

Nachtfluglärmwirkungen auf Anwohner

Herausgegeben von
C. Maschke, D. Arndt, H. Ising, G. Laude,
W. Thierfelder und S. Contzen



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart · Jena · New York · 1995

Schriftenreihe des Vereins für
Wasser-, Boden- und Lufthygiene

96

Herausgegeben von **R. Leschber** und **E. Lahmann**

VEREIN FÜR WASSER-, BODEN- UND LUFTHYGIENE E.V.

Der 1902 gegründete gemeinnützige Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V. fördert das gleichnamige Institut.

Er tritt mit wissenschaftlichen Veranstaltungen auf den einschlägigen Gebieten der Umwelthygiene und der Gesundheitstechnik an die Öffentlichkeit.

Er gibt für seine Mitglieder die Schriftenreihe und die Literaturberichte über Wasser, Abwasser, Luft und feste Abfallstoffe heraus. Sie werden auch über den Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, vertrieben.

Geschäftsführender Vorstand:

Oberstadtdirektor Dr. Klaus Bussfeld, Gelsenkirchen

Dr. Fritz Bergmann, Essen

Direktor Dr.-Ing. Heinz Tessendorff, Berlin

Geschäftsführung:

Dipl.-Ing. Heiner Nobis-Wicherding,

Postfach 31 14 20, 10644 Berlin

Schriftenreihe des Vereins für
Wasser-, Boden- und Lufthygiene

96

Nachtfluglärmwirkungen auf Anwohner

Herausgegeben von

C. Maschke, D. Arndt, H. Ising, G. Laude,
W. Thierfelder und S. Contzen



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart · Jena · New York · 1995

Die genannten Veröffentlichungen können beim Gustav Fischer Verlag, Postfach 72 01 43, D-70577 Stuttgart-Hohenheim, bestellt werden. Vereinsmitglieder können die Veröffentlichungen beim Verein zu Vorzugspreisen erwerben.

Mit * gekennzeichnete Nummern sind vergriffen.

Der gemeinnützige Verein fördert insbesondere die wissenschaftlichen Arbeiten des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene.

Wer an Informationen über den Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V. interessiert ist oder Mitglied dieses Vereins werden möchte, wende sich bitte direkt an den Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V., Postfach 31 14 20, 10644 Berlin, Telefon (030) 8644 57 46.

Alle Rechte der Übersetzung vorbehalten

© Copyright 1995 by Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene,
Berlin-Wilmersdorf

Printed in Germany

ISBN 3-437-30798-3

Herstellung:

Regina-Druck / Gloria-Verlag, Hanshelmut Glöckler, Inh.: Michael Knüppelholtz,
Oranienburger Str. 170/172, 113437 Berlin, Tel.: 030 / 403 12 34

Berichts-Kennblatt

Berichts-Nr.: Gr. 452/8-2	
Titel des Berichts:	
Der Einfluß von Nachtfluglärm auf die Stresshormonausscheidung von Flughafenwohnern	
Autoren: Dr.-Ing. C. Maschke Priv.-Doz. Dr. med. D. Arndt Prof. Dr.-Ing. H. Ising Dr. med. G. Laude Dr. rer. nat. W. Thierfelder S. Contzen	Leitung der Studie: Dr.-Ing. C. Maschke Technische Universität Berlin Fachbereich 6 Institut für Technische Akustik Einsteinufer 25 10587 Berlin
Durchführende Institutionen: Technische Universität Berlin Fachbereich 6 Institut für Technische Akustik Einsteinufer 25, 10587 Berlin Umweltbundesamt Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Corrensplatz 1, 14195 Berlin Robert-Koch-Institut Medizinische Diagnostik - Umweltmedizin Waldowallee 117, 10318 Berlin Gesundheitsamt Reinickendorf von Berlin Teichstraße 65, 13407 Berlin	Abschlußdatum: 31. 08. 1994 Veröffentlichungsdatum: 28. 11. 1994 Seitenzahl: 140 Tabellen und Diagramme: 40 Abbildungen: 53
Zusätzliche Angaben: In der Laboruntersuchung "Der Einfluß von Nachtfluglärm auf die Schlafqualität von Flughafenwohnern" konnte eine signifikante Erhöhung der Katecholaminausscheidung ermittelt werden, die auf die nächtliche Lärmsituation zurückgeführt werden kann. Die Ergebnisse der Laborstudie bildeten die Grundlage für die vorliegende Feldstudie.	

Vorwort

Der vorliegende Ergebnisbericht über die Feldstudie zum "Einfluß von Nachtfluglärm auf die Streß-Hormonausscheidung von Flughafenwohnern" belegt durch Komplexität und Vielschichtigkeit der vorgenommenen Untersuchungen in überzeugender Weise das hohe Gesundheitsrisiko, welches von den nachtlärmerzeugenden Flughäfen verursacht werden kann.

Die Studie erbrachte einen beachtenswerten Erkenntniszuwachs über Mechanismen psychobiologischer Prozesse des Schlafes und des Stresses unter Einfluß von nächtlichem Fluglärm, der für umweltdiagnostische Beurteilungen und Gutachten ein gutes wissenschaftliches Fundament bietet.

Die Studie zeichnet sich besonders dadurch aus, daß der Mensch als einheitliches, biopsychosoziales Wesen in seiner gewohnten Lebensumwelt untersucht wurde und daß dabei Zusammenhänge verschiedener Regulationsebenen des Organismus (Ganzheit bis molekularbiologisch) aufgedeckt wurden sowie chronobiologische Faktoren Berücksichtigung fanden.

Der Nachweis, daß bereits ein Lärmpegel von 55 dB und 16 Überflüge innerhalb von 4 Stunden den Schlaf erheblich stören können (Zunahme des erinnerbaren Erwachens um mehr als 70%), ist besorgniserregend, vor allem unter dem Aspekt, den M. Moore-Ede (1993) aufzeigte, wonach gestörter Schlaf die Reaktions- und Leistungsfähigkeit am Tage chronisch einschränkt und infolgedessen die Gefahr der Verursachung von Unfällen und Havarien erheblich erhöht wird.

Natürlich kann eine derartige Feldstudie mit 28 Versuchspersonen keinesfalls alle Probleme der Fluglärmbelastung lösen. Es gibt hierzu noch viele offene Fragen, und es sind unbedingt noch weitere derartige Untersuchungen im großen Umfang erforderlich, um eine wissenschaftliche Grundlage für die sachliche Beurteilung von gesundheitsschädlichem Lärm und für entsprechend präventive Systeme zu schaffen.

Die Studie von Dr. C. Maschke und seinem Team weist noch einmal mit Nachdruck darauf hin, daß dem Lärm von den Verantwortlichen in Politik und Wirtschaft mindestens die gleiche Aufmerksamkeit geschenkt werden muß wie dem Asbest, der nur 1% des Gesundheitsrisikos des Lärms ausweist.

Die im Bericht dargelegten Ergebnisse der Forschergruppe C. Maschke besitzen einen hohen wissenschaftlich-sozialen Stellenwert, und für die der Studie zuteil gewordenen Förderung gebührt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und dem Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e. V. eine hohe Wertschätzung und große Dankbarkeit für ein wahrhaftig humanistisches Anliegen.



Prof. Prof. em. Dr. med. habil Karl Hecht
Spezialist für Stress-, Schlaf-, Chrono- und Raumfahrtmedizin

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Berichts-Kennblatt	
Vorwort	1
Inhaltsverzeichnis	2
Zusammenfassung.....	4
Einführung	5
1. Einleitung.....	7
1.1 Physiologie des Schlafes	7
1.2 Schlaf und Lärm.....	9
1.3 Streß und Lärm.....	10
1.4 Physiologie der Stressreaktion	11
1.5 Operationalisierung der Lärmstresssituation.....	13
2. Ziele der Untersuchung.....	15
3. Versuchsdurchführung	15
3.1 Versuchspersonen	15
3.1.1 Werbung der Vpn.....	16
3.1.2 Informationen der Vpn	16
3.1.3 Auswahlkriterien.....	18
3.2 Versuchsablauf	18
3.2.1 Ärztliche Voruntersuchung (Erhebung des Gesundheitsstatus)	19
3.2.2 Hauptuntersuchung.....	19
3.2.3 Beschallung.....	22
3.2.3.1 Fluggeräusche.....	22
3.2.3.2 Überflugpegel.....	22
3.2.3.3 Aufbereitung der Geräuschaufnahmen.....	23
3.2.3.4 Mittelungspegel	24
4. Datenerhebung	27
4.1 Ärztliche Voruntersuchung.....	27
4.2 Hauptuntersuchung.....	28
4.2.1 Technische Realisierung	33
5. Versuchsanordnung und statistische Auswertung.....	35
5.1 Unterschiedsanalysen.....	36
5.1.1 Faktorielle Anordnung (ohne/mit Fluglärm).....	36
5.1.1.1 Statistisches Auswerteverfahren	36
5.1.1.2 Signifikanztests	39

	Seite	
5.1.2	Faktorielle Anordnung (Überflugpegel/Anzahl).....	39
5.1.2.1	Statistisches Auswerteverfahren	39
5.1.2.2	Signifikanztests	41
5.2	Zusammenhangsanalysen	42
6.	Ergebnisse.....	43
6.1	Voruntersuchung und Eingangsbefragung	43
6.2	Hauptuntersuchung.....	48
6.2.1	Befindlichkeit, Schlaferleben und subjektive Beeinträchtigungen	48
6.2.1.1	Subjektive Beeinträchtigungen.....	48
6.2.1.2	Schlaferleben und Befindlichkeit	55
6.2.1.2.1	Deskriptive Daten	56
6.2.1.2.2	Inferenzstatistische Daten	61
6.2.1.2.3	Schlaferleben, Befindlichkeit und Persönlichkeit	68
6.2.2	Ergebnisse der Harnanalyse	78
6.2.2.1	Deskriptive Daten.....	78
6.2.2.2	Inferenzstatistische Daten.....	86
6.2.2.3	Harnanalyse und Persönlichkeit	89
6.2.2.4	Harnanalyse und Schlaferleben	96
6.2.3	Ergebnisse der Blutanalyse	103
6.2.3.1	Deskriptive Daten.....	103
6.2.3.2	Inferenzstatistische Daten.....	105
6.2.3.4	Blutanalyse, Harnanalyse und Schlaferleben.....	107
6.3	Diskussion der Ergebnisse	118
6.3.1	Reaktionen auf den Nachtfluglärm.....	118
6.3.2	Reaktionen auf den Überflugpegel und die Anzahl der Flugereignisse.....	121
6.3.3	Habituerte Reaktionen und Persönlichkeit	123
6.3.4	Zusammenhänge zwischen Blutwerten, Harnwerten und Schlaferleben.....	125
6.3.5	Momentanreaktionen	126
7.	Umweltmedizinische Bewertung der Ergebnisse und ihre Konsequenzen.....	127
8.	Literatur	129
	Verzeichnis der Abbildungen	137
	Verzeichnis der Tabellen	139
	Anhang	141

Zusammenfassung

In der Feldstudie wurde der Einfluß von Nachtfluglärm auf das Schlaferleben, die Streß-Hormon-Ausscheidung und die Blutwerte von älteren Flughafenwohnern untersucht. Zusätzlich wurde ein Zusammenhang zwischen Persönlichkeitsmerkmalen (FPI-R) und dem Schlaferleben bzw. der Streßhormonausscheidung geprüft.

Der nächtliche Fluglärm bestand aus 16 oder 64 Überflügen mit einem Überflugpegel von 55 oder 65 dB(A)innen.

Schlaferleben:

Die nächtliche Lärmbelastung führte insgesamt zu einer deutlichen Verschlechterung der subjektiven Schlafqualität (ca. 30%). Die Befindlichkeit war drastisch um mehr als 60% verschlechtert und das erinnerbare Erwachen nahm um mehr als 80% zu.

- Der von 55 auf 65 dB(A) erhöhte Überflugpegel führte zu einer signifikanten, aber insgesamt geringen Verschlechterung der subjektiven Schlafqualität.
- Bei dem von 16 auf 64 Flüge erhöhten Flugaufkommen war die Tendenz einer Schlafqualitätsverschlechterung zu erkennen.
- Eine verschlechterte morgendliche Befindlichkeit und ein vermehrtes erinnerbares Erwachen war unabhängig vom Überflugpegel und von der Anzahl der Flüge in allen "Lärmnächten" zu beobachten.

Streß-Hormon-Ausscheidung:

Der nächtliche Fluglärm führte in häuslicher Umgebung zu einer erhöhten Adrenalin- und Cortisolausscheidung.

Der nächtliche Fluglärm muß als Stressor bezeichnet werden, da er imstande war, einerseits die "Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Linie" und andererseits auch die "Hypothalamus-Nebennierenmark-Linie" zu aktivieren.

- Die relative Erhöhung der Adrenalinausscheidung fiel mit 17% deutlich geringer aus als in der vorangegangenen Laborstudie [Maschke 1992], in der eine relative Zunahme von 60% beobachtet wurde.
- Die relative Erhöhung der Cortisolausscheidung lag im Feld bei 19% (die Cortisolausscheidung wurde in der Laborstudie nicht ermittelt).

Ein Vergleich des zeitlichen Verlaufs der nächtlichen Cortisolausscheidung mit der nächtlichen Adrenalinausscheidung zeigt, daß eine hohe Cortisolausscheidung

mit einer deutlich verminderten Adrenalinausscheidung verbunden ist. In diesen Versuchsnächten kommt ein verändertes Reaktionsmuster zum Tragen, das der Hormonreaktion in Niederlagesituationen ähnelt.

In der Laborstudie konnte ein Zusammenhang zwischen dem Überflugpegel und der Adrenalinausscheidung abgesichert werden. Die Adrenalinausscheidung nahm mit dem Überflugpegel zu. Ein Zusammenhang zwischen Überflugpegel und Adrenalinausscheidung kann in der Feldstudie nicht abgesichert werden.

- Die erhöhte Adrenalin- und Cortisolausscheidung war statistisch unabhängig von der Anzahl der Flüge und vom Überflugpegel.

Blutwerte:

Eine fluglärmbedingte Änderung der Blutwerte konnte nur für die Thrombozytentanzahl abgesichert werden. Sie nahm um 11% ab.

Persönlichkeit:

Es ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen den erhobenen Persönlichkeitsmerkmalen "Aggressivität", "Gesundheitssorgen", "Soziale Orientierung" und dem "habituierten" Schlaferleben zu verzeichnen.

Für die "habituierte" Cortisolausscheidung war eine ungewöhnlich hohe Determination mit der Persönlichkeitsskala "Aggressivität" zu beobachten.

Die vorliegenden Ergebnisse erhärten die These, daß Nachtfluglärm als ausgesprochener Disstress zu bewerten ist, der das interne Milieu nachweislich verändert. Damit ist das gesundheitliche Risiko bei chronisch Nachtfluglärm-exponierten als erhöht zu betrachten.

Schlagwörter:

Adrenalin, Cortisol, Feldstudie, Gesundheit, Lärmwirkung, Persönlichkeit, Nachtflug, Schlaferleben

Einführung

Schwerpunkt der Studie sind die Ergebnisse zur fluglärmbedingten Streßhormonausscheidung, die in dem Kapitel "Harnanalyse" zusammengefaßt sind. Die Ergebnisse werden im Zusammenhang mit dem Schlaferleben und den Ergebnissen einer Blutanalyse diskutiert. Die Ergebnisse zum "Schlaferleben" sind dem Kapitel "Harnanalyse" vorangestellt. Das Kapitel "Blutanalyse" bildet den Abschluß der Ergebnisdarstellung. Zur Beschreibung des Versuchspersonen-

kollektivs wurden auch "Persönlichkeitsprofile" (FPI-R) ermittelt, deren Beziehung zu den Ausprägungen des Schlaferlebens und der Harnwerte untersucht wurde. Die Ergebnisse geben Hinweise auf die Rolle der Persönlichkeit bei einer nächtlichen Fluglärmbelastung.

Die Kapitel "Schlaferleben", "Harnanalyse" und "Blutanalyse" sind im formalen Aufbau vergleichbar. Sie beginnen jeweils mit einer deskriptiven Darstellung der erhobenen Daten, gefolgt von einer inferenzstatistischen Überprüfung der Mittelwertdifferenzen zwischen "normaler akustischer Situation" und Nachtfluglärm. Den Abschluß jeden Kapitels bilden Zusammenhangsanalysen mit den Persönlichkeitsprofilen und zwischen den Datengruppen. Dieser modulare Aufbau der Ergebnisse ist in allen Kapiteln des Berichtes verwirklicht und soll es dem Leser ermöglichen, den Bericht partiell (d. h. in einzelnen Kapiteln) zu lesen. Der Nachteil des modularen Aufbaus ist beim Lesen des gesamten Berichts spürbar. Die Kapitel enthalten Redundanz, die ermüdend wirken kann. In Anbetracht der eigenen Erfahrungen, unter dem üblichen Zeitdruck umfangreiche Berichte selektiv zu lesen, wurde die Redundanz des modularen Aufbaus in Kauf genommen.

Die statistische Analyse der vorliegenden Daten ist insbesondere im Hinblick auf eine medizinische Bewertung nicht immer ausreichend. Wichtige Informationen wären z. B. durch Einzelfallanalysen zu erhalten, die in diesem Bericht nicht enthalten sind. Das hat zwei Gründe: Zum einen muß der Umfang eines Forschungsberichtes begrenzt werden, zum anderen sind die Einzelfallanalysen Grundlage für eine laufende Dissertation. Inhalt dieser Dissertation werden auch die Ergebnisse der Blutdruck-Langzeituntersuchungen sein, die im Rahmen dieser Feldstudie durchgeführt wurden.

Zum Abschluß sei noch auf zwei bedauerliche Mängel der Untersuchung hingewiesen, die sich erst nach der Datenerhebung zeigten: In den Nächten ohne Fluglärm (erste Versuchswöche) wurde versäumt, die nächtliche Geräuschsituation zu kontrollieren. Aus diesem Grund wird in dem Bericht nicht von "Ruhennächten" (wie in der Laborstudie [Maschke 1992]), sondern von "normaler akustischer Situation" gesprochen bzw. das Etikett "ohne Fluglärm" verwandt.

Der Zeitraum der nächtliche Harnsammlung konnte in der Feldstudie nicht festgelegt werden. So wurden alle Ausscheidungsmengen auf Kreatinin bezogen. Für direkte Vergleiche zwischen den Ergebnissen der Feld- und der Laborstudie [Maschke 1992] müssen diese Unterschiede beachtet werden.

1. Einleitung

In der Einleitung sind jeweils kurze Einführungen zu den Themen "Schlaf", "Schlaf und Lärm", "Streß und Lärm" und "Streßreaktionen" zusammengefaßt. Sie spiegeln die Grundlage der vorliegenden Untersuchung wider.

1.1 Physiologie des Schlafes

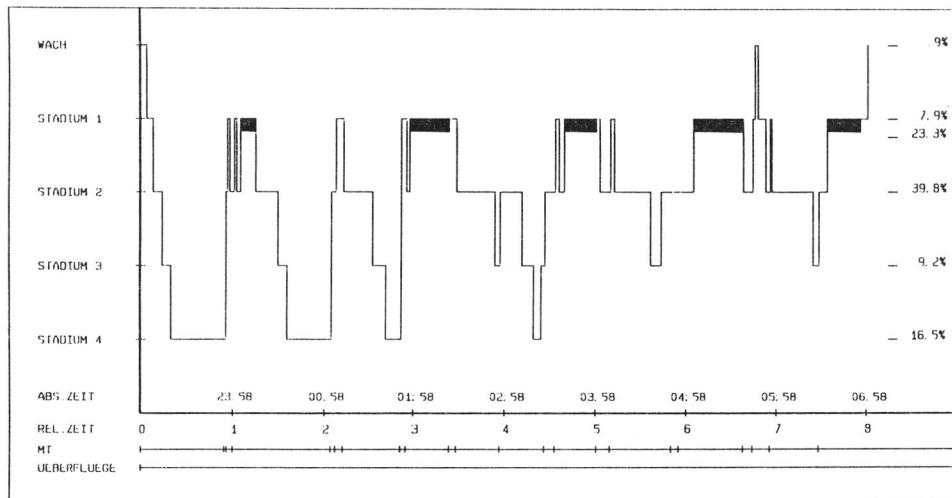
Bei der Beschreibung des Schlafes ist grundsätzlich zwischen einer subjektiven Beschreibung des Schlafes, dem Schlaferleben, und einer "objektiven" Beschreibung des Schlafes zu unterscheiden. Das Schlaferleben wird erfragt. Grundlage für eine "objektive" Beschreibung des Schlafes ist im allgemeinen das aus der bioelektrischen Hirntätigkeit (Elektroenzephalogramm: EEG) abgeleitete Schlafprofil (vgl. Abb. 1). Es enthält fünf Schlafstadien, die in ihrer zeitlichen Abfolge über der Schlafzeit des Schläfers aufgetragen sind. Zusätzlich sind die Zeiten erhöhter Muskelaktivität (Movementtime) eingezeichnet. Der Schlaf beginnt mit dem Übergang vom Wachzustand in das Schlafstadium 1 (Einschlafstadium). Die EEG-Aktivität läßt nach, der Atem wird ruhiger, der Puls langsamer und die Muskeln erschaffen. Nach wenigen Minuten wird das Schlafstadium 2 (leichter Schlaf) erreicht, in dem die Stoffwechselaktivität abnimmt. Wird der Schläfer nicht gestört, erreicht er nach einer kurzen Verweildauer im Stadium 3 (mitteltiefer Schlaf) das Schlafstadium 4 (Tiefschlaf). Die Körperbewegungen hören auf. Der Atem ist gleichmäßig und tief. Die Weckschwelle nimmt mit jeder Schlafvertiefung zu. Die Ordinatenwerte der vier Schlafstadien spiegeln diese verminderte "Weckbarkeit" wider. Das Ende eines Schlafzyklus bildet der (meist) als Balken auf dem Niveau des Stadium 1 verzeichnete REM-Schlaf (Traumschlaf). Im Traumschlaf ist eine EEG-Tätigkeit zu beobachten, die dem Wachzustand sehr ähnlich ist. Die Bewegungen des Schläfers sind jedoch stark gehemmt. Allenfalls zucken Arme und Beine etwas.

Heftige Bewegungen der Augäpfel unter den geschlossenen Lidern (Rapid Eye Movements: REM) kennzeichnen dieses Schlafstadium.

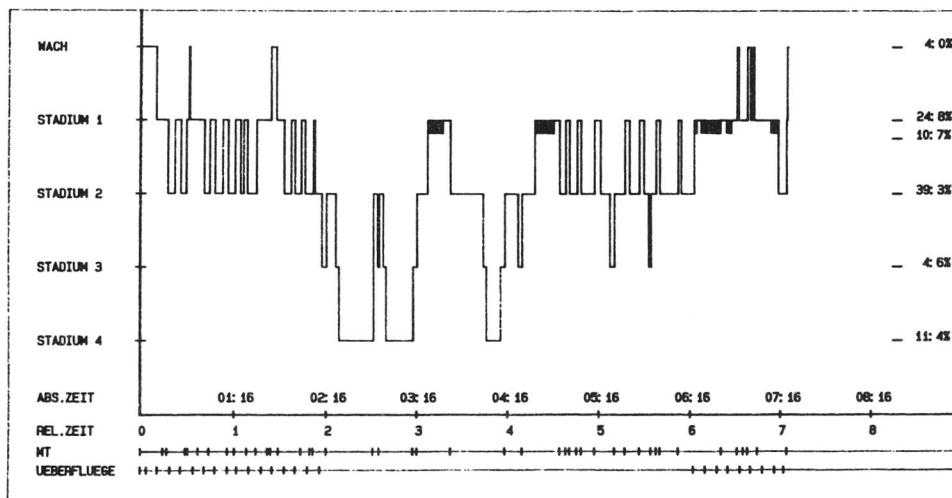
Im ungestörten Schlaf folgt auf eine Schlafvertiefung eine schnelle Schlafverflachung, die mit dem REM-Stadium beendet wird. Diesen Schlafzyklus "durchwandert" der Schlafende während einer 8-stündigen Nacht vier- bis fünfmal. Die Verweildauer in den tiefen Schlafstadien nimmt mit der Schlafzeit ab, die Verweildauer im REM-Schlaf mit der Schlafzeit zu. Der zyklische Ablauf der Schlafstadien ist Teil der ultradianen Periodik. Zwei typische Schlafprofile sind in Abb. 1 dargestellt.

Abb.1: Typische Schlafprofile unter Ruhe und Fluglärm

- a) Die Versuchsperson schlief bei einem nächtlichen Mittelungspegel von $L_{eq\ innen} < 30$ dB(A) im Schlaflabor



- b) Die Versuchsperson schlief bei nominal 32 Überflügen.
Das entsprach einem Mittelungspegel von $L_{eq\ innen} = 53$ dB(A)
im Schlaflabor



Am rechten Rand der Schlafprofile sind die relativen Schlafstadien-Zeiten für jedes Schlafstadium vermerkt. Die (relativen) Schlafstadien-Zeiten weisen bei einem ungestörten Schlaf eine charakteristische Verteilung auf (Abb. 1 a). Eine deutliche Änderung dieser Schlafstadienverteilung zeigt einen gestörten Schlafverlauf an. In Abb. 1b ist ein durch nächtlichen Fluglärm gestörter Schlafverlauf abgebildet.

Die gesundheitliche Bewertung von lärmbedingten Schlafstörungen ist schwierig und stützt sich auf Schlaf- und Schlafentzugsstudien. Es gilt als gesichert, daß der Tiefschlaf für die physische und der Traumschlaf für die psychische Erholung notwendig sind. Neuere Theorien aus der Neurobiologie unterstützen diese Annahme. Dem REM-Schlaf wird eine besondere Bedeutung beigemessen, die in der "Aufbereitung und Reflexion von Gedächtnisinhalten" liegt.

1.2 **Schlaf und Lärm**

Zum Thema "Schlaf und Lärm" gibt es zahlreiche Untersuchungen, deren Ergebnisse in mehreren Übersichtsarbeiten zusammengefaßt wurden. Die Arbeiten belegen, daß Lärm den Schlaf stören kann. Das Ausmaß der Störung ist abhängig von

- der Intensität (Pegel),
- dem Spektrum,
- der Expositionsdauer,
- der zeitlichen Struktur,
- dem Informationsgehalt des Lärms

sowie von endogenen und exogenen Faktoren. Die Auswirkung der endogenen und exogenen Einflüsse ist meist nur qualitativ bekannt oder läßt sich aus den vorliegenden Untersuchungen ableiten.

Zu den wichtigsten exogenen Faktoren zählen:

Jahreszeit, Licht, Schlafräumtemperatur, Schlafumfeld, Medikamente und Genußmittel (wie Alkohol, Kaffee, Tee).

Zu den wichtigsten endogenen Faktoren zählen:

Hörfähigkeit, Alter, Geschlecht, Bildung, Persönlichkeitsmerkmale, psychische und physische Verfassung, Lärmempfindlichkeit und Einstellung zum Lärm.

Die unter Lärm ermittelten Schlafstörungen lassen sich anhand ihrer zeitlichen Folge in Primär-, Sekundär- und Tertiärreaktionen einteilen.

Zu den Primärreaktionen gehören:

- kurzfristige Veränderungen im EEG (Nullreaktionen),
- Verflachung der momentanen Schlaftiefe bis hin zu Aufwachreaktionen (Stadienwechsel),
- Veränderungen der Schlafstadienverteilung,
- Zunahmen der Bewegungshäufigkeit,
- Verlängerungen der Latenzzeiten (insbesondere der Einschlaflatenz),
- Verkürzung der Gesamtschlafzeit,

aber auch vegetative Reaktionen wie

- Änderung der Atemfrequenz,
- Änderung des Blutdrucks,
- Änderung der peripheren Durchblutung
- Änderungen des Stoffwechsels und
- Änderungen der Hormonausschüttung.

Sekundärreaktionen sind reversible Beeinträchtigungen des Allgemeinzustandes nach dem Erwachen. Zu ihnen gehören die:

- Beeinträchtigung des Wohlbefindens,
- Beeinträchtigung der Leistung,
- Beeinträchtigung der Konzentration,
- Beeinträchtigung der psychischen Verfassung,
- Beeinträchtigung des Immunsystems.

Tertiärreaktionen sind irreversible gesundheitliche Beeinträchtigungen.

Der Kenntnisstand der Lärmwirkungsforschung erlaubt gegenwärtig noch keine eindeutige Aussage über den funktionalen Zusammenhang zwischen Primär- und Tertiärreaktionen.

1.3 Streß und Lärm

Das biologische Stresskonzept nach H. Selye, dem Entdecker des Stress, beinhaltet die spezifischen Reaktionsweisen des Organismus auf die Einwirkung unterschiedlicher exogener Reizeinflüsse, z.B. aus dem Lebensumfeld des Menschen. Dabei wird die unmittelbare physische Wirkung objektiver physikalischer oder chemischer Reize betrachtet, nicht aber mögliche psychische Vermittlungsprozesse. Somit wird beim Stress ein allgemeines, weitgehend stereotypes, reizunspezifisches Verhaltensmuster ausgelöst, das in erster Linie aus neuralen und humoralen Prozessen besteht und mit einer Steigerung des emotionalen Erregungsniveaus verbunden ist.

Nicht nur Extremsituationen wie Flucht, Kampf, Unfall und Schmerz führen zu Streßreaktionen, sondern auch alltägliche Situationen können zur Streßauslösung Anlaß geben. Neben den klassischen Streßsituationen wie körperliche und geistige Anstrengung, Arbeiten unter Zeitdruck, Mißerfolg oder Bewegungseinschränkung sind als Umweltstressoren Kälte- oder Hitzeeinwirkungen und die Lärmbelastung zu nennen. Streß ist heute zu einem zentralen Begriff in den verschiedensten wissenschaftlichen Disziplinen geworden, sowohl in der Biologie und der Medizin, der Psychologie und Soziologie als auch in den Umwelt- und Ingenieurwissenschaften.

1.4 Die Physiologie der Streßreaktion

Grundlage jeder Streßreaktion ist der Versuch des Organismus, das durch die sogenannte "Alarmreaktion" gestörte physiologische Gleichgewicht durch adaptative Prozesse wiederherzustellen. Streß ist somit Störungsinduktion und Anpassungsreaktion zugleich. Zweck der Streßreaktion ist sowohl die schnelle Energiemobilisierung für evtl. erforderlich werdende plötzliche Anforderungen an den Muskelapparat als auch die Einstellung des Körpers auf zu erwartende extreme Funktionssteigerungen und Beanspruchungen bestimmter Organe oder Organsysteme, z.B. durch verstärkte Durchblutung, Stoffwechselaktivierung oder Stimulation der Abwehrmechanismen.

Je nach Auswirkungen und physiologischer Belastung durch die Streßreaktion unterscheidet man zwischen Eustreß und Disstreß, wobei letzterer eine Beanspruchung mit potentieller Gesundheitsgefährdung, z.B. infolge akuter Reizeinwirkung mit mangelhafter oder fehlender Adaptation oder infolge chronischer Reizüberflutung mit Dekompensation der regulativen Prozesse darstellt. Dagegen handelt es sich beim Eustreß um eine positive, gesundheitsfördernde Beanspruchung, die subjektiv z. B. als Erfolgserlebnis empfunden wird.

Eine wichtige Stellung bei der allgemeinen Steuerung der Streßreaktionen nimmt der Hypothalamus ein, wobei dieser Zwischenhirnabschnitt die Funktionen des somatischen, vegetativen, hormonellen und zentralen Aktivierungssystems koordiniert.

Die physiologische Streßreaktion ist an zwei übergreifende Systeme gebunden, das zentrale Nervensystem und das endokrine System.

Das zentrale Nervensystem (neurale Prozesse)

Hier müssen wiederum zwei Systeme unterschieden werden, die beide vom Zwischenhirn gesteuert werden, jedoch unterschiedliche funktionelle Schwerpunkte haben: Das vegetative Nervensystem (VNS) und das aufsteigende retikuläre Aktivierungssystem (ARAS).

Das vegetative Nervensystem (VNS)

Der Stresszustand beginnt mit einer "vegetativen Gesamtumschaltung", wobei das VNS die Körperperipherie aktiviert, also die Organfunktionen in Hinblick auf die Konstanthaltung des inneren Milieus und die Umstellung des Organismus auf Leistungsanforderungen reguliert und koordiniert. Man unterscheidet zwischen dem zentralen VNS, das hauptsächlich vom Hypothalamus gesteuert wird, und dem peripheren VNS, das in parasympathisches und sympathisches System aufgeteilt wird. Für unsere Untersuchung ist vor allem letzteres von Bedeutung, da dieses für die Freisetzung der Katecholamine des Nebennierenmarks sorgt.

Das aufsteigende retikuläre Aktivierungssystem (ARAS)

Das aufsteigende retikuläre Aktivierungssystem (ARAS) aktiviert die Hirnrinde und reguliert unter anderem den Wach-Schlaf-Rhythmus des Gehirns. Eine führende Rolle in diesem System spielt die Formatio reticularis im Subkortex, ein Neuronengeflecht, das vom Hirnstamm bis ins Zwischenhirn reicht. Sie wird einerseits durch Sinnesreize, andererseits auch durch das limbische System, dem sog. "emotionalen Gehirn", angeregt. Somit können sowohl innere und äußere Reize als auch Erinnerungen und Gefühle über diese Formation den Schlaf bzw. das Schlaferleben beeinflussen.

Das endokrine System (neurohumorale Prozesse)

Von zentraler Bedeutung sind hier stressbedingte Hormonausschüttungen. Diese Stresshormone werden von bestimmten Organen oder Geweben gebildet und dann in erster Linie auf dem Blutweg zu anderen Organstrukturen oder Organsystemen transportiert. Die Steuerung der Hormonausschüttung erfolgt meist über negative Rückkopplung, d. h. die Wirkung der Hormone wird an die produzierenden Stellen gemeldet, wo die Ausschüttung entsprechend gesteuert wird. Somit sind die Hormone nicht nur regelnde, sondern auch geregelte Größen. Sie werden, sofern ihre Wirksamkeit nicht bereits durch Stoffwechselprozesse (z. B. in die Leber) oder durch Hormonantagonisten abgebaut wurde, im Harn ausgeschieden.

Der Hypothalamus beeinflusst das endokrine System einerseits über die Hypophyse (Freisetzung von Cortisol), andererseits auf neuralem Wege über den Sympathikus (Freisetzung von Katecholaminen). So sind zwei "Regelkreise" zu beschreiben, die bei der Untersuchung von Stressvorgängen besondere Aufmerksamkeit verdienen.

a) Der Hypothalmus - Hyphophysen - Nebennierenrinden - Regelkreis

Die hormonelle Streßreaktion beginnt mit der Produktion von sog. Releasing factors im Hypothalmus, die zur Adenohypophyse (dem Hypophysenvorderlappen) transportiert werden, wo sie die Hormonbildungszellen stimulieren. Neben anderen wird hier das ACTH (adrenocorticotropes Hormon) gebildet und ausgeschüttet. Dieses Hormon wiederum löst eine Kette von Reaktionen aus, die eine Streßbelastung kennzeichnen, u. a. wird dabei die Funktion der Nebennierenrinde aktiviert. Die Nebennierenrinde produziert ihrerseits verstärkt Hormone, die Glucocorticoide, deren wichtigstes in diesem Zusammenhang das Cortisol ist. Diese Glucocorticoide wirken auf verschiedene Erfolgsorgane ein, zusätzlich beeinflussen sie Hypothalmus und Adenohypophyse im Sinne der beschriebenen negativen Rückkopplung.

b) Der Hypothalmus - Nebennierenmark - Regelkreis

Das zentrale endokrine Organ in dieser Reaktionslinie stellt das Nebennierenmark dar. Dieses wird durch den Sympathikus aktiviert und produziert die Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin, die meist sofort ins Blut freigesetzt werden. Die Katecholamine ermöglichen beispielsweise eine flexible Reaktion des Organismus auf emotionale Streßsituationen, wie Ärger, Angst oder Freude, und wirken auf Herz-Kreislauf-System, Atmung, Darmtätigkeit, Stoffwechsel, Pupillenspiel und ZNS ein, wobei letzteres besonders durch Adrenalin beeinflußt wird.

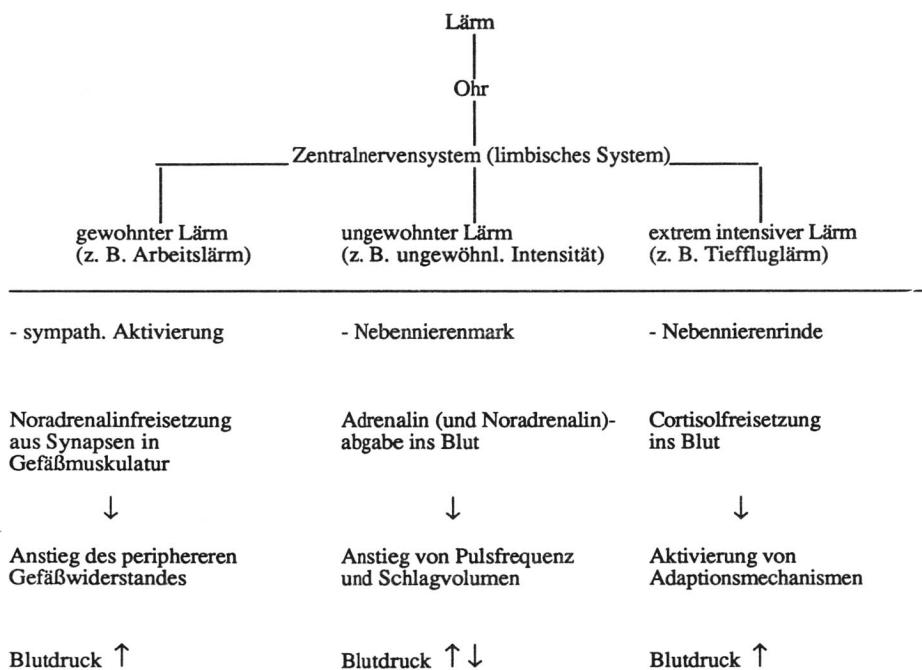
1.5 Operationalisierung der Lärmstreßreaktion

Erreicht ein Geräusch das menschliche Ohr, wird es genau dann zum adäquaten Reiz, wenn das Spektrum des Geräusches nach Frequenz und Intensität hörbare Werte aufweist. Die durch adäquate Schallreize ausgelösten nervösen Impulse gelangen über die Hörnervenen zur Hörrinde und zur Formatio reticularis. Unerwartet auftretender Lärm veranlaßt den Körper zu einer "Alarmreaktion", bei der u. a. auch das ACTH ausgeschüttet wird. Eine direkte Folge ist die erhöhte Ausschüttung der Glucocorticoide und der Katecholamine, die als "Cannon-Syndrom" bezeichnet wird.

Glucocorticoide und Katecholamine wirken auf Erfolgsorgane ein und beeinflussen z. B. das Herz-Kreislaufsystem, den Stoffwechsel und die Blutfette. Jene werden zum großen Teil mit dem Harn ausgeschieden. Gleichzeitig wird über das aufsteigende retikuläre Aktivierungssystem der Schlafverlauf und sein subjektives Abbild, das Schlaferleben, beeinflußt. Die primäre Operationalisierung einer Lärmstreßreaktion ist demzufolge über die Ausscheidungsmengen der Katecholamine bzw. des Cortisol im Sammelurin nachweisbar, und die Stärke der Streßreaktion kann aus deren Konzentrationen abgelesen werden.

Den schematischen Zusammenhang zwischen Lärmart und Streßreaktion zeigt die folgende Abbildung 1.1.

Abb. 1.1: Zusammenhang zwischen Lärmart und Streßreaktion (nach Ising)



Der Nachweis von Herz-Kreislaufreaktionen, erhöhten Blutfetten und verändertem Schlaferleben stellen eine sekundäre Operationalisierung der Streßreaktion dar.

Sowohl bei primärer wie sekundärer Operationalisierung ist zu beachten, daß die Streßreaktion eine reizspezifische Reaktion darstellt. Die Methodik zur Untersuchung von Lärm-Streß-Reaktionen ist so auszulegen, daß der ursächliche Zusammenhang zwischen appliziertem Reiz und nachgewiesener Streßreaktion belegbar ist.

2. Ziele der Untersuchung

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zu klären, in welchem Maße die Streßbelastung von Flughafenwohnern, die ohnehin tagsüber Fluglärm ausgesetzt sind, durch nächtlichen Fluglärm beeinflußt wird und ob diese nächtliche Lärmbelastung ein Gesundheitsrisiko in sich birgt. Dieser Fragestellung wurde in einer Feldstudie nachgegangen und mit Ergebnissen einer Laborstudie verglichen.

Insbesondere sollten dabei folgende Arbeitsthesen überprüft werden:

- Nächtlicher Fluglärm führt auch in häuslicher Umgebung zu einer veränderten humoralen Ausscheidung (vgl. Abschnitt 4.2).
- Die Höhe der Hormonausscheidung hängt von der Anzahl der Flugbewegungen bzw. vom Überflugpegel^{*)} ab.
- Nächtlicher Fluglärm führt zu einem verändertem Schlaferleben bzw. zu einer veränderten morgendlichen Befindlichkeit.
- Die Änderung des Schlaferlebens hängt von der Anzahl der Flugbewegungen bzw. vom Überflugpegel^{*)} ab.
- Nächtlicher Fluglärm führt zu veränderten Blutwerten wie freie Fettsäuren, Triglyceride, Blutzucker usw. (vgl. Abschnitt 4.2).

3. Versuchsdurchführung

Die Feldstudie wurde 1992 vorbereitet und mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) und des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e. V. vom Januar bis Juni 1993 vom Institut für Technische Akustik und dem Bundesgesundheitsamt durchgeführt. An der Durchführung waren drei Ärzte, zwei medizinisch-technische Assistenten, ein wissenschaftlicher Mitarbeiter und drei studentische Hilfskräfte beteiligt.

3.1 Versuchspersonen

Für die Feldstudie wurden normalhörende, gesunde, erwachsene Versuchspersonen im Alter von 35 bis 65 Jahren ausgewählt, die in fluglärmbelasteter Gegend [$L_{eq, \text{außen, tags}} > 55 \text{ dB(A)}$] im Bereich des Flughafens Berlin-Tegel (Otto Lilienthal-Flughafen) wohnten.

^{*)} zum Überflugpegel siehe Abschnitt 3.2.3

3.1.1 Werbung der Versuchspersonen

Die Versuchspersonen wurden mit Hilfe von Wurfsendungen in zwei Wohngebieten in Berlin-Reinickendorf geworben. Beide Gebiete liegen neben der nominalen Einflugschneise und weisen tagsüber einen hohen fluglärmbedingten Mittelungspegel auf. Die beiden Wohngebiete sind auf der Karte in Abb. 3.1 verzeichnet.

Insgesamt erhielten 4000 Haushalte ein Anschreiben, in dem um eine Teilnahme an der Studie gebeten wurde (vgl. Anhang). Angesprochen wurden Personen, die 35 bis 65 Jahre alt und zu dieser Zeit nicht in ärztlicher Behandlung waren. Alle angeschriebenen Personen wurden gebeten, ihre Bereitschaft zur Teilnahme schriftlich oder fermündlich mitzuteilen. Die interessierten Anwohner wurden zu Informationsveranstaltungen eingeladen.

3.1.2 Information der Versuchsteilnehmer

Drei gleichgestaltete Informationsveranstaltungen ermöglichten es, die Versuchspersonen einheitlich über den für sie wichtigen Teil der Feldstudie zu informieren.

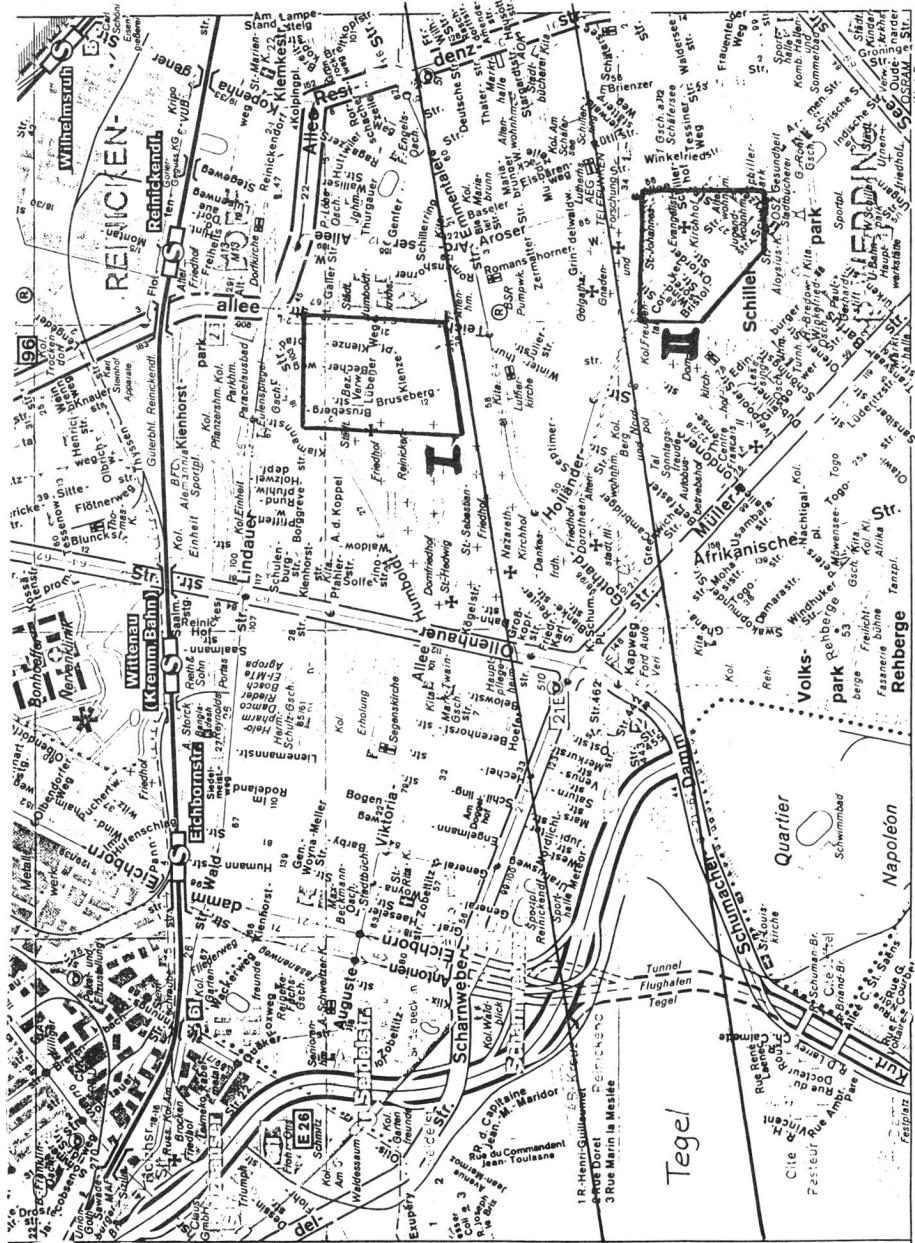
Alle Veranstaltungen begannen mit einer kurzen Begrüßung durch einen Vertreter des Bezirksamtes Reinickendorf und der Vorstellung der Konzeption der Feldstudie. Im Anschluß wurde ein konkreter Versuchsablauf aus der Sicht eines Teilnehmers dargestellt. Die Schilderung wurde visuell unterstützt. Die Teilnehmer konnten den Versuchsablauf in Form von Piktogrammabfolgen nachvollziehen (vgl. Abs. 3.2).

Insbesondere wurde darauf hingewiesen, daß der Versuch jederzeit ohne Angabe von Gründen abgebrochen werden kann und alle anfallenden Daten anonym gespeichert werden.

Es folgte eine kurze Diskussion mit den Veranstaltungsteilnehmern über die einzelnen Schritte des Versuchsablaufes.

Zum Abschluß wurden alle interessierten Teilnehmer gebeten, einen Termin für die medizinische Voruntersuchung (Gesundheitscheck) zu vereinbaren, die in den Räumen des Bezirksamtes Reinickendorf durchgeführt wurde.

Abb. 3.1: Wohngebiete der Versuchspersonen ("I" und "II" = Wohngebiete für die Datenerhebung)



Maßstab 1:20000

3.1.3 Auswahlkriterien

Die Auswahl der Versuchspersonen erfolgte auf der Grundlage ihres Gesundheitsstatus (Voruntersuchung) unter Beachtung von Ausschlußkriterien. Eine Vorauswahl erfolgte bereits bei der Werbung der Versuchspersonen.

Ausschlußkriterien:

Folgende Kriterien führten zum Ausschluß von der Untersuchung, da bei ihnen relevante Einflüsse auf die Meßdaten zu erwarten waren, die (im Rahmen dieser Feldstudie) von den eingesetzten Kontrolltechniken (Randomisieren, Parallelisieren, Auspartialisieren) nicht kompensiert werden konnten:

Eine von der Untersuchung auszuschließende Person

- ist jünger als 35 Jahre oder älter als 65 Jahre,
- wohnt nicht in den ausgewählten Wohngebieten,
- ist nicht normalhörend,
- leidet an einem Anfallsleiden oder einer relevanten akuten bzw. chronischen Erkrankung,
- leidet an Schlafstörungen,
- benutzt Gehörschutzmittel,
- nimmt oder nahm den Untersuchungsablauf störende Medikamente ein, z. B. (Ein)Schlafmittel, Beruhigungsmittel usw.,
- weist therapiebedürftige Störungen des Fettstoffwechsels auf,
- schnarcht regelmäßig.

3.2 Versuchsablauf

Der Versuchsablauf gliederte sich in zwei unabhängige Untersuchungsteile. Die Überprüfung des Gesundheitszustandes in Hinblick auf das Vorliegen von Ausschlußkriterien (vgl. Abschnitt Ausschlußkriterien) erfolgte im Rahmen einer ärztlichen Voruntersuchung. Sie war für alle Teilnehmer obligatorisch.

Die Auswirkungen von nächtlichem Fluglärm wurden in der Hauptuntersuchung überprüft. Für diesen Untersuchungsteil wurden nur Versuchspersonen herangezogen, die den Auswahlkriterien entsprachen.

3.2.1 Ärztliche Voruntersuchung (Erhebung des Gesundheitsstatus)

Die Überprüfung des Gesundheitszustandes fand in den Räumen des Gesundheitsamtes Reinickendorf statt und wurde von Fachärzten des Bundesgesundheitsamtes "Klinisch diagnostischer Bereich" durchgeführt. Um den Tagesablauf der Versuchspersonen so wenig wie möglich zu beeinflussen, fanden die Untersuchungen täglich zwischen 5⁰⁰ Uhr und 20⁰⁰ Uhr zu den vereinbarten Terminen statt (vgl. Informationsveranstaltung). Die Versuchspersonen mußten zur ärztlichen Voruntersuchung nüchtern erscheinen. Konnte die Untersuchung aus Zeitgründen nicht abgeschlossen werden, so wurden weitere Termine vereinbart.

Die Überprüfung des Gesundheitszustandes beinhaltete folgende Untersuchungsparameter:

- Klinischer Status,
- Blutdruck/Herzfrequenz,
- EKG,
- Lungenfunktionswerte,
- Harnstatus,
- Blutstatus,
- Audiogramm
(Einzelheiten s.Abs. 4.1)

Die Ergebnisse dieser Voruntersuchung wurden den Versuchspersonen in schriftlicher Form zur Verfügung gestellt.

Personen, die aufgrund ihres Gesundheitszustandes als geeignet angesehen wurden, an der Hauptuntersuchung teilzunehmen, erhielten ihre Gesundheitsdaten erst nach Abschluß der Hauptuntersuchung ausgehändigt.

3.2.2 Hauptuntersuchung

Die Untersuchung fand in den Wohnungen der einzelnen Versuchspersonen statt und verlief jeweils über 12 aufeinanderfolgende Tage. Untersuchungsbeginn war immer ein Montag, Untersuchungsende der Freitag der zweiten Versuchswoche. Die Datenerhebung erfolgte in 2 x 4 Nächten jeweils von Montag bis Freitag. In den ersten vier Nächten der Datenerhebung schliefen alle Versuchspersonen unter den gewohnten akustischen Bedingungen. In den folgenden vier Nächten wurden über eine eigens installierte Beschallungsanlage Überfluggeräusche in den Schlafraum eingespielt. Die Anzahl der Flugbewegungen betrug 16 und 64 Überflüge pro Nacht, der Überflugpegel 55 dB(A) oder 65 dB(A) (vgl. Kapitel 3.2.3).

Die Steuerung und Registrierung der Beschallung sowie die Registrierung der Schlafraumtemperatur erfolgte über einen Personalcomputer (vgl. Abschnitt 4.3).

Die Versuchspersonen füllten täglich einen abendlichen und einen morgendlichen Fragebogen aus. Der Abendfragebogen enthielt Fragen zur Tagesbelastung (Arbeitsbelastung, Ruhezeiten, Medikamenteneinnahme usw.). Im Morgenfragebogen waren Fragen zum "Schlaferleben", wie z. B. zur Einschlafdauer, zur Beeinträchtigung des Schlafes oder zum morgendlichen Befinden nach dem Aufwachen zu beantworten.

Der Nachtharn wurde gesammelt und untersucht. Am Morgen nach je einer Nacht ohne und mit Fluglärmbelastung wurde zusätzlich von dem betreuenden Arzt eine Blutprobe abgenommen und ein Meßgerät zur Langzeitregistrierung der Blutdruckwerte angelegt.

Jede Versuchsperson wurde während der Datenerhebung durch einen Versuchsassistenten betreut. Dieser kümmerte sich allabendlich um die Beschallung, bereitete die Harnproben vor, transportierte die Proben ins Labor und stellte das Bindeglied zwischen Versuchsleitung und Versuchsperson dar.

Der zeitliche Ablauf der Datenerhebung (des 4. Versuchszyklus) ist in der Abbildung 3.2 in Form von Piktogrammen dargestellt. Die Piktogramme sind von oben nach unten zeitlich ordinal angeordnet. Sie haben folgende Bedeutung:

- Piktogramme der Datenerhebung (z. B.  Harn) zeigen an, daß die Datenerhebung an diesem Tage durchgeführt wird.
- Piktogramme von Personen (z. B. ) zeigen den Besuch der betreffenden Person (Betreuer/Arzt) an.
- Piktogramme der Zeit (z. B. ) unterstützen die zeitlich ordinale Ordnung.
- Das Piktogramm des Rechners () symbolisiert die Anwesenheit der Beschallungsanlage im Haushalt.
- Das Piktogramm des Telefons () symbolisiert die Terminabsprache des Versuchsassistenten mit der Versuchsperson.

Abb. 3.2: Zeitlicher Ablauf der Datenerhebung
Versuchswoche 1 (Ruhe), Versuchswoche 2 (Lärm)

1. WOCHE		Dienstag, 2. 3. 93	Mittwoch, 3. 3. 93	Donnerstag, 4. 3. 93	Freitag, 5. 3. 93
27./28. 2. 93	Montag, 1. 3. 93				
Anruf, Terminabsprache Betreuer Eingangs-Fragebogen Abend-Fragebogen Nachtruhe	Betreuer Morgen-Fragebogen Nachtruhe	(M) Urin Betreuer (A) Abend-Fragebogen Nachtruhe	(M) Urin Betreuer (A) Abend-Fragebogen Nachtruhe	(M) Urin Betreuer Arzt Blutabnahme (nüchtern) Blutdruckmessung (A) Abend-Fragebogen Nachtruhe	(M) Urin Betreuer Nachtruhe

2. WOCHE		Dienstag, 9. 3. 93	Mittwoch, 10. 3. 93	Donnerstag, 11. 3. 93	Freitag, 12. 3. 93
6./7. 3. 93	Montag, 8. 3. 93				
Anruf, Terminabsprache Betreuer Aufbau der Beschallungsanlage Abend-Fragebogen Nachtruhe Rechner	Betreuer Morgen-Fragebogen Nachtruhe	(M) Urin Betreuer Arzt Blutabnahme (nüchtern) Blutdruckmessung (A) Abend-Fragebogen Nachtruhe Rechner	(M) Urin Betreuer Nachtruhe	(M) Urin Betreuer Nachtruhe	Abbau der Beschallungsanlage Rechner

Die Datenerhebung (vgl. Anhang Zeitplan II und III) wurde in sieben aufeinanderfolgenden Wochen an 28 Versuchspersonen (224 Versuchspersonennächte) durchgeführt. Die Daten wurden parallel in jeweils drei bzw. sechs Haushalten erhoben.

Das vollständige Versuchsdesign ist der Abbildung 5.1 im Abschnitt 5 (Versuchsanordnung und statistische Aufbereitung) zu entnehmen.

3.2.3 Beschallung

Die Fluggeräusche wurden elektroakustisch simuliert und vor jedem Nachtversuch auf den vorgesehenen "Überflugpegel" am Kopfende des Bettes der Probanden eingestellt (vgl. Abb. 5.1: Versuchsdesign). Ein Beschallungsprogramm startete einzelne, auf einer CD gespeicherte reale Überflugaufnahmen, die in den Schlafraum eingespielt wurden (vgl. Abschnitt 4.3: Technische Realisierung). Alle Fluggeräusche wurden im Zeitraum zwischen 0 und 4 Uhr dargeboten. Die Überfluggeräusche waren identisch mit den Überfluggeräuschen der Laboruntersuchung von Maschke (1992), und ihre zeitliche Abfolge entsprach der dortigen Variante E (Mitternachtsflug).

3.2.3.1 Fluggeräusche

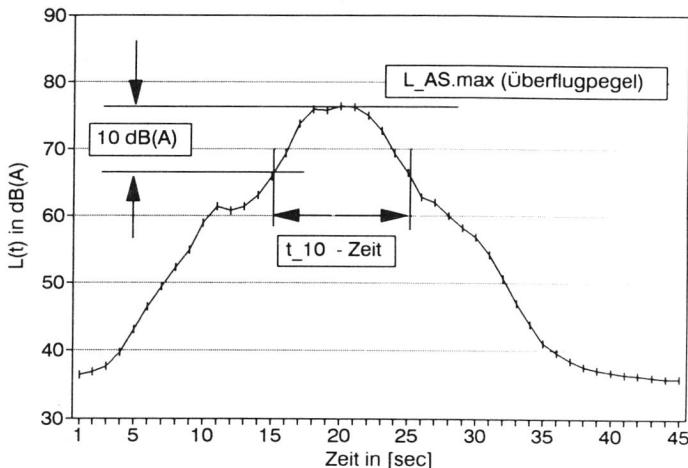
Die im Versuch eingesetzten Fluggeräusche wurden im Frühjahr 1990 in den Einflugschneisen des Flughafens Tegel aufgezeichnet. Die Aufnahmen erfolgten jeweils in den Abendstunden mit einem 1/2"-Meßmikrofonen der Firma Brüel & Kjær und einem Bandgerät "Nagra IV SJ" der Firma Kudelski bei einer Bandgeschwindigkeit von 38,1 cm/s. Das Mikrofon befand sich in Ohrhöhe. Es wurden sowohl startende als auch landende Maschinen aufgezeichnet.

3.2.3.2 Überflugpegel

Meßgröße für die "Stärke" des Fluggeräusches ist der mit der Frequenzbewertung A und der Zeitbewertung S ("slow") gemessene Schalldruckpegel $L_{AS}(t)$ in Abhängigkeit von der Zeit t (DIN 45 643). Sein Maximalwert ($L_{AS,max}$) wird im vorliegenden Bericht als Überflugpegel bezeichnet. Meßgröße für die Dauer eines Fluggeräusches ist die Zeitspanne t_{10} , während der der Schalldruckpegel $L_{AS}(t)$ um nicht mehr als 10 dB unter dem Überflugpegel liegt (DIN 45 643).

Ein typischer Verlauf des Schalldruckpegels ist in Abbildung 3.3 dargestellt.

Abb. 3.3: Typischer Verlauf des Schalldruckpegels



Charakteristisch für einen Überflug ist der Überflugpegel und die Dauer des Fluggeräusches. Diese Größen hängen im wesentlichen von der Überflughöhe und dem Flugzeugtyp ab.

3.2.3.3 Aufbereitung der Geräuschaufnahmen

Von etwa 30 Bandaufzeichnungen, die ohne Nebengeräusche vorlagen, wurden 16 typische Überflüge im Tonstudio des Instituts für Technische Akustik verarbeitet und auf Compact Disks digital gespeichert. Die Verringerung der Schwankungsbreite des Überflugpegels auf 5 dB(A) stellte einen Kompromiß zwischen interner Validität (Genauigkeit der ermittelten Ergebnisse) und realistischer Überflugsituation dar. In dem Bericht wird stets der mittlere Überflugpegel angegeben. Jede nächtliche Beschallung bestand aus einer zufälligen Folge der 16 Überflüge. Zur Kalibrierung der Beschallungsanlage bzw. zum Einmessen des Überflugpegels wurde auf jede CD ein Vorspann mit rosa Rauschen und definiertem Pegel kopiert.

3.2.3.4 Mittelungspegel (L_m)

In der Feldstudie wurden zwei Überflugpegel [55 und 65 dB(A)] eingespielt, die zu unterschiedlichen nächtlichen Mittelungspegeln führten. Die unterschiedliche Anzahl von Flugereignissen mit vergleichbarem Überflugpegel (16 und 64 Überflüge) hatte zur Folge, daß insgesamt vier nominale nächtliche Mittelungspegel realisiert wurden. Der Mittelungspegel L_m [dB] ist ein durch die folgende Gleichung definierter zeitlicher Mittelwert:

$$L_m(q) = \frac{q}{\lg 2} \lg \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{(\lg 2/q) \cdot L(t)} dt \right] \text{ in dB}$$

T = Meßzeit; L(t) = momentaner Schalldruckpegel; q = Halbierungsparameter

Die allgemeine Form des Mittelungspegels ($L_{m(q)}$) enthält den Halbierungsparameter q. Er gibt an, um welchen Betrag sich der Mittelungspegel erhöht oder vermindert, wenn die Schallenergie verdoppelt oder halbiert wird. Im Normalfall ist q = 3, d. h. es findet eine energetische Mittelung statt. In diesem Fall spricht man von einem energieäquivalenten Dauerschallpegel und bezeichnet ihn mit L_{eq} .

Einige Ausnahme ist das "Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm". Der durch das Fluglärmgesetz definierte Pegel stellt ein Bewertungsmaß hinsichtlich der "Störwirkung" von Fluglärm auf den Menschen dar. Er wird ebenfalls als L_{eq} (bzw. als $L_{eq(4)}$ [DIN 456431]) bezeichnet und nach folgender Gleichung bestimmt.

$$L_{eq(FLG)} = 13,3 \lg \left[\sum_i g_i \frac{t_{10i}}{T} \cdot 10^{L_{AS max i}/(13,3 \text{ dB})} \right]$$

g_i	Gewichtungsfaktoren für Tag- und Nachtflüge
T_{10i}	Meßgröße für die Dauer eines Überfluges (vgl. Abb. 3.3)
$L_{AS max}$	maximaler Überflugpegel (vgl. Abb. 3.3)
T	Bezugszeitraum

Der durch das Fluglärmgesetz eingeführte Bewertungspegel (im Bericht als $L_{eq(FLG)}$ bezeichnet) darf nicht als energieäquivalenter Dauerschallpegel interpretiert werden. Der Unterschied zwischen dem energieäquivalenten Dauerschallpegel [L_{eq}] und dem Bewertungspegel nach dem Fluglärmgesetz [$L_{eq(FLG)}$] kann für einen festgelegten Bezugszeitraum [T] und für identische Fluggeräusche in Abhängigkeit von der Anzahl der Flüge dargestellt werden.

Dabei sind die unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren [g] für Tag- und Nachtflüge zu beachten. Zur Bestimmung des Bewertungspegels nach dem FLG sind zwei Berechnungen durchzuführen:

Die erste Berechnung enthält nur die mit $g = 1,5$ gewichteten Tagflüge (6 bis 22 Uhr). Die zweite Berechnung umfaßt die (ungewichteten) Tagflüge und die mit $g = 5$ gewichteten Nachtflüge (22 bis 6 Uhr). Der höhere Pegel ist der Mittelungspegel nach dem Fluglärmgesetz.

Die Abbildungen 3.4 und 3.5 zeigen die Differenz zwischen dem energieäquivalenten Dauerschallpegel [L_{eq}] und dem Mittelungspegel nach dem Fluglärmgesetz [$L_{eq(FLG)}$] für beide Berechnungen. Die Rechnungen wurden über Einzelereignispegel (nach DIN 45643) durchgeführt und ein für die Feldstudie typisches Fluggeräusch zugrundegelegt ($L_{ASmax} = 65 \text{ dB(A)}$; $t_{10} = 9 \text{ sec.}$).

Abb. 3.4: Differenz der Mittelungspegel: $L_{eq(FLG)}$ zum L_{eq} [ISO 3891]

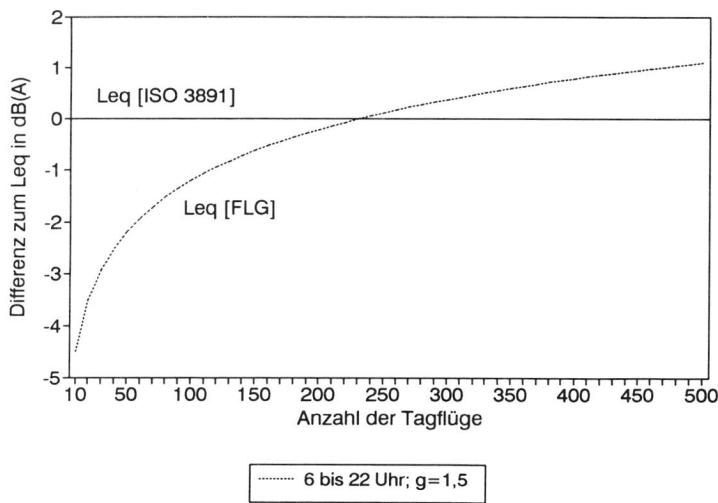
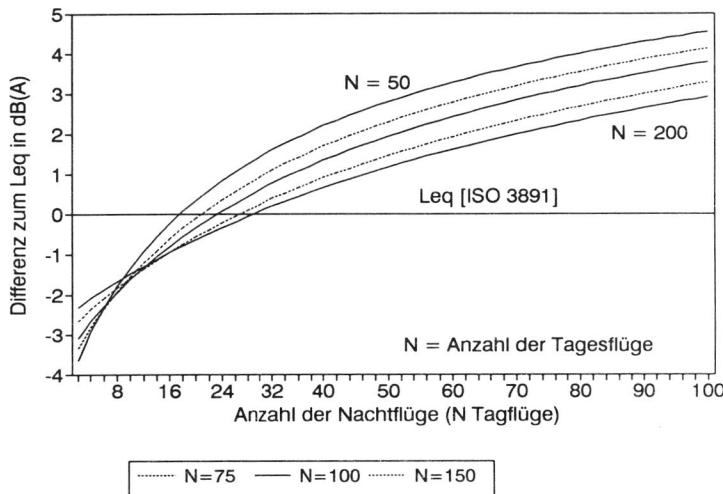


Abb. 3.5: Differenz der Mittelungspegel: L_{eq} (FLG) zum L_{eq} [ISO 3891]



Bei einem Tagesflugaufkommen von 50 bis zu 200 Flügen und 16 nächtlichen Flügen ist der Mittelungspegel nach dem Fluglärmgesetz etwas geringer als der energieäquivalente Dauerschallpegel [L_{eq} (24 h)] (vgl. Abb. 3.5). Bei einem Tagesflugaufkommen von 50 bis zu 200 Flügen und 64 nächtlichen Flügen liegt der Mittelungspegel nach dem Fluglärmgesetz maximal 3,5 dB(A) über den energieäquivalenten Dauerschallpegel [L_{eq} (24 h)] (vgl. Abb. 3.5).

Der Zusammenhang zwischen Überflugpegel, Anzahl der nächtlichen Flüge und dem fluglärmbedingten nächtlichen energetischen Dauerschallpegel [L_{eq} (8 h)] ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 3.1:

Überflugpegel, Anzahl der Flüge und fluglärmbedingter Mittelungspegel

L_{max}	Anzahl	Zeit	L_{eq}
65 dB(A)	64	8 Std.	45 dB(A)
65 dB(A)	16	8 Std.	39 dB(A)
55 dB(A)	64	8 Std.	35 dB(A)
55 dB(A)	16	8 Std.	29 dB(A)

Der nominale Mittelungspegel für die gesamte Fluglärmbeschallung betrug etwa 40 dB(A).

4. Datenerhebung

Die biologischen Auswirkungen des nächtlichen Fluglärms wurden anhand physiologischer Parameter im Harn (insbesondere Katecholamine), im Blut sowie durch Erhebung von Blutdruckwerten und des subjektiven Schlaferlebens überprüft.

Zusätzlich wurden mit der ärztlichen Voruntersuchung des Gesundheitsstatus und in der Hauptuntersuchung relevante Kontrollvariable erfaßt.

Unter dem Begriff Kontrollvariable sind die unterschiedlichen Bedingungen der Versuchspersonen zusammengefaßt, von denen ein wesentlicher Einfluß auf das Ausmaß der Meßwerte erwartet wurde, die jedoch zur Klärung der fluglärmbedingten Reaktion nicht unmittelbar beitragen.

Die Werte im Harn und Blut, die Blutdruckwerte und einzelne Kontrollvariable (z. B. Schlafraumtemperatur) wurden ermittelt oder meßtechnisch erfaßt, Aussagen zum Schlaferleben und die meisten Kontrollvariablen durch Befragung (Fragebögen) erhoben.

4.1 Ärztliche Voruntersuchung

Wie bereits oben kurz dargestellt, wurde der Gesundheitszustand der potentiellen Versuchspersonen in einer ärztlichen Voruntersuchung festgestellt und dabei insbesondere nach Ausschlußkriterien (vgl. Abs. 1.1) gefahndet. Diese Voruntersuchung erfolgte im Rahmen einer eigenständigen medizinischen Untersuchung des damaligen Klinisch-Diagnostischen Bereiches des Bundesgesundheitsamtes, die in den Räumen des Gesundheitsamtes Berlin-Reinickendorf stattfand

Die Voruntersuchung war für alle Teilnehmer obligatorisch. Die Untersuchungstermine wurden mit allen Personen individuell vereinbart. Insgesamt wurden 50 Personen untersucht.

Der Gesundheitszustand wurde anhand der nachfolgend genannten Parametern und Methoden überprüft:

Klinisches Untersuchungsprogramm

- Alter, Größe, Gewicht, Anamnese, Auskultation, Perkussion, Palpation
- Blutdruck, Herzfrequenz
- Paraklinische Befunde
- EKG in folgenden Ableitungen: I/II/III; aVR, aVL, aVF;
V₁/V₂/V₃/V₄/V₅/V₆; Nehb

- Lungenfunktionsdiagnostik:
Vitalkapazität, inspiratorische Kapazität, Atemzugvolumen, exspiratorisches Reservevolumen, Atemstoßtest
- Harnprobe: Harnsäure, Kreatinin, Cortisol, Adrenalin, Noradrenalin
- Blutprobe: Blutzucker, Gesamt-Cholesterin, HDL- und LDL-Cholesterin, Triglyceride, Apolipoproteine A+B, Harnsäure, Kreatinin, Cortisol, Gesamt-Katecholamine, Blutsenkungsgeschwindigkeit (BSG), Differentialblutbild, Hämoglobin, COHb (%)
- Audiogramm: Festfrequenzaudiometrie bei 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz.

Von den 50 untersuchten Personen schieden aufgrund nachweisbarer Ausschlußkriterien 22 Personen aus.

- 9 Personen wiesen ein pathologisches Audiogramm auf.
- 6 Personen hatten chronische Grunderkrankungen, die medikamentös behandelt werden mußten,
- 2 Personen waren starke Schnarcher,
- 3 Personen entsprachen nicht der vorgegebenen Altersstruktur,
- 2 Personen hatten ihren Wohnsitz nicht in dem festgelegten Einzugsbereich.

28 Personen erhielten einen Versuchstermin für die Hauptuntersuchung.

4.2 Hauptuntersuchung

In der Hauptuntersuchung wurde bei 28 Personen die Änderung objektiver physiologischer Reaktionen und subjektiver Daten von 28 Versuchspersonen unter nächtlichem Fluglärm erfaßt.

Für die Datenerhebung schließt jede Versuchsperson vier Nächte unter normalen akustischen Bedingungen und vier Nächte bei elektroakustisch stimuliertem Nachtfluglärm.

Ein Teil der Daten wurde täglich (nach jeder Versuchsnacht) erhoben. Zu ihnen gehörten die Harndaten, das Schlaferleben, das morgendliche Befinden (Morgenfragebogen) und die Tagesbelastungen (Abendfragebogen). Die Schlafraumtemperatur und die nächtliche Geräuschesituation wurden aus technischen Gründen nur in den Nächten mit Nachtfluglärm registriert.

Blut- und Blutdruckbefunde wurden für jede Versuchsperson an jeweils zwei Tagen ermittelt. Die erste Datenerhebung erfolgte (zyklisch vertauscht) an den Versuchstagen mit normaler nächtlicher Geräuschbelastung, die zweite Datenerhebung (ebenfalls zyklisch vertauscht) an den Versuchstagen mit Nachtfluglärm (vgl. Versuchsdesign Abb. 5.1).

Daten zur Person wurden, soweit nicht schon in der ärztlichen Voruntersuchung erhoben, durch eine Eingangsbefragung (Eingangsfragebogen) erfaßt.

Daten zur Person

Von jeder Versuchsperson wurde vor der Hauptuntersuchung mit Hilfe des Freiburger Persönlichkeitseinventars (FPI-R) ein Persönlichkeitprofil aufgenommen. Das FPI besteht aus 137 bipolaren Fragen, die zu einer Skalierung in 10(+2) Persönlichkeitsmerkmalen führen. Für die Untersuchung wurden die 10 Standardskalen erfaßt, deren normierte Ausprägungen als Persönlichkeitprofil bezeichnet werden.

Die neunstufige Stanine-Skala gibt Anhaltspunkte, die im allgemeinen zum Vergleich von Persönlichkeitsskalen ausreichen. Stanine (standard nine)-Werte sind transformierte Rohwerte, deren Mittelwert auf 5 und deren Standardabweichung auf 2 normiert wurde. Auf eine Alterskorrektur wurde verzichtet. Die 10 Standardskalen des FPI-R sind

- Lebenszufriedenheit
- Soziale Orientierung
- Leistungsorientierung
- Gehemmtheit
- Erregbarkeit
- Aggressivität
- Beanspruchung
- Körperliche Beschwerden
- Gesundheitssorgen
- Offenheit

Die Persönlichkeitsskalen sind im Anhang verzeichnet.

Neben den Persönlichkeitsskalen wurde zur Beschreibung des Versuchspersonen-Kollektivs die Verteilung der folgenden Merkmale erfaßt:

- Alter
- Schulbildung
- Familienstand
- Haushaltsgröße
- Berufsätigkeit
- Schlafgewohnheiten
- Alkohol-/Nikotinkonsum
- Motivation für die Teilnahme am Versuch.

Die Angaben der Versuchspersonen und die Ergebnisse zur Teilnahmemotivation sind im Abschnitt 6.1 aufbereitet.

Harnbefunde

Mit der Harnsammlung wurde die gesamte nächtliche Ausscheidungsmenge erfaßt. Die Versuchsteilnehmer wurden von den Versuchsassistenten in die Harnsammlung eingewiesen. Es wurde vereinbart:

- vor dem Zubettgehen die Blase zu entleeren,
- jede nächtlichen Harnmenge und/oder
- den ersten Morgenurin nach Schlafende aufzufangen.

Die so erhaltene Harnmenge wird in diesem Bericht als Sammelurin bezeichnet. Der Sammelurin wurde durch Zugabe von Salzsäure (bereits im Sammelgefäß enthalten) stabilisiert und täglich (am Morgen nach der Versuchsnacht) durch die Versuchsassistenten abgeholt und ins Bundesgesundheitsamt transportiert. Dort wurden die Urinproben bis zur Analyse eingefroren. Die Urinanalyse erfolgte im Bundesgesundheitsamt und umfaßte die folgenden Meßwerte:

Harmvolumen
Kreatinin
Magnesium
Adrenalin
Noradrenalin
Cortisol
Dopamin

Wegen der individuellen Zubettgeh- und Aufstehzeiten war keine einheitliche Sammelperiodendauer zu erzielen. Zur Auswertung kamen daher die auf den Harn-Kreatinin-Wert normierten nächtlichen Ausscheidungsraten.

Die deskriptiven und inferenzstatistischen Ergebnisse der Harnbefunde sind im Abschnitt 6.2.1 enthalten.

Blut- und Blutdruckbefunde

Die Blutentnahme wurde von dem untersuchenden Arzt in der Wohnung der Versuchsperson vorgenommen. Sie fand an zwei Versuchstagen statt und erfolgte kurz nach Schlafende. Die Versuchspersonen wurden angewiesen, bis zur Blutentnahme nüchtern zu bleiben. Im Anschluß an die Blutentnahme bekamen die Versuchspersonen ein automatisches Langzeitblutdruckmeßgerät angelegt, das alle 20 Min. Blutdruck und Herzfrequenz erfaßte. Die Versuchspersonen wurden angehalten (sofern möglich), den Meßarm für die Zeitspanne der Messung ruhig zu halten. Weitere Einschränkungen wurden nicht vereinbart. Die Messung sollte spätestens vor dem Zubettgehen beendet werden.

Mit der Funktionskontrolle des Blutdruckmeßgerätes war der Arztbesuch beendet. Die Blutproben wurden im Gesundheitsamt Reinickendorf gesammelt und im Laufe des Vormittags ins Bundesgesundheitsamt (Klinisch-Diagnostischer Bereich) transportiert.

Die Analyse der Blutproben umfaßte:

- Apolipoprotein B
- Apolipoprotein A1
- Glucose
- Gesamt-Cholesterin
- High Density Lipoprotein - HDL-Cholesterin
- Low Density Lipoprotein - LDL-Cholesterin
- Triglyceride
- Leukozytenzahl
- Thrombozytenzahl
- BSG (1. Stunden-Wert)
- BSG (2. Stunden-Wert)

Die deskriptiven und inferenzstatistischen Ergebnisse der Blutdaten sind im Abschnitt 6.2.3. enthalten.

Die Langzeit-Blutdruckmeßgeräte wurden am folgenden Morgen bei der Entgegennahme des Sammelurins von den Versuchsassistenten eingesammelt und ins Institut für Technische Akustik transportiert. Dort erfolgte die elektronische Datenauswertung und -speicherung. Zur Auswertung kamen die Daten der 1. und 2. Tageshälfte. Die 1. Tageshälfte enthielt alle Meßdaten, die vor 14.30 Uhr , die 2. Tageshälfte alle Meßdaten, die ab 14.30 Uhr erhoben worden sind. Die Zeitverläufe wurden visuell überprüft und Artefakte korrigiert.

Die aufbereiteten Blutdruckdaten umfaßten:

- systolischer Blutdruck (1. Hälfte)
- diastolischer Blutdruck (1. Hälfte)
- Herzfrequenz (1. Hälfte)
- systolischer Blutdruck (2. Hälfte)
- diastolischer Blutdruck (2. Hälfte)
- Herzfrequenz (2. Hälfte)

Die deskriptiven und inferenzstatistischen Ergebnisse der Langzeitblutdruckwerte sowie Einzelfallanalysen sind nicht Bestandteile dieses Abschlußberichtes, sondern werden gesondert in einer medizinischen Dissertation niedergelegt.

Schlaferleben, Befindlichkeit und subjektive Beeinträchtigung

Die subjektiven Daten zur Befindlichkeit, zum Schlaferleben und die subjektiven Beeinträchtigungen wurden nach jeder Versuchsnacht durch einen Morgenfragebogen erfaßt. Die Versuchsteilnehmer wurden angewiesen, die Morgenfragebögen unmittelbar nach dem Erwachen im Bett auzufüllen.

Die momentane Befindlichkeit wurde nach *Zersen und Köller* [1976] bestimmt. Der Befindlichkeitstest besteht aus 28 Eigenschaftswörter. Die Kodierung der Antworten reicht von 0 ("trifft nicht auf mich zu" *) bis 2 ("trifft auf mich zu" *).)

Der Befindlichkeitswert, die Summe der Einzelkodierungen, kann daher Werte von 0 - 56 annehmen. Höhere Werte entsprechen einer schlechteren Befindlichkeit.

Der nach *Zersen* ermittelte momentane Befindlichkeitswert ist eine relative, intervallskalierte Größe und sagt nichts über die absolute Befindlichkeit aus.

Das Schlaferleben wurde durch geschlossene Fragen zum abendlichen Einschlafen, zu nächtlichen Schlafstörungen und zur Qualität des Schlafes erfaßt. Der Fragebogen entsprach der Laboruntersuchung von *Maschke* [1992].

Neben dem Schlaferleben und der momentanen Befindlichkeit wurde täglich die subjektive Beeinträchtigung durch die folgenden Einflüsse erfragt:

- | | |
|---------------|----------------------|
| - Luftzustand | - fremde Gegenstände |
| - Wärme | - eigener Zustand |
| - Kälte | - Partner |
| - Geräusche | - gesamte Situation |

Die Skalierung der subjektiven Beeinträchtigungen war zur Validierung des Treatments "Lärm" vorgesehen und besonders in Hinblick auf die unspezifischen Streßreaktionen von Interesse.

Die deskriptiven und inferenzstatistischen Ergebnisse zur Befindlichkeit, zum Schlaferleben und zur subjektiven Beeinträchtigung sind in Abschnitt 6.2 enthalten.

*]) bei positiver Kodierung

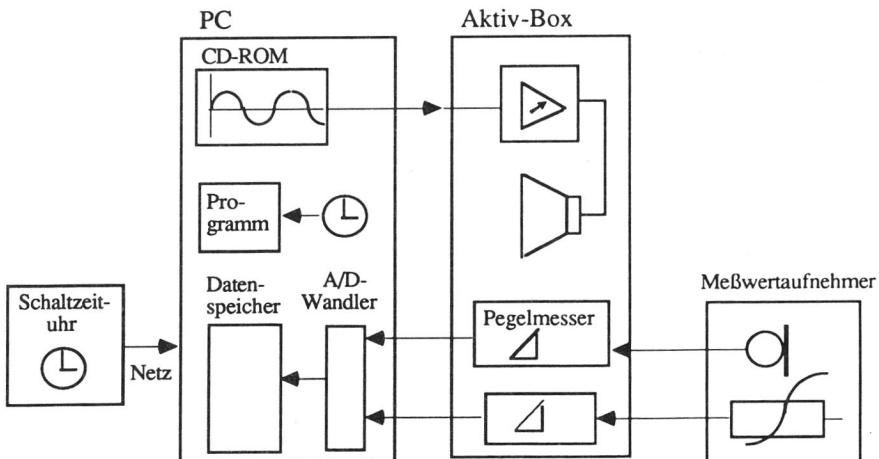
4.2.1 Technische Realisierung

Eine präzise nächtliche Beschallung sowie die kontinuierliche Meßdatenerfassung des Schlafraumpegels und der Schlafraumtemperatur wurde durch den Einsatz eines Personal-Computers erreicht. Zur vollständigen technischen Ausrüstung jeder Versuchseinheit gehörten:

- Personal-Computer (486 DX-33) mit CD ROM-Laufwerk und 8-bit A/D Wandler,
- regelbare 2-Wege-Aktivbox mit integriertem Temperatur- und Pegelmesser,
- Meßwertaufnehmereinheit mit Elektretmikrofon und Temperaturfühler,
- programmierbare Schaltzeituhr,
- digitales Voltmeter,
- je ein Satz Netz- und Verbindungskabel,
- Compact Disk mit 64 Überfluggeräuschen.

Die kalibrierbaren Aktivboxen mit integriertem Temperatur- und Pegelmesser (inclusive Meßwertaufnehmereinheit) wurden aus Kostengründen im Institut für Technische Akustik von Dr.-Ing. R. Kiekebusch entwickelt und gebaut. Die gesamte Steueroftware wurde in Abstimmung mit Herrn Kiekebusch von Herrn cand.-Ing. J. Harder im Rahmen der Versuchsvorbereitung programmiert und getestet.

Abb. 4.1: Flußdiagramm der Beschallung



Über die Schaltzeituhr wurden der Rechner und die Steuersoftware zur vorgegebenen Zeit (22⁰⁰ Uhr) gestartet. Die Steuersoftware ihrerseits startete einerseits die Überfluggeräusche, andererseits wurden kontinuierlich die Pegel- und Temperaturdaten eingelesen.

Der Momentanpegel (L_{AS}) wurde jede Sekunde eingelesen und die Temperaturdaten alle 5 Minuten gespeichert. Ein Überflug wurde genau dann gestartet, wenn die interne Uhr mit den vorgegebenen Startzeiten der Startliste übereinstimmte. Es standen zwei "Startlisten" (für 16 bzw. 64 Überflüge) zur Verfügung, die in Abhängigkeit vom Wochentag aktiviert wurden (vgl. Abschnitt 5.1). Zum Kalibrieren der Beschallung stand ein Unterprogramm zur Verfügung, das ein Kalibrierrauschen (rosa Rauschen) startete. Mit Hilfe eines Digitalvoltmeters konnte der interne Pegelmesser (Aktiv-Box) zur Kalibrierung eingesetzt werden. Die eigentliche Kalibrierung wurde mit den Regelverstärkern der Aktiv-Box vorgenommen. Der Schalldruckpegel am Ort des Meßwertaufnehmers wurde auf den nominalen Überflugpegel ($\pm 0,5$ dB) kalibriert.

Durch die tägliche Kalibrierung wurden die individuellen akustischen Raum-eigenschaften und mögliche Standortänderungen der Aktiv-Box kompensiert.

Installation der Beschallungsanlage

Die Installation der Beschallungsanlage fand nach Terminabsprache jeweils am Montag der zweiten Versuchswoche statt (vgl. Abb. 3.2). Sie wurde von den Versuchsassistenten durchgeführt und richtete sich nach den Gegebenheiten der einzelnen Haushalte. Meßwertaufnehmer und Aktiv-Box wurden im Schlafraum untergebracht, der Rechner an einem Ort in der Wohnung, wo er optisch und akustisch (z. B. durch Lüftergeräusche) den Haushaltsalltag wenig störte (z. B. in der Abstellkammer oder der Küche). Die Meßwertaufnehmer wurden immer am Kopfende des Bettes in Kopfhöhe und die Aktiv-Box, sofern möglich, im Bereich der Schlafzimmerfenster installiert. Die notwendigen Verbindungs-kabel (Rechner → Aktiv-Box → Meßwertaufnehmer) waren so ausgelegt, daß die normale Nutzung der Wohnung (z. B. Türen schließen) kaum beeinträchtigt wurde. Die Versuchspersonen wurden angewiesen, die Beschallungsanlage nicht zu verändern bzw. Änderungswünsche mit ihrem Versuchsassistenten abzusprechen. Die Beschallungsanlage wurde am Freitag der zweiten Versuchswoche vom Versuchsassistenten abgebaut, nachdem alle Daten der Versuchswoche auf Disketten gesichert waren.

Die Untersuchung wurde mit drei Beschallungseinheiten durchgeführt. Unter Berücksichtigung der "beschallungsfreien" ersten Untersuchungswoche konnten bis zu sechs Versuchshaushalte parallel untersucht werden (vgl. Anhang Zeitplan II). Schlafzimmerpegel und -temperatur wurden kontinuierlich nur in den Nächten mit Nachtfluglärm registriert, da die Meßdatenerfassung an die Beschallungs-anlagen gekoppelt war.

5. Versuchsanordnung und statistische Aufbereitung

Die Datenerhebung wurde an 28 Versuchspersonen durchgeführt. Sie umfaßte für jede Versuchsperson 8 Tage. Die ersten vier Nächte (Montag bis Freitag) schließen alle Versuchspersonen unter den gewohnten akustischen Bedingungen. In den entsprechenden Nächten (Montag bis Freitag) der zweiten Versuchswoche wurden über eine Beschallungsanlage Überfluggeräusche in den Schlafraum der Versuchspersonen eingespielt. Die Steuerung der Beschallung erfolgte über einen Personalcomputer (vgl. Abschnitt 4.2.1). Die Anzahl der Flugbewegungen betrug 16 und 64 Überflüge pro Nacht. Der Überflugpegel war in Anlehnung an die Laborstudie von *Maschke* [1992] auf 55 und 65 dB(A) festgelegt.

Abb. 5.1: Versuchsdesign

		Versuchsnächte									
		Geräusch-Ablöfe									
VW	VP	1	2	3	4	5	6	7	8	Co	Pr.
		Di	Mi	Do	Fr	Di	Mi	Do	Fr	Co	Pr.
2; 4; 7	3	R	R	R (B)	R	65 64	55 16	55 64 (B)	65 16	1	a
3; 5	3	R	R	R	R (B)	55 16	55 64	65 16	65 64 (B)	1	b
2; 4	2	R	R	R (B)	R	55 64	65 16	65 64 (B)	55 16	2	a
5; 6	3	R	R (B)	R	R	65 16	65 64 (B)	55 16	55 64	2	b
2; 4	4	R	R (B)	R	R	55 64	65 64 (B)	55 16	65 16	3	a
3; 5	3	R	R	R	R (B)	65 64	55 16	65 16	55 64 (B)	3	b
2; 4	4	R	R	R	R (B)	55 16	65 16	55 64	65 64 (B)	4	a
5; 7	3	R	R	R (B)	R	65 16	55 64	65 64 (B)	55 16	4	b

65 → max. Überflugpegel
16 → Anzahl der Überflüge

R = ohne Fluglärm
B = Blutabnahme
VW = Versuchswochen
Co = Computer
Pr. = Programmversion

Um Abfolgeeffekte zu vermeiden, wurden sowohl die Pegel/Häufigkeitskombinationen als auch die Blutentnahmetermine zyklisch vertauscht.

Das Versuchsdesign ist der Abb. 5.1 zu entnehmen.

Sind Mittelwert und Varianz von Meßreihen sinnvoll interpretierbar, so können grundsätzlich Hypothesen bezüglich der Unterschiedlichkeit von Mittelwerten überprüft werden. Neben den Unterschiedsanalysen können Verfahren zur Überprüfung von Zusammenhängen eingesetzt werden.

5.1 Unterschiedsanalysen

Durch entsprechende Gruppierung der nach Abb. 5.1 erhobenen Daten entstehen zwei faktorielle Auswertedesigns, die in Abb. 5.2 und 5.3 dargestellt sind. Sie bilden die Grundlage für die statistische Überprüfung der Unterschiedshypothesen (vgl. Kapitel 2).

5.1.1 Faktorielle Anordnung "ohne Fluglärm/mit Fluglärm"

Werden die Meßdaten nach den Wochentagen und der Fluglärmbelastung gruppiert, entsteht ein dreifaktorielles Schema mit Meßwiederholungen auf den beiden variierten Faktoren. Mit diesem Datenschema kann die erste Arbeitshypothese "Die erhobenen Meßwerte ($M_{w ij}$) verändern sich bei nächtlicher Fluglärmbelastung" statistisch überprüft werden. Das Auswertedesign I ist in Abb. 5.2 wiedergegeben.

5.1.1.1 Statistisches Auswerteverfahren

Das in Abb. 5.2 dargestellte Auswertedesign entspricht einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit kompletter Meßwiederholung. Während in der zweifaktoriellen Varianzanalyse ohne Meßwiederholungen jeder Faktorstufenkombination eine eigene Zufallsstichprobe zugewiesen werden muß, wird in diesem Fall unter allen Faktorstufenkombinationen dieselbe Stichprobe untersucht.

Ein typischer Anwendungsfall dieser Anordnung ist - wie in der vorliegenden Untersuchung - die Beurteilung von Reizreaktionen, wenn der Reiz systematisch in Bezug auf 2 (oder mehr) Faktoren variiert wurde. Da bei dieser Anordnung die Meßwerte zwischen den Faktorstufenkombinationen nicht mehr unabhängig voneinander sind, muß dies bei der Analyse berücksichtigt werden.

Abb. 5.2: Auswertedesign I (ohne Fluglärm/mit Fluglärm)

Faktor A ↓	Ruhe				Lärm (Nächte)			
	Faktor C →							
	1	2	3	4	1	2	3	4
Personen								
Vp1	Mw 1.1	Mw 1.2	Mw 1.3	Mw 1.4	Mw 1.1	Mw 1.2	Mw 1.3	Mw 1.4
Vp2	Mw 2.1	Mw 2.2	Mw 2.3	Mw 2.4	Mw 2.1	Mw 2.2	Mw 2.3	Mw 2.4
Vp3	Mw 3.1	Mw 3.2	Mw 3.3	Mw 3.4	Mw 3.1	Mw 3.2	Mw 3.3	Mw 3.4
Vp4	Mw 4.1	Mw 4.2	Mw 4.3	Mw 4.4	Mw 4.1	Mw 4.2	Mw 4.3	Mw 4.4
Vp5	Mw 5.1	Mw 5.2	Mw 5.3	Mw 5.4	Mw 5.1	Mw 5.2	Mw 5.3	Mw 5.4
Vp6	Mw 6.1	Mw 6.2	Mw 6.3	Mw 6.4	Mw 6.1	Mw 6.2	Mw 6.3	Mw 6.4
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
Vp_n	Mw_n.1	Mw_n.2	Mw_n.3	Mw_n.4	Mw_n.1	Mw_n.2	Mw_n.3	Mw_n.4

mit $M_{w,i,j}$ = Meßwert und i = Index der Versuchspersonen
 j = Index der Versuchsnächte

Werden die Versuchspersonen als ein dritter Faktor mit zufälligen Effekten behandelt, kann das Datenmaterial wie ein dreifaktorieller Versuchsplan mit Meßwiederholungen über die Faktoren (vgl. Abb. 5.2) analysiert werden.

Faktor A enthält nur die Unterschiedlichkeit der Meßwerte zwischen den Versuchspersonen (Personenmittelwerte), die vom Treatment Lärm unabhängig sind. Faktor A ist für die statistische Überprüfung des Treatments Fluglärm uninteressant.

Faktor B enthält die zeitliche Unterschiedlichkeit der Meßwerte, die auf den Fluglärm zurückgeführt werden kann.

Faktor C enthält die zeitliche Unterschiedlichkeit, die durch Sequenzeffekte (z. B. den Wochenrhythmus) erklärt werden kann.

Werden die Faktoren B und C als Faktoren mit festen Effekten interpretiert, können die beiden Haupteffekte an den jeweiligen Interaktionen zum Faktor A getestet werden.

Die vollständigen Testbedingungen (F-Tests) sind der Tabelle 5.1 zu entnehmen. In ihr sind die Treatmentvarianzen*) mit den zugehörigen Prüfvarianzen*) und ihren Freiheitsgraden verzeichnet. Die enge Verknüpfung varianzanalytischer und regressionsanalytischer Verfahren erlaubt es, die Treatment- und Prüfvarianzen regressionsanalytisch zu berechnen (ALM). Die Analyse nach dem allgemeinen linearen Modell kann auch dann sinnvoll durchgeführt werden, wenn die Zellbelegungen ungleich oder einzelne Faktorstufen in der Untersuchung nicht realisiert werden konnten. Dies ist die "normale" Datenlage empirischer Untersuchungen, insbesondere bei Feldstudien.

Die regressionsanalytische Berechnung der Varianzanteile (Quadratsummenanteile) ist ebenfalls in Tabelle 5.1 vermerkt und liegt den inferenzstatistischen Ergebnissen zugrunde.

Tabelle 5.1: 3-faktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf 2 Faktoren (Personen, Fluglärm, Versuchssequenz)

Testbedingungen

(Fak. A) = p	(Fak. B) = q	(Fak. C) = r	Anzahl = n
1	2	4	28

Treatment	D. F.	ALM [*]	Prüfgröße	D.F.	ALM [*]
QS_A	(p-1)	n. V.	QS_in S	p (n-1)	(8)
QS_B	(q-1)	(23) - (3)	QS_BxVpn	p (n-1) (q-1)	(289) - (28)
QS_C	(r-1)	(23) - (2)	QS_CxVpn	p (n-1) (r-1)	(236891o) - (23689)
QS_AxB	(p-1) (q-1)	= QS_B	QS_BxVpn	p (n-1) (q-1)	(289) - (28)
QS_AxC	(p-1) (r-1)	= QS_C	QS_CxVpn	p (n-1) (r-1)	(236891o) - (23689)
QS_BxC	(q-1) (r-1)	(236)-(23)	QS_BxCxVp	p (n-1) (q-1) (r-1)	1 - (236891o)
QS_AxBx C	(p-1) (q-1) (r-1)	= QS_BxC	QS_BxCxVp	p (n-1) (q-1) (r-1)	1 - (236891o)

[*] (123) = multiple Determination der Variablen 1,2,3 D.F. = Freiheitsgrade

p = Ausprägungen des Faktors A q = Ausprägungen des Faktors B

r = Ausprägungen des Faktors C n = Anzahl der unabhängigen Untersuchungseinheiten

*) Angegeben sind nicht die Varianzen, sondern die Quadratsummen (QS).

Variablenbezeichnungen

Nummer	1	2	3	4	5	6
Treatment	A	B	C	AxB	AxC	BxC

Nummer	7	8	9	10
Treatment	AxBxC	A_Mean	B_Mean	C_Mean

5.1.1.2 Signifikanztests

Führt eine Varianzanalyse zu signifikanten F-Werten, kann gefolgert werden, daß sich die n-Mittelwerte des entsprechenden Faktors in einer beliebigen Kombination signifikant unterscheiden (over-all-Signifikanz). Eine differenzierte Interpretation (ausgenommen bei n = 2) ist erst möglich, wenn bekannt ist, welche Mittelwerte bzw. Kombinationen sich signifikant unterscheiden. Dieser Fragestellung dienen Einzelvergleiche (Kontraste). In der vorliegenden 3-faktoriellen Varianzanalyse hat nur der Faktor C (Sequenzeffekte) mehr als zwei Ausprägungen.

Zur Interpretation einer signifikanten over-all-Signifikanz sind Einzelvergleiche durchzuführen. Faktor B besitzt nur zwei Ausprägungen (mit Fluglärm; ohne Fluglärm). Eine signifikante over-all-Signifikanz muß hier einer signifikanten Mittelwertdifferenz zwischen den Treatmentgruppen entsprechen.

5.1.2. Faktorielle Anordnung Überflugpegel/Anzahl

Neben der Fragestellung, ob der nächtliche Fluglärm insgesamt zu signifikanten Meßwertunterschieden führte, ist eine Abhängigkeit der Meßwerte von der Anzahl der Überflüge bzw. vom Überflugpegel des Nachtfluglärms von Interesse.

5.1.2.1 Statistisches Auswerteverfahren

Die zweite Arbeitshypothese "Die erhobenen Meßwerte hängen von der Anzahl der Flüge, den Überflugpegeln bzw. ihren Interaktionen ab" wurde mit einer 3-faktoriellen Kovarianzanalyse mit Meßwiederholung auf 2 Faktoren überprüft. Dazu wurden die Daten, die unter Nachtfluglärm erhoben wurden, nach dem Überflugpegel und der Anzahl der nächtlichen Flüge gruppiert. Das Auswertedesign II ist in der Abb. 5.3 wiedergegeben.

Faktor A enthält (wie bereits beim Auswertedesign I) die Unterschiedlichkeit der Meßwerte zwischen den Versuchspersonen, die von den Treatments "Anzahl der Flüge" und "Überflugpegel" unabhängig sind. Faktor A ist für die statistische Überprüfung der Treatments uninteressant.

Faktor B enthält die zeitliche Unterschiedlichkeit der Meßwerte, die auf den veränderten Überflugpegel, Faktor C die zeitliche Unterschiedlichkeit der Meßwerte, die auf die Anzahl der Überflüge zurückgeführt werden kann.

Abb. 5.3: Auswertedesign II (Pegel/Anzahl/Versuchsnächte)

		Faktor B →							
Faktor A ↓	55 dB				65 dB				
	Faktor C →								
	16		64		16		64		
Personen n									
Vp1	Mw 1.1	K 1.1	Mw 1.2	K 1.2	Mw 1.3	K 1.3	Mw 1.4	K 1.4	
Vp2	Mw 2.1	K 2.1	Mw 2.2	K 2.2	Mw 2.3	K 2.3	Mw 2.4	K 2.4	
Vp3	Mw 3.1	K 3.1	Mw 3.2	K 3.2	Mw 3.3	K 3.3	Mw 3.4	K 3.4	
Vp4	Mw 4.1	K 4.1	Mw 4.2	K 4.2	Mw 4.3	K 4.3	Mw 4.4	K 4.4	
Vp5	Mw 5.1	K 5.1	Mw 5.2	K 5.2	Mw 5.3	K 5.3	Mw 5.4	K 5.4	
Vp6	Mw 6.1	K 6.1	Mw 6.2	K 6.2	Mw 6.3	K 6.3	Mw 6.4	K 6.4	
*	*	.	*	.	*	.	*	.	
*	*	.	*	.	*	.	*	.	
*	*	.	*	.	*	.	*	.	
*	*	.	*	.	*	.	*	.	
*	*	.	*	.	*	.	*	.	
Vp n	Mw28.1	K n.1	Mw28.2	K n.2	Mw28.3	K n.3	Mw28.4	K n.4	

Darin bedeuten:

$M_{wi,j}$ = Meßwert der Lärmreaktionen

k_{ij} = Meßwerte der Kontrollvariablen

i = Index der Versuchspersonen

j = Index der Versuchsnächte

Eine Abhängigkeit von zufälligen Treatments (Störgrößen) wurde durch die Einbeziehung von Kontrollvariablen methodisch berücksichtigt (Kovarianzanalyse). Werden die Faktoren B und C als Faktoren mit festen Effekten interpretiert, kann ihr Einfluß nach Tabelle 5.2 überprüft werden. Angegeben sind die Treatmentvarianzen*) mit den jeweiligen Prüfvarianzen*) und ihren Freiheitsgraden.

Die regressionsanalytische Berechnung der Varianzanteile*) ist ebenfalls in der Tabelle 5.2 vermerkt und liegt den inferenzstatistischen Ergebnissen zugrunde.

*) Angegeben sind nicht die Varianzen, sondern die Quadratsummen (QS)

5.1.2.2 Signifikanztests

Führt eine Kovarianzanalyse zu signifikanten F-Werten, kann gefolgert werden, daß sich die n-Mittelwerte des entsprechenden Faktors in einer beliebigen Kombination signifikant unterscheiden (over-all-Signifikanz). Die beiden variierten Faktoren der Kovarianzanalyse weisen jeweils nur zwei Ausprägungen auf. Eine over-all-Signifikanz entspricht demzufolge einem signifikanten Mittelwertsunterschied zwischen den Ausprägungen des jeweiligen Faktors. Einzelvergleiche können entfallen.

Tabelle 5.2: 3-faktorielle Kovarianzanalyse mit Meßwiederholung auf zwei Faktoren (Personen/Pegel/Anzahl der Flüge)

Testbedingungen

(Fak. A) = p	(Fak. B) = q	(Fak. C) = r	Anzahl = n
1	2	2	28
		Kov. = k	
		3	

Treatment	D. F.	ALM [*]	Prüfgröße	D.F.	ALM [*]
QS_A	(p-1)	n. V.	QS_inS	p(n-1)	(8)
QS_B	(q-1)	(23k)-(3k)	QS_BxVpn	p(n-1)(q-1)-K	(289k)-(28k)
QS_C	(r-1)	(23k)-(2k)	QS_CxVpn	p(n-1)(r-1)-K	(236891ok)-(23689k)
QS_AxB	(p-1)(q-1)	=QS_B	QS_BxVpn	p(n-1)(q-1)-K	(289k)-(28k)
QS_AxC	(p-1)(r-1)	=QS_C	QS_CxVpn	p(n-1)(r-1)-K	(236891ok)-(23689k)
QS_BxC	(q-1)(r-1)	(236k)-(23k)	QS_BxCxVpn	p(n-1)(q-1)(r-1)-K	1-(236891ok)
QS_AxBxC	(p-1)(q-1)(r-1)	=QS_BxC	QS_BxCxVpn	p(n-1)(q-1)(r-1)-K	1-(236891ok)

[*] (123k) = multiple Determination der Variablen 1,2,3 und der Kontrollvariablen
D.F. = Freiheitsgrade

p = Ausprägungen des Faktors A
r = Ausprägungen des Faktors C
K = Anzahl der Kontrllvariablen

q = Ausprägungen des Faktors B
n = Anzahl der unabhängigen Untersuchungseinheiten

Variablenbezeichnungen

Nummer	1	2	3	4	5	6
Treatment	A	B	C	AxB	AxC	BxC

Nummer	7	8	9	10
Treatment	AxBxC	A_Mean	B_Mean	C_Mean

5.2 Zusammenhangshypothesen

Die Enge eines Zusammenhangs zwischen zwei Merkmalen wird durch den Korrelationskoeffizienten beschrieben, der Werte zwischen +1 und -1 annehmen kann. Erreicht ein Korrelationskoeffizient die Werte +1 oder -1, geht der statistische Zusammenhang in einen deterministischen Zusammenhang über. Eine positive Korrelation zeigt einen gleichsinnigen (linearen) Zusammenhang an, eine negative Korrelation einen gegensinnigen (linearen) Zusammenhang.

Kausale Hypothesen können durch nicht vorhandene empirische Korrelationen widerlegt werden.

Eine bedeutsame Korrelation bestätigt, eine unbedeutende Korrelation widerlegt die Menge der konkurrierenden Kausalmodelle.

Stehen die empirischen Daten im Einklang mit einem Kausalmodell, heißt das nicht, daß dieses Modell tatsächlich der Realität entspricht. Dieser Schluß wäre nur zulässig, wenn sich die korrelativen Zusammenhänge durch keine weiteren Kausalmodelle erklären ließen.

Weisen zwei Merkmale eine Korrelation auf, dann können sie auch durch eine Regressionsgleichung miteinander verknüpft werden, und die eine Variable kann zur Vorhersage der anderen eingesetzt werden. Die Vorhersage ist umso genauer, je höher die Variablen miteinander korrelieren.

Der Korrelationskoeffizient ist jedoch kein lineares Zusammenhangsmaß.

Ein lineares Maß für die Enge des Zusammenhangs ist der Determinationskoeffizient. Er ist identisch mit dem Quadrat des Korrelationseffizienten [r^2]. Der Determinationskoeffizient gibt den normierten Anteil deckungsgleicher Varianz an. Wird er in % angegeben, so wird er als statistische Redundanz bezeichnet.

Regressions- und Korrelationsrechnung dienen der Überprüfung von Zusammenhangsanalysen.

6. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Fluglärm-Studie sind in die Bereiche "Voruntersuchung und Eingangsbefragung" sowie "Hauptuntersuchung" unterteilt.

Im Abschnitt "Voruntersuchung und Eingangsbefragung" werden ausgewählte Merkmale des Versuchspersonenkollektivs dokumentiert bzw. grafisch aufbereitet. Sie spiegeln die Ausgangsbedingungen vor der Hauptuntersuchung wider.

Im Abschnitt der "Hauptuntersuchung" sind für das Schlaferleben, die Harn- und die Blutdaten jeweils die Ergebnisse von beschreibender und prüfender Statistik dokumentiert bzw. grafisch dargestellt. Zum Abschluß jedes Abschnittes werden die Zusammenhänge zu den Persönlichkeitsskalen bzw. zwischen den Datengruppen überprüft.

Eingeleitet wird die Hauptuntersuchung durch eine Auswertung der subjektiven Beeinträchtigungen während der Versuchswochen.

6.1 Ergebnisse der Voruntersuchung und Eingangsbefragung

Vor dem Beginn der Hauptuntersuchung wurde der momentane Gesundheitszustand von allen Versuchsteilnehmern in Form des klinischen Status überprüft. Das Untersuchungsprogramm umfaßte unter anderem eine Blutanalyse (vgl. Abschnitt 4.1), deren Ergebnis im Anhang dokumentiert ist.

Personen, die den Auswahlkriterien entsprachen (vgl. Abschnitt 3.1.3), nahmen im Rahmen der Hauptuntersuchung an einer Eingangsbefragung teil. Diese Eingangsbefragung wurde zur Beschreibung des Versuchspersonenkollektivs durchgeführt. Sie enthielt Fragen zum Alter, Familienstand, Haushalt, Beruf, zu den Schlafgewohnheiten und zur Teilnahmemotivation. Die Angaben der Teilnehmer sind in den folgenden Tabellen aufgearbeitet.

Den Anfang der Befragung bildeten die Fragen des Freiburger Persönlichkeitsinventars (FPI-R), mit dessen Hilfe für jeden Teilnehmer ein Persönlichkeitsprofil erstellt wurde. Die Persönlichkeitsprofile sind im Anhang verzeichnet.

Alter der Versuchspersonen

Das Alter der Versuchspersonen wurde bei der Eingangsbefragung in Jahren erfragt. Es variierte zwischen 38 und 65 Jahren. Die Altersverteilung ist der Tabelle 6.1 zu entnehmen. Das mittlere Alter beträgt 51 Jahre.

Tabelle 6.1: Alter der Versuchspersonen

Alter	Anzahl	R.H. [%]	K.H. [%]
38	1	3,7	3,7
39	1	3,7	7,4
40	1	3,7	11,1
43	1	3,7	14,8
44	2	7,4	22,2
45	1	3,7	25,9
46	1	3,7	29,6
47	1	3,7	33,3
48	1	3,7	37,0
50	2	7,4	44,4
51	1	3,7	48,1
52	1	3,7	51,9
53	1	3,7	55,6
54	3	11,1	66,7
56	1	3,7	70,4
58	3	11,1	81,5
59	2	7,4	88,9
62	1	3,7	92,6
63	1	3,7	96,3
65	1	3,7	100,0
Gesamt	28	100,0	

R.H. = relative Häufigkeit; K.H. kumulierte Häufigkeit

Familienstand und Haushalt der Versuchspersonen

Der Familienstand und die Haushaltsgröße wurden als geschlossene Fragen mit 4 bzw. 2 Ausprägungen erfragt. Die Häufigkeit der Ausprägungen ist den Tabellen 6.2 und 6.3 zu entnehmen.

Tabelle 6.2: Familienstand

	Anzahl	R.H. [%]	K.H. [%]
verheiratet	23	82,1	82,1
verwitwet	2	7,1	89,3
geschieden/getrennt	3	10,7	100,0
Gesamt	28	100,0	

R.H. = relative Häufigkeit; K.H. kumulierte Häufigkeit

Tabelle 6.3: Haushalt

	Anzahl	R.H. [%]	K.H. [%]
1-Personen.-Haushalt	5	17,9	17,9
Mehrpersonen-Haushalt	23	82,1	100,0
Gesamt	28	100,0	

R.H. = relative Häufigkeit; K.H. kumulierte Häufigkeit

Die Mehrzahl der Versuchsteilnehmer ist verheiratet und lebt in einem Mehrpersonenhaushalt.

Berufstätigkeit und Berufsgruppe

Die Berufstätigkeit und die Berufsgruppe wurden als geschlossene Fragen mit 8 bzw. 10 Ausprägungen erfragt. Mit der Berufsgruppe wurde der derzeit (zuletzt) ausgeübte Beruf der Teilnehmer bzw. bei Nichtberufstätigen der Beruf des Partners (Ernährers) erfragt. Die Häufigkeit der Ausprägungen ist den Tabellen 6.4 und 6.5 zu entnehmen.

Tabelle 6.4: Berufstätigkeit

	Anzahl	R.H. [%]	K.H. [%]
berufstätig	20	71,4	71,4
im eigenen Betrieb	1	3,6	75,0
Hausfrau/Hausmann	4	14,3	89,3
Rentner/Ruhestand	3	10,7	100,0
Gesamt	28	100,0	

R.H. = relative Häufigkeit; K.H. kumulierte Häufigkeit

Tabelle 6.5: Berufsgruppe

	Anzahl	R.H. [%]	K.H. [%]
Freischaffende	1	3,6	3,6
Angestellte	4	14,6	17,9
Beamte gehob. Dienst	12	42,9	60,7
Beamte	3	10,7	71,4
Facharbeiter	4	14,3	85,7
Sonstiges	3	10,7	96,4
keine Angabe	1	3,6	100,0
Gesamt	28	100,0	

R.H. = relative Häufigkeit; K.H. kumulierte Häufigkeit

Die überwiegende Zahl der Teilnehmer ist berufstätig, die häufigste Berufsgruppe sind Beamte.

Schulabschluß

Die Schulabschlüsse der Teilnehmer wurden als geschlossene Frage mit 8 Ausprägungen erfragt. Die Häufigkeit der Schulabschlüsse ist in der Tabelle 6.6 vermerkt.

Tabelle 6.6: Schulabschluß

	Anzahl	R.H. [%]	K.H. [%]
Hauptschule abgebr.	1	3,6	3,6
Hauptschule	5	17,9	21,4
Real-/Handelsschule	14	50,0	71,4
Gymnasium abgebr.	3	10,7	82,1
Abitur	2	7,1	89,3
Abitur mit Studium	2	7,1	96,4
<u>Abitur mit abgeschl. St.</u>	<u>1</u>	<u>3,6</u>	<u>100,0</u>
Gesamt	28	100,0	

R.H. = relative Häufigkeit; K.H. kumulierte Häufigkeit

Der häufigste Schulabschluß ist die Real- bzw. Handelsschule.

Schlafgewohnheiten

Wichtige Merkmale für die Beurteilung der Untersuchungsergebnisse sind die habituierten Schlafgewohnheiten. Von den Versuchsteilnehmern wurde die "übliche" Zubettgehnzeit und die "normale" Schlafdauer als geschlossenen Frage mit 8-stufiger Verhältnisskala erfragt. Die Schlafzeiten wurden in vollen Stunden erfragt. Die Häufigkeit der Zubettgehzeiten und der "üblichen" Schlafdauer ist den Tabellen bzw. den Abbildungen 6.7 und 6.8 zu entnehmen.

Tabelle 6.7: Übliche Zubettgehnzeit

Wert	Anzahl	R.H. [%]	K.H. [%]
21.00 Uhr	3	10,7	10,7
22.00 Uhr	10	35,7	46,4
23.00 Uhr	11	39,7	85,7
24.00 Uhr	4	14,3	100,0
Gesamt	28	100,0	

R.H. = relative Häufigkeit; K.H. kumulierte Häufigkeit

Tabelle 6.8: Durchschnittliche Schlafzeit

Wert	Anzahl	R.H. [%]	K.H. [%]
5 Stunden	2	7,1	7,1
6 Stunden	9	32,1	39,3
7 Stunden	9	32,1	71,4
8 Stunden	4	14,3	85,7
9 Stunden	4	14,3	100,0
Gesamt	28	100,0	

R.H. = relative Häufigkeit; K.H. kumulierte Häufigkeit

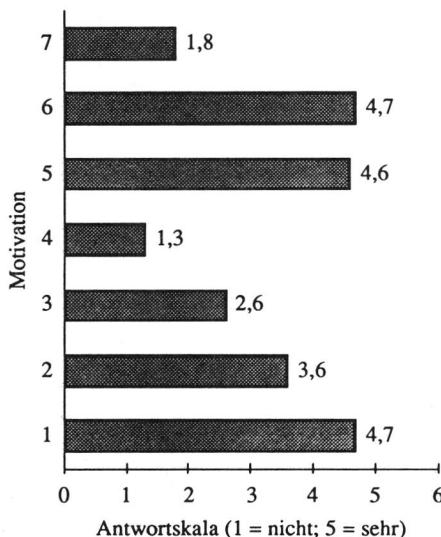
Die üblichen Zubettgehzeiten liegen zwischen 21.00 Uhr und 24.00 Uhr. Im Mittel gehen die Versuchsteilnehmer um 22.34 Uhr (± 53 Min.) zu Bett und schlafen 7 Stunden (± 1 Std. 10 Min.).

Teilnahmemotivation

Die Teilnahme an der Feldstudie war freiwillig. Den Teilnehmern wurde keine Aufwandsentschädigung gezahlt (vgl. 3.1.1).

Die Motivation für die Teilnahme wurde durch sieben geschlossene Fragen mit jeweils fünf (quasi) intervallskalierten Ausprägungen ermittelt. Die Skalen erfaßten die Zustimmung zu den Fragen von 1 = nicht bis 5 = sehr. Das mittlere Antwortverhalten ist der Abbildung 6.1 zu entnehmen.

Abb. 6.1 Erfragte Teilnehmermotivation (gemittelte Antworten)



Motivation:

- 1 = Interesse am Thema
- 2 = Interesse am Gesundheitscheck
- 3 = dem Partner zuliebe
- 4 = Weil ich etwas erleben will
- 5 = Weil ich solche Forschung unterstütze
- 6 = Information über Fluglärmbelastung
- 7 = Anderes

Interesse am Thema, Unterstützung solcher Forschung und das Erlangen von Informationen über die Fluglärmbelastung kennzeichnen die Motivation zur Teilnahme.

6.2 Ergebnisse der Hauptuntersuchung

In der Hauptuntersuchung wurden Daten zur Analyse von Harn und Blut sowie das Schlaferleben unter normaler nächtlicher Geräuschbelastung und unter simuliertem Nachtfluglärm erhoben (vgl. Abschnitt 4.2 f.)

Zusätzlich wurden über den gesamten Versuchszeitraum die durch den Versuch bedingten subjektiven Beeinträchtigungen erfaßt.

6.2.1 Befindlichkeit, Schlaferleben und subjektive Beeinträchtigung

Die Befindlichkeit, das Schlaferleben und die subjektiven Beeinträchtigungen wurden nach jeder Versuchsnacht durch einen Morgenfragebogen erfaßt. Die Versuchsteilnehmer waren angewiesen, die Fragebögen unmittelbar nach dem Erwachen auszufüllen.

6.2.1.1 Subjektive Beeinträchtigungen

Die Skalierung der subjektiven Beeinträchtigungen war zur Validierung des Treatments "Nachtfluglärm" vorgesehen und ist besonders in Hinblick auf die reizunspezifische Streßreaktion von Interesse.

Die subjektiven Beeinträchtigungen wurden durch geschlossene Fragen mit jeweils 5-stufigen (quasi) intervallskalierten Ausprägungen erfragt. Die Skalen erfaßten das Ausmaß der Wahrnehmung/Beeinträchtigung von 1 = "nicht" bis 5 = "sehr".

Die erhobenen Variablen sind mit ihren minimalen und maximalen Ausprägungen in der Tabelle 6.9 aufgelistet. N bezeichnet die Anzahl der gültigen Angaben.

Werden die Daten nach den Versuchswochen gruppiert, spiegeln die Mittelwerte die Beurteilung der "normalen akustischen Bedingungen" (1. Versuchswöche) und des "Nachtfluglärm" (2. Versuchswöche) wider. Die Mittelwertunterschiede für die Geräuschbeurteilung und die Beeinträchtigungen durch Wärme, Kälte, Gegenstände, durch den eigenen Zustand und durch den Partner wurden in Form einer 3-faktoriellen Varianzanalyse (vgl. Abschnitt 5.1 f.) statistisch überprüft. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6.10 zusammengefaßt.

Tab. 6.9: Erhobene Variablen

Variable	Minimum	Maximum	N	Label
M42	1.0	5.0	221	Geräusche laut
M43	1.0	5.0	220	Geräusche unangenehm
M44	1.0	4.0	219	beeinträchtigt durch Luftzustand
M45	1.0	5.0	219	beeinträchtigt durch Wärme
M46	1.0	3.0	219	beeinträchtigt durch Kälte
M47	1.0	5.0	221	beeinträchtigt durch Geräusche
M48	1.0	5.0	218	beeinträchtigt durch fremde Gegenstände
M49	1.0	5.0	220	beeinträchtigt durch eigenen Zustand
M50	1.0	5.0	211	beeinträchtigt durch Partner
M51	1.0	5.0	220	beeinträchtigt durch gesamte Situation
M52	1.0	5.0	220	fühle mich ausgeliefert
M53	1.0	5.0	220	fühle mich hilflos

N bezeichnet die Anzahl der gültigen Angaben; Anzahl der gültigen Angaben: 206.00

Tab. 6.10: 3-faktorielle Varianzanalyse (Personen/Versuchssequenz/Fluglärm)
(Mittelwerte und mittlere Differenzen [Morgenfragebogen])

Variable	Ruhe	Lärm	L - R	Signiv	in % [R]	Label
M42	1,51	3,64	2,12	**	140,26	Geräusche laut
M43	1,49	3,60	2,11	**	141,93	Geräusche unangenehm
M47	1,56	3,69	2,13	**	136,82	Geräusche beeinträchtigend
M51	1,42	2,45	1,04	**	73,08	Situation beeinträchtigend
M44	1,12	1,14	0,02		1,53	Beeinträchtigt durch: Luftzustand
M45	1,14	1,13	-0,01		-0,91	Wärme
M46	1,12	1,11	-0,01		-0,72	Kälte
M47	1,56	3,69	2,13	**	136,82	Geräusche
M48	1,10	1,66	0,56	**	50,99	Gegenstände
M49	1,84	1,67	-0,16		-8,91	eigener Zustand
M50	1,26	1,15	-0,11		-8,45	Partner
M52	1,25	1,84	0,58	**	46,38	fühle mich ausgeliefert
M53	1,10	1,55	0,45	*	41,32	fühle mich hilflos

Ruhe = Mittelwert in der 1. Versuchswocne; Lärm = Mittelwert in der 2. Versuchswocne

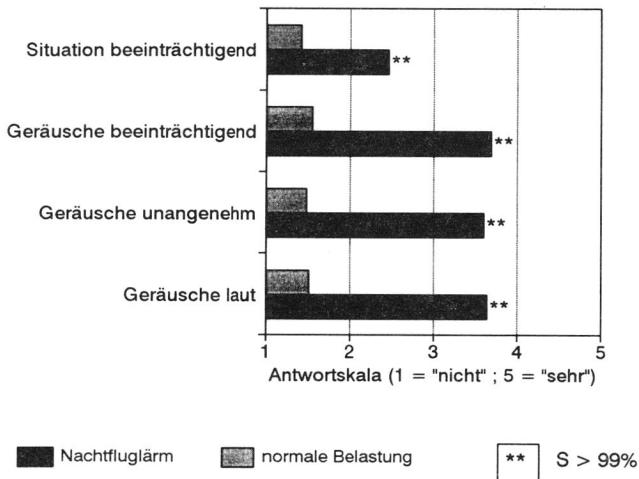
L-R = Mittelwertdifferenzen (Lärm - Ruhe)

Signiv = Signifikanzniveaus: ** = S > 99%; * = S > 95%

in % [R] = prozentuale Mittelwertdifferenz bezogen auf den Mittelwert der 1. Woche (Ruhe).

Die Mittelwertdifferenzen der Geräuschbelastung und die Beeinträchtigung durch fremde Gegenstände sind statistisch bedeutsam ($S > 99\%$). Die Wochenmittelwerte der subjektiven Wahrnehmung/Beeinträchtigung sind in den Abbildungen 6.11 und 6.12 grafisch aufbereitet.

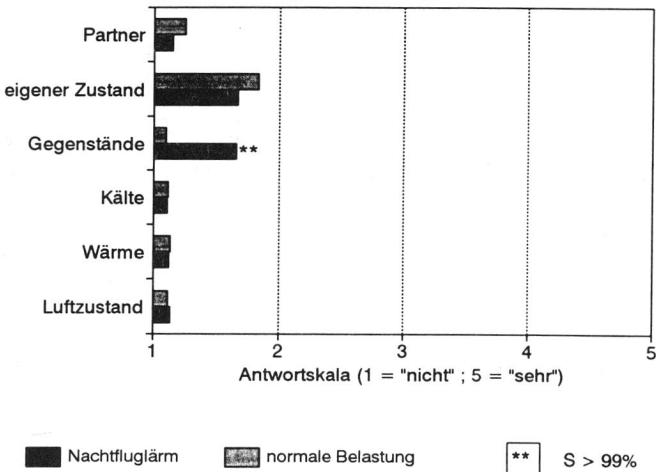
Abb. 6.2: Wahrnehmungen/Beeinträchtigungen
mittlere Angaben (ohne Fluglärm/mit Fluglärm)



Der simulierte Nachtfluglärm führt zu einer deutlich veränderten Geräuschbeurteilung. Die Geräuschsituation wird in der 2. Versuchwoche als wesentlich lauter, unangenehmer und beeinträchtigender beurteilt. Das Treatment "Nachtfluglärm" verändert die Untersuchungssituation. Die gesamte Untersuchungs-Situation wird beeinträchtigender erlebt. Diese Kausalinterpretation setzt voraus, daß die Beeinträchtigung der Gesamtsituation nicht durch weitere Kausalbeziehungen erklärt werden kann.

Abbildung 6.3 zeigt die mittleren Beeinträchtigungen potentieller Einflußgrößen für beide Versuchswochen.

Abb. 6.3: Subjektive Beeinträchtigung
mittlere Angaben (mit Fluglärm/ohne Fluglärm)



Die Mittelwertdifferenzen der subjektiven Beeinträchtigungen (durch den Partner, den eigenen Zustand, Kälte, Wärme und Luftzustand im Schlafraum) zwischen den Versuchswochen sind gering und statistisch unbedeutsam (vgl. Tabelle 6.10). Eine signifikante ($S > 99\%$), aber unbedeutende Zunahme der Beeinträchtigung ist in der 2. Woche bei den "fremden Gegenständen" (Beschallungsanlage; vgl. Abschnitt 4.2) zu verzeichnen. Die deutlich erhöhte Beeinträchtigung der gesamten Untersuchungssituation der 2. Versuchswoche (Nachtfluglärm) ist durch die erhobenen Kontrollvariablen nicht zu erklären.

Mittlere Unterschiede von Reaktionsvariablen zwischen den Versuchswochen können auf das Treatment "Nachtfluglärm" zurückgeführt werden.

Werden die Angaben der 2. Versuchswoche nach dem Überflugpegel (vgl. Abschnitt 3.2.3.2) und der Anzahl der Flüge gruppiert, so kennzeichnen die Mittelwerte die Beurteilung/Wahrnehmung der verschiedenen akustischen Treatmentsituationen. Die Mittelwertdifferenzen zwischen den Versuchswochen für die Geräuschbeurteilung und für die Beeinträchtigungen durch Wärme, Kälte, fremde Gegenstände, den eigenen Zustand, den Partner wurden als 3-faktorielle Kovarianzanalyse (vgl. Abschnitt 5.2 f.) statistisch überprüft. Als Kovariable gingen die Versuchsnächte ein.

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6.11 zusammengefaßt.

Tab. 6.11: 3-faktorielle Kovarianzanalyse (subjektive Beeinträchtigungen) (Personen/Pegel/Anzahl der Flüge) [Morgendaten]

	P65-P55	Sig.	A64-A16	Sig.	P65/4	P55/4	A64/4	A16/4	Mean/4	Label
M51	0,16		0,27		2,55	2,39	2,61	2,33	2,47	Situation beeinträchtigend
M47	0,47	**	0,52	**	4,10	3,63	4,12	3,60	3,86	Geräusche beeinträchtigend
M42	0,46	**	0,55	**	4,09	3,63	4,14	3,59	3,86	Geräusche laut
M43	0,54	**	0,47	**	4,09	3,55	4,05	3,59	3,82	Geräusche unangenehm
										Beeinträchtigt durch:
M44	-0,06		-0,11		1,18	1,24	1,15	1,26	1,21	Luftzustand
M45	0,03		-0,11		1,19	1,16	1,12	1,23	1,18	Wärme
M46	-0,04		-0,04		1,10	1,14	1,10	1,14	1,12	Kälte
M48	0,02		-0,00		1,80	1,78	1,78	1,79	1,79	fremde Gegenstände
M49	-0,16		-0,07		1,78	1,94	1,83	1,90	1,86	den eigenen Zustand
M50	-0,05		0,00		1,20	1,25	1,23	1,23	1,23	den Partner
M52	0,42	*	0,23		2,13	1,70	2,03	1,80	1,91	Ich fühle mich ausgeliefert
M53	0,35		0,20		1,75	1,40	1,67	1,47	1,57	Ich fühle mich hilflos

/4 = normiert auf die 4. Versuchsnacht mit Nachtfluglärm, sofern ein signifikanter Einfluß der Versuchstage ermittelt wurde.

P65 = Mittelwert bei einem Überflugpegel von 65 dB(A)

P55 = Mittelwert bei einem Überflugpegel von 55 dB(A)

A64 = Mittelwert bei 64 Flugereignissen

A16 = Mittelwert bei 16 Flugereignissen

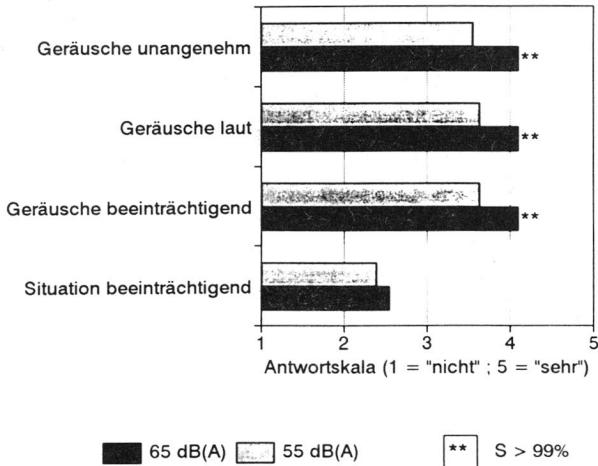
P65-55 = Mittelwertdifferenz bei Änderung des Überflugpegels

A64-A16 = Mittelwertdifferenz bei Änderung der Flughäufigkeit

Die Mittelwertunterschiede in der Geräuschbeurteilung zwischen den beiden Überflugpegeln und den beiden Flughäufigkeiten sind statistisch bedeutsam ($S > 99\%$). Zusätzlich nimmt mit dem Überflugpegel die Zustimmung zu der Aussage "Ich fühle mich ausgeliefert" zu ($S > 95\%$); vgl. Tabelle 6.14).

Die Ergebnisse für die Geräuschbeurteilung und die Kontrollvariablen sind in den Abbildungen 6.4 und 6.5 grafisch aufbereitet.

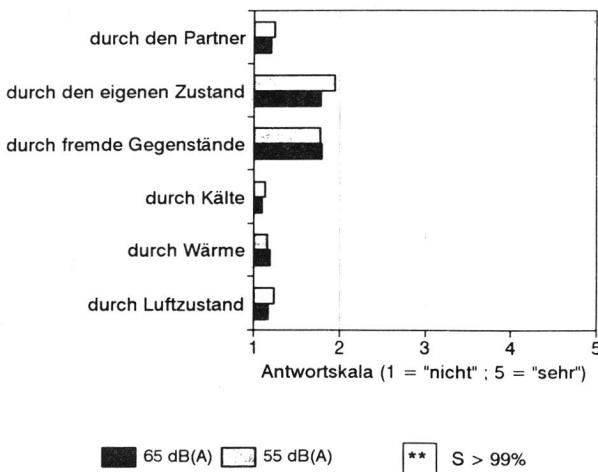
Abb. 6.4: Wahrnehmungen/Beeinträchtigungen
Überflugpegel (normiert auf 4. Nacht)



Der um 10 dB(A) erhöhte Überflugpegel entspricht grob einer Lautheitsverdopplung. Er führt zu einer moderaten Veränderung der Lärmbeurteilung. Bei einem Überflugpegel von 65 dB(A) wird die Geräuschsituation als lauter, unangenehmer und beeinträchtigender beurteilt als bei einem Überflugpegel von 55 dB(A).

Der erhöhte Überflugpegel beeinflusst die Untersuchungssituation nicht bzw. nicht signifikant. Die Gesamtsituation wird als annähernd gleich beeinträchtigend eingestuft.

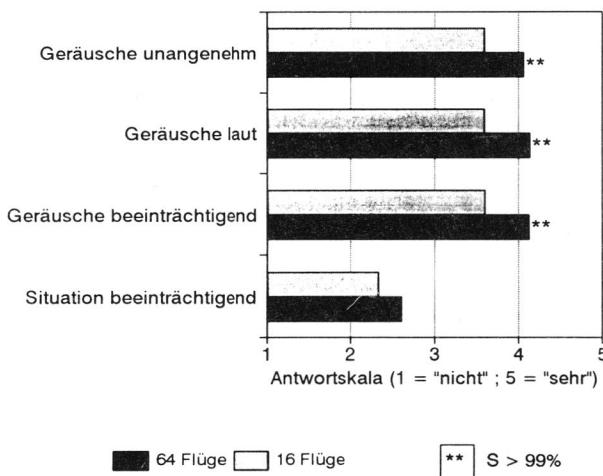
Abb. 6.5: Subjektive Beeinträchtigung
Überflugpegel (normiert auf 4. Nacht)



Die mittleren Angaben zu den Beeinträchtigungen (durch den Partner, den eigenen Zustand, Kälte, Wärme und Luftzustand) weisen nur geringfügige, statistisch nicht bedeutsame Unterschiede zwischen den Überflugpegeln auf. Eine Kompensation der erhöhten Geräuschbelastung liegt nicht vor. Unter den nahezu konstanten Versuchsbedingungen führt ein von 65 dB(A) auf 55 dB(A) verminderter Überflugpegel zu einer (annähernd) gleichen Beeinträchtigung der Gesamtsituation. Nur die Zustimmung zu der Aussage "Ich fühle mich ausgeliefert" ist bei einem Überflugpegel von 65 dB(A) größer als bei einem Überflugpegel von 55 dB(A).

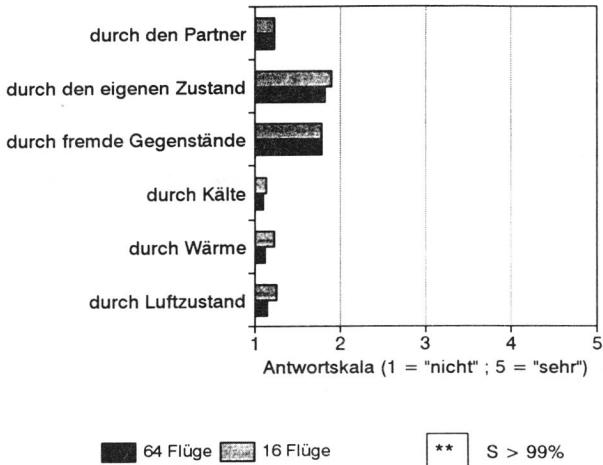
Das Treatment "Überflugpegel" veränderte die Untersuchungssituation der 2. Versuchswoche nur geringfügig.

Abb. 6.6: Wahrnehmungen/Beeinträchtigungen
Flughäufigkeit (normiert auf 4. Nacht)



Das von 16 auf 64 Flugereignisse erhöhte Flugaufkommen führt ebenfalls zu einer moderaten Veränderung der Lärmbeurteilung. Bei 64 Überflügen wird die Geräuschsituation als lauter, unangenehmer und beeinträchtigender beurteilt als bei 16 Überflügen. Das erhöhte Flugaufkommen beeinflusst die Untersuchungssituation nicht bzw. nicht signifikant. Die Gesamtsituation wird als annähernd gleich beeinträchtigend eingestuft.

Abb. 6.7: Subjektive Beeinträchtigungen
Flughäufigkeit (normiert auf 4. Nacht)



Die mittleren Angaben zu den Beeinträchtigungen (durch den Partner, den eigenen Zustand, Kälte, Wärme und Luftzustand) weisen nur geringe, statistisch unbedeutende Unterschiede zwischen den Überflughäufigkeiten auf. Eine Kompensation der erhöhten Geräuschbelastung liegt nicht vor. Eine Zunahme der Überflughäufigkeit von 16 auf 64 Flugereignisse verändert die Beeinträchtigung der Gesamtsituation nicht. Die Zustimmung zu den Aussagen "Ich fühle mich hilflos" bzw. "Ich fühle mich ausgeliefert" ist unter beiden Überflughäufigkeiten gleich.

Das Treatment "Überflughäufigkeit" veränderte die Untersuchungssituation der 2. Versuchswoche nur gering.

6.2.1.2 Schlaferleben und Befindlichkeit

Die Datenerhebung fand in jeweils acht Versuchsnächten statt. Die ersten vier Versuchsnächte schließen die Teilnehmer unter ihren normalen Bedingungen. In den Versuchsnächten 5 bis 8 wurde nächtlicher Fluglärm mit unterschiedlichem Flugaufkommen bzw. Überflugpegeln simuliert (vgl. Kapitel 3, 4 und 5)

Die momentane Befindlichkeit und das Schlaferleben wurden nach jeder Versuchsnacht durch einen Morgenfragebogen erfragt. Die momentane Befindlichkeit wurde nach Zersen und Köller bestimmt. Sie kann Werte zwischen 0 und 56 annehmen. Höhere Werte entsprechen einer schlechteren Befindlichkeit.

Das Schlaferleben wurde einerseits durch geschlossene Fragen mit jeweils 5-stufiger (quasi) intervallskalierter Ausprägung erfragt. Andererseits wurden absolute Angaben zum Einschlaferleben und zum erinnerbaren Erwachen erhoben.

6.2.1.2.1 Deskriptive Daten

Die erhobenen Variablen sind mit ihrem "Label" bzw. ihren minimalen und maximalen Ausprägungen (1 = nicht; 5 = sehr) in der folgenden Tabelle 6.12 aufgelistet.

Tab. 6.12: Erhobene Variablen (Schlaferleben)

Variable	Minimum	Maximum	N	Label
M29	1.0	5.0	221	habe gut geschlafen
M30	1.0	5.0	221	bin ausgeruht
M31	1.0	5.0	221	habe ruhig geschlafen
M32	1.0	5.0	220	habe tief geschlafen
M33	1.0	5.0	220	habe fest geschlafen
M34	1.0	5.0	221	habe geträumt
M35	1.0	5.0	221	bin gut eingeschlafen
M36	1.0	5.0	221	bin schnell erwacht
M37	.0	127.0	219	subjektive Einschlaflatenz [Min.]
M38	.0	12.0	199	erinnerbares Erwachen [Anzahl]
MOOD	4.0	48.00	203	Befindlichkeit am Morgen [Score]

N bezeichnet die Anzahl der gültigen Angaben

Anzahl der gültigen Angaben: 181.00

Bei dem gewählten Versuchsaufbau muß sich ein Einfluß des Treatments "Nachtfluglärm" auf das Schlaferleben im Vergleich der beiden Versuchswochen zeigen. Um den zeitlichen Verlauf des Schlaferlebens zu dokumentieren, sind die Angaben zum Schlaferleben (Mittelwerte und Standardabweichungen) für jede Versuchsnacht einzeln in der Tabelle 6.12 verzeichnet.

Tab. 6.13: Schlaferleben: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Versuchsnächte [Morgendaten]

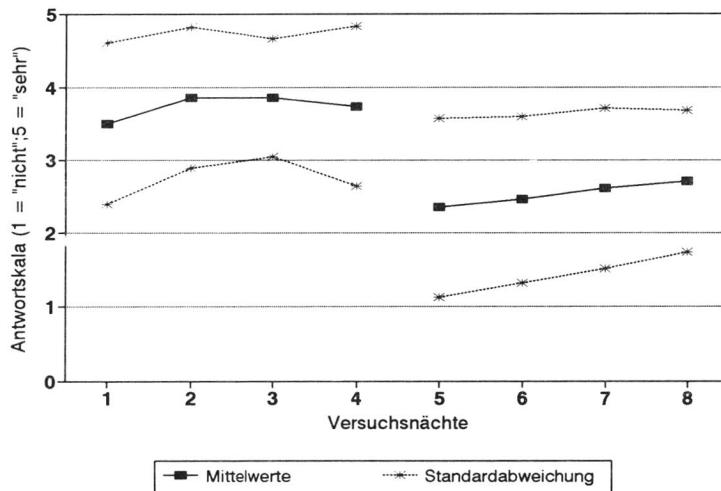
Variable	Lärm	Label							
		0	1	2	3	4	5	6	7
M29	Mean	3,50	3,86	3,86	3,74	2,36	2,46	2,62	2,71
	Std. Dev.	1,11	0,97	0,80	1,10	1,22	1,14	1,10	0,98
M30	Mean	3,32	3,71	3,50	3,33	2,18	2,25	2,31	2,50
	Std. Dev.	1,31	0,85	1,00	1,30	1,25	1,14	1,23	1,29
M31	Mean	3,68	4,04	3,93	3,70	2,50	2,57	2,58	2,82
	Std. Dev.	1,16	1,26	1,09	1,44	1,58	1,17	1,45	1,22
M32	Mean	2,96	3,36	3,18	3,56	2,11	2,21	2,38	2,21
	Std. Dev.	1,22	1,16	1,12	1,09	1,07	1,13	1,30	1,10
M33	Mean	3,04	3,71	3,43	3,30	2,07	2,21	2,38	2,21
	Std. Dev.	1,40	0,85	0,96	1,35	1,17	1,17	1,30	1,07
M34	Mean	1,93	1,82	2,00	2,30	1,61	1,36	1,81	1,68
	Std. Dev.	1,41	1,19	1,25	1,64	1,17	0,62	1,17	1,06
M35	Mean	3,68	3,61	3,93	3,70	3,21	3,50	3,15	3,96
	Std. Dev.	1,28	1,37	1,15	1,38	1,52	1,35	1,46	1,20
M36	Mean	3,54	3,39	3,46	3,44	3,68	3,43	3,77	3,54
	Std. Dev.	1,43	1,31	1,26	1,48	1,36	1,48	1,42	1,40
M37	Mean	26,70	28,50	19,44	15,93	40,18	32,39	25,77	19,75
	Std. Dev.	19,48	26,33	12,63	13,98	30,23	28,31	19,64	13,64
M38	Mean	1,79	1,63	1,70	1,52	3,23	3,14	2,42	3,21
	Std. Dev.	1,40	1,52	1,27	1,42	2,35	2,50	2,32	2,08
MOOD	Mean	14,23	14,00	14,38	13,85	23,20	25,15	22,63	21,11
	Std. Dev.	11,96	9,40	9,61	9,63	13,26	11,97	12,55	12,00

Werden die korrelativen Beziehungen der erhobenen Variablen beachtet (Hauptkomponentenanalyse; Varimaxrotation), so wird das erfragte Schlaferleben von drei "Hintergrunddimensionen" getragen. Die Dimensionen des Schlaferlebens werden durch die "subjektive Schlafqualität", das "Einschlaf erleben" und das "erinnerbare Träumen" gekennzeichnet.

Die nächtlichen Ausprägungen der Leitvariablen der "subjektiven Schlafqualität", des "Einschlaf erlebens" und das "erinnerbaren Träumens" sind in den Abbildungen 6.8 bis 6.10 grafisch aufbereitet. Zusätzlich ist in den Abbildungen 6.11 und 6.12 die Abhängigkeit des "erinnerbaren Erwachens" und der "möglichen Befindlichkeit" von den Versuchsnächten dargestellt.

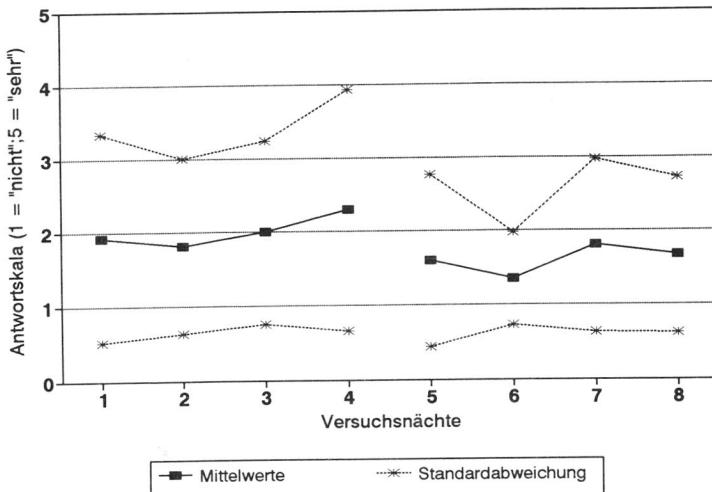
Exemplarisch für die "subjektive Schlafqualität" wird das Antwortverhalten auf die Frage "Haben Sie gut geschlafen?" grafisch aufbereitet. Die Fragen "Haben Sie tief geschlafen?", "Haben Sie fest geschlafen?" und "Haben Sie unruhig geschlafen?" enthalten im wesentlichen keine zusätzliche Information. Unabhängig von der Formulierung wird mit diesen Fragen die "subjektive Schlafqualität" erfaßt.

Abb. 6.8: "Habe gut geschlafen" (nächtlicher Verlauf)



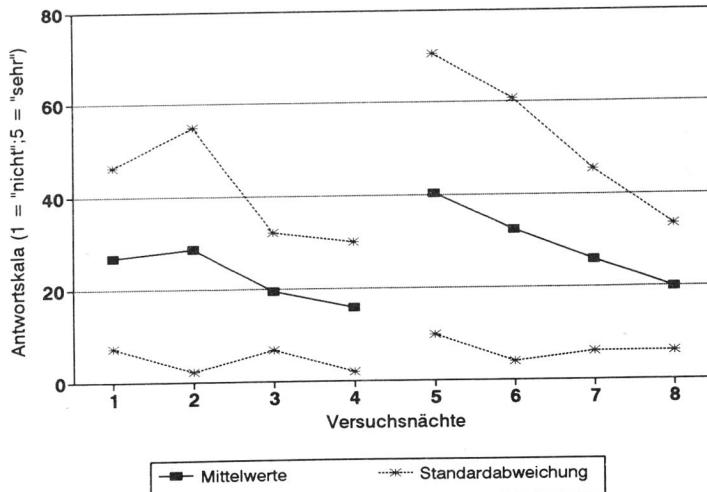
Eine eigenständige Dimension des Schlaferlebens enthalten die Antworten auf die Frage "Haben Sie geträumt?" Das Antwortverhalten ist der Abbildung 6.9 zu entnehmen.

Abb. 6.9: "Habe geträumt" (nächtlicher Verlauf)



Eine dritte Dimension des Schlaferlebens ist das Einschlaferleben, das durch die subjektive Einschlaflatenz charakterisiert wird. In der Abbildung 6.10 ist die Abhängigkeit der Einschlaflatenz von den Versuchsnächten dargestellt.

Abb. 6.10: "Subjektive Einschlaflatenz" (nächtlicher Verlauf)



Das "erinnerbare Erwachen" und die "Befindlichkeit am Morgen" enthalten jeweils relevante Anteile der "subjektiven Schlafqualität" und des "erinnerbaren Träumens". Die Befindlichkeit wird stärker durch die Dimension des "erinnerbaren Träumens" determiniert (48%), das "erinnerbare Erwachen" stärker durch die "subjektive Schlafqualität" (48%). Die Abhängigkeit des "erinnerbaren Erwachens" und der morgendlichen Befindlichkeit von den Versuchsnächten sind in den Abbildungen 6.11 und 6.12 dargestellt.

Abb. 6.11: Variable "Erinnerbares Erwachen" (nächtlicher Verlauf)

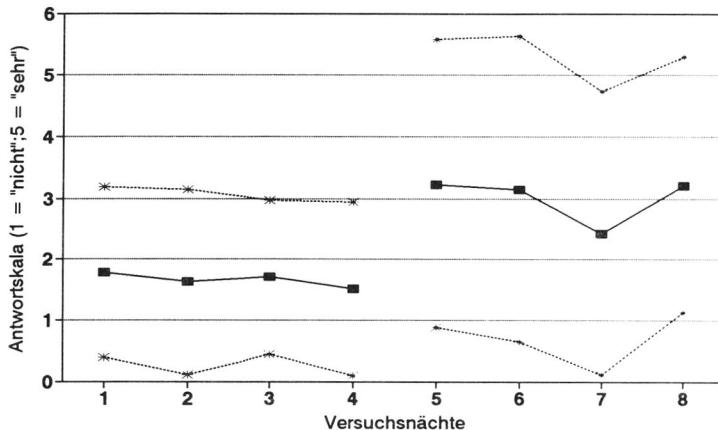
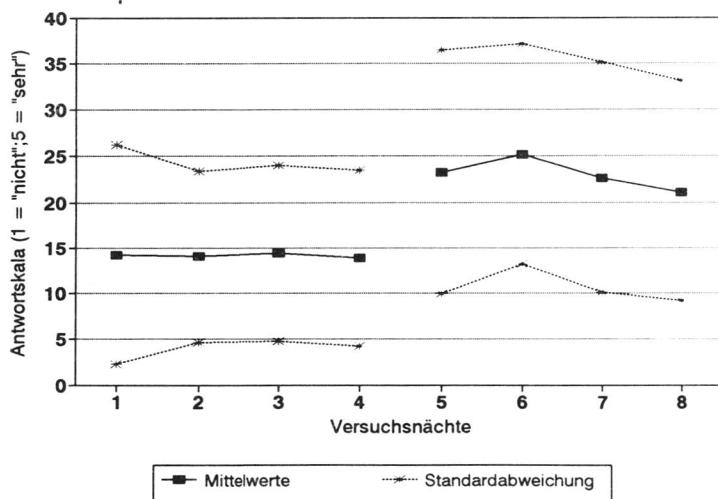


Abb. 6.12: "Morgendliches Befinden" (nächtlicher Verlauf (gemittelte Befindlichkeitswerte)



6.2.1.2.2 Inferenzstatistische Daten

Die Angaben zum Schlaferleben schwanken beträchtlich zwischen den einzelnen Teilnehmern und zwischen den Versuchsnächten. Aufgabe der Inferenzstatistik ist es zu entscheiden, ob Mittelwertunterschiede, die unter dem Einfluß eines Treatments zu beobachten sind, im Vergleich zu der ohnehin existierenden Streuung der Angaben als überzufällig (signifikant) zu betrachten sind. Ein signifikanter Mittelwertunterschied bestätigt den Einfluß des Treatments. Bei einem nicht signifikanten Mittelwertunterschied ist ein Einfluß des Treatments nicht vorhanden oder aber im Verhältnis zur Meßdatenstreuung zu gering. Die Mittelwertunterschiede im Schlaferleben zwischen den Versuchswochen (normale akustische Bedingungen/Nachtfluglärm) wurden in Form einer 3-faktoriellen Varianzanalyse (Personen/Sequenz/Nachtfluglärm) statistisch überprüft (vgl. Kapitel 5).

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6.14 zusammengefaßt.

Tab. 6.14: 3-faktorielle Varianzanalyse (Schlaferleben)
[Morgenfragebogen]

Variable	Ruhe	Lärm	L - R	Signiv	in % [R]	Label
M29	3,74	2,54	-1,20	**	-32,16	habe gut geschlafen
M30	3,47	2,31	-1,16	**	-33,43	bin ausgeruht
M31	3,84	2,62	-1,22	**	-31,78	habe ruhig geschlafen
M32	3,26	2,23	-1,04	**	-31,75	habe tief geschlafen
M33	3,37	2,22	-1,15	**	-34,11	habe fest geschlafen
M34	2,01	1,61	-0,40	**	-19,91	habe geträumt
M35	3,73	3,46	-0,27		-7,13	bin gut eingeschlafen
M36	3,46	3,60	0,14		4,06	bin schnell erwacht
M37	22,70	29,59	6,89	**	30,37	subjektive Einschlaflatenz
M38	1,66	3,03	1,37	**	82,67	erinnerbares Erwachen
MOOD	14,11	23,01	8,90	**	63,09	Befindlichkeit

Ruhe = Mittelwert unter normaler akustischer Bedingung

Lärm = Mittelwert unter Nachtfluglärm

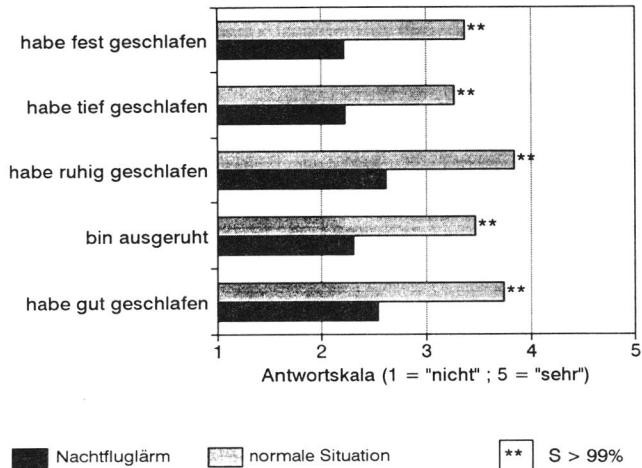
L-R = Mittelwertdifferenzen (Lärm - Ruhe)

Signiv = Signifikanzniveaus (** = S > 99%; * = S > 95%)

in % [R] = prozentuale Mittelwertdifferenz bezogen auf Ruhe

Die Mittelwertunterschiede im Schlaferleben zwischen den "normalen akustischen Bedingungen" und den Nächten mit Nachtfluglärm sind (bis auf zwei Ausnahmen) statistisch bedeutsam ($S > 99\%$). Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 6.13 bis 6.15 grafisch aufbereitet.

Abb. 6.13: Subjektive Schlafqualität (mittlere Angaben [mit Fluglärm/ohne Fluglärm])



Der simulierte Nachtfluglärm führt zu einer deutlich verschlechterten subjektiven Schlafqualität. Es ist eine Qualitätseinbuße in der Größenordnung von 30% zu beobachten. Die subjektive Einschlaflatenz (vgl. Abbildung 6.15) ist um 30% verlängert, und das erinnerbare Träumen (vgl. Abbildung 6.14) ist um 20% verringert.

Die Auswirkungen des Nachtfluglärm sind auch bei der morgendlichen Befindlichkeit und dem erinnerbaren Erwachen zu erkennen. Die Befindlichkeit ist um mehr als 60% verschlechtert und das erinnerbare Erwachen nimmt um mehr als 80% zu.

Das Treatment Nachtfluglärm führt zu einer erheblichen Verschlechterung des Schlaferlebens.

Abb. 6.14: Erinnerbares Erwachen, erinnerbares Träumen
Mittlere Angaben (mit Fluglärm/ohne Fluglärm)

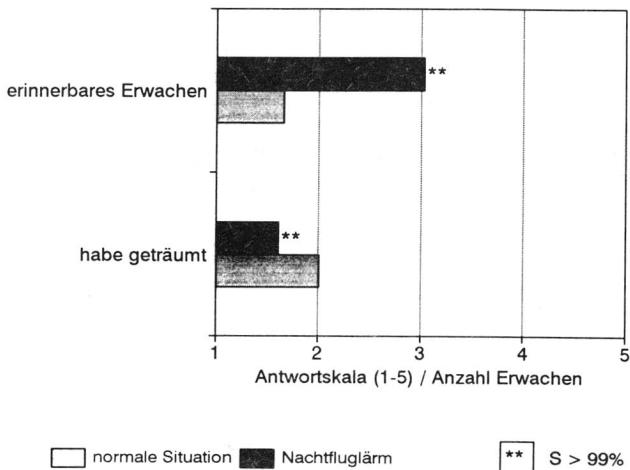
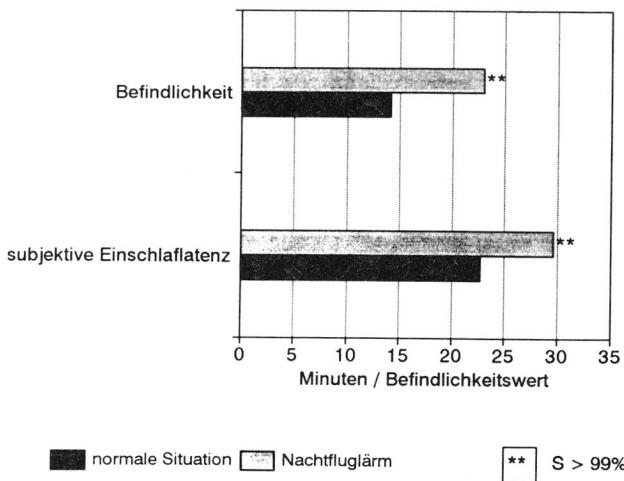


Abb. 6.15: Befindlichkeit, subjektive Einschlafatmaz
Mittlere Angaben (mit Fluglärm/ohne Fluglärm)



Überflugpegel und Überflughäufigkeit

In der zweiten Woche bekamen die Versuchspersonen unterschiedliche Geräuschesituationen angeboten. Die nächtliche Beschallung bestand aus 16 oder 64 Überflügen, die mit einem Überflugpegel von 55 oder 65 dB(A) eingespielt wurden.

Die Mittelwertunterschiede im Schlaferleben zwischen den beiden Überflugpegeln und den beiden Flughäufigkeiten wurden in Form einer 3-faktoriellen Kovarianzanalyse (vgl. Abschnitt 5.2 f.) statistisch überprüft. Als Kovariable gingen die Versuchsnächte ein.

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6.15 zusammengefaßt. Eingetragen sind einerseits die mittleren Angaben zum Schlaferleben (normiert auf die 4. Lärmnacht*), die unter den beiden Überflugpegeln bzw. den beiden Flughäufigkeiten beobachtet werden, andererseits die Mittelwertdifferenzen zwischen den jeweiligen Ausprägungen mit ihren Signifikanzniveaus und den relativen Änderungen (bezogen auf die geringere Ausprägung).

Die statistisch bedeutsamen (signifikanten) Mittelwertunterschiede sind in den Abbildungen 6.16 und 6.17 (Seite 59) grafisch aufbereitet.

*) Ist für die Kovariablen ein signifikanter Einfluß zu beobachten, sind die Meßdaten auch von den Untersuchungsnächten abhängig. In diesem Fall wurden die gemessenen Daten auf den Wert umgerechnet, der zu erwarten gewesen wäre, wenn die Datenerhebung in der Nacht vom Donnerstag auf Freitag (4. Lärmnacht) stattgefunden hätte. Diese Werte werden mit dem Zusatz "normiert auf die 4. Lärmnacht" gekennzeichnet.

Tab. 6.15: 3-faktorielle Kovarianzanalyse (Personen/Pege/Anzahl mit Versuchsnächten) [Schlaferieben]

	P65-P55	Sig. in % [55]	A64-A16	Sig. in % [16]	P65/4	P55/4	A64/4	A16/4	Label
M29	-0,34	**	-12,37	-0,44	**	-15,63	2,42	2,76	2,37 habe gut geschlafen
M30	-0,35	**	-14,87	-0,44	**	-18,63	1,98	2,33	1,93 bin ausgeruht
M31	-0,36		-13,52	-0,19		-7,36	2,27	2,63	2,36 habe ruhig geschlafen
M32	-0,36	*	-14,61	-0,27		-11,35	2,10	2,46	2,14 habe tief geschlafen
M33	-0,34	*	-14,13	-0,26		-10,72	2,09	2,44	2,14 habe fest geschlafen
M34	0,14		9,36	-0,15		-9,24	1,60	1,46	1,45 habe geträumt
M35	-0,42		-13,13	-0,16		-5,34	2,79	3,21	2,92 bin gut eingeschlafen
M36	-0,01		-0,26	0,41		11,73	3,66	3,67	3,87 bin schnell erwacht
M37	3,30		8,84	5,88		16,31	40,66	37,36	41,95 Einschlafatenz
M38	0,10		3,43	0,15		5,55	2,89	2,79	2,92 erinnerbares Erwachen
MOOD	1,96	*	8,28	2,51		10,74	25,62	23,66	25,90 Befindlichkeit

P65-55 = Mittelwertdifferenz bei Änderung des Überflugpegels

Sig. = Signifikanzniveau (** = S > 99%; * = S > 95%)
in % [55] = relative Mittelwertdifferenz

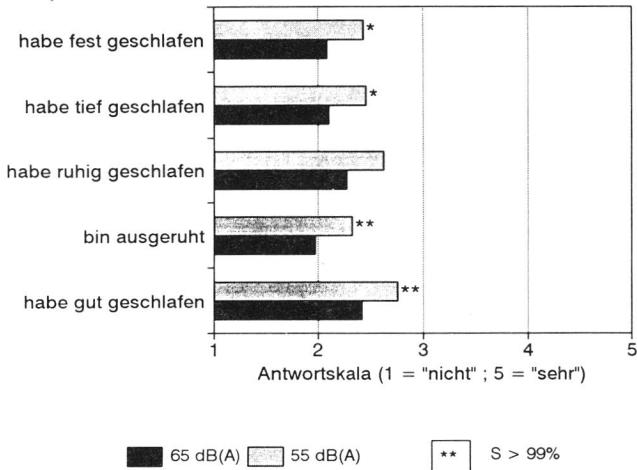
A64-A16 = Mittelwertdifferenz bezogen auf die kleinere Belastung
A64-A16 = Mittelwertdifferenz bei Änderung der Flughäufigkeit

P65/4 = Mittelwert bei einem Überflugpegel von 65 dB(A) +
P55/4 = Mittelwert bei einem Überflugpegel von 55 dB(A) +

A64/4 = Mittelwert bei 64 Flugereignissen +
A16/4 = Mittelwert bei 16 Flugereignissen +)

+) normiert auf die 4. Versuchsnacht

Abb. 6.16: Subjektive Schlafqualität (Überflugpegel)
(normiert auf 4. Nacht)

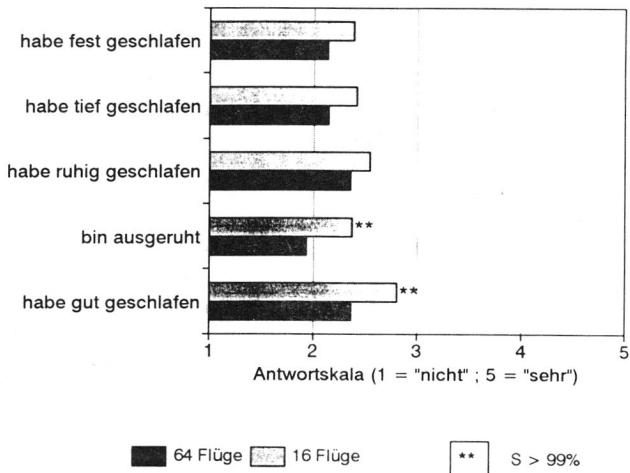


Der um 10 dB(A) erhöhte Überflugpegel verändert die subjektive Schlafqualität moderat. Es ist eine Qualitätseinbuße in der Größenordnung von 15% zu verzeichnen. Die Mittelwertunterschiede in der Einschlaflatenz und dem "erinnerbaren Träumen" (vgl. Tabelle 6.15) sind statistisch unbedeutend.

Dieses Ergebnis wird durch die morgendliche Befindlichkeit und das erinnerbare Erwachen unterstützt. Es ist eine statistisch unbedeutende Verschlechterung der Befindlichkeit zu beobachten. Die leichte Zunahme des Erwachens ist ebenfalls statistisch unbedeutend und kann nicht auf das Treatment "Überflugpegel" zurückgeführt werden.

Das Treatment "Überflugpegel" führt zu einer geringen Verschlechterung des Schlaferlebens.

Abb. 6.17: Subjektive Schlafqualität (Flughäufigkeit)
(normiert auf 4. Nacht)



Das von 16 auf 64 Überflüge erhöhte Flugaufkommen führt zu einer geringen Veränderung der subjektiven Schlafqualität. Eine Qualitätseinbuße in der Größenordnung von 15% kann nur für die morgendlichen Angaben "Ich habe geschlafen" und "Ich bin ausgeruht" abgesichert werden.

Die Mittelwertunterschiede in der Einschlaflatenz und dem "erinnerbaren Träumen" sind ebenso wie die Mittelwertunterschiede beim Befinden und dem "erinnerbaren nächtlichen Aufwachen" statistisch unbedeutend.

Das Treatment "Überflughäufigkeit" verschlechtert das Schlaferleben nur wenig.

6.2.1.2.3 Schlaferleben, Befindlichkeit und Persönlichkeit

Die Angaben zum morgendlichen Befinden und zum Schlaferleben weisen unabhängig von der jeweiligen akustischen Situation starke Schwankungen auf (vgl. Abb. 6.8 bis 6.12 - *Zeitverläufe* -).

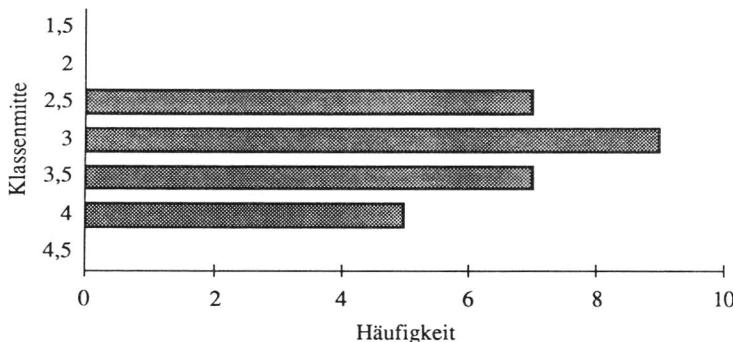
Die gesamte beobachtete Streuung setzt sich aus der Unterschiedlichkeit zwischen den Versuchspersonen (interindividuell) und der Unterschiedlichkeit der jeweils wiederholten Messungen (intraindividuell) zusammen. Die Unterschiedlichkeit zwischen den Versuchspersonen wird durch die Personenmittelwerte gekennzeichnet. Der Personenmittelwert kann als habituierte Reaktion des Versuchsteilnehmers interpretiert werden.

Das habituierte Schlaferleben ist in den Histogrammen (Abb.: 6.18 bis 6.20) anhand der "subjektiven Schlafqualität", des "Einschlaferlebens" und des "erinnerbaren Träumens" grafisch aufbereitet. Zusätzlich ist die "morgendliche Befindlichkeit" und das "erinnerbare nächtliche Aufwachen" dargestellt. Angegeben sind jeweils die Häufigkeit der Angaben für die gewählte Klassenbreite.

Habituierter subjektiver Schlafqualität

Leitvariable der "subjektiven Schlafqualität" sind die Angaben auf die Frage "Haben Sie gut geschlafen?". Das habituierte Antwortverhalten ist in Abbildung 6.18 grafisch aufbereitet.

Abb. 6.18: M29_h "Habe gut geschlafen" (habituierte Angaben)



Mittelwert:
Gültige Werte:

3.15
28

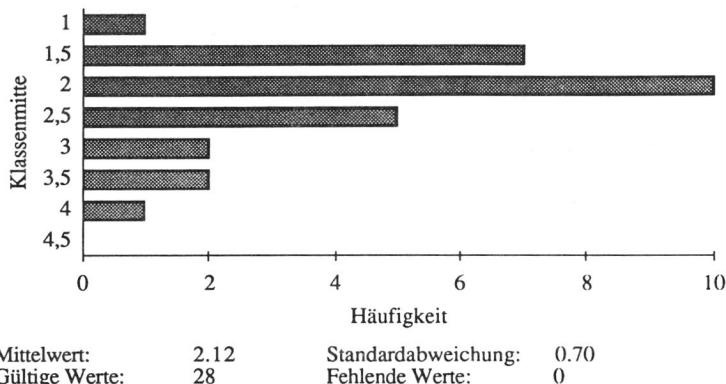
Standardabweichung:
Fehlende Werte:

0.51
0

Habituiertes erinnerbares Träumen

Leitvariable des "erinnerbaren Träumens" sind die Angaben auf die Frage "Haben Sie geträumt?". Das habituierte Antwortverhalten ist in Abbildung 6.19 grafisch aufbereitet.

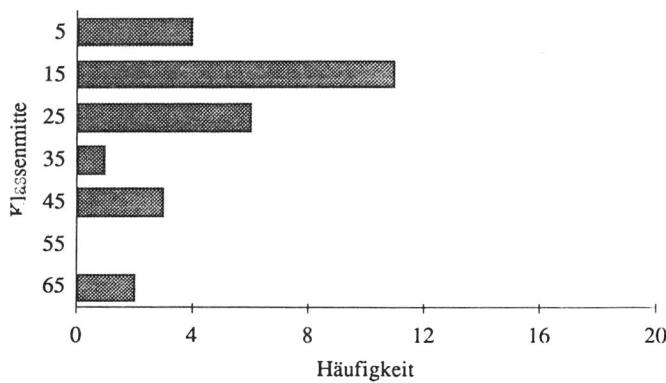
Abb.6.19: M34_h "Habe geträumt" (habituierte Angaben)



Habituiertes Einschlaferleben

Leitvariable des "Einschlaferlebens" sind die Angaben auf die Frage "Wie viele Minuten haben sie wachgelegen?". Das habituierte Antwortverhalten ist in Abbildung 6.20 grafisch aufbereitet.

Abb. 6.20: M37_h subjektive Einschlaflatenz (habituierte Angaben)



Habituierte morgendliche Befindlichkeit und habituiertes erinnerbares Erwachen

Die "morgendliche Befindlichkeit" und das "erinnerbare Erwachen" weisen eine hohe Faktorladung sowohl mit der Dimension "subjektive Schlafqualität" als auch mit der Dimension "Einschlaferleben" auf. Das habituierte Antwortverhalten ist in den Abbildung 6.30 und 6.31 dargestellt.

Abb. 6.21 M38_h Erinnerbares Erwachen (habituierte Angaben)

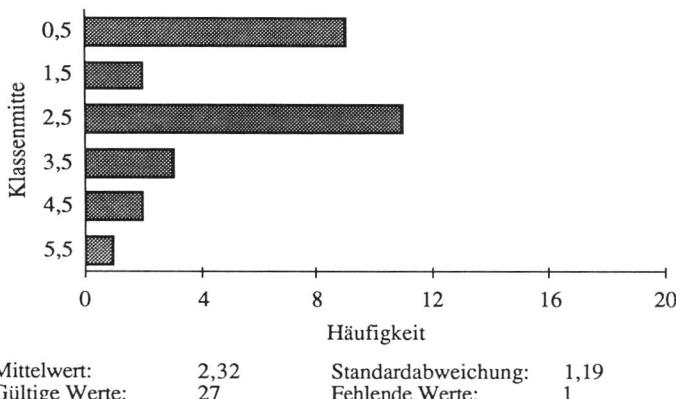
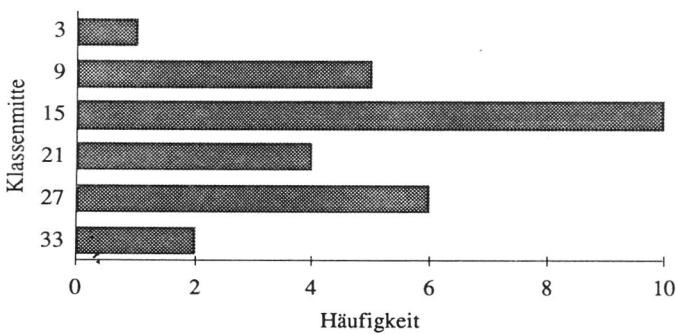


Abb. 6.22: MOOD_h Morgendliche Befindlichkeit (habituierte Angaben)



Mittelwert: 18,42 Standardabweichung: 8,01
Gültige Werte: 28 Fehlende Werte: 0

Habituertes Schlaferleben und Persönlichkeit

Die habituierten Unterschiede des Schlaferlebens sind bei der gewählten Versuchsanordnung unabhängig von dem Treatment Nachtfluglärm. Geht man davon aus, - wie es in der Angstforschung generell getan wird - daß ängstliche Personen auf störende Reize physiologisch und psychologisch intensiver reagieren, so liegt es nahe, die beobachteten Streuungen auf die unterschiedlichen Ausprägungen der Persönlichkeitsmerkmale zurückzuführen.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem habituierten Schlaferleben und der Persönlichkeit"

wurde in Form von Korrelationsanalysen überprüft.

Bei Gültigkeit dieser These sind signifikante Korrelationen zwischen dem habituierten Antwortverhalten zum Schlaferleben und den Persönlichkeitsskalen zu erwarten. Im ersten Schritt wurden bivariate Korrelationen mit den Skalen der Persönlichkeitsprofile berechnet, im zweiten Schritt die multiplen Korrelationen mit den relevanten Skalen.

Die Korrelationskoeffizienten zwischen den Skalen der Persönlichkeitsprofile und dem habituierten Antwortverhalten zum Schlaferleben sind der Interkorrelationsmatrix (Tabelle 6.16) zu entnehmen.

Tab. 6.16: Habituiertes Schlaferleben und Persönlichkeit

Korrelationen	LEB_S	SOZ_S	LEI_S	GEH_S	ERR_S
M29_h	-.2483	.3368 o	.1815	.0327	.2907
M30_h	-.0075	.2725	.2374	-.1642	-.0792
M31_h	-.0065	.2688	.1941	-.1130	-.0385
M32_h	-.2517	.1636	-.0078	.1178	.0704
M33_h	-.1348	.0818	.1153	.2363	.1252
M34_h	-.2408	-.0819	-.3495 o	-.1999	-.1649
M35_h	-.1992	.3643 o	.0855	.2320	.1270
M37_h	.2732	-.0166	-.0560	-.2320	-.3024
M38_h	.2616	-.1306	.0161	-.2366	-.3142
MOOD_h	-.0526	-.0470	.0162	.3181 o	.0522

Korrelationen	AGGR_S	BEAN_S	K_RP_S	GES_S	OFF_S
M29_h	.3969 *	.2385	-.0880	-.3768 *	.1123
M30_h	.2771	.1637	-.2518	-.4225 *	-.0539
M31_h	.3473 o	-.0159	-.3814 *	-.3034	-.2004
M32_h	.2476	.0128	-.2071	-.2190	-.0400
M33_h	.2528	-.0516	-.2182	-.2460	-.1067
M34_h	.1046	-.0924	.0447	.0180	.1491
M35_h	-.1405	.2152	-.0783	-.2738	-.3316 o
M37_h	-.0705	-.2868	.0385	.1645	.0956
M38_h	-.3092	-.0357	-.0171	.2610	-.1595
MOOD_h	-.3543 o	.0333	.2326	.0689	.1117

Anzahl: 27 o = S > 90%; * = S > 95%; ** = S > 99%

LEB	Lebenszufriedenheit	AGGR	Aggressivität
SOZ	Soziale Orientierung	BEAN	Beanspruchung
LEI	Leistungsorientierung	KÖRP	Körperliche Beschwerden
GEH	Gehemmtheit	GES	Gesundheitssorgen
ERR	Erregbarkeit	OFF	Offenheit
M29	habe gut geschlafen	M34	habe geträumt
M30	bin ausgeruht	M35	gut eingeschlafen
M31	ruhig geschlafen	M37	Einschlaflatenz
M32	tief geschlafen	M38	erinnerbares Erwachen
M33	fest geschlafen	Mood	morgendliches Befinden

Die "habituierte subjektive Schlafqualität" wird schwach signifikant von den Persönlichkeitsskalen "Soziale Orientierung", "Aggressivität", "Körperliche Beschwerden" und "Gesundheitssorgen" determiniert. Die bivariaten Determinationen sind moderat und liegen zwischen 10% und 20%. Personen mit sozialer Verantwortung und einer Bereitschaft zur aggressiven Durchsetzung, die sich wenig Sorgen um ihre Gesundheit machen, erleben ihren Schlaf als überdurchschnittlich gut (M29). Personen, die sich wenig Sorgen um ihre Gesundheit machen, fühlen sich durch ihren Schlaf überdurchschnittlich ausgeruht (M30). Personen mit wenigen Befindungsstörungen oder Beschwerden und einer Bereitschaft zur aggressiven Durchsetzung erleben ihren Schlaf als überdurchschnittlich ruhig (M31).

Das "habituierte erinnerbare Träumen" weist einen schwach signifikanten bivariaten Zusammenhang ($90\% < S > 95\%$) mit der Persönlichkeitsskala "Leistungsorientierung" auf.

Wenig leistungsorientierte Personen mit geringem Konkurrenzverhalten geben überdurchschnittlich häufig an, viel zu träumen (M34). Das "habituierte gute

Einschlafen wird schwach signifikant ($90\% < S > 95\%$) von den Persönlichkeitsskalen "Soziale Orientierung" und "Offenheit" determiniert. Die bivariaten Determinationen betragen ca. 10%. Personen mit sozialer Verantwortung und unkonventionellen Umgangsformen erleben ihr Einschlafen als überdurchschnittlich gut (M35).

Die "habituierte morgendliche Befindlichkeit" wird schwach signifikant von den Persönlichkeitsskalen "Gehemmtheit" und "Aggressivität" determiniert. Die bivariaten Determinationen sind moderat und liegen zwischen 10% und 15%. Ungezwungene, selbstsichere, kontaktbereite Personen mit einer Bereitschaft zur aggressiven Durchsetzung weisen eine bessere morgendliche Befindlichkeit auf (Mood).

Sind mehrere signifikante bivariate Determinationen vorhanden, so ist die Gesamtdetermination durch das Persönlichkeitsprofil von Interesse. Die Gesamtdeterminationen wurden über multiple Regressionen (Methode=stepwise) errechnet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6.17 zusammengefaßt.

Es sind die multiplen Determinationen [R^2], die Signifikanzniveaus [Sig.] und die an der Gesamtdetermination beteiligten Persönlichkeitsskalen verzeichnet. Das (+) kennzeichnet einen positiven, das (-) einen negativen direkten partiellen Zusammenhang.

Tab. 6.17: Multiple Determination: Habituiertes Schlaferleben und Persönlichkeit

Variable	R^2	Sig.	SOZ	KÖRP	AGGR	OFF	GES	LEB	Label
M29_h	0,48	**	(+)		(+)		(+)		gut geschlafen
M31_h	0,15	*		(-)					ruhig geschlafen
M35_h	0,48	**	(+)			(-)		(+)	gut eingeschlafen
Mood_h	0,13	o			(-)				Befindlichkeit

Die multiple Determination für das habituierte Antwortverhalten zum guten Schlaf liegt insgesamt in der Größenordnung von 50% Personen mit einer Bereitschaft zur aggressiven Durchsetzung, einer sozialen Verantwortung für andere Menschen, die sich wenig Sorgen um ihre Gesundheit machen, erleben ihren Schlaf als überdurchschnittlich gut (M29_h).

Das Antwortverhalten zum "ruhigen Schlaf" wird mit insgesamt 15% determiniert. Personen mit wenig Befindungsstörungen oder Beschwerden erleben ihren Schlaf als überdurchschnittlich ruhig (M31_h).

Das "habituierte gute Einschlafen" wird insgesamt zu 48% determiniert. Lebenszufriedene Personen mit sozialer Verantwortung und konventionellen Umgangsformen erleben ihr Einschlafen als überdurchschnittlich gut (M35_h).

Für die morgendliche Befindlichkeit wird die bivariate Determination von 13% bestätigt.

Personen mit einer Bereitschaft zur aggressiven Durchsetzung weisen eine bessere morgendliche Befindlichkeit auf (Mood_h).

Änderungen des Schlaferlebens bei Nachtfluglärm und Persönlichkeit

Ist die Determination durch die Persönlichkeitsmerkmale nicht "direkt", sondern an das Ausmaß des nächtlichen Lärms gebunden (Moderatorvariable), so ist nur die Änderung des Antwortverhaltens (unter Nachtfluglärm) determiniert.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen der individuellen Änderung des Schlaferlebens unter Nachtfluglärm und der Persönlichkeit"
wurde in Form von Korrelationsanalysen überprüft.

Bei Gültigkeit dieser These sind signifikante Zusammenhänge zwischen der Änderung des Antwortverhaltens unter Nachtfluglärm und den Persönlichkeitsskalen zu erwarten.

Die Korrelationen zwischen den Skalen des Persönlichkeitsprofils und den Mittelwertdifferenzen (jeder Person) in den Angaben zum Schlaferleben zwischen den Nächten mit normaler akustischer Situation und den Nächten mit Nachtfluglärm sind in der Interkorrelationsmatrix (Tabelle 6.18) verzeichnet.

Die Änderung der "subjektiven Schlafqualität" unter Nachtfluglärm wird signifikant von den Persönlichkeitsskalen "Lebenszufriedenheit", "Soziale Orientierung" und "Aggressivität" determiniert. Die bivariaten Determinationen sind deutlich und liegen zwischen 10% und 30%. Unzufriedene, bedrückte Personen mit einer Betonung der Eigenverantwortung für die eigenen Lebensbedingungen weisen bei Nachtfluglärm eine stärkere Änderung der subjektiven Schlafqualität auf (M29_d – M32_d). Eine stärkere Änderung der Schlaftiefe (M33_d) und der Schlafruhe (M30_d) ist zusätzlich bei Personen mit einer Bereitschaft zur aggressiven Durchsetzung zu beobachten.

Tab.6.18: Änderung des Schlaferlebens bei Nachtfluglärm/Persönlichkeit

Korrelationen	LEB	SOZ	LEI	GEH	ERR
M29_d	-.3237 o	-.3405 o	-.2056	-.1633	.0957
M30_d	-.5364**	-.2489	.1102	-.2256	.0759
M31_d	-.4993**	-.2935	-.1190	.0300	.2093
M32_d	-.2947	-.3828*	-.1274	-.0900	.0300
M33_d	-.3317 o	-.4641**	-.1876	-.0781	.0762
M34_d	.1380	-.3176	.2981	-.0035	.0224
M35_d	.0976	-.0266	-.2140	.0213	-.0751
M37_d	.0775	-.0573	.1752	.0665	-.1298
M38_d	.2460	.3154	.0479	-.2877	-.3313 o
MOOD_d	.3294 *	.2210	-.1321	-.1914	-.1147
Korrelationen:	AGGR	BEAN	KÖRP	GES	OFF
M29_d	.3222	.0159	.0457	-.2089	.2951
M30_d	.3271 o	.3166	.1225	-.2676	.2293
M31_d	.0902	.1542	.1000	-.2937	.0834
M32_d	.2128	.0294	.0142	-.2307	.2808
M33_d	.3256 o	-.0785	.0032	-.1587	.1951
M34_d	.1629	-.0158	.0834	.0610	.1511
M35_d	-.3306 o	.1704	.2820	.3608 o	-.2099
M37_d	.1074	-.0042	.0347	.0550	.2476
M38_d	-.2506	-.0103	-.1089	.1472	-.3342
MOOD_d	-.1424	-.3412 o	-.1679	-.0515	-.1300

Anzahl: 27 o = S > 90%; * = S > 95%; ** = S > 99%

LEB	Lebenszufriedenheit	AGGR	Aggressivität
SOZ	Soziale Orientierung	BEAN	Beanspruchung
LEI	Leistungsorientierung	KÖRP	Körperliche Beschwerden
GEH	Gehemmtheit	GES	Gesundheitssorgen
ERR	Erregbarkeit	OFF	Offenheit
M29	habe gut geschlafen	M34	habe geträumt
M30	bin ausgeruht	M35	gut eingeschlafen
M31	ruhig geschlafen	M37	Einschlaflatenz
M32	tief geschlafen	M38	erinnerbares Erwachen
M33	fest geschlafen	Mood	morgendliches Befinden

Die Änderungen der Angaben zum "guten Einschlafen" werden von den Persönlichkeitsskalen "Aggressivität" und "Gesundheitssorgen" determiniert. Kontrollierte, zurückhaltende Personen mit sehr gesundheitsbewußtem und gesundheitsbesorgtem Verhalten weisen bei Nachtfluglärm eine stärkere Änderung in den Angaben zum "guten Einschlafen" auf (M35_d).

Die Änderung des "erinnerbaren Erwachens" unter Nachtfluglärm wird von den Persönlichkeitsskalen "Erregbarkeit" und "Offenheit" determiniert. Erregbare, unbekommene Personen mit konventionellen Umgangsformen geben bei Nachtfluglärm ein häufigeres Erwachen an (M38_d).

Die Änderung der "morgendlichen Befindlichkeit" wird von den Persönlichkeitsskalen "Lebenszufriedenheit" und "Beanspruchung" determiniert. Lebenszufriedene, beanspruchte Personen weisen bei Nachtfluglärm eine stärkere Einbuße der Befindlichkeit auf (Mood_d).

Sind mehrere signifikante bivariate Determinationen vorhanden, so ist die Gesamtdetermination durch das Persönlichkeitsprofil von Interesse. Die Gesamtdeterminationen wurden über multiple Regressionen (Methode = stepwise) errechnet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6.22 zusammengefaßt. Es sind die multiplen Determinationen [R^2], die Signifikanzniveaus [Sig.] und die an der Gesamtdetermination beteiligten Persönlichkeitsskalen verzeichnet. Das (+) kennzeichnet einen positiven, das (-) einen negativen direkten partiellen Zusammenhang.

Tab. 6.19: Multiple Determination:
Änderung des Schlaferlebens bei Nachtfluglärm/Persönlichkeit

	R ²	Sig.	SOZ	LEB	LEI	GES	OFF	Label
M29	0,25	*	(-)			(-)		gut geschlafen
M30	0,42	**		(-)	(+)			bin ausgeruht
M33	0,33	**	(-)			(-)		fest geschlafen
M38	0,11	o					(-)	Erwachen
MOOD	0,14	*		(+)				Befindlichkeit

Die lärmbedingte Änderung der "subjektiven Schlafqualität" wird durch die Persönlichkeitsprofile deutlich beeinflußt. Die Gesamtdetermination liegt in der Größenordnung von 20% bis 40%. Robuste Personen, die sich nicht schonen und die Eigenverantwortung für die eigenen Lebensbedingungen betonen, weisen bei Nachtfluglärm eine größere Änderung der subjektiven Schlafqualität auf (M29_d; M33_d). Unzufriedene, bedrückte, leistungsorientierte Personen weisen bei Nachtfluglärm eine stärkere Änderung in der Angabe "bin ausgeruht" auf (M30_d).

Die lärmbedingte Änderung des "erinnerbaren Erwachens" wird (schwach signifikant) durch das Persönlichkeitsprofil "Offenheit" determiniert (RED = 11%). Personen mit konventionellen Umgangsformen geben bei Nachtfluglärm ein häufigeres Erwachen an (M38_d).

Die lärmbedingte Änderung der "morgendlichen Befindlichkeit" wird durch die Persönlichkeitsskala "Lebenszufriedenheit" determiniert (RED = 14%). Lebenszufriedene Personen weisen bei Nachtfluglärm eine stärkere Einbuße der morgendlichen Befindlichkeit auf.

Zusammenfassung

Die habituierten Angaben zum Schlaferleben weisen relevante signifikante Korrelationen mit den Persönlichkeitsprofilen auf.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem habituierten Schlaferleben und der Persönlichkeit"

kann beibehalten werden.

Das habituierte Schlaferleben wird hauptsächlich von 3 Persönlichkeitsskalen determiniert. Es sind dies die "Aggressivität", die "Gesundheitssorgen" und die "Soziale Orientierung".

Die lärmbedingten Änderungen im Schlaferleben weisen ebenfalls relevante signifikante Korrelationen mit den Persönlichkeitsprofilen auf.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen der individuellen Änderung des Schlaferlebens unter Nachtfluglärm und der Persönlichkeit"

kann beibehalten werden.

Die Änderung des Schlaferlebens unter Nachtfluglärm wird hauptsächlich durch die Persönlichkeitsskalen "Lebenszufriedenheit", "Soziale Orientierung" und "Beanspruchung" moderiert.

6.2.2 Ergebnisse der Harnanalyse

Die Harnsammlung fand jeweils in acht Versuchsnächten statt. In den ersten vier Versuchsnächten schließen die Teilnehmer unter ihren normalen Bedingungen. In den Versuchsnächten 5 bis 8 wurde nächtlicher Fluglärm mit unterschiedlichem Flugaufkommen bzw. Überflugpegeln simuliert (vgl. Kapitel 3, 4 und 5).

Mit der Harnsammlung wurde die gesamte Ausscheidungsmenge jedes Versuchsteilnehmers erfaßt. Sie wird als Sammelurin bezeichnet. Der Sammelurin wurde jeden Morgen von den Versuchsassistenten eingesammelt und bis zur Analyse im Bundesgesundheitsamt eingefroren.

Der Zeitraum der Harnsammlung war im Rahmen der Feldstudie nicht sicher zu bestimmen. Zur Auswertung kamen daher die auf Kreatinin bezogenen Ausscheidungsmengen.

6.2.2.1 Deskriptive Daten

Die erhobenen Variablen sind mit ihrem "Label" bzw. ihren minimalen und maximalen Ausprägungen in der folgenden Tabelle 6.20 aufgelistet.

Tab. 6.20: Harnanalyse: Erhobene Variablen

Variable	N	Minimum	Maximum	Label
Vol	221	5.00	960.00	Harnvolumen [ml]
CR	199	.03	17.11	Kreatinin [g]
ADC	220	.01	6.84	Adrenalin/Kreatinin [$\mu\text{g}/\text{g}$]
NOC	221	8.17	115.16	Nordrenalin/Kreatinin [$\mu\text{g}/\text{g}$]
MGC	220	1.04	21.15	Magnesium/Kreatinin [m mol/g]
DOC	221	31.93	501.74	Dopamin/Kreatinin [$\mu\text{g}/\text{g}$]
COC	199	35.43	773.29	Cortisol/Kreatinin [nmol/g]

Bei dem gewählten Versuchsaufbau müßte sich ein Einfluß des Treatments "Nachtfluglärm" im Vergleich der (auf Kreatinin bezogenen) renalen Ausscheidungsmengen für die beiden Versuchswochen zeigen. Um den zeitlichen Verlauf der Ausscheidungsmengen zu dokumentieren, sind die Daten der Harnanalysen (Mittelwerte und Standardabweichungen) für jede Versuchsnacht einzeln in der Tabelle 6.25 verzeichnet.

Werden die korrelativen Beziehungen der erhobenen Variablen beachtet (Hauptkomponentenanalyse; Varimaxrotation), so lassen sich die Ausscheidungsmengen auf vier Dimensionen" reduzieren.

Adrenalin, Noradrenalin und Dopamin werden im wesentlichen durch die erste Dimension, das Harnvolumen und Kreatinin durch die zweite Dimension determiniert. Die Magnesium- und Cortisolausscheidungen lassen auf eigenständige Reaktionsdimensionen schließen. Diese Zusammenhänge sind deutlich in der Interkorrelationsmatrix zu erkennen.

Tab. 6.21: Harnanalyse: Interkorrelationsmatrix

Korrelationen:	VOL	CR	NOC	ADC	MGC
VOL	1.0000	.4971**	.0588	.1063	.0826
CR	.4971**	1.0000	.0091	.1143	-.1197
NOC	.0588	.0091	1.0000	.4819**	.1248
ADC	.1063	.1143	.4819**	1.0000	-.0267
MGC	.0826	-.1197	.1248	-.0267	1.0000
DOC	.0876	-.1066	.4612**	.5085**	.2907*
COC	-.1451	-.1475	.1468	.1708*	-.0127

Korrelationen:	DOC	COC
VOL	.0876	-.1451
CR	-.1066	-.1475
NOC	.4612**	.1468
ADC	.5085**	.1708*
MGC	-.2907**	-.0127
DOC	1.0000	.0816
COC	.0816	1.0000

Anzahl: 197 1-tailed Signif: * - .01 ** - .001

Die nächtlichen Harmengen sowie der nächtliche Verlauf für Dopamin, Cortisol und Katecholamine sind in der Tabelle 6.22 und in den Abbildungen 6.23 bis 6.27 grafisch aufbereitet. Zusätzlich zu den Mittelwerten jeder Versuchsnacht ist die Standardabweichung angegeben.

Das mittlere Harnvolumen ist im Verlauf der ersten sieben Untersuchsnächte relativ konstant und schwankt zwischen 400 und 500 ml. Nur in der letzten Untersuchungsnacht ist die Ausscheidungsmenge etwas geringer. Auch die Variation der einzelnen Proben um ihren Mittelwert (Standardabweichung) ist in den ersten sieben Nächten relativ homogen. In der letzten Untersuchungsnacht nimmt die Variation der einzelnen Proben deutlich ab. Eine Änderung des Harnvolumens unter Nachtfluglärm (Nacht 5 - 8) ist nicht zu erkennen.

Tab. 6.22: Harmonysen: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Versuchsnächte

Variable	Lärm		0		0		1		1		1		Label
	Nächte	1	2	3	4	5	6	7	8				
ADC	Mean	1,03	1,01	1,08	1,09	1,38	1,36	1,01	1,18	Adrenalin/Kreatinin [$\mu\text{g/g}$]			
	Std. Dev.	0,56	0,64	0,62	1,01	0,95	1,28	0,67	0,74				
NOC	Mean	22,15	20,36	22,97	22,99	23,90	24,99	22,34	22,60	Noradrenalin/Kreatinin [$\mu\text{g/g}$]			
	Std. Dev.	9,16	8,00	8,28	11,55	8,71	19,09	7,65	8,97				
COC	Mean	177,29	209,01	178,37	198,70	213,24	212,88	283,32	238,66	Cortisol/Kreatinin [nmol/g]			
	Std. Dev.	103,27	124,54	98,33	107,93	131,89	116,72	206,23	147,20				
VOL	Mean	421,64	436,75	476,93	467,68	472,59	437,64	469,61	374,56	Hamvolumen [ml]			
	Std. Dev.	240,44	208,66	241,48	229,37	229,41	195,86	219,10	159,50				
MGC	Mean	2,98	3,09	3,23	3,61	3,04	3,86	3,21	3,19	Magnesium/Kreatinin [$\mu\text{mol/g}$]			
	Std. Dev.	1,04	1,00	1,23	0,97	1,03	3,50	0,81	0,64				
DOC	Mean	188,04	187,13	199,34	209,32	208,72	194,52	188,62	190,36	Dopamin/Kreatinin [$\mu\text{g/g}$]			
	Std. Dev.	54,36	59,15	58,05	61,17	86,74	62,91	54,69	56,38				

Abb. 6.23: mittleres Harnvolumen (Zeitverlauf)

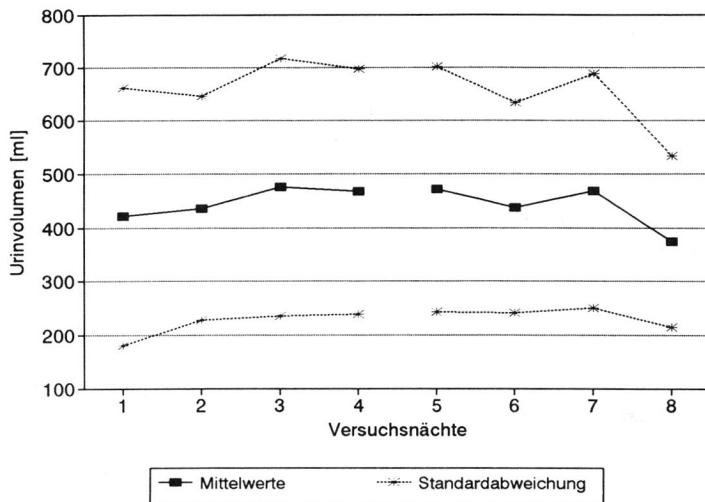
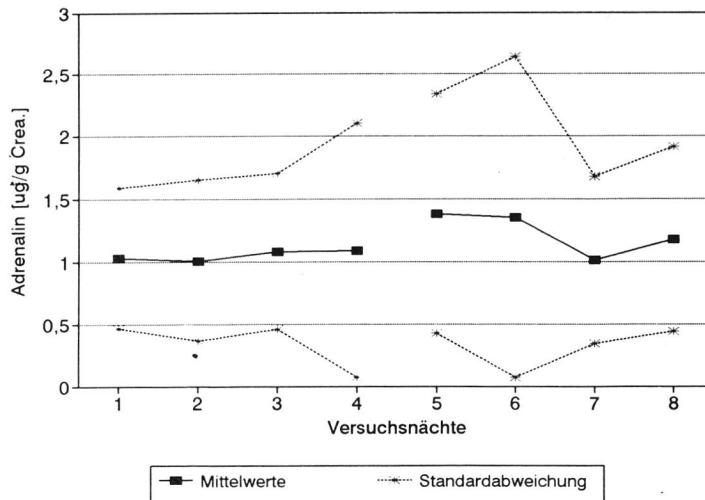


Abb. 6.24: Mittlere Adrenalinausscheidung (Zeitverlauf)



Die mittlere Adrenalinausscheidung nimmt in den ersten beiden Nächten mit Nachtfluglärm (Nacht 5 - 6) deutlich zu (30%). Die Zunahme der mittleren Ausscheidungsmengen ist mit einer wesentlich größeren Standardabweichung

verbunden. Die Zunahme wird demzufolge nur von einem Teil der Versuchspersonen getragen.

In der dritten Lärmnacht (Nacht 7) geht die mittlere Adrenalinausscheidung und ihre Streuung auf Werte wie in den Nächten ohne Nachtfluglärm (Nächte 1 - 4) zurück. Die mittlere Adrenalinausscheidung nimmt in der 4. Lärmnacht wieder moderat zu (10%). Die Streuung bleibt hier annähernd konstant. Die moderate Zunahme der mittleren Ausscheidungsmenge wird von dem gesamten Untersuchungskollektiv getragen.

In den Nächten mit Nachtfluglärm ist insgesamt eine erhöhte mittlere Adrenalinausscheidung zu beobachten.

Die mittlere Noradrenalinausscheidung nimmt ebenfalls in den ersten beiden Nächten mit Nachfluglärm (Nacht 5 und 6) geringfügig zu (10%). Die mittlere Zunahme ist wie bei der Adrenalinausscheidung mit einer deutlich größeren Standardabweichung verbunden. Sie wird nur von einem kleinen Teil der Versuchspersonen getragen. In der 3. und 4. Lärmnacht (Nacht 7 und 8) ist die mittlere Noradrenalinausscheidung und die Streuung in der gleichen Größenordnung wie in den Nächten ohne Nachtfluglärm.

Eine deutliche Zunahme der mittleren Noradrenalinausscheidung unter Nachtfluglärm ist nicht zu verzeichnen.

Abb. 6.25: Mittlere Noradrenalinausscheidung (Zeitverlauf)

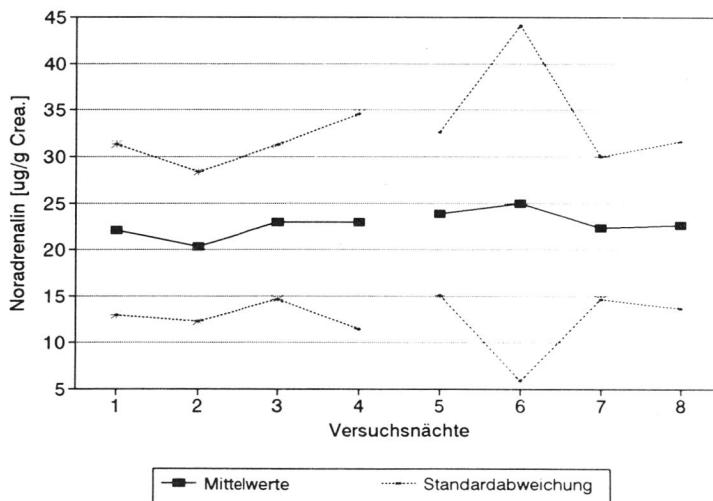
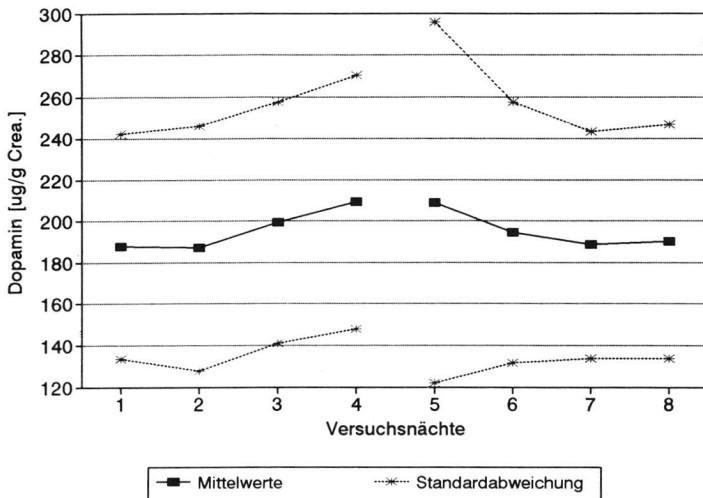


Abb. 6.26: Mittlere Dopaminausscheidung (Zeitverlauf)



Die mittlere Dopaminausscheidung nimmt in den Nächten ohne Fluglärm (Nächte 1 bis 4) mit der Versuchsdauer zu. Die Streuungen bleiben annähernd konstant. Die kontinuierliche Erhöhung wird von dem gesamten Untersuchungskollektiv getragen. Unter Nachtfluglärm (Nacht 5 - 8) nimmt die mittlere Dopamin-ausscheidung wieder kontinuierlich ab und erreicht nach vier Lärmnächten die Größe der Ausgangssituation. Die Streuung ist nur in der ersten Lärmnacht deutlich größer.

Unter Nachtfluglärm ist insgesamt keine Änderung der mittleren Dopamin-Ausscheidungsmengen zu beobachten. Ein deutlicher Unterschied ist aber im nächtlichen Verlauf zu erkennen.

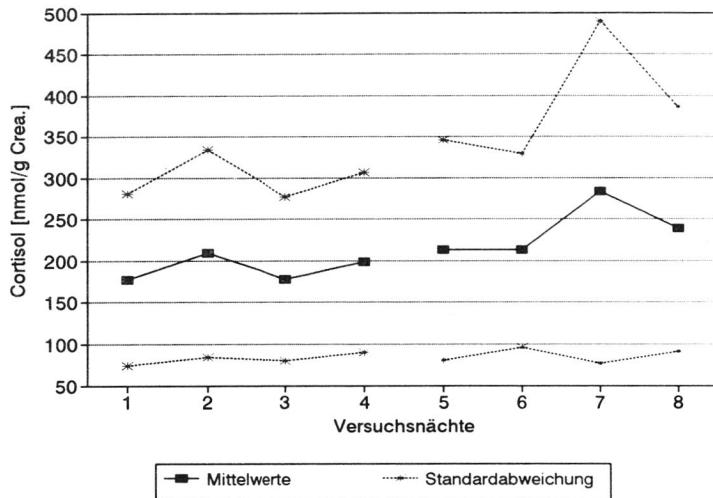
Die mittlere Cortisolausscheidung ist in allen Nächten mit Nachtfluglärm (Nächte 5 bis 8) höher als in den Nächten ohne Fluglärm (Nächte 1 bis 4). Eine deutliche Erhöhung von über 40% (gegenüber den Nächten ohne Nachtfluglärm) ist in der 7. Versuchsnacht zu verzeichnen. Die Zunahme der mittleren Cortisolausscheidung ist hier mit einer wesentlich größeren Streuung verbunden. Sie wird demzufolge nur durch einen kleinen Teil der Versuchspersonen getragen.

Auch am 8. Versuchstag ist die mittlere Cortisolausscheidung deutlich erhöht (+20%). Die Standardabweichung ist hier wesentlich geringer als in der 7.

Nacht. Die erhöhte mittlere Ausscheidung der 8. Nacht wird von einem Großteil der Versuchspersonen getragen.

Die mittlere Cortisolausscheidung nimmt unter Nachtfluglärm zeitverzögert zu.

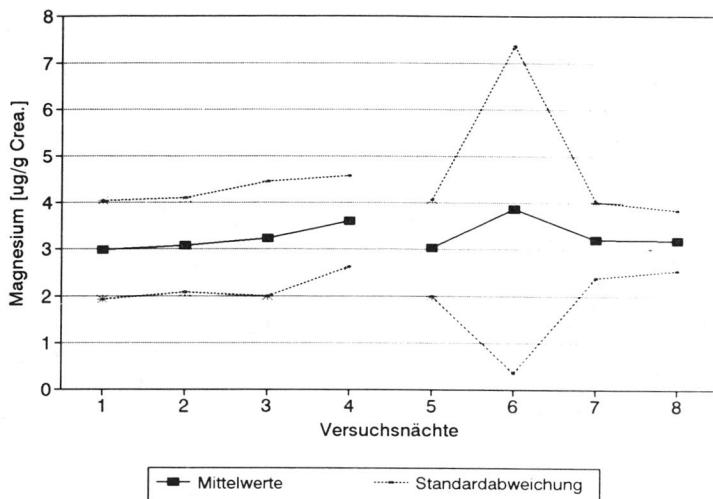
Abb. 6.27: Mittlere Cortisolausscheidung (Zeitverlauf)



Ein Vergleich mit der mittleren Adrenalinausscheidung zeigt, daß die größte Cortisolausscheidung (7. Nacht) mit einer verminderten mittleren Adrenalin-ausscheidung zusammenfällt. In der 8. Versuchsnacht ist sowohl die Adrenalin-ausscheidung als auch die Cortisolausscheidung erhöht.

Es wird deutlich, daß die Reaktion auf den Nachtfluglärm von der Dauer der Beschallung abhängt. Bei nachfolgenden Untersuchungen sollte eine wesentlich längere Beobachtungsdauer eingeplant werden.

Abb. 6.28: Mittlere Magnesiumausscheidung (Zeitverlauf)



Die mittlere Magnesiumausscheidung nimmt in den Versuchsnächten ohne Nachtfluglärm leicht zu. Die Streuungen bleiben annähernd konstant. Bei den Nächten mit Nachtfluglärm ist nur die zweite Lärmnacht (Nacht 6) auffällig. Hier ist eine erhöhte mittlere Magnesiumausscheidung (+ 20%) zu beobachten, die mit einer wesentlich größeren Standardabweichung verbunden ist. Die mittlere Erhöhung der Magnesiumausscheidung wird nur von einem kleinen Teil der Versuchspersonen getragen.

Insgesamt ist keine Erhöhung der mittleren Magnesiumausscheidung zu beobachten.

Die auffällige Reaktion in der zweiten Lärmnacht ist ebenfalls bei der Noradrenalinausscheidung zu beobachten!

6.2.2.2 Inferenzstatistische Daten

Die deskriptiven Daten zeigen, daß die einzelnen Ausscheidungsmengen zwischen den Versuchspersonen und zwischen den Versuchsnächten beträchtlich schwanken. Es ist Aufgabe der Inferenzstatistik zu entscheiden, ob Mittelwertunterschiede, die unter dem Einfluß eines Treatment zu beobachten sind, im Vergleich zu der ohnehin existierenden Streuung der Meßwerte als überzufällig, d.h. als signifikant zu betrachten sind.

Ein signifikanter Mittelwertunterschied bestätigt den Einfluß des Treatment. Bei einem nicht signifikanten Mittelwertunterschied ist ein Einfluß des Treatment nicht vorhanden oder aber im Verhältnis zur Meßdatenstreuung zu gering.

Die Mittelwertunterschiede der Ausscheidungsmengen zwischen den beiden Versuchswochen (normale akustische Situation/Nachtfluglärm) wurden in Form einer 3-faktoriellen Varianzanalyse statistisch überprüft. Die drei Faktoren waren die Versuchspersonen, die Versuchssequenz (Wochenrhythmus) und der Nachtfluglärm (vgl. Kapitel 5).

Die beobachteten Mittelwertunterschiede zwischen den Versuchswochen und die inferenzstatistischen Ergebnisse sind in der Tabelle 6.23 zusammengefaßt.

Tab. 6.23: 3-faktorielle Varianzanalyse (Personen/Fluglärm/Versuchssequenz)
(mittlere Harnwerte [ohne Fluglärm/mit Fluglärm])

	Mean	Ruhe	Lärm	L - R	Sig.	in % [R]	
VOL	444,69	450,51	438,87	-11,64		-2,58 %	[ml]
CR	4,65	4,69	4,61	-0,08		-1,60 %	[g]
ADC	1,14	1,05	1,23	0,18	**	17,06 %	[µg/g Kreat.]
NOC	22,79	22,11	23,46	1,35		6,13 %	[µg/g Kreat.]
MGC	3,28	3,23	3,33	0,10		3,12 %	[mmol/g Kreat.]
DOC	195,70	195,93	195,48	-0,45		-0,23 %	[µg/g Kreat.]
COC	214,30	196,12	232,48	36,36	**	18,54 %	[nmol/g Kreat.]

Ruhe = Mittelwert unter normaler akustischer Bedingung

Lärm = Mittelwert unter Nachtfluglärm

L-R = Mittelwertdifferenzen (Lärm - Ruhe)

Signiv = Signifikanzniveaus (** = S > 99%; * = S > 95%)

in % [R] = relative Mittelwertdifferenz bezogen auf Ruhe

Die (auf Kreatinin bezogenen) Mittelwertunterschiede der Adrenalinausscheidung und der Cortisolausscheidung, zwischen den normalen akustischen Bedingungen und den Nächten mit Nachtfluglärm, sind statistisch bedeutsam. Die beiden Mittelwertdifferenzen sind mit einer geringen Irrtumswahrscheinlichkeit (S > 99%) auf den nächtlichen Fluglärm zurückzuführen.

Die signifikanten Ergebnisse sind in den Abbildungen 6.29 und 6.30 grafisch aufbereitet.

Abb. 6.29: Adrenalinausscheidung (Mittelwerte [ohne Fluglärm/mit Fluglärm])

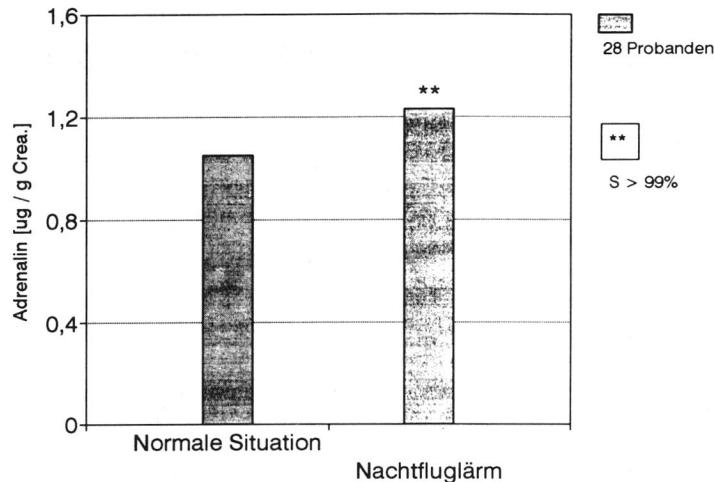
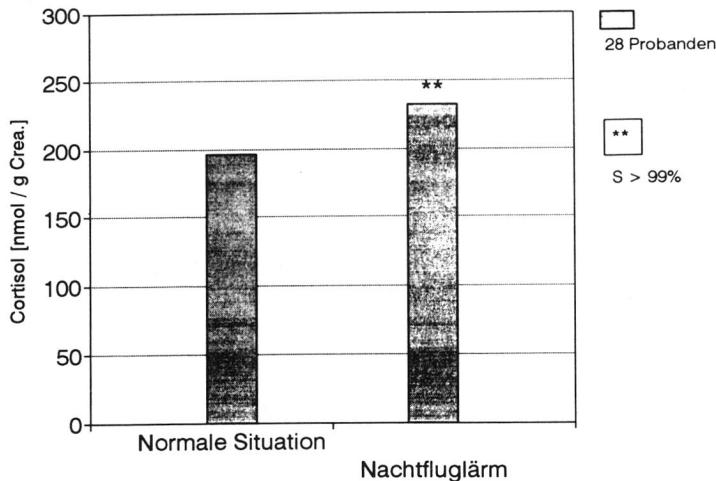


Abb. 6.30: Cortisolausscheidung (Mittelwerte [ohne Fluglärm/mit Fluglärm])



Der simulierte Nachtfluglärm führt zu einer erhöhten Ausscheidung von Adrenalin und Cortisol (bezogen auf Kreatinin). Es ist für Adrenalin eine relative Zunahme von 17% (gegenüber der mittleren Ausscheidungsmenge unter normalen akustischen Bedingungen) zu verzeichnen. Für Cortisol ist eine relative Zunahme der Ausscheidung von 19% zu beobachten.

Die Arbeitshypothese (vgl. Kapitel 2) wird bestätigt:

Nächtlicher Fluglärm führt auch in häuslicher Umgebung zu einer erhöhten Adrenalin- und Cortisolausscheidung.

Der nächtliche Fluglärm ist auch nach den vorliegenden Untersuchungsdaten als Stressor zu bezeichnen, da er einerseits die "Hypothalamus - Hypophysen - Nebennierenrinden - Achse", andererseits auch die "Hypothalamus - Nebennierenmark - Achse" zu aktivieren vermag (vgl. Kap. 1).

Überflugpegel und Überflughäufigkeit

In der zweiten Versuchwoche schließen die Versuchspersonen bei unterschiedlichen Geräuschsituationen. Die nächtliche Beschallung bestand aus 16 oder 64 Überflügen, die mit einem Überflugpegel von 55 oder 65 dB(A) eingespielt wurden. Die beobachteten Mittelwertunterschiede in den Ausscheidungsmengen zwischen den beiden Überflugpegeln und den beiden Flughäufigkeiten wurden in Form einer 3-faktoriellen Kovarianzanalyse statistisch überprüft (vgl. Abschnitt 5.2 f.). Als Kovariablen gingen die Versuchsnächte ein.

Die Ergebnisse der Kovarianzanalysen sind in der Tabelle 6.24 zusammengefaßt. Eingetragen sind einerseits die mittleren Ausscheidungsmengen (normiert auf die 4. Lärmnacht*), die für die beiden Überflugpegel bzw. für die beiden Flughäufigkeiten errechnet wurden., andererseits die Mittelwertdifferenzen zwischen den jeweiligen Ausprägungen mit ihren Signifikanzniveaus und der relativen Änderung (bezogen auf die geringe Belastung).

Die Mittelwertunterschiede der errechneten Ausscheidungsmengen zwischen den beiden Überflugpegeln [55, 65 dB(A)] und den beiden Flughäufigkeiten (16, 64 Flüge) sind statistisch nicht bedeutsam.

Bei der Cortisolausscheidung wird ein signifikantes Ergebnis knapp verfehlt ($90\% < S < 95\%$). Es ist davon auszugehen, daß die Trennschärfe des Tests nicht ausreichte, die unerwartet kleinen Mittelwertdifferenzen abzusichern.

*) Ist für die Kovariablen ein signifikanter Einfluß zu beobachten, sind die Meßdaten auch von den Versuchsnächten abhängig. In diesem Fall wurden die gemessenen Daten auf den Wert umgerechnet, der zu erwarten gewesen wäre, wenn die Datenerhebung in der Nacht vom Donnerstag auf Freitag (4. Lärmnacht) stattgefunden hätte. Diese Werte werden mit dem Zusatz "normiert auf die 4. Lärmnacht" gekennzeichnet.

Die Arbeitshypothese "Die Höhe der Hormonausscheidung hängt von der Anzahl der Überflüge bzw. vom Überflugpegel ab" kann nicht bestätigt werden.

6.2.2.3 Harnanalysen und Persönlichkeit

Die nächtlichen renalen Ausscheidungsmengen an Nebennierenhormonen weisen unabhängig von der jeweiligen akustischen Situation große Unterschiede auf (vgl. Abb.: 6.24- 6.28 - *Zeitverläufe* -).

Die gesamten beobachteten Streuungen setzen sich einerseits aus der Unterschiedlichkeit zwischen den Versuchspersonen (interindividuell) und andererseits aus der Unterschiedlichkeit zwischen den wiederholten Messungen (intra-individuell) zusammen. Die Unterschiedlichkeit zwischen den Versuchspersonen wird durch die Personenmittelwerte gekennzeichnet. Der Personenmittelwert kann als habituierte Reaktionen des Versuchsteilnehmers interpretiert werden.

Ausgewählte Häufigkeitsverteilungen der auf Kreatinin bezogenen habituierten Ausscheidungsmengen sind in den Histogrammen (Abb.: 6.31 bis 6.34) grafisch aufbereitet. Angegeben ist jeweils die absolute Häufigkeit und die entsprechende Klassenrakte .

Habituiertes Harnvolumen

Die beobachtete Variation der habituierten Harnvolumina ist in der Abbildung 6.31 grafisch aufbereitet.

Tab. 6.24: 3-faktorielle Kovarianzanalyse (Personen/Pegel/Anzahl der Flüge) mit Versuchsnächten
mitteile Hamwerte (Überflugpegel/Anzahl der Flüge)

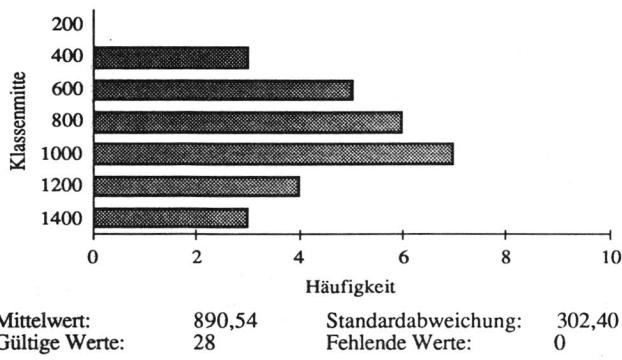
	P65-P55	Sig. in % [55]	A64-A16	Sig. in % [16]	P65/4	P55/4	A64/4	A16/4	Label
VOL	59,92	**	15,56	7,86	1,91	444,97	385,06	418,94	411,94 [ml]
ADC	0,07		5,92	0,04	3,03	1,21	1,15	1,20	1,16 [µg/g Kreat.]
NOC	-0,39	*	-1,69	-1,89	-7,96	22,59	22,97	21,73	23,73 [µg/g Kreat.]
MGC	0,17	*	5,94	0,01	0,31	3,03	2,86	2,95	2,94 [m mol/g Kreat.]
DOC	-6,31		-3,41	1,60	0,88	178,84	185,15	182,79	181,20 [µg/g Kreat.]
COC	29,33		13,49	16,28	7,27	246,78	217,45	240,26	223,98 [n mol/g Kreat.]

P65-55 = Mitteldifferenz bei Änderung des Überflugpegels
 Sig. = Signifikanzniveau (** = S > 99%; * = S > 95%)
 in % [55] = relative Mitteldifferenz
 bezogen auf die kleinere Belastung
 A64-A16 = Mitteldifferenz bei Änderung der Flughäufigkeit

P65/4 = Mittelwert bei einem Überflugpegel von 65 dB(A)
 P55/4 = Mittelwert bei einem Überflugpegel von 55 dB(A)
 A64/4 = Mittelwert bei 64 Flugereignissen +)
 A16/4 = Mittelwert bei 16 Flugereignissen +)
 Mean/4 = Mittelwert +)

+) = normiert auf die 4. Versuchsnacht

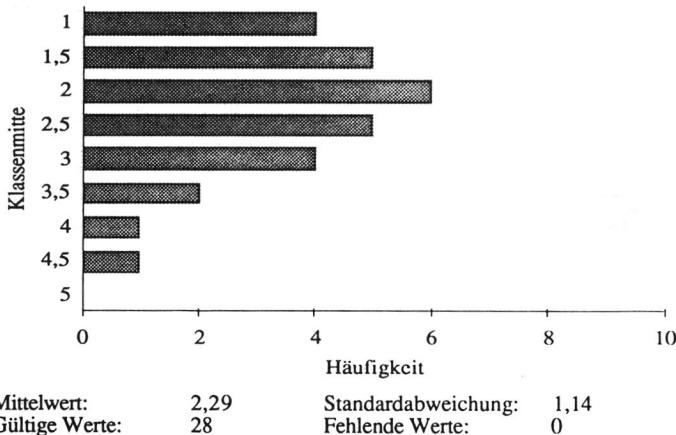
Abb. 6.31: Harnvolumen [ml] (habituierte Werte)



Habituierte Adrenalinausscheidung

Die beobachtete Variation der habituierten Adrenalinausscheidung ist in der Abbildung 6.32 grafisch aufbereitet.

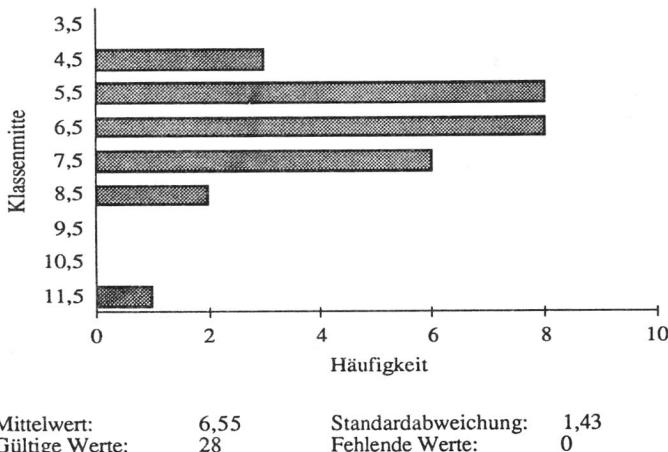
Abb. 6.32: Adrenalin [$\mu\text{g}/\text{g}$] (habituierte Werte)



Habituierte Magnesiumausscheidung

Die beobachtete Variation der habituierten Magnesiumausscheidung ist in der Abbildung 6.33 grafisch aufbereitet.

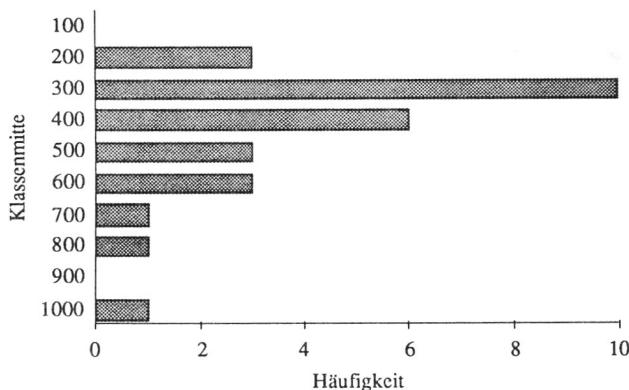
Abb. 6.33: Magnesiumausscheidung [mmol/g] (habituierte Werte)



Habituierte Cortisolausscheidung

Die beobachtete Variation der habituierten Cortisolausscheidung ist in der Abbildung 6.34 grafisch aufbereitet.

Abb. 6.34: Cortisolausscheidung [nmol/g] (habituierte Werte)



Mittelwert: 6,55 Standardabweichung: 1,43
Gültige Werte: 28 Fehlende Werte: 0

Habituerte Ausscheidungsmengen und Persönlichkeitsprofil

Die interindividuellen Unterschiede der habituierten Ausscheidungsmengen sind bei der gewählten Versuchsanordnung unabhängig von dem Treatment Nachtfluglärm.

Geht man davon aus, - wie es in der Angstforschung generell getan wird - daß ängstliche Personen auf störende Reize physiologisch und psychologisch intensiver reagieren, so liegt es nahe, die beobachtete Streuung der habituierten Reaktionen auf die unterschiedlichen Ausprägungen der Persönlichkeit zurückzuführen.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen den habituierten Harnwerten und der Persönlichkeit"

wurde in Form von Korrelationsanalysen überprüft.

Bei Gültigkeit dieser These sind signifikante Zusammenhänge zwischen den habituierten Harnwerten und den erhobenen Persönlichkeitsskalen zu erwarten (vgl.Abs.:6.1.1).

Die Zusammenhangsanalysen enthalten jeweils zwei Schritte. Im ersten Schritt werden die bivariaten Korrelationen mit den einzelnen Skalen der Persönlichkeitsprofile berechnet. Im zweiten Schritt werden die bivariaten Korrelationen durch multiple Korrelationen für die humoralen Reaktionen ergänzt.

Die Korrelationskoeffizienten zwischen den Skalen des Persönlichkeitsprofils und den habituierten Werten im Sammelharn sind in der Interkorrelationsmatrix (Tabelle: 6.25) verzeichnet.

Tab. 6.25: Habituierte Harnwerte und Persönlichkeitsskalen

Korrelationen:	LEB	SOZ	LEI	GEH	ERR
VOL_h	.1050	.1001	.0918	-.0343	.0013
ADC_h	-.2380	-.0541	.2580	-.2472	.1215
NOC_h	-.2259	.0843	.0388	-.0440	.1053
MGC_h	.1057	.0086	.0018	-.1152	.0546
DOC_h	-.1987	-.0283	.2818	-.0675	-.0692
COC_h	-.0910	-.0194	.2079	-.2319	.2959

Korrelationen:	AGGR	BEAN	KÖRP	GES	OFF
VOL_h	-.2567	.0338	-.0429	.1527	-.3080
ADC_h	.2171	.3108	-.0681	-.2481	.1527
NOC_h	.0864	.1048	-.0956	-.2161	-.2645
MGC_h	-.1310	-.0866	-.0219	.3006	-.2261
DOC_h	-.0475	.3447 o	.1246	-.0252	-.0603
COC_h	.7121 **	.0081	.0396	-.2463	.2132

N of cases: 28 2-tailed Signif: **o** = S >90%; * = S > 95%; ** = S > 99%

LEB	= Lebenszufriedenheit	AGGR	= Aggressivität
SOZ	= Soziale Orientierung	BEAN	= Beanspruchung
LEI	= Leistungsorientierung	KÖRP	= Körperliche Beschwerden
GEH	= Gehemmtheit	GES	= Gesundheitssorgen
ERR	= Erregbarkeit	OFF	= Offenheit

Das habituierte Harnvolumen weist ebenso wie die habituierten Adrenalin-, Noradrenalin- und Magnesiumausscheidungen keine signifikanten Korrelationen mit den Persönlichkeitsskalen auf.

Für die habituierte Dopaminausscheidung ist ein "schwach signifikanter" Zusammenhang ($90 < S < 95\%$) mit der Skala "Beanspruchung" zu beobachten.

Stark beanspruchte Personen weisen eine erhöhte habituierte Dopaminausscheidung auf.

Die habituierte Cortisolausscheidung zeigt einen hoch signifikanten Zusammenhang ($S < 99,9\%$) mit der Persönlichkeitsskala "Aggressivität". Die bivariate Determination ist ungewöhnlich hoch und beträgt ungefähr 50%. Personen mit einer aggressiven Durchsetzungsbereitschaft weisen eine erhöhte habituierte Cortisolausscheidung auf.

Änderung der Ausscheidung unter Nachtfluglärm und Persönlichkeit

Ist die Determination durch die Persönlichkeitsmerkmale nicht "direkt", sondern an den nächtlichen Fluglärm gebunden (Moderatorvariable), so ist die individuelle Änderung der Ausscheidung unter Nachtfluglärm determiniert.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen der individuellen Änderung der Harnwerte unter Nachtfluglärm und der Persönlichkeit"
wurde in Form von Korrelationsanalysen überprüft.

Zur Auswertung kam die individuelle Differenz zwischen den Nächten mit Fluglärm und den Nächten ohne Fluglärm.

Die bivariaten Korrelationskoeffizienten zu den Persönlichkeitsskalen sind in der Interkorrelationsmatrix (Tabelle 6.26) verzeichnet.

Tab. 6.26 Änderung der Harnwerte unter Nachtfluglärm und Persönlichkeit

Korrelationen	LEB	SOZ	LEI	GEH	ERR
VOL_d	.0759	.1647	-.2135	-.1749	-.1838
ADC_d	.0146	-.1567	.2349	-.0779	.1773
NOC_d	.0520	-.2223	-.0777	-.1148	.1753
MGC_d	.2897	-.0234	-.0311	-.0634	-.0690
DOC_d	.0639	-.1505	.3254 o	-.0291	.1154
COC_d	.2387	.2333	.2973	-.3419 o	-.1080
Korrelationen:	AGGR	BEAN	KÖRP	GES	OFF
VOL_d	.1289	-.1746	-.2103	.1179	-.1937
ADC_d	.1106	-.0151	.0210	-.0881	.1181
NOC_d	.1146	-.1257	-.2243	.0937	.0302
MGC_d	.0512	-.2569	-.1980	-.0128	-.1266
DOC_d	.1055	.0864	.0030	-.2506	.3242 o
COC_d	.2408	-.1119	-.2334	-.2611	.0088

N of cases: 28 2-tailed Signif: o = S >90%; * = S > 95%; ** = S > 99%

LEB	= Lebenszufriedenheit	AGGR	= Aggressivität
SOZ	= Soziale Orientierung	BEAN	= Beanspruchung
LEI	= Leistungsorientierung	KÖRP	= Körperliche Beschwerden
GEH	= Gehemmtheit	GES	= Gesundheitssorgen
ERR	= Erregbarkeit	OFF	= Offenheit

Die Änderung der Harnwerte unter Nachtfluglärm zeigt für Adrenalin, Noradrenalin und Magnesium keine signifikanten bivariaten Zusammenhänge mit den Persönlichkeitsskalen. Lediglich für die Cortisol- und Dopaminausscheidung lassen sich "schwach signifikante" Zusammenhänge mit den Persönlichkeitsskalen "Leistungsorientierung", "Gehemmtheit" und "Offenheit" beobachten.

Gehemmte, unsichere Personen weisen unter Nachtfluglärm eine größere Änderung der Cortisolausscheidung auf.

Leistungsorientierte, unkonventionelle Personen weisen unter Nachtfluglärm eine größere Änderung der Dopaminausscheidung auf.

Tab. 6.27: Multiple Determination

Änderung der Harnwerte unter Nachtfluglärm und Persönlichkeit

	R ²	Sig.	OFF	LEI	GEH	
DOC	0,21	*	(+)	(+)		Dopamin / Kreatinin

Die lärmbedingte Änderung der Dopaminausscheidung wird moderat durch das Persönlichkeitsprofil determiniert. Die multiple Determination liegt in der Größenordnung von 25%. Unkonventionelle leistungsorientierte Personen weisen eine erhöhte lärmbedingte Änderung der Dopaminausscheidung auf.

Zusammenfassung

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen den habituierten renalen Ausscheidungsmengen von Hormonen und der Persönlichkeit"
kann für die Cortisolausscheidung beibehalten werden.

Die habituierte Cortisolausscheidung weist einen signifikanten Zusammenhang mit der Persönlichkeitsskala "Aggressivität" auf.

Die habituierten Ausscheidungen von Adrenalin, Noradrenalin, Dopamin und Magnesium zeigen keine signifikanten Zusammenhänge mit den Persönlichkeitsskalen.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen der individuellen Änderung der Harnwerte unter Nachtfluglärm und der Persönlichkeit"
kann für die Dopaminausscheidung beibehalten werden.

Die lärmbedingte Änderung der Dopaminausscheidung weist einen relevanten signifikanten Zusammenhang mit den Persönlichkeitsskalen "Leistungsorientierung" und "Offenheit" auf.

Die lärmbedingten Änderungen der Adrenalin-, Noradrenalin-, Dopamin-, Magnesium- und Cortisolausscheidung zeigen keine signifikanten Zusammenhänge mit den Persönlichkeitsskalen.

6.2.2.4 Harnanalyse und Schlaferleben

Nächtlicher Lärm kann den Körper zu einer "vegetativen Umschaltung" veranlassen, bei der unter anderem die Ausschüttung von Katecholaminen und Cortisol erhöht ist. Die Hormone wirken auf spezifische Erfolgsorgane (z. B. Herz-Kreislaufsystem) oder Stoffwechselprozesse (z. B. Fettstoffwechsel) ein und werden größtenteils mit dem Harn ausgeschieden. Gleichzeitig kann über das aufsteigende retikuläre Aktivierungssystem auch der Schlafverlauf beeinflußt werden.

Auf dieser Grundlage ist ein statistischer Zusammenhang zwischen dem Schlaferleben und den Harnwerten zu prüfen.

Die Arbeitshypothese

"Ein verändertes Schlaferleben ist mit veränderten Harnwerten verbunden" wurde sowohl für die habituierten Ausprägungen (Personenmittelwerte), wie für die "Momentanreaktionen" (ipsative Daten) in Form von Zusammenhangsanalysen überprüft.

Habituierte Ausprägungen

Die interindividuellen Ausprägungen der Harnwerte und des Schlaferlebens (habituierte Reaktion) sind bei der gewählten Versuchsanordnung unabhängig vom Treatment Nachtfluglärm und wurden in den Unterschiedsanalysen nicht beachtet.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem habituierten Schlaferleben und den habituierten Harnwerten"
wurde durch Zusammenhangsanalysen überprüft.

Im ersten Schritt wurden bivariate Korrelationen zwischen den habituierten Harnwerten und dem habituierten Schlaferleben berechnet. Sie sind der Interkorrelationsmatrix (Tabelle 6.28) zu entnehmen.

Im zweiten Schritt wurden die bivariaten Korrelationen durch multiple Korrelationen für die humoralen Reaktionen ergänzt. Zusätzlich wurde eine "Dimensionsanalyse" durchgeführt (Hauptkomponentenmethode; Varimax-rotation), deren Ergebnis eine Zusammenfassung der beobachteten Korrelationen darstellt.

Die bivariaten Korrelationskoeffizienten sind der Interkorrelationsmatrix (Tab. 6.28) zu entnehmen.

Tab. 6.28: Habituierte Harnwerte und habituiertes Schlaferleben

Korrelationen:	M29_h	M30_h	M31_h	M32_h	M33_h
VOL_h	.0290	.0562	-.0089	-.1762	.0002
ADC_h	.1279	.0251	.0825	.1325	.0876
NOC_h	.1888	-.0919	-.2857*	.1290	.2756*
MGC_h	-.1904	-.2802*	-.2747*	-.4585**	-.4388**
DOC_h	.0111	-.1681	.1256	.0857	.1571
COC_h	.4398**	.2409	.3990**	.3360*	.3348*

Korrelationen:	M34_h	M35_h	M37_h	M38_h	MOOD_h
VOL_h	-.0073	.1486	-.0185	.0919	-.0227
ADC_h	.0963	.0482	-.1124	-.0883	-.0742
NOC_h	.0959	.1894	-.0661	-.2798*	.0583
MGC_h	.0519	-.0893	.0398	.0610	.2371
DOC_h	.0477	.0384	-.0848	-.1206	.2421
COC_h	-.3106*	.0055	-.1151	-.3246*	-.2098

N of cases: 161 2-tailed Signif: o = S >90%; * = S > 95%; ** = S > 99%

Mood = morgendliches Befinden
M29 = habe gut geschlafen
M30 = bin ausgeruht
M31 = ruhig geschlafen
M32 = tief geschlafen
M33 = fest geschlafen
M34 = habe geträumt
M35 = gut eingeschlafen
M38 = erinnerbares Erwachen

VOL = Harnvolumen
NOC = Noradrenalin/Kreatinin
ADC = Adrenalin/Kreatinin
MGC = Magnesium / Kreatinin
DOC = Dopamin / Kreatinin
COC = Cortisol / Kreatinin

Für die habituierten Noradrenalin-, Magnesium- und Cortisolauscheidungen sind signifikante bivariate Korrelationen mit einzelnen Variablen des Schlaferlebens zu beobachten. Die bivariaten Determinationen sind insgesamt moderat und liegen in der Größenordnung von 5-20%.

Die habituierte Ausscheidungsmenge von Noradrenalin ist für Personen erhöht, die ihren Schlaf unruhig (M31_h) und trotzdem fest (M33_h) erleben bzw. sich selten an nächtliches Erwachen erinnern (M38_h).

Die habituierte Ausscheidungsmenge von Magnesium ist für Personen deutlich vermindert, die ihren Schlaf ruhig (M31_h), tief (M32_h) und fest (M33_h) erleben bzw. sich am Morgen ausgeruht fühlen (M30_h).

Die habituierte Ausscheidungsmenge von Cortisol ist für Personen erhöht, die ihren Schlaf als gut (M29_h) und ruhig (M31_h) erleben bzw. sich selten an nächtliche Träume (M34_h) und nächtliches Erwachen (M38_h) erinnern.

Sind mehrere signifikante bivariate Determinationen vorhanden, so sind zusätzlich die Gesamtdetermination der habituierten Harnwerte durch das habituierte Schlaferleben und die direkten partiellen Zusammenhänge von Interesse.

Die Gesamtdeterminationen wurden über multiple Regressionen (Methode = stepwise) errechnet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6.29 zusammengefaßt. Es sind die multiplen Determinationen [R^2], das Signifikanzniveau [Sig.] und die an der Gesamtdetermination beteiligten Variablen verzeichnet. Das (+) kennzeichnet einen positiven, das (-) einen negativen direkten partiellen Zusammenhang.

Tab. 6.29: Multiple Determination:
Habituierte Harnwerte und habituiertes Schlaferleben

Variable	R^2	Sig.	M29	M30	M31	M32	M34	M35
NOC_h	0,38	**		(-)	(-)	(-)	(+)	(+)
MGC_h	0,21	**				(-)		
COC_h	0,19	**	(+)					

Die multiplen Determinationen [R^2] zwischen den habituierten Harnmengen und den Variablen der habituierten "subjektiven Schlafqualität" sind unterschiedlich stark und liegen in der Größenordnung von 10% bis 30%.

Die habituierte Noradrenalinausscheidung weist eine deutliche höhere multiple Redundanz (30%) mit dem habituierten Schlaferleben auf als bei den bivariaten Analysen.

Die habituierte Noradrenalinausscheidung ist geringer bei Personen, die ihren Schlaf als generell ruhig (M31_h) und tief (M32_h) erleben bzw. sich durch den Schlaf generell ausgeruht fühlen (M30_h).

Das Ausmaß der Verringerung ist von dem habituierten Einschlaf- und Traumerleben abhängig.

Personen, die generell gut einschlafen (M35_h) und generell lange Traumzeiten angeben (M34_h), weisen etwas höhere Werte auf.

Die habituierte Magnesiumausscheidung ist bei Personen deutlich niedriger, die ihren Schlaf als generell tief erleben (M32_h). Die multiple Redundanz von 21% ist hier identisch mit der größten bivariaten Redundanz.

Die habituierte Cortisolausscheidung ist bei Personen deutlich höher, die ihren Schlaf als generell gut erleben (M29_h).

Unter Beachtung der hohen bivariaten Redundanz (50%) zwischen der habituierten Cortisolausscheidung und der Persönlichkeitsskala "Aggressivität" einerseits (vgl. Abs.: 6.2.2.3) und der bivariaten Redundanz (18%) zwischen dem generellen Antwortverhalten auf die Frage "Haben Sie gut geschlafen?" und der Persönlichkeitsskala "Aggressivität" andererseits (vgl. Abs.: 6.2.1.2.3) kann der beobachtete Zusammenhang auf die Persönlichkeitsskala "Aggressivität" zurückzuführen sein.

Dimensionsanalyse der habituierten Werte

Werden die beobachteten bivariaten Korrelationen systematisch in Form einer Faktorenanalyse (Hauptkomponentenmethode; Varimaxrotation) geordnet, so ergeben sich 6 unabhängige "Reaktionsdimensionen".

Die Magnesitumausscheidung weist eine negative Korrelation mit der "Reaktionsdimension" auf (negative Faktorladung), die Faktorladungen der Schlafqualität sind positiv.

Eine zweite "Reaktionsdimension" wird durch die Adrenalin-, Noradrenalin- und Dopaminausscheidung gekennzeichnet. Alle Faktorladungen sind positiv.

Eine dritte "Reaktionsdimension" wird durch die morgendliche Befindlichkeit und die Angabe "ich bin ausgeruht" gebildet. Die morgendliche Befindlichkeit (Mood_h) weist eine negative Faktorladung auf (Polarität der Befindlichkeitsskala beachten).

Eine vierte "Reaktionsdimension" wird von dem Harnvolumen und der Kreatininausscheidung gekennzeichnet (Leitvariablen). Beide Variablen weisen positive Faktorladungen auf.

Die erinnerbaren Traumzeiten (M34_h) bilden eine eigenständige "Reaktionsdimension".

Eine sechste "Reaktionsdimension" wird von dem Einschlaferleben (M35_h) und der subjektiven Einschlaflatenz (M37_h) gekennzeichnet. Beide Faktorladungen sind positiv.

Momentane Änderungen der humoralen Ausscheidungen und des Schlaferlebens

Die intraindividuellen Änderungen der Hormon-Ausscheidungen und des Schlaferlebens (momentane Änderung der habituierten Reaktion) enthalten bei der gewählten Versuchsanordnung das Treatment Nachtfluglärm. Die Mittelwertsunterschiede zwischen den Nächten mit und ohne Nachtfluglärm wurden bereits mit den Unterschiedsanalysen statistisch überprüft.

Die Arbeitshypothese

"Eine Änderung des habituierten Schlaferleben ist (unabhängig von nächtlichem Lärm) mit einer Änderung der habituierten Harnwerte verbunden"
wurde mit bivariaten Korrelationsanalysen überprüft.

Die Korrelationskoeffizienten sind der Interkorrelationsmatrix (Tabelle: 6.34) zu entnehmen.

Tab. 6.30: Harnwerte und Schlaferleben

Korrelationen:	M29_i	M30_i	M31_i	M32_i	M33_i
VOL_i	.0700	.1573	.1969*	.0738	.0389
ADC_i	-.0526	.0400	.0752	-.0627	.0065
NOC_i	-.0477	-.0557	-.0575	-.0072	.0049
MGC_i	-.0378	-.0943	-.1559*	-.1559*	-.0545
DOC_i	.0979	.0816	.0262	-.0078	.0445
COC_i	-.0792	-.0738	-.0453	-.1116	-.1421
Korrelationen:	M34_i	M35_i	M37_i	M38_i	MOOD_i
VOL_i	-.0344	.0301	-.0277	-.0630	-.0942
ADC_i	-.0543	.0951	-.0417	.0797	-.0035
NOC_i	-.0280	-.1210	.0109	.0794	.0355
MGC_i	-.0393	-.1712*	.0287	.0292	.0321
DOC_i	-.0300	-.1286	.0761	-.0205	-.0804
COC_i	.0227	-.0444	-.0546	.1136	.0626

N of cases: 161 2-tailed Signif: o = S >90%; * = S > 95%; ** = S > 99%

Mood = morgendliches Befinden
M29 = habe gut geschlafen
M30 = bin ausgeruht
M31 = ruhig geschlafen
M32 = tief geschlafen
M33 = fest geschlafen
M34 = habe geträumt
M35 = gut eingeschlafen
M38 = erinnerbares Erwachen

VOL = Harnvolumen
NOC = Noradrenalin/Kreatinin
ADC = Adrenalin/Kreatinin
MGC = Magnesium / Kreatinin
DOC = Dopamin / Kreatinin
COC = Cortisol / Kreatinin

Für die momentanen Änderungen der habituierten Harnmenge und der habituierten Magnesiumausscheidung sind signifikante bivariate Korrelationen mit den momentanen Änderungen des habituierten Schlaferlebens zu beobachten. Die bivariaten Determinationen sind klein und liegen in der Größenordnung von 1-4%.

Die momentane Harnmenge ist in den Nächten leicht erhöht, in denen die Personen ihren Schlaf als überdurchschnittlich ruhig erleben.

Die momentane Ausscheidung von Magnesium ist in den Nächten vermehrt, in denen die Personen ihren Schlaf unruhiger (M31_i), flacher (M32_i) und ihr subjektives Einschlafen als überdurchschnittlich schlecht (M35_i) erleben.

Bei den vorliegenden geringen bivariaten Determinationen wird auf eine multiple Analyse der "Momentanreaktionen" verzichtet.

Zusammenfassung

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem habituierten Schlaferleben und den habituierten Harnwerten "
kann für Noradrenalin, Magnesium und Cortisol beibehalten werden.

Die habituierten Ausscheidungen weisen signifikante Korrelationen auf mit der habituierten Schlafqualität (M29_h bis M33_h), den habituierten erinnerbaren Träumen (M34_h), dem habituierten Einschlaferleben (M35_h), dem habituierten erinnerbaren Erwachen (M38_h) und der habituierten morgendlichen Befindlichkeit (Mood_h).

Die Arbeitshypothese

"Eine Änderung des habituierten Schlaferlebens ist (unabhängig von nächtlichem Lärm) mit einer Änderung der habituierten humoralen Ausscheidungen verbunden"
kann für Magnesium beibehalten werden.

Die momentane Änderung der Magnesiumausscheidung weist eine signifikante Determination mit der momentanen Änderung der Schlafqualität (M31_i, M32_i) und mit dem subjektiven Einschlaferleben (M35_i) auf.

6.2.3 Ergebnisse der Blutanalyse

Von jeder Versuchsperson wurde zweimal eine Blutprobe entnommen. Die jeweils erste Blutabnahme fand in der Versuchswoche mit normaler akustischer Belastung statt, die zweite in der Versuchswoche mit simuliertem Nachtfluglärm. Die Blutentnahme war nicht auf einen Wochentag beschränkt, sondern fand parallelisiert nach allen Versuchnächten statt (vgl. Abb.: 5.1).

Die Blutentnahme wurde vom betreuenden Arzt morgens in der Wohnung der Versuchspersonen kurz nach Schlafende vorgenommen. Die Teilnehmer waren angewiesen, bis zur Blutentnahme nüchtern zu bleiben.

6.2.3.1 Deskriptive Daten

Die erhobenen Variablen sind mit ihren "Labeln" bzw. ihren minimalen und maximalen Ausprägungen in der Tabelle 6.31 verzeichnet. N bezeichnet die Anzahl der gültigen Meßwerte.

Tab. 6.31: Blutanalyse (erhobene Daten)

Anzahl der gültigen Werte = 51.00

Variable	Minimum	Maximum	N	Label	[m mol/l]
V5	4.6	8.5	54	Cholesterin	
V7	.7	3.3	54	HDL-Cholesterin	
V8	3.0	6.9	54	LDL-Cholesterin	
V2	.9	2.0	54	Apolipoprotein B	
V3	.7	2.7	54	Apolipoprotein A1	
V6	.3	4.2	54	Triglyceride	
V4	4.0	8.7	54	Glucose	
V9	3.6	10.2	54	Leukozytenzahl	
V10	118.0	338.0	54	Thrombozytenzahl	

Werden die korrelativen Beziehungen der Meßwerte in Form einer Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse; Kaiserkriterium; Varimaxrotation) beachtet, so lassen sich die erhobenen Blutwerte auf 4 "Reaktionsdimensionen" zurückführen.

Die Cholesterinwerte (V5; V8) bilden die erste Dimension.

Die zweite Dimension wird durch Apolipoprotein A1 und HDL-Cholesterin getragen.

Leukozytenzahlen, Thrombozytenzahlen und Glucose tragen die dritte Reaktionsdimension.

Die vierte Dimension wird durch Apolipoprotein B und die Triglyceride gekennzeichnet.

Die korrelativen Zusammenhänge sind in der Interkorrelationsmatrix (Tabelle 6.32) verzeichnet.

Tab. 6.32: Blutanalyse (Interkorrelationsmatrix)

Korrelationen:	V2	V3	V4	V5	V6
V2	1.0000	-.0099	-.0267	.2365	.2446
V3	-.0099	1.0000	-.0439	.3109	-.1120
V4	-.0267	-.0439	1.0000	.0147	.0727
V5	.2365	.3109	.0147	1.0000	.0124
V6	.2446	-.1120	.0727	.0124	1.0000
V7	.1093	.5530**	-.2303	.3244	-.2615
V8	.1390	.2182	.0455	.9253**	.0016
V9	.0550	.0227	.2789	.1067	.0404
V10	.2478	.0259	.1976	.2513	.1255

Korrelationen:	V7	V8	V9	V10
V2	.1093	.1390	.0550	.2478
V3	.5530**	.2182	.0227	.0259
V4	-.2303	.0455	.2789	.1976
V5	.3244	.9253**	.1067	.2513
V6	-.2615	.0016	.0404	.1255
V7	1.0000	.1368	-.0633	.1153
V8	.1368	1.0000	.0304	.1026
V9	-.0633	.0304	1.0000	.5483**
V10	.1153	.1026	.5483**	1.0000

N of cases: 51 2-tailed Signif: * - .01 ** - .001

V2	= Apolipoprotein B	V8	= LDL-Cholesterin
V3	= Apolipoprotein A1	V9	= Leukozytenzahl
V4	= Glucose	V10	= Thrombozytenzahl
V5	= Cholesterin		
V6	= Triglyceride		
V7	= HDL-Cholesterin		

6.2.3.2 Inferenzstatistische Daten

Die Blutwerte weisen unabhängig von der jeweiligen akustischen Situation deutliche Unterschiede auf. Es ist Aufgabe der Inferenzstatistik zu entscheiden, ob Mittelwertunterschiede, die unter dem Einfluß eines Treatment zu beobachten sind, im Vergleich zu der ohnehin existierenden Streuung der Meßwerte, als überzufällig, d.h. als signifikant zu betrachten sind.

Ein signifikanter Mittelwertunterschied bestätigt den Einfluß des Treatment. Bei einem nicht signifikanten Mittelwertunterschied ist ein Einfluß des Treatment nicht vorhanden, oder aber im Verhältnis zur Meßdatenstreuung zu gering.

Die Mittelwertunterschiede der Blutwerte zwischen den beiden Versuchswochen (normale akustische Situation/Nachtfluglärm unter Berücksichtigung der Blutentnahmetage) wurden in Form einer 2-faktoriellen Kovarianzanalyse statistisch überprüft. Die zwei Faktoren waren die "Versuchspersonen" und der "Nachtfluglärm" (vgl. Kapitel 5). Als Kontrollvariablen gingen die Wochentage der Blutentnahme ein.

Die inferenzstatistischen Ergebnisse der Kovarianzanalysen sind in der Tabelle 6.33 zusammengefaßt. Eingetragen sind einerseits die mittleren Blutwerte (normiert auf die 4. Nacht*)), wie sie unter normalen akustischen Bedingungen bzw. unter Nachtfluglärm zu beobachten waren, andererseits die Mittelwertsdifferenzen zwischen den Versuchswochen mit ihrem Signifikanzniveau und der relativen Änderung (bezogen auf die normale akustische Situation).

*) Ist für die Kovariablen ein signifikanter Einfluß zu verzeichnen, sind die Meßdaten vom Wochentag der Blutentnahme abhängig. In diesem Fall wurden die gemessenen Daten auf einen Wert umgerechnet, der zu erwarten gewesen wäre, wenn die Blutentnahme jeweils nach der 4. Nacht stattgefunden hätte. Diese Werte werden mit dem Zusatz "normiert auf die 4. Nacht" gekennzeichnet.

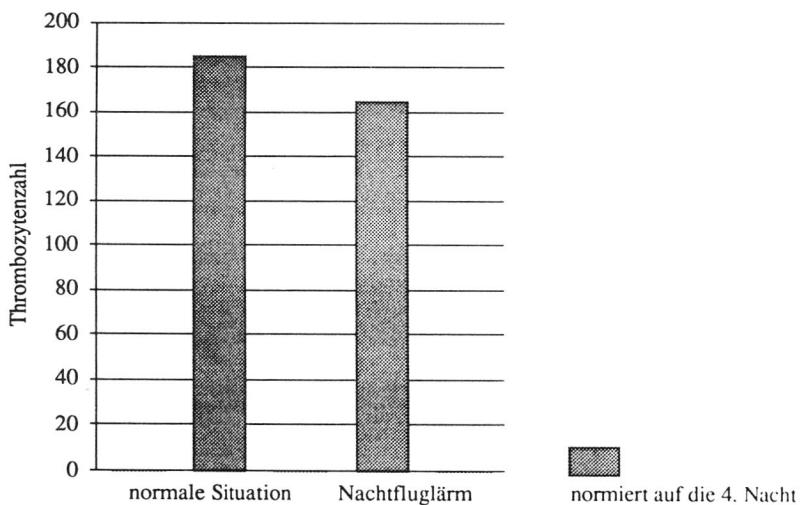
Tab. 6.33: 2-faktorielle Kovarianzanalyse (Personen/Fluglärm) mit Blutentnahmetagen
Mittlere Blutwerte (ohne Fluglärm/mit Fluglärm)

Label	Var.	Ruhe	Lärm	L - R	Signiv.	in % R
Apolipoprotein B	V2	1,49	1,45	-0,04		-2,39
Apolipoprotein A1	V3	1,97	1,91	-0,06		-3,14
Glucose	V4	5,27	5,20	-0,07		-1,31
Cholesterin	V5	6,34	6,20	-0,15		-2,31
Triglyceride	V6	1,22	1,21	-0,01		-0,43
HDL-Cholesterin	V7	1,70	1,64	-0,06		-3,45
LDL-Cholesterin	V8	4,48	4,45	-0,03		-0,63
Leukozytenzahl	V9	5,77	5,48	-0,29		-5,07
Thrombozytenzahl	V10	183,52	163,37	-20,15	*	-10,98

* = signifikant ($S > 95\%$)

** = hoch signifikant ($S > 99\%$)

Abb. 6.35: Thrombozytenzahlen
Mittelwerte (ohne Fluglärm/mit Fluglärm)



Die Mittelwertdifferenz der Thrombozytenzahl zwischen der normalen akustischen Situation und den Nächten mit Nachtfluglärm, ist statistisch bedeutsam, d.h. mit einer statistischen Sicherheit von $\underline{S} > 95\%$, auf den nächtlichen Fluglärm zurückzuführen. Der signifikante Mittelwertsunterschied ist in Abbildung 6.35 grafisch aufbereitet.

Der simulierte Nachtfluglärm führt zu einer Veränderung der Thrombozytenzahl. Es ist ein leichter relativer Thrombozytenabfall von 11% (gegenüber normalen akustischen Bedingungen) innerhalb des Referenzbereiches zu verzeichnen.

Die Arbeitshypothese (vgl. Kapitel 2)
"Nächtlicher Fluglärm führt zu veränderten Blutwerten"
kann nur für die Thrombozytenzahl bestätigt werden.

6.2.3.3 Blutanalyse, Harnanalyse und Schlaferleben

An den Versuchstagen, an denen eine Blutabnahme stattfand, wurde ebenfalls der Morgenharn gesammelt und das Schlaferleben erfragt (vgl Abs. 5.1). Für diese Tage existieren Meßwertpaare, die eine Zusammenhangsanalyse zwischen Blutwerten und Harnwerten bzw. Blutwerten und Schlaferleben erlauben.

Die täglichen Blut- und Harnwerte sowie Angaben zum Schlaferleben streuen unabhängig von der jeweiligen akustischen Situation. Die beobachtete Gesamtstreuung setzt sich einerseits aus der Unterschiedlichkeit zwischen den Versuchspersonen (interindividuell) und andererseits aus der Unterschiedlichkeit zwischen den wiederholten Messungen (intraindividuell) zusammen.

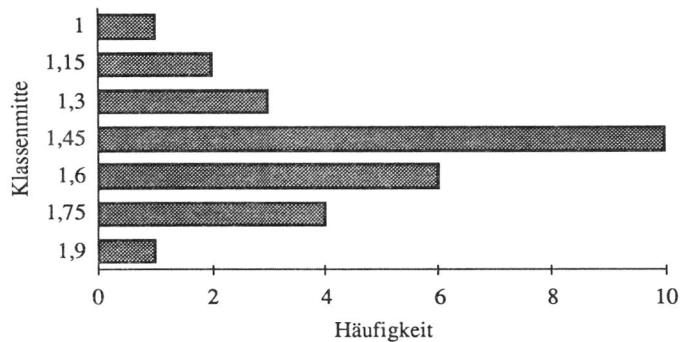
Die Streuung zwischen den Versuchspersonen wird durch die Personenmittelwerte gekennzeichnet. Der Personenmittelwert kann als habituierte Reaktion des Versuchsteilnehmers interpretiert werden.

Ausgewählte Häufigkeitsverteilungen der habituierten Blutwerte sind in den Histogrammen Abb. 6.36 bis 6.40 grafisch aufbereitet. Angegeben ist jeweils die absolute Häufigkeit und die entsprechende Klassenmitte.

Habituierte Apolipoproteine

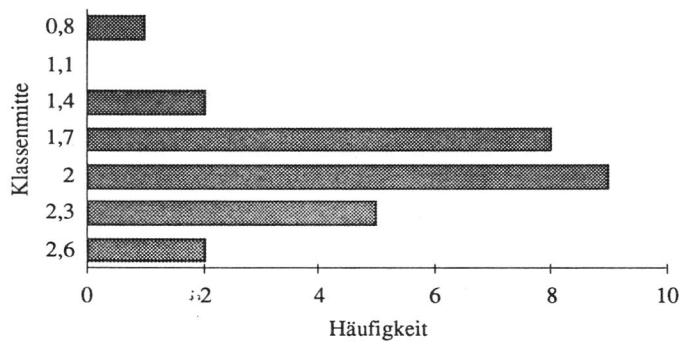
Die beobachtete Variation der Apolipoproteine B und A1 sind in den Abbildungen 6.36 und 6.37 grafisch aufbereitet.

Abb. 6.36: Apolipoprotein B (habituierte Werte)



Mittelwert: 1,47
Standardabweichung: 0,22 Gültige Werte: 27
Fehlende Werte: 1

Abb. 6.37: Apolipoprotein A1 (habituierte Werte)

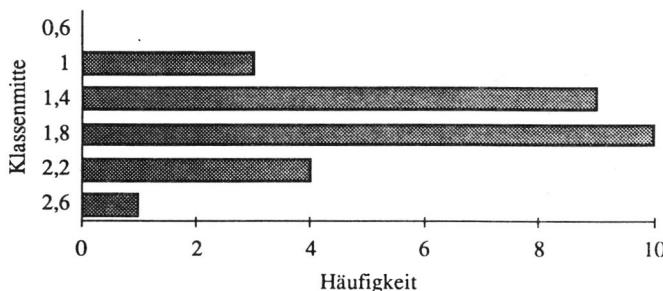


Mittelwert: 1,94
Standardabweichung: 0,39 Gültige Werte: 27
Fehlende Werte: 1

Habituierte Cholesterinwerte

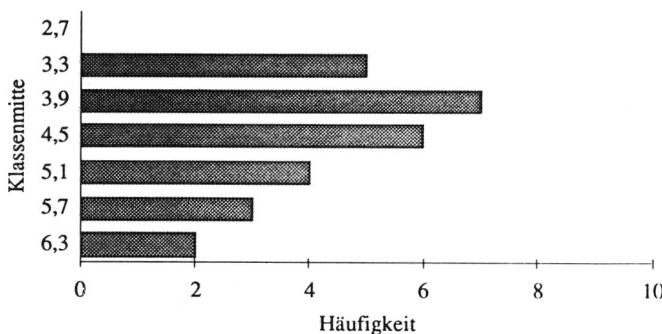
Die beobachtete Variation der HDL- bzw. LDL-Cholesterinwerte sind in den Abbildungen 6.38 und 6.39 grafisch aufbereitet.

Abb. 6.38: HDL-Cholesterin (habituierte Werte)



Mittelwert: 1,67
Standardabweichung: 0,43
Gültige Werte: 27
Fehlende Werte: 1

Abb. 6.39: LDL-Cholesterin (habituierte Werte)

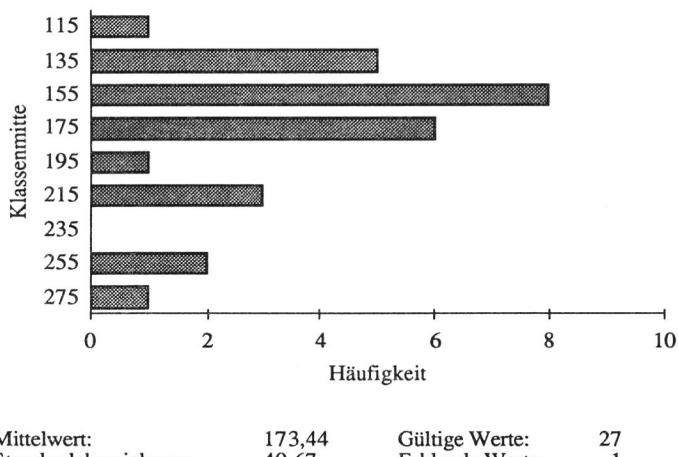


Mittelwert: 4,46
Standardabweichung: 0,89
Gültige Werte: 27
Fehlende Werte: 1

Habituierte Thrombozytenzahlen

Die beobachtete Variation der Thrombozytenzahl ist in der Abbildung 6.40 grafisch aufbereitet.

Abb. 6.40: Thrombozytenzahlen (habituierte Werte)



Die intraindividuellen Streuung wird durch die Differenz zwischen Meßwert und Personenmittelwert gekennzeichnet (ipsative Daten). Sie gibt die individuelle Änderung zwischen den Meßzeitpunkten an und kann als "Momentanreaktion" interpretiert werden

Habituierte Blutwerte und habituierte Harnwerte

Die interindividuellen Ausprägungen der Blut- und Harnwerte (habituierte Reaktion) sind bei der gewählten Versuchsanordnung unabhängig von dem Treatment Nachtfluglärm und wurden in den Unterschiedsanalysen nicht beachtet.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen den habituierten Blutwerten und den habituierten Harnwerten"
wurde in Form von Korrelationsanalysen überprüft.

Bei Gültigkeit der These sind signifikante Korrelationen zwischen den habituierten Blutwerten und den habituierten Harnwerten zu erwarten.

Die bivariaten Korrelationskoeffizienten sind in der Interkorrelationsmatrix (Tabelle 6.34) verzeichnet.

Tab. 6.34: Habituierte Blutwerte und habituierte Harnwerte

Korrelationen:	NOC_h	ADC_h	MGC_h	DOC_h	COC_h
V 2_h	.3366 o	.0673	.2983	-.0591	-.1814
V 3_h	.1758	-.2263	-.0974	.0238	.1098
V 4_h	.0437	.0047	.1151	.3522 o	-.0250
V 5_h	.2173	-.1460	-.1638	-.0881	.1398
V 6_h	.0202	.3079	.3954 *	.0493	-.0485
V 7_h	.1807	-.2546	-.2174	-.2730	.2378
V 8_h	.0503	-.1752	-.1562	-.0775	.0628
V 9_h	.1442	-.1075	-.0559	-.0281	-.0524
V10_h	.4674 *	.0456	.1218	-.1351	-.0552

Anzahl: 27 2-tailed S: o = S > 90%; * = S > 95%; ** = S > 99%

NOC_h = Noradrenalin/Crea.

ADC_h = Adrenalin/Crea.

MGC_h = Magnesium/Crea.

DOC_h = Dopamin/Crea.

COC_h = Cortisol/Crea.

V2_h = Apolipoprotein B V7_h = HDL-Cholesterin

V3_h = Apolipoprotein A1 V8_h = LDL-Cholesterin

V4_h = Glucose V9_h = Leukozyten

V5_h = Cholesterin (gesamt) V10_h = Thrombozyten

V6_h = Triglyceride

Für die habituierte Noradrenalin- bzw Magnesiumausscheidung sind signifikante Korrelationen mit der habituierten Thrombozytenzahl bzw. den Triglyceriden zu beobachten.

Personen mit einer erhöhten habituierten Noradrenalinausscheidung weisen im Blut erhöhte Thrombozytenzahlen auf. Die bivariate Determination ist moderat und beträgt ungefähr 20%.

Personen mit einer erhöhten habituierten Magnesiumausscheidung weisen im Blut erhöhte Triglyceridwerte auf.

Die bivariate Determination beträgt ungefähr 15%.

Für die habituierte Dopaminausscheidung ist ein "schwach signifikanter" Zusammenhang (90% > S < 95%) mit den Glucosewerten zu verzeichnen.

Personen mit einer höheren habituierten Dopaminausscheidung weisen im Blut höhere Glucosewerte auf.

Die bivariate Determination beträgt ungefähr 12%.

Momentane Änderungen der Blutwerte und der Harnwerte

Die intraindividuellen Ausprägungen der Blut- und Harnwerte (momentane Änderung der habituierten Reaktion) enthalten bei der gewählten Versuchsanordnung das Treatment Nachtfluglärm. Die Mittelwertsunterschiede zwischen den Nächten mit und ohne Nachtfluglärm wurden bereits mit den Unterschiedsanalysen statistisch überprüft.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht (unabhängig vom Nachtfluglärm) ein Zusammenhang zwischen den momentanen Änderungen der habituierten Blutwerte und den momentanen Änderungen der habituierten Harnausscheidung"
wurde in Form von Korrelationsanalysen überprüft.

Bei Gültigkeit der These sind (unabhängig vom Nachtfluglärm) signifikante Korrelationen zwischen den momentanen Änderungen zu erwarten.

Die bivariaten Korrelationskoeffizienten sind in der Interkorrelationsmatrix (Tabelle 6.35) verzeichnet.

Tab. 6.35: Momentane Änderungen der Blutwerte und der Harnwerte

Korrelationen:	NOC_i	ADC_i	MGC_i	DOC_i	COC_i
V 2_i	-.0918	.0290	-.0018	.1783	-.0597
V 3_i	-.0554	-.1944	.0180	.0525	.0241
V 4_i	-.3912**	-.1281	-.2292	.0408	-.1192
V 5_i	-.0492	.0390	.1734	.1282	-.1710
V 6_i	.1395	.2674 o	.2493 o	-.0030	-.1503
V 7_i	-.3608 *	-.1425	.0593	.2429	-.0852
V 8_i	.1689	.1216	.2097	-.0188	-.0989
V 9_i	-.0166	.0016	-.1661	.0288	.0110
V10_i	-.0565	.0678	-.0795	.0500	-.1722

Anzahl: 27 2-tailed S: o = S > 90%; * = S > 95%; ** = S > 99%

NOC_i = Noradrenalin/Crea.
ADC_i = Adrenalin/Crea.
MGC_i = Magnesium/Crea.

DOC_i = Dopamin/Crea.
COC_i = Cortisol/Crea.

V2_i = Apolipoprotein B
V3_i = Apolipoprotein A1
V4_i = Glucose
V5_i = Cholesterin (gesamt)
V6_i = Triglyceride

V7_i = HDL-Cholesterin
V8_i = CDL-Cholesterin
V9_i = Leukozyten
V10_i = Thrombozyten

Für die momentane Änderung der habituierten Noradrenalinausscheidung sind signifikante Korrelationen mit den momentanen Änderungen der habituierten Glucose- und Cholesterinwerte zu beobachten.

Personen mit einer momentan erhöhten Noradrenalinausscheidung weisen im Blut momentan erniedrigte Glucose- und Cholesterinwerte auf. Die bivariate Determination liegt zwischen 10 und 15%.

Für die momentane Änderung der habituierten Adrenalin- und Magnesiumausscheidung ist eine schwach signifikante Korrelation mit den Triglyceridwerten zu beobachten.

Personen mit einer momentan erhöhten Adrenalinausscheidung weisen im Blut momentan erhöhte Triglyceridwerte auf. Die bivariate Determination beträgt 7%.

Personen mit einer momentan erhöhten Magnesiumausscheidung weisen momentan erhöhte Triglyceridwerte auf. Die bivariate Determination beträgt 6%.

Zusammenfassung

Die Arbeitshypothese

"Es besteht (unabhängig vom Nachtfluglärm) ein Zusammenhang zwischen den habituierten Blutwerten und den habituierten Harnwerten"
kann beibehalten werden.

Die habituierten Noradrenalin- und Magnesiumausscheidungen weisen signifikante Zusammenhänge mit den habituierten Thrombozytenzahlen bzw. mit den Triglyceridwerten auf.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen den momentanen Änderungen der habituierten Blutwerte und den momentanen Änderungen der habituierten Harnwerte"
kann beibehalten werden.

Die momentane Änderung der habituierten Noradrenalinausscheidungen weist signifikante Zusammenhänge mit den momentanen Änderungen der habituierten Glucose- und Cholesterinwerte auf.

Habituerte Blutwerte und habituiertes Schlaferleben

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen den habituierten Blutwerten und dem habituierten Schlaferleben"
wurde in Form von Korrelationsanalysen überprüft.

Bei Gültigkeit der These sind signifikante Korrelationen zwischen den habituierten Blutwerten und den habituierten Schlaferleben zu erwarten. Die bivariaten Korrelationskoeffizienten sind in der Interkorrelationsmatrix (Tabelle 6.36) verzeichnet.

Tab. 6.36: Habituierte Blutwerte und habituiertes Schlaferleben

Korrelationen:	M29_h	M30_h	M31_h	M32_h	M33_h
V_2_h	.1873	.2029	.0854	-.0226	.0628
V_3_h	-.2140	-.1413	-.2557	-.3663 o	-.1976
V_4_h	-.1739	-.1911	.1401	-.0480	.0432
V_5_h	.1638	.2027	.2382	.2340	.2620
V_6_h	.1853	.0170	.0652	-.0718	.0681
V_7_h	.0040	.1423	.0363	-.0667	.0155
V_8_h	.0495	.1549	.1642	.2319	.1986
V_9_h	.1601	-.1168	.3480 o	.2179	.3536 o
V10_h	.0334	-.0645	.1151	-.1656	-.0182
Korrelationen:	M34_h	M35_h	M37_h	M38_h	MOOD_h
V_2_h	.3263 o	.0620	.0763	-.1457	-.3055
V_3_h	-.0162	-.1319	.0922	-.1447	.0144
V_4_h	-.0864	-.2530	-.0715	-.0449	.1307
V_5_h	-.1486	.1901	.0992	-.2335	-.0790
V_6_h	.1400	-.2053	.0464	-.0731	.2464
V_7_h	.1290	-.0055	-.1052	-.1433	-.3707 o
V_8_h	-.2228	.1230	.2185	-.1088	-.0063
V_9_h	-.0152	-.2645	.2186	-.2259	.3061
V10_h	.2068	-.0672	.1398	-.1869	.1087
V11_h	-.0386	.1434	-.0436	-.0075	-.0268
V12_h	.0194	.2372	-.0155	-.0012	.0185

Anzahl: 27 2-tailed S: o = S > 90%; * = S > 95%; ** = S > 99%

M29_h	= habe gut geschlafen	M34_h	= habe geträumt
M30_h	= bin ausgeruht	M35_h	= gut eingeschlafen
M31_h	= ruhig geschlafen	M37_h	= Einschlaflatenz
M32_h	= tief geschlafen	M38_h	= erinnerbares Erwachen
M33_h	= fest geschlafen	Mood_h	= morgendliches Befinden
V_2_h	= Apolipoprotein B	V_6_v	= Triglyceride
V_3_h	= Apolipoprotein A1	V_7_v	= HDL-Cholesterin
V_4_h	= Glucose	V_8_h	= LDL-Cholesterin
V_5_v	= Cholesterin (gesamt)	V_9_h	= Leukozyten
		V10_h	= Thrombozyten

Für die habituierten Angaben zur Schlafruhe, zur Schlaftiefe und zur Schlaffestigkeit sind "schwach signifikante" Zusammenhänge ($90\% < S < 95\%$) mit den habituierten Werten von Apolipoprotein A1 und den Leukozytenzahlen zu verzeichnen.

Für die habituierte Angaben zu den subjektiven Traumzeiten und dem morgendlichen Befinden sind ebenfalls "schwach signifikante" Zusammenhänge ($90\% < S < 95\%$) mit den habituierten Werten von Apolipoprotein B und HDL-Cholesterin zu beobachten.

Personen mit habituiert längeren subjektiven Traumzeiten wiesen im Blut höhere Apolipoprotein B Werte auf.

Personen mit habituiert besserer morgendlicher Befindlichkeit wiesen im Blut höhere HDL-Cholesterin Werte auf.

Momentane Änderungen der Blutwerte und des Schlaferlebens

Die Arbeitshypothese

"Es besteht (unabhängig vom Nachtfluglärm) ein Zusammenhang zwischen den momentanen Änderungen der habituierten Blutwerte und den momentanen Änderungen des habituierten Schlaferlebens"
wurde in Form von Korrelationsanalysen überprüft.

Bei Gültigkeit der These sind signifikante Korrelationen zwischen den momentanen Änderungen zu erwarten.

Die bivariaten Korrelationskoeffizienten sind in der Interkorrelationsmatrix (Tabelle 6.37) verzeichnet.

Tab. 6.37: Momentane Änderungen der Blutwerte und des Schlaferlebens

Korrelationen:	M29_i	M30_i	M31_i	M32_i	M33_i
V 2_i	.0759	.1137	.1513	.1408	.1763
V 3_i	.1939	.1701	.2855	.0985	.2919 o
V 4_i	.2296	.2742	.0931	.0819	.1658
V 5_i	.1110	.1178	.3132 o	.0102	.1359
V 6_i	.0557	.1610	.1963	.2155	.0907
V 7_i	.1439	.1601	.0489	.1042	.1110
V 8_i	- .0661	-.1194	.1390	-.1245	.0154
V 9_i	.2077	.0207	.1428	-.1167	.2580
V10_i	.3435 *	.2453	.2268	.1715	.2843 o
Korrelationen:	M34_i	M35_i	M37_i	M38_i	MOOD_i
V 2_i	.0322	-.2010	.1081	-.3191 *	-.1328
V 3_i	.1522	.2412	-.0295	-.2459	-.0344
V 4_i	-.1557	.0291	.0723	.0265	-.2306
V 5_i	.1864	.1157	-.1546	-.2152	.1432
V 6_i	-.1709	-.1590	.0895	.1057	-.0267
V 7_i	-.0193	-.1112	-.0059	-.1741	-.0999
V 8_i	.2515	.0866	-.0933	-.1663	.2449
V9_i	.0485	.0896	-.1276	-.1674	-.1210
V10_i	.0754	-.0023	-.1382	-.1438	-.3438 *

Anzahl: 27 2-tailed S: o = S > 90%; * = S > 95%; ** = S > 99%

M29_i	= habe gut geschlafen	M34_i	= habe geträumt
M30_i	= bin ausgeruht	M35_i	= gut eingeschlafen
M31_i	= ruhig geschlafen	M37_i	= Einschlaflatenz
M32_i	= tief geschlafen	M38_i	= erinnerbares Erwachen
M33_i	= fest geschlafen	Mood_i	= morgendliches Befinden
V2_i	= Apolipoprotein B	V7_i	= HDL-Cholesterin
V3_i	= Apolipoprotein A1	V8_i	= LDL-Cholesterin
V4_i	= Glucose	V9_i	= Leukozyten
V5_i	= Cholesterin (gesamt)	V10_i	= Thrombozyten
V6_i	= Triglyceride		

Für die momentanen Änderungen der habituierten Angaben zum "guten Schlaf" bzw. für das erinnerbare Erwachen und für die morgendliche Befindlichkeit sind signifikante Korrelationen mit den momentanen Änderungen der habituierten Werte der Thrombozytenzahlen bzw. mit den momentanen Änderungen der habituierten Werte von Apolipoprotein B zu beobachten.

Personen mit einem momentan besseren Schlaferleben weisen im Blut momentan höhere Thrombozytenzahlen auf. Die bivariate Determination liegt bei 10%.

Personen mit einem momentan vermehrten erinnerbaren Erwachen weisen im Blut momentan erniedrigte Apolipoprotein B Werte auf. Die bivariate Determinationen beträgt ungefähr 10%.

Personen mit einem momentan besseren morgendlichen Befinden weisen im Blut momentan höhere Thrombozytzahlen auf. Die bivariate Determinationen beträgt ungefähr 10%.

Für die momentanen Änderungen der habituierten Angaben zum "ruhigen Schlaf" bzw zum "festen Schlaf" sind "schwach signifikante" Zusammenhänge ($90\% < S < 95\%$) mit den momentanen Änderungen der habituierten Werte von Cholesterin (gesamt) bzw. von Apolipoprotein A1 und den Thrombozytenzahlen zu verzeichnen.

Personen mit einem momentan ruhigeren Schlaf weisen momentan leicht erhöhte Cholesterinwerte auf.

Personen mit einem momentan tieferen Schlaf weisen momentan leicht erhöhte Apolipoprotein A1 und höhere Thrombozytenzahlen auf.

Zusammenfassung

Die Arbeitshypothese

"Es besteht (unabhängig vom Nachtfluglärm) ein Zusammenhang zwischen den habituierten Blutwerten und dem habituierten Schlaferleben"
kann nicht bestätigt werden.

Die Arbeitshypothese

"Es besteht ein Zusammenhang zwischen den momentanen Änderungen der habituierten Blutwerte und den momentanen Änderungen des habituierten Schlaferlebens"
kann beibehalten werden.

Die momentanen Änderungen der habituierten Angaben zum "guten Schlaf" bzw. für das erinnerbare Erwachen und für die morgendliche Befindlichkeit weisen signifikante Korrelationen mit den momentanen Änderungen der habituierten Thrombozytenzahlen bzw. mit den momentanen Änderungen der habituierten Werte von Apolipoprotein B auf.

6.3 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie werden anhand der zentralen Fragestellungen in fünf Abschnitte gegliedert.

Die Reaktionen auf den Nachtfluglärm insgesamt werden im ersten Abschnitt zusammengefaßt und diskutiert. Im zweiten Abschnitt werden die Reaktionen auf den Überflugpegel bzw. die Reaktionen auf die Anzahl der Flugbewegungen zusammengefaßt und diskutiert.

Der Zusammenhang zwischen den habituierten Reaktionen und der Zusammenhang zwischen der Persönlichkeit und den habituierten Reaktionen ist Inhalt des dritten und vierten Abschnitts.

Die momentanen Reaktionen werden im fünften Abschnitt diskutiert.

6.3.1 Reaktionen auf den Nachtfluglärm

Ergebnisse der Feldstudie

- Der Nachtfluglärm führt zu einer deutlich verschlechterten subjektiven Schlafqualität. Es ist eine Qualitätseinbuße in der Größenordnung von 30% zu beobachten.

Die subjektive Einschlaflatenz ist um ca. 30% verlängert und das erinnerbare Träumen ist um ca. 20% verringert. Die Reaktionen sind auch bei der morgendlichen Befindlichkeit und dem erinnerbaren Erwachen deutlich. Die Befindlichkeit ist um mehr als 60% verschlechtert und das erinnerbare Erwachen nimmt um mehr als 80% zu.

- Die lärmbedingten Änderungen im Schlaferleben weisen relevante signifikante Korrelationen mit den Persönlichkeitsprofilen auf. Die Änderung des Schlaferlebens unter Nachtfluglärm wird deutlich durch die Persönlichkeitsskalen "Lebenszufriedenheit", "Soziale Orientierung" und "Gesundheitssorgen" moderiert.
- Der Nachtfluglärm führt zu einer erhöhten Ausscheidung von Adrenalin und Cortisol (bezogen auf die renale Kreatininausscheidung). Es ist für Adrenalin eine signifikante relative Zunahme von 17% (gegenüber der mittleren Ausscheidungsmenge unter normalen akustischen Bedingungen) zu verzeichnen. Für Cortisol ist eine relative Zunahme der Ausscheidung von 19% zu beobachten.

- Die lärmbedingte Änderung der Dopaminausscheidung weist einen relevanten signifikanten Zusammenhang mit den Persönlichkeitsskalen "Leistungsorientierung" und "Offenheit" auf.
- Der Nachtfluglärm führt zu einer Veränderung der Thrombozytenzahl. Es ist eine relative Abnahme von 11% (gegenüber den mittleren Thrombozytenzahlen unter normalen akustischen Bedingungen) zu verzeichnen.

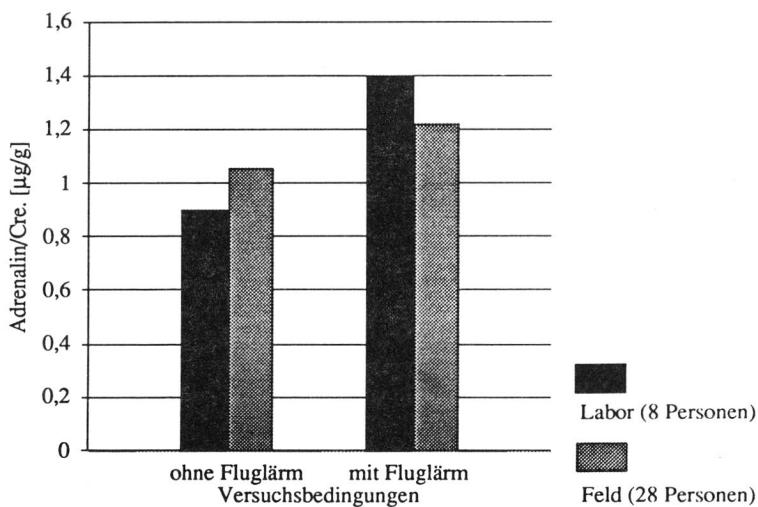
Diskussion

Nächtlicher Fluglärm führt auch in häuslicher Umgebung zu einer erhöhten Adrenalin- und Cortisolausscheidung.

Der nächtliche Lärm kann als Stressor bezeichnet werden, der imstande ist, einerseits die "Hypothalamus - Hypophysen - Nebennierenrinden - Achse", andererseits auch die "Hypothalamus - Nebennierenmark - Achse" zu aktivieren (vgl. Kap. 1). Die relative Erhöhung der Adrenalausscheidung ist mit 17% deutlich geringer als in der Laborstudie von Maschke (1992), in der eine relative Zunahme von 60% beobachtet wurde.

Die Ergebnisse der Labor- und Feldstudie sind in der Abb. 6.41 zusammengefaßt.

Abb. 6.41 Adrenalausscheidung (ADC) (Mittelwerte Feld- und Laborstudie)



Eine Ursache könnte die nächtliche Lärmbelastung in den normalen Nächten darstellen, die in der Feldstudie nicht kontrolliert wurde.

Die relative Erhöhung der Cortisolausscheidung liegt mit 19% in der gleichen Größenordnung. Ein Vergleich der mittleren nächtlichen Cortisolausscheidung (Abb. 6.27) mit der mittleren nächtlichen Adrenalinausscheidung (Abb. 6.24) zeigt, daß die höchste mittlere Cortisolausscheidung (7. Versuchsnacht) mit einer deutlich verminderten mittleren Adrenalinausscheidung zum gleichen Zeitpunkt verbunden ist.

In der dritten beschallten Versuchsnacht kommt ein verändertes Reaktionsmuster ("Niederlagesituation") zum Tragen. Dieser Zusammenhang zwischen lärmbedingter Cortisolausscheidung und lärmbedingter Adrenalinausscheidung wurde bereits in der Laborstudie (Maschke 1992) im Zusammenhang mit dem Einfluß des Überflugpegel, vermutet.

In der vierten beschallten Versuchsnacht sind sowohl die Cortisol- als auch die Adrenalinausscheidung (gegenüber der normalen akustischen Situation) deutlich erhöht.

Eine lärmspezifische Erhöhung der Ausscheidung ist in den vier Nächten mit Nachtfluglärm nicht zu beobachten. Es ist davon auszugehen, daß die humorale Reaktion von der Dauer des nächtlichen Fluglärms abhängt. Diese Abhängigkeit könnte einen adaptativen oder zyklischen Verlauf haben und sollte in einer Längsschnittstudie untersucht werden.

Das Ausmaß der lärmbedingten Adrenalin- und Cortisolausscheidung wird nicht (wie beim Schlaferleben) durch die Persönlichkeit moderiert und stellt einen verlässlichen Indikator für die Schallbeanspruchung dar.

Die nächtliche Lärmbelastung führt zu einer deutlichen Verschlechterung der subjektiven Schlafqualität (ca. 30%). Die Befindlichkeit ist drastisch um mehr als 60% verschlechtert und das erinnerbare Erwachen nimmt um mehr als 80% zu.

Die subjektiven Reaktionen bestätigen die Ergebnisse der humoralen Ausscheidungen.

Das Treatment Nachtfluglärm führt zu einer erheblichen Verschlechterung des Schlaferlebens.

Das Ausmaß der lärmbedingten subjektiven Reaktion ist um ein Vielfaches größer als bei den lärmbedingten humoralen Reaktionen und wird deutlich durch die Persönlichkeit moderiert (Persönlichkeitsskalen "Lebenszufriedenheit", "Soziale Orientierung" und "Gesundheitssorgen"). Das Schlaferleben stellt einen empfindlichen, aber keinen verlässlichen Indikator für die Schallbeanspruchung dar.

6.3.2 Reaktionen auf den Überflugpegel und die Anzahl der Flugereignisse

Ergebnisse der Feldstudie

- Der um 10 dB(A) erhöhte Überflugpegel führt zu einer Schlafqualitäts-einbuße von ca. 15% (Ausnahme "ruhig geschlafen" M31).
- Das von 16 auf 64 Flüge erhöhte Flugaufkommen führt zu einer Verschlechterung des Schlaferlebens in den Angaben "habe gut geschlafen" und "bin ausgeruht" von ca. 15%.
- Die Arbeitshypothese
"Die Höhe der humoralen Ausscheidung hängt von dem Überflugpegel ab"
kann nicht bestätigt werden.
- Die Arbeitshypothese
"Die Höhe der humoralen Ausscheidung hängt von der Anzahl der Überflüge ab"
kann nicht bestätigt werden.

Diskussion

In der Laboruntersuchung (Maschke 1992) konnte ein Zusammenhang zwischen dem Überflugpegel und der Adrenalinausscheidung abgesichert werden. Die Adrenalinausscheidung nahm mit dem Überflugpegel zu (bis 65 dB(A)).

Diese Beobachtung kann in der Feldstudie hinsichtlich des Schlaferlebens bestätigt werden. Die Schlafqualität wird bei einer Erhöhung des Überflugpegels von 55 dB(A) auf 65dB(A) um ca. 15% verschlechtert.

Der Reaktionsunterschied ist (gemessen an der Lärmreaktion insgesamt) gering (vgl. Abb. 6.13 bis Abb. 6.15). Interpretieren wir dieses Ergebnis als Hinweis, daß der Beanspruchungsunterschied zwischen den beiden Überflugpegeln in der Feldstudie relativ gering war, dann wird das unerwartete Ergebnis bei den Harnwerten verständlich.

Ein Zusammenhang zwischen Überflugpegel und humoraler Ausscheidung kann in der Feldstudie nicht abgesichert werden. Die erhöhte Adrenalin- und Cortisolausscheidung war statistisch unabhängig von der Höhe des Überflug-pegels.

Der Widerspruch in den Ergebnissen der Labor- und Feldstudie ist möglicherweise durch das Versuchspersonenkollektiv zu erklären. Im Gegensatz zu den jungen Teilnehmern der Laborstudie (20 bis 35 Jahre) waren die Teilnehmer der

Feldstudie zwischen 35 und 65 Jahre alt. Für sie war die Beanspruchung durch den Nachtfluglärm bei beiden Überflugpegeln etwa gleich hoch und damit der Reaktionsunterschied zwischen den Überflugpegeln gering.

Bereits bei einem Überflugpegel von 55dB(A)innen war eine Zunahme des erinnerbaren Erwachens von annähernd 80% zu beobachten. Eine weitere Erhöhung des Überflugpegels auf 65dB(A)innen führte nur noch zu einer geringfügigen (statistisch unbedeutenden) Zunahme des erinnerbaren Erwachens. Die morgendliche Befindlichkeit war in beiden Geräuscsituationen drastisch verschlechtert und annähernd gleich.

Führt ein Geräusch bereits zu einer "massiven" Beeinträchtigung des Schlafes, dann ist bei einer weiteren Intensitätszunahme keine (lineare) "Dosis-Wirkungsbeziehung" mehr zu erwarten.

Ein Zusammenhang zwischen der Anzahl nächtlicher Flüge (16, 64 Flüge) und den Harnwerten kann durch die Ergebnisse der Feldstudie nicht bestätigt werden. Diese Ergebnis deckt sich mit dem Ergebnis der Laboruntersuchung (Maschke 1992) in der für (16, 32, 64 Flüge) kein Reaktionsunterschied abgesichert werden konnte.

In der Feldstudie ist mit der Zunahme des nächtlichen Flugaufkommens eine partielle Verschlechterung des Schlaferlebens zu beobachten.

Das von 16 auf 64 Flüge erhöhte Flugaufkommen führt zu einer Verschlechterung in den Angaben "habe gut geschlafen" und "bin ausgeruht" von ca. 15%.

Bereits bei einem nächtlichen Flugaufkommen von 16 Flügen war eine Zunahme des erinnerbaren Erwachens von mehr als 70% zu beobachten. Eine Erhöhung des Flugaufkommen auf 64 Flüge führte nur noch zu einer geringfügigen (statistisch unbedeutenden) Zunahme des erinnerbaren Erwachens. Die morgendliche Befindlichkeit war in beiden Geräuscsituationen drastisch verschlechtert und zwar annähernd gleich.

In der Studie war eine Erhöhung des Flugaufkommens mit kürzeren Flugintervallen verbunden, da alle Flüge in vier Nachtstunden (0 bis 4 Uhr) dargeboten wurden.

Die mittleren fluglärmfreien Pausen waren offenbar bereits bei 16 lauten Flugereignissen in 4 Stunden zu kurz, um die Störung des Schlafes zu kompensieren. Eine weitere Verkürzung (Erhöhung des Flugaufkommens) erhöhte die Beeinträchtigung nur noch partiell.

Sind die mittleren lärmfreien Pausen 15 Minuten oder kleiner, dann ist bei einer nächtlichen Fluglärmbelastung keine (lineare) "Dosis-Wirkungsbeziehung" mehr zu beobachten.

Die 16 nächtlichen Flüge mit einem Überflugpegel von über 55dB(A)innen stellten für die älteren Flughafenwohner eine deutliche Beanspruchung dar und sollten nicht als "selenes Ereignis" toleriert werden.

6.3.3 Habituierte Reaktionen und Persönlichkeit

Ergebnisse der Feldstudie

- Die habituierten Angaben zum Schlaferleben wiesen signifikante Korrelationen mit der Persönlichkeit auf. Sie werden hauptsächlich von drei Persönlichkeitsskalen (FPI_R) determiniert. Es sind dies die "Aggressivität", die "Gesundheitssorgen" und die "Soziale Orientierung".
- Die habituierte Cortisolausscheidung wies relevante, signifikante Zusammenhänge mit den Persönlichkeitsskalen "Aggressivität" und "Gesundheitssorgen" auf.

Die habituierten Ausscheidungen für Adrenalin, Noradrenalin, Dopamin und Magnesium zeigen keine signifikanten Zusammenhänge mit den Persönlichkeitsskalen.

Diskussion

Auffälligstes Ergebnis ist die ungewöhnlich hohe Determination zwischen der habituierten Cortisolausscheidung und der Persönlichkeit.

Eine erhöhte Cortisolausscheidung stellt eine Beanspruchungsreaktion dar, die im Gegensatz zur Adrenalin- und Noradrenalinausscheidung (Verteidigungsreaktion) in "Niederlagesituationen" auftritt.

Die Art der Reaktion hängt von der subjektiven Verarbeitung der Belastungssituation ab. Die subjektive Bewertung einer Belastung als "Niederlagesituation" ist offenbar stark von der Persönlichkeit abhängig (von den FPI_R-Skalen "Aggressivität", "Gesundheitssorgen" und "Soziale Orientierung").

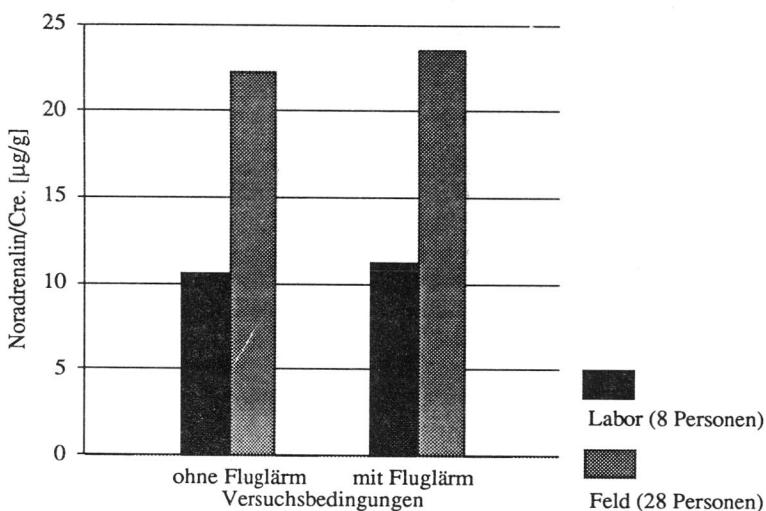
Personen mit einer aggressiven Durchsetzungsbereitschaft weisen eine deutlich erhöhte habituierte Cortisolausscheidung auf. Ein gesundheitsbewußtes und gesundheitsbesorgtes Verhalten verringert die habituierte Cortisolausscheidung.

Im Gegensatz zur habituierten Cortisolausscheidung werden die habituierten Adrenalin- und Noradrenalinausscheidungen nicht durch die Persönlichkeit determiniert.

Dennoch sind die mittleren Noradrenalinausscheidungen in den beiden Studien auffällig unterschiedlich. Die Teilnehmer der Feldstudie weisen unabhängig vom Fluglärm und im Gegensatz zu den Teilnehmern der Laborstudie (Maschke 1992) eine deutlich höhere mittlere Noradrenalinausscheidung auf.

Die Ergebnisse von Labor- und Feldstudie sind in Abb. 6.42 zusammengefaßt.

Abb. 6.42 Noradrenalinausscheidung (NOC) (Mittelwerte Feld- und Laborstudie)



Der Unterschied in der mittleren Noradrenalinausscheidung kann ein Hinweis auf die Folgen langjähriger Fluglärmbeanspruchung sein. Nach Ising (vgl. Abb. 1.1) führt gewohnter Lärm zu einer sympathischen Aktivierung, die mit einer erhöhten Noradrenalinfreisetzung verbunden ist.

Bei den habituierten Angaben zum Schlaferleben sind starke Abhängigkeiten von der Persönlichkeit zu beobachten. Die multiplen Determinationen für das habituierte Antwortverhalten zum "guten Schlaf" und "guten Einschlafen" liegen in der Größenordnung von 50%.

Personen mit einer Bereitschaft zur aggressiven Durchsetzung, einer sozialen Verantwortung für andere Menschen, die sich wenig Sorgen um ihre Gesundheit machen, erleben ihren Schlaf generell als überdurchschnittlich gut.

Lebenszufriedene Personen mit sozialer Verantwortung und unkonventionellen Umgangsformen erleben ihr Einschlafen generell als überdurchschnittlich gut. Die Persönlichkeitsskalen "Soziale Orientierung" und "Gesundheitssorgen" sind sowohl im Zusammenhang mit dem Nachtfluglärm für das lärmbedingte Ausmaß der Reaktion verantwortlich (Moderatoren), als auch für die habituierte Form des Schlaferlebens.

6.3.4 Zusammenhänge zwischen Blutwerten, Harnwerten und Schlaferleben

Ergebnisse der Feldstudie

- Die habituierten Ausscheidungsmengen von Noradrenalin, Magnesium und Cortisol weisen relevante signifikante Korrelationen auf mit der habituierten subjektiven Schlafqualität, den habituierten erinnerbaren Träumen, dem habituierten Einschlaferleben, dem habituierten erinnerbaren Erwachen und der habituierten morgendlichen Befindlichkeit auf.
- Die habituierten Noradrenalin- und Magnesiumausscheidungen weisen signifikante Zusammenhänge mit den habituierten Thrombozytenzahlen bzw. den habituierten Triglyceridwerten auf.

Diskussion

Die habituierten Ausscheidungen von Noradrenalin, Magnesium und Cortisol stehen in einem (statistischen) Zusammenhang mit dem habituierten Schlaferleben.

Die habituierte Noradrenalinausscheidung ist geringer bei Personen, die ihren Schlaf als generell ruhig und tief erleben bzw. sich durch den Schlaf generell ausgeruht fühlen. Das Ausmaß der Verringerung ist von dem habituierten Einschlaf- und Traumerleben abhängig. Personen, die subjektiv gut einschlafen und lange erinnerbare Traumzeiten angeben, weisen zusätzlich etwas höhere Werte auf.

Die habituierte Magnesiumausscheidung ist bei Personen deutlich niedriger, die ihren Schlaf als generell tief erleben.

Die habituierte Cortisolausscheidung ist bei Personen deutlich höher, die ihren Schlaf als generell gut erleben. Unter Beachtung der hohen bivariaten Redundanz

(50%) zwischen der habituierten Cortisolausscheidung und der Persönlichkeitsskala "Aggressivität" einerseits und der bivariaten Redundanz (18%) zwischen dem generellen Antwortverhalten auf die Frage "Haben Sie gut geschlafen?" und der Persönlichkeitsskala "Aggressivität" andererseits ist davon auszugehen, daß der beobachtete Zusammenhang zwischen Cortisolausscheidung und Schlaferleben auf die Persönlichkeit (FPI_R-Skala "Aggressivität") zurückzuführen ist.

6.3.5 Momentanreaktionen

Ergebnisse der Feldstudie

- Die momentane Änderung der habituierten Magnesiumausscheidung weist eine signifikante Korrelation mit der momentanen Änderung der subjektiven Schlafqualität und mit dem subjektiven Einschlaferleben auf.
- Die momentane Änderungen der habituierten Noradrenalin- bzw. Magnesiumausscheidungen weisen signifikante Zusammenhänge mit den momentanen Änderungen der habituierten Glucose- und Cholesterinwerte auf.
- Die momentanen Änderungen der habituierten Angaben zum "guten Schlaf" bzw. für das erinnerbare Erwachen und für die morgendliche Befindlichkeit weisen signifikante Korrelationen mit den momentanen Änderungen der habituierten Thrombozytenzahl bzw. mit den momentanen Änderungen der habituierten Werte von Apolipoprotein B auf.

Diskussion

Für einzelne Momentanreaktionen ist ein lockerer (statistischer) Zusammenhang zu beobachten.

Die momentane Ausscheidung von Magnesium ist in den Nächten vermindert, in denen die Personen ihren Schlaf überdurchschnittlich ruhig, tief und ihr subjektives Einschlafen als überdurchschnittlich gut erleben.

Personen mit einer momentan erhöhten Noradrenalinausscheidung weisen im Blut momentan niedrigere Glucose- und Cholesterinwerte auf.

Personen mit einer momentan erhöhten Magnesiumausscheidung weisen momentan niedrigere Triglyceride auf.

Personen mit einem momentan besseren Schlaferleben weisen im Blut momentan höhere Thrombozytzahlen auf.

Personen mit einem momentan vermehrten erinnerbaren Erwachen weisen im Blut momentan niedrigere Apolipoprotein B-Werte auf.

Personen mit einem momentan besseren morgendlichen Befinden weisen im Blut momentan höhere Thrombozytzahlen auf.

7. Umweltmedizinische Bewertung der Ergebnisse und ihre Konsequenzen

Die vorgelegten Ergebnisse dieser interdisziplinären Untersuchung über Auswirkungen von Nachtfluglärm auf das subjektive Schlaferleben und die renale Streß-Hormon-Ausscheidung, die im Feldversuch an 28 gesunden Anwohnern des Flughafens Berlin-Tegel durchgeführt wurden, sind wegen ihrer umwelt-medizinischen Aktualität von besonderem Wert. Das umso mehr, als das Studiendesign sowohl subjektive Angaben über die empfundene Schlafgüte als auch objektive klinische Daten und paraklinische Befunde im Harn und im Blut berücksichtigt hat. Die Verknüpfung wichtiger physiologischer Einzeldaten mit Persönlichkeitsmerkmalen der Versuchspersonen hat interessante Relationen gebracht.

Beim Vergleich der Ergebnisse dieser Feldstudie mit eigenen früheren Untersuchungsdaten und im Schrifttum publizierten ist ein deutlicher Erkenntniszuwachs zu konstatieren, der für die umweltmedizinische Bewertung der Gesundheitsrisiken bei Nachtfluglärm von weitreichender Bedeutung ist.

Dieser Erkenntniszuwachs beinhaltet folgende Resultate:

1. Nachtfluglärm führt zu einer ausgeprägten Minderung der subjektiv beurteilten Schlafgüte und zu nachweisbaren Streßreaktionen. Letztgenannte sind durch eine vermehrte renale Ausscheidung von Hormonen der Nebenniere (Cortisol/Adrenalin) gekennzeichnet. Dabei findet sich eine erhöhte Cortisolausscheidung insbesondere bei aggressivem Persönlichkeitsmuster. Ob hier die jahrelange Belästigung durch nächtlichen Fluglärm bei prädisponierender Persönlichkeit die Aggressivität gebahnt hat, sei zunächst dahingestellt. In diesem Zusammenhang wird jedoch auf die Tatsache hingewiesen, daß chronische Lärmexposition häufig mit aggressiven Reaktionen verbunden ist.

2. Auffallend war die Zunahme der renalen Adrenalinausscheidung in den ersten zwei Nächten der simulierten Lärmexposition mit nachfolgendem Abfall der Werte und der verzögerte Anstieg der Cortisolausscheidung mit einem Maximum in der dritten Versuchsnacht. Die kurzfristige Erhöhung der Adrenalinausscheidung zu Beginn des Expositionsversuches kann als "Alarmreaktion" und der verzögerte Anstieg der Cortisolausscheidung als "Anpassungsreaktion" endokrinologisch erklärt werden. Die auf vier Nächte limitierte Versuchsdauer lässt keine Rückschlüsse auf mögliche biorhythmische Schwankungen während einer Langzeitexposition zu. Hier sind Längsschnittuntersuchungen unerlässlich, um das nachtlärmbedingte Gesundheitsrisiko besser einschätzen zu können.
3. Von Interesse ist auch die Korrelation zwischen lärmbedingter Minderung der Schlafqualität und signifikanter Erhöhung der renalen Magnesiumausscheidung. Dieser durch weitere Untersuchungen zu bestätigende wichtige Befund dürfte nicht ohne Einfluß auf die in der Bevölkerung beobachtete negative Magnesiumbilanz sein. Hier zeigen epidemiologische Untersuchungen einen Zusammenhang mit der Zunahme des kardialen Infarktrisikos an. In dieser Richtung sind unter dem Nachtlärmaspekt weiterführende Untersuchungen zwingend.
4. Als pathophysiologisch bedeutsam ist das Ergebnis zu interpretieren, daß ab einem Lärmpegel von 55 dB(A) die weitere Erhöhung desselben auf einen Wert von 65 dB(A) und die Zunahme der Häufigkeit der Lärmereignisse von 16 auf 64 keine wesentliche Änderung des subjektiv beurteilten Schlaferlebens und keine Änderung der renalen Stresshormonausscheidung mit sich bringt. Dieser Befund könnte als Ausdruck eines physiologischen Sättigungseffektes angesehen werden. Er bedarf einer weiteren Klärung durch Untersuchungen unter den Bedingungen einer reduzierten Lärmexposition, um Schwellenwerte sowie den Bereich einer linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung zu ermitteln.
5. Von besonderem Interesse dürften unter Berücksichtigung der hormonellen Reaktionen die Befunde der postexpositionellen Blutdruck-Langzeituntersuchungen sein. Diese liegen noch nicht vor, sie befinden sich z. Z. in Auswertung für eine Dissertationsarbeit. Im Rahmen einer geplanten gemeinsamen Veröffentlichung im wissenschaftlichen Schrifttum werden auch diese Ergebnisse dargestellt, statistisch analysiert und medizinisch ausgewertet.

Die hier vorliegenden Ergebnisse unserer umfassenden klinisch-physiologischen Untersuchung in Verbindung mit psychologischen Analysen stellen z. T. neue Erkenntnisse dar und erhärten die These, daß Nachtfluglärm als ausgesprochener Distress zu bewerten ist, der das interne Milieu nachweislich verändert. Damit ist das gesundheitliche Risiko der Nachtlärmexponierten als erhöht zu betrachten,

wobei die chronische Exposition solange als gesundheitsgefährdend gelten muß, wie nicht das Gegenteil erwiesen ist. Aus diesem Grunde sind Langzeituntersuchungen unter Einbeziehung weiterer hormoneller Parameter (z. B. Dihydroandrosteron, Schilddrüsenhormone) unabdingbar.

Epidemiologische Studien deuten darauf hin, daß chronische Nachtlärmbelastung das Herz-Kreislauf-Risiko verstärkt.

Darüber hinaus sollten epidemiologische Untersuchungen zur Klärung der Frage beitragen, ob Personen mit nachtfluglärmbedingter erhöhter Cortisol-Ausschüttung bzw. -ausscheidung vermehrt zur Infektanfälligkeit auf der Basis einer Immunsuppression neigen.

8. Literatur

- Ader,R.; Locke,S.; Besedowsky,H.; Hall,N.; Solomon,G.; Storm,T.: Foundations of Psychoimmunology. Aldine Publ., New York 1985
- Anderson, K.; Lindval, T.(Ed.):
Health effects of community noise.
Nordic Noise Group, Nordic Council of Ministers 1988
- Andren,L.; Lindstedt, G.; Björkman; M.; Borg, K.O.; Hansson,L.:
Effects of noise on blood pressure and "stress" hormones.
Clin. Sci. (Suppl.) 62 1982
- Bättig, K.; Zeier, H.; Müller, R.; Buzi, R.:
Field study on vegetative effects of aircraft noise.
Arch. Environm. Health 35 1980
- Blankenstijn, P; et al.:
Support for adrenaline-hypertension hypothesis:
18 hour effect after 6 hour adrenaline-infusion. The Lancet 1988
- Bley, S; Goddard, M; McLean, J.:
A review of the effects of noise on the immune system.
Proceedings of the 6th international Congress on Noise
as a Public Health Problem; Nizza 1993
- Borg,E.:
Physiological and pathogenic effects of sound.
Acta Oto-Laryngol. (Suppl.) 381 1981

- Bortz, J.:
Lehrbuch der Statistik.
Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York 1979
- Bortz, J.:
Lehrbuch der empirischen Forschung.
Springer-Verlag 1984
- Brandenberger,G.; Follenius,M.; Wittersheim,G.; Salame,P.:
Plasma catecholamines and pituitary adrenal hormones related
to mental task demand under quiet and noise conditions.
Biological Psychology 10 1980
- Brückner, C.; Suvorov, G. A.; Müller, W.; Denisov, E.;
Skarinov, L.; Richartz, G.; Reichelt, M.; Dietze, B.; Kliesener, H.;
Seidel, H.; Bartsch, R.:
Die Beeinflussung einiger physiologischer Funktionen des menschlichen
Organismus durch Lärm verschiedener Strukturen.
Zeitschrift. ges. Hygiene 31 1985
- Cantrell, R.W.:
Physiological effects of noise.
Otolaryngol. Clinics of North America 12 1979
- Cohen, S.: After effects of stress on human performance and
social behavior. A review or research and theory.
Psychol. Bulletin 88 1980
- Dienel, D.: Psychische, ergonomische, physiologische und
biochemische Wirkungen von Verkehrslärm.
Dissertation FU Berlin 1987
- DIN 45643: Messung und Bewertung von Fluggeräuschen;
Teil 1: Meß- und Kenngrößen;
Teil 2: Fluglärmüberwachungsanlagen im Sinne §19a Luftverkehrsgesetz;
Teil 3: Ermittlung des Beurteilungspegels für Fluglärmmissionen.
Deutsches Institut für Normung, Berlin 1984
- Eiff, A.W. von:
Stress und vegetatives Nervensystem.
Bundesgesundheitsblatt 35 1992

- Elmadjian,F.:
Excretion of epinephrine and norepinephrine in various states.
Journal Clin. Endocrinology 17 1957
- Fluglärmgesetz :
Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30. 3. 1971 (BGB 1I282),
zuletzt geändert durch Art. 3,
Dritte Zuständigkeitsanpassungs-Verordnung vom 26. 11. 1986 1986
- Frankenhäuser, M.:
Experimental approaches to the study of catecholamines and emotions.
In: Levi,L.(ed.): Emotions:
Their parameters and measurements.
Raven Press; New York 1975
- Gaensslen, H.; Schubö, W.:
Einfache und komplexe statistische Analyse.
Ernst Reinhard Verlag, München Basel 1973
- Glass, D.C.; Singer, J.E.; Friedman, L.N.:
Psychic cost of adaptation to environmental stressor.
Journal Personality and Social Psychol. 12 1969
- Gottlob, D.: Störungen des Nachtschlafs durch Fluglärm.
Vortrag vor der Flughafenkommission des Flughafens Frankfurt 1989
- Griefahn, B.: Grenzwerte vegetativer Belastbarkeit.
Zeitschrift für Lärmbekämpfung 30 1982
- Griefahn, B.:
Präventivmedizinische Vorschläge für den nächtlichen Schallschutz.
Zeitschrift für Lärmbekämpfung 37 1990
- Gruber, J.:
Sleep disturbance by aircraft noise:
changes of sleep stages and increased catecholamine secretion.
KNMG- Nachtvluchten en slaapverstoring; Symposium; Rotterdam 1992
- Guski, R.:
Lärm: Wirkungen unerwünschter Geräusche.
Huber Verlag, Bern 1987

- Hawel, W.; Starlinger, H.:
Zum Einfluß von Lärm auf die Katecholamin- Ausscheidung
und auf das psychologische Befinden.
XVeme Congres International de Medicine du Travail 4 1966
- Hawel, W.; Starlinger, H.:
Einfluß von wiederholtem vierstündigem intermittierendem sogenannten
rosa Rauschen auf Katecholaminausscheidung und Pulsfrequenz.
Int. Zeitschrift angew. Physiol. 24 1967
- Hecht, A.; Engfer, A.; Peter, J. H.; Poppei, M. (Hrsg):
Schlaf, Gesundheit, Leistungsfähigkeit;
Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1993
- Henry, J.P.; Stephens, P.M.:
Stress, health, and the social environment.
Springer, Berlin 1977
- Heusch, G.; Schulte, W.; Rüddel, H.; Neuss, H.:
Lärm und vegetatives Nervensystem.
Therapiewoche 31 1981
- Ising, H.; Dienel, D.; Günther, T.; Markert, B.:
Health effects of traffic noise.
Int. Arch. Occup. Environ. Health 47 1980
- Ising, H.; Günther, T.:
Wirkungen mehrstündiger Lärmbelastung auf Wohlbefinden,
Körperfunktionen und Leistung des Menschen.
Zeitschrift. Lärmbekämpfung 30 1983
- Ising et al.:
Stressreaktionen und Gesundheitsrisiko bei Verkehrsbelastung.
Dietrich Reimer Verlag, Berlin 1983
- Ising, H.; Kruppa, B. (Hrg.):
Lärm und Krankheit - Noise and Disease.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart New York 1993
- Jansen, G.:
Einfluß hoher Lärmintensitäten auf den menschlichen Organismus.
Wehrmed. Mschr. 10 1981

- Jansen, G.:
Biologische Wirkungen von Lärm auf die Gesundheit.
Zeitschr. Lärbekämpfung 30 1983
- Jansen, G.:
Zur "erheblichen Belästigung" und "Gefährdung" durch Lärm.
Zeitschr. Lärbekämpfung 33 1986
- Jong, R.G. de:
Extraaurale Wirkungen von Fluglärm auf die Gesundheit -
eine Literaturübersicht. Bundesgesundheitsblatt 35 1992
- Karagodina, I.L.; Soldatkina, S.A.; Vinokur, I.L.; Klimukhin, A.A.:
Effects of aircraft noise on the population near airports.
Hyg. and Sanitat.34 1964
- Kirschbaum, C.; Hellhammer, D.H.:
Salivary cortisol in psychobiological research: An overview.
Neuropsychology 22 1989
- Konzett, H.; et al.:
On the urinary output of vasopressin, epinephrine and norepinephrine
during different stress situations.
Psychopharmacologia 21 1971
- Kryter, K.D.; Poza, F.:
Effects of noise on some autonomic system activities.
Journal Acoust. Soc. Am. 67 1980
- Kryter, K.D.:
The effects of noise on man.
Academic Press, Orlando 1985
- Levi, L.(Ed):
Stress and distress in response to psychosocial stimuli.
Acta Medica Scand., Suppl.528 1972
- Lundberg, U.; Frankenhäuser, M.:
Psychophysiological reactions to noise as modified by personal control
over noise intensity.
Biol. Psychol. 6 1978

- Maas, B.; Keller, K.:
Das Verhalten der Thrombozytenadhäsivität und der freien Fettsäuren
unter Lärm.
Oto. Rhinol. Laryngol. 208 1974
- Marth, E.; Gallasch, E.; Fueger, G.F.; Möse, J.R.:
Aircraft Noise: Changes of biochemical Parameters.
Zentralblatt für Bakteriologie und Hygiene 185 1988
- Maschke, C.; Breinl, S.; Grimm, R.; Ising, H.:
Der Einfluß von Nachtfluglärm auf den Schlaf und die
Katecholaminausscheidung.
Bundesgesundheitsblatt 3 1992
- Maschke, C.:
Der Einfluß von Nachtfluglärm auf den Schlafverlauf und die
Katecholaminausscheidung.
Dissertation TU-Berlin 1992
- Mason, J.W.:
A review of psychoendocrine research on the pituitary adrenaline and
cortical system.
Psychosomatic Med. 30 1968
- Nitsch, J.R.:
Streß: Theorien, Untersuchungen, Maßnahmen.
Verlag Hans Huber 1981
- Oeser, K.; Beckers, J.H.(Hrsg.) Fluglärm:
Ein Kompendium für Betroffene.
Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1987
- Oritz, C.W.; Arguelles, A.E.; Crespin, H.A.; Sposar, I.G.;
Villafane, C.T.:
Modification of epinephrine, norepinephrine, blood lipid fraction
and cardiovascular system produced by noise in an industrial medium.
Hormone Research 5 1974
- Passchier-Vermeer, W.:
Noise and health.
The Hague: Health Council of the Netherlands,
publication no. A93/02E 1993

- Rai, R.M.; Singh, A.P.; Upadhyay, T.N.; Patil, S.K.B.; Nayar, H.S.: Biochemical effects of chronic exposure to noise in man.
Int. Arch. Occup. Environ. Health 48 1981
- Rehm, S.: Research on extraaural effects on noise since 1978. In: Rossi, G.(Ed.): Noise as a public health problem. Proceedings of the fourth international congress. (Vol. 1), Centro Richerche E Studi Amplifon, Milano 1983
- Rohrmann, B.: Fluglärm und seine Wirkung auf den Menschen.
Huber Verlag Bern 1978
- Schwarze, S.; Jansen, G.: Critical assessment of methodological approaches for evaluating non-auditory physiological noise effects - consequences for the continuation of noise research.
In: Berglund, B.; Lindval, T.(Ed.): Noise as a public health problem. (Vol. 4), Swedish Council for Building Research, Stockholm 1990
- Slob, A.; Wink, A.; Radde, J.J.: The effects of acute noise exposure on the excretion of corticosteroids, adrenaline and noradrenaline in man.
Int. Arch. Arbeitsmed. 31 1973
- Scheid, R.; Bartsch, R.; Brückner, C.: Die extraaurale Wirkung von Lärm - eine Literaturübersicht.
Lärmbekämpfung 33 1986
- Schubö, W.; Uehlinger, H.M.; Perlitz, CH.; Schröger, E.; Sierwald, W.: SPSS: Handbuch der Programmversionen 4.0 und SPSS-X 3.0.
Gustav Fischer Verlag Stuttgart, New York 1991
- Strobel, J.: Kreislaufphysiologische und biochemische Wirkungen des militärischen Fluglärms.
Dissertation, FU-Berlin 1986
- Thompson, S.J.; Fidell, S.: Feasibility of studying human health effects of aircraft noise in residential populations.
In: Berglund, B.; Lindval, T.(Eds.): Noise as a public health problem. (Vol. 4), Swedish Council for Building Research, Stockholm 1990

UBA (Hrsg.):

Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm.
Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim
Umweltbundesamt; Berlin

1982

UBA (Hrsg.):

Belästigung durch Lärm: Psychische und körperliche Reaktionen.
Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim
Umweltbundesamt; Berlin

1990

Zersen, D. V.; Koller, D.-M.:

Klinische Selbstbeurteilungsskalen (KSb-S),
Münchener Psychiatrisches Informations-System
Beltz Test GmbH, Weinheim

1976

Zwicker, E.; Fastl, H.:

Sinnvolle Lärmmeßung und Lärmgrenzwerte.
Lärmbekämpfung 33

1986

Abbildungen zum Bericht Nr. Gr. 452/8-2

Abb. Nr.	Seite
1.0 Typische Schlafprofile unter Ruhe und Fluglärm.....	8
1.1 Zusammenhang zwischen Lärmart und Streßreaktion.....	14
3.1 Wohngebiete der Versuchspersonen	17
3.2 Zeitlicher Ablauf der Datenerhebung	21
3.3 Typischer Verlauf des Schalldruckpegels	23
3.4 Differenz der Mittelungspegel	25
3.5 Differenz der Mittelungspegel (24 h).....	26
4.1 Flußdiagramm der Beschallung.....	33
5.1 Versuchsdesign	35
5.2 Auswertedesign I (ohne/mit Fluglärm).....	37
5.3 Auswertedesign II (Pegel/Anzahl mit Versuchsnächten).....	40
6.1 Erfragte Teilnehmermotivation	47
6.2 Subjektive Beeinträchtigungen/Wahrnehmungen (mittl. Angaben ohne/mit Fluglärm)	50
6.3 Subjektive Beeinträchtigungen/Wahrnehmungen (mittl. Angaben ohne/mit Fluglärm)	51
6.4 Wahrnehmungen/Beeinträchtigungen (Überflugpegel).....	53
6.5 Subjektive Beeinträchtigung (Überflugpegel)	53
6.6 Wahrnehmungen/Beeinträchtigungen (Flughäufigkeit)	54
6.7 Subjektive Beeinträchtigung (Flughäufigkeit)	55
6.8 "Haben Sie gut geschlafen" (nächtlicher Verlauf).....	58
6.9 "Haben Sie geträumt" (nächtlicher Verlauf)	59
6.10 "Subjektive Einschlaflatenz" (nächtlicher Verlauf).....	59
6.11 "Erinnerbares Erwachen" (nächtlicher Verlauf)	60
6.12 "Morgendliches Befinden" (nächtlicher Verlauf)	60
6.13 Subjektive Schlafqualität (ohne Fluglärm/mit Fluglärm)	62
6.14 Erinnerbares Erwachen/Träumen (ohne Fluglärm/mit Fluglärm)	63
6.15 Befindlichkeit/ subjektive Einschlaflatenz (ohne /mit Fluglärm)	63
6.16 Subjektive Schlafqualität (Überflugpegel)	66
6.17 Subjektive Schlafqualität (Flughäufigkeit)	67
6.18 "Habe gut geschlafen" (habituierte Angaben).....	68
6.19 "Habe geträumt" (habituierte Angaben).....	69
6.20 "Subjektive Einschlaflatenz" (habituierte Angaben).....	69
6.21 "Erinnerbares Erwachen" (habituierte Angaben).....	70

Abb. Nr.	Seite
6.22 "Morgendliches Befinden" (habituierte Angaben)	70
6.23 Mittleres Harnvolumen (nächtlicher Verlauf)	81
6.24 Mittlere Adrenalinausscheidung (nächtlicher Verlauf).....	81
6.25 Mittlere Noradrenalinausscheidung (nächtlicher Verlauf)	82
6.26 Mittlere Dopaminausscheidung (nächtlicher Verlauf)	83
6.27 Mittlere Cortisolausscheidung (nächtlicher Verlauf).....	84
6.28 Mittlere Magnesiumausscheidung (nächtlicher Verlauf).....	85
6.29 Adrenalinausscheidung (ohne Fluglärm/mit Fluglärm)	87
6.30 Cortisolausscheidung (ohne Fluglärm/mit Fluglärm)	87
6.31 Harnvolumen (habituierte Werte)	91
6.32 Adrenalinausscheidung (habituierte Werte).....	91
6.33 Magnesiumausscheidung (habituierte Werte).....	92
6.34 Cortisolausscheidung (habituierte Werte)	92
6.35 Thrombozytenzahlen (ohne Fluglärm/mit Fluglärm)	106
6.36 Apolipoprotein B (habituierte Werte)	108
6.37 Apolipoprotein A1 (habituierte Werte)	108
6.38 HDL-Cholesterin (habituierte Werte).....	109
6.39 LDL-Cholesterin (habituierte Werte).....	109
6.40 Thrombozytenzahlen (habituierte Werte)	110
6.41 Adrenalinausscheidung (Feld und Labor)	119
6.42 Noradrenalinausscheidung (Feld und Labor).....	124

Tabellen zum Bericht Nr. Gr. 452/8-2

Tab. Nr.	Seite
3.1 Überflugpegel, Anzahl der Flüge und fluglärmbedingte Mittelungspegel.....	26
5.1 3-faktorielle Varianzanalyse (Personen/Fluglärm/Sequenz).....	38
5.2 3-faktorielle Kovarianzanalyse (mit Meßwiederholung auf 2 Faktoren)....	41
6.1 Alter der Versuchspersonen	44
6.2 Familienstand.....	44
6.3 Haushalt	44
6.4 Berustätigkeit.....	45
6.5 Berufsgruppe	45
6.6 Schulabschluß	46
6.7 Übliche Zubettgehnzeit	46
6.8 Durchschnittliche Schlafzeit.....	46
6.9 Erhobene Variablen (subjektive Beeinträchtigungen)	49
6.10 3-faktorielle Varianzanalyse (subjektive Beeinträchtigungen).....	49
6.11 3-faktorielle Kovarianzanalyse (subjektive Beeinträchtigungen)	52
6.12 Erhobene Variablen (Schlaferleben).....	56
6.13 Schlaferleben: Nächtliche Mittelwerte und Standardabweichungen.	57
6.14 3-faktorielle Varianzanalyse (Schlaferleben)	61
6.15 3-faktorielle Kovarianzanalyse (Schlaferleben).....	65
6.16 Habituiertes Schlaferleben und Persönlichkeit.....	71
6.17 Multiple Determination (Habituiertes Schlaferleben/Persönlichkeit)	73
6.18 Änderung des Schlaferlebens bei Nachtfluglärm/Persönlichkeit....	75
6.19 Multiple Determination (Änderung des Schlaferlebens bei Nachtfluglärm und Persönlichkeit).....	76
6.20 Harnanalyse (erhobene Variablen)	78
6.21 Harnanalyse: Interkorrelationsmatrix	73
6.22 Harnanalyse: Nächtliche Mittelwerte und Standardabweichungen...	80
6.23 3-faktorielle Varianzanalyse (Harnwerte).....	86
6.24 3-faktorielle Kovarianzanalyse (Harnwerte)	90
6.25 Habituierte Harnwerte und Persönlichkeitsskalen	93
6.26 Änderung der Harnwerte unter Nachtfluglärm und Persönlichkeitsskalen	95
6.27 Multiple Determination (Änderung der Harnwerte unter Nachtfluglärm und Persönlichkeit).....	95

Tab. Nr.		Seite
6.28	Habituerte Harnwerte und habituiertes Schlaferleben.....	98
6.29	Multiple Determination (Habituerte Harnwerte und habituiertes Schlaferleben).....	99
6.30	Harnwerte und Schlaferleben (Momentanreaktionen)	101
6.31	Blutanalyse (erhobene Daten).....	103
6.32	Blutanalyse (Interkorrelationsmatrix)	104
6.33	2-faktorielle Kovarianzanalyse (Blutwerte)	106
6.34	Habituerte Blutwerte und habituierte Harnwerte	111
6.35	Momentane Änderungen der Blutwerte und Harnwerte	112
6.36	Habituerte Blutwerte und habituiertes Schlaferleben.....	114
6.37	Momentane Änderungen der Blutwerte und des Schlaferlebens	116

Anhang

zu Bericht Nr. Gr. 452/8-2

Zeitpläne der Untersuchung

Zeitplan II

1 – 3/1993

[Stand 6. 2. 1993]

Aufgabenteile	Januar					Februar					März				
	04 – 09	11 – 16	18 – 23	25 – 30	01 – 06	08 – 13	15 – 20	22 – 27	01 – 06	08 – 13	15 – 20	22 – 27	– 31		
Voruntersuchung im Gesundheitsamt Reinickendorf					[Ising, Laude, BGA-Mitarbeiter, Hoppe]										
1. Einführungsveranstaltung			12.1./1990 Uhr												
2. Einführungsveranstaltung			14.1./1990 Uhr		[Ising, Maschke]										
VP-Auswahl				[Maschke, Stud. Hilfskräfte, N.N. (Psychologe)]											
Fragebögen erstellen/validisieren									1	2	3	4	5	6	
Versuchsdurchführung															
Datenaufbereitung/Eingabe im EDV				[Maschke, stud. Hilfskräfte]											
Technische Vorbereitung					[Harder, Kiekebusch, stud. Hilfskräfte]										
Softwarearbeiten							[Harder]								
Einarbeiten der Stud. Hilfskräfte															
Nachbesprechung der Voruntersuchung (Gespräche über Ergebnisse, Post an Hausarzt)									[Ising, Laude, Arndt, Hoppe]						

Zeitplan III

4 – 6/1993

[Stand: 6. 2. 1993]

Aufgabenteilung	April					Mai					Juni			
	01 – 03	05 – 10	13 – 17	19 – 24	28 – 30	03 – 08	10 – 15	17 – 22	24 – 29	01 – 30				
Versuchsdurchführung		8	R	9	R									
	7	[alle]												
Datenaufbereitung/Eingabe im EDV			[Maschke, Stud. Hilfskräfte]											
Standardauswertung der Daten											[Maschke]			
Nachbesprechung der Voruntersuchung			[Ising, Laude, Arndt, Maschke]									im Juni		
Abschlußveranstaltung												[alle]		

Zeitplan IV

7 – 9/1993

Aufgabenteilung	Juli					August					September			
	01 – 03	05 – 10	12 – 17	19 – 24	26 – 31	02 – 07	09 – 14	16 – 21	22 – 28	01 – 30				
Standardauswertung der Daten			[Maschke]											
Beurteilung der Ergebnisse und spez. Datenaufbereitung						[Ising, Laude, Arndt, Maschke]								
med. Bewertung der Ergebnisse											[Ising, Laude, Arndt]			

Abb. A 1: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 212 Geschlecht weibl. Alter 65

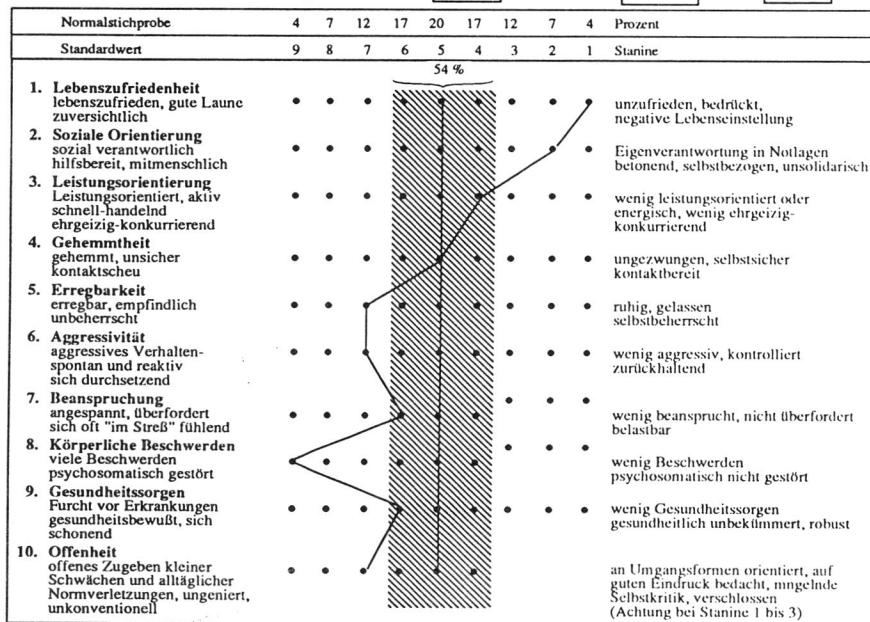


Abb. A 2: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 221 Geschlecht männl. Alter 65

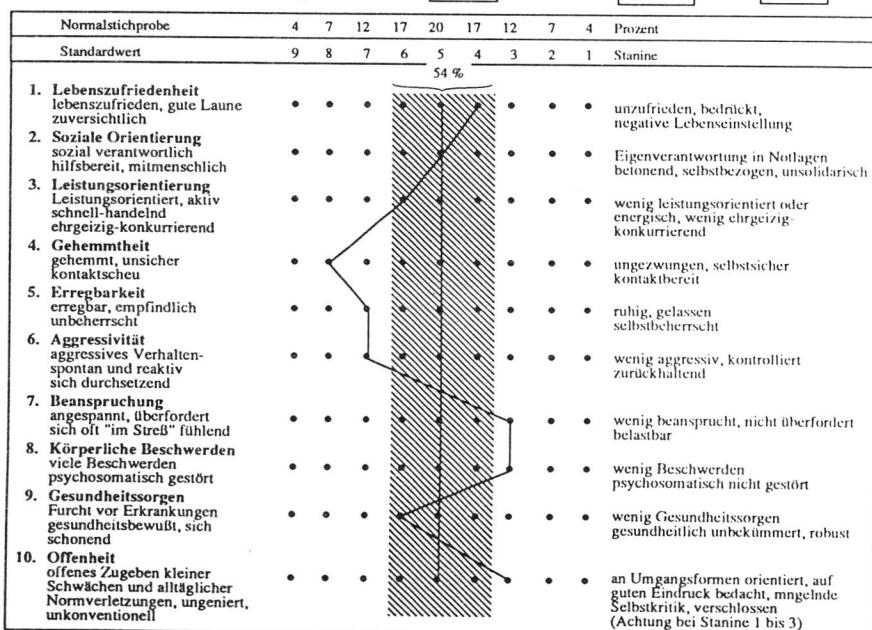


Abb. A 3: FPI-R Persönlichkeitsprofil

ID-Nr. 222

Geschlecht weibl.

Alter 63

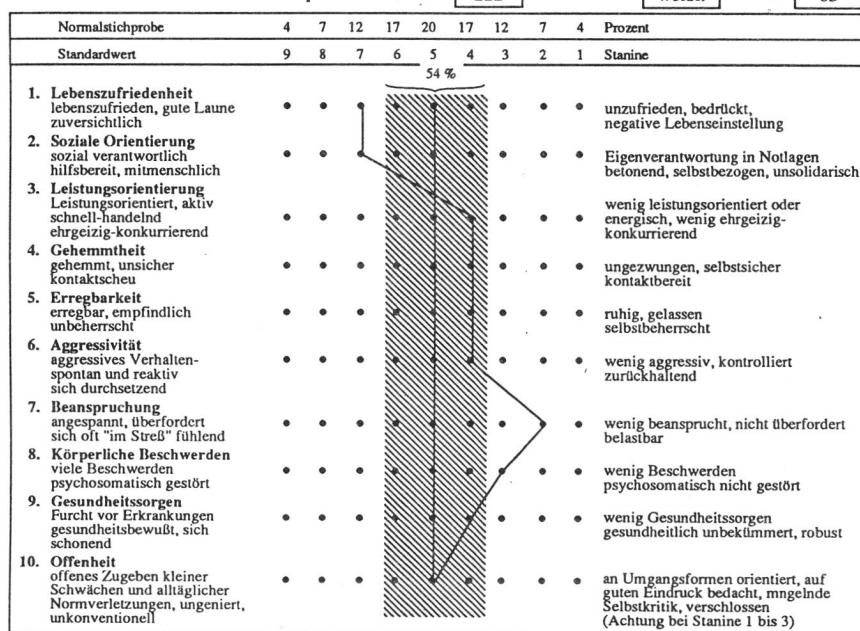


Abb. A 4: FPI-R Persönlichkeitsprofil

ID-Nr. 231

Geschlecht männl.

Alter 59

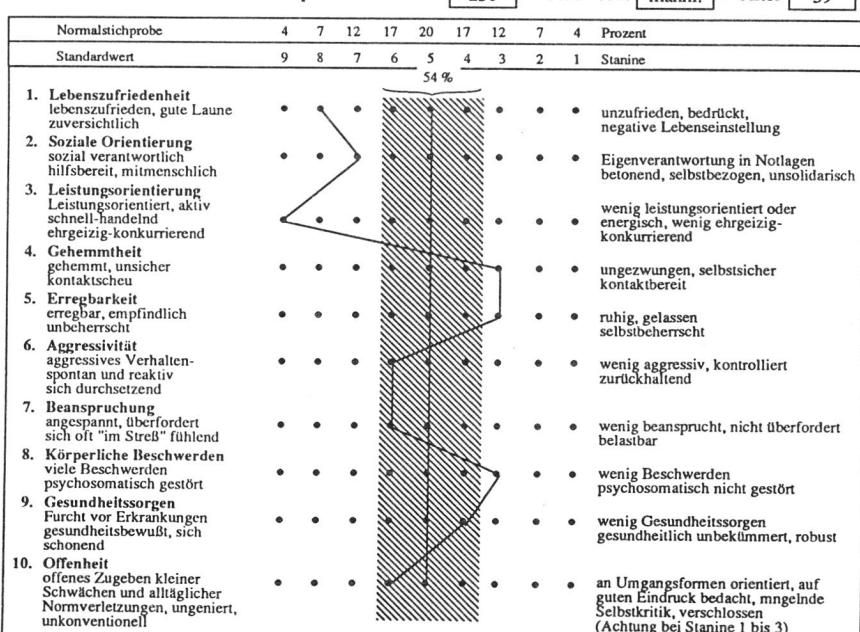


Abb. A 5: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. **232** Geschlecht **weibl.** Alter **54**

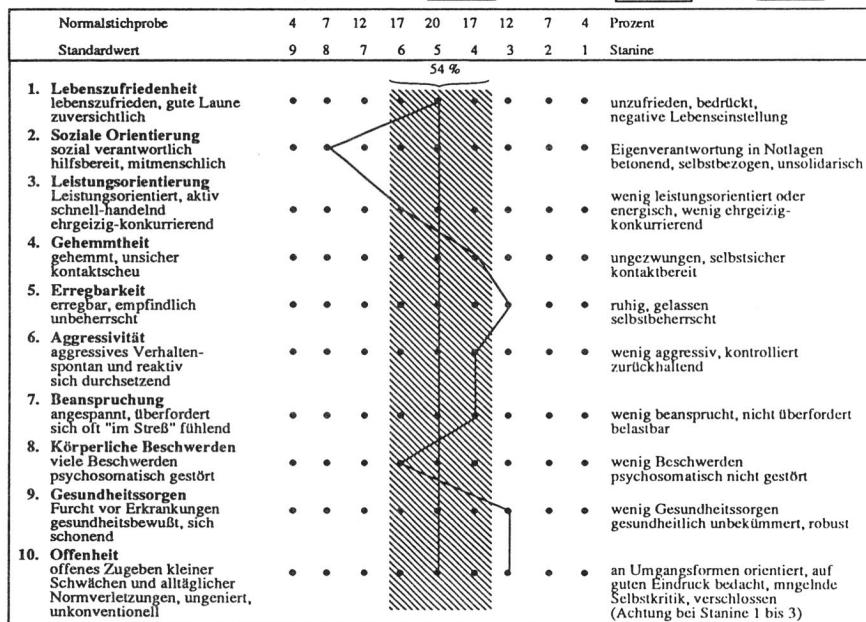


Abb. A 6: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. **242** Geschlecht **weibl.** Alter **58**

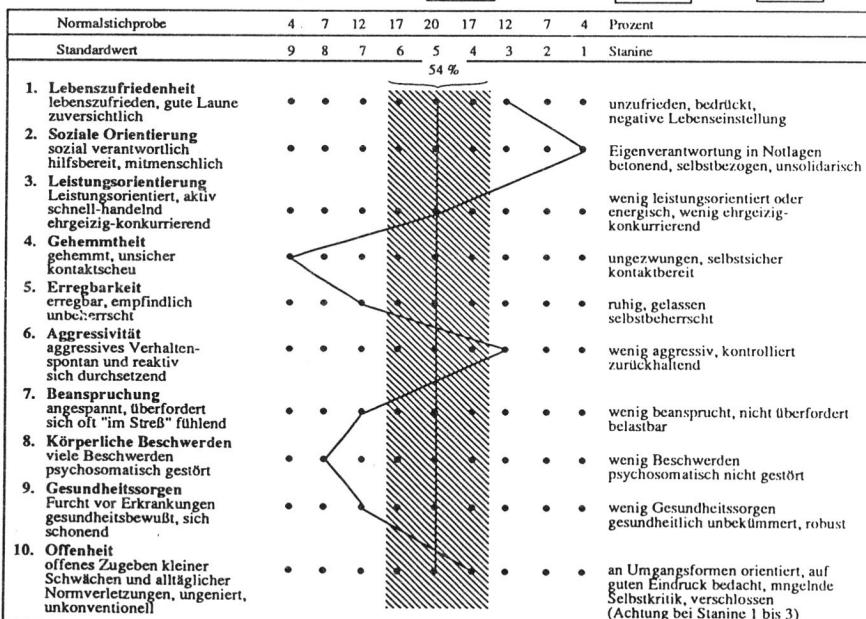


Abb. A 7: FPI-R Persönlichkeitsprofil

ID-Nr. 312

Geschlecht weibl.

Alter 58

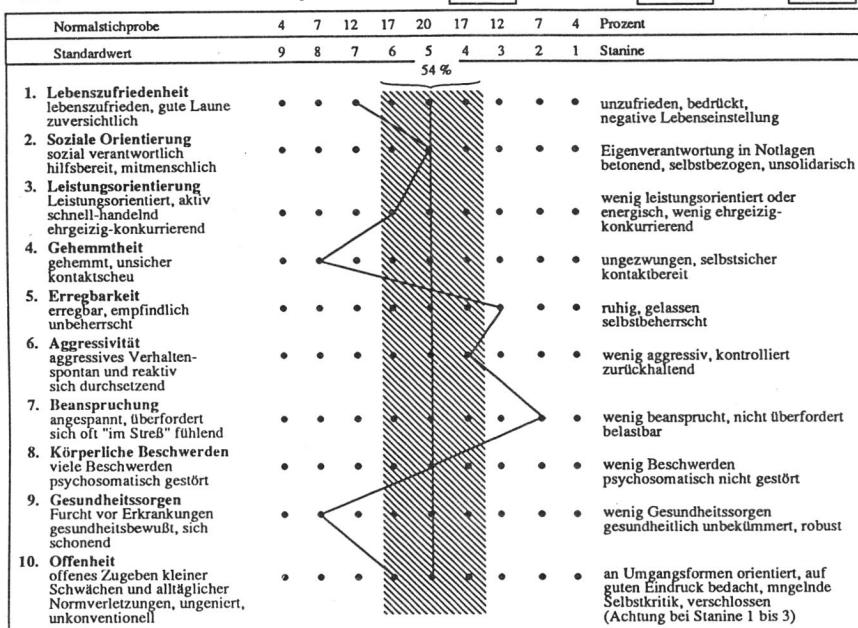


Abb. A 8: FPI-R Persönlichkeitsprofil

ID-Nr. 331

Geschlecht männl.

Alter 45

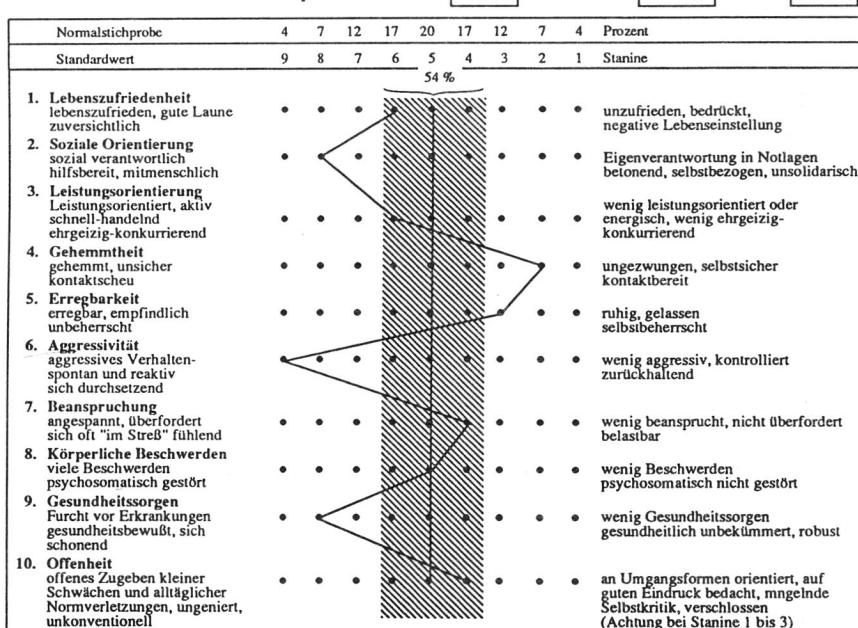


Abb. A 9: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 332 Geschlecht weibl. Alter 39

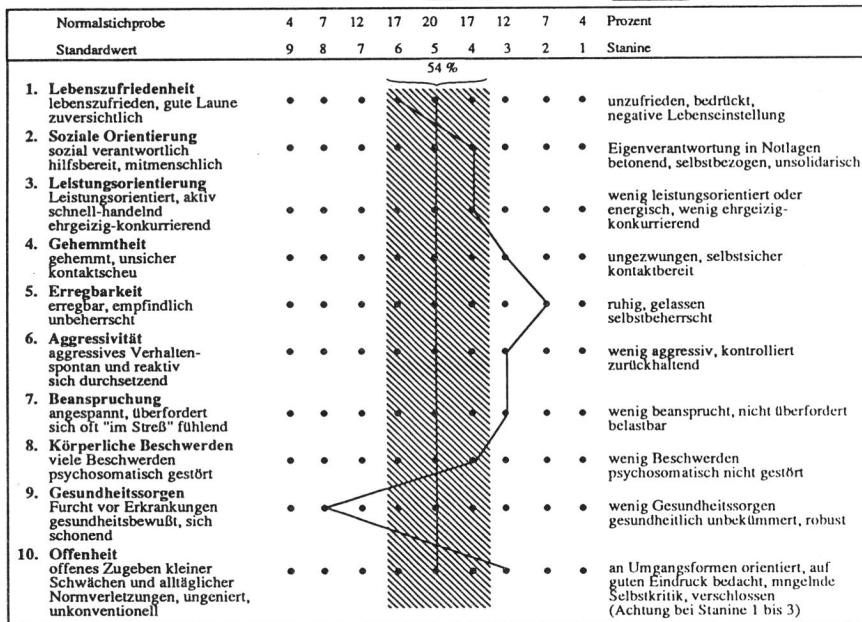


Abb. A 10: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 342 Geschlecht weibl. Alter 58

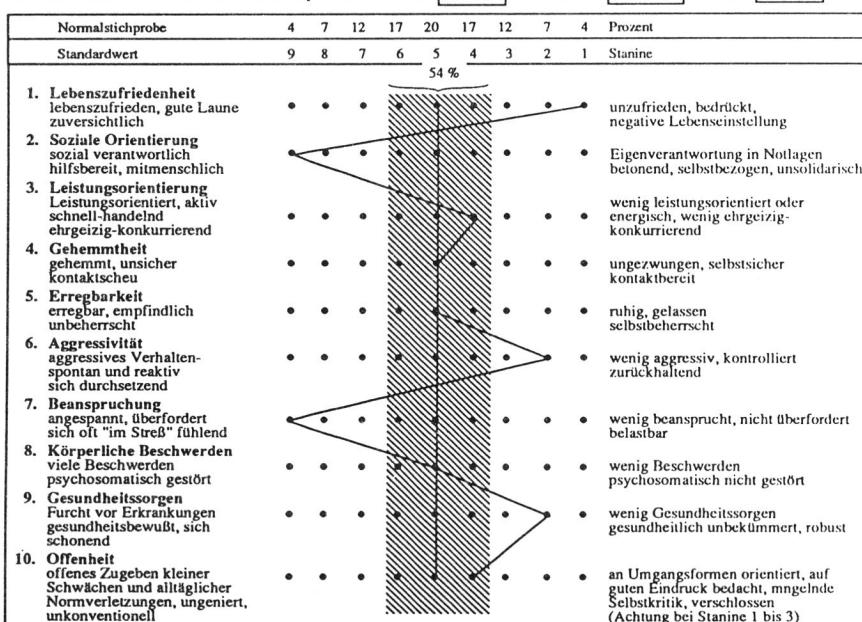


Abb. A 11: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. **411** Geschlecht **männl.** Alter **47**

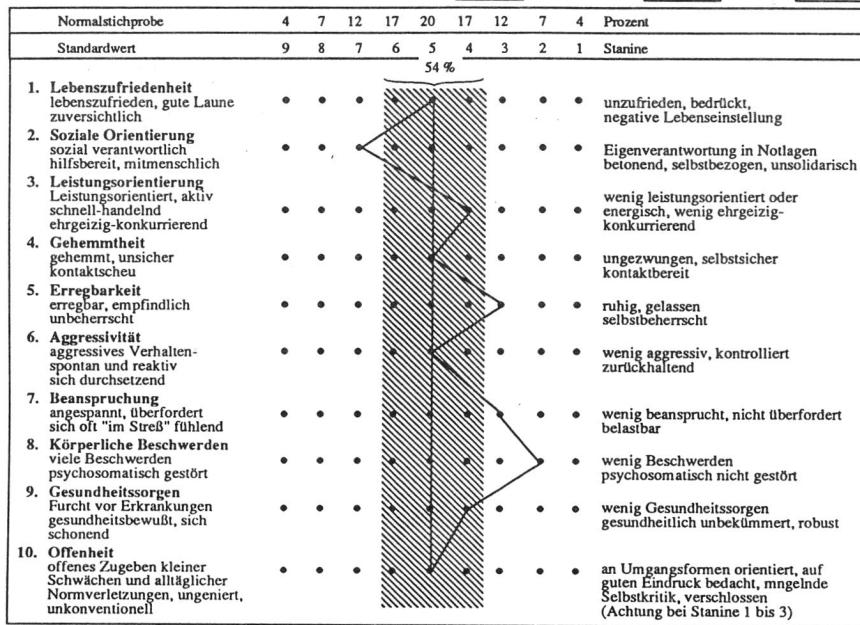


Abb. A 12: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. **412** Geschlecht **weibl.** Alter **43**

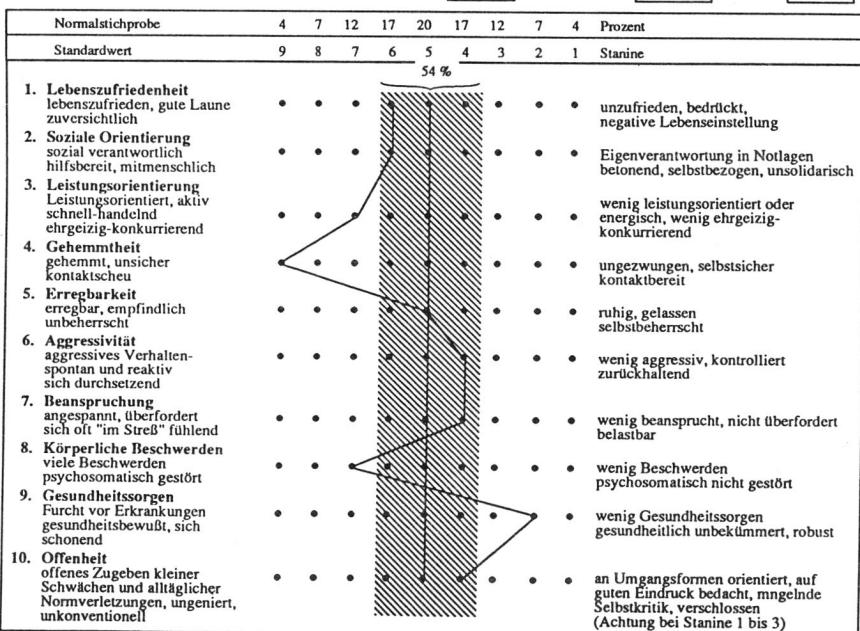


Abb. A 13: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 421 Geschlecht männl. Alter 59

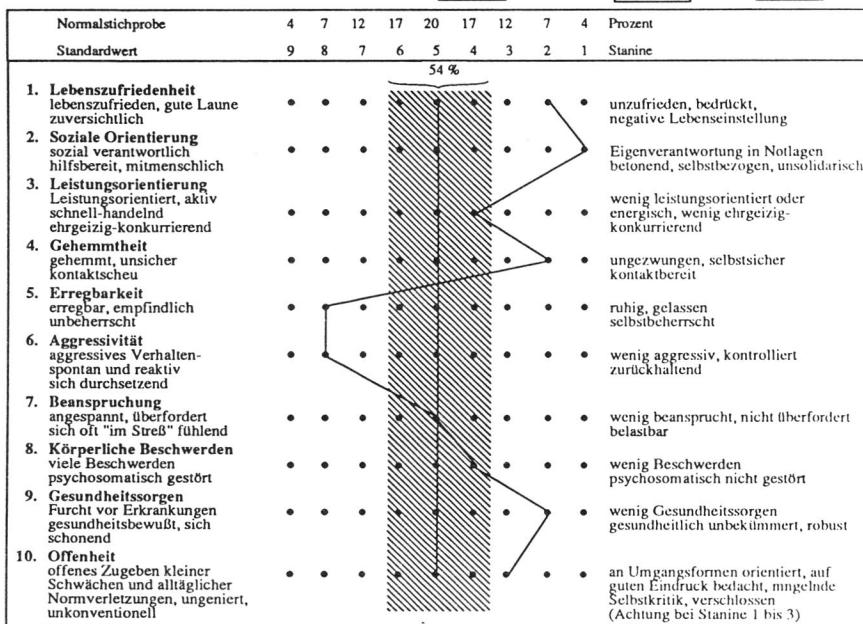


Abb. A 14: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 422 Geschlecht weibl. Alter 56

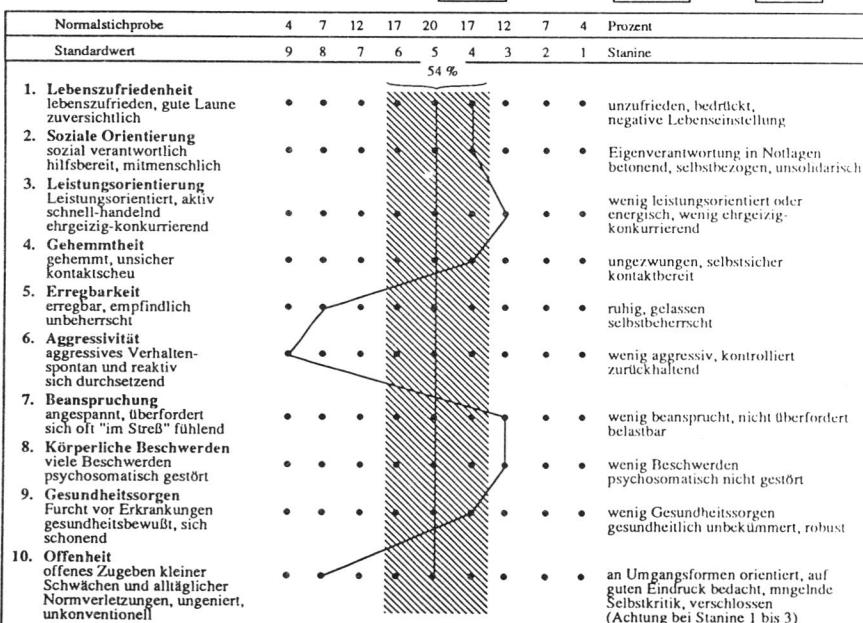


Abb. A 15: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 431 Geschlecht männl. Alter 54

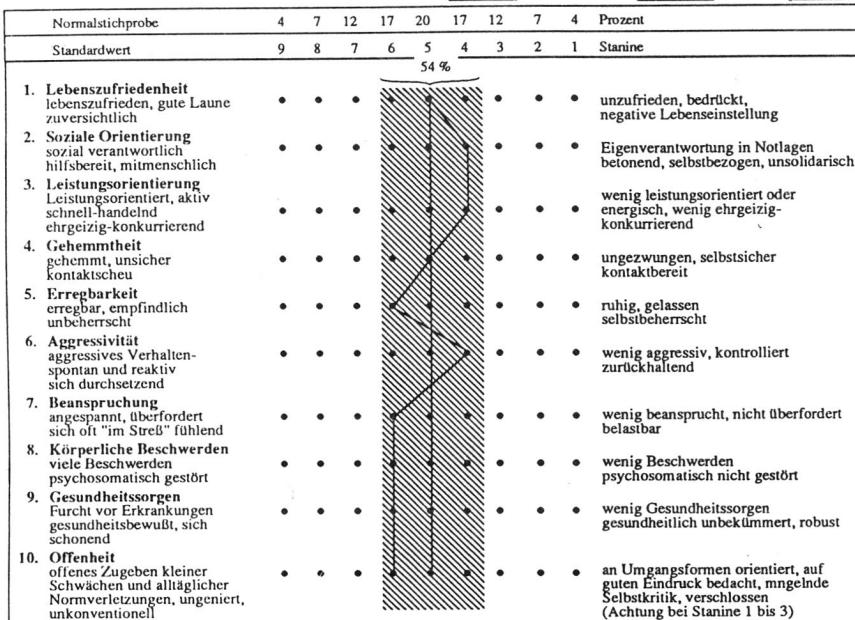


Abb. A 16: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 441 Geschlecht männl. Alter 50

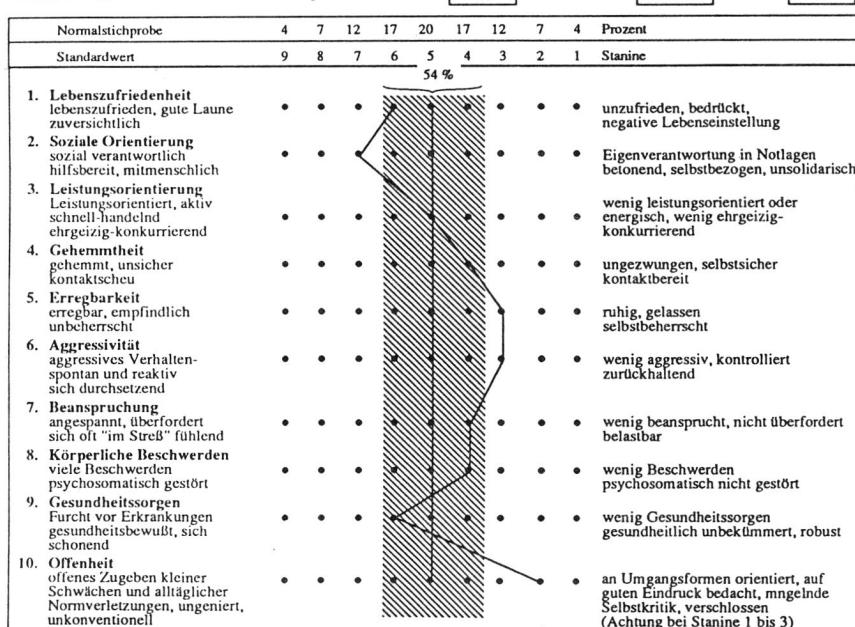


Abb. A 17 : FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 442 Geschlecht weibl. Alter 46

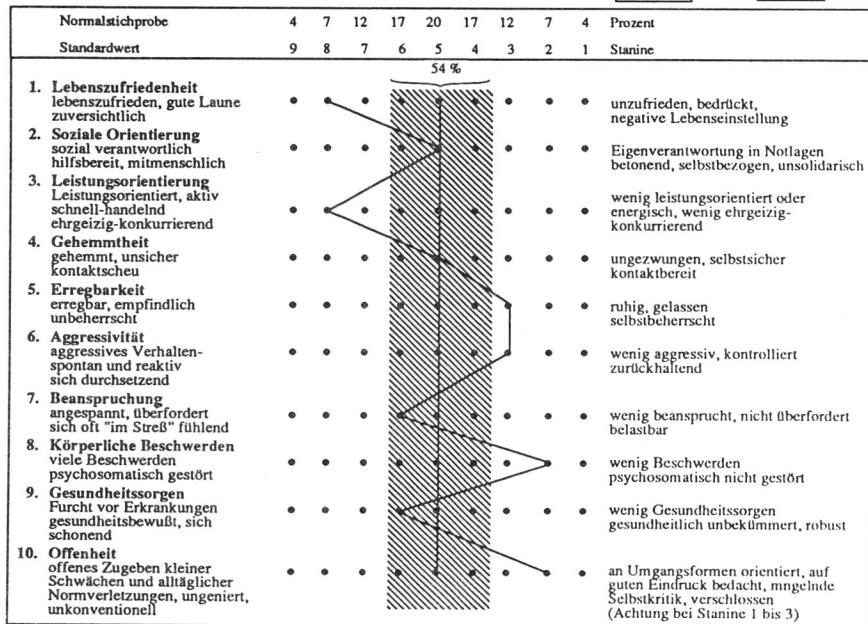


Abb. A 18: FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 512 Geschlecht weibl. Alter 50

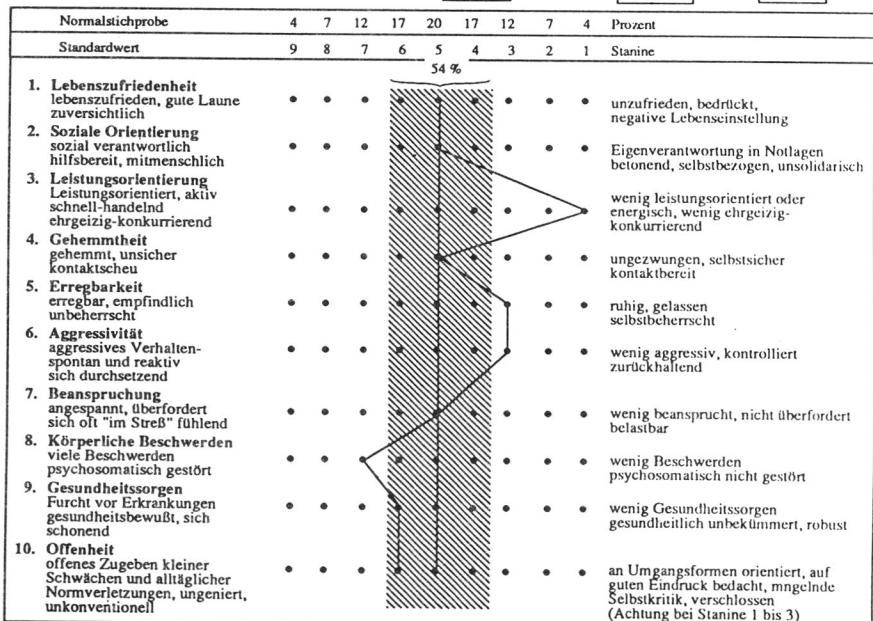


Abb. A 19: FPI-R Persönlichkeitsprofil

ID-Nr. 521

Geschlecht männl.

Alter 51

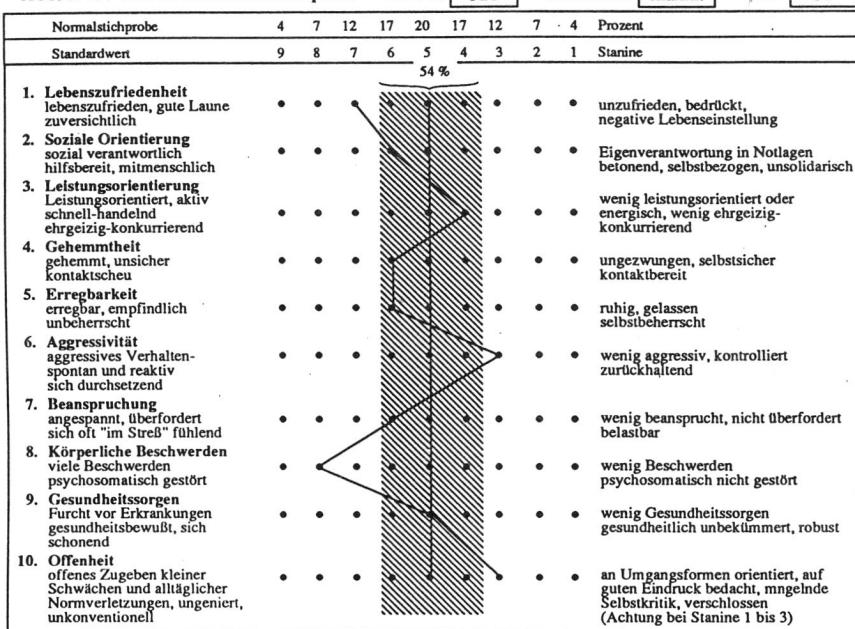


Abb. A 20: FPI-R Persönlichkeitsprofil

ID-Nr. 522

Geschlecht weibl.

Alter 48

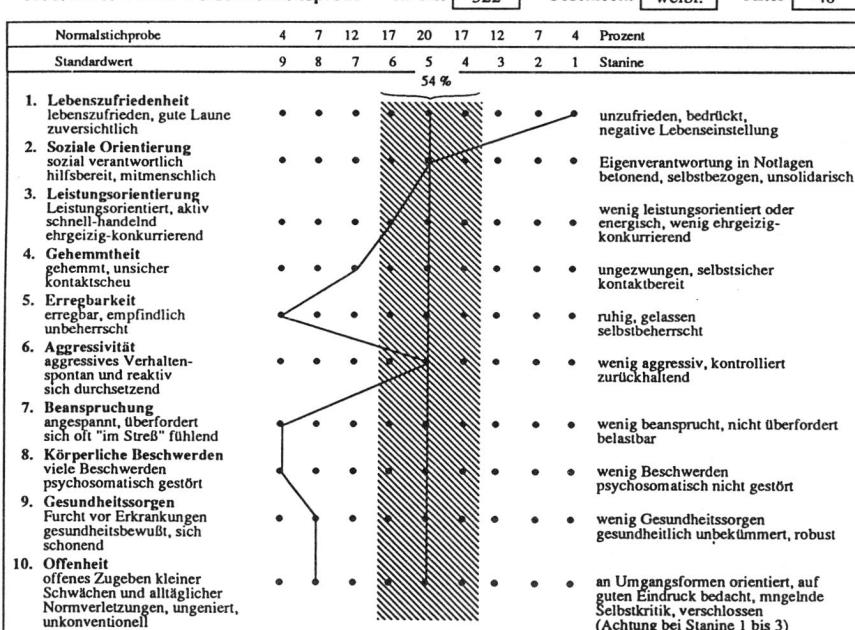


Abb. A 21 : FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 531 Geschlecht männl. Alter 44

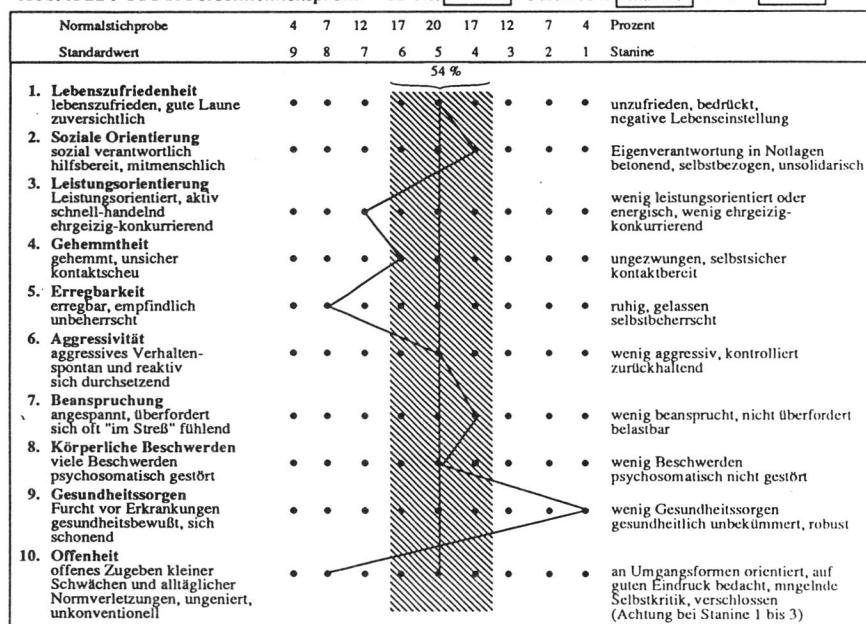


Abb. A 22 : FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 532 Geschlecht weibl. Alter 40

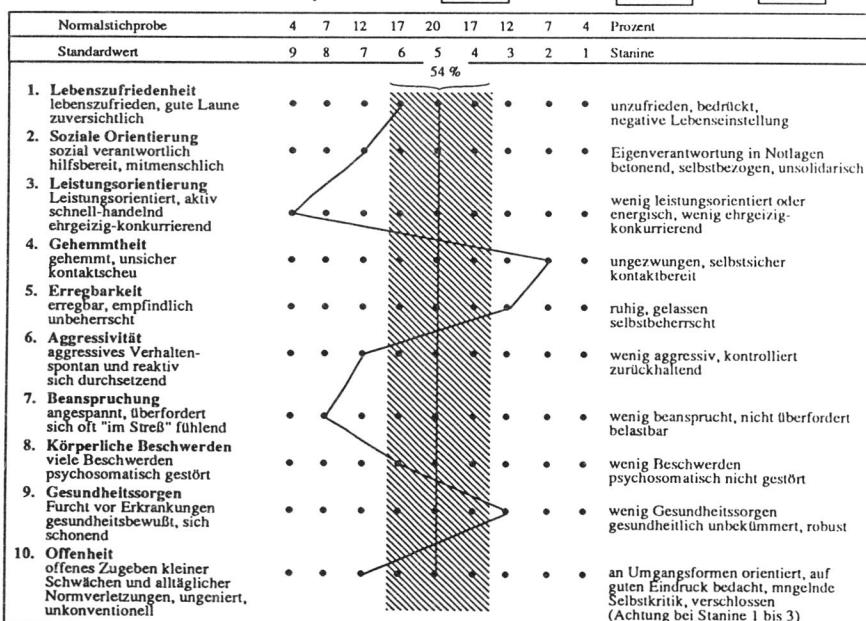


Abb. A 23: FPI-R Persönlichkeitsprofil

ID-Nr. 541

Geschlecht männl.

Alter 62

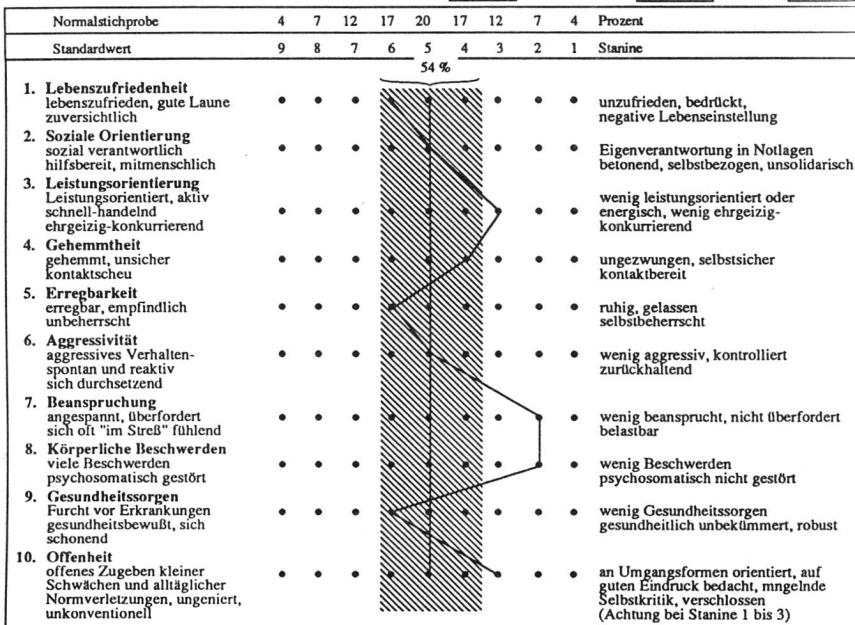


Abb. A 24: FPI-R Persönlichkeitsprofil

ID-Nr. 542

Geschlecht weibl.

Alter 54

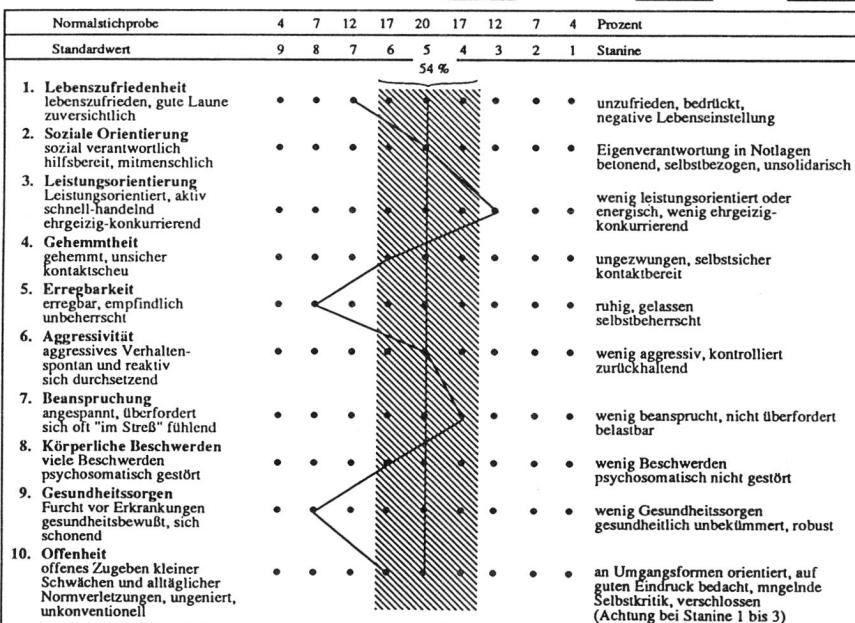


Abb. A 25 : FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 612 Geschlecht weibl. Alter 52

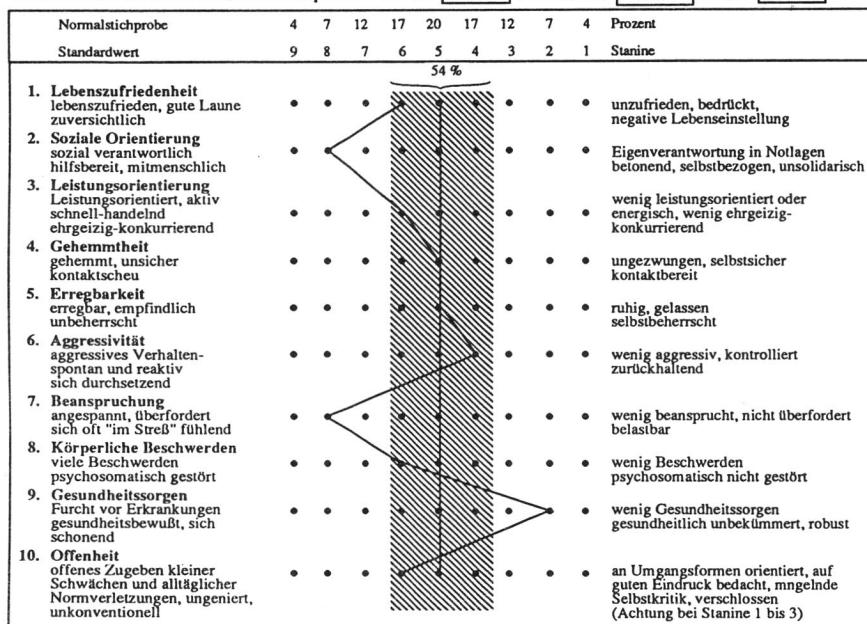


Abb. A 26 : FPI-R Persönlichkeitsprofil ID-Nr. 711 Geschlecht männl. Alter 53

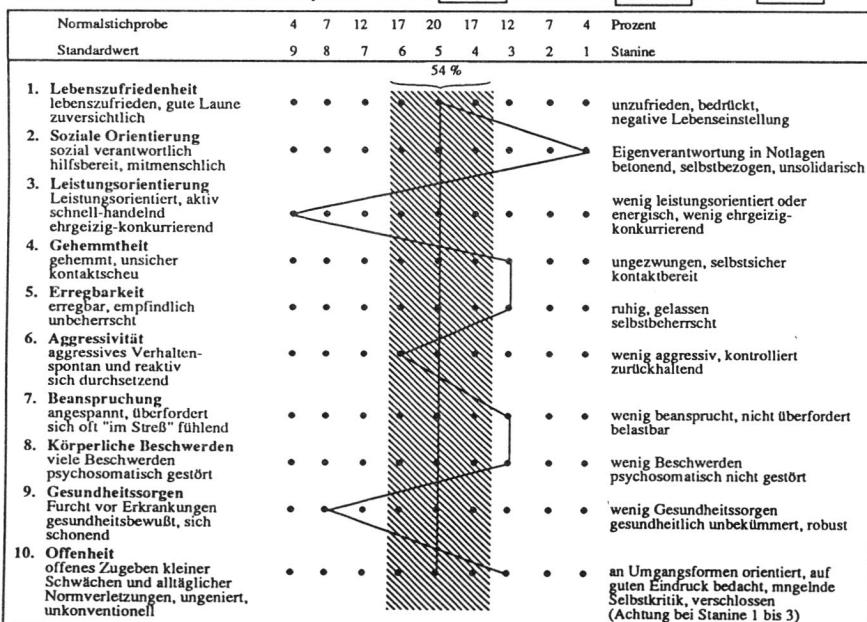


Abb. A 27: FPI-R Persönlichkeitsprofil

ID-Nr. 731

Geschlecht männl.

Alter 44

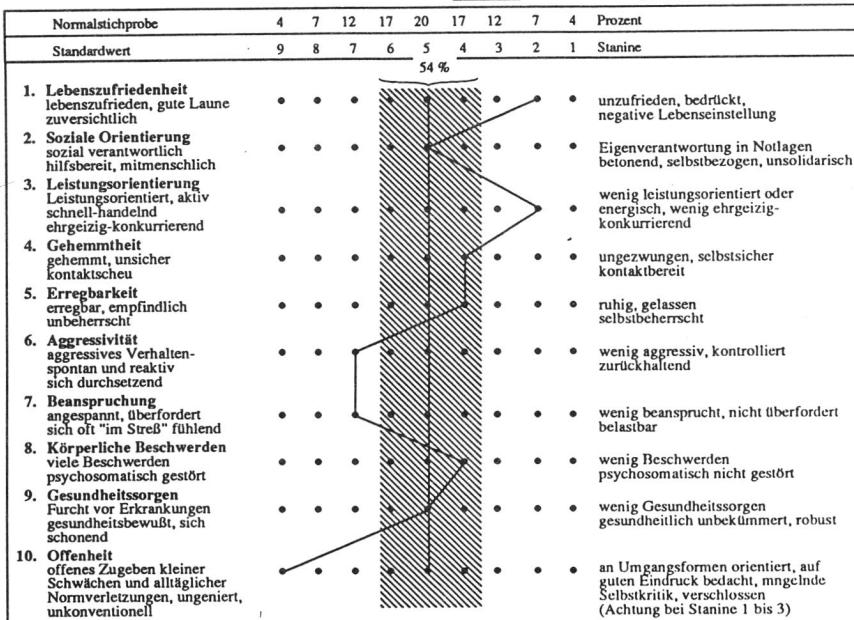
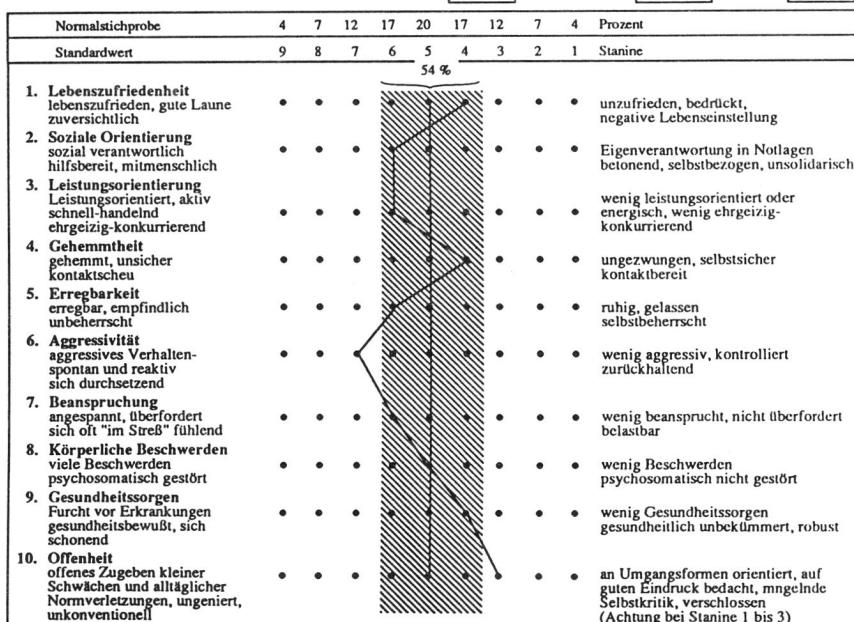


Abb. A 28: FPI-R Persönlichkeitsprofil

ID-Nr. 732

Geschlecht weibl.

Alter 38



Überprüfung des Gesundheitszustandes (1)

- XVI -

Probanden-Nr.	HK	HB mmol/l	MCHC mmol/l	Leuko Gpt/l	Thrombo Gpt/l	Diff. BB %	BASO	EOS	STAB	SEG	LY	MONO	LYOI	BSG	CO-HB %
212	0,42	9,20	21,8	4,80	190	0,5	7	1	59	28	4,5			18/34	
221	0,45	9,60	21,4	6,45	129	0,5	1,5	0,5	49,5	37,5	10,5				
222	0,43	8,70	20,2	5,75	168	0,5	3,5	9	50	29	8				
231	kein Material														
232	kein Material														
242	0,43	8,90	20,8	5,15	217	1			51	41	7				
312	0,40	8,80	21,1	6,20	192	2	2	2	43	46	5			15/26	
331	0,48	11,60	24,1	5,55	181		3		59	32	6			2/4	
332	0,40	8,31	20,2	4,45	156	4	4	1	45	45	1			6/14	
342	0,41	8,82	21,5	4,15	125	1	4		54	36	6			8/21	
411	0,43	9,73	22,6	7,30	165	3	1		53	37	6				
412	0,42	9,41	21,7	6,80	145	0,5	1,5	2,5	40	51	4,5				
421	0,44	9,55	21,7	4,80	144		2		57	32	9			6/13	
422	0,41	8,59	20,9	6,50	314	3	3	1	53	37	3			13/26	
431	0,45	10,10	22,4	6,50	168		1		49	41	9				
441	0,46	10,50	22,9	5,05	167	2	4		57	32	5			20/31	
442	0,43	9,20	21,3	4,95	201	1,5	0,5	0,5	51	43	3,5			18/30	

Überprüfung des Gesundheitszustandes (2)

Probanden-Nr.	HK	HB mmol/l	MCHC mmol/l	Leuko Gpt/l	Thrombo Gpt/l	Diff. BB %	BASO	EOS	STAB	SEG	LY	MONO	LYOI	BSG	CO-HB %
521	0,44	9,50	21,5	5,60	145			1	54	39	6			12/22	
522	0,42	9,30	22,1	5,00	180			3	2	53	36	6		7/15	
531	0,44	10,10	22,6	4,30	170		1	1	56	38	4			10/16	0,22
532	0,44	10,20	23,2	6,20	189		1	1	4	56	32	6		7/12	4,88
541	0,50	11,00	22,0	3,95	164		1	3	3	53	37	3		2/4	0,38
542	0,43	9,16	21,6	4,10	210		1	1	1	45	44	7		10/18	0,08
612	0,44	8,90	20,3	4,20	152		2	7	4,5	45	38,5	3		14/26	<0,10
711	0,43	10,20	23,7	6,00	163			2	4	60	30	4		4/10	<0,10
731	0,43	10,10	23,4	4,65	137			1	2,5	40	54	2,5		22/32	
732	0,41	9,41	22,9	7,90	181			3	3	61	27	6		38/54	

STAB = Stabkernige Leukozyten

SUSTAINABILITY IN THE U.S. MARKET

SEG = Segmentkernige Leukozyten

Ляпуновский =

MONO = Monozetten

MEIYU WANG / 201

LY01 = Lymphoitzellen

BSG = Blutsenkungsgeschwindigkeit

CO-HID = Kohlensäure-Hydrazinohidrat

HIK = Hematokrit

卷之三

= Hämoglobin

MCHC = Mittlere korpuskuläre Hämoglobinkonzentration

enka = **entkosten**

$$z_{\text{cur}} = \text{E}_{\text{KAOZ}}(z_{\text{cur}})$$

Thrombo = Thrombozyten

Diff.BB = Differentialbild

380 = *Pomachilla luteola*

Überprüfung des Gesundheitszustandes (3)

- XVIII -

Probanden-Nr.	ASAT U/l	ALAT U/l	Bili U/l	γ -GT μ mol/l	Krea U/l	HS μ mol/l	Gluc μ mol/l	Chol mmol/l	TG mmol/l	HDL-Chol mmol/l	LDL-Chol mmol/l	AP/U/l mmol/l
212	kein Material											
221	20	16	10,60	22,6	88,6	310	4,80	6,34	1,26	1,36	4,48	113
222	19	16	7,70	23,7	71,3	240	4,90	6,22	1,22	1,78	3,91	69
231	kein Material											
232	kein Material											
242	26	25	8,00	13,7	74,7	155	5,40	6,55	1,07	1,98	3,76	107
312	24	21	12,70	11,4	80,0	299	4,84	7,50	0,94	1,94	3,00	137
331	22	42	6,40	29,2	81,2	374	8,40	6,90	1,24	1,2	5,67	107
332	23	25	11,40	7,1	63,1	184	5,20	6,04	0,47	1,9	4,15	70
342	18	16	8,68	13,9	67,7	194	4,10	7,95	1,62	1,30	6,50	87
411	29	44	11,90	52,5	98,2	567	4,66	4,32	1,72	1,33	2,44	149
412	16	14	7,26	17,7	91,6	249	3,66	5,67	2,41	1,32	3,55	93
421	21	13	7,00	41,2	85,6	295	5,58	7,37	1,03	1,68	3,42	74
422	17	23	9,20	26,3	85,6	321	6,01	6,21	1,44	1,47	3,18	106
431	24	22	18,10	23,5	121,0	444	4,76	4,30	1,69	1,73	2,26	100
441	32	26	6,75	35,1	84,2	345	5,81	5,60	0,95	1,19	4,25	115
442	19	16	9,93	11,5	74,2	167	5,51	6,06	0,61	1,60	3,75	71

Überprüfung des Gesundheitszustandes (4)

- XIX -

Probanden-Nr.	ASAT U/l	ALAT U/l	Bili µmol/l	γ-GT U/l	Krea µmol/l	HS µmol/l	Gluc mmol/l	Chol mmol/l	TG mmol/l	HDL-Chol mmol/l	LDL-Chol mmol/l	AP U/l
521	23	17	12,60	16,3	74,1	310	4,58	7,01	1,51	1,80	5,14	105
522	22	13		6,2	65,0	299	5,69	5,71	0,43	1,90	3,76	87
531	21	19	14,00	32,3	102,2	424	5,39	5,88	1,77	1,20	4,85	132
532	16	13	10,00	9,2	83,8	241	4,75	5,71	1,21	1,40	4,21	71
541	33	46	17,00	33,9	89,8	348	6,40	8,21	3,75	1,50	6,49	99
542	19	15	9,00	13,4	88,8	287	5,18	7,37	1,37	1,80	5,91	88
612	21	19	11,00	16,9	78,1	253	5,57	8,70	0,97	2,70	5,06	80
711	9	9	11,00	14,1	103,9	287	5,00	6,35	1,33	1,10	5,35	127
731	10	16	10,00	19,4	81,0	310	4,80	6,69	0,81	1,90	3,58	123
732	7	7	< 8,50	6,9	65,5	2,21	5,29	5,43	0,77	1,00	3,72	100

ASAT = Aspartaminotransferase
 ALAT = Alaninaminopeptidase
 Bili = Bilirubin
 γ-GT = Gamma-glutammintransferase
 Krea = Kreatinin (Blut)
 HS = Harnsäure

Gluc = Glukose
 Chol = Cholesterin
 TG = Triglyceride
 HDL-Chol = High density - Lipoprotein
 LDL-Chol = Low density - Lipoprotein
 AP = Alkalische Phosphatase

**Schriftenreihe des Vereins für
Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V.**

Nr. 1*:	Stooff: Chemische und physikalisch-chemische Fragen der Wasserversorgung	
Nr. 2*:	Meinck: Englisch-deutsche und deutsch-englische Fachausdrücke aus dem Gebiete der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung	
Nr. 3*:	Kisker: Die Überwachung der Grundstückskläranlagen	
Nr. 4*:	Kolkwitz: Ökologie der Saproben	
Nr. 5*:	Beger: Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie	
Nr. 6*:	Meinck/Stooff/Weldert/Kohlschütter: Industrie-Abwässer	
Nr. 7*:	Lüdemann: Die Giftwirkung des Mangans auf Fische, Krebse und Fischnährtiere	
Nr. 8:	Büsscher: Untersuchungen über den Aufwuchs in Wasserbecken und seine Bekämpfung mit Kupfersulfat	2,60 DM
Nr. 9:	Meinck/Thomaschek: Untersuchungen über den anaeroben Abbau von Viskooseschlamm	4,40 DM
Nr. 10:	Beyreis/Heller/Bursche: Beiträge zur Außenlufthygiene	9,60 DM
Nr. 11:	Steinkohlenflugasche	15,00 DM
Nr. 12*:	Bethge/Löbner/Nehls/Kettner/Lahmann: Außenlufthygiene. 1. Folge	
Nr. 13*:	Bethge/Büsscher/Zinkernagel/Löbner: Außenlufthygiene. 2. Folge	
Nr. 14a*:	Kruse: Einheitliche Anforderungen an die Trinkwasserbeschaffenheit und Untersuchungsverfahren in Europa	
Nr. 14b:	Einheitliche Anforderungen an die Beschaffenheit, Untersuchung und Beurteilung von Trinkwasser in Europa	8,60 DM
Nr. 15:	Löbner: Ergebnisse von Staubniederschlagsmessungen an verschiedenen Orten Deutschlands	2,00 DM
Nr. 16:	Naumann/Heller: Probleme der Verunreinigung von Grund- und Oberflächenwasser durch Mineralöle und Detergentien. Luftverunreinigung und Abhilfemaßnahmen	2,50 DM
Nr. 17:	Aurand/Delius/Schmier: Bestimmung der mit Niederschlag und Staub dem Boden zugeführten Radioaktivität (Tropfsammelverfahren)	4,00 DM
Nr. 18*:	Naumann: 60 Jahre Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene	
Nr. 19:	Abhandlungen aus dem Arbeitsgebiet des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene	17,60 DM

Nr. 20:	Sattelmacher: Methämoglobinämie durch Nitrate im Trinkwasser	4,80 DM
Nr. 21:	Vorträge auf der Jahrestagung des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 1963 in Berlin	4,80 DM
Nr. 22:	Langer/Kettner: Vorträge auf der Jahrestagung des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 1964 in Köln	5,10 DM
Nr. 23:	Lahmann: Luftverunreinigung in den Vereinigten Staaten von Amerika	5,60 DM
Nr. 24*:	Mauch: Bestimmungsliteratur für Wasserorganismen in mitteleuropäischen Gebieten	
Nr. 25:	Lahmann/Morgenstern/Grupinski: Schwefeldioxid-Immissionen im Raum Mannheim/Ludwigshafen	6,80 DM
Nr. 26:	Kempf/Lüdemann/Pflaum: Verschmutzung der Gewässer durch motorischen Betrieb, insbesondere durch Außenbordmotoren	8,50 DM
Nr. 27:	Neuzeitliche Wasser-, Boden- und Lufthygiene	10,80 DM
Nr. 28:	Lahmann: Untersuchungen über Luftverunreinigungen durch den Kraftverkehr	13,40 DM
Nr. 29:	Heller/Kettner: Forschungsarbeiten über Blei in der Luft und in Staubniederschlägen	11,60 DM
Nr. 30:	Meteorologie und Lufthygiene	19,80 DM
Nr. 31*:	Die Desinfektion von Trinkwasser	
Nr. 32*:	Rattenbiologie und Rattenbekämpfung	
Nr. 33:	Beiträge aus dem Gebiet der Umwelthygiene	30,80 DM
Nr. 34*:	Gewässer und Pestizide. 1. Fachgespräch	
Nr. 35:	Kettner: Geruchsbelästigende Stoffe	15,00 DM
Nr. 36:	Durchlässigkeit von Lockersedimenten — Methodik und Kritik	9,20 DM
Nr. 37*:	Gewässer und Pflanzenschutzmittel. 2. Fachgespräch	
Nr. 38*:	Umweltschutz und öffentlicher Gesundheitsdienst	
Nr. 39:	Schadstoff-Normierung der Außenluft in der Sowjetunion — MIK-Werte und Schutzzonen 1972	4,60 DM
Nr. 40:	Hygienisch-toxikologische Bewertung von Trinkwasser-inhaltsstoffen	21,50 DM
Nr. 41:	Lufthygiene 1974	26,00 DM
Nr. 42:	Immissionssituation durch den Kraftverkehr in der Bundesrepublik Deutschland	70,00 DM
Nr. 43*:	Schwimmbadhygiene (vgl. Nr. 58)	
Nr. 44:	Zur Diskussion über das Abwasserabgabengesetz	18,00 DM
Nr. 45:	Siedlungshygiene und Stadtplanung	31,00 DM
Nr. 46:	Gewässer und Pflanzenschutzmittel. 3. Fachgespräch	32,00 DM

Nr. 47:	Dulson: Organisch-chemische Fremdstoffe in atmosphärischer Luft	28,00 DM
Nr. 48:	Chemisch-ökologische Untersuchungen über die Eutrophierung Berliner Gewässer unter besonderer Berücksichtigung der Phosphate und Borate	35,50 DM
Nr. 49*:	Lahmann/Prescher: Luftverunreinigungen in der Umgebung von Flughäfen	
Nr. 50:	Oetting: Hydrogeochemische Laboruntersuchungen an Bergmaterialien und einer Hochofenschlacke	43,20 DM
Nr. 51:	Gewässer und Pflanzenbehandlungsmittel IV. 4. Fachgespräch	28,50 DM
Nr. 52:	Aktuelle Fragen der Umwelthygiene	65,00 DM
Nr. 53*:	Luftqualität in Innenräumen	
Nr. 54:	Limnologische Beurteilungsgrundlagen der Wassergüte (Kolkwitz-Symposium)	12,50 DM
Nr. 55:	Atri: Schwermetalle und Wasserpflanzen	29,00 DM
Nr. 56:	Zellstoffabwasser und Umwelt	48,00 DM
Nr. 57*:	Gewässerschutz — Abwassergrenzwerte, Bioteste, Maßnahmen	
Nr. 58:	Schwimmbadhygiene II	33,00 DM
Nr. 59:	Lufthygiene 1984	48,00 DM
Nr. 60*:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt I	
Nr. 61:	Figge/Klahn/Koch: Chemische Stoffe in Ökosystemen	48,00 DM
Nr. 62:	Chemical Water and Wastewater Treatment	60,00 DM
Nr. 63:	Humanökologie — Umwelt-, Innenraum- und Siedlungs-hygiene	38,00 DM
Nr. 64:	Boden- und Grundwasserschutz	46,00 DM
Nr. 65:	Umwelthygiene für Ärzte und Naturwissenschaftler	78,00 DM
Nr. 66:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt II	65,00 DM
Nr. 67:	Luftverunreinigung durch Kraftfahrzeuge	48,00 DM
Nr. 68*:	Grundwasserbeeinflussung durch Pflanzenschutzmittel	
Nr. 69:	Smogepisoden	58,00 DM
Nr. 70:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt IV	76,00 DM
Nr. 71:	Haaranalyse in der Medizin und Umwelt	48,00 DM
Nr. 72:	Legionellen	40,00 DM
Nr. 73:	Atri: Nickel — Elemente in der aquatischen Umwelt I ..	54,00 DM
Nr. 74:	Schwermetalle in der Umwelt	54,00 DM
Nr. 75:	Atri: Arsen — Elemente in der aquatischen Umwelt II ..	44,00 DM
Nr. 76:	Grenzwerte und Risikobetrachtungen in der Umwelthygiene	34,00 DM
Nr. 77:	Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung (noch nicht erschienen	ca. 40,00 DM

Nr. 78:	Viren und Plasmide in der Umwelt	58,00 DM
Nr. 79:	Pflanzenschutzmittel und Grundwasser	78,00 DM
Nr. 80:	Biotechnologische In-situ-Sanierung kontaminiertener Standorte	58,00 DM
Nr. 81:	Zusatzstoffe für Trinkwasser	48,00 DM
Nr. 82:	Halogenkohlenwasserstoffe in Wasser und Boden	46,00 DM
Nr. 83:	Bartel/Bartocha/Grohmann/Seidel: Warmsprudelbecken	56,00 DM
Nr. 84:	Nerger: Leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe	45,00 DM
Nr. 85:	Marschner: Phytotoxizitätsuntersuchungen an Wildkräutern und einer Kulturpflanze (1992)	46,00 DM
Nr. 86:	Atri/Mezger: Zink — Elemente in der aquatischen Umwelt III (1992)	50,00 DM
Nr. 87:	Hazard: Information und Beteiligung bei Gesundheitsrisiken am Beispiel eines Radonmeßprogramms (1993)	35,00 DM
Nr. 88:	Lärm und Krankheit · Noise and Disease (1993)	70,00 DM
Nr. 89:	Biologische Testverfahren (1993)	82,00 DM
Nr. 90:	Boden- und Grundwasserverunreinigungen aus Punkt- und Flächenquellen (1993)	40,00 DM
Nr. 91:	Legionellen II (1993)	42,00 DM
Nr. 92:	Müller-Wegener u.a.: Pflanzenschutzmittelwirkungen auf Trinkwassertalsperren	52,00 DM
Nr. 93	Biomonitoring in der Gewässerüberwachung	50,00 DM
Nr. 94	Toxikologie und trinkwasserhygienische Bewertung von Pflanzenbehandlungsmitteln	35,00 DM
Nr. 95	Arbeiten aus dem Gebiet der Wasser-, Boden und Lufthygiene	27,00 DM
Nr. 96	Nachtfluglärmwirkungen auf Anwohner	36,00 DM

ISBN 3-437-30798-3