

Flugverkehr – und die Gesundheit ?

Dr.med. Wolf Rüdiger Hüttl HNO-Arzt
Meerbusch

Flugverkehr – und die Gesundheit ?

Lärmempfinden

Psyche des Hörens

Schlafmedizin

Fluglärm-Immission

Kinder

Schadstoff-Emission

Klima

Quintessenz !

1 dB = Masseinheit für Schallpegel

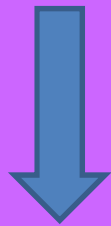
der **dB (A)** - Pegel berücksichtigt zusätzlich :

- Frequenzbewertung
- Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs
- unterschiedlicher Klang von Geräuschen

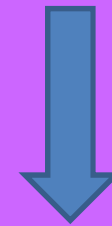
Äquivalenter **Dauerschallpegel** (L_{eq})

- Intensität, Dauer und Häufigkeit des Lärms
- Schallereignisse über einen Messzeitraum
- **Umrechnung** in ein vergleichbares Dauergeräusch

Lärm ist unerwünschter, belästigender
und gegebenenfalls schädigender Schall



Wahrnehmung
durch das Ohr



zentral nervöse Verarbeitung
physisch / psychisch

Wahrnehmung von Lärm

physikalisch messbar

- Schalldruckpegel
- Tonhöhe
- Tonhaltigkeit
- Impulshaltigkeit

subjektive Faktoren

- zeitgleiche Tätigkeit
- persönliche Bewertung
- soziale und kulturelle Bedeutung
- persönliche Befindlichkeit

<u>Lärmquellen</u>	<u>dB (A)</u>	<u>Lärmwirkungen</u>
Probelauf von Düsenflugzeugen	120	Gehörschädigung auch nach kurzer Einwirkung möglich schmerzhaft
Rockband, Disco	110	
Manipuliertes Fahrzeug	100	unerträglich
Kreissäge, Moped	90	Gehörschädigung ab 85 dB (A) am Ohr des Betroffenen
hochbelastete Autobahn, tags	80	
Schreibmaschine	70	Risikoerhöhung für Herz- / Kreislaufkrankungen ab 65 dB (A)
"Zimmerlautstärke" (Radio)	60	laut
normale Unterhaltung	50	Kommunikationsstörungen
Hintergrundschall in der Stadt	40	Lern- und Konzentrationsstörungen im Innenraum Schlafstörungen durch verkehrsbedingte Mittelungspegel im Innenraum
Ticken eines Weckers	30	leise
Blatterrauschen	20	
normales Atmen	10	still

Quelle: Umweltamt Düsseldorf 2004

Lärmwirkungsforschung unterscheidet

Störung

Einzelerschallpegel 50 dB (A)

Belästigung

Einzelerschallpegel 75 dB (A)

der Kommunikation
der Konzentration
der Erholung

Störung

- bei Einzelschallpegeln von bis zu 55 dB (A) treten erste negative Reaktionen auf
- bei Kindern beginnen negative Auswirkungen auf die intellektuelle Entwicklung
- bei Dauerschallpegeln von 60 dB (A) außen am Tage sind Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Fluglärm zu erwarten, die Grenze ist bei 55 dB (A) erreicht.
(Bartels, Ising)
- Zumutbarkeitsgrenze für Dauerschallpegel (L_{eq}) in Schulräumen: 35 dB (A) (Maschke 1996)

Belästigung



Überschreiten bestimmter Schallpegel



dauerhafte Gesundheitsstörung

	Tag	Nacht
Einzelerschallpegel	> 75 dB (A)	> 50 dB (A)
Dauerschallpegel	> 55 dB (A)	> 30 dB (A)

Quelle: BVF-Merkblatt LT 106 b-k

Lärmparameter / Schutzziele

- der äquivalente Dauerschallpegel ist nicht oder nur bedingt geeignet, lärminduzierte Schlafstörungen zu bewerten
- **Einzelschallereignisse** mit ihrem **Maximalpegel** sind mit heranzuziehen
- die Beurteilungstrennung von Tag- (6-22Uhr) und Nachtereignissen (22-6 Uhr) ist erforderlich
- aktiver Lärmschutz hat aus Wirkungssicht immer Vorrang gegenüber passivem

Quelle: Prof.Dr. Jansen G. 2003, Umweltmed Forsch Prax 8 (4) 242-244

Subjektivität der Hörwelt

- ◇ Wahrnehmung ist subjektiv und personengebunden
- ◇ aktuelle Hörwahrnehmung entspricht einem Erlebensraster
- ◇ Aufbau der subjektiven Hörwelt mit der individuellen Hörvergangenheit beginnt in der 32. Schwangerschaftswoche

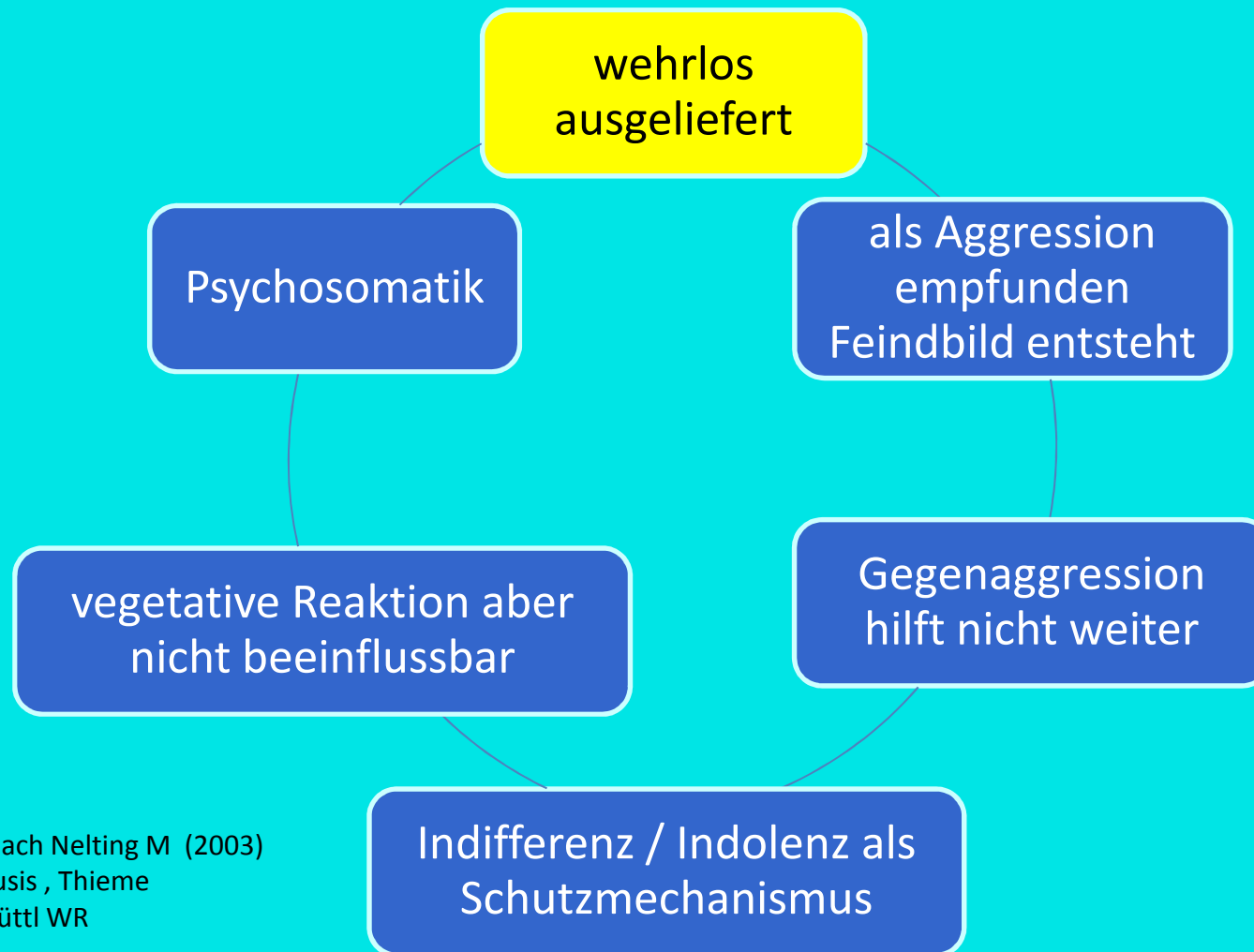


Quelle: nach Nelting M (2003) Hyperakusis, Thieme / Grafik: Hüttl WR

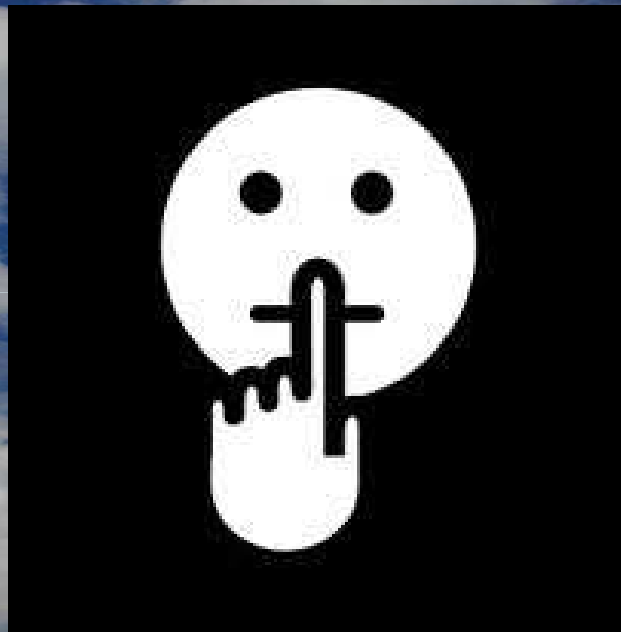


LÄRM LÄRM LÄRM
LÄRM LÄRM LÄRM
LÄRM LÄRM LÄRM

Lärm Lärm Lärm Lärm Lärm Lärm



Quelle: nach Nelting M (2003)
Hyperakusis, Thieme
Grafik: Hüttl WR



STILLE



Ruhe und Frieden
wohltuend



Beziehung zum
guten Objekt

Verlust der
STILLE



quälende
Empfindung



Verlust des
guten Objektes

Phaenomen der Hyperakusis

subjektive Überempfindlichkeit gegenüber externen Geräuschen

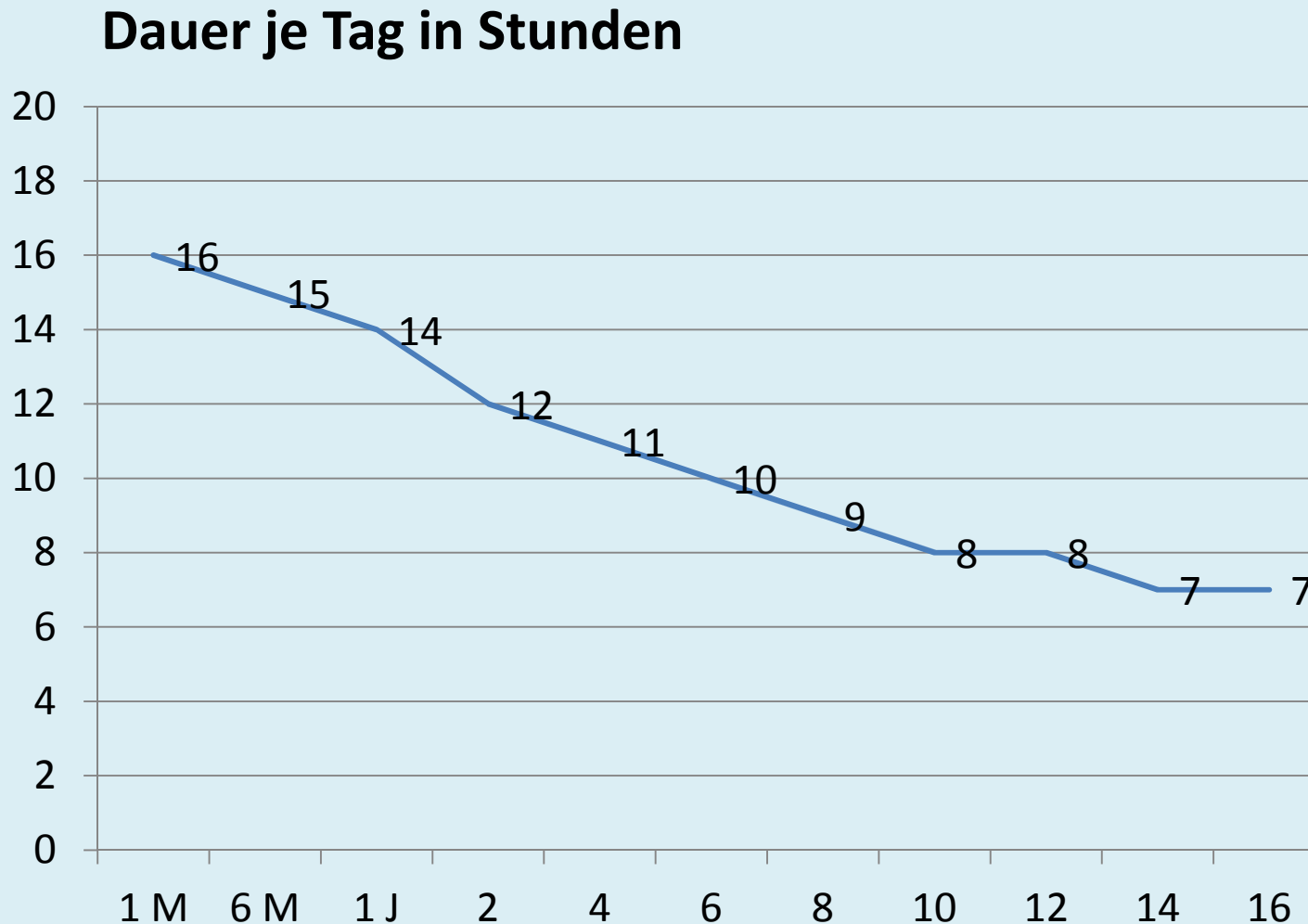
- ◇ unangenehm, überlaut, bedrohlich und geräuschquälend
- ◇ kein audiologisch ausgelöstes Reflexgeschehen, sondern erlebnisbedingte Reaktion (Nelting M)
- ◇ Angstzustände mit vegetativer Reaktion

Funktion des Schlafes

- Erholung
- Energiesparen
- Funktionsertüchtigung des Immunsystems
- Ontogene Theorie (REM-Schlaf!)
- Konsolidierung von Gedächtnis und Erlerntem

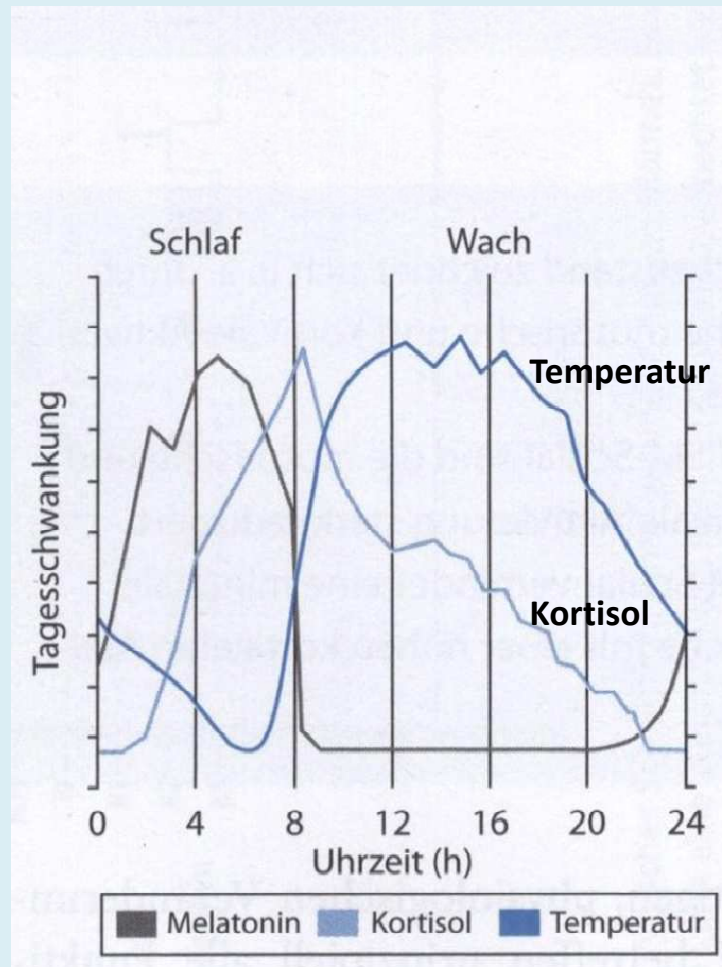


Mittlere Schlafdauer bei Kindern und Jugendlichen



Quelle: nach Wiater A, Lehmkuhl G 2011, Handbuch Kinderschlaf / Grafik: Hüttl WR

Zirkadianer Verlauf der Körpertemperatur und Hormone



Quelle: Birbaumer N, Schmidt RF 2006, Biologische Psychologie, Springer Berlin

Schlafstadium N 1

**Übergang zwischen Wachen
und Schlafen, eine Art Dösen**

Schlafstadium N2

stabiler Schlaf

Schlafstadium N 3

Tiefschlaf

Schlafstadium R

**REM-Schlaf, häufig als
„Traumschlaf“ bezeichnet**

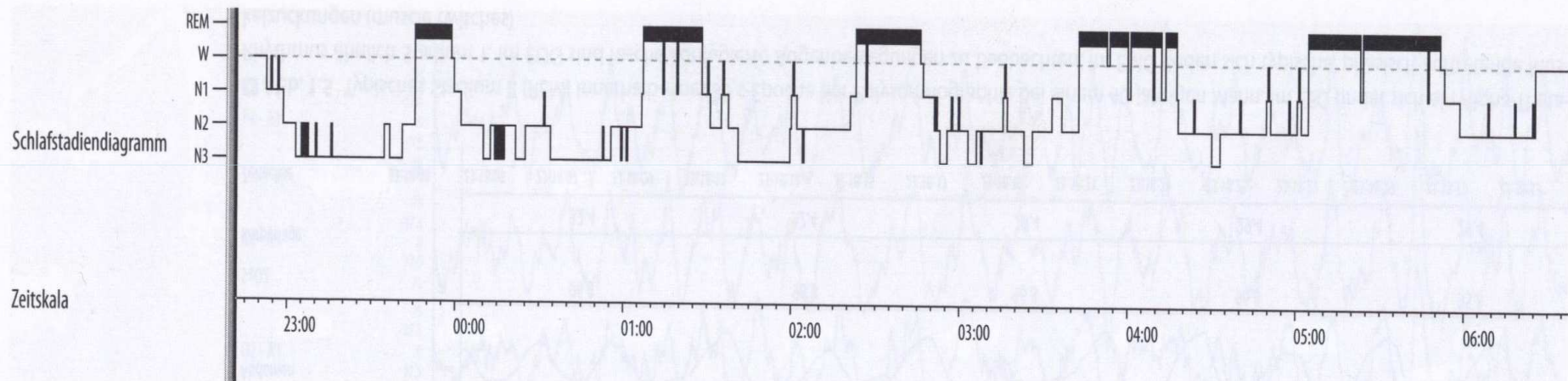
Schlafstadien N 1 - N 3, REM

Schlafzyklus 4 - 7 mal pro Nacht
jeweils 90 - 110 min

Schlafprofil über Nacht (Hypnogramm)

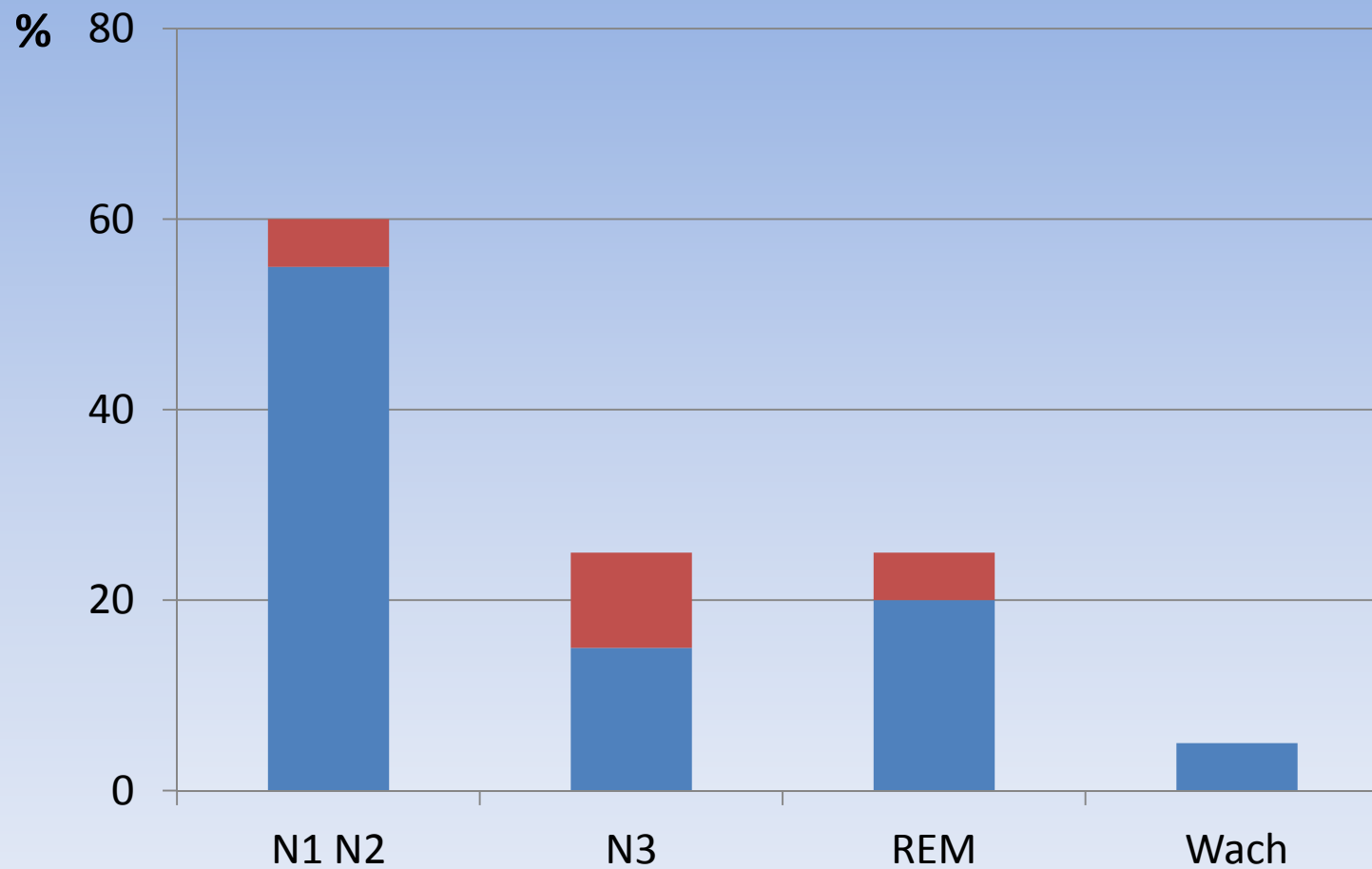
Schlafstadium	motorische Aktivität	kortikale Aktivität
Wachzustand	hoch	hoch
N1 – N3	stark reduziert	stark reduziert
REM	minimal	hoch

Typisches Schlafprofil eines gesunden jungen Mannes



Quelle: Stuck B, Maurer J 2009, Praxis der Schlafmedizin Springer Medizin Verlag

Schlafstadien eines 30-jährigen Schläfers



Erholungsfunktion des Schlafes

Wachstums – Hormonspiegel ↑

cerebrale Glykogenspeicher ↑

Herzzeitvolumen ↓

Herzfrequenz ↓

arterieller Blutdruck ↓

Energiesparen

- Energieverbrauch um 10 % ↓
- Körpertemperatur um 1 % ↓
- Schlaf und Thermoregulation
sind eng verknüpft
- Körpergewichtsregulation ↓

Ontogene Theorie (REM-Schlaf)

- Ausdifferenzierung des Gehirns während der ersten Lebensmonate
- Prozesse, die mit dem psychischen und intellektuellen Leistungsvermögen assoziiert sind
- REM-Mangel bei Kleinkindern:
 - Entwicklungsprobleme
 - Verhaltensstörungen
 - permanente Schlafprobleme
 - reduzierte Gehirnmasse

Definierte Schutzziele: Fluglärmkriterien nach DGSM (s.a. Ising und Maschke 2001, s.hierzu auch die Stellungnahme der Ärzteinitiative zur Teilauswertung der DLR-Studie betreffend Nachtfluglärmwirkungen, aefusch 2002)

	Lärm kontinuierlich	Lärm intermittierend
Gesamtschlaf verkürzt	> 45 dB (A)	> 45 dB (A)
Aufwachen vermehrt	> 60 dB (A)	> 45 dB (A)
Tiefschlaf verkürzt	> 36 dB (A)	> 45 dB (A)
REM Schlaf verkürzt	> 36 dB (A)	> 55 dB (A)
Bewegungen vermehrt	> 35 dB (A)	> 45 dB (A)
Arousals induziert		> 45 dB (A)

Lärmsituation in 6000 m Entfernung vom Flughafen

	Start	Anflug
Flughöhe m	620	225
höchster Schallpegel (dBA)	77	81
Dauerschallpegel L_{eq} (dBA)	59	60

Datenquelle: MIL Brandenburg-Referat Luftfahrt (01.11.2010) Flughafen Berlin-Schönefeld

Pathogenesemechanismus

Durch lang anhaltenden Lärmstress können **körperliche Reserven erschöpfen**, die **Regulationsfähigkeit** der Organfunktionen wird **gestört** und damit in ihrer Wirksamkeit eingeschränkt [McEwen 1998, Sapolsky 1997].

Aufgrund dieser „**Erschöpfungsthese**“ wird Verkehrslärm als potentieller Risikofaktor für die Entwicklung von Erkrankungen einschließlich **Hypertonie** und **Herzinfarkt** angesehen.

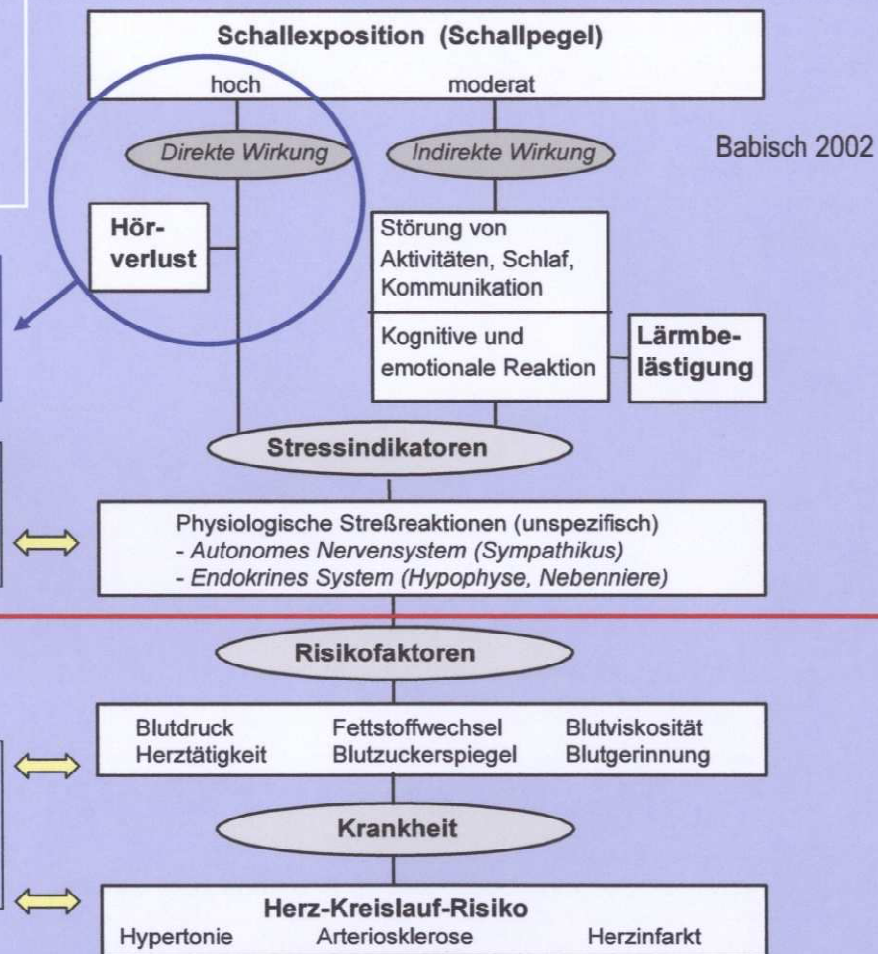
Quelle: PD Dr.-Ing. Maschke Ch, 2010

Vereinfachtes Wirkungsschema

Aurale Effekte werden nicht behandelt

Akute Reaktionen:
experimentelle Studien

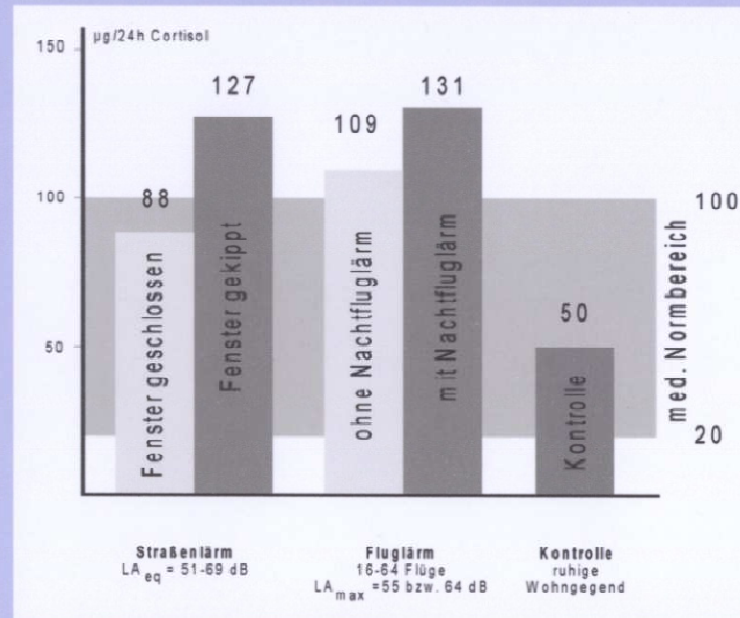
Chronische Effekte:
epidemiologische Studien



Subchronischer Effekt: Cortisol

Reaktion des schlafenden Menschen

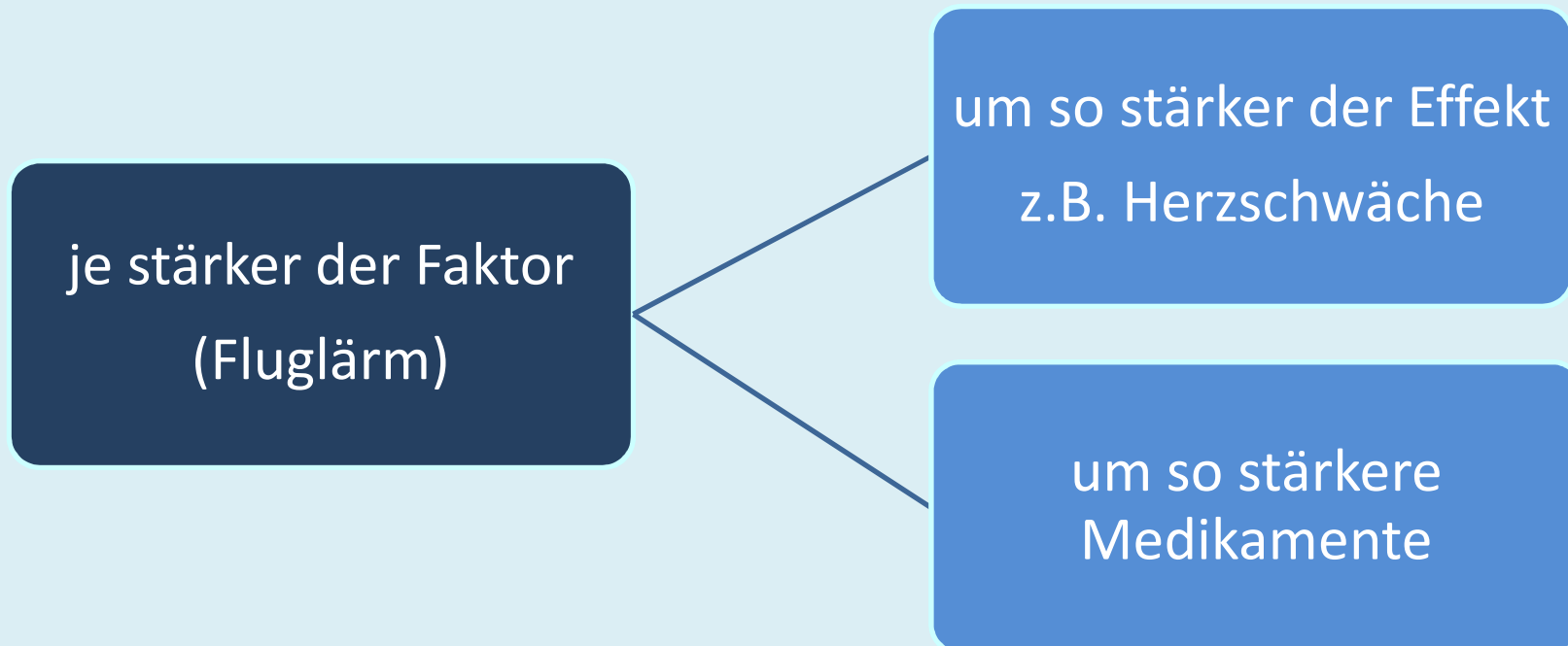
Es sind jedoch nicht nur Cortisolanstiege sondern auch Abfälle zu beobachten. Der normale Cortisolrhythmus wird gestört (vgl. Hellhammer 2001)



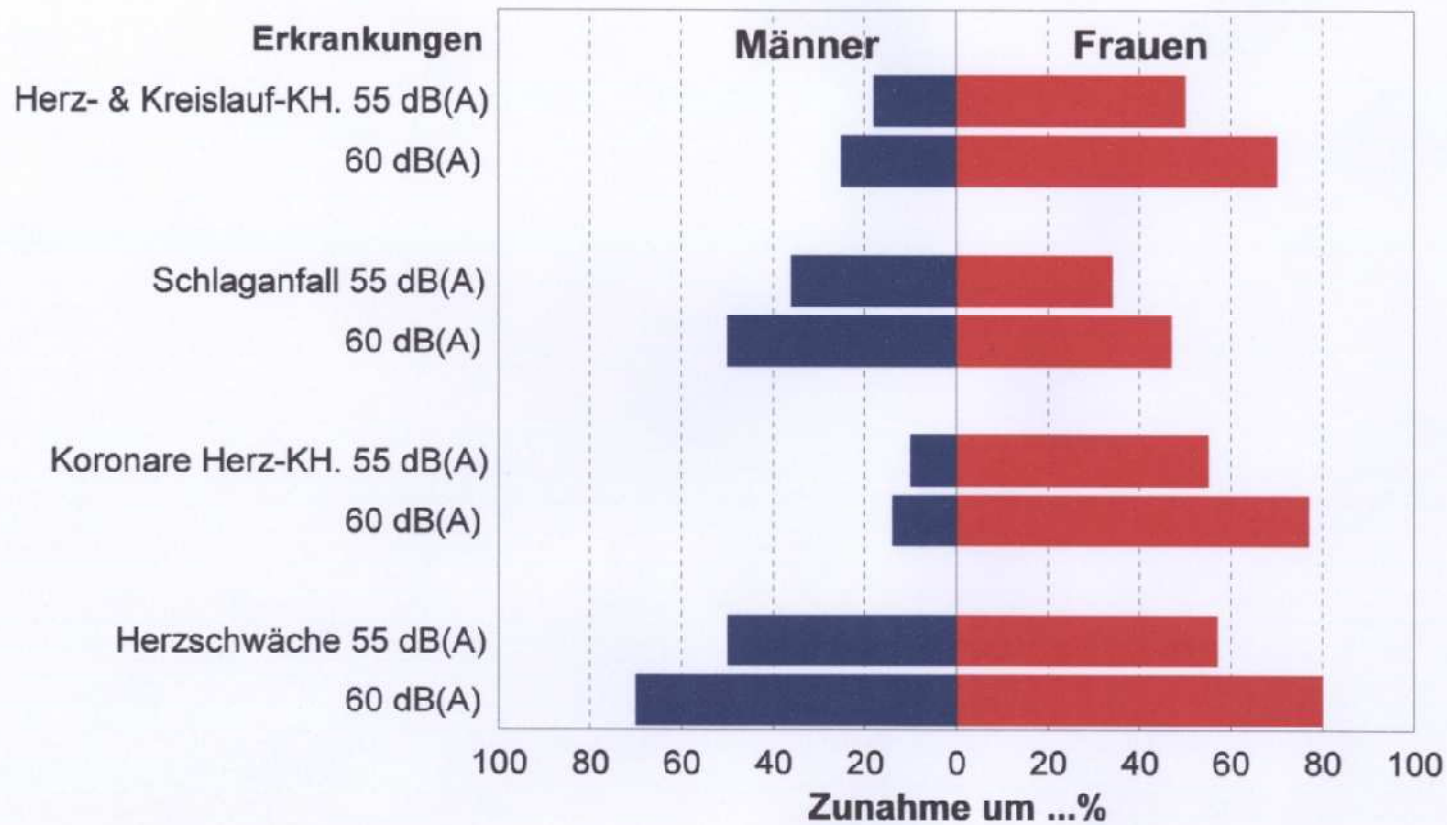
Nächtliche Mittelwerte der Cortisolausscheidung über jeweils 2-5 Tage, umgerechnet auf eine 24-Stunden Ausscheidung [Maschke et al. 1998].

statistisch signifikante

Dosis – Wirkungs – Beziehung :

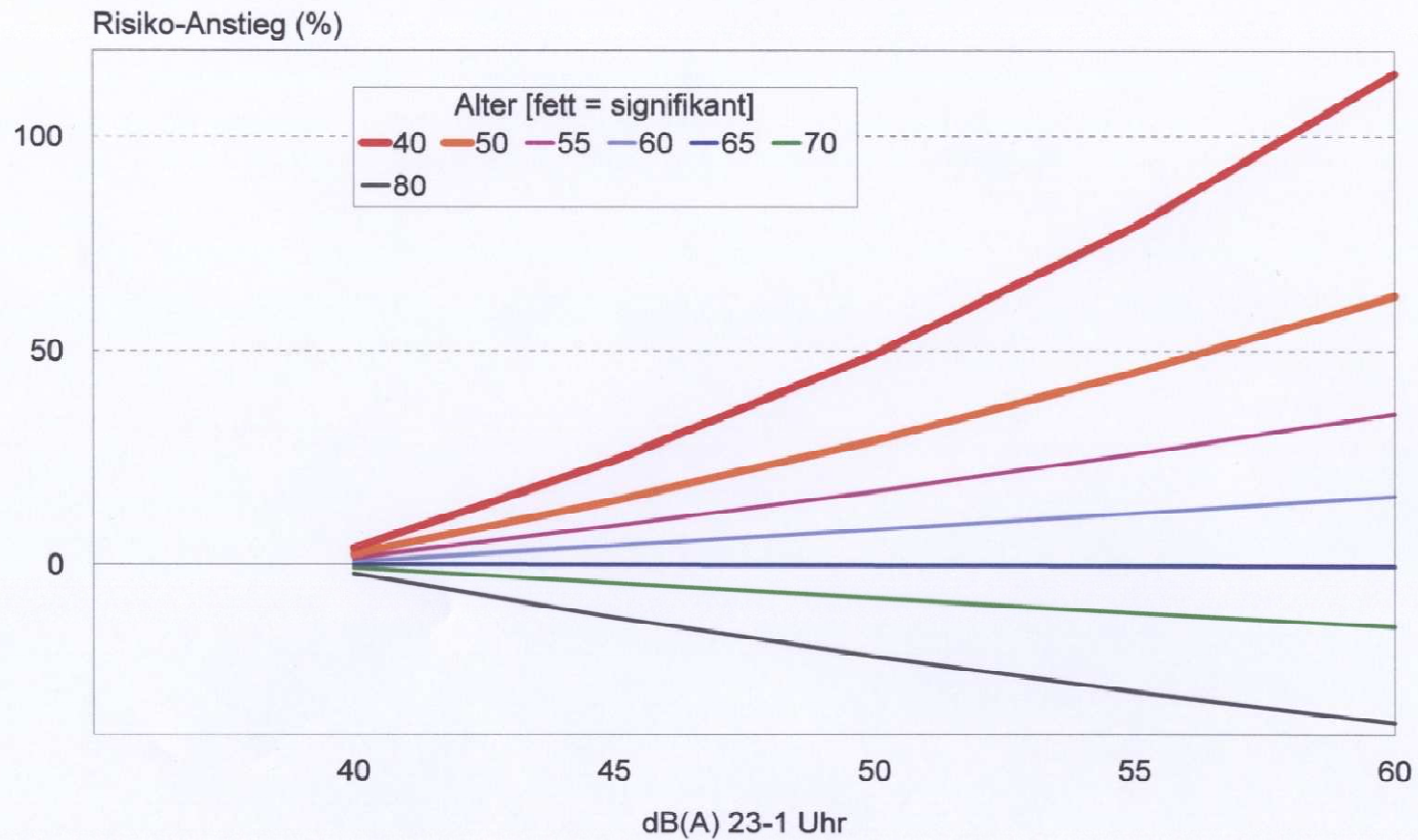


Zunahme des Erkrankungs-Risikos durch nächtlichen Fluglärm Männer und Frauen im Alter von 50 Jahren



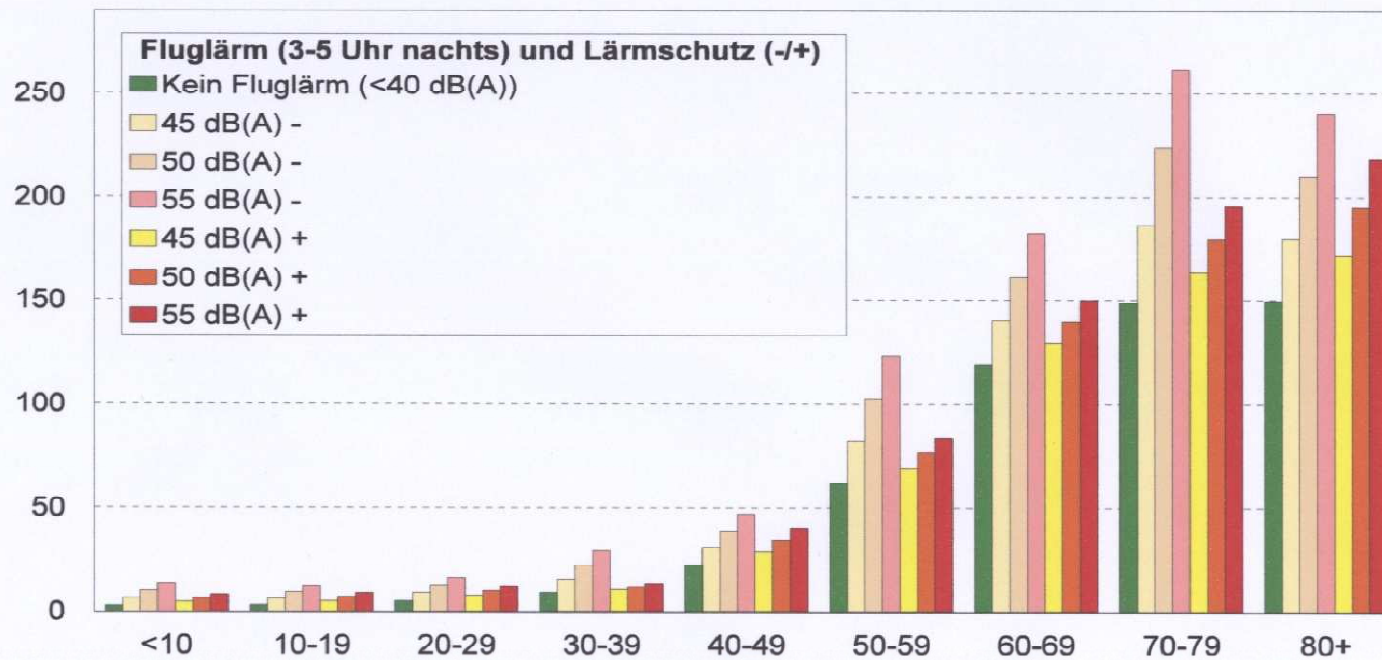
Quelle: Fluglärmstudie Köln 2010
Prof.Dr.med. Greiser E

Depressionen - Männer ab 40 Jahren
Nächtlicher Fluglärm (23-1 Uhr) ohne Lärmschutzfinanzierung

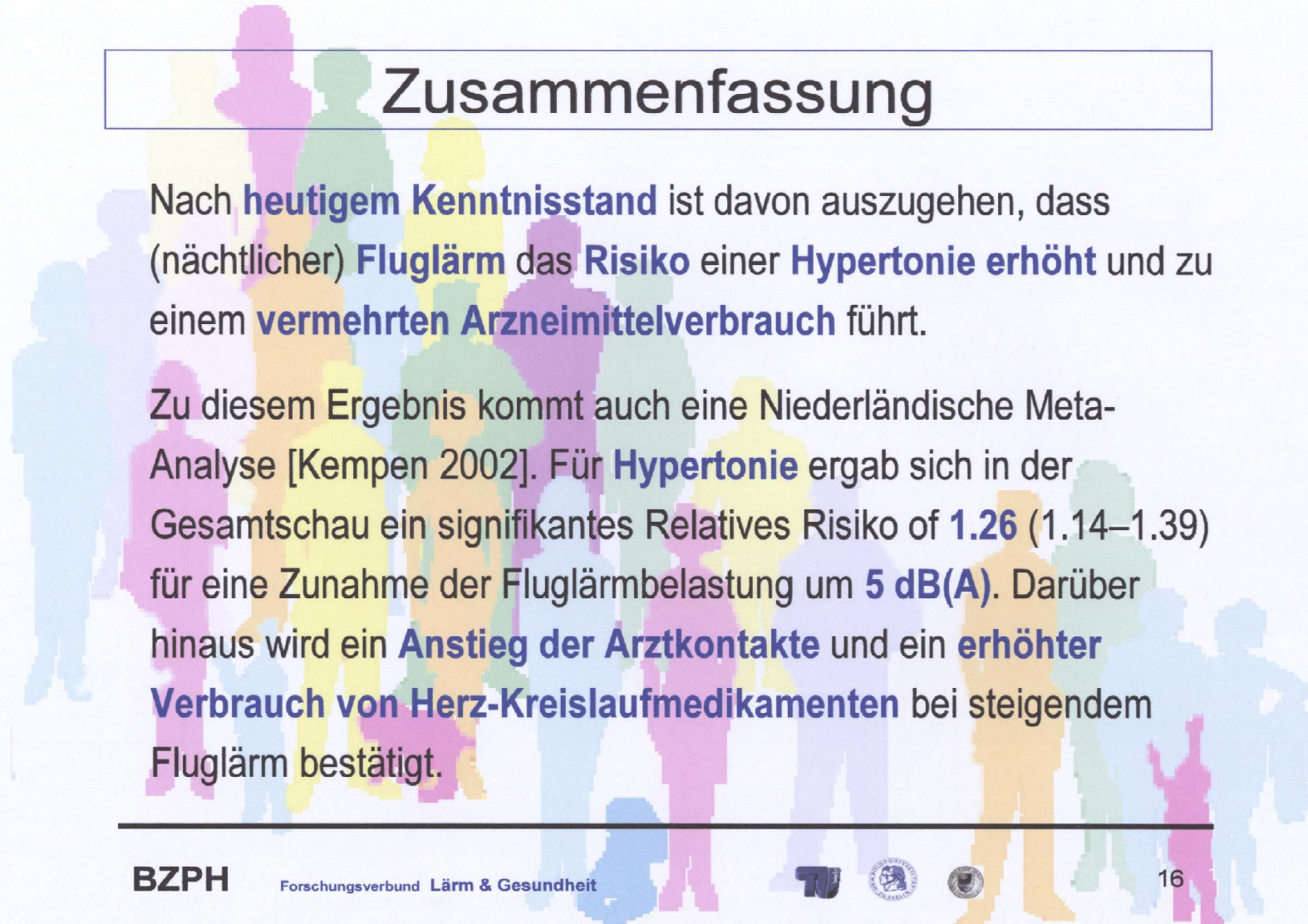


Quelle: Prof.Dr.med. Greiser E, Fluglärmstudie Köln 2010

Männer: Verordnung von blutdrucksenkenden Arzneimitteln



Quelle: Prof.Dr.med. Greiser E, Fluglärmstudie Köln 2010



Zusammenfassung

Nach **heutigem Kenntnisstand** ist davon auszugehen, dass (nächtlicher) **Fluglärm** das **Risiko** einer **Hypertonie erhöht** und zu einem **vermehrten Arzneimittelverbrauch** führt.

Zu diesem Ergebnis kommt auch eine Niederländische Meta-Analyse [Kempen 2002]. Für **Hypertonie** ergab sich in der Gesamtschau ein signifikantes Relatives Risiko of **1.26** (1.14–1.39) für eine Zunahme der Fluglärmbelastung um **5 dB(A)**. Darüber hinaus wird ein **Anstieg der Arztkontakte** und ein **erhöhter Verbrauch von Herz-Kreislaufmedikamenten** bei steigendem Fluglärm bestätigt.

Unbestreitbare heutige Erkenntnis

Bei Kindern haben Störungen der Kommunikation und Konzentration durch Lärm negative Auswirkungen auf die intellektuelle Entwicklung.

Die Entwicklung des auditiven Cortex wird durch Geräuschkulisse deutlich verzögert. Lärmbelästigung kann (...) die Entwicklung des Gehirns stören und damit die Sprachfähigkeit beeinträchtigen.

Quelle: Chang E.F., Merzenich M.M., Science 4/2003

Fluglärm kann der Gedächtnisleistung von Kindern schaden, Motivationsminderung entsteht.

Quelle: Studie München, Physiological Science 9/2002

„RANCH“ Studie 2005 (Stansfeld S A)

Fluglärm und intellektuelle Leistungsfähigkeit von Kindern

Schweden, Spanien, England, Niederlande

2844 Schulkinder im Alter 9-10 Jahren:

Lancet 2005

durch Fluglärm hoch signifikante Beeinträchtigung

kognitiver Leistungen

psychovegetative Ermüdbarkeit

Defizite in der kindlichen Entwicklung

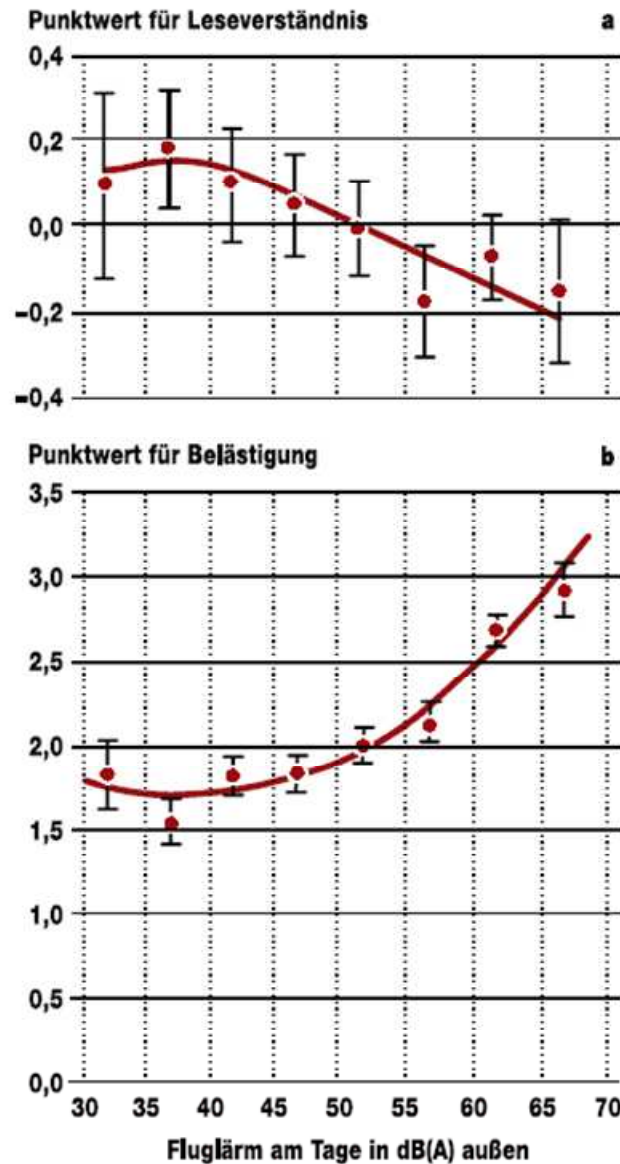
stark lärmbelastete Schulen:

intellektuelle Retardierung von mehreren Monaten

andere Lärmarten haben nicht den gleichen Einfluss wie Fluglärm

Assoziation von Fluglärm und Leseverständnis. a) Mit zunehmendem Fluglärm kommt es zu einem linearen Abfall der Fähigkeit zum Leseverständnis durch stilles Lesen „reading comprehension“. b) Das Ausmaß der subjektiven Belästigung steigt in logarithmischer Form an. Die Beziehungen sind nach Berücksichtigung der sozioökonomischen Daten signifikant (nach [15]).

GRAFIK 3



Quelle: „RANCH“ Studie
Stansfeld S A
Lancet 2005

Wollt Ihr mir das antun?



Kerosin

A white commercial airplane is shown from a low angle, flying towards the upper left of the frame. The background is a clear, deep blue sky. The airplane's wings, engines, and tail are clearly visible.

Stickoxide (NO_x NO_2)
Schwefeldioxid (SO_2)
Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenwasserstoffe
Feinstaub / Ruß
Benzol / Toluol

Stickstoffdioxid
giftiges und aggressives Gas

Salpetersäure 60%

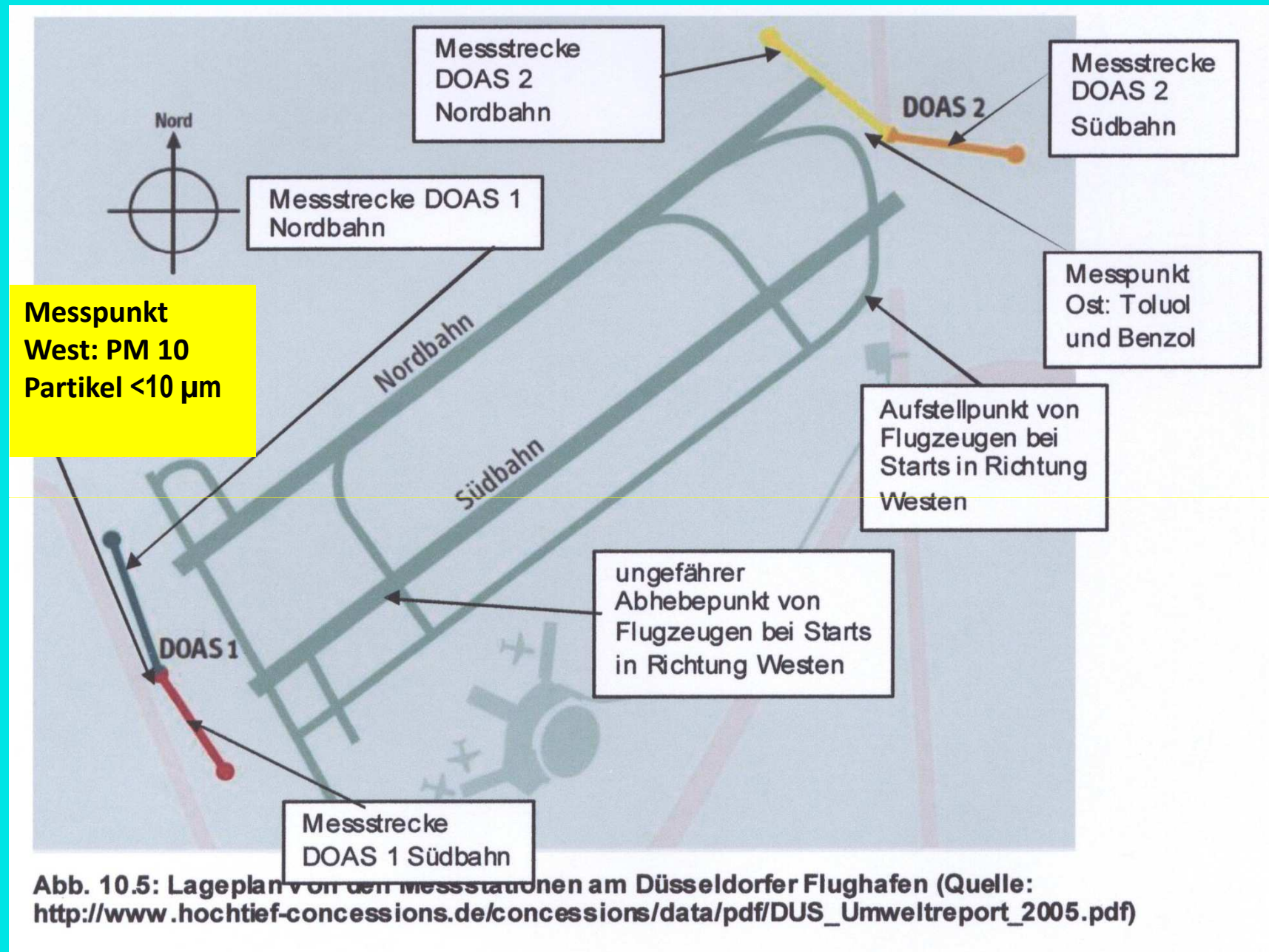


saurer Regen

Ozon O₃



Atemwegserkrankungen
chron. Bronchitis
chron. Husten



Hohe Bedeutung der Feinstäube

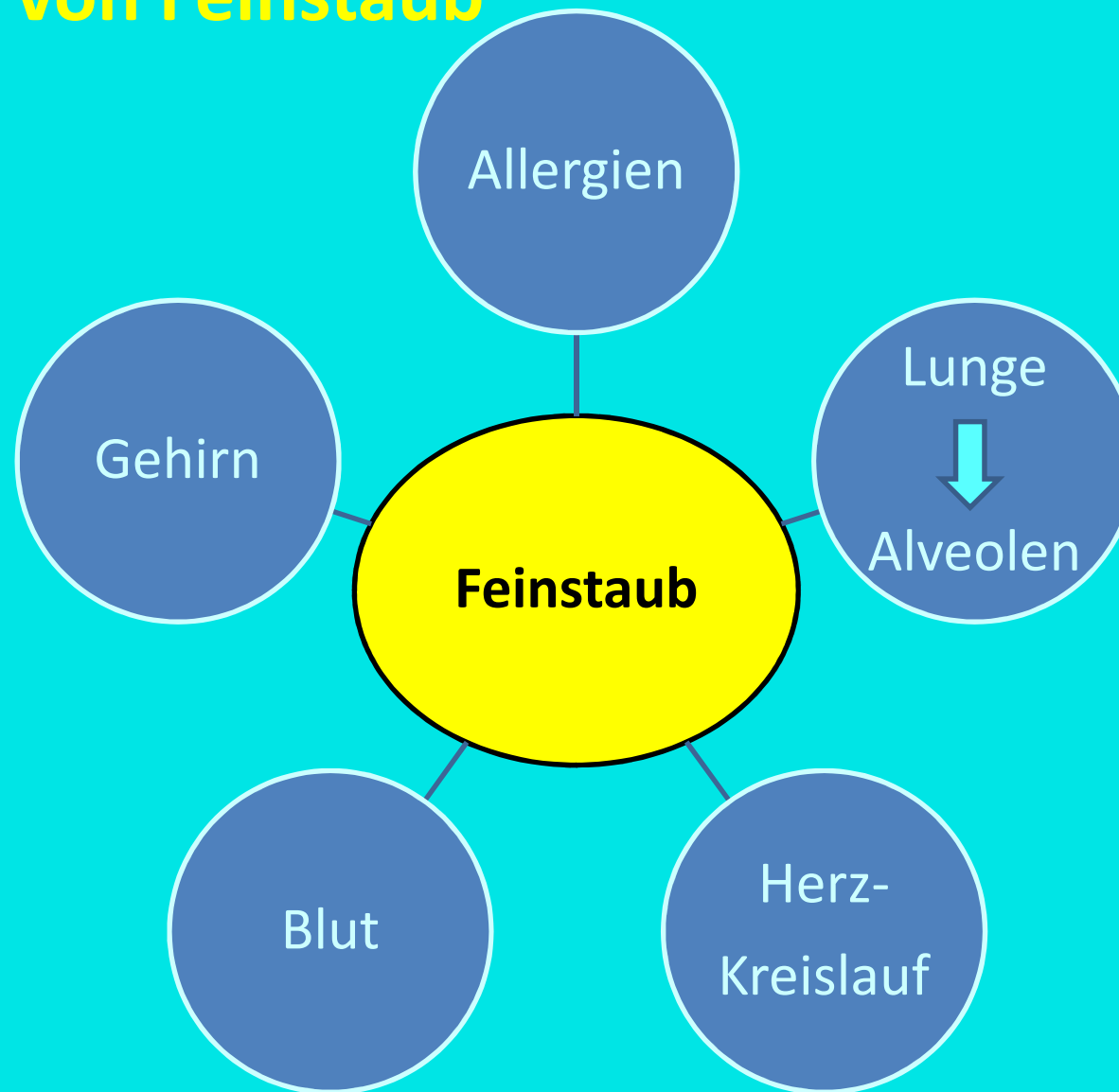
- ◆ Feinstäube sind die Luftverunreinigungen mit der größten Auswirkung auf unsere Gesundheit (PM_{10} , $PM_{2,5}$).
- ◆ Linearer Zusammenhang, deswegen gibt es keine unschädliche Feinstaub-Konzentration.
- ◆ Rolle von Feinstaub in den Emissionen von Triebwerken im Vergleich zum Straßenverkehr bisher unterschätzt.
- ◆ UwMin NRW ist an einer weltweiten Feinstaub-Kohortenstudie beteiligt (7 Studien).

für die Lungenatmung
relevante Luftschicht
0 - 1500 m Höhe

Feinstaub



Wirkung von Feinstaub



Ultrafeine Partikel $PM_{2,5}$

- ◆ stehen für schwere Gesundheitsstörungen:
Herz-Kreislauf, Lunge, Zentralnervensystem (WHO Studie)
- ◆ überwinden die Blut-Hirn-Schranke, bewirken
kindliche Entwicklungsstörungen / Todesfälle (WHO Studie)
- ◆ Oberfläche der Partikel kommt entscheidende Relevanz zu;
aus Verbrennungsvorgängen hoch pathogen
- ◆ ultrafeine Partikel sind schwierig zu messen
- ◆ hoher Forschungsbedarf ! politische Umsetzung ist gefragt !

weltweite Erwärmung

um 1,1 – 6,4°C in diesem Jahrhundert (UNO)

- Veränderungen der Luftströmungen in der Atmosphäre
- extreme Wetterlagen (Stürme, Starkregen, Trockenheit)
- Eisschmelze mit Anstieg des Meeresspiegels
- **Großstädte heizen im Sommer auf**

„Stadtklima verändert sich gegenüber dem Umlandklima“

(world meteorological organisation, WMO)

- dichte und hohe Bebauung
- inadäquate oder fehlende Vegetation
- Emission von Schadstoffen ↑
- Abwärme ↑
- Sommertemperaturen ↑

Städte brauchen
vegetationsbestandene Freiflächen und
klima- und immissions-ökologische Ausgleichsräume
im Umland als „Frischluf-Ventilatoren“

- ☐ hohe Kaltluftproduktion
- ☐ niedrige Schadstoffarmut
- ☐ O₂ reiche Frischluft

Quelle: Prof.Dr.med. Behrbohm H 2010, Gutachterliche Stellungnahme zu gesundheitlichen Risiken zum Ausbau des Großflughafens Berlin-Schönefeld

bei 206.112 Flugbewegungen (2010) für den LTO-Zyklus
werden bis zu einer Flughöhe von 915 m
412.224 to CO_2 pro Jahr ausgestoßen

- CO_2 als **Treibhausgas** hat mit den größten Einfluss auf den Wärmehaushalt der Erde
- Zerstörung der Kaltluftkonvektion durch Erwärmung in niederen Höhen
- Stadtklima kann nachts bei ausbleibendem Kaltluftvolumenstrom nicht regenerieren



3,5 kg Kohlendioxid
1,25 kg Wasserdampf

14 g Stickoxide
1 g Schwefeldioxid
0,5 g Kohlenwasserstoff
0,04 g Ruß

1 Kg KEROSIN



3,4 kg SAUERSTOFF

Quelle: nach Prof.Dr.med. Behrbohm H, 2010 Berlin



Kondensstreifen-Zirren

„Eisteilchen-Wolken“
6000 – 12000 m Höhe

Klimaeffekt von Kondensstreifen-Zirren

Klimamodell des DLR liefert globale Daten über:

Entstehung / Auflösung

Klimawirkung

Reaktion auf natürliche Wolken

Bedeckungsgrad

optische Eigenschaften

globaler Strahlungsantrieb

Quelle: DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt 2011 Oberpfaffenhofen

Überraschendes Ergebnis:

Kondensstreifen-Zirren übertreffen
in ihrer klimaschädigenden Wirkung
knapp die Klimastörung des von
Strahltriebwerken ausgestoßenen CO₂

Quelle: Burkhardt, U Kärcher, B 2011: Global radiative forcing from contrail cirrus.
Nature Climate Change, 1, 54-58

Quintessenz

Die verfügbare wissenschaftliche Evidenz erlaubt es, einen ursächlichen Zusammenhang zwischen Fluglärm, vor allem nächtlichem Fluglärm, und Erkrankungen des **Herzens und des Kreislaufs** anzunehmen (Prof.Dr.med. Greiser E, 2010).

Eine Beeinträchtigung der **intellektuellen Funktionen** des Kindes durch Fluglärm ist statistisch signifikant nachgewiesen (u.a. RANCH-Studie, Stansfeld SA 2005).

Schadstoffemissionen, insbesondere Feinstäube, stellen eine hochgradige Gesundheitsgefahr dar. Kinder !

Flugverkehr -

Gebote zum Gesundheitsschutz der Bevölkerung

- ▶ Lärm- und Schadstoffbelastungen müssen dem Minimierungsgebot folgen !
- ▶ Der zur Erholung unabdingbar notwendige Schlaf darf nicht durch Fluglärm gestört werden !
- ▶ Kinder müssen sich ohne Fluglärmbelästigung geistig und körperlich entwickeln können !
- ▶ Die stringente Einhaltung eines Nachtflugverbotes von 22 – 6 Uhr ist dazu notwendig !



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !