

Ist Blaulicht gefährlich?

Ein Grossteil der Menschen verbringt seine Zeit innerhalb von Gebäuden und entzieht sich damit zu grossen Teilen des natürlichen Tageslichts. Der Tagesrhythmus des menschlichen Körpers ist aber primär auf den natürlichen Hell-Dunkel-Rhythmus abgestimmt^[1]. Hinzu kommt, dass man bei der Büroarbeit viel Zeit – egal ob Tag oder Nacht – vor dem Bildschirm verbringt. Dieses Bildschirmlicht hat insbesondere am Abend nachweisbare Auswirkungen auf den Menschen^[2].

Von Oliver Stefani und Achim Pross

Aufgrund der zunehmenden Präsenzen grosser, heller Displayflächen am Arbeitsplatz lohnt es sich, die Auswirkungen auf den Menschen genauer unter die Lupe zu nehmen. Hierbei gibt es im Wesentlichen zwei Gefährdungspotenziale: zum einen die direkte Blaulichtgefährdung der Netzhaut und zum anderen die indirekten «circadianen» Effekte. Beim circadianen Effekt bezieht man sich auf die Wirkung von blauem Licht auf das Hormon Melatonin^[3; 4]. Unser Nachthormon Melatonin ist nicht nur verantwortlich für einen gesunden Schlaf, es wirkt zudem antioxidativ und somit positiv auf Regenerationsprozesse von

Zellen^[5; 6]. Die Unterdrückung von Melatonin durch z. B. blaues Licht in der Nacht kann sogar schwerwiegende gesundheitliche Folgen wie ein erhöhtes Krebsrisiko, Schlafstörungen, Depressionen und Konzentrationsstörungen mit sich bringen^[7-10].

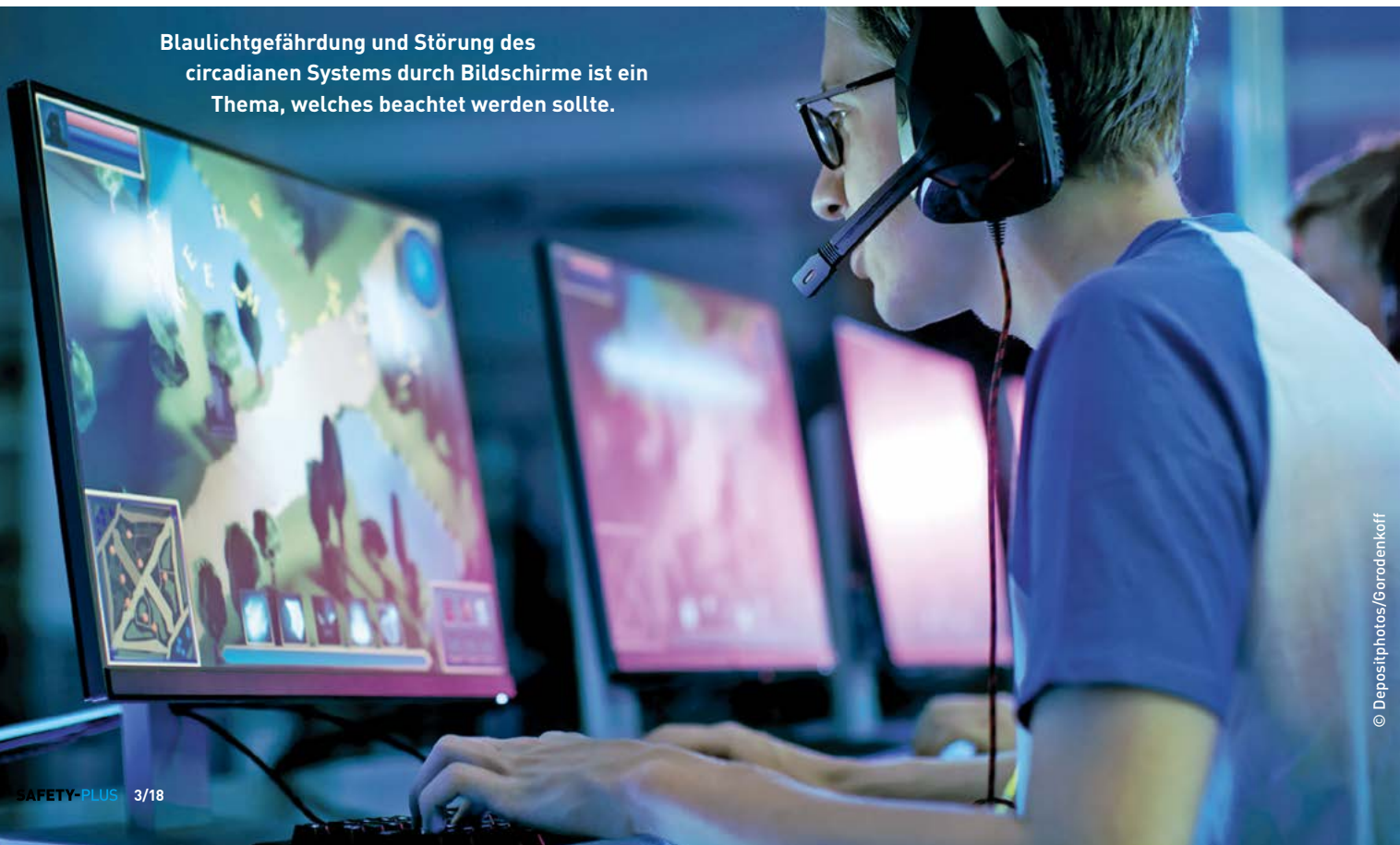
Neben dieser indirekten Wirkung von blauem Licht auf unseren Organismus birgt es auch ein direktes Risiko für die Netzhaut im Auge. Display-Hersteller bieten immer häufiger sogenannte «Low Blue Light»-Optionen an. Der Begriff Blaulichtgefährdung wird hierbei häufig verwendet, um entweder die Schädigung der Netzhaut durch energiereiches blaues Licht oder Ermüdungsprozesse wie das «Computer Vision Syndrom» (CVS, welches z. B. Augenschmerzen, müde Augen,

Reizungen und Rötungen umfasst^[11]), zu beschreiben.

Spielt das Licht von Bildschirmen überhaupt eine Rolle?

Wie setzt sich die Beleuchtungsstärke am Auge an verschiedenen Arbeitsplatzsituationen aus Umgebungslicht, Tageslicht und Displaylicht zusammen? Das hängt selbstverständlich von zahlreichen Faktoren ab und lässt sich nicht verallgemeinern. Begrenzen wir uns darum nur auf typische Arbeitsplatzsituationen, bei welchen sich die horizontale Beleuchtungsstärke auf dem Tisch von ca. 500 lx aus Tageslicht, Kunstlicht und Displaylicht zusammensetzt und nur drei Kategorien von Bildschirmen: Bildschirme mit einer Diagonalen kleiner als 24 Zoll (Kate-

Blaulichtgefährdung und Störung des circadianen Systems durch Bildschirme ist ein Thema, welches beachtet werden sollte.





Neben der Primärfunktion «Sehen» wirkt Licht auf zahlreiche Verhaltensebenen des Menschen. Kürzlich entdeckte Sinneszellen im Auge stehen im Verdacht, diese unsichtbaren Lichtwirkungen an bestimmte Hirnregionen weiterzuvermitteln, welche die Stimmung, den Schlaf und die innere Uhr des Menschen regulieren.

gorie 1), 24 bis 27 Zoll (Kategorie 2) und grösser als 27 Zoll (Kategorie 3).

Abbildung 1 zeigt einen typischen Arbeitsplatz. Betrachtet man die gesamte vertikale Beleuchtungsstärke am Auge mit einer weissen Bildschirmfläche und einem Betrachtungsabstand von 1 m, beträgt der Anteil des von den Displays unter diesen Bedingungen emittierten Lichts:

- In Kategorie 1 (20"–24"): ca. 12%
- In Kategorie 2 (24"–27"): ca. 18%
- In Kategorie 3 (> 27"): ca. 21%

Bei diesen Messungen hat sich das Mischlicht am Auge aus Tageslicht, Umgebungslicht (Leuchtstoffröhren mit 4000 K 840/T8) und Displaylicht (LED-beleuchtete Displays) zusammengesetzt.

Melanopsin in den retinalen Ganglienzellen

Zur Charakterisierung und quantitativen Messung der sogenannten circadianen oder besser nicht-visuellen Wirkungen von Licht auf den Menschen sind in der Literatur mehrere Gewichtungsfunktionen beschrieben. Die meisten basieren auf dem Absorptionsspektrum des Photopigments Melanopsin. Melanopsin befindet sich in den intrinsisch lichtempfindlichen retinalen Ganglienzellen

(ipRGCs) in der Netzhaut des Auges. 2001 wurden zwei Aktionsspektren zur Unterdrückung von Melatonin im Menschen beschrieben^[3; 4]. Diese Spektren wurden nach Gall^[12] zur deutschen Norm DIN V

5031-100: 2009 aufgenommen und als $S_{\text{biol}}(\lambda)$ ^[13] beschrieben.

Später wurde die Gewichtungsfunktion aufgrund neuer Erkenntnisse^[14] optimiert. Eine Masseinheit, mit welcher der melanopische Effekt einer Lichtquelle mit dem natürlichen Tageslicht verglichen werden kann, ist der MDEI (engl. Melanopic Daylight Equivalent Illuminance). Auf die genauen formalen Zusammenhänge soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden; bewertet man aber jeweils den Anteil des Lichts am Auge nach diesen Gewichtungsfunktionen, erhöhen sich die nicht-visuellen (melanopischen) Anteile des Displaylichts auf folgende Werte:

- In Kategorie 1 (20"–24"): ca. 16%
- In Kategorie 2 (24"–27"): ca. 21%
- In Kategorie 3 (> 27"): ca. 23%

Ohne Tageslicht, z.B. nachts mit einer horizontalen Standardbeleuchtungsstärke von 500 lx am Arbeitsplatz arbeitend, erhöht sich der Anteil der Displaybeleuchtung in Kategorie 2 photopisch bis auf ca. 35%. Gewichtet man dieses Licht noch nach seiner biologischen Wirkung, stammt fast die Hälfte (ca. 46%) des Lichts am Auge vom Bildschirm. Man sollte sich folglich des Einflusses des Bildschirmlichts auf den Menschen bewusst sein. Abbildung 3 verdeutlicht diese Zusammenhänge.

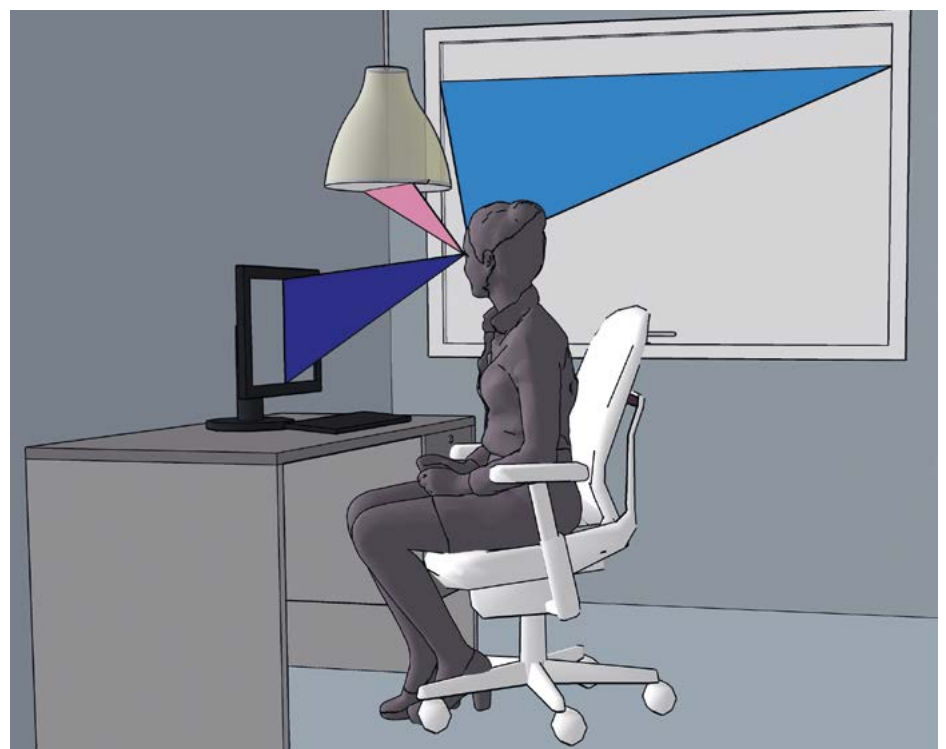


Abbildung 1: Typischer Büroarbeitsplatz bei dem sich das Licht am Auge aus Tageslicht, Kunstlicht (Umgebungslicht) und Displaylicht zusammensetzt.

Sollte man nur noch mit «Blue Blocker»-Brillen arbeiten?

Betrachtet man als Nächstes die direkte Gefährdung der Netzhaut durch Blaulicht. Behar-Cohen 2011^[15] beschreibt zwei Hauptmechanismen von lichtinduzierten Schäden:

Die Wärme, bei der die Strahlungsenergie in einem bestimmten Volumen absorbiert wird, einen Temperaturanstieg im Gewebe verursacht und folglich photothermische Schäden auftreten können. Aufgrund der geringen Energie des Bildschirmlichts und der geringen Leuchtdichte spielen durch Hitze induzierte Schäden keine Rolle. Daher liegt der Fokus auf photochemischen Schäden. Photochemische Schäden können auftreten, wenn Licht von Molekülen absorbiert wird und es zur Bildung eines elekt-

«**Besonders in den Abendstunden und in der Nacht sollte die melanopisch bewertete Beleuchtungsstärke berücksichtigt werden.**»

Zitat Autor

risch angeregten Zustands dieser Moleküle kommt, was wiederum chemische Veränderung der Moleküle verursachen kann. Die Norm IEC 62471 berücksichtigt alle photobiologischen Gefahren, thermisch und photochemisch, welche das Auge und die Haut betreffen können^[16]. Diese Norm unterteilt Leuchten nach ihrer Strahlungsleistung in Risikogruppen. Der Grenzwert der blaulichtgewichteten Strahllichte für die photochemische Ge-

fährdung der Retina in der Risikogruppe 0 (kein Risiko) beträgt 100 W/(m²sr) im sichtbaren Wellenlängenbereich bei einer Exposition von mehr als 10 000 Sekunden.

Die Ergebnisse der Messungen zeigen, dass von zwölf verschiedenen Bildschirmen (darunter auch Head Mounted Displays) alle Bildschirme der Risikogruppe 0 (kein Risiko) des Sicherheitsstandards angehören. Beispielsweise hat ein 27"-Display mit einer Leuchtdichte von 400 cd/m² eine blaulichtgewichtete Strahllichte von 0,3 W/(m²sr). Das ist also ca. 300-mal niedriger als der Grenzwert von 100 W/(m²sr). Selbst bei einem LED-Matrix-Display mit einer Leuchtdichte von 6200 cd/m² beträgt die blaulichtgewichtete Strahllichte 8,48 W/(m²sr), das ist also immer noch nur ca. 1/12 des Grenzwertes.

Schlussfolgerungen

Die zunehmende Menge an Displaylicht erhöht zwar die vom Auge empfangene Beleuchtungsstärke deutlich, die Blaulichtgefährdung kann aber nach heutigem Kenntnisstand als gering eingestuft werden. Dennoch sollte man nicht vergessen, dass sich das Spektrum von Bildschirmen deutlich vom Spektrum des natürlichen Tageslichts, für welches sich das Auge im Laufe der Evolution optimiert hat, unterscheidet. Besonders in den Abendstunden und in der Nacht sollte die melanopisch bewertete Beleuchtungsstärke berücksichtigt werden, da deren Anteil durch insbesondere LED-beleuchtete Bildschirme sehr hoch ist. Dies könnte zu Einschlafstörungen oder sogar zur Verschiebung der inneren Uhr führen. Für zukünftige Planungsprozesse und Arbeitsplatzgestaltungsrichtlinien ist es daher sinnvoll, alle Lichtquellen im Raum als Ganzes zu bewerten.

Um eine Störung des Tag-Nacht-Rhythmus auf Dauer zu vermeiden, sollten alle Lichtquellen eine Minimierung des blauen Lichts am Abend und in der Nacht ermöglichen. ■

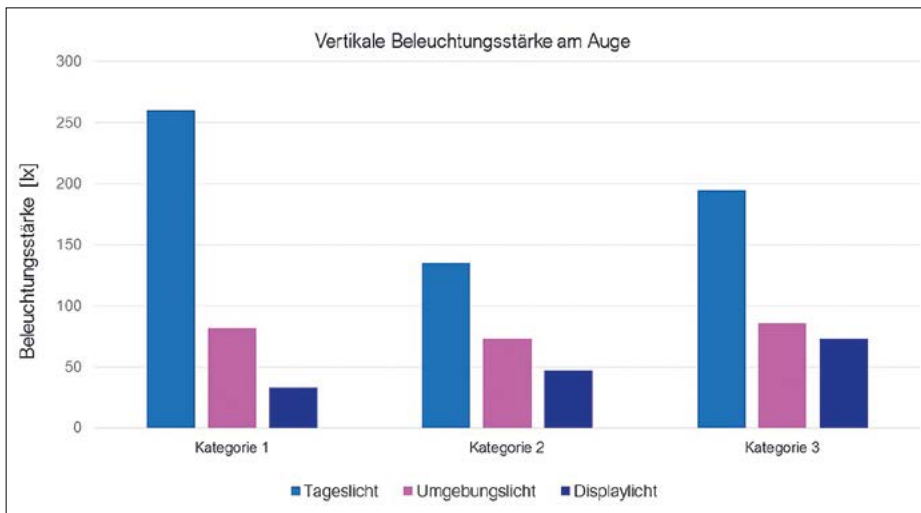


Abbildung 2: Zusammensetzung der Beleuchtungsstärke am Auge eines Büroarbeiters bei unterschiedlichen Bildschirmarbeitsplätzen (Umgebungslicht = Leuchtstoffröhren).

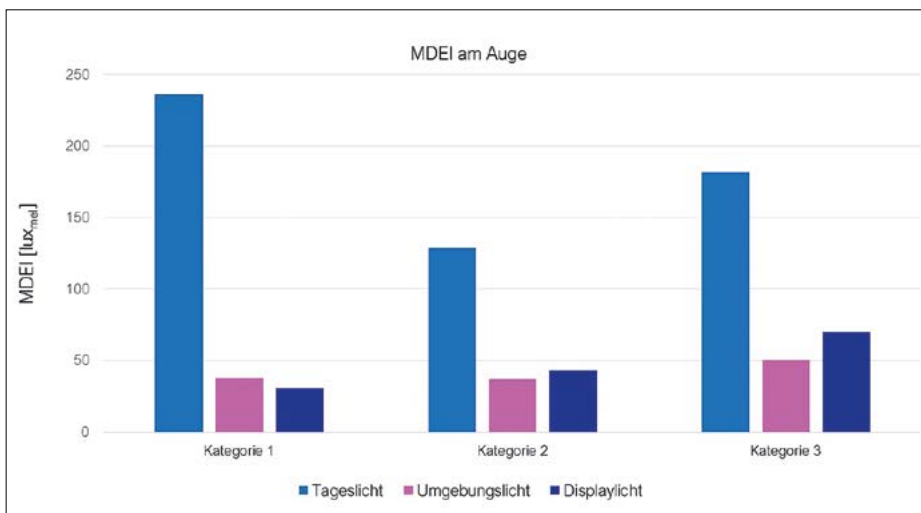


Abbildung 3: Zusammensetzung der nicht-visuellen Anteile der Beleuchtung an Bildschirmarbeitsplätzen.

Anmerkungen

- 1 Aschoff, J. (Ed.) (1981): Biological Rhythms. Boston, MA: Springer US.
- 2 Cajochen, C.; Frey, S.; Anders, D.; Späti, J.; Bues, M.; Pross, A. et al. (2011): Evening exposure to a light emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. In J Appl Physiol 110 (5), pp. 432–1438. DOI: 10.1152/jappphysol.00165.2011
- 3 Brainard, G. C.; Hanifin, J. P.; Greeson, J. M.; Byrne, B.; Glickman, G.; Gerner, E.; Rollag, M. D. (2001): Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor. In Journal of Neuroscience 21, pp. 6405–6412
- 4 Thapan, K.; Arendt, J.; Skene, D. J. (2001): An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. In J Physiology 535 (1), pp. 261–267. DOI: 10.1111/j.1469-7793.2001.t011-1-00261.x
- 5 Reiter, R. J.; Tan, D.-X.; Allegra, M. (2002): Melatonin. Reducing molecular pathology and dysfunction due to free radicals and associated reactants. In Neuro Endocrinol. Lett. 23 Suppl 1, pp. 3–8
- 6 Rodriguez, C.; Mayo, J. C.; Sainz, R. M.; Antolin, I.; Herrera, F.; Martin, V.; Reiter, R. J. (2004): Regulation of antioxidant enzymes. A significant role for melatonin. In J Pineal Res 36 (1), pp. 1–9. DOI: 10.1046/j.1600-079X.2003.00092.x
- 7 Chellappa, S. L.; Steiner, R.; Oelhafen, P.; Lang, D.; Götz, T.; Krebs, J.; Cajochen, C. (2013): Acute exposure to evening blue-enriched light impacts on human sleep. In J Sleep Res 22 (5), pp. 573–580. DOI: 10.1111/jsr.12050
- 8 Wirz-Justice, A.; Roenneberg, T. (2013): Circadiane und saisonale Rhythmen. In S. Kasper, H.-J. Möller (Eds.): Herbst-/Winterdepression und Lichttherapie. [S.l.]: Springer, pp. 203–212
- 9 Stevens, R. G. (2006): Artificial lighting in the industrialized world: circadian disruption and breast cancer. In Cancer Causes Control 17 (4), pp. 501–507. DOI: 10.1007/s10552-005-9001-x
- 10 Blask, D. E. (2009): Melatonin, sleep disturbance and cancer risk. In Sleep medicine reviews 13 (4), pp. 257–264. DOI: 10.1016/j.smrv.2008.07.007
- 11 Blehm, C.; Vishnu, S.; Khattak, A.; Mitra, S.; Yee, R. W. (2005): Computer vision syndrome. A review. In Survey of ophthalmology 50 (3), pp. 253–262. DOI: 10.1016/j.survophthal.2005.02.008
- 12 Gall, D. (2002): Circadiane Lichtgrößen und deren messtechnische Ermittlung. In LICHT 54, pp. 1292–1297
- 13 Spezifikation DIN SPEC 5031-100, 2015-08: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik – Teil 100: Über das Auge vermittelte, melanopische Wirkung des Lichts auf den Menschen – Größen, Formelzeichen und Wirkungsspektren
- 14 Lucas, R. J.; Peirson, S. N.; Berson, D. M.; Brown, T. M.; Cooper, H. M.; Czeisler, C. A. et al. (2014): Measuring and using light in the melatonin age. In Trends in neurosciences 37 (1), pp. 1–9. DOI: 10.1016/j.tins.2013.10.004
- 15 Behar-Cohen, F.; Martinsons, C.; Viénot, F.; Zissis, G.; Barlier-Salsi, A.; Cesarini, J. P. et al. (2011): Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: Any risks for the eye? In Progress in Retinal and Eye Research 30 (4), pp. 239–257. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2011.04.002 [16] Norm DIN EN 62471, 2009-03: Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen.



OLIVER STEFANI

Dr.-Ing. Designer Centre for Chronobiology
 ACHIM PROSS
 Fraunhofer IAO

ANZEIGE

Besuchen Sie
 uns an unserer
 Roadshow:
[swissphone.com/
 veranstaltungen](http://swissphone.com/veranstaltungen)



SWISSPHONE

Zuverlässig, zertifiziert, zugkräftig:
 Das SOS-Notrufsystem
 für schnellste Hilfeleistung.



Mitarbeiter sind das wichtigste Kapital eines jeden Unternehmens. Deshalb gilt es, sie bestmöglich zu schützen. Ob sofortige Hilfeleistung für Alleinarbeiter oder umgehende Notrufe bei Bedrohungslagen: Das Notrufsystem von Swissphone bietet sämtliche Komponenten – SOS-Portal, Auslösegeräte, verschiedene Channels (Paging, App, SMS, Voice, E-Mail), Indoor- und Outdoor-Ortung, Eskalation und Dokumentation.

www.swissphone.com