



Management – **A**viation – **R**isk

Fatigue / Ermüdung / Müdigkeit

Dipl.-Psych. Andreas Gabauer

Version 2.0, AG, 12.03.2019

Industrialisierung - Schlaf ist ein Störfaktor!

**„You know ...
I can sleep when I´m dead.“**

Was ist Schlaf?

**Schlaf ist ein
aktiver Regenerationsprozess
von Körper und Geist.**

Überstunden

McDonald's-Mitarbeiterin arbeitet sich zu Tode

Monat für Monat hat sie mehr als 80 Überstunden absolviert. Jetzt starb eine Japanerin an einer Gehirnblutung. Die Behörden sagen, sie habe sich überarbeitet.

Eine **McDonalds**-Filialeiterin in Japan ist nach Behördenangaben an den Folgen von Überarbeitung gestorben. Die 41-Jährige starb infolge einer Gehirnblutung, nachdem sie zuvor ein halbes Jahr lang monatlich mehr als 80 Überstunden absolviert hatte, wie eine Arbeitsbehörde im Großraum Tokio am Mittwoch mitteilte. „Wir haben festgestellt, dass ihre Arbeit sie krank gemacht hat.“ Weil die Behörde den Fall aus dem Herbst 2007 jetzt als Tod durch Überarbeitung – im Japanischen Karoshi genannt – anerkannte, dürfen die Hinterbliebenen der Frau Rentenleistungen beziehen.

In Japan untersuchen die Behörden routinemäßig Todesfälle von Beschäftigten, wenn diese zuvor ein halbes Jahr lang monatlich mehr als 80 Überstunden abgeleistet haben oder mehr als 100 Überstunden im letzten Monat vor ihrem Tod. Jährlich erkennen die Behörden rund 150 Todesfälle von Arbeitnehmern in Japan als Karoshi-bedingt an – meist ist **ein Herzinfarkt** die Todesursache.

"My mind clicks on and off. I try letting one eyelid close at a time while I prop the other with my will. But the effect is too much, sleep is winning, my whole body argues dully that nothing, nothing life can attain is quite so desirable as sleep. My mind is losing resolution and control."

Charles Lindbergh

über seinen 1927 transatlantic flight

Fatigue und Wissenschaft

Das Gehirn ist (nicht)
wie ein Computer :

- Elektrochemisch
- Kann nicht kontinuierlich “wach” sein
- Festgelegte Ruhe und Erholungsintervalle werden benötigt

Das Gehirn sammelt Ermüdung an,
wenn es arbeitet!

Fatigue

Fatigue ist ein physiologischer Status;
er hat nichts mit schlechter Einstellung
oder Motivation zu tun!

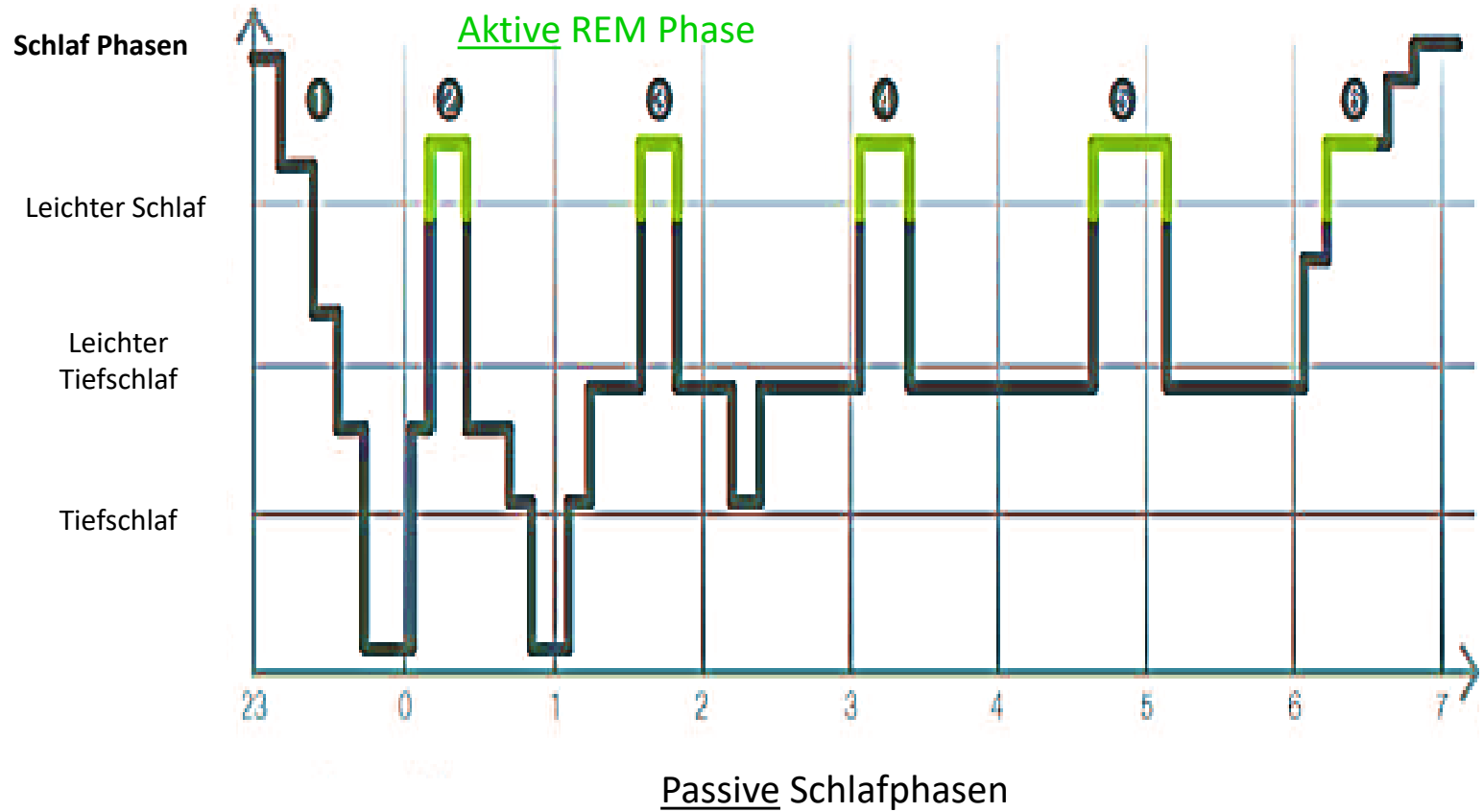
Schlaf Fakten (1)

- Normal benötigter Schlaf 8 - 8 ¼ Std.
 - Min 5 Std. pro Nacht, um Leistung zu erhalten
???
- Schlafbedürfnis tw. genetisch bedingt
- 6 < Schlaf > 10 Std. – höhere Sterberate
- Schlaf kann nicht “angespart” werden, aber Defizite akkumulieren sich
- Ausruhen ersetzt keinen Schlaf
- Einsetzen von Schlaf geschieht plötzlich – gemessen durch EEG

Schlaf Fakten (2)

- Fatigue demotiviert, aber hohe Motivation kann Fatigue nicht ausgleichen (Elsmore et al., 1995; Glaser et al. 2008)
- Das gilt auch für Wille und Training (Caldwell, 2005;2009)
- Fatigue ~ Alkohol (Lamond&Dawson, 1999)
 - 17 Std. ~ 0,5 ‰
 - 23 Std. ~ 1‰
- Fehlerrate steigt exponentiell mit linearem Anstieg von Fatigue (Dinges et al., 1997)

Schlafverlauf



Schlafphasen

- Passive Schlafphasen (vier)
„inaktives Gehirn in einem beweglichen Körper“
- 1. Einschlafphase: Gehirnwellen Aktivität, Muskelspannung und bewusste Wahrnehmung nehmen ab
- 2. Leichter Schlaf: 50% des gesamt Schlafes, Gehirnaktivität nimmt zur 1. Phase zu
- 3. Leichter Tiefschlaf: Gehirnaktivität bzw. Wellen nehmen zu, 4-5x Stufe 1, Muskelspannung nimmt ab
- 4. Tiefschlaf: maximale Melatoninausschüttung
=> Reparatur im ganzen Körper maximale Erholung

Gehirn löscht Unwichtiges und speichert Wichtiges, Gelerntes, wiederholtes in den Langzeitspeicher

REM Phase

- REM (Rapid Eye Movement)
„hoch aktives Gehirn in einem gelähmten Körper“
 - Traumschlaf
 - Gekennzeichnet durch schnelle, richtungslose Augenbewegungen
 - Gehirn wird von Muskeln „entkoppelt“
 - Träume an die man sich erinnern kann
 - Zu Beginn relativ kurz und wird im Verlauf der Nacht immer länger
 - Insgesamt ca. 100 Minuten
 - Ausstieg aus dem Schlaf sollte in einer REM Phase erfolgen!

Schlafzyklus

- Einschlafen ca. 11 Minuten nach „Licht aus“
- Ca. 5 bis 6 Zyklen pro Nacht
- 1 Schlafzyklus entspricht ca. 90 Minuten
- Bis zu 20 Mal pro Nacht wachen wir auf
=> Sicherheitscheck (bewusst/unbewusst)
- Tiefschlafphasen werden
im Laufe der Nacht immer flacher
- Optimal => aufwachen nach Durchlaufen eines
Schlafzyklus
- Kurz vor dem Wecker aufwachen
– gutes Zeichen für genug Schlaf

Ursachen von Fatigue

- Schlafmangel
- Stress
- Angst
- Schlechte Gesundheit
- Unterbrechung d. „Circadian Rhythm“

„Circadian Rhythm“ ist ein Faktor –
auch wenn Pausen oder Ruhe erlaubt wurden.

Diese Symptome ähneln denen von Hypoxie oder Dehydration.

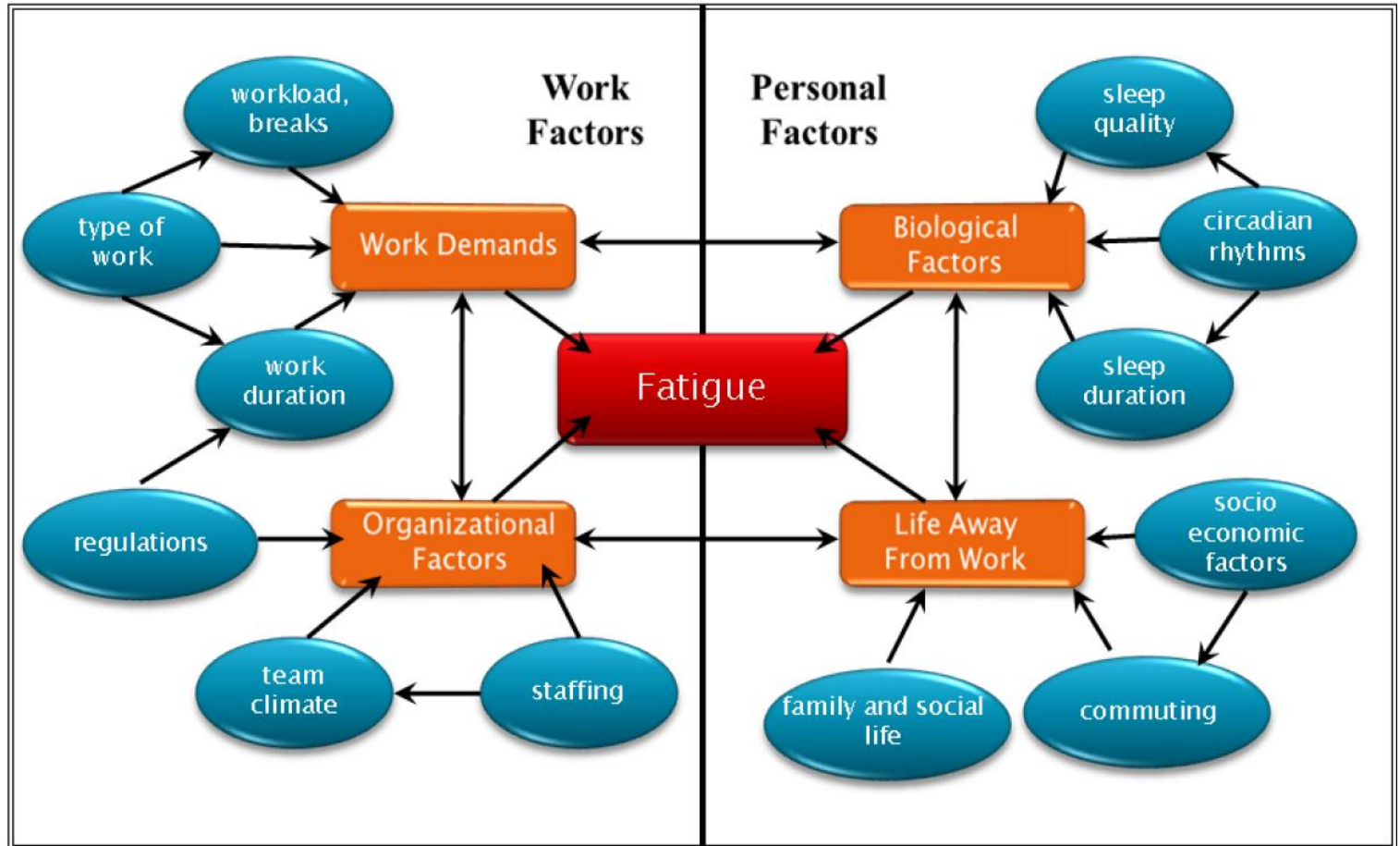
Ursachen von Fatigue (1)

- Zu lange Wachzeit
- Zu geringe Schlafdauer
- Schlechte Schlafqualität
- Schlafstörungen
- Unterbrechung oder Verschiebung des circadianen Rhythmus
 - Nachtarbeit
 - Schichtarbeit

Ursachen von Fatigue (2)

- Stressoren
 - hohe physische Belastung
 - Extreme Umweltbedingungen
 - Hitze
 - hohe Luftfeuchtigkeit
 - Verantwortungsdruck
 - Konflikte
 - Langeweile und Monotonie
 - Rumination

Ursachen von Fatigue (3)



Risikofaktoren

- Lange Arbeitszeiten und / oder lange Arbeitswege
- Ständige Wechselschichten
- Schlaf / Arbeitsperioden in Konflikt mit dem Zirkadianen Rhythmus
- Ständig wechselnde Arbeitszeiten
- Unvorhersehbare Arbeitszeiten
- Keine Möglichkeit von Pausen
- Schlafunterbrechungen
- Keine ausreichende Bewegung
- Schlechte Ernährung
- Umweltbelastungen im Job.
- Persönliche Belastungen... Todesfall, Scheidung, Geburt, finanzielle Sorgen, der Zweitjob,...

Symptome von Fatigue

- Längere Reaktionszeiten
- Leistungsschwankungen
- Eingeschränkte Aufmerksamkeitsverteilung
- Eingeschränkte Konzentrationsfähigkeit
- (Target) Fixation
- Evtl. Verluste im Kurzzeitgedächtnis
- Beeinflussung der Entscheidungsfindung
- Ablenkung
- „Sloppyness“
- Reduziertes Sehen
- Veränderungen der Persönlichkeit / Depression

DIE BIOLOGISCHE UHR

- Endogen
 - Rhythmus existiert ohne Zeit Cue's
- Langsame Anpassung
 - Viele dieser Rhythmen brauchen mehrere Tage um sich anzupassen: z.B. Schichtarbeit oder über mehrere Zeitzonen

Ohne zeitliche Hinweise ist der Mensch auf einen 25 Stunden Tag ausgelegt.

Kelowna Flightcraft Air Charter - Flug 273

Am 19. März 2013 wurde ein Boeing 727-Frachter für den Start auf einer von zwei Schneeräumfahrzeugen belegten Startbahn freigegeben. Die anschließende Aufhebung der Startfreigabe wurde nicht empfangen, die Piloten der Boeing erkannten die Fahrzeuge jedoch und führten einen erfolgreichen Hochgeschwindigkeitsstartabbruch durch. Die Untersuchung ergab, dass der Fluglotse die Anzeige für die Sperrung der Start- und Landebahn auf seinem Display nicht "bemerkt" hat und dass er in der Funkkommunikation von Standards abwich. Die verspätete Sichtung der Fahrzeuge durch die Flugzeugbesatzung war auf einen erhöhten Mittelabschnitt der Start- und Landebahn zurückzuführen.

Kelowna Flightcraft Air Charter - Flug 273

Die Zwischenfalluntersuchung ergab, dass der verantwortliche Fluglotse an seinem ersten freien Schichttag kontaktiert und um Übernahme einer zusätzlichen Schicht gebeten wurde. Dies lehnte er zunächst ab, akzeptierte die Schicht dann jedoch, als ihm erklärt wurde, dass sich kein anderer bereit erklärt hatte.

Es wurde festgestellt, dass der Lotse das Gefühl der Müdigkeit zum Zeitpunkt des Auftretens meldete und darauf hingewiesen hatte, dass er gelegentlich Schwierigkeiten hatte, während dieser Art von Schichtwechsel ausreichend Schlaf zu bekommen.

Die Untersuchung führte eine detaillierte Überprüfung seines Arbeitsplanes durch und kam zu dem Schluss, dass die qualitative Analyse des Arbeits-/Ruhegefüges in diesem Zeitraum die Risikofaktoren und wahrscheinlichen Auswirkungen auf die Leistung identifizieren konnte.

Kelowna Flightcraft Air Charter - Flug 273

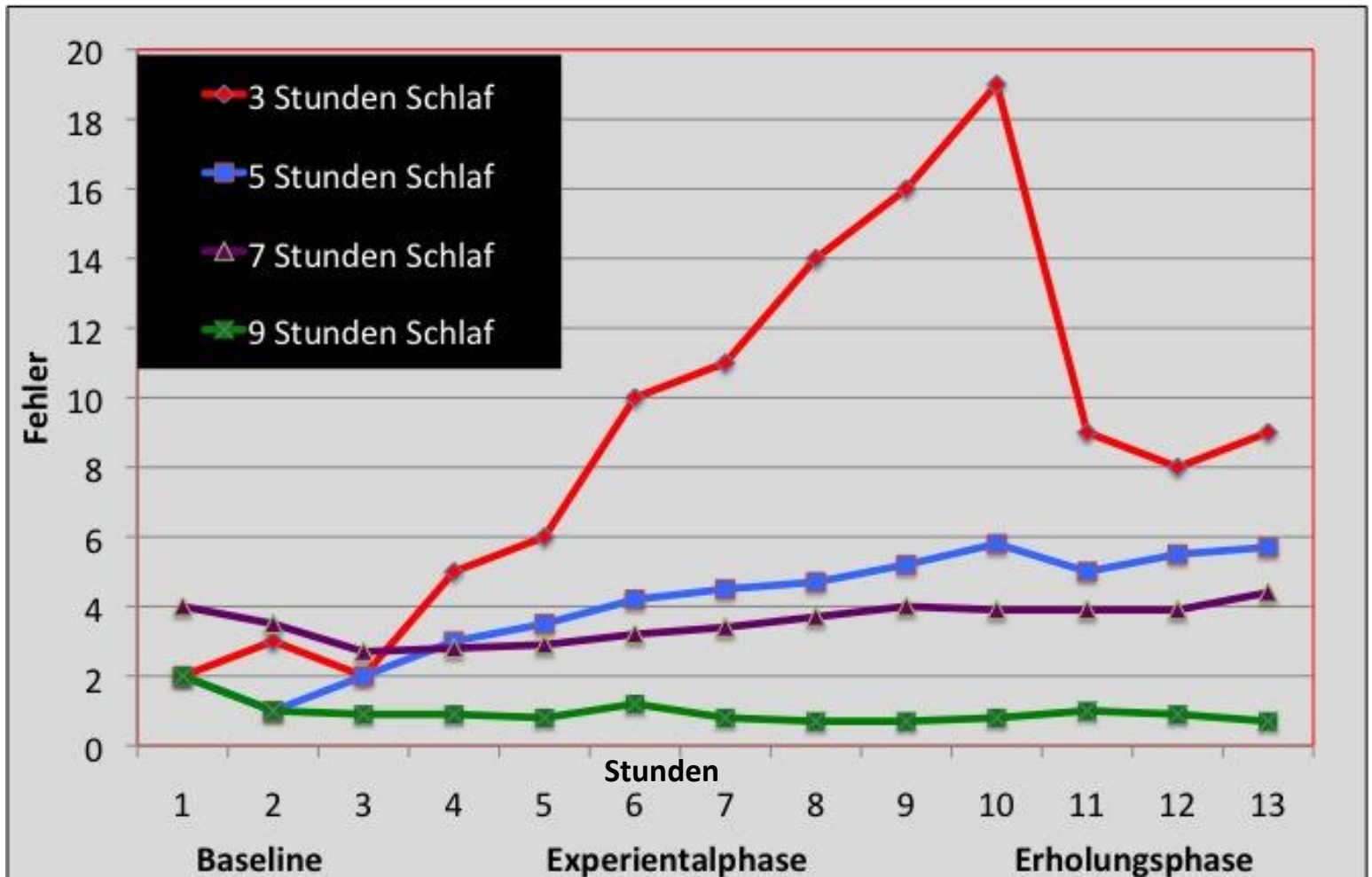
Die formell festgestellten Ergebnisse der Untersuchung zum Risiko waren unter anderem:

- Wenn die Personaleinsatzplanung auch Schichtwechsel gegen den Uhrzeigersinn und kurze Schichtwechsel beinhaltet, besteht ein erhöhtes Risiko von Müdigkeit und Leistungseinbußen während der Nachtschichten am Ende der Schichtwechsel.
- Wird die Praxis des Arbeitens der kombinierten Luft-Boden-Position über längere Zeiträume in der Nacht angewendet, besteht ein erhöhtes Risiko von Fehlern aufgrund von Ermüdung.

CUE'S FÜR DIE BIOLOGISCHE UHR (Exogene Komponenten)

- Tag /Nacht Zyklus
 - Setzt die interne Uhr auf einen 24-Std. Tag, wenn der Mensch Tageslicht normal ausgesetzt wird
- Soziale Faktoren
 - Termine von Aktivitäten, Mahlzeiten, etc. können für Zeit-Cue's sorgen
- Schlaf / Wach Zyklus
 - Beeinflusst die Tageslichtzufuhr

Fehlerhäufigkeit & Fatigue (Balkin 2000)



Zirkadianer Rhythmus



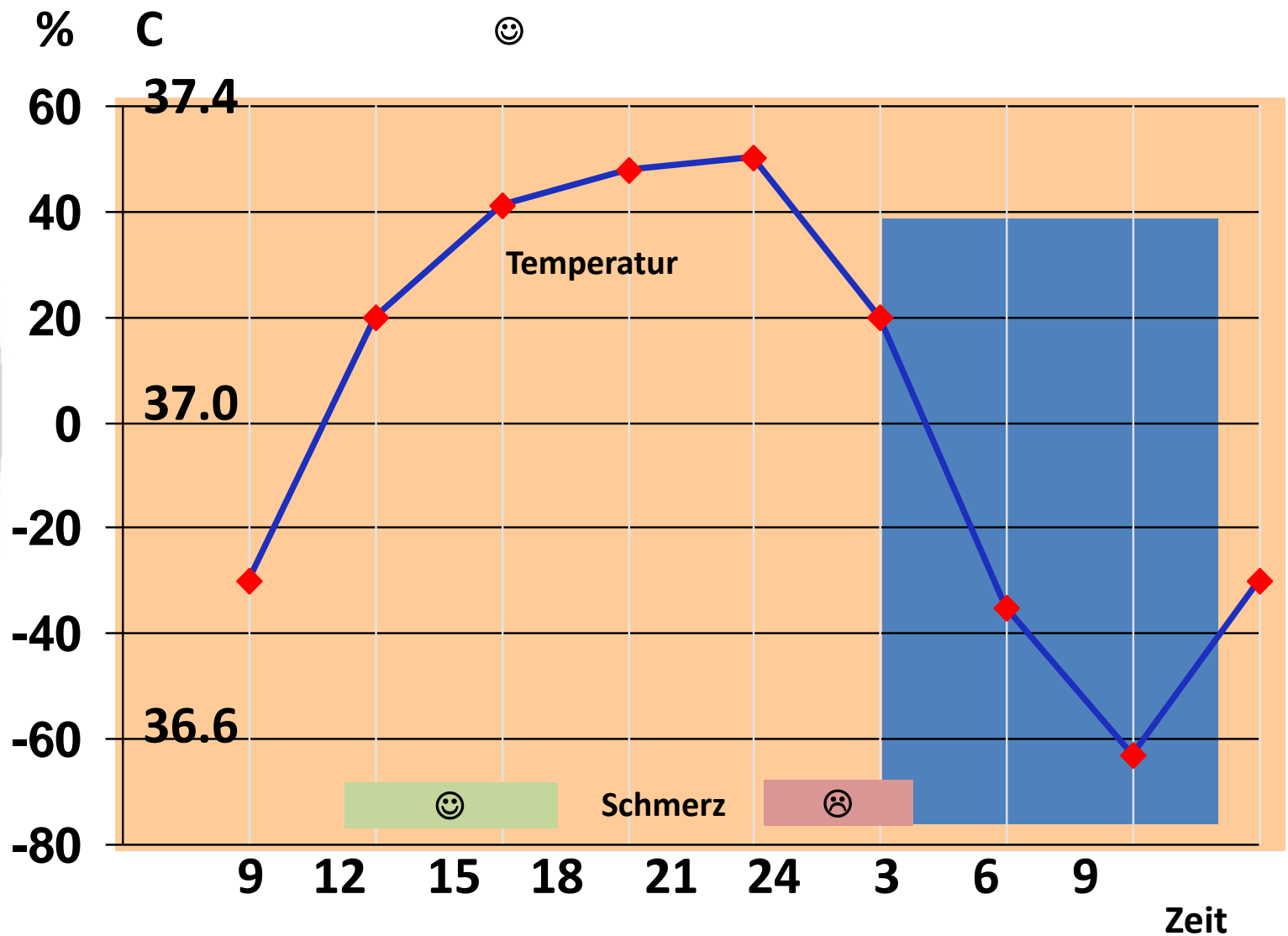
Zirkadianer Rhythmus

- Über 300
- Temp., Puls, Immune Funktionen, Hormone, etc.
- Lichtgesteuert, ~24 Std. Periode
- Bei Phasenverschiebung von mehr als 6 Stunden können Verschiebungen auftreten
- Anpassungsregel:
 - Normal innerhalb von ca. 3 Tagen
 - 1,5 Std. pro Tag bei Phasenverschiebung nach Westen
 - 1 Std. pro Tag bei Phasenverschiebung nach Osten

Licht als Taktgeber



Zirkadianer Rhythmus



Fatigue & Leistung

- Menschliche Leistung kann bis zu **75%** zwischen zirkadianen Hoch & Tief variieren, bei Menschen die komplexe Aufgaben ausführen oder schlecht motiviert und trainiert sind.
- Leistung variiert um weniger als **10%** bei gleicher Aufgabenstellung aber hoher Motivation und guter Ausbildung.

Negative Einflüsse von Fatigue

- Physikalische Leistungsfähigkeit
- Stimmung und Einstellung
- Soziale-, kommunikative-, Team- Verhaltensmuster
- SA and Konzentration
- Informationsverarbeitung und Speicherung
- Reaktionszeit und Präzision
- Fehlerakzeptanz
- Akzeptieren niedriger Standards

Air-Midwest - Flug 5481

Die Beechcraft 1900D hob anfangs normal vom Charlotte Douglas International Airport ab, stieg aber während und nach dem Einfahren des Fahrwerks steil auf, wodurch die Geschwindigkeit rapide abnahm.

Als das Flugzeug schließlich einen Anstellwinkel von 54° erreichte, riss die Strömung an den Tragflächen ab. Während des Absturzes streifte die Maschine einen Hangar.

Sie schlug 37 Sekunden nach dem Start auf und fing Feuer. Alle 19 Passagiere und die beiden Piloten kamen ums Leben.

Air-Midwest - Flug 5481

Infolge eines Fehlers bei der Wartung der Höhenrudersteuerseile konnte das Höhenruder nur noch einen maximalen Ausschlagwinkel von 7° AND (**Aircraft Nose Down**) erreichen.

Normalerweise liegt dieser bei 14° bis 15°.

Air-Midwest - Flug 5481

Infolge eines Fehlers bei der Wartung der Höhenrudersteuerseile konnte das Höhenruder nur noch einen maximalen Ausschlagwinkel von 7° AND (**A**ircraft **N**ose **D**own) erreichen.

Normalerweise liegt dieser bei 14° bis 15°.

Durch eine Überladung der Maschine und das Einziehen des Fahrwerks wurde die Maschine während des Steigfluges so stark hecklastig, dass zum Ausgleich ein Höhenruderausschlag von mindestens 9° bis 10° AND nötig gewesen wäre. Wegen des auf 7° limitierten Ausschlags konnte die Besatzung den Steigflug nicht abflachen.

Das Flugzeug geriet somit in einen unkontrollierbaren Flugzustand und stürzte ab.

Air-Midwest - Flug 5481

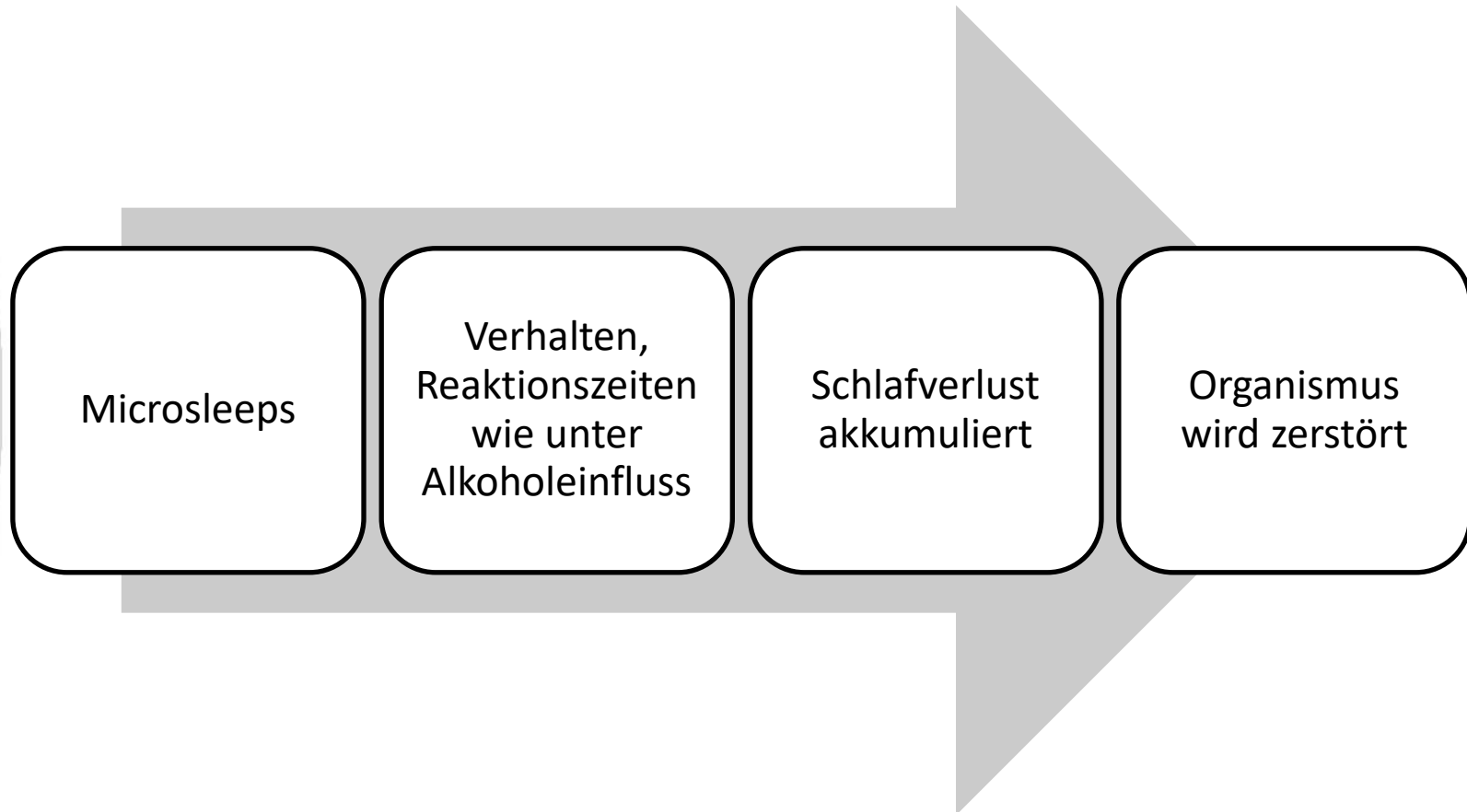
In diesem Fall hatte der Techniker, der an der Ruderanlage arbeitete, in einem dreitägigen Zeitraum von 17.5, 8 bzw. 14 Stunden gearbeitet, was mehr als die zulässige Dauer von 10 - 12 Stunden je Arbeitstag war.

Es ist anzunehmen, dass der die Arbeiten durchführende Techniker ermüdet gewesen sein dürfte, was die Qualität der Arbeitsausführung beeinträchtigt haben kann. Auch hinterfragte er nicht die Anweisung des Inspektors (neun) relevante Schritte der Ausführung zu überspringen, da dies die Arbeitszeit erheblich verkürzte, was ihm entgegen gekommen sein dürfte.

„Der Mensch ist das einzige Lebewesen,
das sich bewusst Schlafmangel aussetzt.“

Eve van Cauter, Schlafforscher,
Universität Chicago

Organismus bei Schlafentzug



Fatigue identifizieren

- Es existiert keine Messeinheit für Fatigue!
 - Was wir nicht messen können, übersehen wir!
 - Nicht durch Autopsie feststellbar!
 - Andere Einflüsse führen ebenfalls zu Leistungsabfall – Stress, Alkohol, Krankheit, ...

Karolinska Sleepiness Scale

Which statement best describes your sleepiness during the previous five (5) minutes?
Please check the appropriate box below.

Code	Scale statements
1	Very alert
2	
3	Alert, normal level
4	
5	Neither alert nor sleepy
6	
7	Sleepy, but no effort to keep awake
8	
9	Very sleepy, great effort to keep awake

Akerstedt & Gillbert, 1990

Anzeichen von Fatigue

- Gereizte Augen, Augenreiben, „schwere“ Augenlider
- Augen schließen für kurze Momente, beginnender Verlust von klarem Sehen
- Vermehrtes Gähnen, nicht kontrollierbar
- Kältegefühl bei gleicher Temperatur
- Selbsteinschätzungen sind fehlerhaft
- Sekundenschlaf

Wie lange überlebt man ohne.....

- Sauerstoff? 4 – 10 Minuten
- Wasser? 5-7 Tage
- Nahrung? 1-2 Monate

- **Schlaf? 2-3 Wochen**

- Tiere mit Schlafdefizit sterben durch Insulin-Resistenz, versagen des Immunsystems oder Sepsis.
- Schlaf wird physiologisch zum Überleben benötigt
- Schlaf ist ein Grundbedürfnis, stark genug um jede „wache Aktivität“ zu unterbrechen.

Naps

- "Naps" können die Leistungsfähigkeit kurzfristig signifikant verbessern oder verlängern
- Min. 10 min, aber max. ~ 45 min
(Murphy, 2005; Franco, 2008; Myers, 2008; Caldwell et al., 2009)
- Länger ist besser
- Vorbeugende Naps sind am effektivsten
- Naps dienen zur Unterstützung,
sind aber kein Ersatz für normalen Schlaf
- Autogenes Training hilft beim Einschlafen

Fatigue Counter Measures

- Ausgeruht in hohe Arbeitsbelastungen gehen
- Planen; Veränderungen minimieren
- Zeitplanung mit Rücksicht auf zirkadiane Effekte
- Schichtarbeit – wie damit umgehen - Disziplin
- Schichten über 12 Std. vermeiden
- Naps planen / fördern
- Schlaf Etikette einhalten
- Gesunde Ernährung
- Sport & Bewegung
- Wissen und Erkennen, dass es nicht mehr geht!
- **Melden ...**

Abu Dhabi Aviation - Flug 711

Am 9. September 2012 erklärte die Besatzung einer DHC8-300, im Steigflug nach dem Start in Abu Dhabi, eine Notlage und kehrte zurück, nachdem es (visuelle) Anzeichen für Überhitzung bzw. Feuer im rechten Triebwerks gab.

Die Untersuchung zeigte, dass die Triebwerksprobleme darauf zurückzuführen waren, dass heiße Gase aus Öffnungen des Zündsystems austraten, da eine der beiden Zündkerzen nach einer Hochdruckwäsche in der Nacht zuvor nicht wieder montiert worden war und lose in der Triebwerksgondel lag und dass sich das gleiche Bild am linken Triebwerk ergab.

Abu Dhabi Aviation - Flug 711

Es wurden erhebliche Beweise dafür gefunden, dass Müdigkeit eine Rolle bei dem Geschehenen gespielt haben könnte.

Sowohl der Dienstplan des Ingenieurs als auch die des anderen Wartungspersonals erforderten, dass sie an 56 aufeinanderfolgenden Tagen jeweils eine 8,5-Stunden-Schicht, einschließlich einer einstündigen Pause, arbeiten mussten, die zwischen einer frühen Starttagschicht von 0600 bis 1430 Ortszeit und einer Spätschicht von 1330 bis 2200 Ortszeit wechselte.

Nach 56 aufeinanderfolgenden Arbeitstagen wurden die Mitarbeiter dann für 28 aufeinanderfolgende Urlaubstage freigestellt.

Abu Dhabi Aviation - Flug 711

Es wurde festgestellt, dass die General Civil Aviation Authority (GCAA) "List of Examples of Reportable Incidents" nur die Ermüdung von Flugbesatzungen als meldepflichtigen Vorfall beinhaltet, ohne jedoch dass Wartungspersonal verpflichtet ist, solche Meldungen zu erstatten.

Vierzehn Sicherheitsempfehlungen wurden ausgesprochen (u.a.):

- dass die Allgemeine Zivilluftfahrtbehörde (GCAA) der Branche Leitlinien in Bezug auf das Risikomanagement bei Ermüdungserscheinungen für Arbeitnehmer, die mit sicherheitsrelevanten Tätigkeiten befasst sind, herausgeben sollte.

I'M SAFE Modell

I – Illness (Krankheit)

- Ist der Mensch krank oder zeigt Symptome einer Krankheit die seine Leistungsfähigkeit beeinträchtigen können?

M – Medication (Medikamente)

- Nimmt der Mensch derzeit Medikamente ein die seine Leistungsfähigkeit beeinträchtigen können?

S – Stress

- Steht der Mensch unter Stress (psychologisch / emotional) die seine Leistungsfähigkeit können?

A – Alcohol (Alkohol)

- Hat der Mensch Alkohol konsumiert. In der Luftfahrt gilt die 0,0 Promille Grenz? Zusätzlich dazu gibt es unter Umständen auch noch die 12 Stunden Regel.

F – Fatigue (Ermüdung)

- Hat der Mensch genügend Schlaf oder Crew Rest gehabt?

E – Eating (Ernährung)

- Hat der Mensch vor der Arbeit ausreichend Nahrung und Flüssigkeit zu sich genommen?

Wach bleiben müssen....

- Ausreichend Trinken:
 - Süßer Eistee, Softdrinks (am Besten zuckerhaltig), Grüner Tee, Energy Drinks
 - Heiße Schokolade
 - Kaltes Wasser

- Essen:
 - Natürlicher Zucker: Äpfel, Zitrusfrüchte, Wassermelone, Ananas
 - Eiscreme
 - Keine „schwere“ Kost
 - Auf etwas kauen (sauer, bitter, Kaugummi....)

- Bewegung, Aktivitäten:
 - Strecken und Dehnen (hilft der Blutzirkulation)
 - Mit Jemandem sprechen oder unterhalten
 - Gesicht mit kaltem Wasser waschen

Fakten über Kaffee

- Effekt von Koffein zwischen 15 min und 2 Std. (D´Anci & Kanarek, 2006)
- Effekt nur für müde Personen spürbar (Taneja, 2007; Molesworth & Young, 2008)
- Stärkerer Effekt bei höherem Alter (Jarvis, 1993; White, 1998)
- Zucker verstärkt den Effekt von Koffein
- Großer Konsum von Koffein erzeugt einen Toleranzeffekt nach ca. 14 Tagen (Caldwell et al., 2009)
- Placeboeffekt kann nicht ausgeschlossen werden

Was kann man aktiv tun

- Regelmäßiger Sport, aber mindestens 3 Stunden vor der Bettruhe beenden
- Eignen Sie sich eine “zu Bett geh Routine” an (z.B. ein Bad)
- Schaffen Sie eine angenehme Schlafatmosphäre: Komfortabel, dunkel, ruhig, wenn möglich kühl
- Im Hotel: Potential für Lärm erfragen, einen anderen Raum erbitten, falls Lärm ein Faktor ist (Fahrstuhl, Eismaschine)