

Lichtexposition im Hinblick auf circadiane Wirkungen bei schichtarbeitenden Krankenpflegekräften



baua: Bericht kompakt

Die Störung der Synchronisation circadianer physiologischer Vorgänge im menschlichen Körper mit dem natürlichen Tag-und-Nacht-Rhythmus, wie etwa bei der Schichtarbeit, wird mit einer Reihe von Erkrankungen in Verbindung gebracht. Das Licht ist der wichtigste Zeitgeber für die Synchronisation circadianer Vorgänge mit dem 24-Stunden Tag-und-Nacht-Rhythmus. Deswegen erscheint es plausibel, dass die Lichtexposition eine kritische Rolle bei der Entstehung von gesundheitlichen Beeinträchtigungen spielen könnte. Das Wissen über die tatsächliche Lichtexposition von schichtarbeitenden Berufsgruppen ist noch begrenzt. In einer Feldstudie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und des Public Health England (PHE) wurde deshalb die Lichtexposition von schichtarbeitenden Krankenpfleger/innen für je eine Woche zu drei verschiedenen Jahreszeiten untersucht, mit dem Ziel, die charakteristischen Merkmale der Lichtexposition für unterschiedliche Arbeitszeiten zu identifizieren.

Einleitung

Der Schlaf-Wach-Rhythmus, die Körpertemperatur, die Ausschüttung von Hormonen wie Melatonin oder Cortisol sind nur einige von zahlreichen physiologischen Prozessen, die der circadianen Rhythmik folgen, d.h. sie haben eine Periodenlänge von etwa 24 Stunden. Die circadianen Prozesse werden von der zentralen inneren Uhr gesteuert, die sich in einem kleinen Areal des Gehirns befindet und weitere innere Uhren in den Zellen, Geweben und Organen des Körpers taktet. Der Hauptzeitgeber für die Synchronisation der Prozesse mit dem 24-Stunden Tag-und-Nacht-Rhythmus ist das Licht – sowohl natürliches Tageslicht als auch das Licht aus künstlichen Beleuchtungsquellen.

Informationen über die Lichtverhältnisse werden von Photorezeptoren in der Netzhaut empfangen, die nicht direkt am Sehen beteiligt sind, von intrinsisch photosensitiven retinalen Ganglienzellen (ipRGC). Es gibt einen wesentlichen Unterschied in den spektralen Empfindlichkeiten des visuellen und des nicht-visuellen Systems. Während die Wirkungskurve für das Tagsehen ihr Maximum im grünen Spektralbereich hat, sind die ipRGC am empfindlichsten im kurzwelligeren blau-grünen Spektralbereich. Folglich hat Licht in diesem Spektralbereich den größten Einfluss auf die circadianen Prozesse.

Zu viel Licht in der Nacht, etwa bei der Nachtschichtarbeit, oder zu wenig Licht am Tag, verursacht durch überwiegende Tätigkeiten in Innenräumen und zu wenig Aufenthalt im Freien bei Tageslicht können zu einer Desynchronisation

der circadianen Prozesse führen. Die Desynchronisation wird wiederum mit einigen gesundheitlichen Beeinträchtigungen in Verbindung gebracht, z. B. mit Stoffwechselstörungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und sogar mit einem erhöhten Krebsrisiko.

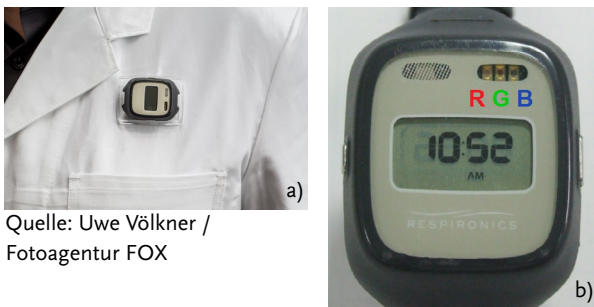
In einer gemeinsamen Probandenstudie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und des Public Health England (PHE) wurde die Lichtexposition von insgesamt 85 nacht- und tagarbeitenden Krankenpfleger/innen zu drei verschiedenen Jahreszeiten gemessen, um charakteristische Merkmale der Lichtexposition der Berufsgruppe Krankenpflegekräfte für unterschiedliche Arbeitszeiten zu identifizieren.

Methoden

An der im Rahmen des Forschungsprojekts F 2355 durchgeführten Studie nahmen 42 Krankenpfleger/innen des Klinikums Dortmund und 43 Krankenpflegekräfte des King's College Hospital in London teil. Da Dortmund und London auf demselben Breitengrad liegen (51,5°N), sind in diesen Städten die Tageslänge und damit die Dauer des Tageslichts identisch. Bei den Krankenpfleger/innen in Dortmund handelte es sich entweder um schichtarbeitende Beschäftigte, die in drei 8-Stunden-Schichten (Früh-, Spät- und Nachtschicht) arbeiteten, oder um reguläre 8-Stunden tagarbeitende Krankenpflegekräfte. Die Krankenpfleger/innen in London verrichteten entweder eine 12-Stunden-Schichtarbeit (Tag- und Nachtschicht) oder reguläre 8-Stunden-Tagarbeit.

Die persönliche Lichtexposition wurde in einem Zeitraum von jeweils einer Woche im Januar, April und Juni 2015 anhand kleiner, tragbarer Lichtexpositionsdetektoren ermittelt. Die Krankenpfleger/innen in Dortmund und London trugen die Lichtexpositionsdetektoren zeitgleich und sowohl während als auch außerhalb der Arbeitszeit. Auf diese Weise wurden im Verlauf einer Woche kontinuierliche 168-Stunden-Lichtexpositionsdaten aus natürlichen und künstlichen Lichtquellen pro Studienteilnehmer/in und Jahreszeit erfasst. Die Studie umfasste ferner das Ausfüllen eines Start- und Umweltfragebogens sowie eines Aktivitätstagebuchs. Der Startfragebogen enthielt allgemeine Fragen zu den Krankenpflegekräften, wie etwa zum Alter oder zum Arbeitszeitmodell. Der Fragebogen zum Arbeits- und zum häuslichen Umfeld lieferte z. B. Informationen über die Art der dort eingesetzten Beleuchtungsquellen. Im Aktivitätstagebuch wurden die Zeiträume erfasst, in denen sich die Studienteilnehmer/innen in Innenräumen (im Krankenhaus, zu Hause, usw.) oder im Freien (Spaziergänge, Sportaktivitäten, usw.) aufgehalten hatten. Diese Angaben lieferten die Information zu Ereignissen, die sich auf die Lichtexposition auswirkten. Die Datenspeicherung und -auswertung erfolgte anonymisiert.

Die Lichtexposition wurde durch in Brusthöhe an der Kleidung befestigte *Actiwatch Spectrum*-Detektoren der Firma Philips Respironics erfasst (siehe Abbildung 1a). Ein *Actiwatch Spectrum*-Detektor verfügt über drei Sensoren, die die Lichtexposition im roten, grünen und blauen Bereich des sichtbaren Spektrums, zwischen 350 nm und 750 nm, messen (Abbildung 1b). Anhand der gemessenen Bestrahlungsstärken¹ der Sensoren wird die Beleuchtungsstärke² ermittelt.



Quelle: Uwe Völkner / Fotoagentur FOX

Abb. 1

- a) Ein in der Brusthöhe befestigter *Actiwatch Spectrum*-Detektor.
- b) Drei optische Sensoren des *Actiwatch Spectrum*-Detektors für den roten (R), grünen (G) und blauen (B) Spektralbereich.

Lichtexpositionsdetektoren, wie der *Actiwatch Spectrum*, werden derzeit von vielen Forschergruppen in ihren Un-

¹ Bestrahlungsstärke ist die optische Strahlungsleistung pro Flächeneinheit und wird in Watt pro Quadratmeter ($W \cdot m^{-2}$) gemessen.

² Beleuchtungsstärke berücksichtigt die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges für die visuelle Wahrnehmung und wird in Lux (lx) gemessen.

tersuchungen verwendet, häufig ohne ihre messtechnischen Eigenschaften und ihre Einschränkungen zu berücksichtigen. Verschiedene Veröffentlichungen, wie der BAuA-Bericht „Personenbezogene Lichtexpositions-messungen in Feldstudien – Eine Handlungsanleitung zur Charakterisierung und Kalibrierung von Lichtexpositionsdetektoren“, verdeutlichen die Wichtigkeit einer vorherigen Charakterisierung und, falls erforderlich, der Kalibrierung der Detektoren, um verlässliche Messergebnisse erzielen zu können.

So wurden im Rahmen dieser Studie verwendete *Actiwatch Spectrum*-Detektoren hinsichtlich ihres Linearitätsbereichs und Dunkelsignals sowie ihrer Richtungs- und spektralen Empfindlichkeit in den Optiklaboren der BAuA und des PHE untersucht. Die Signale der Detektoren waren über mehrere Größenordnungen hinweg linear und zeigten vernachlässigbare Dunkelsignale. Die Notwendigkeit einer Kalibrierung der Sensoren wurde allerdings bestätigt: Zum Beispiel waren die Messwerte der Bestrahlungsstärke des Sensors im blauen Spektralbereich (B-Sensor) und der Beleuchtungsstärke durchschnittlich um 16% bzw. 78% höher als die tatsächliche Blaulicht-Bestrahlungsstärke und die Beleuchtungsstärke.

Ergebnisse

Zur Einschätzung des nichtvisuell wirksamen Lichts diente in dieser Studie die Lichtexposition im blauen Spektralbereich, d. h. die anhand des B-Sensors eines *Actiwatch Spectrum*-Detektors erfasste Blaulicht-Bestrahlungsstärke. Bei der Auswertung wurden die gemessenen Werte der Blaulicht-Bestrahlungsstärke über eine Stunde gemittelt, um auf diese Weise 24 stündliche Werte der Blaulicht-Bestrahlungsstärke zu erhalten. Ein stündlicher Wert zwischen zwei vollen Stunden wurde der jeweiligen halben Stunde zugeordnet, z. B. der stündliche Wert zwischen 14:00 Uhr und 15:00 Uhr der Uhrzeit 14:30. Alle Ergebnisse sind in den lokalen Zeitzonen der beiden Städte angegeben. Insgesamt wurden in Dortmund 395 und in London 200 Arbeitstage ausgewertet.

Obwohl die gemessenen Blaulicht-Bestrahlungsstärken große intra- und interindividuelle Unterschiede aufwiesen, sind arbeits- und jahreszeitliche Abhängigkeiten sowohl in Dortmund als auch in London deutlich erkennbar.

- Die mittlere Blaulicht-Bestrahlungsstärke an Arbeitstagen wurde im Wesentlichen durch die Arbeitszeit bestimmt und erreichte ihre maximalen Werte während des Hinwegs zum bzw. Rückwegs vom Arbeitsplatz, sofern diese Wegezeiten mit Tageslichtexposition verbunden waren. Die mittleren Blaulicht-Bestrahlungsstärken durch künstliche Beleuchtungsquellen in Innenräumen am Arbeitsplatz und zu Hause waren erheblich geringer als beim Aufenthalt im Freien.

- An 8-stündigen Frühschicht-Arbeitstagen in Dortmund (von 6:00 Uhr bis 14:30 Uhr, Abbildung 2) zeigte sich das Maximum der mittleren Blaulicht-Bestrahlungsstärke unmittelbar nach dem Ende der Arbeit (auf dem Weg nach Hause, während der Erledigung der Einkäufe, usw.) und in den Nachmittagsstunden (Freizeitaktivitäten). An diesen Arbeitstagen war die Dauer der erhöhten mittleren Blaulicht-Bestrahlungsstärke am längsten.

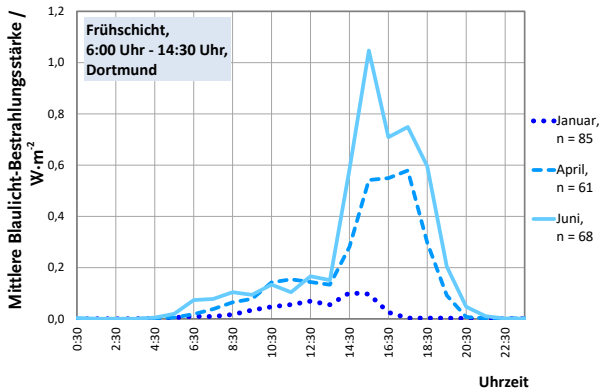


Abb. 2 Mittlere Blaulicht-Bestrahlungsstärke für Frühschicht-Arbeitstage in Dortmund zu unterschiedlichen Jahreszeiten. In dieser sowie Abbildungen 3 und 4 bezeichnet n die Anzahl der ausgewerteten Arbeitstage.

- Die mittlere Blaulicht-Bestrahlungsstärke war in Dortmund an 8-stündigen Spätschicht-Arbeitstagen (von 14:00 Uhr bis 22:30 Uhr) vor Beginn der Arbeit am höchsten – sie lag vormittags und mittags höher als an Frühschicht- und Nachtschicht-Arbeitstagen. Dies ist interessant, da die morgendliche Lichtexposition besonders wichtig für die Synchronisation circadianer Prozesse mit dem Tag-und-Nacht-Rhythmus ist.
- Die mittlere Blaulicht-Bestrahlungsstärke an 12-stündigen Tagschicht-Arbeitstagen in London (*long day shift* von 7:30 Uhr bis 20:00 Uhr, Abbildung 3) war aufgrund des ganztägigen Aufenthalts der Krankenpfleger/innen am Arbeitsplatz zu allen Jahreszeiten sehr gering, was eine circadiane Desynchronisation wie z. B. eine Störung des Schlaf-Wach-Rhythmus verursachen könnte. Eine Änderung von Start- und Endzeiten für die Tagschicht, die sich stärker an den Sonnenaufgangs- und Sonnenuntergangszeiten orientieren, würde den Beschäftigten höhere Lichtexpositionen ermöglichen.

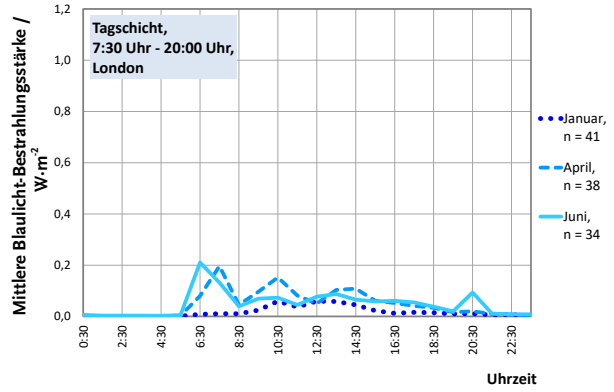


Abb. 3 Mittlere Blaulicht-Bestrahlungsstärke für Tagschicht-Arbeitstage in London zu unterschiedlichen Jahreszeiten.

- An Nachtschicht-Arbeitstagen – den 8-stündigen in Dortmund (von 22:00 Uhr bis 6:30 Uhr, Abbildung 4) und den 12-stündigen in London (von 19:30 Uhr bis 8:00 Uhr) –, die auf eine vorangegangene Nachtschicht folgen, wies die mittlere Blaulicht-Bestrahlungsstärke zwei Maxima auf: eines am frühem Morgen und das zweite am Nachmittag. Eine hohe Tageslichtexposition nach dem Ende der Nachtschicht auf dem Weg nach Hause ist allerdings nicht wünschenswert, da sie die anschließende Schlafqualität und Erholung beeinträchtigen kann. Darüber hinaus führt Nachtarbeit naturgemäß auch zu langen nächtlichen Lichtexpositionen während der Arbeit.

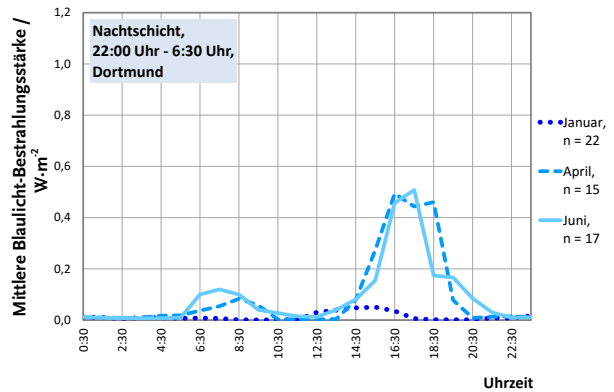


Abb. 4 Mittlere Blaulicht-Bestrahlungsstärke für Nachtschicht-Arbeitstage in Dortmund zu unterschiedlichen Jahreszeiten. Es handelt sich nur um Nachtschichtarbeitstage, die auf eine vorangegangene Nachtschicht folgen.

- Schließlich sind auch die jahreszeitlichen Unterschiede anhand der von den Beschäftigten gemessenen Lichtexpositionen gut zu erkennen: Im Winter war die mittlere Blaulicht-Bestrahlungsstärke für alle Arbeitszeiten sehr viel geringer als im Frühling und Sommer. Die Änderung der Dauer des Tageslichts zu verschiedenen Jahreszeiten zeigte sich in den veränderten Blaulicht-Bestrahlungsstärken am späten Nachmittag und frühen Abend an Frühschicht-Arbeitstagen in Dortmund (Abbildung 2).

Zusätzlich zur Blaulicht-Bestrahlungsstärke wurde in dieser Studie auch die Beleuchtungsstärke erfasst, die für den Einfluss des Lichts auf das visuelle System maßgeblich ist. Im Winter war die mittlere stündliche Beleuchtungsstärke sowohl in Dortmund als auch in London für alle Arbeitstage kleiner als 400 lx. Im Frühling zeigte sich in Dortmund für Spätschicht-Arbeitstage ein Maximum von 1600 lx, in London waren die Werte kleiner als 700 lx. Im Sommer erreichte die mittlere stündliche Beleuchtungsstärke in Dortmund höchstens 1600 lx, diesmal für die Frühschicht, während die Werte in London kleiner als 1000 lx waren. Am Arbeitsplatz wurden in Dortmund während der Nachtschicht im Winter etwa 60 lx und im Sommer 40 lx gemessen. Die entsprechenden Werte für die mittlere stündliche Beleuchtungsstärke lagen in London bei ungefähr 20 lx.

Es ist derzeit noch nicht bekannt, welches 24-Stunden-Lichtprofil hinsichtlich der spektralen Zusammensetzung des Lichts, des Zeitpunktes und der Lichtexpositionsdauer

die Synchronisation des circadianen Systems und die Gesundheit am besten unterstützt. Es scheint aber naheliegend, dass sich ausreichend Tageslicht nachhaltig auf die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden auswirkt. Die Lichtexpositionsprofile in dieser Studie zeigen jedoch, dass für viele Krankenpflegekräfte der einzige Zeitraum, in dem sie dem Tageslicht ausgesetzt sind, der Weg zur und von der Arbeit sowie, eventuell, während der Mittagspause ist.

Weiterführende Informationen

1 Udovičić, L.; Price, L. L. A.; Khazova, M.: Lichtexposition aus natürlichen und künstlichen Quellen im Hinblick auf circadiane Wirkungen bei schichtarbeitenden Krankenpflegekräften. 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2020. Projektnummer: F 2355, DOI: 10.21934/baua:bericht20200406.

2 Udovičić, L.; Janßen, M.; Nowack, D.; Price, L. L. A.: Personenbezogene Lichtexpositions-messungen in Feldstudien – Eine Handlungsanleitung zur Charakterisierung und Kalibrierung von Lichtexpositionsdetektoren. 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2016. Projektnummer: F 2355, DOI: 10.21934/baua:bericht20161220.