
T +33 642 458 114
oscar.fernandez@auxivo.com

Benelux

Joël Bonsafo Bawua
Area Sales Representative
T +32 483 581 451
joel.bonsafo@auxivo.com

Margaux Garcia
Area Sales Representative
T +33 663 826 313
margaux.garcia@auxivo.com

Spanien

Oscar Fernandez
Sales Manager
T +33 642 458 114
oscar.fernandez@auxivo.com

Designed & Engineered in Switzerland

