Zeitschrift für Arbeitswissenschaft (2024) 78:32–40
https://doi.org/10.1007/s41449-023-00409-y

PRAXISBEITRAG

Diskussionspapier Schichtarbeit und Gesundheit

Fragestellungen, Hypothesen und Vorschläge zur Weiterentwicklung präventiver Empfehlungen

Joachim Stork[1]

Angenommen: 20. Dezember 2023 / Online publiziert: 5. Februar 2024
© The Author(s) 2024

Schlüsselwörter Schichtarbeit · Nachtarbeit · Gestaltung von Arbeitszeitsystemen · Chronotyp · Wahlarbeitszeit

1 Einleitung

Nacht- und Schichtarbeit gehören zu den immer mehr Beschäftigte betreffenden arbeitsbedingten Gesundheitsgefährdungen. Das Arbeitszeitgesetz verpflichtet Arbeitgeber, die Arbeitszeit der Nacht- und Schichtarbeiter „nach den gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen über die menschengerechte Gestaltung der Arbeit“ festzulegen (§ 6 Abs. 1 ArbZG).

Zweifellos kann Schichtarbeit, insbesondere mit Nachtarbeit, zu Beeinträchtigungen des Wohlbefindens, des Schlafs, der Konzentrations- und Leistungsfähigkeit, der Sicherheit am Arbeitsplatz sowie der sozialen Integration und Lebensqualität der Beschäftigten führen. Daneben treten verschiedene gesundheitliche Beeinträchtigungen und Erkrankungen gehäuft bei in Schichtarbeit Beschäftigten auf, die nur teilweise kausal oder mittelbar mit der durch Schichtarbeit bedingten Beeinträchtigung des Schlafs verbunden sind. Die Art hierfür diskutierter Zusammenhänge ist komplex und Gegenstand intensiver Forschung; als Beispiele seien Herz-/Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen, Übergewicht, einige Krebsarten sowie Reproduktionsstörungen erwähnt.

Der Gesetzgeber, die für den Arbeitsschutz verantwortlichen Arbeitgeber, Schichtarbeit leistende Beschäftigte und ihre Interessenvertretungen erwarten von der Wissenschaft nachvollziehbar konkrete, an der Gesunderhaltung der Beschäftigten orientierte Gestaltungskriterien für Schichtarbeit mit Nachtarbeit. Wenn Nachtarbeit unvermeidbar ist, sollten Arbeitszeitsysteme so gestaltet sein, dass sie für möglichst alle oder wenigstens den weit überwiegenden Teil der Beschäftigten nicht mit Beeinträchtigungen von Gesundheit, Wohlbefinden und Sicherheit verbunden sind.

Verschiedene nationale und internationale Institutionen haben konkrete Gestaltungsempfehlungen für Arbeitszeitsysteme mit Einschluss von Nachtarbeit publiziert. Detaillierte und fundierte Informationen zum Stand wissenschaftlicher Erkenntnisse einschließlich der Benennung offener Fragen bietet die interdisziplinär erarbeitete wissenschaftliche Leitlinie „Gesundheitliche Aspekte und Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit“ der Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften unter Federführung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin DGAUM (AWMF S2k Leitlinie 2020). In der Einleitung dieser Leitlinie wird darauf hingewiesen, dass die Studienlage zu verschiedenen Themen teilweise konträre und inkonsistente Ergebnisse aufweist. Vor diesem Hintergrund hatten sich die an der Leitlinienerstellung beteiligten Fachgesellschaften für eine „S2k-Leitlinie“ entschieden, die den wissenschaftlichen Kenntnisstand zum Thema aufzeigt, aber auf eine systematische Aufarbeitung der Evidenz gegebener Empfehlungen zur Prävention verzichtet. Vielmehr sind die in der Leitlinie genannten Empfehlungen zur Gestaltung von Arbeitszeitsystemen und weiteren präventiven Maßnahmen das Ergebnis einer strukturierten Konsensfindung der Vorstände aller beteiligten Fachgesellschaften.

Dieses Diskussionspapier widmet sich u. a. den Spannungsfeldern zwischen dem gesellschaftlichen und rechtlichen Anspruch an eine Arbeitszeitgestaltung auf Grundlage gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse, einem notwendigen Expertenkonsens auch zu wissenschaft-

✉ Dr. med. Joachim Stork
joachimstork2@aol.com

[1] 34131 Kassel, Deutschland

lich noch ungeklärten Fragestellungen und den Erfahrungen und Möglichkeiten der betrieblichen Präventionspraxis.

Vor der für 2025 vorgesehenen Aktualisierung der wissenschaftlichen Leitlinie soll mit den hier erläuterten Fragestellungen, Hypothesen und konkreten Vorschlägen ein aktueller Diskurs über verschiedene Fragen angeregt werden:

- Aus welchen wissenschaftlichen Erkenntnissen wurden die aktuellen Empfehlungen zur präventiven Arbeitszeitgestaltung abgeleitet? (Abschn. 2)
- Wie bewähren sich verschiedene Arbeitszeitmodelle hinsichtlich ihrer Einflüsse auf den Schlaf und seine Erholungsfunktion, welche Konsequenzen ergeben sich aus der Varianz individueller biologischer, gesundheitlicher und sozialer Voraussetzungen, welche Forschungsergebnisse und offenen Fragen sind zu diskutieren und zu bewerten? (Abschn. 3)
- Welchen Beitrag können Erfahrungen der präventiven Praxis leisten, und wie können individuelle Merkmale und Erfordernisse der Beschäftigten im Interesse ihrer Gesundheit im Betrieb berücksichtigt werden? (Abschn. 4)

Da die publizierten Daten zu verschiedenen in der Einleitung erwähnten Erkrankungsrisiken (Diabetes mellitus, koronare Herzkrankheit, Krebs, usw.) bisher keine konsistente Assoziation mit einzelnen, definierten Arbeitszeitmodellen mit Nachtarbeit belegen, beschränkt sich die Auswahl der in diesem Diskussionspapier berücksichtigten Publikationen, abgeleiteten Fragestellungen, Hypothesen und Vorschläge auf die Aspekte des Schlafs, der Tagesmüdigkeit/Vigilanz und der Tagesschläfrigkeit sowie auf die Frage, wie in den Betrieben interindividuell sehr unterschiedliche gesundheitliche, biologische und soziale Erfordernisse der Beschäftigten angemessen berücksichtigt werden könnten. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit werden neben der aktuellen Leitlinie (AWMF S2k Leitlinie 2020) ältere Publikationen erwähnt und zitiert, deren Ergebnisse für Entwicklung der aktuellen Leitlinie bedeutsam waren (Abschn. 2). Im Abschn. 3 werden überwiegend Publikationen erwähnt, die für eine Weiterentwicklung der Empfehlungen bei der anstehenden Aktualisierung sprechen könnten. Diskussionsanregungen werden am Ende der Abschnitte als Fragestellungen, Hypothesen und Vorschläge zur Weiterentwicklung präventiver Empfehlungen hervorgehoben. Auch betriebsärztliche Erfahrungen bei der Betreuung von Beschäftigten in verschiedenen Schichtsystemen und Schlussfolgerungen für die arbeitsmedizinische Beratung werden zur Diskussion gestellt (Abschn. 3 und 4).

2 Wissenschaftliche Grundlagen aktueller Empfehlungen

Wesentliche, bis heute bedeutsame wissenschaftliche Grundlagen für eine Ableitung von Gestaltungsempfehlungen für Arbeitszeitsysteme mit Nachtarbeit wurden – nach den grundlegenden Forschungen zu zirkadianen Rhythmen, der inneren Uhr und zur Bedeutung von Zeitgebern für das „Entrainment“ der Arbeitsgruppe um Jürgen Aschoff (Aschoff et al. 1962) – in den Folgejahren maßgeblich in Kooperation von Chronobiologie, Arbeitswissenschaft und Arbeitsmedizin erarbeitet. Ziel war die Ableitung von Gestaltungskriterien für Arbeitszeitsysteme, deren Berücksichtigung eine Minimierung nachtarbeitsbedingter Ermüdung, nachlassender Aufmerksamkeit und Konzentration, eines zusätzlichen Risikos von Arbeits- und Wegeunfällen und einer Kumulation von Schlafdefiziten der nachts Arbeitenden gewährleisten sollte.

Es wurde u. a. nachgewiesen, dass auch nach mehr als 5 aufeinander folgenden Nachtschichten unter realen Lebens- und Arbeitsbedingungen der meisten Beschäftigten keine vollständige, sondern nur eine teilweise Anpassung der inneren Uhr an den geänderten Schlaf-Wach-Rhythmus (Entrainment) erreicht wird (Knauth und Ilmarinen 1975; Rutenfranz et al. 1977). Ausmaß und Zeitbedarf dieser Teilanpassung variieren interindividuell erheblich. Sogar unter den Bedingungen permanenter Nachtarbeit erreichen nur wenige Beschäftigte ein vollständiges Entrainment (Folkard 2008). Aus ihren Erkenntnissen zogen Rutenfranz et al. (1977) in ihrem Review die Schlussfolgerung, dass ein Entrainment an Nachtarbeit gar nicht erst angestrebt werden sollte: *„Single night shifts are better than consecutive night shifts (a) because a single night shift does not significantly disturb circadian rhythms and (b) because more than seven consecutive night shifts are required for reentrainment of the rhythm ... At least 24 h of free time should be allowed after each night shift“*.

24 h arbeitsfreie Zeit nach einer Nachtschicht – das schließt eine unmittelbar folgende Nachtschicht aus. Daraus wurde folgerichtig die Empfehlung einer „schnellen Vorwärtsrotation“ – z. B. Früh – Spät – Nacht – Frei abgeleitet, die im vollkontinuierlichen Schichtbetrieb auch bei allen weiteren Schichtwechseln eine ca. 24-stündige arbeitsfreie Zeit ermöglicht. Auch spätere Untersuchungen, u. a. zum zirkadianen Rhythmus der Melatoninsekretion, zeigten überwiegend nur eine Teilanpassung an permanente Nachtarbeit: *„... less than one in four permanent night workers evidence sufficiently substantial adjustment to derive any benefit from it“* (Folkard 2008).

Allerdings wurden in der Folgezeit Schichtpläne entwickelt und eingeführt, die nicht nur eine, sondern 2 oder 3 aufeinander folgende Nachtschichten umfassten und durchaus wesentlich vom ursprünglichen Gedanken einer

Begrenzung auf einzelne Nachtschichten abwichen. Zu den am häufigsten genannten Empfehlungen zur Gestaltung von Arbeitszeitsystemen mit Nachtarbeit gehören seitdem die Präferenz „schnell vorwärts“ rotierender Schichtsysteme und eine Begrenzung auf bis zu 3 aufeinander folgende Nachtschichten, was einem kumulierenden Schlafdefizit der Beschäftigten und damit assoziierten Auswirkungen wie zunehmender Müdigkeit, nachlassender Aufmerksamkeit („Schichtarbeitersyndrom“) und einem erhöhten Unfallrisiko vorbeugen soll. Einige Autoren bezeichnen derartige Schichtsysteme bis heute als „ergonomisch“, weil sie aus breit anerkannten wissenschaftlichen Erkenntnissen abgeleitet wurden. Allerdings stellt sich auch heute noch die Frage, ob es gelingen kann, mit einem einzelnen, „ergonomisch gestalteten“ Schichtsystem die Gesundheitsgefährdung durch Nachtarbeit für einen großen Teil der Beschäftigten zu minimieren.

Rutenfranz et al. (1977) war das bereits bewusst: *„Further research into the problems of shift work must be oriented towards real-life situations to ensure that the results of any experiments that are carried out are relevant to the needs of the workers.“*

3 Zu diskutierende Erkenntnisse, Fragestellungen und Hypothesen

Wie bewähren sich verschiedene Schichtarbeitssysteme hinsichtlich ihrer gesundheitlichen Auswirkungen in der realen Arbeitswelt, welche Erkenntnisse und offene Fragen sollten im Rahmen einer Aktualisierung der Leitlinie (AWMF S2k-Leitlinie 2020) diskutiert werden, und welche Konsequenzen könnten sich aus interindividuellen Unterschieden des Chronotyps und gesundheitlicher Erfordernisse im Einzelfall ergeben?

3.1 Schnell rotierende Schichtsysteme

Der Abschnitt „Auswirkungen auf den Schlaf“ der Leitlinie (AWMF S2k Leitlinie 2020) berücksichtigt Publikationen bis 2016 und stützt sich maßgeblich auf Feldstudien an in Schichtarbeit Beschäftigten. Die wenigen Interventionsstudien mit Änderung der Arbeitszeitorganisation und gesundheitlichen Endpunkten zeigten *„überwiegend positive Effekte einer schnellen Rotation im Vergleich zu langsamer Rotation auf den Schlaf der Beschäftigten*“, wie auch im Review von Sallinen und Kecklund (Sallinen und Kecklund 2010) festgestellt wurde. In den konsensbasierten „Allgemeinen Empfehlungen zur Schichtplangestaltung“ der Leitlinie (AWMF S2k Leitlinie 2020) wird eine Begrenzung auf bis zu 3 aufeinander folgende Nachtschichten empfohlen, ohne dass dafür eine wissenschaftliche Grundlage genannt werden konnte. Wo liegt die Grenze zwischen „langsamer“ und „schneller“ Rotation? Ergeben sich für schnell vorwärts rotierende 3-Schichtsysteme tendenziell positive Effekte für alle, oder nur für einen Teil der Beschäftigten? Bezieht sich diese Empfehlung auf rotierende Schichtsysteme, oder auf alle Schichtsysteme mit Nachtarbeit?

In einer neueren Untersuchung an Beschäftigten im kontinuierlichen Schichtbetrieb eines Industrieunternehmens wurde bestätigt, dass die völlige Vermeidung konsekutiver Nachtschichten in einem sehr schnell rotierenden 12h-Zweischichtsystem mit jeweils nur *einer* Tag- und Nachtschicht sowie anschließender Gewährung von 2 arbeitsfreien Tagen kumulierende Schlafdefizite für die meisten Beschäftigten verhindern konnte (Fischer et al. 2016). Auch die Akzeptanz dieses Schichtmodells bei den Beschäftigten war sehr hoch.

Die Einführung eines sehr schnell „vorwärts“ rotierenden Schichtsystems mit Beschränkung auf jeweils eine einzelne Nachtschicht bei einer Fluggesellschaft ergab u. a. positive Effekte auf Schlafparameter und die Vigilanz der Beschäftigten im Vergleich zum vorher praktizierten Schichtmodell, das jeweils nach 3 Schichten einen Schichtwechsel vorgab. Das abgelöste, ungünstigere Schichtmodell könnte also nach verbreiteter Auffassung bereits als „schnell rotierend“ gelten (Härmä et al. 2006). Die Ergebnisse sprechen dafür, dass ein Arbeitszeitmodell mit 3 aufeinander folgenden Nachtschichten deutlich weniger geeignet ist, kumulierende Schlafdefizite zu vermeiden als ein Modell mit Beschränkung auf eine einzelne Nachtschicht.

Nabe-Nielsen et al. (2016) untersuchten in einer experimentellen Crossover-Interventionsstudie die Präferenz von Polizeibeamten für 2, 4 oder 7 aufeinander folgende Nachtschichten – jeweils gefolgt von der gleichen Anzahl Freischichten. Während das 4 + 4 – Modell am häufigsten favorisiert wurde, zogen jeweils 26 % 2 + 2 bzw. 7 + 7 vor. Letztere waren deutlich häufiger späte Chronotypen. Neben der Präferenz der Probanden untersuchte die gleiche Arbeitsgruppe auch die Dauer und Qualität des Schlafs (Garde et al. 2020). Eine größere Anzahl aufeinander folgender Nachtschichten führte nicht zu einer Verlängerung der Schlafdauer am Tag – mit der Folge eines kumulierenden Schlafdefizits. Zugleich wurde deutlich, dass in jeder Gruppe – unabhängig von der Anzahl der Nachtschichten (2, 4 oder 7) – der Schlaf nach der letzten Nachtschicht besonders kurz und beeinträchtigt war – offensichtlich, weil sich die meisten Probanden nach Nachtschichtphasen an arbeitsfreien Tagen wieder auf annähernd „normale“ Tagesabläufe mit Nachtschlaf einstellen wollen. Diese „letzten Arbeitstage einer Nachtschichtfolge“ treten naturgemäß bei schnell rotierenden Schichtsystemen besonders häufig auf und könnten eine Teilerklärung der in einigen Studien besonders kurzen Schlafzeiten nach Nachtschichten bei schneller Rotation (Pilcher et al. 2000) sein.

In einer Querschnittuntersuchung an 33.669 in verschiedenen Schichtsystemen Beschäftigten in koreanischen Kliniken untersuchten Sim et al. (2021) die Assoziation insomnischer Beschwerden und der Anzahl geleisteter konsekutiver Nachtschichten. Die Insomnie-Prävalenz war im gesamten Kollektiv mit 38,7 % außerordentlich hoch. Die höchste Assoziation zeigte sich bei Beschäftigten mit 3 aufeinander folgenden Nachtschichten, gefolgt von denen die 2, 5 und 4 Nächte in Folge arbeiteten. Auch Härmä et al. (2018) fanden in einer Längsschnittstudie an 7727 in Krankenhäusern Beschäftigten gehäuft Einschlafschwierigkeiten und Fatigue, wenn ihre Schichtintervalle kurz und mehr als 2, aber nicht mehr als 4 aufeinander folgende Nachtschichten geleistet wurden. Einmal mehr wurde in dieser Studie deutlich, dass ältere Beschäftigte längerer Regenerationszeiten benötigen. Bei beiden Untersuchungen wurde der individuelle Chronotyp nicht berücksichtigt.

„Schnelle Rotation“ und „ergonomisches Schichtsystem“ sind Begriffe, die in der Literatur uneinheitlich verwendet werden und oft eine Begrenzung auf eine bis 3, gelegentlich 4 oder sogar 5 (Karhula et al. 2021) aufeinander folgende Nachtschichten bedeuten können. Als Grundlage für die in der S2k-Leitlinie (Abschnitt „Allgemeine Gestaltungskriterien für Schichtarbeit“) konsensbasiert empfohlene Begrenzung auf maximal 3 aufeinander folgende Nachtschichten wurde keine wissenschaftliche Quelle genannt.

Gemeinsam zeigen die Untersuchungen, dass auch sehr schnell rotierende Schichtsysteme mit nur einzelnen Nachtschichten die Dauer und Qualität des Schlafs der Beschäftigten beeinträchtigen, jedoch in geringerem Maß als Schichtsysteme mit 3 aufeinander folgenden Nachtschichten. Vor diesem Hintergrund drängt sich die Frage auf, wie sinnvoll und berechtigt der uneinheitlich verwendete Begriff „ergonomische Schichtmodelle“ ist.

Die allgemeinen Gestaltungskriterien für Schichtsysteme (AWMF S2k Leitlinie 2020) enthalten als weitere zu hinterfragende Empfehlung eine „schnelle Rotation von Früh- und Spätschichten (d. h. Wechsel alle 2–3 Tage)“ für Schichtsysteme ohne Nachtarbeit. Das würde allerdings unter den Rahmenbedingungen einer Vollzeitbeschäftigung und arbeitsfreier Wochenenden während der Arbeitswoche ungünstige Schichtfolgen (Spät-Früh) mit sich bringen, was unbedingt zu vermeiden ist. Um Missverständnissen vorzubeugen, könnten ergänzend zu Gestaltungsempfehlungen zukünftig ihre erforderlichen Rahmenbedingungen genannt werden.

Fragestellungen zur Diskussion

- Ist die Verwendung des Begriffs „ergonomische Schichtmodelle“ für Arbeitszeitsysteme, die regelmäßig Nachtarbeit einschließen, in einer wissenschaftlichen Leitlinie sinnvoll?
- Sollte die Empfehlung einer pauschalen Begrenzung auf bis zu 3 aufeinander folgende Nachtschichten in rotierenden Arbeitszeitsystemen aus heutiger Sicht beibehalten werden?
- Unter welchen Rahmenbedingungen ist die Empfehlung „Schnelle Rotation von Früh- und Spätschichten (d. h. Wechsel alle 2–3 Tage)“ in 2-Schichtsystemen sinnvoll?

3.2 Kontinuierliche Schichtsysteme mit Nachtarbeit

Alternativ oder in Kombination mit rotierender Schichtarbeit werden schon sehr lange kontinuierliche Schichtsysteme praktiziert, z. B. Wechselschichtarbeit (Früh-/Spät) ergänzt durch permanente Nachtarbeit. Umfangreiche Erfahrungen dazu gibt es besonders in der Krankenpflege, in der rotierende 3-Schichtsysteme angesichts der nachts reduzierten Personalkapazität nur für wenige Bereiche sinnvoll sind, z. B. auf Intensivstationen.

Die Auswirkungen permanenter Nachtarbeit auf den Schlaf sind bereits länger untersucht, überwiegend in Querschnittstudien. Während bei Beschäftigten in Dauernachtschichtsystemen in Arbeitswochen tendenziell längere Schlafzeiten als bei in langsam oder schnell rotierenden Schichtsystemen tätigen Beschäftigten gefunden werden (Wilkinson 1992; Pilcher et al. 2000; Smith et al. 2009; Flo et al. 2013; Karhula et al. 2018), berichten Beschäftigte in Dauernachtschichtsystemen deutlich häufiger über Einschlafprobleme und Fatigue an arbeitsfreien Tagen (Flo et al. 2013; Karhula et al. 2018).

In einer neueren Feldstudie untersuchten Casjens et al. (2022) den Einfluss verschiedener Schichtsysteme auf Parameter des Schlafs und den Social Jetlag von 128 Beschäftigten in 2 Industriebetrieben über 28 Kalendertage. Schlafzeiten und Motorik der Probanden während des Schlafs wurden aktimetrisch erfasst und dokumentiert. In permanenter Nachtarbeit Beschäftigte zeigten im Vergleich mit Probanden im schnell rotierenden 3-Schichtsystem ein Überwiegen später Chronotypen, deutlich längere Schlafzeiten nach Nachtschichten und kürzere an arbeitsfreien Tagen, eine identische Gesamtschlafdauer von 178 h über 28 Kalendertage sowie den spätesten Midsleep-Zeitpunkt nach Nachtschichten und an arbeitsfreien Tagen im Vergleich zu allen anderen Schichtsystemen. Als Folge des auch an arbeitsfreien Tagen „späten“ Lebensstils war der durchschnittliche soziale Jetlag an Arbeitstagen geringer als im rotierenden Schichtsystem, der „absolute Jetlag“ – der Durchschnittswert des Jetlags mit Einbeziehung arbeitsfreier Tage – aber der höchste aller untersuchten Schichtsysteme. Die Messungen der motorischen Aktivität während des Schlafs („LIDS-levels“, „LIDS-oscillation“) sprachen zudem für eine ein-

geschränkte Schlafqualität der in permanenter Nachtarbeit tätigen Beschäftigten.

Wie in der Mehrzahl publizierter Studien mit differenzierter Methodik schränken auch hier die geringe Größe der Teilkollektive für einzelne Schichtmodelle und das Querschnittdesign die Ableitung kausaler Zusammenhänge ein. Im Vergleich zu rotierender Schichtarbeit liegen insgesamt deutlich weniger publizierte Daten zu den gesundheitlichen Auswirkungen von permanenten Schichtmodellen vor, obwohl diese durchaus häufig praktiziert werden und umfangreiche Erfahrungen durch regelmäßige arbeitsmedizinische Vorsorge vorliegen. Die eingeschränkte Datenlage erschwert insgesamt den Vergleich der gesundheitlichen Auswirkungen permanenter und rotierender Schichtsysteme.

Aus Sicht der Leitlinienautoren (AWMF S2k Leitlinie 2020) können kontinuierliche Nachtschichten bzgl. des Schlafs (am Tage) und seiner Erholungsfunktionen der schnellen Vorwärtsrotation gleichwertig sein, und bei moderaten oder schweren Insomnien von Beschäftigten in rotierenden Schichtsystemen wird ein Einsatz in Tagschicht oder in einem kontinuierlichen Schichtsystem empfohlen.

Permanente Nachtarbeit kann unter seltenen Bedingungen alternativlos sein – z. B. wenn bestimmte Arbeiten ausschließlich Nachts anfallen (z. B. bei Wachdiensten). Weitaus häufiger wird aber permanente Nachtarbeit in Ergänzung zu Tagarbeit oder 2-Schichtmodellen ohne Nachtarbeit praktiziert – besonders wenn nachts im Vergleich zum Tag eine deutlich reduzierte Personalkapazität erforderlich ist – z. B. in der Pflege oder bei nachts abgesenkter Aktivität in Industrie- oder Versorgungsunternehmen. Solche kombinierten Schichtsysteme bedingen und ermöglichen im Vergleich zu rotierenden 3-Schichtsystemen eine erhebliche Reduktion des Anteils nachtarbeitsexponierter Beschäftigter und eine Weiterbeschäftigung mit gleicher Tätigkeit im Fall einer Nachtarbeitsbefreiung auf arbeitsmedizinischen Rat – s. hierzu auch Abschn. 4.

Permanente Nachtarbeit greift tief in das individuelle soziale Leben ein. Für manche Beschäftigte passen allerdings ihre Lebenssituation, ihr später Chronotyp, ihre Anpassungsfähigkeit und Präferenz eines „späten Tageablaufs“ auch an arbeitsfreien Tagen zu dieser Arbeitsweise. Sallinen und Kecklund (2010) zogen in ihrem Review aus damaliger Sicht die Schlussfolgerung: „*Thus, no clear evidence exists showing that permanent night work is more advantageous than the rotating system. However, permanent night work may be a good solution for individuals who have a late circadian phase and the willingness and possibility to live in a night-oriented rhythm also during days off*“

Fragestellungen zur Diskussion

- Ist hinsichtlich des Schlafs und seiner Erholungsfunktion eine generelle Überlegenheit rotierender oder permanenter Arbeitszeitsysteme mit Nachtarbeit belegt?
- Welche Anforderungen sollte die Evidenz der wissenschaftlichen Grundlagen allgemeiner Gestaltungsempfehlungen für Arbeitszeitsysteme mit Nachtarbeit erfüllen?

3.3 Individuelle Unterschiede der Schichtarbeitstoleranz

In der arbeitsmedizinischen Betreuung von in Schichtarbeit mit Nachtarbeit Beschäftigten zeigt sich immer wieder eine breite Streuung der Präferenz und Akzeptanz einzelner Arbeitszeitmodelle; 60–70 % Zustimmung der Beschäftigten zu einem Schichtmodell gelten bereits als hohe Akzeptanz. Neben der individuellen Lebenssituation und sozialen/familiären Aspekten erweist sich der Chronotyp dabei als bedeutsam, und er scheint zu einer „chronotypischen Selektion“ in bestimmte Schichtmodelle beizutragen (Petru et al. 2005). Aus chronobiologischer Sicht sind Krankheitsrisiken mit einer mangelnden Übereinstimmung von Chronotyp und Arbeitszeit bzw. biologischer Innenzeit und der Außenzeit verbunden, weniger mit einzelnen Arbeitszeitmodellen (AWMF S2k-Leitlinie 2020). Es stellt sich damit die Frage, welche Gestaltungsmerkmale von Schichtarbeit für welche Beschäftigtengruppen vorteilhaft sind.

In einer zeitlich befristeten, experimentellen Feldstudie wurden 114 Beschäftigte eines Industriebetriebs, die in einem schnell vorwärts rotierenden 3-Schichtsystem eingesetzt waren, anhand ihres Chronotyps in 4 Quartile unterteilt. In einer 5-monatigen Beobachtungsphase wurden sie so beschäftigt, dass ein Einsatz früher Chronotypen (1. Quartil) in der Nachtschicht und ein Einsatz später Chronotypen (4. Quartil) in der Frühschicht vermieden wurde. Das Chronotyp-adjustierte Schichtmodell konnte den „sozialen Jetlag“ um insgesamt 1 h reduzieren, zu einer signifikant verlängerten Schlafdauer und zu einem verbesserten Wohlbefinden der Beschäftigten mit extremem Chronotyp beitragen (Vetter et al. 2015).

Stone et al. (2018) untersuchten den Einfluss der Tageslichtexposition relativ zur individuellen circadianen Phase sowie des Chronotyps auf das Ausmaß der durch Nachtarbeit ausgelösten Phasenverschiebung der inneren Uhr bei 21 Beschäftigten im Schichtdienst einer Intensivstation. Sie fanden eine hohe interindividuelle Variabilität im Ausmaß, und sogar in der Richtung der Phasenverschiebung nach 3 oder 4 konsekutiven Nachtschichten. Der individuelle Chronotyp und das relative Timing der individuellen Lichtexposition trugen mit insgesamt 71 % maßgeblich zur interindividuellen Variabilität der circadianen Phasenverschie-

bung durch Nachtarbeit bei: *„The large proportion of variability in phase shift explained by our regression model has potential applications for individualised shift work management“*.

In einer Feldstudie mit Beteiligung von 30 im rotierenden 3-Schichtsystem arbeitenden Beschäftigten analysierten Fischer et al. (2021) über 5 Wochen die Schlafdefizite und den sozialen Jetlag in Abhängigkeit vom individuellen Chronotyp und der Anzahl konsekutiver Früh- und Nachtschichten – jeweils 2 oder 4. Die Verdopplung von 2 auf 4 aufeinander folgender Nachtschichten erhöhte das Schlafdefizit bei frühem Chronotyp, während sich das Schlafdefizit bei spätem Chronotyp mit zunehmender Zahl der Nachtschichten reduzierte und bei intermediärem Chronotyp unverändert blieb. Der soziale Jetlag veränderte sich nicht. Insbesondere konnte auch gezeigt werden, dass die Auswirkungen aufeinander folgender Nachtschichten nicht ohne Berücksichtigung vorheriger Arbeitszeiten adäquat verstanden und beurteilt werden können: so kann ein „mitgebrachtes“ Schlafdefizit von Beschäftigten mit spätem Chronotyp nach mehreren Frühschichten – unabhängig von der circadianen Phasenlage – die Vigilanz während und den Schlaf nach einer anschließenden Nachtschicht erheblich beeinträchtigen. Es zeigten sich Verbesserungen dieser Parameter über die folgenden Nachtschichten*: „Findings for consecutive night shifts in permanent schedules are likely to be different from those for night shifts in the context of day/morning and evening shifts. Our results furthermore suggest that any number of night shifts regardless of chronotype may be best scheduled between (several) days off“*. Die Autoren zogen die Schlussfolgerung: *„Our results suggest that consecutive night shifts should be limited in early types. For other chronotypes, working four night shifts might be a beneficial alternative to working two morning and two night shifts.“*

Die Erkenntnisse zur weitgehenden Abhängigkeit der zirkadianen Phasenverschiebung bei Nachtarbeit vom Chronotyp und der individuellen Tageslichtexposition in Relation zur zirkadianen Phase (Stone et al. 2018) könnten gemeinsam mit der hohen interindividuellen Varianz der Chronotypen eine Teilerklärung der immer wieder festgestellten Inkonsistenz vieler Ergebnisse früherer Studien zur Schichtarbeit bieten. Ein weiterer, damit möglicherweise verbundener Grund unterschiedlicher Ergebnisse könnte ein unterschiedliches Ausmaß der *(Selbst-) Selektion bestimmter Chronotypen in Schichtarbeitskollektiven* sein, die u. a. von Petru et al. (2005) beschrieben wurde und die wir in erheblich größeren Beschäftigtengruppen in Arbeitszeitmodellen mit und ohne Nachtarbeit ebenfalls feststellen konnten. Offensichtlich durch die Wahlmöglichkeit der Beschäftigten zwischen Nachtarbeit oder Wechselschichtarbeit ohne Nachtarbeit entwickelte sich eine divergierende chronotypische Selektion der Schichtarbeitsteams: in einer von uns untersuchten Gruppe von 759 Beschäftigten in der Dauernachtschicht waren nur 33 frühe Chronotypen (4 %). Unter 870 Beschäftigten der Wechselschichtteams ohne Nachtarbeit fanden sich dagegen 183 frühe Chronotypen (21 %). Im Vergleich zu Beschäftigten mit spätem Chronotyp klagte die kleine Gruppe mit frühem Chronotyp unter permanenter Nachtarbeit erheblich häufiger über Schlafstörungen und Fatigue.

Freiwillige Wahl und Selbstselektion scheinen besonders für Beschäftigte mit extremem Chronotyp entlastend zu wirken und könnten dazu beitragen, dass sich auch andere untersuchte Kollektive hinsichtlich der Verteilung der Chronotypen deutlich unterscheiden. Solche Unterschiede könnten Teilursache einiger inkonsistenter Ergebnisse sein – vielleicht auch der langjährigen Kontroversen über eine „optimale Rotationsgeschwindigkeit“ oder die Präferenz permanenter bzw. rotierender Schichtsysteme (Folkard 1992; Wilkinson 1992; Pilcher et al. 2000; Folkard et al. 2008; Smith et al. 2009).

Hittle und Gillespie (2018) empfehlen am Ende ihres Review über den Zusammenhang von Schichtarbeit und Übergewicht, dass die gesundheitlichen Effekte Chronotyp-angepasster Schichtzeiten genauer untersucht werden sollten; durch ein Verständnis dieser Schnittstelle könnten Beschäftigte besser individuell beraten werden und so *informierte Entscheidungen treffen*.

Die Working Time Society zog in ihrem Consensus Statement „Individual differences in shift work tolerance and recommendations for research and practice“ (Ritonja et al. 2019) die Schlussfolgerungen: *„Individuals vary in their sleep requirements and preferences with regard to both duration and timing (e.g. observable as different chronotypes). They also vary considerably in the impact of sleep loss and circadian misalignment on their alertness and cognitive functioning. Long-term health consequences and risks associated with shift work vary among individuals as well. Employers should consider flexibility in individual's work hours where operationally feasible …“*

Hypothesen

- Beschäftigte mit frühem oder mit spätem Chronotyp profitieren von unterschiedlich gestalteten Schichtsystemen
- Beschäftigte mit frühem Chronotyp tolerieren Arbeitszeitsysteme mit nur einer oder maximal 2 aufeinander folgenden Nachtschichten besser als
  z. B. wöchentlich rotierende Schichtsysteme,
- Beschäftigte mit spätem Chronotyp erfahren durch mehrere aufeinander folgende Nachtschichten tendenziell eine Entlastung.
- Die Auswirkungen einer unterschiedlichen Anzahl aufeinander folgender Nachtschichten sind nicht isoliert, d. h. ohne Berücksichtigung vorangegangener und be-

vorstehender Arbeitszeiten/Schichten, angemessen zu bewerten.

4 Mögliche Konsequenzen für betriebliche Prävention und betriebsärztliche Beratung

Die Leitlinienempfehlung zur differenzierten arbeitsmedizinischen Beratung und individueller Einflussmöglichkeit der Beschäftigten auf ihre Arbeitszeit wird auch durch neuere Ergebnisse weiter gestützt (AWMF S2k-Leitlinie 2020). Es stellt sich die Frage, wie im Spannungsfeld zwischen betrieblichen und individuellen gesundheitlichen Erfordernissen praktikable und präventiv sinnvolle Lösungen gefunden werden können.

Beschäftigte, die Nachtarbeit leisten, sind berechtigt, sich vor Beginn der Beschäftigung und danach arbeitsmedizinisch untersuchen zu lassen (§ 6 Abs. 3 ArbZG). Es handelt sich dabei nicht um Eignungsuntersuchungen, sondern um ein nutzbares Recht der Beschäftigten. Arbeitgeber sollten über diese Option informieren und sie niederschwellig ermöglichen, können sie aber nicht anordnen. Der Chronotyp sollte im Rahmen arbeitsmedizinischer Vorsorge ermittelt und in der Beratung berücksichtigt werden – er kann und darf aber keinesfalls alleiniges Kriterium für die individuelle Beratung von Beschäftigten sein. Die arbeitsmedizinische Beratung sollte vielmehr neben individueller gesundheitlicher Situation und Chronotyp auch die Lebens- und Wohnbedingungen, persönliche Perspektive und soziale Integration der Beschäftigten berücksichtigen. Erhobene Befunde und Beratungsinhalte unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht; nur auf ausdrücklichen Wunsch von Beschäftigten geben Betriebsärzte und Betriebsärztinnen Arbeitgebern Empfehlungen zum individuell gesundheitsgerechten Einsatz – z. B. für einen Einsatz ohne Nachtarbeit.

Im Fall einer arbeitsmedizinisch empfohlenen Nachtarbeitsbefreiung werden selten individuelle Schichtpläne gestaltet, weil das kaum realistisch ist – denn Schichtteams benötigen für die Rotation eine identische Personalkapazität. Deshalb wird in einem solchen Fall, soweit betrieblich realisierbar, eher eine Versetzung in einen anderen Betriebsbereich mit Tag- oder Wechselschichtsystem ohne Nachtarbeit angeboten. Damit ist in der Regel auch ein Tätigkeitswechsel verbunden, oft auch auf eine Aufgabe mit geringeren Qualifikationsanforderungen. Das wäre jedoch nicht notwendig, wenn z. B. im Arbeitsbereich bei nachts abgesenkter Personalkapazität 2 Schichtsysteme parallel praktiziert werden könnten – ein „schnell“ rotierendes 3-Schichtmodell und ein 2-Schichtmodell ohne Nachtarbeit. Das könnte einen adäquaten Einsatz im gleichen Arbeitsbereich ohne Aufgabe der bisherigen Tätigkeit und Nutzung der erworbenen Qualifikationen ermöglichen. Zugleich kann auf diese Weise durch Kombination rotierender Schichtsysteme in Grenzen Wahlarbeitszeit ermöglicht werden.

Im Abschn. 3.2 wurde auf permanente Schichtsysteme eingegangen, weil diese oft praktiziert werden, wenn nachts ein geringerer Arbeitsanfall gegeben und damit eine geringere Schichtbesetzung erforderlich ist. Z. B. können für einen 24h-Betrieb bei 8-stündiger Schichtdauer in einem Arbeitsbereich 2 gleich große Wechselschichtteams gebildet werden, die rotierend nur die Früh- und Spätschicht abdecken, und in Ergänzung ein permanent nur nachts arbeitendes Team. Soweit Qualifikationsanforderungen dem nicht im Weg stehen, kann auch auf diese Weise in Grenzen eine Wahlmöglichkeit des Schichtmodells für die Beschäftigten ermöglicht werden. Im Vergleich zu einem rotierenden 3-Schichtbetrieb sind in diesem Arbeitszeitmodell nur maximal 1/3 der Beschäftigten eines Arbeitsbereichs Nachtarbeits-exponiert – das ist von hoher praktischer wie präventiver Bedeutung. Bei nachts reduziertem Arbeitsanfall können reine Nachtschichtteams darüber hinaus proportional weiter verkleinert werden.

In Analogie zu invasiven Untersuchungen oder Therapieverfahren in der kurativen Medizin wird in diesem Diskussionsbeitrag die Möglichkeit einer Individualisierung von Schichtarbeit über *eine informierte Entscheidung von Beschäftigten* angeregt, wo immer diese realisierbar ist.. Bedingung dafür ist, dass die Arbeitszeitorganisation Alternativen und Wahlmöglichkeiten besonders für Beschäftigte ermöglicht, die auf Grundlage arbeitsmedizinischer Beratung oder aus persönlichen Gründen keine Nachtarbeit verrichten sollten oder können.

Bei aller in diesem Diskussionsbeitrag betonten Bedeutung des Chronotyps verbietet sich aber sowohl seine Verwendung als Eignungskriterium für einzelne Arbeitszeitmodelle, als auch eine daran orientierte, betriebliche „Einteilung“ von Beschäftigten in unterschiedliche Schichtsysteme:

- Der individuelle Chronotyp ist keine fixe Größe, sondern u. a. abhängig vom Lebensalter und Geschlecht; zudem wird die zirkadiane Phasenlage und -Verschiebung z. B. auch von Zeit und Intensität der Tageslichtexposition beeinflusst – also vom individuellen Lebensstil.
- Der Chronotyp von Beschäftigten gehört zu den individuellen Gesundheitsdaten. Sie unterliegen, ebenso wie die Inhalte individueller Beratung, nicht nur dem Datenschutz, sondern auch der ärztlichen Schweigepflicht. Es handelt sich nicht um Personaldaten eines Unternehmens. Ihre Erhebung, Verarbeitung und Speicherung ist ausschließlich zu Zwecken der Gesundheitsvorsorge zulässig (Art. 9 Abs. 2 h DSGVO).

- Nicht zuletzt beeinflussen die bereits erwähnten individuellen Lebensumstände maßgeblich die Schichtarbeitstoleranz.

Vorschläge zur Weiterentwicklung präventiver Empfehlungen

- Arbeitszeitsysteme unter Einschluss von Nachtarbeit sollten möglichst so konzipiert werden, dass Beschäftigten eine Wahlmöglichkeit haben, auch ohne Nachtarbeit oder ohne Frühschicht tätig zu werden und im Idealfall eine informierte Entscheidung treffen können
- Betriebsärzte und Betriebsärztinnen sollten ggf. die Einführung solcher Systeme unterstützen, arbeitsmedizinisch begleiten und interdisziplinäre Kooperation nutzen
- Betriebsärztlich erhobene Befunde und Beratungsinhalte sollten auswertungsgerecht dokumentiert und die Entwicklung der Gesundheit von Beschäftigten in verschiedenen Arbeitszeitmodellen im Längsschnitt analysiert werden – s. hierzu auch die Arbeitsmedizinische Empfehlung (AME) „Auswertung betriebsärztlicher Erkenntnisse“ (Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2023)
- Angesichts offener Fragestellungen sowie der Ansprüche an informierte Entscheidungen von Beschäftigten in Nacht – und Schichtarbeit sollten konsensbasierte Empfehlungen für die arbeitsmedizinische Beratung interdisziplinär erarbeitet werden; z. B. als arbeitsmedizinische Empfehlung (AME) des Ausschusses für Arbeitsmedizin (AfAMed) beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS)

5 Ausblick

Die S2k-Leitlinie „Gesundheitliche Aspekte und Gestaltung von Nacht und Schichtarbeit“ (AWMF S2k Leitlinie 2020) ist von hoher Bedeutung für die betriebliche Prävention – insbesondere durch die detaillierten Darstellungen des jeweiligen Kenntnisstandes in den Themenkapiteln. Vor dem Hintergrund ihrer eingeschränkten Evidenzgrundlage sind die allgemeinen Gestaltungsempfehlungen für Arbeitszeitsysteme darauf zu überprüfen, ob sie in ihrer langjährigen Konstanz dem in den einzelnen Themenkapiteln der Leitlinie dargelegten Kenntnisstand weiterhin gerecht werden, ob neuere Erkenntnisse ihre intendierte präventive Wirkung bestätigen und welche Weiterentwicklung ggf. geboten ist.

Einige der hier zur Diskussion gestellten Empfehlungen und Vorgehensweisen wurden und werden bereits betrieblich mit positiven Resultaten umgesetzt; andere haben hypothetischen Charakter. Wie wirkt sich z. B. eine Individualisierung von Arbeitszeit langfristig gesundheitlich aus? Die Vorschläge bedürfen einer interdisziplinären Diskussion, manches einer Erprobung und Validierung in Feldstudien.

Die weitere Untersuchung gesundheitlicher Auswirkungen der Nacht- und Schichtarbeit und unterschiedlicher Arbeitszeitsysteme muss angesichts ihrer tendenziellen Ausweitung und noch vieler offener Fragen eine hohe Priorität für die Förderung interdisziplinärer Arbeitsforschung erhalten. Neben den klassischen industriellen und sozialen Arbeitsbereichen mit Schichtarbeit und dem Trend zu 365× 24h-Dienstleistungen können auch mobile Arbeit, globale Kommunikation und kurze Dienstreisen über mehrere Zeitzonen mit beträchtlichen zusätzlichen Belastungen für unsere biologischen Rhythmen und damit die Gesundheit verbunden sein. In Kooperation von Wissenschaft und präventiver Praxis in den Betrieben sollten u. a. bedarfsgerechte Wahlarbeitszeitmodelle entwickelt, erprobt und mit kontrollierten Interventionsstudien wissenschaftlich begleitet werden.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de.

Literatur

Aschoff J, Wever R (1962) Spontanperiodik des Menschen bei Ausschluss aller Zeitgeber. Naturwissenschaften 49(15):337–342

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg) (2023) Arbeitsmedizinische Empfehlung „Auswertung betriebsärztlicher Erkenntnisse“. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Bonn

Casjens S, Tisch A, Brenscheidt F, Beermann B, Brüning T, Behrens T, Rabstein S (2022) Social jetlag and sleep debts are altered in different rosters of night shift work. PLoS ONE 17(1):e262049. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262049

Fischer D, Vetter C, Oberlinner C, Wegener S, Roenneberg T (2016) A unique, fast-forwards rotating schedule with 12-h long shifts prevents chronic sleep debt. Chronobiol Int 33(1):98–107

Fischer D, Roenneberg T, Vetter C (2021) Chronotype-specific sleep in two versus four consecutive shifts. J Biol Rhythms 36(4):395–409

Flo E, Pallesen S, Åkerstedt T, Magerøy N, Moen BE, Grønli J, Nordhus IH, Bjorvatn B (2013) Shift-related sleep problems vary according to work schedule. Occup Environ Med 70(4):238–245

Folkard S (1992) Is there a ‘best compromise’ shift system? Ergonomics 35(12):1453–1463

Folkard S (2008) Do permanent night workers show circadian adjustment? A review based on the endogenous melatonin rhythm. Chronobiol Int 25(2):215–224

Garde AH, Nabe-Nielsen K, Jensen MA, Kristensen J, Sørensen JK, Hansen ÅM (2020) The effects of the number of consecutive night shifts on sleep duration and quality. Scand J Work Environ Health 46(4):446–453. https://doi.org/10.5271/sjweh.3885

Härmä M, Hakola T, Kandolin I, Sallinen M, Jussi V, Bonnefond A, Mutanen P (2006) A controlled intervention study on the effects of a very rapidly forward rotating shift system on sleep–wakefulness and well-being among young and elderly shift workers. J Psychophysiol 59(1):70–79

Härmä M, Karhula K, Ropponen A, Puttonen S, Koskinen A, Ojajärvi A, Hakola T, Oksanen T, Vahtera J, Kivimäki M (2018) Association of changes in work shifts and shift intensity with change in fatigue and disturbed sleep: a within-subject study. Scand J Work Environ Health 44(4):394–402

Hittle B, Gillespie GL (2018) Identifying shift worker chronotype: implications for health. Ind Health 56:512–523

Karhula K, Hakola T, Koskinen A, Ojajärvi A, Kivimäki M, Härmä M (2018) Permanent night workers' sleep and psychosocial factors in hospital work. A comparison to day and shift work. Chronobiol Int 35(6):785–794

Karhula K, Hakola T, Koskinen A, Lallukka T, Ojajärvi A, Puttonen S, Oksanen T, Rahkonen O, Ropponen A, Härmä M (2021) Ageing shift workers' sleep and working-hour characteristics after implementing ergonomic shift-scheduling rules. J Sleep Res 30(4):e13227. https://doi.org/10.1111/jsr.13227

Knauth P, Ilmarinen J (1975) Continuous measurement of body temperature during a three-week experiment with inverted working and sleeping hours. In: Colquhoun P, Folkard S, Knauth P, Rutenfranz J (Hrsg) Experimental studies of shiftwork. Westdeutscher Verlag, Opladen, S 66–73

Nabe-Nielsen K, Jensen MA, Hansen AM, Kristiansen J, Garde AH (2016) What is the preferred number of consecutive night shifts? A crossover intervention study among police officers in Denmark. Ergonomics 59(10):1392–1402

Petru R, Wittmann M, Nowak D, Birkholz B, Angerer P (2005) Effects of working permanent night shifts and two shifts on cognitive and psychomotor performance. Int Arch Occup Environ Health 78(2):109–116

Pilcher JJ, Lambert BJ, Huffcutt AI (2000) Differential effects of permanent and rotating shifts on self-report sleep length: a meta-analytic review. Sleep 23(2):155–163

Ritonja J, Aronson KJ, Matthews RW, Boivin DB, Kantermann T (2019) Working Time Society consensus statements: Individual differences in shift work tolerance and recommendations for research and practice. Ind Health 57(2):201–212

Rutenfranz J, Colquhoun WP, Knauth P, Ghata JN (1977) Biomedical and psychosocial aspects of shift work. A review. Scand J Work Environ Health 3(4):165–182

Sallinen M, Kecklund G (2010) Shift work, sleep, and sleepiness—Differences between shift schedules and systems. Scand J Work Environ Health 36(2):121–133

Sim J, Byung-Yoon Y, Lee J, Sung Kyung K, Seunghyun L, Ara C, Seunghan K, Chang-young K, Yeon Suh O, Yoon J-H (2021) The association between the number of consecutive night shifts and insomnia among shift workers: a multi-center study. Front Public Health 9:761279. https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.761279

AWMF S2k Leitlinie (2020) Gesundheitliche Aspekte und Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit, Version 2.1. verfügbar unter. https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/002-030. Zugegriffen: 10. Mai 2023

Smith MR, Fogg LF, Eastman CI (2009) A compromise circadian phase position for permanent night work improves mood, fatigue, and performance. Sleep 32(11):1481–1489

Stone JE, Sletten TL, Magee M, Ganesan S, Mulhall MD, Collins A, Howard M, Lockley SW, Rajaratnam SMW (2018) Temporal dynamics of circadian phase shifting response to consecutive night shifts in health care workers: role of light-dark exposure. J Physiol 596:2381–2395

Vetter C, Fischer D, Matera JL, Roenneberg T (2015) Aligning work and circadian time in shift workers improves sleep and reduces circadian disruption. Curr Biol 25(7):907–911

Wilkinson RT (1992) How fast should the night shift rotate? Ergonomics 35(12):1425–1446

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.